Universiteit Gent
Faculteit der Toegepaste Wetenschappen
Vakgroep Mechanische constructie en productie
Afdeling Maritieme Techniek

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
LIN - Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium
en Hydrologisch Onderzoek

Sleeptank voor Manoeuvres in Ondiep Water
Samenwerking Universiteit Gent – Waterbouwkundig Laboratorium

BEPALING VAN DE NAUTISCHE BODEM IN DE HAVEN VAN ZEEBRUGGE ONDERZOEK NAUTISCHE IMPLICATIES

FASE B: EIGENLIJKE ONDERZOEKSFASE

Eindrapport

Door

ir. Guillaume DELEFORTRIE
Assistent Universiteit Gent
Projectleider

ir. Erik LAFORCE
Coördinator Nautisch Onderzoek (WLH)
Verantwoordelijke WLH

prof. dr. ir. Marc VANTORRE
Gewoon hoogleraar Universiteit Gent
Promotor
Verantwoordelijke UGent

ONDERZOEKSPROJECT UGent 51H01200
Overeenkomst voor het leveren van wetenschappelijke bijstand in het kader van
Bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge – Onderzoek nautische implicaties
Afgesloten met
TV Noordzee en Kust

WLH MOD. 582
Voorhaven Zeebrugge – Nautische bodem
In opdracht van
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Maritieme Toegang

UNIVERSITEIT GENT

Antwerpen, oktober 2004

INHOUDSOPGAVE

LIJST VAN DE TABELLEN

1 INLEIDING 1

2 VOORSTELLING VAN HET PROJECT 3
2.1 Situering 3
2.1.1 Algemeen 3
2.1.2 Toepassing op Zeebrugge. 4
2.1.3 Noodzaak tot bijkomend onderzoek. 6
2.2 Projectobjectief 7
2.3 Projectorganisatie en -begeleiding. 7
2.3.1 Projectorganisatie 7
2.3.2 Begeleiding 8
2.4 Onderzoeksprogramma: algemeen verloop 8
2.5 Samenstelling van het onderzoeksteam 9

3 CONCLUSIES VAN HET VOORONDERZOEK (A) 11
3.1 Selectie van een slibsimulatiemateriaal 11
3.2 Voorstel voor een onderzoeksplan 11
3.3 Ontwerp van een proefopstelling 12
3.3.1 Sleeptank 12
3.3.2 Opslag- en behandelingsinstallatie voor slibsimulatiemateriaal 12
3.3.3 Meetinstrumentatie 13
3.4 Vergunningen 13

4 OPBOUW, GEBRUIK EN AFBRAAK PROEFOPSTELLING 14
4.1 Aanpassingswerken aan de sleeptank en instrumentatie 14
4.1.1 Omschrijving 14
4.1.2 Keuze en aankoop slibsimulatiemateriaal 14
4.1.3 Uiteindelijk ontwerp en procedure 15
4.1.3.1 Mengoperaties 15
4.1.3.2 Behandelingsinstallatie 15
4.1.3.3 Verbouwingswerken sleeptank 17
4.1.3.4 Bekleding van de sleeptank 17
4.2 Ingebruikstelling van de behandelingsinstallatie voor het kunstslib 18
4.2.1 Vereiste procedures 18
4.2.1.1 Waterbehandeling 18
4.2.1.2 Behandeling van het kunstslib 19
4.2.1.3 Behandelingsinstallatie 20
4.3 Problemen bij het gebruik van de behandelingsinstallatie 22
4.3.1 Bekleding van de sleeptank 22
4.3.1.1 Problemen 22
4.3.1.2 Aanbevelingen 23
4.3.2 Verf van de scheepsmodellen 23
4.3.3 Invloed van de omgevingstemperatuur op de kunstslibkarakteristieken 24

4.3.4 Update besturingssysteem van de wagen 24
4.3.4 Vertragingen op het experimentele programma 25
4.4 Afbraak proefopstelling 25
4.4.1 Omschrijving 25
4.4.2 Verwijderen van het slibsimulatiemateriaal en het gecontamineerde water 26
4.4.3 Verwijdering van de specifieke voorzieningen in de sleeptank 26
4.4.4 Onderhoudsprogramma sleeptank 27

5 MODELPROEVEN 29
5.1 Opvatting 29
5.1.1 Scheepsmodellen 29
5.1.2 Bodemcondities 29
5.1.3 Waterdiepte 30
5.1.4 Omgevingen: Combinaties sliblaagdikte, slibdensiteit, totale diepte ... 31
5.1.5 Kielspelingen 31
5.1.6 Proeven boven vaste bodem 32
5.1.7 Aard van de proeven 33
5.2 Proeftypes 34
5.2.1 Inleiding 34
5.2.2 Schaalwetten 34
5.2.3 Paaltrekproeven 34
5.2.4 Stationaire sleepproeven 35
5.2.5 PMMy-proeven 35
5.2.6 PMMpsi-proeven 36
5.2.7 Multi-modale proeven 37
5.2.7.1 Harmonische variatie van het schroeftoerental 37
5.2.7.2 Harmonische variatie van de roerhoek 37
5.2.7.3 Harmonische variatie van de snelheid 38
5.2.7.4 Harmonische variatie van meerdere controleparameters 38
5.2.8 Aanbevelingen 39

6 MATHEMATISCHE MODELLERING 40
6.1 Inleiding 40
6.2 Lineair manoeuvreermodel 40
6.2.1 Inleiding 40
6.2.2 Zelfpropulsie 41
6.2.3 Verloop van de lineaire afgeleiden 41
6.2.3.1 Versnellingsafgeleiden 41
6.2.3.2 Snelheidsafgeleiden 41
6.2.3.3 Controleafgeleiden 42
6.2.4 Controle en manoeuvres 42
6.2.4.1 Inleiding 42
6.2.4.2 Voorwaarde voor rechte-lijnstabiliteit 43
6.2.4.3 Stabiliteitshefbomen 44
6.2.4.4 Responsie op roerwerking: stationaire fase 44
6.2.4.5 Responsie op roerwerking: overgangsfase 46
6.3 Tabulaire modellering 46
6.4 Aandeel van de romp in de hydrodynamische krachtwerking 47

6.4.1 Langsscheepse krachtcomponent X 47
6.4.1.1 Model 47
6.4.1.2 Weerstandscorrectie 48
6.4.1.3 Resultaten 49
6.4.2 Dwarsscheepse krachtcomponent Y 50
6.4.2.1 Model 50
6.4.2.2 Resultaten 50
6.4.3 Het giermoment N 51
6.4.3.1 Model 51
6.4.3.2 Resultaten 51
6.5 Aandeel van de schroef in de hydrodynamische krachtwerking 52
6.5.1 Theoretische beschouwingen 52
6.5.1.1 Open-water-karakteristiek 52
6.5.1.2 Het volgstroomgetal 53
6.5.2 Model voor de stuwkracht 54
6.5.3 Model voor het schroefaskoppel 54
6.5.4 Schroefrendement 55
6.5.5 Langsscheepse krachtcomponent X 57
6.5.6 Dwarsscheepse krachtcomponent Y 59
6.5.6.1 Model 59
6.5.6.2 Resultaten in het eerste kwadrant 59
6.5.6.3 Resultaten in het tweede kwadrant 60
6.5.6.4 Resultaten in het derde kwadrant 61
6.5.6.5 Resultaten in het vierde kwadrant 62
6.5.7 Het N-moment 63
6.6 Aandeel van het roer in de hydrodynamische krachtwerking 64
6.6.1 Theoretische beschouwingen 64
6.6.1.1 Open-water-karakteristiek 64
6.6.1.2 De aanstroomsnelheid ter plaatse van het roer 65
6.6.1.3 Het volgstroomgetal w_R 67
6.6.2 De langsscheepse roerkrachtcomponent F_X 68
6.6.3 De dwarsscheepse roerkrachtcomponent F_Y 69
6.6.4 Langsscheepse component X_R van de door roerwerking opgewekte kracht 69
6.6.5 Dwarsscheepse component Y_R van de door roerwerking opgewekte kracht 69
6.6.5.1 Model 69
6.6.5.2 Resultaten in kwadrant I 70
6.6.5.3 Resultaten in kwadrant II 70
6.6.5.4 Resultaten in kwadrant III 70
6.6.5.5 Resultaten in kwadrant IV 70
6.6.6 Giermoment N_R opgewekt door roerwerking 71
6.6.6.1 Model 71
6.6.6.2 Resultaten in het eerste kwadrant 71
6.6.6.3 Resultaten in het tweede en het derde kwadrant 72
6.6.6.4 Resultaten in het vierde kwadrant 72

7 VERTICALE BEWEGING VAN INTERFACE EN SCHEEPSMODEL 73
7.1 Inleiding 73

7.2 Opstelling ... 73
7.2.1 Golfmeters ... 73
7.2.1.1 Werking slibstandvolger ... 73
7.2.1.2 Werking waterstandvolger ... 73
7.2.1.3 Plaatsing golfmeters ... 74
7.2.2 Visualisatie ... 74
7.2.2.1 Camera ... 74
7.2.2.2 Aquarium ... 75
7.3 Proevenprogramma ... 75
7.3.1 Golfmeters ... 75
7.3.2 Proevenprogramma voor visualisatie ... 77
7.4 Rijzing van de interface ... 77
7.4.1 Algemeen ... 77
7.4.2 Bewegingen van de interface bij een sliblaag van 10 mm dikte (0.75 m natuur) ... 78
7.4.3 Bewegingen van de interface bij een sliblaag van 20 mm dikte (1.5 m natuur) ... 78
7.4.4 Bewegingen van de interface bij een sliblaag van 40 mm dikte (3 m natuur) ... 80
7.4.5 Algemeen ... 81
7.5 Squat ... 82
7.5.1 Algemeen ... 82
7.5.2 Inzinking ... 82
7.5.3 Vertrimming ... 82
7.6 Visualisatie ... 83

8 FAST-TIME SIMULATIES ... 84
8.1 Inleiding ... 84
8.2 Werking autopilot ... 84
8.3 Overzicht fast-time manoeuvres ... 85
8.3.1 Versnellingsproeven ... 85
8.3.2 Draaicirkelproeven ... 86
8.3.3 Spiraalmanoeuvre ... 86
8.3.4 Zigzagmanoeuvre ... 86
8.3.5 Stopproef ... 87
8.3.5.1 Overzicht ... 87
8.3.5.2 Motorkeuze ... 87
8.3.6 Sleepbootassistentie ... 89
8.3.7 Varen door een bocht (Figuur 8.4) ... 90
8.3.8 Back & Fill-manoeuvre ... 90
8.3.8.1 Fill First ... 90
8.3.8.2 Back First ... 90
8.3.9 Binnenvaren haven van Zeebrugge ... 91
8.3.10 IMO-normen voor diep water ... 91
8.4 Resultaten ... 93
8.4.1 Versnellingsproeven ... 93
8.4.2 Draaicirkelproeven ... 94
8.4.2.1 Evolutie van de karakteristieke parameters van de draaicirkels ... 94
8.4.2.2 Variatie van de drifthoek ... 95

8.4.2.3 Variatie van de giersnelheid 95
8.4.2.4 Invloed van de vaaromgeving op de draaicirkels 95
8.4.3 Zigzagproeven 96
8.4.4 Stopproeven 97
8.4.4.1 Crash-stop bij vooruitvaren, vertrekkende van half ahead 97
8.4.4.2 Crash-stop bij achteruit varen, vertrekkende van half astern 97
8.4.4 Sleepbootassistentie 98
8.4.5.1 Inleiding 98
8.4.5.2 Sleepbootassistentie bij het zwaaien 98
8.4.5.3 Sleepbootassistentie bij zijdelingse verplaatsingen 99
8.4.6 Varen door een bocht 99
8.4.6.1 Inleiding 99
8.4.6.2 Invloed van kromtestraal en motorinstelling 100
8.4.6.3 Invloed van de scherpte van de bocht 100
8.4.6.4 Gevolgd traject van het schip gedurende het nemen van een bocht 101
8.4.7 Back & Fill – manoeuvres 102
8.4.7.1 Opmerkingen 102
8.4.7.2 Fill first 102
8.4.7.3 Back first 103
8.4.8 Binnenvaren haven van Zeebrugge 103
8.4.8.1 Binnenvaren om 5h40 voor hoog water (springtij) 103
8.4.8.2 Binnenvaren op andere tijdsstippen 104

9 REAL-TIME SIMULATIES 106
9.1 Inleiding 106
9.2 Doelstellingen van het simulatieprogramma 106
9.3 Condities 107
9.3.1 Schip 107
9.3.2 Manoeuvres 107
9.3.3 Bodemcondities en waterstand 108
9.3.3.1 Validatie van de wiskundige modellen 108
9.3.3.2 Evaluatie van controleerbaarheid van het schip bij contact met de nautische bodem: slibbodems E, F, G, H, B, C 109
9.3.3.3 Evaluatie van doorvaarbaarheid van het slib 109
9.3.4 Stroming 109
9.3.5 Windcondities 111
9.3.6 Sleepbootassistentie 111
9.4 Eerste evaluatie – Uiteindelijk programma 111
9.5 Kwalitatieve beoordeling 113
9.5.1 Realisme van de simulaties 113
9.5.2 Globale moeilijkheidsgraad van de manoeuvres 113
9.5.3 Moeilijkheidsgraad per manoeuvre 115
9.5.4 Bijkomend commentaar 116
9.5.5 Voorlopige conclusie 116
9.6 Beoordeling op basis van analyse van de simulatieruns 117
9.6.1 Criteria 117
9.6.2 Beoordeling op basis van snelheidsopbouw 117
9.6.3 Beoordeling op basis van koersstabiliteit 118

9.6.4 Beoordeling op basis van sleepbootgebruik 118
9.6.4.1 Inleiding 118
9.6.4.2 Indeling in trajecten (Figuur 9.9) 119
9.6.4.3 Afvaart: vertrekken van de kaai (hoofdtraject 3, deeltraject 1) ... 120
9.6.4.4 Afvaart: ronden van het oude havenhoofd. (hoofdtraject 3, deeltraject 3) 121
9.6.4.5 Globale sleepboothulp bij afvaart (hoofdtraject 3, alle deeltrajecten) 123
9.6.4.6 Opvaart: ronden van het oude havenhoofd (hoofdtrajecten 1 en 2, deeltraject 2) 124
9.6.4.7 Opvaart: Zwaaimanoeuvre (hoofdtraject 2, deeltraject 5) 125
9.6.4.8 Globale sleepboothulp bij opvaart (hoofdtrajecten 1 en 2, alle deeltrajecten) 125
9.6.4.9 Opvaart naar FCT (hoofdtraject 4) 126
9.6.5 Algemene beoordeling op basis van alle gestelde criteria 127

10 CONCLUSIES EN SUGGESTIES 129
10.1 Conclusies voor de bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge 129
10.2 Suggesties voor bijkomend onderzoek 130
10.2.1 Evaluatie van de aanbevolen criteria 130
10.2.2 Interpretatie van peilingen aan de hand van de nieuwe definitie van nautische bodem. 130
10.2.3 Voortgezet simulatieonderzoek 130
10.2.4 Verdere analyse van de proefresultaten. 130
10.2.5 Boegschroeven 131

11 FINANCIELE RAPPORTERING 132

12 REFERENTIES 132

13 NOMENCLATUUR 133

FIGUREN

BIJLAGE 0 Bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge. Onderzoek nautische implicaties. Beschrijvende opmetingsstaat.

BIJLAGE 1 Procedures voor het verpompen van vloeistoffen

BIJLAGE 2 Bekleding van de sleeptank: foto's

BIJLAGE 3 Geg-files van het uitgevoerde proevenprogramma

BIJLAGE 4 Karakteristieken van de scheepsmodellen D en E

BIJLAGE 5 Proevenprogramma

BIJLAGE 6 Stromingspatronen haven van Zeebrugge

BIJLAGE 7 Vragenlijst real-time simulaties

BIJLAGE 8 Vragenlijst real-time simulaties: antwoorden loodsen

BIJLAGE 9 Real-time simulaties: plots van de uitgevoerde vaarten

BIJLAGE 10 Real-time simulaties: tijdsverlopen van de karakteristieke grootheden

BIJLAGE 11 Financiële rapportering

BIJLAGE 12 Fast-time simulaties: binnenvaren Zeebrugge: plots van de uitgevoerde vaarten

BIJLAGE 13 Filmopnames

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 5.1. Karakteristieken van de beproefde slibtypes. 30
Tabel 5.2. Verschillende mogelijke vaaromgevingen. 31
Tabel 5.3. Beproefde kielspelingen t.o.v. de vaste bodem voor het scheepsmodel D. 32
Tabel 5.4. Beproefde kielspelingen t.o.v. top slib voor het scheepsmodel D. 32
Tabel 5.5. Beproefde kielspelingen t.o.v. de vaste bodem voor het scheepsmodel E. 32
Tabel 5.6. Beproefde kielspelingen t.o.v. top slib voor het scheepsmodel E. 32
Tabel 5.7. Proeven boven vaste bodem. 33
Tabel 5.8. Paaltrekproeven. 34
Tabel 5.9. Stationaire sleepproeven. 35
Tabel 5.10. Harmonische verzetproeven. 35
Tabel 5.11. Harmonische gierproeven. 36
Tabel 5.12. Multi-modale proeven: harmonische variatie van het schroeftoerental. 37
Tabel 5.13. Multi-modale proeven: harmonische variatie van de roerhoek. 38
Tabel 5.14. Multi-modale proeven: harmonische variatie van de langssnelheid. 38
Tabel 5.15. Multi-modale proeven: validatieproeven. 38

Tabel 6.1. Verband tussen de parameter k en de afstand tussen de roerkoning en de tip van de schroefbladen. 66

Tabel 7.1. Proevenprogramma voor het opmeten van de bewegingen van de interface. 76

Tabel 8.1. Verband tussen telegraafstand en schroeftoerental. 85

Tabel 9.1. Real-time simulaties: runs boven vaste bodem. 108
Tabel 9.2. Real-time simulaties: runs boven slibsoorten C en D. 108
Tabel 9.3. Real-time simulaties: runs boven slibsoorten B en F. 109
Tabel 9.4. Real-time simulaties: runs bij contact met de verschillende nautische bodems. 109
Tabel 9.5. Real-time simulaties: runs voor de evaluatie van de doorvaarbaarheid van de slibbodems B, C en D. 109
Tabel 9.6. Real-time simulaties: runs voor de evaluatie van de doorvaarbaarheid van de slibbodems G en H. 109
Tabel 9.7. Verband tussen de totale hoogte van water- en sliblagen en het tijdsstip van het getij. 110
Tabel 9.8. Tijdsstippen waarop een waterstand bereikt wordt die 1 m hoger is dan de totale diepte tot de vaste bodem. 110
Tabel 9.9. Uitgevoerde real-time simulaties van 19 april tot en met 29 april 2004. 111
Tabel 9.10. Moeilijkheidsgraad van de manoeuvres op basis van een kwalitatieve beoordeling door de loodsen. 113
Tabel 9.11. Real-time simulaties: indeling in trajecten. 119

1 INLEIDING

Slibafzettingen zijn sinds de uitbreiding van de haven van Zeebrugge in de jaren 1970 een dagelijkse realiteit. De aard van deze sedimenten verplichtte de vaarwegbeheerder ertoe af te stappen van de klassieke concepten van "bodem" en "diepte" en over te gaan tot de introductie van de begrippen "nautische bodem" en "nautische diepte", ondersteund door metingen en experimenten in situ en door laboratoriumonderzoek.

Het Waterbouwkundig Laboratorium te Antwerpen-Borgerhout werd reeds in een vroeg stadium in deze studies betrokken. De bepaling van de nautische bodem in de slibrijke haven van Zeebrugge is voor WLH dan ook geen nieuw onderzoeksonderwerp. Exact twintig jaar geleden, in september 1984, werden de eerste rapporten geschreven voor "Mod. 428. – Bepaling nautische bodem in slibrijke gebieden", waarin verslag wordt geleverd van onderzoek naar mogelijke materialen waarmee slib in een proefopstelling gesimuleerd kan worden en van resultaten van proeven met scheepsmodellen in en boven gesimuleerde sliblagen. Vanaf 1986 kon het Waterbouwkundig Laboratorium voor dit onderzoek rekenen op de wetenschappelijke bijstand van de toenmalige Dienst voor Scheepsbouwkunde (nu Afdeling Maritieme Techniek) van de (toen nog Rijks)Universiteit Gent. In een bescheiden "pilootmodel" werden modelproeven verricht met zelfaangedreven scheepsmodellen boven en in diverse slibsimulatiematerialen en natuurlijke sliblagen, waardoor meer inzicht verworven werd in het gedrag van schepen én van de bodem in slibrijke vaarwateren en de proefvaarten die in de haven van Zeebrugge werden uitgevoerd met de sleephopperzuiger *Vlaanderen XVIII* beter geïnterpreteerd konden worden. Ondanks het unieke karakter van deze proeven, bleef het wachten op de realisatie van de scheepsmanoeuvreertank (1992) voor een systematisch onderzoek naar het manoeuvreergedrag van schepen in slibrijke gebieden.

Tot het midden van de jaren negentig werd een verder onderzoek op dit gebied weinig prioritair geacht, aangezien het huidige concept, gesteund op een definitie van de nautische bodem met een densiteit van 1150 kg/m³, zonder noemenswaardige problemen in de praktijk kon worden gebracht. Nieuwe in-situ meetcampagnes wezen in 1997-98 echter uit dat de opbouw van de sliblaag qua densiteit en rheologie sterk gewijzigd was in vergelijking met de metingen van de jaren tachtig. Baggertechnisch en op grond van rheologische beschouwingen zou een herziening van de definitie van nautische bodem – bijvoorbeeld op basis van een densiteit van 1180 of 1200 kg/m^3 – te verantwoorden zijn. Dit zou echter impliceren dat diepstekende schepen tot diep in de bovenste, losse sliblagen zouden doordringen, wat voor de kustloodsen enkel aanvaardbaar zou zijn indien de gevolgen hiervan op de controleerbaarheid van een schip grondig onderzocht en geëvalueerd zouden worden. Een voorbereidende onderzoeksfase werd gewijd aan de selectie van een slibsimulatiemateriaal en het ontwerp van een opslag- en behandelingsinstallatie (1998-99). De eigenlijke onderzoeksfase werd in het Waterbouwkundig Laboratorium met de wetenschappelijke ondersteuning van de Afdeling Maritieme Techniek (UGent) uitgevoerd van 01.04.2001 tot en met 31.07.2004, en wordt gerapporteerd in voorliggend verslag. Opdrachtgevers zijn hierbij de Afdeling Maritieme Toegang van de Administratie Waterwegen en Zeewezen, en T.V. Noordzee en Kust in het kader van het onderzoeksproject *MOBAG Bijakte 13 (Ontwikkeling van een baggerinformatiesysteem ten be-*

hoeve van de optimale sturing en monitoring der baggerwerkzaamheden in de vaarpassen van de Noordzee inbegrepen de haven van Zeebrugge).

In Hoofdstuk 2 wordt het project voorgesteld en gesitueerd. Hoofdstuk 3 herhaalt de conclusies van de voorbereidende onderzoeksfase. De volgende hoofdstukken behandelen de verschillende fasen van het onderzoeksproject:

- de opvatting, opbouw en ontmanteling van de proefopstelling (hoofdstuk 4);
- een overzicht van het programma gedwongen manoeuvreerproeven met scheepsmodellen (hoofdstuk 5);
- de mathematische modellering van het manoeuvreergedrag op basis van de resultaten van de modelproeven (hoofdstuk 6);
- waarnemingen in verband met de verticale beweging van interface en scheepsmodel (hoofdstuk 7);
- de resultaten van fast-time simulatieruns (hoofdstuk 8);
- de opvatting en resultaten van vaarten uitgevoerd door kustloodsen op de simulator van WLH (hoofdstuk 9).

Hoofdstuk 10 bevat de belangrijkste conclusies van het onderzoeksproject. De financiële rapportering wordt behandeld in hoofdstuk 11; hoofdstukken 12 en 13 bevatten respectievelijk referenties en nomenclatuur.

2 VOORSTELLING VAN HET PROJECT

2.1 Situering

2.1.1 Algemeen

Bij de bepaling van de voor het scheepvaartverkeer beschikbare nautische diepte van een vaargeul of een haven maken de bevoegde instanties gebruik van twee karakteristieke peilen, nl. het ***waterpeil*** en het ***nautische-bodempeil***.

- Het waterpeil wordt mede bepaald door het getij, door op- en afwaaiing, door barometrische effecten en door golfwerking. Dit peil varieert bijgevolg in functie van de tijd; deze tijdsafhankelijkheid zal benut worden voor het bepalen van de zogenaamde tijvensters voor navigatie.
- Voor een definitie van het nautische-bodempeil wordt verwezen naar het verslag van PIANC/IAPH Working Group 30:

> *"..., nautical bottom could be defined as:*
> *the level where physical characteristics of the bottom reach a critical limit beyond which contact with a ship's keel causes either damage or unacceptable effects on controllability and manoeuvrability.*
> *Accordingly, nautical depth can be defined as:*
> *the instantaneous and local vertical distance between the nautical bottom and the undisturbed free water surface."*

Indien deze twee peilen gekend zijn, kunnen kielspeling en toegelaten diepgang bepaald worden volgens gangbare procedures.

Beide peilen worden gedefinieerd ten opzichte van éénzelfde welbepaald referentievlak, dat in Vlaanderen meestal bepaald wordt door het peil van de gemiddelde laagste laagwaterstanden bij springtij (GLLWS); dit is een statistische bepaling steunend op vrij lange tijdreeksen van hydrografische tijwaarnemingen. Dezelfde tijdswaarnemingen worden ook benut voor de bepaling van de tijcurven voor verschillende tijcoefficiënten; hierdoor kan het tijvenster vrij nauwkeurig bepaald worden.

Het bepalen van het peil van de nautische bodem in het geval van rots-, klei- of zandbodems is geen probleem, zowel op het vlak van de meettechnieken (echolood) als voor wat de interpretaties van de meetresultaten betreft. Meer problematisch wordt het in waterwegen waarvan de bodem bedekt is met een ***losse sliblaag***, waarvan de fysische eigenschappen gradueel overgaan van deze van water naar een dichter wordende suspensie om dan tenslotte over te gaan naar een geconsolideerde slibbodem.

In dergelijke slibrijke gebieden zijn begrippen als bodem en diepte niet eenduidig gedefinieerd. Het bovenste gedeelte van de sliblaag kan inderdaad beschouwd worden als 'zwart water', gekenmerkt door een lage densiteit en een geringe rigiditeit, zodat een scheepsromp geen schade zal ondervinden in geval van contact. Het is dan ook niet logisch bij het bepalen van een toelatingsbeleid voor de scheepvaart de beschikbare diepte van de vaargeul te beperken tot de top van de sliblaag.

De verleiding voor de vaarwegbeheerder is in dat geval groot toe te laten dat een deel van de voorziene kielspeling onder het schip in het slib zou vallen. Hierdoor ontstaat immers een belangrijk voordeel: bij dezelfde baggerinspanning kunnen dieper liggende schepen toegelaten worden, of bij constante toegelaten diepgang dient er wellicht minder gebaggerd worden. Anderzijds moet de veiligheid van het scheepvaartverkeer gegarandeerd worden, wat impliceert dat het schip in staat moet zijn eventuele invloeden van de aanwezigheid van de sliblaag op zijn stuurbaarheid en manoeuvreerbaarheid te compenseren door eigen middelen of met behulp van externe assistentie (bvb. sleepboten).

De fysische eigenschappen van het slib (bvb. densiteit, viscositeit, rigiditeit) nemen geleidelijk toe met toenemende diepte, zodat op een zeker niveau een overgang tussen 'vloeibaar' en 'vast' slib gedefinieerd moet worden. Deze overgang dient volgens bovenvermelde definitie beschouwd te worden als de ***nautische bodem.***

In slibrijke gebieden kan deze nautische bodem niet met klassieke meettechnieken, waaronder het echolood, gedetecteerd worden. De bepaling van de nautische bodem dient principieel gekoppeld te worden aan een rheologische eigenschap van het slib, die bepaalt of een sediment als 'vloeibaar' of 'vast' beschouwd kan worden. Tot op heden zijn er echter geen meetinstrumenten voorhanden die in staat zijn om de rheologische eigenschappen van de sliblaag op een continue wijze te meten; de huidige technieken zijn slechts geschikt voor statische metingen. Anderzijds bestaan er wel technieken die continue densiteitmetingen toelaten. Om deze reden wordt over het algemeen de definitie van de nautische bodem om praktische redenen gekoppeld aan een kritische densiteit, die op zijn beurt in relatie moet staan met een rheologische eigenschap. Daar de betrekking tussen densiteit en rheologie afhangt van verscheidene fysische en chemische parameters, is deze kritische densiteit plaats- en zelfs tijdsafhankelijk.

Ondanks deze moeilijkheden biedt het concept 'nautische bodem' tal van voordelen, met als voornaamste een aanzienlijke reductie van de onderhoudsbaggerwerken. Het concept wordt tegenwoordig dan ook toegepast in de toegangsgeulen tot verscheidene havens (bvb. Bordeaux, Emden, Nantes - Saint-Nazaire, Rotterdam, Zeebrugge, ...); de definitie van de nautische bodem is in al deze vaargebieden gebaseerd op een kritische densiteit, variërende van 1150 tot 1240 kg/m³. Nochtans laat de huidige stand van de wetenschap niet toe een optimaal compromis tussen efficientie en veiligheid te bereiken, wat te wijten is aan het ontbreken van:

- een standaardmethode voor de selectie van een praktisch criterium (bvb. een kritische densiteit) voor de bepaling van de nautische bodem;
- een grondig inzicht in de fysische mechanismen die het gedrag van een schip in slibrijke gebieden beïnvloeden.

2.1.2 Toepassing op Zeebrugge.

Vanaf 1984 werd het probleem van de bepaling van de nautische bodem in slibrijke gebieden in Vlaanderen vrij grondig aangepakt door volgende onderzoeksacties:

1. metingen en studies van de fysische karakteristieken van het slib in situ (densiteit, zandgehalte, schuifweerstand, gasgehalte, ...);

2. laboratoriumonderzoek van de schuifweerstandkarakteristieken van het slib (rheologisch onderzoek);
3. uitvoering van uitgebreide reeksen eenvoudige vaarproeven met een fysisch schaalmodel met behulp van een pilootopstelling in het Waterbouwkundig Laboratorium, in samenwerking met de Universiteit Gent;
4. uitvoering van een reeks vaar- en manoeuvreerproeven in reële omstandigheden, nl. met een geladen sleephopperzuiger, en dit bij verschillende waarden van snelheid en kielspeling;
5. operationeel uittesten van diverse meettechnieken, zowel in punt als continu, voor het opmeten van de slibkarakteristieken in situ;
6. uitwerking van een eerste operationele procedure voor de bepaling van de nautische bodem.

Deze onderzoeken hebben geleid tot een reeks concrete besluiten die als volgt samengevat kunnen worden.

1. De top van de losse slibafzetting *(top slib* - niveau) is goed meetbaar door een echolood met relatief hoge frequentie (bvb 210 kHz). Signalen met lagere frequentie (bvb 33 kHz) dringen dieper in de sliblaag door; bodems die bedekt zijn met een sliblaag kunnen bijgevolg gedetecteerd worden door het verschil tussen hoog- en laagfrequente echo's.
2. Beneden dit niveau 'top slib' neemt de densiteit gradueel toe en vertoont het schuifweerstandprofiel een zgn. *rheologische gedragsovergang*, d.i. een plotse overgang van een losse suspensie naar een bodem met meetbare schuifkarakteristieken (rigiditeit, viscositeit).
3. Deze rheologische gedragsovergang kan - mede dank zij vaarproeven in situ - geassimileerd worden met de nautische bodem, daar een schip oncontroleerbaar blijkt te worden wanneer zijn kiel onder dit niveau komt te liggen; dit laatste is duidelijk geworden op basis van vaarproeven met de sleephopperzuiger *Vlaanderen XVIII* in de voorhaven van Zeebrugge.
4. Er werd aangetoond dat deze rheologische gedragsovergang in Zeebrugge altijd optreedt bij een densiteit van 1150 kg/m³ of hoger. Deze densiteithorizon werd om deze reden aanvaard als een veilig criterium. Dit impliceert dat het niveau 1150 kg/m³ overeenkomt met wat, volgens de metingen van 1984-86, het 'slechtst denkbare geval' genoemd kan worden: boven dit niveau neemt de rigiditeit van het slib nooit significante waarden aan, en is vaak zelfs nauwelijks meetbaar. De genoemde densiteitshorizon komt ongeveer overeen met de kritische gedragsovergang van slib met 0 % zandgehalte; voor slibsoorten met een groter zandgehalte verschuift de kritische densiteit naar hogere waarden (1200 tot 1260 kg/m³).
5. Dankzij hogervermelde bevindingen is het mogelijk om een veilige bovenlimiet voor de nautische bodem op een continue wijze te karteren met behulp van een gesleepte densiteitsonde; de nautische kaarten voor het CDNB te Zeebrugge zijn thans gebaseerd op het 1150 kg/m³-criterium.
6. De invoering van de eerste fase van de *Bepaling van de nautische bodem* in de haven van Zeebrugge heeft geleid tot een significante reductie van het benodigde onderhoudsbaggerwerk.

2.1.3 Noodzaak tot bijkomend onderzoek.

Op het eind van de jaren negentig maakten waarnemingen de noodzaak van bijkomend onderzoek duidelijk, en dit zowel in het belang van de veiligheid van het scheepvaartverkeer, als ten behoeve van de efficiëntie van de onderhoudsbaggerwerken in de haven van Zeebrugge.

- De opname van simultane rheologische en densiteitprofielen in 1997 door T.V. Noordzee en Kust - N.V. Haecon heeft uitgewezen dat de actuele toestand sterk verschilt van de waarnemingen van 1985-88. In het centrale deel van de nieuwe buitenhaven (CDNB) te Zeebrugge is de dikte van de losse sliblaag beduidend toegenomen, en bedraagt nu tussen 2 en 4 m (Figuur 2.1). Deze laag wordt gekenmerkt door een lage, quasi uniforme densiteit en een schuifweerstand die geleidelijk toeneemt, en die beduidend hoger is dan in 1985-88. De rheologische gedragsovergang is geen bruuske overgang meer zoals waargenomen in de jaren ‘80; momenteel wordt op twee dieptes een overgang waargenomen.
- In het licht van deze meetresultaten rees de vraag of het hanteren van het 1150 kg/m³-criterium nog zinvol is, en werd overwogen of bovenvermelde losse sliblaag van 2 tot 4 m dikte al dan niet geïncorporeerd kan worden in de kielspeling. Anderzijds stelde zich dan meteen de vraag in verband met de doorvaarbaarheid van deze sliblaag.
- Een ander probleem bleek zich voor te doen ter hoogte van zwaaiplaats 1 (ZP1), waar bij diepstekende containerschepen een verminderde manoeuvreerbaarheid werd waargenomen. De nautische diepte in deze zone, die werd gekenmerkt door een dunnere sliblaag, werd bepaald d.m.v. het lagerfrequente echolood (33 kHz).
- De resultaten van systematische proevenreeksen met scheepsmodellen uitgevoerd in het Waterbouwkundig Laboratorium in een voorlopige proefopstelling wijzen erop dat de aanwezigheid van een losse sliblaag een negatieve invloed kan uitoefenen op de controleerbaarheid van een schip wanneer dit vaart in een vrij beperkt, maar voor havenmanoeuvres zeer karakteristiek snelheidsgebied. Deze verminderde controleerbaarheid slaat zowel op roer- als op machinemanoeuvres, en hangt samen met de vervorming van het scheidingsvlak tussen water en slib.

Er was bijgevolg een duidelijke noodzaak om de nautische bodem opnieuw te definieren en dit op basis van onderzoek naar zowel de slibkarakteristieken als de nautische implicaties.

a) Onderzoek van de sliblaagkarakteristieken: de hervatting van het onderzoek naar de relatie tussen densiteit en rheologie, waarbij de aandacht in het bijzonder dient uit te gaan aan diversifiëring in tijd (seizoeninvloed) en ruimte (locatie in de haven); beide hebben immers een invloed op de samenstelling (zandgehalte) en bijgevolg op de rheologie van het slib. Een eerste meetcampagne werd al uitgevoerd in 1997 (zie hoger).
b) Onderzoek naar de nautische implicaties, om te komen tot een verband tussen enerzijds de manoeuvreerkarakteristieken van het schip en anderzijds de bodemcondities (sliblaagdikte, densiteitverloop, rheologische eigenschappen), de scheepskarakteristieken (scheepstype, diepgang, snelheid) en de kielspeling (t.o.v. top slib en de 'vaste' bodem).

De terreinmetingen vermeld onder a) maken deel uit van het programma in uitvoering onder MOBAG 13 (*Ontwikkeling van een baggerinformatiesysteem ten behoeve van de optimale sturing en monitoring der baggerwerkzaamheden in de vaarpassen van de Noordzee inbegrepen de haven van Zeebrugge*). Het voorliggende verslag heeft enkel betrekking op het **nautische** aspect, b). Een nauw verband tussen de behandeling van beide aspecten is echter een absolute noodzaak, daar het experimentele gedeelte van het onderzoek zich uiteraard moet toespitsen op reële condities qua densiteit, rheologie, sliblaagdikte, snelheid, enz.

2.2 Projectobjectief

Dit project heeft als hoofdobjectief het vastleggen van veilige operationele limieten voor de scheepvaart in de slibrijke vaargebieden van de haven van Zeebrugge, aan de hand van modelonderzoek, manoeuvreersimulatie en terreinwaarnemingen.

2.3 Projectorganisatie en -begeleiding.

2.3.1 Projectorganisatie

Het is duidelijk dat de problematiek past binnen het onderzoeksproject *MOBAG Bijakte 13 (Ontwikkeling van een baggerinformatiesysteem ten behoeve van de optimale sturing en monitoring der baggerwerkzaamheden in de vaarpassen van de Noordzee inbegrepen de haven van Zeebrugge),* dat door de Tijdelijke Vereniging Noordzee en Kust wordt uitgevoerd in opdracht van het Vlaamse Gewest, onder de verantwoordelijkheid van de Afdeling Waterwegen Kust van de Administratie Waterwegen en Zeewezen.

Het onderzoek vergde een intensief experimenteel programma met scheepsmodellen, gevolgd door manoeuvreersimulaties die een duidelijk beeld moeten geven van het verschil dat een schip ondervindt wanneer het een haven aanloopt boven een vaste en boven een slibrijke bodem. De afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (WLH) te Antwerpen-Borgerhout werd belast met de uitvoering van deze onderzoeksfase; hiertoe werd met de afdeling Maritieme Toegang (MT) een overeenkomst afgesloten. Het benodigde modelonderzoek zal uitgevoerd worden in de *Manoeuvreersleeptank voor ondiep water - samenwerking Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout - Universiteit Gent.* Interactieve scheepsmanoeuvreersimulaties in reële tijd zullen uitgevoerd worden op de *Scheepsmanoeuvreersimulator* van WLH.

MT heeft voor dit onderzoek binnen het onderzoeksproject Mobag Bijakte 13 aan de Tijdelijke Vereniging Noordzee en Kust opdracht gegeven in te staan voor ondersteuning, onder de vorm van:

- ter beschikking stellen van de data op basis van terreinwaarnemingen, zowel wat de slibkarakteristieken als wat de nautische gegevens betreft, die benodigd zijn voor de voorbereiding, planning en uitvoering van de studie;
- leveren van bijkomende uitrusting en personeel;
- opdracht geven aan de Afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent voor bijkomende wetenschappelijke steun.

In het kader van dit laatste punt werd met ingang van 1 april 2001 een overeenkomst voor het leveren van wetenschappelijke bijstand bij en de coördinatie van het onderzoek afgesloten tussen TV Noordzee en Kust en de Universiteit Gent (onderzoeksproject UGent 51H01200, promotor: prof. Marc Vantorre). Deze overeenkomst had een looptijd van 38 maanden. Wegens opgelopen vertragingen werd beslist deze overeenkomst met 2 maanden te verlengen.

2.3.2 Begeleiding

Het verloop van het project werd opgevolgd door en gerapporteerd aan de begeleidingscommissie, die de studie eventueel kon bijsturen.

Deze begeleidingscommissie werd samengesteld uit vertegenwoordigers van:

- Afdeling Waterwegen Kust (vanaf 2002: Afdeling Maritieme Toegang): Dirk De Brauwer, Franky Warnier, Yi-Bin Shan, Veerle Van Deun
- TV Noordzee en Kust: Elie Raes, Hugo De Vlieger, Stijn Claeys
- Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek: Erik Laforce, Katrien Eloot
- DAB Loodswezen: Paul Van Wezemael, Dirk Reynders

De begeleidingscommissie heeft op de volgende data overlegd:

- 19 februari 2001
- 24 augustus 2001
- 7 november 2001
- 5 juli 2002
- 4 december 2002
- 3 juni 2003
- 9 september 2003
- 20 februari 2004
- 24 mei 2004
- 27 augustus 2004

2.4 Onderzoeksprogramma: algemeen verloop

De eigenlijke studiefase (B) van dit onderzoek is voorafgegaan door een voorbereidende fase (A), uitgevoerd in de periode 01.10.1998-31.08.1999 door de Afdeling Maritieme Techniek (vakgroep TW04) van de Universiteit Gent (UGent), in samenwerking met de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (WLH) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen. Hiervoor werd een *Overeenkomst voor het leveren van wetenschappelijke en technische bijstand in het kader van de voorbereiding van het bijkomend onderzoek naar de nautische implicaties van de bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge* afgesloten in het kader van het onderzoeksproject Mobag Bijakte 13, dat door de TV Noordzee en Kust wordt uitgevoerd in opdracht van het Vlaamse Gewest.

Deze voorbereidende onderzoeksfase bestond uit [1]:

(A.1) Onderzoek en selectie van een geschikt simulatiemateriaal voor de sliblaag
(A.2) Ontwerp van een opslag- en behandelingsinstallatie voor het slibsimulatiemateriaal.
(A.3) Aanvraag van de nodige vergunningen.

De conclusies van dit vooronderzoek worden voor alle duidelijkheid nog eens vermeld in Hoofdstuk 3.

De eigenlijke onderzoeksfase (B) omvat volgende onderdelen:

(B.1) Experimenteel programma.

(B.1.1) Voorbereiding van het experimentele programma
(B.1.2) Aanpassingswerken aan sleeptank en instrumentatie.
(B.1.3) Uitvoering van gedwongen manoeuvreerproeven boven vaste bodem
(B.1.4) Uitvoering van gedwongen manoeuvreerproeven boven slibbodems
(B.1.5) Nazorg proefopstelling
(B.1.6) Rapportering en opslag van resultaten

(B.2) Opstellen van mathematische manoeuvreermodellen.

(B.2.1) Voorbereiding
(B.2.2) Verwerking proefresultaten

(B.3) Toepassing van de wiskundige modellen in scheepsmanoeuvreersimulatie

(B.3.1) Uitvoering
(B.3.2) Rapportering

Voor een gedetailleerde beschrijving van deze onderdelen wordt verwezen naar Bijlage 0, waarin de beschrijvende opmetingsstaat horend bij de overeenkomst tussen TV Noordzee en Kust en de Universiteit Gent is opgenomen.

2.5 Samenstelling van het onderzoeksteam

Projectleiding
Marc Vantorre (promotor), Guillaume Delefortrie (projectleider), Bart Wackenier* (UGent)
Katrien Eloot, Erik Laforce (WLH)

Experimenteel onderzoek sleeptank
Greet Van Kerkhove, Bert Backaert*, Michel Vandendaelen* (UGent)
Luc Van Ostaeyen (WLH)
Leonid Verzhbitskiy (TV Noordzee en Kust)

Wiskundige modellering en fast-time simulatie
Ellada Verzhbitskaya, Kristien Seynaeve (UGent)

Real-time simulaties
Karel Van Den Broeck, Werner Marschang, Gill Van averbeke (WLH)

Beyen M., Callebout R., Chesterman W., Defurne H., Ducheyne A., Duquet S., Mahieu P., Pollen E., Reynders D., Reyns A., Snykers F., Soete C., Van Laere J.P., Van Wezemael P., Verlinde I. (DABL)
Tim Godderis (Creyfs Interim)

Projectsecretariaat
Karine De Grauwe (WLH)

Logistieke ondersteuning
Technische, grafische en administratieve diensten (WLH)
Frans Depuydt (UGent)

* tijdelijk

3 CONCLUSIES VAN HET VOORONDERZOEK (A)

Het vooronderzoek, fase (A), bestond uit:

(A.1) Onderzoek en selectie van een geschikt simulatiemateriaal voor de sliblaag
(A.2) Ontwerp van een opslag- en behandelingsinstallatie voor het slibsimulatiemateriaal.
(A.3) Aanvraag van de nodige vergunningen.

De conclusies van het vooronderzoek, zoals opgenomen in het eindverslag [1], worden hieronder ongesomd.

3.1 Selectie van een slibsimulatiemateriaal

Als slibsimulatiemateriaal bij proeven met scheepsmodellen wordt een mengsel aanbevolen van:

- ***Cloparol52***, een gechloreerde paraffine;
- een ***densiteitverlagend product*** (vb. benzine 100-140), om de densiteit in te stellen;
- ***Cloparin50***, een gechloreerde paraffine met hogere viscositeit, om de viscositeit aan te passen.

Met een dergelijk mengsel kan binnen een vrij ruim bereik een combinatie van viscositeit en densiteit ingesteld worden. De combinaties die voorgesteld worden als basis voor een proevenprogramma zijn weergegeven in Figuur 3.1.

De keuze van een densiteitverlagend product is van minder belang voor het verband tussen viscositeit en densiteit; de uiteindelijke selectie zal afhankelijk zijn van de kosten verbonden aan de verwijdering van het materiaal.

Als nadelen van het geselecteerde materiaal kunnen gesteld worden:

- het ontbreken van een rigiditeit;
- de temperatuurafhankelijkheid van de viscositeit.

Er werd onderzocht in hoever een aantal materialen die courant in de sleeptank gebruikt worden, bestand zijn tegen de geselecteerde mengsels. Als belangrijkste besluit geldt dat de verf waarmee de scheepsmodellen behandeld zijn, en het materiaal van de dempingpakketten die in de tank de schommelingen in het water uitdempen, geen van beide aangetast worden. De verf waarmee de sleeptank behandeld is, wordt echter na lange blootstelling week, zodat het bekleden van de tank met een geschikte folie noodzakelijk is. Ook metalen blijken gevoelig te zijn voor corrosie, zodat een bescherming van de modelschroeven noodzakelijk zal zijn.

3.2 Voorstel voor een onderzoeksplan

Rekening houdend met de keuze van het slibsimulatiemateriaal werd een voorstel geformuleerd voor Fase B (Modelonderzoek en Simulatie) van het onderzoek naar

de nautische implicaties van de bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge (zie [1]).

3.3 Ontwerp van een proefopstelling

3.3.1 Sleeptank

In het onderzoeksplan worden proeven voorzien met twee scheepsmodellen op schaal 1/75. Rekening houdend met de maximale sliblaagdikte voorzien in dit onderzoeksplan (3 m), wordt een maximale laagdikte van 40 mm slibsimulatiemateriaal voorzien.

De sleeptank zal over de volledige breedte (7.0 m) en tot een positie x_0 = 44 m, inclusief de haven, bedekt worden met het simulatieslib, d.i. over een oppervlakte van 350 m². De benodigde hoeveelheid simulatiemateriaal, bij maximale laagdikte, bedraagt aldus 14 m³.

Het water dat met het simulatiemateriaal in contact komt, dient na afloop van het experimentele programma verwijderd en behandeld te worden. Dit gecontamineerde water mag dus in geen geval in de reservoirs onder de tank terechtkomen. Het gedeelte van de tank tussen x_0 = 44 m en 68 m (vóór het golfschot) wordt om die reden afgesloten en zal fungeren als stockageruimte voor het water (oppervlakte 168 m²). De totale hoeveelheid water vereist voor het uitvoeren van de proeven wordt geraamd op 87.5 m³.

Volgende werken zullen bijgevolg uitgevoerd moeten worden:

- constructie van een scheidingswand;
- bedekken van bodem en wanden van de sleeptank door middel van een folie;
- aanpassing van de controle van het waterniveau in de sleeptank.

3.3.2 Opslag- en behandelingsinstallatie voor slibsimulatiemateriaal

De opslag- en behandelingsinstallatie voor het slibsimulatiemateriaal heeft als functies:

- opslag van het slibsimulatiemateriaal en de bestanddelen;
- menging van de bestanddelen om een geschikte densiteit en viscositeit te bekomen;
- vullen en leegmaken van de sleeptank met slibsimulatiemateriaal;
- afscheiding en evacuatie van water dat bij het leegmaken vanuit de sleeptank is meegevoerd;
- afvoer van gebruikt slibsimulatiemateriaal.

Als locatie voor de opslag wordt de binnenplaats tussen hal 1 (sleeptank) en atelier vooropgesteld.

Voor de lay-out wordt geopteerd voor een opstelling met slechts één reservoir; de benodigde bestanddelen worden vanuit vaten (ca. 200 l) in dit reservoir gepompt. Dit onderstelt volgende voorzieningen:

- een opslag- en mengtank (roestvrij stalen reservoir van ca. 15 tot 16 m^3);
- een pompsysteem voor leegmaken en vullen van vaten;
- een voorziening voor het rondpompen van de inhoud van de tank om een homogeen mengsel te bekomen;
- aan- en afvoerleidingen voor slibsimulatiemateriaal tussen de opslagtank en de sleeptank (proefsectie);
- afvoerleidingen tussen de opslagtank en de sleeptank (waterreservoir) voor het afgescheiden water;
- een pompgroep en kranen;
- een opvangtank om bij eventuele lekken te voorkomen dat het product in de bodem zou dringen;
- voorzieningen in de sleeptank om afzuiging van de sliblaag te vergemakkelijken;
- een meetsysteem voor continue monitoring van de atmosfeer in hal 1 en in de omgeving van de opslag- en behandelingsinstallatie;
- bijkomende voorzieningen in hal 1 voor ventilatie.

3.3.3 Meetinstrumentatie

Voor de detectie van het scheidingsvlak water – slibsimulatiemateriaal werd een interfacevolger ontworpen op basis van een vlotter waarvan de verticale beweging gemeten wordt door een *laser point sensor* met een bereik van 150 mm.

3.4 Vergunningen

Een aanpassing van de milieuvergunning van het WL zal noodzakelijk zijn. Het WL blijft echter in dezelfde klasse (2) waar het nu al een milieuvergunning voor heeft. Wel moet het provinciebestuur bij de wijziging het extra advies inwinnen van de Afdeling Preventieve en Ambulante Gezondheidszorg van de Administratie Gezondheidszorg.

Verder dient eveneens een bouwvergunning voor de opslag- en behandelingsinstallatie aangevraagd te worden.

4 OPBOUW, GEBRUIK EN AFBRAAK PROEFOPSTELLING

4.1 Aanpassingswerken aan de sleeptank en instrumentatie

4.1.1 Omschrijving

Deze aanpassingswerken omvatten, volgens de overeenkomsten tussen MT en WLH en tussen TV Noordzee & Kust en UGent:

(1) de constructie van een reservoir voor slibsimulatiemateriaal op de bodem van de sleeptank, met als functie:

- de bodem van de sleeptank gedeeltelijk te bedekken met het slibsimulatiemateriaal;
- de bodem, inclusief voegen en coating, te beschermen tegen het slibsimulatiemateriaal;
- het voorkomen van verontreiniging van het water in de tank en in de ondergrondse reservoirs door het slibsimulatiemateriaal;

(2) de montage en ingebruikstelling van een opslag- en behandelingsinstallatie voor slibsimulatiemateriaal;

(3) de aankoop van slibsimulatiemateriaal;

(4) aanpassingen aan de instrumentatie, waarbij de aandacht in hoofdzaak uitgaat naar de meting en registratie van interne golven op het scheidingsvlak water - slib;

(5) een reeks oriënterende proeven.

4.1.2 Keuze en aankoop slibsimulatiemateriaal

In het eindrapport van de voorstudie (A) [1] werd als slibsimulatiemateriaal bij proeven met scheepsmodellen een mengsel aanbevolen van gechloreerde paraffines (Cloparol52, Cloparin50) en een densiteitverlagend product. Met een dergelijk mengsel kan binnen een vrij ruim bereik een combinatie van viscositeit en densiteit ingesteld worden.

De keuze van het densiteitverlagende product is van minder belang voor het verband tussen viscositeit en densiteit. Tijdens het vooronderzoek werden de fysische eigenschappen van mengsels van gechloreerde paraffines met petroleum en met benzine bepaald; de verschillen in rheologie waren niet relevant. In het eindrapport van de voorstudie (A) [1] werd gesuggereerd gebruik te maken van benzine, omdat dit vermoedelijk een gunstige invloed zou hebben op de kosten verbonden aan de verwijdering van het materiaal.

Bij het ontwerp van de experimentele opstelling (zie verder) bleek echter dat het gebruik van benzine belangrijke gevolgen zou hebben op veiligheids- en milieuaspecten. Uiteindelijk werd geopteerd voor het gebruik van lamppetroleum als densiteitver-

lagend product. Wegens het hogere vlampunt (> 55°C) valt dit product binnen een andere veiligheidsklasse bovendien is de dampspanning beduidend lager (< 3 mbar).

De benodigde hoeveelheden gechloreerde paraffines en petroleum werden besteld bij respectievelijk Rost Chemicals BV en De Smet & Van Diest (TotalFinaElf). Volgende hoeveelheden werden besteld:

- 7 m³ Cloparin 50;
- 7m³ Cloparol 52;
- 7300 l lamppetroleum.

4.1.3 Uiteindelijk ontwerp en procedure

4.1.3.1 Mengoperaties

Uiteindelijk werd afgezien van een eigen menginstallatie, wegens het hoge prijskaartje dat er aan verbonden was. Er werd geopteerd voor een procedure waarbij de menging van de verscheidene bestanddelen van het slibsimulatiemateriaal extern zou gebeuren. Hierdoor vervalt de noodzaak van een petroleumreservoir en van een menger.

Het mengen werd toevertrouwd aan de firma Proviron NV uit Hemiksem, die zich ertoe verbond in te staan voor:

- ophalen van de IBC's die gevuld zijn met het mengsel;
- decanteren van het meegevoerde water;
- stockage van het overtollige deel van het mengsel;
- aanmaken van een nieuw mengsel;
- bepaling van de densiteit van het nieuwe mengsel;
- levering van het nieuwe mengsel en het gedecanteerde water in IBC's in het WLH.

Hierin zijn dus ook begrepen:

- reiniging van de reactor;
- transport van het mengsel van en naar het WLH;
- de verpakking, IBC's (plastic containers met een inhoud van 1m³).

Proviron NV bleek de enige gecontacteerde firma die deze taken op zich wil nemen en die over de benodigde vergunningen beschikt; met deze firma werd dan ook een overeenkomst gesloten.

4.1.3.2 Behandelingsinstallatie

In de uiteindelijke opstelling werd de sleeptank eveneens in drie compartimenten verdeeld, zie Figuur 4.1, namelijk:

- ***Proevengedeelte*** of ***proefsectie***: het gedeelte van de tank bepaald door $x_0 < 44$ m;

- ***Kunstslibreservoir*** of ***vergaarbak***: hierin werd het kunstslib onder een laag water opgeslagen. Dit compartiment wordt begrensd door twee muren van 0.7 m hoogte, gebouwd op x_0 = 44 m en x_0 = 49 m, zie Figuur 4.2. De wanden van de sleeptank werden verhoogd tot 0.70 m. Om het leegmaken van dit reservoir te vergemakkelijken, werd een hellende bodem voorzien (0.10 m over 7 m). In de muur tussen het reservoir en het proevengedeelte werd een overstort voorzien; de muur is er 0.10 m minder hoog over een lengte van 1 m.

- een ***waterreservoir***, zich uitstrekkend in het gebied 49 m < x_0 < 68 m.

Verder werd voorzien:

- ***Werkplatform***: Verhoogde constructie naast de vergaarbak, voorzien van antislipmatten, zie Figuur 4.3. Hieronder bevindt zich een waterdichte en kunstslibbestendige vloer die afhelt naar de vergaarbak toe.

- ***Vulpomp***: Pomp, bestand tegen het kunstslib, om het kunstslib met een klein, regelbaar debiet van het kunstslibreservoir naar de proefsectie en omgekeerd te pompen. Deze staat geïnstalleerd op het werkplatform, zie Figuur 4.4. De pomp werd tevens gebruikt om het waterniveau in het proevengedeelte tussen twee proevenreeksen in te stellen.

- ***Driewegkranen***: worden ingesteld naargelang van de beoogde functie van de vulpomp.

- ***Aftreksysteem*** *of* ***opstuwsysteem*** (Figuur 4.5)*:* Vakwerkconstructie, onderaan voorzien van een verticale kunststoflat om het kunstslib op te stuwen bij het verpompen van de proefsectie naar het kunstslibreservoir; het systeem wordt door middel van kettingen gehangen aan de sleepwagen.

- ***Aan- en afvoerbuis***: In- en uitlaatstuk op de bodem van het proevengedeelte, zodanig geconcipieerd dat een gelijkmatige verdeling over de breedte bekomen wordt, zie Figuur 4.6.

- ***Waterpeilregelsysteem*** (Figuur 4.7): Pompsysteem tussen proefsectie en waterreservoir waarmee het water in de proefsectie op het gewenste peil wordt gehouden. Dit bestaat uit een opvangvak met continu systeem in de proefsectie, een pomp met klein, constant debiet die water van het waterreservoir naar de proefsectie pompt, en een pomp die het water in de opvangbak wegpompt en terug naar het waterreservoir voert.

Voor het ontwerp en de realisatie van de fel afgeslankte behandelingsinstallatie bij de sleeptank, kon het WLH zelf instaan. Voor advies betreffende milieu-aspecten en veiligheid werd een beroep gedaan op SGS.

4.1.3.3 Verbouwingswerken sleeptank

Voegen

De twee voegen in het proevengedeelte van de sleeptank werden als volgt behandeld:

- slijpen van een geul van 1 cm diepte met schijf; verwijderen van dichtingrubber;
- opvullen met Rotabond.

Scheidingsmuren tussen compartimenten (Figuur 4.8).

- Voorbereiding: op de plaats waar de muren geplaatst moesten worden, werd de verf- en egalisatielaag verwijderd om een goede hechting te bekomen.
- De muren werden opgetrokken uit betonblokken met daartegen een betonplex plaat (4mm) om een gladde wand te verkrijgen.
- Positie van de muren: op x_0 = 44 m, 49 m en 68 m (zie Figuur 4.12).
- De hoogte van de muur net voor het golfschot (x_0 = 68 m) bedroeg 0.60 m.
- De hoogte van de muren van het slibreservoir bedroeg 0.70 m.
- Op de muur tussen het reservoir en het proevengedeelte werd een overstort voorzien (d.w.z. de muur was er 0.10 m minder hoog over een lengte van 1 m).

Platen als wandbekleding.

- In het slibreservoir werden aan de kant van de gang houten balken rechtgezet waartegen een betonplexplaat (hoogte: bovenkant rail) werd geplaatst.
- Aan de overkant werd een plaat (hoogte: bovenkant rail) rechtstreeks aan de bestaande wand vastgemaakt.
- Ter plaatse van de poort bij de haven werd een betonplexplaat (0.60m hoog) geplaatst (eventueel tegen houten balken).
- Bevestigingen in de muur waren toegelaten boven een hoogte van 0.50 m ten opzichte van de tankbodem.

Helling in slibreservoir

In het slibreservoir werd een chape gegoten waarvan de dikte geleidelijk toenam van nul aan de kant van de gang tot 0.10 m aan de andere kant.

4.1.3.4 Bekleding van de sleeptank

Voorbereidend onderzoek

Tijdens de voorstudie zijn verscheidene coatings en folies beproefd op hun resistentie tegen het slibsimulatiemateriaal. Uiteindelijk waren verscheidene plasticfolies geschikt bevonden om de bodem en wanden van de sleeptank te bekleden.

Bij nader inzien bleek dat alle materialen weliswaar niet oplossen in het slibsimulatiemateriaal, maar dat er na een zekere tijdspanne van contact het volume en gewicht was toegenomen, wat erop wijst dat er slibsimulatiemateriaal wordt opgenomen door het materiaal.

Uiteindelijke oplossing (Figuur 4.9)

Uiteindelijk werd geopteerd voor de aanpak voorgesteld door de firma ETEC uit Wilrijk, waar 18 producten uitgetest zijn in een bad van petroleum met gechloreerde paraffines. De testen bestonden erin het product een aantal dagen (4 tot 14) bij 20°C onder te dompelen in het mengsel. Daarna werden de mechanische eigenschappen en dikte van het product geverifieerd.

Het enige bekledingsmateriaal dat op alle vlakken bleek te voldoen is PC Polyplast HDL, bestaande uit verschillende lagen (high & low density) polyethyleen, dat gekenmerkt wordt door volgende fysische eigenschappen:

densiteit:	0.94 kg/dm^3
thermische uitzettingscoëfficiënt:	1.5 E-4.

Deze bekleding heeft een dikte van 2 mm en is verkrijgbaar in breedtes van 4.57 m en 7 m; de lengte is onbeperkt.

De bestelling werd geplaatst op 22 mei 2001. De uitvoering geschiedde in verschillende fasen van eind juni tot begin augustus 2001. Via extrusielassen werden de stroken met een zekere overlap aan elkaar verbonden. De lassen werden gecontroleerd op eventuele fouten. De opstaande gedeeltes werden aan de bovenkant met een aluminium lat aan de muur bevestigd. Eventuele buisdoorgangen werden eveneens in PE uitgevoerd. Daar het geheel best bij een hogere omgevingstemperatuur aangebracht kon worden zodat het in zijn gebruikstoestand wat zou krimpen, werd de hal voor deze gelegenheid warm gestookt tot ca. 24°C.

De uitvoeringstermijn was aanzienlijk langer dan voorzien. Dit was te wijten aan verscheidene problemen die tijdens de werkzaamheden rezen:

- na het aanbrengen van de bekleding in het waterreservoir bleken niet alle lassen waterdicht te zijn;
- de bekleding van de bodem van het waterreservoir bleek verscheidene golven te vertonen met grootteorde 20 mm, wat in de proefsectie onaanvaardbaar zou zijn.

Uiteindelijk bleek dat de golven in de bodembekleding onder invloed van de waterdruk geleidelijk aan verdwenen, zodat ook in de proefsectie de werkzaamheden werden gestart. Voorafgaande pogingen daar om de golven - die een gevolg zijn van het fabricageproces - met een warmtebehandeling teniet te doen, bleven zonder resultaat. Ook in de proefsectie bleken de meeste golven te verdwijnen na het vullen met water.

4.2 Ingebruikstelling van de behandelingsinstallatie voor het kunstslib

4.2.1 Vereiste procedures

4.2.1.1 Waterbehandeling

Er waren uitgebreide proevenreeksen voorzien bij verschillende waterhoogtes. De waterhoogte kon aangepast worden door water van de proefsectie naar het waterre-

servoir (daling van het waterpeil) of door water van het waterreservoir naar de proefsectie te transporteren. De verdamping van het water in de hal kon bij een lange proevenreeks een significante daling van het waterpeil veroorzaken. Daarom was er eveneens een systeem nodig voor het in stand houden van een constant waterpeil in de proefsectie. Uiteindelijk diende ook een blijvende laag water van circa 50 mm aanwezig te zijn in het kunstslibreservoir.

Het watertransport diende dus enkel te gebeuren tussen het waterreservoir en de proefsectie. Hierbij dient opgemerkt dat het water in contact met het kunstslib ook gecontamineerd was en bijgevolg in het gesloten circuit van de drie compartimenten diende te blijven.

Op het gebied van waterbehandeling moesten volgende procedures voorzien zijn:

A Water van waterreservoir naar proefsectie
B Water van proefsectie naar waterreservoir

G In stand houden van een constant waterpeil in de proefsectie

De bewerkingen A en B konden gebeuren met een vulpomp en verbindingsleidingen tussen het waterreservoir en de proefsectie (zie 3.2.1.3). Opdat bij het wegpompen van het water uit de proefsectie het kunstslib niet mee gepompt zou worden, eindigde de aanzuigleiding in een bakje met hoogte groter dan de dikste sliblaag (zie Figuur 4.10). Op die manier was die leiding nooit in contact met het kunstslib.

Voor de bewerking G werd een pompsysteem geconstrueerd. Bij een welbepaalde waterhoogte werd met behulp van de teller de rand van *het inloopbakje* in de proefsectie op dezelfde hoogte gebracht. Vanuit het waterreservoir werd continu water gepompt via pomp N1 naar de proefsectie. Een constant debiet werd bekomen door het water eerst in *een uitloopbakje* in het waterreservoir te pompen, zodat de constante hydrostatische druk het water met een constant debiet naar de proefsectie stuwde. Het overtollige water in de proefsectie vloeide in het inloopbakje waarin zich de pomp N2 bevindt dat dit water terug naar het waterreservoir pompte. De hoogte van het inloopbakje in de proefsectie was zodanig dat er nooit kunstslib in het circuit kon terechtkomen.

Na het verpompen diende de hevelwerking tussen de verschillende secties vermeden te worden. Dit leidde tot de volgende procedure:

I Stand-by: voorkomen van ongewenste vloeistofstromingen

4.2.1.2 Behandeling van het kunstslib

Het kunstslib werd aangeleverd in IBC's. De opslag gebeurde in het kunstslibreservoir. Voor de proevenreeksen moest het slib van het kunstslibreservoir naar de proefsectie gebracht worden. Eveneens moest na het beëindigen van de proevenreeks het slib teruggebracht worden naar het kunstslibreservoir, en uiteindelijk terug in de IBC's.

Het slibtransport gebeurde tussen het kunstslibreservoir, de proefsectie en de IBC's, zodat volgende procedures nodig waren:

C Kunstslib van vat naar kunstslibreservoir
D Kunstslib van kunstslibreservoir naar vat

E Kunstslib van kunstslibreservoir naar proefsectie
F Kunstslib van proefsectie naar kunstslibreservoir

H Bijzondere procedure: kunstslib rechtstreeks van proefsectie naar vat

Daarom waren er ook leidingen nodig tussen het kunstslibreservoir en de proefsectie en van het vat naar het kunstslibreservoir. Bijlage 1 geeft een overzicht van de stand van de kranen en de vloeistofstromingen in functie van de procedures.

4.2.1.3 Behandelingsinstallatie

Voor de bewerkingen A, B, C, D, E, F en H was een vulpomp nodig die bestand is tegen het kunstslib om de vloeistoffen met een klein regelbaar debiet van het ene compartiment naar het andere te pompen. Een pneumatisch aangedreven membraanpomp van de firma Flowtec bleek de beste oplossing te zijn, aangezien de materialen waaruit de andere pompen vervaardigd zijn niet bestendigd bleken tegen het kunstslib. Daar deze pomp slechts in enkelwerkende uitvoer beschikbaar was, leidt dit tot een complexer leidingsysteem. De karakteristieken van de Flowtec - Yamada NDP 25 BST (1" PP-TEFLON) zijn: (zie Figuur 4.4)

- Zelfaanzuigend, persluchtaangedreven en enkelwerkende membraanpomp;
- Debiet: regelbaar tot 149 l/min in functie van debiet en druk perslucht;
- Druk: maximaal 7 bar;
- Gewicht: 25 kg;
- Constructie: SUS 316 voor het pomplichaam en de delen in contact met de vloeistof, aluminium voor het centerblok en teflon voor de membranen en kogelventielen;
- Aansluitingen: 1" BSPT voor de aanzuig- en persleidingen, 3/8" BSPT voor de inlaat van de perslucht en 3/4" BSPT voor de uitlaat van de perslucht.

Deze pomp was wel zeer gevoelig voor het droogdraaien, de membranen zijn tot twee maal toe vervangen.

Voor de leidingen zelf werd oorspronkelijk geopteerd voor die in PVC uit te voeren; wegens problemen met statische elektriciteit bleek een materiaal met een goede geleidbaarheid geschikt. Koper was ideaal vanwege zijn kostprijs, voldoende sterkte, resistentie tegen het kunstslib en geleidbaarheid. Bij kunstslib met lamppetroleum dienen de leidingen wel geaard te worden.

Om alle contact met de omgeving te vermijden werden de leidingen en vulpomp op een platform geconstrueerd met een lichte helling. Dit platform werd gebouwd langs het kunstslibreservoir zodat bij eventuele lekken de vloeistoffen naar het kunstslibreservoir afvloeien. Antislipmatten op het platform verzekeren een vlotte toegang in

geval van lekken. Het platform kreeg een verflaag die weerstand biedt aan het kunstslib (zie Figuur 4.3).

Om met de enkelwerkende pomp toch alle bewerkingen toe te laten werden vijf driewegkranen en twee afsluitkranen in het systeem geplaatst. De driewegkranen waren zodanig ingesteld dat de bedieningshendel steeds in de richting van de gesloten kant wees. Voor elke procedure A, B, C, D, E, F of H diende men slechts de stand van de bedieningshendels van de vijf driewegkranen en de afsluitkranen af te lezen en in te stellen. Oorspronkelijk was er nog een overdrukventiel voorzien om de installatie te besparen bij verkeerde instelling van de kranen. Het overdrukventiel voldeed echter niet voor deze pomp. De voorziene leidingen werden dan gebruikt voor het aankoppelen van een flexibele darm die de extra bewerking H toelaat. In de praktijk werden de acties F en D bijna altijd vervangen door de actie H die sneller, en toch nog veilig uitvoerbaar was.

De membraanpomp werd gevoed met een compressor van Atlas Copco. De karakteristieken van de Atlas Copco GA 11 C - 7,5 zijn: (zie Figuur 4.11)

- Oliegeïnjecteerde schroefcompressor met ingebouwde koeldroger;
- Spanning: 3x400 V - 50 Hz;
- Maximale werkdruk: 7.3 bar;
- Debiet bij 7 bar: 1.60 m³/min;
- Geïnstalleerd motorvermogen: 11 kW;
- Drukdauwpunt: +3°C;
- Toestel opgebouwd op ketel van 250 liter.

De druklucht bereikte de pomp via een drukregelaar (zie Figuur 4.4). Door de werking van de pomp ontstonden trillingen die opgevangen werden door tussen de koperen leidingen en de in- en uitgang van de pomp flexibele darmen te plaatsen. Die darmen werden eveneens getest op de weerstand tegen het kunstslib. Deze oplossing bleek echter nog niet afdoende. Bij de eerste testen ontstonden lekken in de soldeerverbindingen. Met de huidige extra rubberen ondersteuningen onder de pomp waren deze problemen echter van de baan.

Zoals al vermeld moest het slib na de proeven overgepompt worden naar het kunstslibreservoir of rechtstreeks naar de IBC's. Op x_0 = 44 m bevond zich de aanvoer- en afzuigleiding, een symmetrische constructie, zodat een evenredige zuigwerking over de breedte van de proefsectie bekomen werd (zie Figuur 4.6). Die constructie bevond zich achter de golfdempers.

Het verwijderen van het kunstslib gebeurde via een aftrek-opstuwsysteem, i.e. een vakwerkconstructie, onderaan voorzien van twee latten in PVC, die het kunstslib gelijkmatig naar de afzuigleiding stuwde (zie Figuur 4.5). Oorspronkelijk was slechts één lat voorzien, maar dit was te flexibel omdat alle water onder het systeem door vloeide. Daarenboven voldeed de PVC niet en werd die vervangen door betonplex. Het aftreksysteem werd door middel van een haak aan de sleepwagen gehangen.

Bij dit proces dienden de golfdempers uit de proefsectie getild te worden. Ze werden daartoe geplaatst op een houten rooster dat boven het kunstslibreservoir geconstrueerd is, zodat de lekken opgevangen konden worden.

Om een gelijke zuigwerking te bekomen in het kunstslibreservoir werd daar een gelijkaardige constructie geplaatst (zie Figuur 4.6). Een opstuwsysteem was in dit geval niet nodig gezien de helling van het kunstslibreservoir.

Bij levering van het kunstslib werden de IBC's met behulp van een heftruck één voor één op het platform geplaatst en leeggepompt. Naderhand werd er echter voor geopteerd om het benodigde kunstslib rechtstreeks in de proefsectie te laten lopen door middel van een slang aangesloten op de kraan onderaan de IBC's. Het eventueel later gebruikte deel van het kunstslib werd bewaard in IBC's die in een gesloten omgeving stonden om contaminatie bij eventuele lekken te vermijden.

4.3 Problemen bij het gebruik van de behandelingsinstallatie

4.3.1 Bekleding van de sleeptank

4.3.1.1 Problemen

In het najaar van 2002 ontstonden er nieuwe bulten in het begin en op het einde van de proefsectie. De bulten werden vermeden door het traject van de proeven met de kleinste kielspeling aan te passen. In het voorjaar verschenen er echter bulten in het midden van de proefsectie. Aanpassen van de proeftrajecten was niet meer mogelijk.

De hoogte van de bulten nam toe met de concentratie van lamppetroleum in het kunstslib. Uit het vooronderzoek bleek al dat de meeste bekledingsmaterialen het slibsimulatiemateriaal in meer of mindere mate opnamen. De chloorparaffines maken de bekledingsmaterialen week, terwijl de toenemende concentratie lamppetroleum dit proces blijkbaar in grote mate versnelt. De omgevingstemperatuur speelt eveneens een rol: in de zomer nam de grootte van de bulten sneller toe dan in de winter.

In maart 2003 werd het volledige middengedeelte van de bekleding van de proefsectie vervangen door nieuw materiaal. Dit nieuwe materiaal was analoog aan de PC Polyplast HDL, maar de low density–lagen waren iets fijner. De vernieuwde bekleding hield stand tot mei 2003. De bulten kwamen terug, met steeds grotere amplitudes. Verschillende manieren werden uitgeprobeerd om de bulten weg te krijgen, zoals het uitsnijden van het overtollige materiaal. Het leidde enkel tot het verplaatsen van de bulten.

Op de vergadering van 3 juni 2003 werd na overweging van verschillende oplossingsmogelijkheden beslist de huidige bekleding te vervangen door witte PE-platen van hoge densiteit, met lassen aan elkaar te verbinden. Door gebruik te maken van V-lassen konden de lasvoegen daarna wel weggeslepen worden. Om de vlakheid te garanderen zou het eigen gewicht van de platen en de waterdruk moeten volstaan; desnoods kon men overwegen verankeringen aan te brengen in de bodem van de sleeptank. De constructeur verbond er zich toe dat na het aanbrengen van de normale waterdruk de bekleding over de proefsectie vlak is met een tolerantie van 10 mm.

Toch heeft men niet de volledige bekleding van de proefsectie vervangen:

- Langs de zijkanten zouden er verankeringen moeten aangebracht worden: een schade aan de zijwanden van de tank die nadien ook hersteld zou moeten worden.
- De onderkant van de platen zou steeds in contact komen met kunstslib, terwijl het grootste gedeelte van de zijwanden nooit in contact zou komen met het kunstslib. Dit zou aanleiding kunnen geven tot grote spanningsverschillen.

Alvorens de platen aan te brengen zijn de eigenschappen van de PE-HD-platen met gunstig resultaat getest door de firma BECETEL (Melle):

- De PE-HD-platen zijn weerstandbiedend aan het kunstslib volgens de *Standard test method for environmental stress-craking of ethylene plastics* (ASTM D 1693).
- Het materiaal is chemisch bestand voor een periode van minimum één jaar.
- Correct uitgevoerde lasverbindingen zijn eveneens weerstandbiedend.
- In contact met het kunstslib verkleurt het materiaal rood. Dit is een gevolg van de moleculaire eigenschappen van PE-HD en heeft geen invloed op de mechanische eigenschappen.

De bodem werd in juni 2003 herbekleed door de firma TEBLICK. Enkele afbeeldingen van het verloop van de werkzaamheden is opgenomen in Bijlage 2.

In juni 2004 heeft men het extra proevenprogramma vervroegd moeten stopzetten omdat er in de platen over de proefsectie drie grote bulten verschenen zijn waarover varen onmogelijk was, zie eveneens Bijlage 2.

4.3.1.2 Aanbevelingen

Het blijkt dat de PE-bekleding en evenmin de PE-beplating het moeilijk langer dan een jaar volhouden, vooral de temperatuur en de petroleumconcentratie spelen hierin een rol. Indien op langere termijn onderzoek moet verricht worden met betrekking tot sliblagen komt men onvermijdelijk terecht bij duurdere oplossingen:

- Bekleden van de sleeptank met PVDF of met inox, die echter eveneens temperatuurafhankelijk zijn;
- Het bouwen van een sleeptank die kunstslibbestendig is.

Zoals blijkt uit de financiële rapportering was de raming voor de bekleding van de sleeptank zelfs met PE ontoereikend.

4.3.2 Verf van de scheepsmodellen

Na het beëindigen van de proeven met slibsoort E had het scheepsmodel D grote schilfers verf verloren. In het vooronderzoek [1] was echter gebleken dat de verf van de scheepsmodellen bestand zou zijn tegen het kunstslib. De scheepsmodellen werden oorspronkelijk beschilderd met:

- twee onbekende grondlagen;
- een witte grondlaag Sigmarite WL Primer;
- een gele laklaag Sigma S2U.

De oude lagen dienden weggeschuurd te worden en opnieuw behandeld te worden met Sigmarite WL Primer. De eigenschappen van deze verfsoort zijn:

- twee-componenten primer op basis van epoxyhars met polyamide verharder;
- goede hechting op diverse kunststoffen en hout;
- kan overschilderd worden met bepaalde epoxy coatings;
- uitstekende watervastheid.

Als nieuwe verf voor de toplaag werd gekozen voor Sigma Pantectonique R51, zinkgeel. Dit is een verf met polyurethaan afwerking op basis van polyester hars, gereticuleerd met een alifatisch isocyanaat. De voornaamste positieve eigenschappen van deze verfsoort zijn:

- zeer goede kleurvastheid en glansbehoud;
- goede weerstand in chemisch agressief milieu.

Met deze verf zijn geen verdere problemen vastgesteld.

4.3.3 Invloed van de omgevingstemperatuur op de kunstslibkarakteristieken

In [1] bleek al dat het voornaamste nadeel van de chloorparaffines de temperatuursafhankelijkheid van de viscositeit was.

In de sleephal kan 's winters de temperatuur dalen tot 11°C, terwijl 's zomers temperaturen van 23°C geen uitzondering zijn. In de winter moest de hal opgewarmd worden zodat de watertemperatuur zich steeds tussen 14.5°C en 15.5°C bevindt. In de warme zomermaanden was temperatuurregulatie echter moeilijker.

Om rekening te kunnen houden met eventuele temperatuursinvloeden werd bij iedere proef eveneens de luchttemperatuur en de watertemperatuur geregistreerd, zodat het temperatuursverloop steeds nauwlettend in het oog gehouden kon worden.

4.3.4 Update besturingssysteem van de wagen

Het vroegere MS-DOS-besturingssysteem heeft een goede werking van de wagen toegelaten sinds zijn opstart. Daar MS-DOS met uitsterven bedreigd is werd beslist om op Windows over te schakelen, dit om bij mogelijke uitval in de toekomst geen problemen te hebben met vervangstukken. Tezelfdertijd werden de metingen grotendeels gedigitaliseerd met behulp van DIOCs (Direct Input Output Control), die aanzienlijke uitbreiding toelaten van de krachten, bewegingen,… die wensen opgemeten te worden, en is de interface gebruiksvriendelijker en overzichtelijker geworden.

Deze omschakeling verliep echter vrij moeizaam. Van 12 oktober tot medio november 2001 was de sleeptank volledig buiten gebruik. Vanaf dan kon de wagen opnieuw gebruikt worden, maar wegens programmeerfouten heeft men heel wat proeven meerdere malen moeten uitvoeren.

4.3.4 Vertragingen op het experimentele programma

De vermelde problemen hebben geleid tot vertragingen op het experimentele programma sinds de start van het project op 1 april 2001:

- 2001: 5 maanden vertraging
  - Drie maanden vertraging wegens de herinrichting van de sleeptank, zie 4.1.3.1. Aangezien de oorspronkelijke keuze, met bouw van een eigen menginstallatie, te duur uitviel, moest er gezocht worden naar een alternatief. De gekozen situatie met bekleding was in het begin onderhevig aan lekken en bulten.
  - Twee maanden vertraging wegens de update van het besturingssysteem, zie 4.3.4.

- 2002: 2 maanden vertraging
  - Eén maand vertraging wegens de bugs in het nieuwe besturingssysteem.
  - Een bijkomende maand wegens verschillende kleine tegenslagen, zoals de verbranding van de motor van de schroefas van het scheepsmodel.

- 2003: 2 maanden vertraging
  - Deze twee maanden vertraging zijn volledig te wijten aan de problemen met de bekleding van de proefsectie, zie 4.3.1.1.

- In de eerste twee maanden van 2004 werd het vooropgestelde proevenprogramma afgewerkt zoals gepland. Bijkomende proeven konden uitgevoerd worden, maar net voor het einde van het proevenprogramma traden er opnieuw problemen op met de bekleding.

De gecumuleerde vertraging bedraagt dus 9 maanden, waarvan er 5 maanden te wijten zijn aan de problemen met de bekleding. De problemen hadden eveneens financiële gevolgen. Het beschikbare budget diende verhoogd te worden, zie financiële rapportering. Om de verloren tijd in te halen werden verschillende acties ondernomen:

- Het contract van de technicus voor het WLH werd met 7 maanden verlengd.
- De totale looptijd van het project werd met 2 maanden verlengd.
- De proeven met de Esso Osaka werden gedeeltelijk uit het vooropgestelde proevenprogramma geschrapt.

4.4 Afbraak proefopstelling

4.4.1 Omschrijving

Volgens de overeenkomsten tussen Maritieme Toegang en WLH en tussen TV Noordzee & Kust en UGent, omvat de nazorg de volgende punten:

(1) Verwijdering van de specifieke voorzieningen in de sleeptank (bodembekleding, indeling in compartimenten);

(2) Verwijdering van het slibsimulatiemateriaal en zuivering of evacuatie van het gecontamineerde water;
(3) Demontage van de opslag- en behandelingsinstallatie.

Deze acties werden uitgevoerd in de maanden juli en augustus 2004. De afvalomschrijving (2) omvatte de verwerking van:

(2.1) het kunstslib;
(2.2) het gecontamineerde water;
(2.3) ander gecontamineerd materiaal, zoals bv. vodden, de kleurstof Conasol;
(2.4) de IBC's voor het transport en de opslag van het kunstslib;
(2.5) de bekleding van de sleeptank en de golfdempingspakken.

Voor de verwerking werden verschillende prijsoffertes ontvangen. Op de vergadering met de stuurgroep van 24 mei 2004 werd beslist de verwerking toe te kennen aan Indaver. De voorkeur ging uit naar Indaver, omdat het praktischer was het slib te verwijderen samen met de IBC's en omdat de offerte weinig beperkende voorwaarden bevatte.

4.4.2 Verwijderen van het slibsimulatiemateriaal en het gecontamineerde water

Eind juni 2004 was het experimentele proevenprogramma beëindigd. In eerste instantie werd het slibsimulatiemateriaal uit de proefsectie gehaald volgens de procedures beschreven in 4.2. Met het aftreksysteem werd het kunstslib zoveel mogelijk opgestuwd, zodat het met behulp van de membraanpomp in de IBC's kon worden opgeslagen.

Het gecontamineerde water werd daarna uit de proefsectie overgepompt naar het waterreservoir, waarna de rest van het kunstslib manueel opgedweild werd. Dit kunstslib werd dan voorlopig opgeslagen in het kunstslibreservoir. Na bezinking werd dit gedeelte van het kunstslib dan ook in IBC's opgeslagen.

Voor het verwijderen van het kunstslibmateriaal en voor het herstellen van de sleeptank werd beroep gedaan op een externe firma. Na ontvangst van de verschillende offertes werd de firma CIBO geselecteerd wegens de laagste prijs. CIBO leverde werkkrachten zowel voor kuis- als bouwwerk in regie.

Het water uit de proefsectie is op 9 juli 2004 door Indaver opgehaald met twee zuigwagens. Een andere vrachtwagen is de IBC's met kunstslib komen ophalen.

4.4.3 Verwijdering van de specifieke voorzieningen in de sleeptank

Nadat het kunstslib en het water verwijderd waren, kon begonnen worden met het wegnemen van de bekleding. De bouten waarmee de bekleding vastgemaakt was, moesten verwijderd worden door er rond te boren met een diamantboor. De aldus ontstane gaten werden daarna opgevuld met een professioneel buitenvulmiddel "Polyfilla exterior". De PE-bekleding zelf werd in een afvalcontainer opgeslagen, daartoe werd ze eerst in stukken gesneden van maximum 3 m bij 1 m. Die afvalcontainer werd daarna opgehaald door Indaver.

Daarna kon begonnen worden met het verwijderen van de pompinstallatie en het werkplatform, evenals de scheidingsmuren van de verschillende secties van de sleeptank. Daar waar de egalisatielaag was verwijderd diende die eveneens opnieuw aangebracht te worden. Op sommige plekken waren sliblekken geweest zodat de chloorrubberverf zacht geworden was. Dit moest allemaal met oplosmiddelen verwijderd en afgestoken worden.

De sleuven waar de scheidingsmuren stonden werden opgevuld met vulmortel “Masterflow 928”, terwijl de sleuf op het einde van het waterreservoir opgevuld werd met mortel en "Compaktuna". Op de bodem van de sleeptank waren op verschillende plaatsen losse verfschilfers die verwijderd werden.

Na het verwijderen van alle voorzieningen werden de muren en de bodem van de sleeptank afgewassen met ammoniak. Op de propere wanden kon dan een nieuwe verflaag (Fassiclor standaard grijs) aangebracht worden. Voor het verder afwerken van de opgevulde sleuven en het bijwerken van oneffenheden in de bodem, is verf gebruikt, vermengd met fijn zand. De uitzettingsvoegen zijn gecontroleerd en bijgewerkt.

De dempingspakken die voor golfdemping zorgen in de proefsectie dienden eveneens verwijderd te worden, aangezien ze gecontamineerd waren door het kunstslib. Er werden nieuwe dempingspakken besteld bij de firma Evapco.

4.4.4 Onderhoudsprogramma sleeptank

Eenmaal de specifieke voorzieningen verwijderd, kon het onderhoudsprogramma van de sleeptank doorlopen worden:

- Smeren van de sleepwagen:

  De wagen werd gesmeerd volgens het onderhoudsplan van De Pecker.

- Verticaliteit van de beam:

  De verticaliteit van de beam werd gecontroleerd door middel van een waterreservoir op de bodem van de sleeptank, met als middelpunt het nulpunt van het XY-assenstelsel van de sleeptank. De afmetingen van het waterreservoir waren 3.5 m x 3.5 m.

  Er werd een meetnaald gemonteerd op de beam van de sleepwagen op 1.35 m uit het middelpunt van de beam, verticaal naar beneden. Men liet de beam draaien en om de 10° werd de hoogte ten opzichte van de waterspiegel met een meetnaald aan een micrometer gemeten. Het verschil tussen de meetpunten mocht maximum 0.2 mm/m zijn. Aan deze voorwaarden werd voldaan.

- Afregelen rails:

  De rails werden eerst opgemeten door middel van een aangepaste waterstandsvolger ten opzichte van het water in de watergootjes. De tolerantie van de rails bedraagt over de volledige lengte 1 mm. De lokale tolerantie is 0.1 mm / 1000

mm. Deze toleranties werden overschreden en daardoor zijn de bouten van de rails allemaal losgevezen om de rails bij te regelen. Aan de hand van de elektronische opmeting kon per bout een tabel opgesteld worden. In deze tabel stond aangegeven hoeveel per bout er moest bijgeregeld worden.

- Afkuisen rails:

  De rails werden volledig afgewassen met een vochtige doek met zeepoplossing. Daarna werd de bovenzijde van de rails afgekuist met een doek met mazout en afgedroogd.

- Meetnaald:

  De meetnaald aan de kant van de haven is terug aangesloten en van hoogte geregeld ten opzichte van het nulpunt van de wagen.

- Overstortbakje:

  Het overstortbakje achter het golfschot is terug in gebruik genomen om de waterstand in de sleeptank te regelen. De dompelpomp voor de aanvoer van het overstortwater is terug in werking gesteld.

5 MODELPROEVEN

5.1 Opvatting

5.1.1 Scheepsmodellen

Volgens het oorspronkelijke projectvoorstel wordt voorzien in de beproeving van twee scheepsmodellen, beschikbaar in het Waterbouwkundig Laboratorium, die representatief worden geacht voor een slanke en een volle scheepsvorm. Volgende scheepsmodellen leken hiervoor het meest geschikt (zie Bijlage 4):

- scheepsmodel D van een vierde generatie containerschip, op schaal 1/75;
- scheepsmodel E van een tanker, op schaal 1/85, dat representatief kan genoemd worden voor een voller scheepstype (waartoe ook bulkcarriers behoren); gezien de te grote breedte (B = 53 m natuur) kan hiervoor een afwijkende schaal gehanteerd worden: een schaal 1/75 levert een scheepsbreedte natuur van 47 m, wat maatgevend is voor de Pierre Vandammesluis.

Voor het volledige proevenprogramma wordt bijgevolg een schaal 1/75 voorgesteld. De eerste vorm is kritischer, daar containerschepen onafhankelijk van het getij de haven van Zeebrugge moeten kunnen bereiken. Als representatieve diepgangen worden gekozen:

- voor model D: T = 13.5 m
- voor model E: T = 15.5 m

5.1.2 Bodemcondities

Zoals vermeld in 3.1.2 wordt als slibsimulatiemateriaal een mengsel voorgesteld van:
- twee gechloreerde paraffines:
  - Cloparol52
  - Cloparin50
- een oplosmiddel (lamppetroleum).

Het slibsimulatiemateriaal laat toe de slibbodem na te bootsen door een homogene newtoniaanse vloeistoflaag gekenmerkt door:
- de dikte h_2;
- de densiteit ρ_2;
- de viscositeit η_2.

Voor de laagdikte worden volgende waarden gesuggereerd:

(1) $h_2^{(N)} = 0.75$ m
(2) $h_2^{(N)} = 1.50$ m
(3) $h_2^{(N)} = 3.0$ m

waarbij $^{(N)}$ slaat op natuurwaarde (volle schaal); $^{(M)}$ staat voor modelwaarde.

Daar gewerkt werd met een mengsel van twee gechloreerde paraffines met verschillende densiteit en viscositeit, in combinatie met een oplosmiddel, kunnen binnen bepaalde grenzen viscositeit en densiteit onafhankelijk van elkaar gekozen worden. Uitgaande van een mengsel Cloparol52 + Cloparin50 in een verhouding 1/1, werd een programma samengesteld op basis van volgende slibtypes, zie eveneens Figuur 3.1:

Tabel 5.1. Karakteristieken van de beproefde slibtypes.

type slib	laagdikte natuur (m)	densiteit natuur $\rho_2^{(N)}$ (kg/m³)	densiteit model $\rho_2^{(M)}$ (kg/m³)	dynamische viscositeit bij 15°C η_2 (Pa.s)
E	1.50	1257	1226	0.29
F	1.50	1206	1177	0.11
G	0.75[1], 1.50, 3.00	1248	1218	0.46
H	0.75, 1.50, 3.00	1207	1178	0.19
B(*)	0.75, 1.50, 3.00	1179	1150	0.10
C(*)	0.75, 1.50, 3.00	1149	1121	0.06
D(*)	0.75, 1.50, 3.00	1108	1081	0.03

waarbij het verschil tussen de densiteiten in natuur en op model te verklaren is door het feit dat tijdens de modelproeven zoet water wordt gebruikt ($\rho_1^{(M)}$ = 1000 kg/m³) in plaats van zeewater ($\rho_1^{(N)}$ = 1025 kg/m³). Om een correcte verhouding ρ_2/ρ_1 te bekomen, dient de densiteit van de sliblaag bijgevolg aangepast te worden.

Oorspronkelijk was voorzien om van de drie met een (*) gemarkeerde sliblaagtypes er slechts twee te beproeven. Gezien de evolutie van de resultaten boven de verschillende sliblagen bleek het toch interessant om ze alle drie te beproeven. Op deze wijze ontstaan 17 mogelijke bodemconfiguraties (5 densiteit/viscositeit-combinaties bij 3 laagdiktes; 2 densiteit/viscositeit-combinaties bij slechts één laagdikte).

Hoewel combinaties van de grootste laagdikte met de hogere densiteiten niet realistisch lijken, was het toch aan te bevelen deze condities te beproeven, daar het gedrag van een schip bij een situatie waarbij de densiteit van de sliblaag gradueel varieert tussen 1.025 en 1.25 over een laagdikte van 3 m slechts geëvalueerd kan worden door interpolatie van de scheepskarakteristieken zoals bepaald boven een homogene, dikke laag slibsimulatiemateriaal met diverse densiteiten in het betreffende bereik.

5.1.3 Waterdiepte

De streefdiepte in de betrokken gedeelten van de haven van Zeebrugge bedraagt 13.5 m; rekening houdend met het getij, varieert de diepte (boven nautische bodem) tussen 13.5 en 18.0 m. Volgende diepten h worden gesuggereerd:

(1) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 14.850$ m
(2) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 15.525$ m
(3) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 17.050$ m
(4) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 17.825$ m

[1] Bij deze conditie zijn er enkel metingen van de interface verricht.

waarbij rekening wordt gehouden met de voorgestelde diepgangen:

- scheepsmodel D bij waterdiepte (1): 10% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel D bij waterdiepte (2): 15% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel D bij waterdiepte (3): 26% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel D bij waterdiepte (4): 32% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel E bij waterdiepte (3): 10% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel E bij waterdiepte (4): 15% kielspeling (t.o.v. harde bodem)

De diepte h, voortaan 'totale diepte' genoemd, wordt samengesteld door de hoogte van de waterlaag h_1 (tussen top slib en het wateroppervlak) en de dikte van de sliblaag h_2, zie Figuur 5.1.

5.1.4 Omgevingen: Combinaties sliblaagdikte, slibdensiteit, totale diepte

Voor de exploitatie van de manoeuvreersleeptank wordt een 'omgeving' een combinatie van een waterdiepte en een ingebouwde constructie genoemd. Bij onderzoek van het gedrag van schepen boven sliblagen wordt een omgeving gedefinieerd door een combinatie van:

- type slib (B, C, D, E, F, G,H)
- sliblaagdikte (1, 2, 3)
- totale diepte (1, 2, 3, 4)

zodat volgende mogelijke omgevingen ontstaan:

Tabel 5.2. Verschillende mogelijke vaaromgevingen.

$h^{(N)}$ (m) / $h_2^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825	x
0.75	SLIBx11	SLIBx12	SLIBx13	SLIBx14	G, H, B, C, D
1.50	SLIB**X**21	SLIB**X**22	SLIB**X**23	SLIB**X**24	E, F, G, H, B, C, D
3.0	SLIBx31	SLIBx32	SLIBx33	SLIBx34	G, H, B, C, D

Dit resulteert in **68** beschouwde omgevingen.

5.1.5 Kielspelingen

Uit de combinaties van totale waterdiepte, sliblaagdikte en diepgang kunnen de kielspelingen ten opzichte van de harde bodem en ten opzichte van top slib berekend worden. Voor scheepsmodel D, met een diepgang van 13.5 m, bekomt men met volgende kielspelingen:

- ten opzichte van de vaste bodem, in m / in % van de diepgang:

Tabel 5.3. Beproefde kielspelingen t.o.v. de vaste bodem voor het scheepsmodel D.

$h_2^{(N)}$ (m) \ $h^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05[2]	17.825
0.75	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0
1.50	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0
3.0	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0

- ten opzichte van top slib, in m / in % van de diepgang:

Tabel 5.4. Beproefde kielspelingen t.o.v. top slib voor het scheepsmodel D.

$h_2^{(N)}$ (m) \ $h^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	0.60 / 4.4	1.275 / 9.4	2.80/ 20.7	3.575/ 26.5
1.50	-0.15 / -1.1	0.525 / 3.9	2.05/ 15.2	2.825 / 20.9
3.0	-1.65 / -12.2	-0.975 / -7.2	0.55/ 4.1	1.325 / 9.8

Voor scheepsmodel E, met een diepgang van 15.5 m, bekomt men met volgende kielspelingen:

- ten opzichte van de vaste bodem, in m / in % van de diepgang:

Tabel 5.5. Beproefde kielspelingen t.o.v. de vaste bodem voor het scheepsmodel E.

$h_2^{(N)}$ (m) \ $h^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0
1.50	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0
3.0	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0

- ten opzichte van top slib, in m / in % van de diepgang:

Tabel 5.6. Beproefde kielspelingen t.o.v. top slib voor het scheepsmodel E.

$h_2^{(N)}$ (m) \ $h^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	-1.40 / -9.0	-0.725 / -4.7	0.80 / 5.2	1.575 / 10.2
1.50	-2.15 / -13.9	-1.475 / -9.5	0.05 / 0.0	0.825 / 5.3
3.0	-3.65 / -23.6	-2.975 / -19.2	-1.45 / -9.4	-0.675 / -4.4

De gearceerde situaties werden niet beschouwd, omdat ze hetzij niet realistisch (E), hetzij niet kritisch (D) zijn. Voor scheepsmodel D waren er dus 10 condities, voor E slechts 6.

5.1.6 Proeven boven vaste bodem

Om het gedrag van de betrokken schepen boven diverse slibbodems te kunnen beoordelen, dienden als referentie ook een aantal condities met vaste bodem ($h_2 = 0$)

[2] Een kielspeling van 26.3% boven een sliblaag van 0.75 m was oorspronkelijk eveneens in het programma opgenomen, maar werd geschrapt gezien de geringe invloed van de sliblaag in dit geval.

onderzocht te worden. Volgende condities – met uitzondering van de gearceerde - werden beschouwd, met weergave van de kielspeling in m / in % van de diepgang:

Tabel 5.7. Proeven boven vaste bodem.

omgeving	VAST000[3]	VAST001	VAST002	VAST003	VAST004
waterdiepte $h_1^{(N)}$ (m)	14.445	14.85	15.525	17.05	17.825
model D, $T^{(N)}$ = 13.5 m	0.945/7.0	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0
model E, $T^{(N)}$ = 15.5 m	-1.055/-7.3	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0

5.1.7 Aard van de proeven

Een aangepast programma gedwongen manoeuvreerproeven werd uitgevoerd bij elk van de voorgestelde condities. In de beginfase werd het vooropgestelde standaard-programma (zie 5.2) per conditie geëvalueerd en waar nodig wijzigingen aangebracht.

Eén van de belangrijkste parameters van het proevenprogramma betreft het aantal voorwaartse snelheden en hun getalwaarden. Deze getalwaarden dienden realistisch te zijn, bijvoorbeeld tussen 10 knoop vooruit (snelheid model: 0.6 m/s) en 2 knoop achteruit (snelheid model: 0.12 m/s), maar bovendien moest bij de selectie van de getalwaarden rekening gehouden worden met de belangrijke bevindingen op het gebied van snelheidsafhankelijkheid, zoals werd waargenomen tijdens de proeven in 1986-88 uitgevoerd in het pilootmodel voor nautische bodem door het Waterbouwkundig Laboratorium en bevestigd door theoretische berekeningen door de Afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent. De kritische snelheid, waarbij het propulsie- en manoeuvreergedrag beduidend verandert, is een functie van de densiteitsverhouding en de hoogte van de waterlaag, en varieert voor de beschouwde condities tussen 3 en 6 knoop.

Voor scheepsmodel D werden daarom de volgende snelheidswaarden vooropgesteld:

- 1 snelheid achteruit (2 knoop)
- nulsnelheid
- 2 voorwaartse snelheden onder de kritische snelheid (2 en 3 knoop)
- 2 voorwaartse snelheden boven de kritische snelheid (6 en 10 knoop)

Voor scheepsmodel E werden de achterwaartse snelheid en de nulsnelheid niet beschouwd, zodat het aantal snelheden 4 was; bovendien werd de nadruk gelegd op propulsie en sturing, niet op manoeuvreren. Het uiteindelijke programma van de uitgevoerde proeven kan teruggevonden worden in Bijlage 5.

5.2 Proeftypes

5.2.1 Inleiding

[3] 7% kielspeling is enkel beproefd boven een vaste bodem.

Het doel voor het uitvoeren van de gedwongen manoeuvreerproeven is het bepalen van een mathematisch model dat een ruime range van havenmanoeuvres kan simuleren. Hiertoe is een evenwichtige uitbouw van het proevenprogramma noodzakelijk. Bij elke omgeving wordt een standaardprogramma van proeven uitgevoerd. Dit programma bestaat uit:

- Manoeuvreerproeven:
  - Als basis voor de modellering;
  - Als validatie van de modellering.
- Metingen van de bewegingen van de interface water-slib;
- Visualisatieproeven.

De laatste twee types worden apart behandeld in paragraaf 7.

5.2.2 Schaalwetten

Aangezien het modelproeven betreft worden alle grootheden opgeschaald. Voor scheepshydrodynamische proeven gebeurt dit typisch volgens Froude. Het is namelijk inherent aan proeven op modelschaal dat onmogelijk tezelfdertijd aan de wet van Froude (gravitatie) en aan de wet van Reynolds (wrijving) voldaan kan worden. Dit heeft als gevolg dat de viscositeit niet opgeschaald is en dat er naderhand correcties dienen toegepast te worden (zie 6.3.1.2). Voor de overige grootheden gelden volgende schaalwetten:

- Afmetingen, rijzingen, verplaatsingen: natuurwaarde = λ x modelwaarde;
- Oppervlaktes: natuurwaarde = λ^2 x modelwaarde;
- Volumes, gewichten, krachten: natuurwaarde = λ^3 x modelwaarde;
- Momenten: natuurwaarde = λ^4 x modelwaarde;
- Snelheden: natuurwaarde = $\lambda^{1/2}$ x modelwaarde;
- Toerentallen: natuurwaarde = $\lambda^{-1/2}$ x modelwaarde.

Bij het modelonderzoek werd $\lambda = 75$ als schaalfactor gehanteerd.

5.2.3 Paaltrekproeven

Bij paaltrekproeven werden bij nulsnelheid de volgende combinaties van schroeftoerental en roerhoek beproefd:

Tabel 5.8. Paaltrekproeven.

Schroeftoerental	Roerhoek
$0.7n_0$	-40°, -30°, -20°, -10°, 0°, 10°, 20°, 30°, 40°
n_0	-40°, -30°, -20°, -10°, 0°, 10°, 20°, 30°, 40°
$-0.7n_0$	0°
$-n_0$	0°

n_0 stelt hierbij het nominale schroeftoerental voor, dat 100 $rpm^{(N)}$ bedraagt zowel voor het D- als voor het E-model.

5.2.4 Stationaire sleepproeven

Bij stationaire sleepproeven blijven alle parameters constant gedurende de proef. De hoek van de giertafel ψ is bij stationaire sleepproeven een maat voor de drifthoek β. Het verband tussen beide is als volgt:

- Bij positieve vaarzin: $\psi = \beta$;
- Bij negatieve vaarzin: $\psi = -180° + \beta$.

Tabel 5.9. Stationaire sleepproeven.

Snelheid (kn)	Schroeftoerental	Roerhoek (°)	Vaarzin	ψ (°)
2	$-n_0$	-30, 0, 30	-	0
	$-0.6n_0$	-30, 0, 30	-	0
	$0.75n_0$	-35, -25, -15, 0, 15, 25, 35	-	0
	n_0	-35, -25, -15, 0, 15, 25, 35	-	0
		-35, -15, 15, 35	-	2.5, 5
	$-n_0$	0	+	0, 2.5, 10, 25, 40, 55, 70
	$-0.75n_0$	0	+	0, 2.5
	0	0	+	90, 125, 155, 170
3	$-n_0$	-30°, 0, 30	+	0
		0	+	5
	$-0.75n_0$	0, -30°	+	0, 5
	$0.6n_0$	0	+	0
	n_0	0	+	0
6	$-n_0$	-30°, 0, 30°	+	0, 2.5
		0	+	5
	$-0.75n_0$	-30°, 0, 30°	+	0, 2.5
	$0.6n_0$	-2.5, 0, 2.5	+	0
	n_0	-2.5, 0, 2.5	+	0
10	$0.6n_0$	0	+	0
	n_0	0	+	0

5.2.5 PMMy-proeven

Bij PMMy-proeven varieert de verzetbeweging harmonisch, terwijl de overige parameters constant blijven. Het harmonische verloop van de verzetbeweging is tijdens de regimefase gegeven door:

$$y(t) = y_0 + y_{0A}\sin\left(\frac{2\pi}{T_y}t + \varphi_y\right) \qquad (5.1)$$

De gemiddelde waarde y_0 en de fase ϕ_y zijn steeds nul, terwijl de overige waarden als volgt zijn:

Tabel 5.10. Harmonische verzetproeven.

Snelheid (kn)	Schroeftoerental	Verzetbeweging (modelwaarden)		
		Amplitude y_{0A} (m)	Periode T_y (s)	$\lvert\beta_{MAX}\rvert$ (°)
-2	0	0.2	70, 100	171, 174
	n_0	0.2	70, 100	171, 174
3	0	0.2	30, 40, 60, 80, 100	13, 10, 7, 5, 4
	n_0	0.2	30, 40, 60, 80, 100	13, 10, 7, 5, 4
6	0	0.2	27, 50, 60	7, 5, 4
	n_0	0.2	27, 50, 60	7, 5, 4

5.2.6 PMMpsi-proeven

Bij PMMpsi-proeven varieert de gierbeweging harmonisch, terwijl de overige parameters constant blijven. Het harmonische verloop van de gierbeweging is tijdens de regimefase gegeven door:

$$\psi(t) = \psi_0 + \psi_{0A} \sin\left(\frac{2\pi}{T_\psi} t + \varphi_\psi\right) \qquad (5.2)$$

De fase ϕ_ψ is steeds nul. De overige waarden zijn als volgt:

Tabel 5.11. Harmonische gierproeven.

Snelheid (kn)	Schroef-toerental	Roerhoek (°)	Vaar-zin	ψ (modelwaarden)			
				gemiddelde (°)	amplitude (°)	periode (s)	$\lvert\gamma_{MAX}\rvert$ (°)
2	0	0	-	0	5, 15, 25	70	173, 160, 148
	0	0	-	+/-5, +/-2.5	15	70	160
	n_0	+/-40, +/-20, 0	-	0	15	70	160
	$-n_0$	0	-	0	15	70	160
	0	*0*	-	*0*	*35*	*70*	*139*
	0	*0*	-	*+/-5, +/-2.5*	*25*	*70*	*148*
	n_0	*+/-40, +/-20, 0*	-	*0*	*25*	*70*	*148*
	$-n_0$	*0*	-	*0*	*25*	*70*	*148*
	0	0	+	0	15, 25, 35	70	20, 32, 41
	0	0	+	+/-10, +/-5, +/-2.5	25	70	32
	n_0	+/-40, +/-20, 0	+	0	25	70	32
	$-n_0$	0	+	0	25	70	32
	$0.5n_0$	*0*	+	*0*	*25*	*70*	*32*
	0	*0*	+	*0*	*15, 25, 35*	*100*	15, 24, 32
	n_0	*0*	+	*0*	*25*	*100*	*24*
	0	*0*	+	*0*	*15, 25, 35*	*40*	33, 48, 57
	n_0	*0*	+	*0*	*25*	*40*	*48*
6	0	0	+	0	5, 12.5, 20	40	4, 10, 16
	0	0	+	+/-10, +/-5, +/-2.5	20	40	16
	n_0	+/-40, 0	+	5	20	40	16
	n_0	+/-40, +/-20, 0	+	0	20	40	16
	$-n_0$	0	+	0	20	40	16
	0	0	+	0	15, 25, 35	27	18, 28, 37
	0	0	+	+/-10, +/-5, +/-2.5	25	27	28
	n_0	+/-40, 0	+	5	25	27	28
	n_0	+/-40, +/-20, 0	+	0	25	27	28
	$-n_0$	0	+	0	25	27	28
	$0.5n_0$	*0*	+	*0*	*25*	*36*	*22*
	0	*0*	+	*0*	*15, 25, 35*	*36*	*14, 22, 30*
	n_0	*0*	+	*0*	*25*	*36*	*22*
	0	*0*	+	*0*	*15, 25, 35*	*22*	*22, 34, 43*
	n_0	*0*	+	*0*	*25*	*22*	*34*

De cursief gedrukte waarden werden niet uitgevoerd bij de kleinste kielspeling t.o.v. de vaste bodem, evenmin bij de grootste kielspeling.

5.2.7 Multi-modale proeven

Deze proeven zijn bedoeld om een scheepsmodel in één traject te onderwerpen aan een groot aantal combinaties van snelheidscomponenten, toerentallen en roerhoeken. Volgende grootheden kunnen harmonische bewegingen uitvoeren waarvan de gemiddelde waarde, de amplitude, de periode en de fasehoek onafhankelijk van elkaar kunnen gekozen worden:

- het schroeftoerental n;
- de roerhoek δ;
- de langsscheepse snelheid u;
- meerdere controleparameters tegelijk.

Het laatste type wordt gebruikt als validatieproeven. Het harmonische verloop van een controleparameter f is tijdens de regimefase gegeven door:

$$f(t) = f_m + f_A \sin\left(\frac{2\pi}{T_f} t + \varphi_f\right) \qquad (5.3)$$

waarin:

- f_m : gemiddelde waarde;
- f_A : amplitude;
- T_f : periode;
- ϕ_f : fase.

5.2.7.1 Harmonische variatie van het schroeftoerental

Variatie van snelheid, vaarzin, ψ en harmonische variatie van het toerental volgens:

Tabel 5.12. Multi-modale proeven: harmonische variatie van het schroeftoerental.

Snelheid (kn)	Vaarzin	ψ (°)	Schroeftoerental (modelwaarden)			
			gemiddelde	amplitude	periode (s)	fase (°)
2	+	0, 2.5, 5, 10, 25, 40, 55, 70, 90	$0.5n_0$	$0.5n_0$	255	-90
3	+	0, 2.5, 5, 10, 25	$0.5n_0$	$0.5n_0$	170	-90
-2	-	0, 10, 25, 40, 55, 70, 90, 125, 155, 170	$0.5n_0$	$0.5n_0$	255	-90
-2	-	0, 10, 25, 40, 55, 70, 90	$-0.5n_0$	$0.5n_0$	255	90
-2	-	125, 155, 170	$-0.5n_0$	$0.5n_0$	255	-90

5.2.7.2 Harmonische variatie van de roerhoek

Variatie van snelheid, schroeftoerental, ψ en harmonische variatie van de roerhoek volgens:

Tabel 5.13. Multi-modale proeven: harmonische variatie van de roerhoek.

Snelheid (kn)	schroeftoerental	ψ (°)	Roerhoek (modelwaarden)			
			gemiddelde (°)	amplitude (°)	periode (s)	fase (°)
3	$0.55n_0$	0	0	40	60	0
	n_0	0, 2.5, 10, 25, 40	0	40	60	0
6	0	0, 5, 10	0	40	40	0
	$0.55n_0$	0	0	40	40	0
	n_0	0, 2.5, 5, 10	0	40	40	0
10	0	0, 2.5, 5	0	40	30	0
	$0.55n_0$	0	0	40	30	0
	n_0	0, 2.5, 5	0	40	30	0

De vaarzin is steeds positief. De periode bij de proeven met snelheid 10 kn was oorspronkelijk 40 s. Deze bleek echter te groot te zijn omdat wegens de verkorte proefsectie het schip al in de regimetoestand in contact kwam met de gereflecteerde golf. Het verminderen van de regimetijd gebeurde door het verminderen van de periode. Dit had geen nefaste gevolgen voor de roerwerking.

5.2.7.3 Harmonische variatie van de snelheid

Bij deze proeven varieert enkel de snelheid, de overige controleparameters zijn gelijk aan nul. Deze proeven zijn er op gericht de invloed van de langsversnelling na te gaan.

Tabel 5.14. Multi-modale proeven: harmonische variatie van de langssnelheid.

Snelheid			
Gemiddelde (kn)	amplitude (kn)	periode (s) (modelwaarden)	fase (°)
-1.7	1.7	200	90
5	5	100	-90

5.2.7.4 Harmonische variatie van meerdere controleparameters

In het proevenprogramma zijn zes proeven voorzien waarbij verschillende controleparameters harmonisch variëren terwijl de overige doorgaans nul zijn. Naderhand werden twee bijkomende proeven in het programma opgenomen om het effect van de harmonische variatie van de dwarsscheepse snelheid v te valideren. Deze acht proeven (in modelwaarden) zijn de volgende:

Tabel 5.15. Multi-modale proeven: validatieproeven.

Proef	Parameter				Parameter				Parameter				Parameter			
	f_m	f_A	T_f	ϕ_f	f_m	f_A	T_f	ϕ_f	f_m	f_A	T_f	ϕ_f	f_m	f_A	T_f	ϕ_f
1	Schroeftoerental				Roerhoek				Snelheid							
	$0.5n_0$	$0.5n_0$	30s	-90°	0°	40°	40°	0°	5 kn	5 kn	100s	-90°				
2	Schroeftoerental				Roerhoek				Snelheid u_0				ψ			
	$0.5n_0$	$0.5n_0$	30s	-90°	0°	40°	40°	0°	3 kn	3 kn	100s	-90°	10°	0°	0s	0°
3	Schroeftoerental				Roerhoek				Snelheid u_0				ψ			
	$0.5n_0$	$0.5n_0$	30s	-90°	0°	40°	40°	0°	3 kn	3 kn	100s	-90°	-10°	0°	0s	0°
4	Schroeftoerental				Snelheid u_0				ψ							
	$0.5n_0$	0	0s	0°	3 kn	3 kn	100s	-90°	0°	20°	100s	-90°				
5	Schroeftoerental				Giersnelheid r				Roerhoek				Snelheid			
	$0.5n_0$	$0.5n_0$	280 s	180°	0°/s	2.25 °/s	70°/s	90°	0°	40°	45s	0°	2 kn	0 kn	0s	0°
6	Schroeftoerental				Giersnelheid r				Roerhoek				Snelheid			
	$0.5n_0$	$0.5n_0$	280 s	180°	0°/s	2.25 °/s	70°/s	90°	0°	40°	45s	0°	2 kn	2 kn	140s	90°

Proef	Parameter				Parameter				Parameter				Parameter			
	f_m	f_A	T_f	ϕ_f	f_m	f_A	T_f	ϕ_f	f_m	f_A	T_f	ϕ_f	f_m	f_A	T_f	ϕ_f
7	Snelheid				Snelheid v				ψ				Giersnelheid r			
	0 kn	1.7 kn	720 s	90°	0 kn	1.7 kn	720s	180°	90°	0°	0s	0°	0.5 °/s	0°/s	0s	0°
8	Snelheid				Snelheid v				ψ				Giersnelheid r			
	0 kn	1.7 kn	720 s	-90°	0 kn	1.7 kn	720s	180°	90°	0°	0s	0°	-0.5 °/s	0°/s	0s	0°

Deze proeven worden niet gebruikt voor de wiskundige modellering, maar wel voor de validatie ervan. De gegevenfiles van alle uitgevoerde files zijn beschikbaar in Bijlage 3.

5.2.8 Aanbevelingen

Het experimentele proevenprogramma moet van die aard zijn dat er voldoende gegevens zijn voor de ontwikkeling van het mathematische model, zie paragraaf 6. Bij het opstellen van het wiskundige model is gebleken dat het proevenprogramma op bepaalde punten beter kon.

- Het bepalen van de betafuncties (paragraaf 6.4) verloopt niet steeds van een leien dakje, hoewel dit als basis van het wiskundige model genomen wordt. De oorzaak is dat de gebruikte proeven voor een groot deel bestaan uit multi-modale proeven met harmonisch variërend schroeftoerental bij verschillende drifthoeken. De invloed van het schroeftoerental is prominent, vooral voor de X-kracht. Het bijkomend uitvoeren van stationaire driftproeven bij enkele drifthoeken, zonder schroeftoerental, kan een compromis zijn voor het verbeteren van de resultaten. Men kan hierbij denken aan het uitvoeren van stationaire driftproeven, waarbij de drifthoek in stappen van 45° gewijzigd wordt tussen –180° en +180°.
- Voor het bepalen van de correlatiefuncties (de χ-functies uit paragraaf 6.4) zouden er harmonische gierproeven uitgevoerd moeten worden bij kleinere gieramplitudes en grotere drifthoeken. De correlatiefuncties gebaseerd op het huidige proevenprogramma geven immers aanleiding tot te grote krachten in dergelijke situaties.
- Er dienen multi-modale roerhoekproeven voorzien te worden bij grotere drifthoeken (tussen 40° en 90° in kwadrant I en tussen 90° en 140° in kwadrant IV) en bij meer dan één schroeftoerental. Bij de overige kwadranten speelt de roerwerking niet zo 'n rol. In de huidige modellering heeft het gebrek aan deze proeven ertoe geleid dat de waarde voor a_H, zie 6.6.5.1, in sommige gevallen geëxtrapoleerd moest worden.
- Proeven in het tweede en vierde kwadrant bij kleinere schroeftoerentallen (vb. 25% tot 50% van het maximale schroeftoerental) zijn nodig om een goede correlatie te bekomen tussen de verschillende kwadranten.
- In het vierde kwadrant moeten er stationaire proeven voorzien worden bij meer dan één snelheid of bij meer dan twee schroeftoerentallen, om zo meer datapunten te hebben om de modellering op te baseren.
- Het uitvoeren van harmonische gierproeven in het vierde kwadrant bij een kleinere amplitude is nodig om de grens van de oscillaties te bepalen, zie 6.5.6.5.

6 MATHEMATISCHE MODELLERING

6.1 Inleiding

Om een grondig inzicht te verwerven in de invloed van de sliblaag op de manoeuvreereigenschappen van het schip is het nodig om de optredende krachtwerkingen te modelleren. Voor iedere omgeving werd een wiskundig model opgesteld.

Aan de hand van deze modellen en simulatorproeven kunnen dan de omgevingskarakteristieken bepaald worden waarbinnen een veilige vaart nog mogelijk is.

Voor een wiskundig model zijn twee wegen mogelijk:

Modellering op wiskundige basis:

Hierbij worden de krachten gemodelleerd in functie van polynomen bestaande uit machten van controleparameters, bijvoorbeeld:

$$\text{kracht} = \sum_{i,j,k,\ldots} u^i n^j \delta^k \ldots \qquad (6.1)$$

Het voordeel van dergelijke modellering is het snelle resultaat. Een nadeel is echter dat de fysische achtergrond verloren gaat.

Modellen op fysische basis:

In dit geval worden de krachten gemodelleerd volgens hun fysische oorsprong. Het belangrijkste voordeel hierbij is het modulaire karakter van de modellen.

In dit project wordt gebruik gemaakt van modulaire modellen op fysische basis. Hierbij zal de doctoraatsopleiding van ir. K. Eloot, “Ontwikkeling van een mathematisch model voor scheepsmanoeuvres in ondiep water” [2], als basis genomen worden. Een assenstelsel met de zin van de positieve grootheden kan men terugvinden op Figuur 6.1; deze conventies zijn algemeen geldig voor het hele project.

6.2 Lineair manoeuvreermodel

6.2.1 Inleiding

Zoals vermeld in 6.1 wordt er gebruik gemaakt van fysische modellering. Deze wordt besproken vanaf 6.3. In eerste instantie kan men bewegingen analyseren waarbij het schip slechts in geringe mate afwijkt van een rechte baan. Hiertoe volstaat een lineaire modellering als volgt:

$$\begin{aligned} &(Y_{\dot v} - m)\dot v + (Y_{\dot r} - mx_G)\dot r + Y_{uv} uv + (Y_{ur} - m)ur + Y_{\delta uu}\delta u^2 = 0 \\ &N_{\dot v}\dot v + (N_{\dot r} - I_{zz})\dot r + N_{uv} uv + (N_{ur} - mx_G)ur + N_{\delta uu}\delta u^2 = 0 \end{aligned} \qquad (6.2)$$

Deze lineaire benadering geeft een goed beeld van de werkelijkheid, zolang de optredende bewegingen klein zijn.

6.2.2 Zelfpropulsie

Manoeuvres van het schip, zoals een draaicirkel, gebeuren bij zelfpropulsie. Voor een welbepaalde voorwaartse snelheid is dit het schroeftoerental waarbij de resulterende langsscheepse kracht nul is, of met andere woorden het toerental waarmee de schroef van het scheepsmodel moet aangedreven worden om aan een welbepaalde snelheid vrij te varen.

Voor de beproefde omgevingen werd de zelfpropulsietoestand vastgelegd bij een zuiver langsscheepse beweging ($\beta = 0° = \gamma$).

6.2.3 Verloop van de lineaire afgeleiden

6.2.3.1 Versnellingsafgeleiden

De belangrijkste versnellingsafgeleiden zijn $Y_{\dot{v}}$ en $N_{\dot{r}}$, daar kracht en versnelling in dezelfde richting werken. Deze zijn samen met de andere versnellingsafgeleiden dimensieloos uitgezet in Figuren 6.2a-d. Ter herinnering: de versnellingsafgeleiden kunnen beschouwd worden als een maat voor de extra inertie die het schip ondervindt bij een versnelling, te wijten aan het feit dat het omringende water eveneens versneld moet worden en bijgevolg een reactiekracht op het schip uitoefent. Uit de figuren blijkt dat:

- Bij afnemende kielspeling worden de versnellingsafgeleiden veel groter. Bij de kleinste kielspelingen kan $Y_{\dot{v}}$ zeven maal de scheepsmassa bedragen;
- Sliblaagdikte en slibsamenstelling spelen een belangrijke rol, zelfs als er geen contact optreedt tussen schip en sliblaag;
- Zolang er geen contact is tussen schip en top slib geldt voor de zwaardere slibsoorten een extrapolatie van de resultaten boven vaste bodem. Treedt er contact op tussen schip en slib dan lijkt het alsof de situatie stagneert. $N_{\dot{v}}$ vermindert zelfs wanneer er contact optreedt.

6.2.3.2 Snelheidsafgeleiden

De invloed van de verzetsnelheid v op Y en N wordt afgebeeld op Figuren 6.3a en 6.3b:

- Beide verzetsnelheidsafgeleiden nemen toe met afnemende kielspelingen, maar blijken hun maximale waarde te bereiken wanneer het schip net contact maakt met de sliblaag;
- De aanwezigheid van een sliblaag zorgt voor een toename van Y_{uv}, maar voor een afname van N_{uv} bij gelijke h_1/T-verhouding.

De invloed van de giersnelheid r op Y en N kan men terugvinden op Figuren 6.4a en 6.4b:

- Zoals N_{uv} zal ook N_{ur} groter worden bij afnemende kielspeling totdat er contact optreedt tussen schip en sliblaag, daarna blijft N_{ur} min of meer constant;
- Y_{ur} neemt eveneens toe met afnemende kielspeling. Dit fenomeen zet zich door ook als er contact is tussen schip en slib en is belangrijker naarmate de slibsamenstelling zwaarder wordt.
- Merk eveneens op dat Y_{ur} de enige afgeleide is die van teken wisselt:

  - Bij zeer grote kielspelingen is Y_{ur} klein en negatief. Y_{ur} werkt in dezelfde richting als de centrifugaalkracht –mur;
  - Bij kleinere kielspelingen wordt Y_{ur} positief. Y_{ur} begint de centrifugaalkracht tegen te werken;
  - Bij nog kleinere kielspelingen wordt Y_{ur} groter dan |-mur| en zal de resulterende kracht middelpuntszoekend zijn.

De overgang van centrifugaalkracht naar centripetaalkracht treedt op bij kleinere kielspelingen wanneer de slibsamenstelling minder zwaar wordt. Het effect is veeleer het gevolg van een extreem kleine kielspeling, dan het gevolg van de aanwezigheid van een sliblaag. Dit wordt eveneens bevestigd door het verloop boven vaste bodem.

6.2.3.3 Controleafgeleiden

Op Figuur 6.5 kan men het verloop van de controleafgeleiden bij zelfpropulsie terugvinden in functie van de kielspeling. Bij afnemende kielspeling neemt de vaartweerstand toe, zodat de schroefwerking bij afnemende kielspeling ook toeneemt, vandaar de toename van $Y_{\delta uu}$.

6.2.4 Controle en manoeuvres

6.2.4.1 Inleiding

Koersbestendigheid of rechte-lijnstabiliteit enerzijds, en manoeuvreerbaarheid anderzijds, zijn belangrijke eigenschappen voor het gedrag van een schip in het horizontale vlak.

Een schip waarvan het roer in zijn middenstand geblokkeerd is, zal na het optreden van een externe storing van zijn oorspronkelijke koers afwijken. Wanneer het schip koersbestendig is, zal het echter na het verdwijnen van de storing opnieuw een rechte koers aannemen. Een koersonbestendig schip zal na de storing zelfs niet meer rechtdoor varen. In de praktijk betekent dit dat een koersonbestendig schip slechts een rechte baan kan volgen door voortdurende roeracties, terwijl een koersbestendig schip minder koerscorrecties nodig heeft.

Rechte-lijnstabiliteit is een wenselijke, maar geen noodzakelijke eigenschap. Een te grote koersbestendigheid kan echter nadelig zijn, daar het schip in dat geval moeilijk zal reageren op roeracties die een gewenste koersverandering op het oog hebben, zodat de manoeuvreerbaarheid van het schip in het gedrang komt.

6.2.4.2 Voorwaarde voor rechte-lijnstabiliteit

Uit de lineaire bewegingsvergelijkingen (zie paragraaf 6.2.1) kan een voorwaarde gehaald worden voor de rechte-lijnstabiliteit. Bij afwezigheid van roerwerking ($\delta = 0°$) moet na een storing het schip rechtdoor kunnen varen, met andere woorden moet:

$$v = r = 0 \qquad (6.3)$$

Een oplossing voor het stelsel bewegingsvergelijkingen is van de vorm:

$$\begin{aligned} v &= C_1 e^{\sigma_1 t} + C_2 e^{\sigma_2 t} \\ r &= C_3 e^{\sigma_1 t} + C_4 e^{\sigma_2 t} \end{aligned} \qquad (6.4)$$

waarbij σ_1 en σ_2, stabiliteitsindices genoemd, oplossingen zijn van de vergelijking:

$$A\sigma^2 + B\sigma + C = 0 \qquad (6.5)$$

Met:

$$\begin{aligned} A &= (Y_{\dot{v}} - m)(N_{\dot{r}} - I_{zz}) - (Y_{\dot{r}} - mx_G)N_{\dot{v}} \\ B &= Y_{uv}(N_{\dot{r}} - I_{zz}) + (Y_{\dot{v}} - m)(N_{ur} - mx_G) - (Y_{ur} - m)N_{\dot{v}} - (Y_{\dot{r}} - mx_G)N_{uv} \\ C &= Y_{uv}(N_{ur} - mx_G) - (Y_{ur} - m_1)N_{uv} \end{aligned} \qquad (6.6)$$

Opdat v en r na een tijd nul worden moet het reële gedeelte van σ_1 en σ_2 negatief zijn. Twee wortels zijn negatief als hun som negatief is en hun product positief, of:

$$-\frac{B}{A} < 0 \text{ en } \frac{C}{A} > 0 \qquad (6.7)$$

Men kan aantonen dat A en B steeds positief zijn zodat de voorwaarde voor rechte-lijnstabiliteit luidt:

$$C > 0 \qquad (6.8)$$

A, B, C zijn voor de verschillende proevenreeksen afgebeeld op Figuren 6.6a, 6.6b en 6.6c:

- De drie coëfficiënten nemen toe bij afnemende kielspeling;
- C is steeds positief, dus voor alle reeksen is er rechte-lijnstabiliteit. Wel zal het schip bij kleine kielspelingen als het ware superstabiel zijn, terwijl er voor de grote kielspelingen boven vaste bodem slechts een geringe stabiliteit is.

Het schip is in alle omgevingen rechte-lijnstabiel, maar de vraag is hoe die rechte lijn na een storing bereikt wordt. Indien de stabiliteitsindices complex zijn dan is de demping subkritisch, met andere woorden zal het schip na de storing wel zijn rechte lijn vormen maar pas na oscillaties om die rechte lijn. Zijn de stabiliteitsindices reëel dan is de demping superkritisch. De complexiteit van de stabiliteitsindices hangt af van het teken van de discriminant d. Deze staat voorgesteld op Figuur 6.7. Hieruit blijkt

dat in een slibrijke omgeving de stabiliteitsindices steeds complex zijn en dat de demping subkritisch is.

6.2.4.3 Stabiliteitshefbomen

De voorwaarde voor stabiliteit kan eveneens geformuleerd worden aan de hand van de aangrijpingspunten van de verzetkracht ten gevolge van een verzetsnelheid en een giersnelheid:

$$x_v = \frac{N_{uv}}{Y_{uv}}$$
$$x_r = \frac{N_{ur} - m x_G}{Y_{ur} - m} \qquad (6.9)$$

Deze aangrijpingspunten werden voor verschillende proevenreeksen uitgezet op Figuren 6.8a tot en met 6.8d:

- Het aangrijpingspunt van de dwarskracht ten gevolge van de verzetsnelheid bevindt zich steeds in het voorschip.
- Voor het aangrijpingspunt van de dwarskracht ten gevolge van de giersnelheid is dit voor grote kielspelingen ook het geval: het bevindt zich voor het aangrijpingspunt van de verzetsnelheid. Bij een zekere kielspeling ligt x_r op oneindig, om bij nog kleinere kielspelingen negatief te worden. De kielspeling waarop deze overgang plaatsvindt, is kleiner naarmate de sliblaag lichter wordt.

De kielspeling waarbij x_r oneindig wordt komt overeen met de positie waar $(Y_{ur} - m)$ van teken verandert. Aangezien bij alle proevenreeksen het schip rechte-lijnstabiel is en gezien de formulering voor C kan de voorwaarde voor rechte-lijnstabiliteit als volgt geschreven worden:

$$x_r > x_v \text{ als } (Y_{ur} - m) < 0$$
$$x_r < x_v \text{ als } (Y_{ur} - m) > 0 \qquad (6.10)$$

Vandaar dat x_r en x_v ook stabiliteitshefbomen genoemd worden. In normale situaties is de centrifugaalkracht steeds dominant, zodat aan de stabiliteitsvoorwaarde voldaan is als $x_r > x_v$. In zeer ondiep water en bij negatieve kielspelingen ten opzichte van top slib geldt echter het tegenovergestelde.

6.2.4.4 Responsie op roerwerking: stationaire fase

In regimetoestand zijn $\dot{v}$ en $\dot{r}$ gelijk aan nul. Men kan nagaan welke waarden v en r aannemen in functie van de ingestelde roerhoek. Uit de bewegingsvergelijkingen kan men volgende uitdrukkingen voor v en r opstellen:

$$\frac{v}{u\delta} = -\frac{Y_{\delta uu}}{Y_{uv}} \frac{x_r - x_\delta}{x_r - x_v} = -\frac{\tan\beta}{\delta} \approx -\frac{\beta}{\delta} \qquad (6.11)$$

$$\frac{rL}{u\delta} = \frac{Y_{\delta uu} L}{Y_{ur} - m} \frac{x_v - x_\delta}{x_r - x_v} \qquad (6.12)$$

waarbij x_δ het aangrijpingspunt is van de verzetkracht ten gevolge van de roerwerking:

$$x_\delta = \frac{N_{\delta uu}}{Y_{\delta uu}} \qquad (6.13)$$

Zoals blijkt uit Figuren 6.8a tot en met 6.8d ligt x_δ steeds in het achterschip.

Het verloop van de gier- en de driftbeweging in regimetoestand ten gevolge van roerwerking kan teruggevonden worden op Figuren 6.9a en 6.9b:

- De zin van de gierbeweging is steeds tegengesteld aan deze van de roerhoek, wat steeds geldt voor schepen met rechte-lijnstabiliteit. Wel zal de gierbeweging kleiner worden bij afnemende kielspeling om een minimum te bereiken op het ogenblik dat er contact gemaakt wordt tussen schip en sliblaag. Een kleinere gierbeweging resulteert in een grotere straal voor de draaicirkel van het schip, immers:

$$R = \frac{u}{r} \qquad (6.14)$$

- Bij grote kielspelingen is het teken van de drifthoek tegengesteld aan dat van de roerhoek. Bij het uitvoeren van een draaicirkel zal de boeg van het schip daarom naar binnen gericht zijn. Bij zeer kleine kielspelingen vermindert de grootte van de drifthoek. Indien rekening gehouden wordt met de asymmetrie geïnduceerd door de schroefwerking (zie 8.4.2.2) kan de drifthoek zelfs een tegengesteld teken aannemen, zodat de boeg van het schip buiten de draaicirkel gericht is.

Op basis van de onderlinge posities van de aangrijpingspunten van de verschillende dwarskrachten die op het schip aangrijpen, kan volgende classificatie gemaakt worden, zie Figuur 6.10:

- Bij grote kielspelingen is het schip rechte-lijnstabiel en is $(Y_{ur} – m) < 0$, dus is $x_v < x_r$ en beide krachten grijpen aan in het voorschip. x_δ grijpt steeds aan in het achterschip, zie Figuur 6.8;
- Bij kleinere kielspelingen nemen drift en gierbeweging af, zie Figuren 6.9a en 6.9b. x_r verplaatst zich naar oneindig en wordt negatief (Figuur 6.8). De kracht ten gevolge van de verzetbeweging blijft in het voorschip en het schip is nog steeds rechte-lijnstabiel;
- Bij zeer kleine kielspelingen verandert onder invloed van de asymmetrie van de schroefwerking de drifthoek van teken, en dus ook de kracht die deze driftbeweging tracht tegen te werken. Toch blijft het schip stabiel en het krachtenevenwicht behouden, doordat het aangrijpingspunt x_r verder naar voor opschuift en voor x_δ komt te liggen.

Het schip blijft in alle onderzochte gevallen rechte-lijnstabiel, maar de manier waarop de draaicirkel uitgevoerd wordt, verschilt in functie van de kielspeling. Een parameter die vaak door zeevarenden gebruikt wordt is het zogenaamde draaipunt, dit is het punt waarrond het schip lijkt te draaien wanneer het een draaicirkel uitvoert. Dit draaipunt ligt meestal op ongeveer een kwart scheepslengte van de boeg naar het middenschip toe. Het draaipunt is:

$$x_{draai} = -\frac{v}{r} \qquad (6.15)$$

en is afgebeeld op Figuur 6.11 bij de verschillende kielspelingen:

- Bij de grootste kielspelingen ligt het draaipunt inderdaad rond $0.25L_{pp}$;
- Bij afnemende kielspeling verschuift het draaipunt echter naar het middenschip toe.

6.2.4.5 Responsie op roerwerking: overgangsfase

Ook tijdens de overgangsfase die na het uitvoeren van een roercommando de stationaire fase voorafgaat, is de invloed van de vaaromgeving merkbaar. De transitie van gier- en driftbewegingen is voor verschillende vaaromgevingen voorgesteld op Figuur 6.12a tot en met Figuur 6.12i. Zoals blijkt uit de figuren gaat de transitie bij de kleinere kielspelingen gepaard met meer oscillaties, vooral bij de driftbeweging.

6.3 Tabulaire modellering

In werkelijkheid zijn de bewegingen van het schip groter en volstaat een lineair model niet. Een hogere graad is nodig, waardoor men vergelijkingen krijgt zoals (6.1). In plaats van gebruik te maken van ingewikkelde polynomen kan men eveneens voor een tabulaire aanpak kiezen. Hierbij worden de functies beschreven door tabellen. Tussenliggende waarden worden dan bekomen via lineaire interpolatie.

Zoals vermeld in paragraaf 6.1 wordt in dit project de fysische oorsprong van de krachten niet uit het oog verloren. De invloed van de scheepsromp, de schroef en het roer worden apart geanalyseerd en gemodelleerd. Vervolgens worden alle krachtwerkingen gesuperponeerd om de totale krachten te bekomen waaraan het schip onderworpen wordt. Hierbij moet ook rekening gehouden worden met de correlatie tussen de verschillende componenten. Een vrijvarende schroef zal bijvoorbeeld een andere invloed hebben dan een schroef die zich achter een scheepsromp bevindt.

Wiskundig leidt tot de bovenstaande redenering tot een opsplitsing van de krachten in:

$$F = F_H + F_P + F_R \qquad (6.16)$$

met: F de totale kracht;
F_H het aandeel van de romp in de totale kracht;
F_P het aandeel van de schroef in de totale kracht;
F_R het aandeel van het roer in de totale kracht.

In de volgende paragrafen zal elke component nader onderzocht worden.

6.4 Aandeel van de romp in de hydrodynamische krachtwerking

6.4.1 Langsscheepse krachtcomponent X

6.4.1.1 Model

De vergelijking voor X_H is:

$$X_H = \left(X_{\dot{u}}(u) - m \right)\dot{u} + + mvr + mx_G r^2 + \left[X_{\dot{v}\dot{v}}(u)\dot{v}^2 + X_{\dot{v}}(u)\dot{v} + X_{\dot{r}\dot{r}}(u)\dot{r}^2 + X_{\dot{r}}(u)\dot{r} \right]$$
$$\frac{1}{2}\rho LT\left(u^2 + v^2\right)\left(X'(\beta)\right) + \frac{1}{2}\rho LT\left(u^2 + \left(\frac{rL}{2}\right)^2 \right)X'(\gamma) + \frac{1}{2}\rho LT\left(v^2 + \left(\frac{rL}{2}\right)^2 \right)X'(\chi) \qquad (6.17)$$

De rompkracht is afhankelijk van de snelheden (u,v,r). De snelheidsafhankelijke termen worden gemodelleerd aan de hand van de drifthoek β, de gierhoek γ en een hoek χ, die rekening houdt met de combinatie van gieren en verzetten. De hoeken worden als volgt gedefinieerd:

- β: de drifthoek in °, gegeven door $\beta = \arctan\left(\frac{-v}{u}\right)$ *(6.18)*
- γ: de gierhoek in °, gegeven door $\gamma = \arctan\left(\frac{r}{u}\frac{L}{2}\right)$ *(6.19)*
- χ: de correlatiehoek in °, gegeven door $\chi = \arctan\left(\frac{r}{v}\frac{L}{2}\right)$ *(6.20)*

Het verband tussen die hoeken en de rompkracht wordt geformuleerd met behulp van de driftfunctie, gierfunctie en correlatiefunctie die tabulair opgesteld zijn.

Verder is de rompkracht eveneens afhankelijk van de versnellingen $\left(\dot{u},\dot{v},\dot{r}\right)$. Normaal gezien is de X-kracht enkel afhankelijk van de versnelling in langsrichting. Wanneer het schip echter in contact komt met een zware sliblaag (densiteit 1.18 t/m³ en meer), dan treden er andere effecten op, die afhankelijk blijken te zijn van de versnellingen van de dwarsbeweging en de gierbeweging; dit is althans het geval voor scheepsmodel D. Daarenboven wordt in deze situaties een apart model berekend voor verschillende snelheden, aangezien het kwadratische verband tussen snelheid en X-kracht niet langer opgaat.

Om de aldus gemodelleerde X-kracht te gebruiken voor schepen op ware grootte dient er eerst een wrijvingscorrectie toegepast te worden. Het is namelijk inherent aan proeven op modelschaal dat onmogelijk tezelfdertijd aan de wet van Froude (gravitatie) en aan de wet van Reynolds (wrijving) voldaan kan worden. Aangezien de modelproeven voldoen aan de wet van Froude dient er een Reynoldscorrectie te gebeuren.

6.4.1.2 Weerstandscorrectie

Algemeen

Om de gemodelleerde weerstand te berekenen voor een schip op ware grootte dient een wrijvingscorrectie toegepast te worden. Dit verloopt volgens de *1978 ITTC Performance Prediction Method*:

- De totale, gemeten weerstand van het scheepsmodel, bij een zuiver langsscheepse beweging met constante snelheid wordt als volgt geschreven:

$$C_{TM} = \frac{X'(\beta = 0°, 180°)}{S} LT \qquad (6.21)$$

  waarbij 0° of 180° gekozen wordt naargelang de correctie voor vooruit- of achteruitvaren toegepast wordt. S is het natte scheepsoppervlak (m²).
- De totale weerstand kan opgesplitst worden in een deel wrijvingsweerstand en een deel restweerstand volgens:

$$C_{TM} = (1+k)C_{FM} + C_R \qquad (6.22)$$

  Hierbij is:

  - C_{FM}: de wrijvingscoëfficiënt van het scheepsmodel (of van het schip: index S):

$$C_F = \frac{0.075}{\left(\log\frac{VL}{\nu} - 2\right)^2} \qquad (6.23)$$

  - k: de vormfactor, af te leiden uit modelproeven bij laag Reynoldsgetal of te berekenen met behulp van de empirische formule van PROHASKA:

$$k = 0.11 + 0.128\frac{B}{T} - 0.0157\left(\frac{B}{T}\right)^2 - 3.10C_B\frac{B}{L} + 28.8\left(C_B\frac{B}{L}\right)^2 \qquad (6.24)$$

  - C_R: de restweerstandscoëfficiënt

- Er wordt verondersteld dat C_R gelijk is voor model en schip. Hiermee zijn alle parameters gekend en kan de totale weerstandscoëfficiënt van het schip bepaald worden:

$$C_{TS} = (1+k)C_{FS} + C_R \qquad (6.25)$$

Correctie voor het varen onder een drifthoek

Men gaat ervan uit dat een wrijvingscorrectie enkel in de langsrichting van het schip dient toegepast te worden, met andere woorden wanneer u ≠ 0. Wanneer het schip

onder een drifthoek vaart ondergaat het schip eveneens een dwarse snelheid v. Bedraagt die drifthoek 90° dan is u = 0, en is er geen correctie meer nodig. Voor tussenliggende waarden van de drifthoek wordt er als volgt gecorrigeerd.

X'(β) kan geschreven worden als:

$$X'(\beta) = \frac{X(\beta)}{\frac{1}{2}\rho LT(u^2+v^2)} = \frac{X(\beta)}{\frac{1}{2}\rho LTu^2(1+\tan^2\beta)} = \frac{X(\beta)}{\frac{1}{2}\rho LTu^2}\cos^2\beta \qquad (6.26)$$

De factor $\cos^2\beta$ kan gebruikt worden om de correctie voor het varen onder een drifthoek toe te passen; deze is immers gelijk aan 1 voor β = 0° of 180° en gelijk aan nul voor β = 90°, zodat de uiteindelijke scheepsweerstand wordt:

$$X'(\beta)_{corr} = \cos^2\beta\, X'(\beta)\frac{C_{TS}}{C_{TM}} + \sin^2\beta X'(\beta) = X'(\beta)\left(\frac{C_{TS}}{C_{TM}}\cos^2\beta + \sin^2\beta\right) \qquad (6.27)$$

Correctie voor het varen door een sliblaag

Wanneer het schip in contact komt met de sliblaag is er een deel van het scheepsoppervlakte S_{water} in contact met het water dat als viscositeit ν_{water} heeft, terwijl een deel van het scheepsoppervlakte S_{slib} in contact is met het slib dat als viscositeit ν_{slib} heeft. Voor de berekening van S_{slib} wordt gemakshalve uitgegaan van de rusttoestand, wat een vereenvoudiging is; tijdens het varen door een sliblaag komt deze laatste in beweging en is het schip onderhevig aan squatverschijnselen, waardoor zowel het oppervlak in contact met slib als de relatieve snelheid van het schip ten opzichte van de twee vloeistoffen gewijzigde worden.

De twee gedeeltes van het natte scheepsoppervlak die in contact zijn met verschillende vloeistoffen zijn onderhevig aan een verschillende wrijvingsweerstand. De wrijvingscoëfficiënt wordt in dit geval berekend als:

$$C_F = \frac{0.075}{\left[\log\left(\frac{VL}{S}\left(\frac{S_{slib}}{v_{slib}} + \frac{S_{water}}{v_{water}}\right)\right) - 2\right]^2} \qquad (6.28)$$

De verdere werkwijze is dan analoog aan deze in de voorgaande paragrafen.

6.4.1.3 Resultaten

Op Figuur 6.13a is het verloop van X'(β=0°) afgebeeld voor de verschillende vaaromgevingen. Volgende kanttekeningen kunnen hierbij gemaakt worden:

- Er is een toename van de weerstand bij afnemende kielspeling;
- Eenmaal het schip in contact komt met de sliblaag, vooral wanneer de slibsamenstelling zwaar is, is de weerstandstoename significant.

Deze toename van de weerstand vertaalt zich eveneens in een significante daling van de snelheid, zoals mag blijken uit de fast-time simulaties (paragraaf 8.4.1) en de real-time simulaties (paragraaf 9.6.2).

Het is ook nuttig om wat dieper in te gaan op de versnellingsafhankelijke termen. Het verloop van $X_{\dot{u}}$ is afgebeeld op Figuur 6.13b:

- Voor de grootste beproefde kielspelingen blijkt $X_{\dot{u}}$ weinig invloed te ondervinden van de vaaromgeving;
- Vanaf 10% kielspeling neemt $X_{\dot{u}}$ boven slib af, om vervolgens sterk toe te nemen en een maximum te bereiken wanneer het schip net in contact is met de sliblaag;

Zit het schip dieper in het slib dan lijkt $X_{\dot{u}}$ opnieuw te evolueren naar de waarde die hij had bij 10% kielspeling. Dit gaat vlugger voor de lichtere slibsoorten.

Zoals al vermeld dient wanneer het slib in contact komt met een zware sliblaag de vergelijking aangevuld te worden met extra versnellingstermen. Als voorbeeld is op Figuur 6.14 het verloop afgebeeld van $X_{\dot{v}^2}$. De belangrijkste conclusie van deze figuur is dat het aandeel van deze extra versnellingstermen significant vermindert wanneer de slibsamenstelling lichter wordt.

6.4.2 Dwarsscheepse krachtcomponent Y

6.4.2.1 Model

Het model voor Y_H luidt als volgt:

$$Y_H = \left(Y_{\dot{v}} - m\right)\dot{v} + \left(Y_{\dot{r}}(\beta) - mx_G\right)\dot{r} - mur + \frac{1}{2}\rho LT\left(u^2 + v^2\right)Y'(\beta) + \frac{1}{2}\rho LT\left(u^2 + \left(\frac{rL}{2}\right)^2\right)Y'(\gamma) + \frac{1}{2}\rho LT\left(v^2 + \left(\frac{rL}{2}\right)^2\right)Y'(\chi) \qquad (6.29)$$

De dwarskracht is een functie van de langs-, dwars- en giersnelheid. Dit wordt opnieuw gemodelleerd aan de hand van tabulaire functies. Eveneens is de kracht afhankelijk van de verzet- en gierversnellingen. De afhankelijkheid van de gierversnelling is daarenboven functie van de drifthoek.

6.4.2.2 Resultaten

Het verloop van de versnellingstermen is al behandeld in 6.2.3.1. Op Figuren 6.15a tot en met 6.15d is het verloop van Y'(β) afgebeeld voor verschillende proevenreeksen:

- Naarmate de slibsoort zwaarder wordt neemt Y'(β) toe;
- De sliblaagdikte heeft niet zo een grote invloed, de kielspeling ten opzichte van vaste bodem des te meer: Y'(β) neemt toe met afnemende kielspeling.

Het verloop van Y'(γ) kan voor verschillende proevenreeksen teruggevonden worden op Figuren 6.16a tot en met 6.16d:

- Voor vooruitvaren (-90°< γ <90°) geldt dat Y'(γ) toeneemt naarmate de slibsoort zwaarder wordt. Daar waar boven vaste bodem voor kleine waarden van γ Y'(γ) tegengesteld is aan het teken van γ, neemt de functie boven slibbodems hetzelfde teken aan van γ;
- Bij achteruitvaren is de invloed van de slibsamenstelling minder duidelijk. Toch zal in sommige gevallen Y'(γ) voor de zwaardere slibsoorten een tegengesteld teken aannemen in vergelijking met de resultaten boven vaste bodem;
- Opnieuw kan men stellen dat de sliblaagdikte niet veel invloed uitoefent, maar wel de kielspeling ten opzichte van vaste bodem.

Het verloop van de correlatiefunctie Y'(χ) is ter illustratie voor positieve snelheden opgenomen in Figuren 6.17a tot en met 6.17d.

6.4.3 Het giermoment N

6.4.3.1 Model

Het model voor N_H is vrij analoog aan dat van Y_H:

$$N_H = \left(N_{\dot{v}} - mx_G\right)\dot{v} + \left(N_{\dot{r}}(\beta) - I_{zz}\right)\dot{r} - mx_G ur + \frac{1}{2}\rho L^2 T\left(u^2+v^2\right)N'(\beta) + \frac{1}{2}\rho L^2 T\left(u^2+\left(\frac{rL}{2}\right)^2\right)N'(\gamma) + \frac{1}{2}\rho L^2 T\left(v^2+\left(\frac{rL}{2}\right)^2\right)N'(\chi) \quad (6.30)$$

6.4.3.2 Resultaten

De versnellingstermen werden al behandeld in 6.2.3.1.

Figuren 6.18a tot en met 6.18d geven het verloop van N'(β) weer voor verschillende proevenreeksen. Op een paar uitzonderingen na, liggen de resultaten in de lijn van deze boven vaste bodem. De initiële helling is echter minder steil boven vaste bodem, zie ook de lineaire afgeleide N_{uv} op Figuur 6.3b.

N'(γ) staat afgebeeld op Figuren 6.19a tot en met 6.19d:

- Voor positieve vaarsnelheden neemt N'(γ) toe met toenemende slibdensiteit;
- Voor negatieve vaarsnelheden is het verloop variabel en minder symmetrisch dan bij vooruitvaren.

6.5 Aandeel van de schroef in de hydrodynamische krachtwerking

6.5.1 Theoretische beschouwingen

6.5.1.1 Open-water-karakteristiek

De schroef wordt door de propulsiemachine bij een bepaald toerental onderworpen aan een schroefaskoppel, en zet het geleverde vermogen om in een stuwvermogen: de schroef ontwikkelt bij een zekere intreesnelheid van het water een stuwkracht waarmee de langsscheepse beweging van het schip onder controle gehouden kan worden. Stuwkracht en askoppel zijn afhankelijk van de intreesnelheid van het water in de schroef, die sterk beïnvloed wordt door de aanwezigheid en de vorm van de scheepsromp; vandaar dat er onderscheid gemaakt moet worden tussen de karakteristieken van de schroef achter het schip en de zogenaamde open-water-karakteristieken die gelden bij afwezigheid van een scheepsromp.

De open-water-karakteristieken van de schroef worden gegeven in functie van een hydrodynamische spoedhoek ε:

$$\varepsilon = \text{Arctan}\left(\frac{u_P}{0.7\pi\, nD_P}\right) \qquad (6.31)$$

waarbij:

- u_p: de langssnelheid ter plaatse van de schroef, voor open water is deze gelijk aan de snelheid waarmee de schroef voortbewogen wordt;
- $0.7\pi nD_P$: een maat voor de omtreksnelheid ter plaatse van de schroef.

Door de definitie van ε kan men vier kwadranten onderscheiden:

- Kwadrant I: $u > 0$ en $n > 0$, dus $0° < \varepsilon < 90°$;
- Kwadrant II: $u > 0$ en $n < 0$, dus $90° < \varepsilon < 180°$;
- Kwadrant III: $u < 0$ en $n < 0$, dus $-180° < \varepsilon < -90°$;
- Kwadrant IV: $u < 0$ en $n > 0$, dus $-90° < \varepsilon < 0°$.

De stuwkrachtcoëfficiënt in open water wordt als volgt gedefinieerd:

$$C_T(\varepsilon) = \frac{T_P}{\frac{1}{2}\rho A_0\left[u^2 + (0.7\pi\, nD)^2\right]} \qquad (6.32)$$

terwijl de schroefaskoppelcoëfficiënt gelijk is aan:

$$C_Q(\varepsilon) = \frac{Q_P}{\frac{1}{2}\rho A_0 D\left[u^2 + (0.7\pi\, nD)^2\right]} \qquad (6.33)$$

6.5.1.2 Het volgstroomgetal

Wanneer de schroef zich achter een scheepsromp bevindt dan is de intreesnelheid kleiner dan de scheepssnelheid. Dit is te verklaren door de volgstroom: door de vorm van het schip en door viskeuze effecten beweegt het water rondom het achterschip tot ver achter het schip zich met een langsscheepse, voorwaartse snelheid die een fractie wu van de scheepssnelheid u bedraagt. w stelt hierbij het volgstroomgetal voor, met $0 < w < 1$. De volgstroomsnelheid moet van de scheepssnelheid afgetrokken worden om relatieve snelheid van de schroef ten opzichte van het water te bekomen:

$$u_P = (1 - w)\, u < u \qquad (6.34)$$

Men kan berekenen dat de $C_T(\varepsilon)$- en $C_Q(\varepsilon)$-open-water-karakteristieken geschreven kunnen worden als $K_T(J)$- en $K_Q(\varepsilon)$-open-water-karakteristieken waarbij:

$$\begin{aligned} J &= \frac{u_P}{nD_P} = 0.7\pi \tan(\varepsilon) \\ K_T(J) &= \frac{T}{\rho n^2 D_P^4} = C_T \frac{\pi}{8}\left[J^2 + (0.7\pi)^2\right] \\ K_Q(J) &= \frac{Q}{\rho n^2 D_P^5} = C_Q \frac{\pi}{8}\left[J^2 + (0.7\pi)^2\right] \end{aligned} \qquad (6.35)$$

Met behulp van de definitie van het volgstroomgetal kan de snelheidscoëfficiënt J geschreven worden als:

$$\begin{aligned} J &= \frac{(1-w)u}{nD_P} = \frac{u}{nD_P} - w\frac{u}{nD_P} = J' - wJ' \\ w &= \frac{J' - J}{J'} \end{aligned} \qquad (6.36)$$

Het volgstroomgetal kan dan bepaald worden via de stuwkrachtidentiteit: $K_T(J) = K_T(J')$. Hierbij wordt de stuwkrachtkarakteristiek in open water van de schroef vergeleken met de karakteristiek achter het schip; er wordt ondersteld dat bij gelijke toerentallen dezelfde stuwkracht wordt ontwikkeld bij gelijke intreesnelheden. Een voorbeeld van werkwijze is gegeven op Figuur 6.20. Het aldus verkregen volgstroomgetal wordt w_P genoemd. Een andere mogelijkheid is gebruik te maken van de schroefaskoppelidentiteit: $K_Q(J) = K_Q(J')$. Het volgstroomgetal dat op deze manier bekomen wordt, wordt w_Q genoteerd.

w_P en w_Q zijn doorgaans verschillend. Dit is te wijten aan het feit dat de volgstroom bij proeven met vrijvarende propellers gelijkmatig over de schroefstraal is verdeeld, terwijl de volgstroom achter het schip varieert van plaats tot plaats. In de modellering voor de stuwkracht en het askoppel zullen daarom verschillende volgstroomgetallen gebruikt worden.

De volgstroomgetallen worden berekend in functie van de gekende hoek ε*:

$$\varepsilon^* = \text{Arctan}\left(\frac{u}{0.7\pi\, nD_P}\right) \qquad (6.37)$$

6.5.2 Model voor de stuwkracht

Men kan aantonen dat het model voor de stuwkracht gegeven wordt door de uitdrukking:

$$T_P = \frac{(0.7)^2}{8}\pi^3\, \rho n^2 D_P^4 C_T(\varepsilon)(1+\tan^2\varepsilon) \qquad (6.38)$$

waarbij de hoek ε berekend wordt met behulp van het volgstroomgetal w_P. Het volgstroomgetal wordt gelijk aan nul gesteld in de kwadranten II, III en IV, omdat in deze situaties de aanstroming van de schroef niet belet wordt door de aanwezigheid van de scheepsromp.

Het volgstroomgetal voor het eerste kwadrant is voor enkele proevenreeksen afgebeeld op Figuren 6.21a tot en met 6.21d:

- Het volgstroomgetal neemt toe naarmate het slib lichter wordt;
- Het verloop van het volgstroomgetal in een slibomgeving is steiler dan boven een vaste bodem;
- De volgstroomgetallen voor de zwaardere slibsoorten zijn bij negatieve kielspelingen klein.

Een groter volgstroomgetal impliceert een minder goede aanstroming. De verminderde aanstroming bij de lichtere slibsoorten kan verklaard worden door het feit dat de rijzing in deze condities ter plaatse van het achterschip groot is (zie 7.4.5). De oprijzende slibdeeltjes storen dan als het ware de optimale aanvoer van het water.

Anderzijds zal wanneer het schip relatief diep door het slib vaart een aanzienlijk deel van de aanstroming een slibstroom zijn. Het slib geeft door zijn eigenschappen een grotere impuls aan de schroef en dus aanleiding geven tot een grotere kracht. Dit laatste vertaalt zich echter niet in een grotere stuwkracht, aangezien een schroef die in het slib draait minder efficiënt zal werken. Enkel het verschil tussen de schroefkarakteristieken in open water en achter het schip verkleint.

6.5.3 Model voor het schroefaskoppel

Het schroefaskoppel wordt gegeven door de uitdrukking:

$$Q_P = \frac{(0.7)^2}{8}\pi^3\, \rho n^2 D_P^5 C_Q(\varepsilon)(1+\tan^2\varepsilon) \qquad (6.39)$$

In dit geval wordt de hoek ε berekend met behulp van het volgstroomgetal w_Q. Gezien de vrije aanstroming van de schroef in de kwadranten II, III en IV wordt dit volgstroomgetal daar eveneens gelijk aan nul gesteld.

Voor het eerste kwadrant is w_Q voor enkele proevenreeksen gegeven op de Figuren 6.22a tot en met 6.22d:

- Het volgstroomgetal w_Q wordt gekenmerkt door een vlak verloop;
- Wanneer het schip in contact met een laag van 3 m slib vaart, is het volgstroomgetal bijna gelijk aan 1.

Gelet op deze bemerkingen blijkt dat het schroefkoppel sterk vergroot wanneer de schroef zich achter het schip bevindt. Die sterke toename is daarenboven weinig afhankelijk van het werkingsgebied van de schroef.

6.5.4 Schroefrendement

Om een beter inzicht te krijgen in de schroefwerking is het nuttig om het schroefrendement te analyseren. De scheepsmotor drijft de schroefas aan die een vermogen $2\pi nQ_P$ heeft. Dit vermogen is verschillend van het motorvermogen door o.a. wrijvingsverliezen. De schroef kan hierdoor een stuwvermogen opwekken dat gelijk is aan $T_P(1-w)u$. Het quotiënt van beide is het schroefrendement:

$$\eta_P = \frac{(1-w_P)uT_P}{2\pi nQ_P} \qquad (6.40)$$

Het schroefrendement kan in twee delen opgesplitst worden:

- Het rendement van de schroef in open water:

$$\eta_0 = \frac{uT_P}{2\pi nQ_P} \qquad (6.41)$$

- Het rendement van het plaatsen van de schroef achter het schip:

$$\eta_R = \frac{\eta_P}{\eta_0} \qquad (6.42)$$

Men kan berekenen dat de rendementen als volgt geschreven kunnen worden:

$$\eta_P = 0.35\tan(\varepsilon_T)\frac{C_T(\varepsilon_T)\left(1+\tan^2(\varepsilon_T)\right)}{C_Q(\varepsilon_Q)\left(1+\tan^2(\varepsilon_Q)\right)} \qquad (6.43)$$

$$\eta_0 = 0.35\tan(\varepsilon)\frac{C_T(\varepsilon)}{C_Q(\varepsilon)} \qquad (6.44)$$

waarbij:

$$\varepsilon_T = \text{Arctan}\left(\frac{(1 - w_P)u}{0.7\pi nD_P}\right) \qquad (6.45)$$

$$\varepsilon_Q = \text{Arctan}\left(\frac{(1 - w_Q)u}{0.7\pi nD_P}\right) \qquad (6.46)$$

Op Figuren 6.23a tot en met 6.23d is het open-water-rendement van de schroef voor verschillende proevenreeksen voorgesteld:

- Voor zware schroefbelastingen is het rendement het grootst boven een vaste bodem;
- Bij afnemende schroefbelasting evolueert het rendement naar een optimum dat merkbaar groter in een slibomgeving.

Bij het analyseren van deze grafieken dient eveneens rekening gehouden te worden met het werkingsgebied van de schroef. De schroefbelasting waarbij het rendement een optimale waarde bereikt komt overeen met de schroefbelasting die optreedt bij vaart in diepe wateren. Wanneer de kielspeling vermindert, neemt de scheepsweerstand toe. Voor een zelfde schroeftoerental zal de vaarsnelheid lager liggen en verhoogt dus de schroefbelasting. Boven de vaste bodem is de schroefbelasting ongeveer $\varepsilon = 15°$.

Wanneer het schip in contact vaart met de sliblaag neemt de vaartweerstand significant toe. Dit gebied komt overeen met een schroefbelasting van $\varepsilon = 8°$. Een nulrendement wordt steeds bereikt bij paaltrek $\varepsilon = 0°$, met andere woorden het geleverde vermogen levert nul als vaarsnelheid op.

Rekening houdend hiermee is het open-water-rendement bij de werkingsconditie uitgezet voor de verschillende slibsoorten op Figuur 6.24a. Het open-water-rendement van de schroef is min of meer constant wanneer het schip boven een sliblaag vaart, maar vermindert aanzienlijk wanneer het schip in contact komt met de sliblaag, en dit vooral bij de zwaardere slibsoorten. Het vermogenverlies in deze gebieden is dus de som van de volgende factoren:

- De wrijvingsweerstand van het schip neemt toe door het contact met het viskeuze slib;
- Door de toenemende weerstand dient de schroef te werken in een minder optimaal gebied, waardoor het schroefrendement daalt.

Door de aanwezigheid van de scheepsromp verandert de aanstroming van de schroef. Dit heeft zijn invloed op het rendement van de schroef en wordt uitgedrukt via η_R, wat afgebeeld staat op Figuur 6.24b voor de verschillende werkingscondities van het schip:

- Het plaatsen van de schroef achter het schip heeft een algemene daling van het rendement tot gevolg;
- Zoals al bleek bij het volgstroomgetal is de rendementsvermindering het kleinst wanneer het schip in contact komt met de zwaarste sliblagen;

- Vaart het schip in een omgeving met lichtere slibsoorten, dan zal dit bij afnemende kielspeling al snel resulteren in een significante rendementsafname.

Het totale rendement van de schroef achter het schip kan teruggevonden worden op Figuur 6.24c. Hieruit blijkt dat het rendement daalt in functie van de kielspeling, maar dat de daling het sterkst is bij de lichtste slibsoorten.

Die rendementsdaling bij de lichtste slibsoorten is bijna volledig toe te schrijven aan het plaatsen van de schroef achter het schip. Zoals al gekend zal de aanwezigheid van de scheepsromp niet enkel de aanstroming verminderen, maar bij de lichtste slibsoorten eveneens aanleiding geven tot een rijzing die gelokaliseerd is ter plaatse van het achterschip, wat het vermoeden sterkt dat de slibdeeltjes de optimale aanstroming van de schroef bemoeilijken.

6.5.5 Langsscheepse krachtcomponent X

De stuwkracht is gericht volgens de langsscheepse as. De bijdrage van de stuwkracht zou theoretisch gelijk zijn aan X_P, de X-kracht die door de schroef op de romp wordt overgedragen. De schroefwerking zorgt echter eveneens voor een extra weerstand, vooral ter plaatse van het achterschip, die gelijk gesteld wordt aan de fractie tT van de totale stuwkracht. De netto kracht die bijgevolg overgedragen wordt is:

$$X_P = \left[1 - t(\varepsilon^*, \varphi^*, \gamma^*)\right] T_P \qquad (6.47)$$

t wordt het zoggetal genoemd en is functie van de hoeken

$$\varepsilon^* = \text{Arctan}\left(\frac{u}{0.7\pi\, nD_P}\right) \qquad (6.48)$$

$$\varphi^* = \text{Arctan}\left(\frac{|v|}{0.7\pi\, nD_P}\right) \qquad (6.49)$$

$$\gamma^* = \text{Arctan}\left(\frac{\left|\frac{rL}{2}\right|}{0.7\pi\, nD_P}\right) \qquad (6.50)$$

die respectievelijk rekening houden met de langs-, dwars- en gierbeweging van het schip. De dwarsbeweging blijkt echter slechts een rol van belang te spelen in het eerste kwadrant, terwijl de gierbeweging vooral in het vierde kwadrant een invloed heeft.

Op Figuren 6.25a tot en met 6.25d wordt het verloop van het zoggetal getoond wanneer het schip rechtdoor vaart. Volgende opmerkingen kunnen er gemaakt worden:

- **Kwadrant I**: het zoggetal is groter voor zwaardere slibsoorten wanneer boven de sliblaag gevaren wordt. Komt het schip in contact met de sliblaag dan zal het zoggetal groter zijn voor de lichtere slibsoorten;

- **Kwadrant II**: het zoggetal bereikt steeds sneller de waarde -1 voor de lichtere slibsoorten;
- **Kwadrant III**: het zoggetal bereikt sneller de waarde 1 voor de lichtere slibsoorten bij vaart boven de sliblaag;
- **Kwadrant IV**: het zoggetal bereikt sneller de waarde 1 voor de zwaardere slibsoorten.

Indien het zoggetal de waarde 1 aanneemt wil dit zeggen dat er geen stuwkracht meer door de schroef op de romp overgedragen wordt. Naarmate de schroefbelasting afneemt zal er dus minder stuwkracht overgedragen worden op de langskracht. Rekening houdend met het feit dat het varen in contact met een sliblaag een hogere schroefbelasting vergt, zal dit eveneens een kleiner aandeel van de verliezen ter plaatse van het achterschip tot gevolg hebben.

Vaart het schip in het eerste kwadrant boven een zware slibsoort dan zal er minder stuwkracht overgedragen worden in vergelijking met lichtere slibsoorten. Het rendement van X_P is er als het ware kleiner. Vaart het schip in contact met de sliblaag dan geldt het tegengestelde.

In het derde kwadrant zal X_P sneller afnemen bij lichtere slibsoorten in vergelijking met de zwaardere. Het rendement van X_P vermindert met lichter wordende sliblagen.

In het vierde kwadrant zal X_P minder snel afnemen bij lichtere slibsoorten, maar aangezien het om een even kwadrant gaat geldt eveneens dat het remmende vermogen van X_P groter is bij lichtere sliblagen. Dezelfde conclusies gelden voor het tweede kwadrant.

Algemeen kan men stellen dat in de even kwadranten bij lichtere sliblagen de overdraagbaarheid van de stuwkracht op de romp in die mate is dat de beweging van het schip relatief meer tegengewerkt wordt in vergelijking met de zwaardere sliblagen. Dit geldt eveneens in vergelijking met de vaste bodem .

Wanneer het schip zich dwars beweegt bij vooruitslaande schroef, dan is $\varepsilon^* = 0$ en neemt het zoggetal de waarde bij paaltrek aan. In het eerste kwadrant blijkt het zoggetal echter afhankelijk te zijn van de dwarssnelheid, wat gemodelleerd wordt via ϕ^*. Het verloop van het zoggetal in functie van de dwarssnelheid is voor verschillende proevenreeksen getoond op Figuren 6.26a tot en met 6.26d:

- Doorgaans is de invloed van de dwarsbeweging kleiner boven slibbodems in vergelijking met de vaste bodem;
- Bij de dikkere sliblagen is er meestal geen invloed: t blijft constant in functie van ϕ^*.

In het vierde kwadrant is de invloed van de gierbeweging op het zoggetal niet verwaarloosbaar. Het zoggetal dient er gecorrigeerd te worden. De correctie is voor de beproefde reeksen voorgesteld op Figuur 6.27. De correctie is steeds het grootst boven de vaste bodem, behalve wanneer het schip diep door zware sliblagen vaart.

Het zoggetal neemt steeds toe naarmate zowel ϕ^* als γ^* toenemen. Dit hoeft geen verwondering op te wekken aangezien de storing ter plaats van het achterschip groter zal zijn naarmate verzet- en giersnelheden toenemen.

6.5.6 Dwarsscheepse krachtcomponent Y

6.5.6.1 Model

Door toedoen van de schroefbeweging ontstaat er een asymmetrie in de stroming ter plaatse van het achterschip, zodat de schroefwerking een invloed zal uitoefenen op de verzetkracht en het giermoment. Daarenboven treden er oscillaties op in de even kwadranten. Dit zijn de kwadranten waarbij de snelheid van de schroefstraal en de snelheid van het schip een tegengesteld teken hebben. Die oscillaties kunnen het best benaderd worden door een harmonische term in de modellering [3], [4]. Zo is het vooropgestelde model voor Y_P:

$$Y_P = \frac{n}{n_0}\left(Y^n_{\dot{v}}\dot{v} + Y^n_{\dot{r}}\dot{r}\right) + \\ \left[\left[Y_{PT}(\beta,\varepsilon^*) + Y_{PT}(\gamma,\varepsilon^*)\right]F_n(K_1) + \left[Y_{PTA}(\beta,\varepsilon^*,K_2)\right]\left[\cos(\omega(\beta,\varepsilon^*)t + \varphi(\beta,\varepsilon^*))\right]\right]T_P(\varepsilon^*) \qquad (6.51)$$

In deze vergelijking is:

- n_0: nominaal schroeftoerental van de motor ($n_0 = n_{MAX}$);
- $Y^n_{\dot{v}}$: bijdrage van de schroefwerking tot de verzetversnellingsafgeleide
- $Y^n_{\dot{r}}$: bijdrage van de schroefwerking tot de gierversnellingsafgeleide
- Y_{PT}: evenredigheidscoëfficiënt voor de gemiddelde waarden
- Y_{PTA}: evenredigheidscoëfficiënt voor de amplitude
- ω: frequentie van de oscillaties
- ϕ: fase van de oscillaties
- t: tijdsstap, te beginnen vanaf het ogenblik dat de schroef draait (s)
- K_1: kwadrant 1: $K_1 = F_n = \sqrt{\frac{V^2}{gL}}$ (Froudegetal) *(6.52)*
  kwadranten 2, 3, 4: $K_1 = 1$
- K_2: kwadranten 1, 2, 3: $K_2 = 1$
  kwadrant 4: factor tussen 0 en 1 (zie paragraaf 6.4.6.5)

6.5.6.2 Resultaten in het eerste kwadrant

In het eerste kwadrant zijn er geen oscillaties, dus is de amplitude Y_{PTA} gelijk aan nul en verdwijnt de harmonische term. De gemiddelde bijdrage tot Y_P ten gevolge van de schroefwerking is gelijk voor β en voor γ. Toch worden beiden apart weggeschreven, aangezien men in de andere kwadranten de bijdrage van drift en gierbeweging niet zomaar kan superponeren. In het eerste kwadrant is er geen invloed van ε^* op Y_{PT}. Wel is het zo dat de gemiddelde waarden in het eerste kwadrant afhankelijk zijn van de vaarsnelheid. Dit wordt gemodelleerd met behulp van het Froudegetal. In de overige kwadranten is er geen snelheidsafhankelijkheid en wordt het Froudegetal ver-

vangen door de eenheid. Het verloop van de gemiddelde waarde Y_{PT} is getoond op Figuren 6.28a tot en met 6.28d:

- De asymmetriekracht ten gevolge van de schroefwerking neemt toe met toenemende drift- en/of gierhoek;
- De verzetkracht ten gevolge van schroefwerking is meestal groter boven een slibbodem. Toch zal de asymmetrie kleiner zijn naarmate de dikte van de sliblaag toeneemt;
- Er is een merkbaar verschil tussen drift naar stuurboord en drift naar bakboord. Voor kleine en voor grote drifthoeken zal de asymmetrie naar stuurboord groter zijn dan naar bakboord. Dit verschil kan verklaard worden door de draaizin van de schroef, in casu rechtsdraaiend.

De schroefwerking heeft eveneens een kleine invloed op de hydrodynamische versnellingsafgeleiden. Zoals blijkt uit Figuur 6.29a zal die correctie meestal een afname betekenen van $Y_{\dot{v}}$ voor toenemend schroeftoerental. Het verloop van $Y_{\dot{v}}$ voor schroefwerking "full ahead" is te zien op Figuur 6.29b. $Y_{\dot{v}}$ zal onder invloed van de schroefwerking langer constant blijven (in functie van de kielspeling) voor de grotere kielspelingen en de lichtere sliblagen.

6.5.6.3 Resultaten in het tweede kwadrant

In het tweede kwadrant zijn er wel oscillaties, in dit geval dient de harmonische term eveneens gemodelleerd te worden.

De gemiddelde waarde in het tweede kwadrant is louter functie van ε^*. De invloed van de drifthoek zit al vervat in de hoek ε^*. De gierbeweging oefent geen bijkomende invloed uit. Het verloop van Y_{PT} is voor verschillende omgevingen uitgezet op Figuren 6.30a tot en met 6.30d:

- Uitgaande van een paaltrekconditie met negatief toerental ($\varepsilon^* = 180°$) neemt Y_{PT} toe met afnemende waarden van ε^* tot een maximum bereikt wordt rond $\varepsilon^* = 170°$. Vanaf dan wordt er lineair geïnterpoleerd tot aan het eerste kwadrant;
- Y_{PT} is meestal groter voor de zwaarste sliblagen;
- Er is weinig invloed van de dikte van de sliblaag.

Bij een constante waarde van de voorwaartse snelheid u neemt de coëfficiënt Y_{PT} dus toe indien het schroeftoerental in absolute waarde afneemt, terwijl de stuwkracht T_P zelf afneemt. Hierdoor blijft de gemiddelde verzetkracht bij in absolute waarde afnemend schroeftoerental min of meer constant om pas bij kleinere schroeftoerentallen te verminderen.

Y_{PTA}, de amplitude van de oscillaties, is in het tweede kwadrant eveneens functie van de hoek ε^*. Het verloop van deze amplitude is afgebeeld op Figuren 6.31a tot en met 6.31d:

- Y_{PTA} neemt toe bij afnemende ε^* om een minimum te bereiken rond 172°. De waarde van Y_{PTA} wordt nul bij 90° (dit is de grens met het eerste kwadrant);
- De amplitudes zijn het grootst boven slibbodems;

- Er is weinig invloed van de dikte van de sliblaag;

De amplitude van de oscillaties zijn het grootst bij grote schroeftoerentallen en kleine vaarsnelheden. Vermindert het schroeftoerental of neemt de snelheid toe dan zullen de amplitudes afnemen tot nul, wanneer het eerste kwadrant bereikt wordt. Gaat de vaarsnelheid naar nul dan is de amplitude eveneens nul (paaltrekconditie).

De frequentie van de oscillaties is dimensieloos afgebeeld op Figuren 6.32a tot en met 6.32d. De dimensieloze frequentie wordt gedefinieerd als:

$$\omega' = \omega\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (6.53)$$

De frequenties zijn dezelfde zowel voor Y als voor N en zowel in het vierde als in het tweede kwadrant. De frequentie van de oscillaties wordt maximaal bij lagere schroeftoerentallen en verkleint daarna weer. Daarenboven is het maximum dat bereikt wordt groter in kwadrant II dan in kwadrant IV. Voor het verloop van de frequenties bij grote schroefbelasting is er weinig invloed van de slibomgeving. Enkel de maximale frequentie, die bereikt wordt bij een lagere schroefbelasting is afhankelijk van de vaaromgeving.

Een laatste parameter van de oscillaties is de faseverschuiving ϕ. Het verloop van deze fasehoek in functie van de slibsoort is veeleer willekeurig, zoals mag blijken uit Figuren 6.33a tot en met 6.33d.

6.5.6.4 Resultaten in het derde kwadrant

Net als in het eerste kwadrant is er hier geen sprake van oscillaties en valt de harmonische term dus weg. De hoeken β en γ hebben, in tegenstelling tot het eerste kwadrant, een verschillende invloed, zodat de gemiddelde term Y_{PT} opgesplitst wordt in een aandeel ten gevolge van de drifthoek en één ten gevolge van de gierhoek.

Het aandeel van de drifthoek is weergegeven op Figuren 6.34a tot en met 6.34d:

- $Y_{PT}(\beta)$ is het grootst boven vaste bodem en versterkt de rompkracht, gezien het teken van de stuwkracht;
- Boven slib zal, naarmate de drifthoek dichter bij -90° komt, Y_{PT} een tegengesteld teken aannemen en de rompkracht dus tegenwerken.

Op de figuren is enkel het verloop voor negatieve drifthoeken getekend. Voor positieve drifthoeken is Y_{PT} antisymmetrisch verondersteld.

Het aandeel van de gierhoek kan teruggevonden worden op de Figuren 6.35a tot en met 6.35d. Het is duidelijk dat $Y_{PT}(\gamma)$ groter is boven slibbodems. Voor positieve gierhoeken is het verloop ongeveer antisymmetrisch. $Y_{PT}(\gamma)$ werkt in dezelfde zin als de rompkracht.

6.5.6.5 Resultaten in het vierde kwadrant

Net zoals in het derde kwadrant dient er voor de gemiddelde waarden Y_{PT} een onderscheid gemaakt te worden tussen de drifthoek en de gierhoek. In tegenstelling tot het derde kwadrant bevat Y_P in het vierde kwadrant een harmonische term ten gevolge van de oscillaties.

Zoals in het tweede kwadrant gebeurt de modellering van $Y_{PT}(\beta)$ via de hoek ε^*. De invloed van de schroefbelasting is groter dan de invloed van de drifthoek. Deze waarde is voor verschillende omgevingscondities uitgezet op de Figuren 6.36a tot en met 6.36d:

- $Y_{PT}(\varepsilon^*)$ is doorgaans negatiever boven slibbodems;
- De kracht is veel kleiner in vergelijking met het tweede kwadrant.

In het tweede kwadrant was er geen extra invloed wanneer het schip onderworpen werd aan een gierbeweging. Die is er in het vierde kwadrant duidelijk wel, zoals mag blijken uit de Figuren 6.37a tot en met 6.37d:

- $Y_{PT}(\gamma)$ is groter boven slibbodems en neemt toe naarmate de sliblaag zwaarder wordt en de kielspeling kleiner;
- $Y_{PT}(\gamma)$ is groter dan in het derde kwadrant en heeft hetzelfde teken als in het derde kwadrant. $Y_{PT}(\gamma)$ werkt in bijgevolg de rompkracht tegen.

Zoals al vermeld treden er in het vierde kwadrant eveneens oscillaties op. Zoals echter blijkt uit Figuren 6.38a tot en met 6.38d zijn de amplitudes van de oscillaties kleiner dan in het tweede kwadrant. De amplitudes zijn meestal groter boven slibbodems, maar de kielspeling lijkt weinig invloed uit te oefenen.

Daarenboven blijkt dat niet alle condities in het vierde kwadrant onderhevig zijn aan oscillaties, zie bijvoorbeeld Figuur 6.39. Wanneer het schip een gierbeweging uitvoert met een voldoend grote amplitude dan blijkt de amplitude van de oscillaties naar nul te gaan:

- Wanneer de gierbeweging met voldoende snelheid uitgevoerd wordt met een amplitude van 10° of hoger zijn er geen oscillaties meer;
- Voor kleine gierbewegingen, à rato van 2.5° zijn er oscillaties zoals gegeven op Figuren 6.38a tot en met 6.38d;
- Voor tussenliggende amplitudes verminderen de oscillaties.

De vraag is hoe dit vertaald kan worden naar de wiskundige modellering. Indien de giersnelheid/gierversnellingskarakteristiek van deze proeven uitgezet wordt, zoals in Figuur 6.40, dan is deze elliptisch. Het al dan niet optreden van oscillaties kan gebeuren aan de hand van een oscillatiecheck:

- Als $1000\left|\dot{r}\right|\frac{L}{g} \geq 0.394$ of $1000\left|r\right|\sqrt{\frac{L}{g}} \geq 9.414$: dan is K_2 in uitdrukking (6.51) gelijk aan nul;

- Als $1000\left|\dot{r}\right|\frac{L}{g} \le 0.197$ of $1000\left|r\right|\sqrt{\frac{L}{g}} \le 3.138$: dan is $K_2 = 1$ zoals gegeven door de modellering.
- Voor tussenliggende waarden wordt geïnterpoleerd tussen 0 en 1. De interpolatiestap wordt lineair bepaald aan de hand van de grootte van r en r_{dot}, waarbij rekening gehouden wordt met de grootheid die zich het dichtst bij het "niet-oscillatiegebied" bevindt.

Grafisch komt dit overeen met de rechthoeken op de Figuur 6.40. Bevindt het werkingspunt zich buiten beide rechthoeken, dan zijn er geen oscillaties. Is het werkingspunt binnen de kleinste rechthoek gelegen dan zijn er 100% oscillaties. Tussen de twee rechthoeken dient er dan geïnterpoleerd te worden.

Andere parameters van de harmonische term zijn de frequentie, die al behandeld is in paragraaf 6.4.6.3 en de fase, zie Figuren 6.41a tot en met 6.41d.

6.5.7 Het N-moment

Het model voor N_P is analoog aan dat voor Y_P. Volgend model wordt gebruikt:

$$N_P = \frac{n}{n_0}\left(N^n_{\dot{v}}\dot{v} + N^n_{\dot{r}}\dot{r}\right) + \left[\left[N_{PT}(\beta,\varepsilon^*) + N_{PT}(\gamma,\varepsilon^*)\right] + \left[N_{PTA}(\beta,\varepsilon^*,K_2)\right]\left[\cos(\omega(\beta,\varepsilon^*)t + \varphi(\beta,\varepsilon^*))\right]\right] L_{PP} T_P(\varepsilon^*) \qquad (6.54)$$

Net als bij Y dient er in het vierde kwadrant een oscillatiecheck te gebeuren. De frequentie van de oscillaties is dezelfde als bij Y, de fase is echter verschillend. Verder zijn de verlopen analoog aan die van Y.

6.6 Aandeel van het roer in de hydrodynamische krachtwerking

6.6.1 Theoretische beschouwingen

6.6.1.1 Open-water-karakteristiek

Het roer zorgt voor een koersverandering van het schip door het genereren van een asymmetrie in de stroming ter plaatse van het achterschip. Die verandering van stroming zorgt voor drukvariaties die geïntegreerd aanleiding geven tot de volgende roerkrachten:

- Een tangentiële kracht F_T volgens de koorde van het roer;
- Een normaalkracht F_N loodrecht op de koorde van het roer.

In het scheepsvaste assenstelsel worden die krachten:

- $F_X = F_T \cos \delta_R - F_N \sin \delta_R$; *(6.55)*
- $F_Y = F_T \sin \delta_R + F_N \cos \delta_R$. *(6.56)*

De koersverandering is het meest effectief wanneer het roer zich in de schroefstraal bevindt. Zoals bij de schroef zal ook het roer beïnvloed worden door de aanwezigheid van het schip, en kan men even goed spreken over de open-water-karakteristieken van het roer. Uit het oogpunt van modulair modelleren zullen de open-water-karakteristieken als basis genomen worden voor het wiskundige model.

Om de open-water-karakteristiek van de verschillende roeren te kennen zijn er in de sleeptank proeven uitgevoerd met enkel het roer, zonder schip. Tijdens die proeven werd continu de aanstroomhoek α veranderd en werden de lift- (C_L) en driftcoëfficiënt (C_D) van het roer opgemeten.

Nu geldt:

$$C_D = \frac{D_R}{\frac{\rho}{2} A_R U^2}$$
$$C_L = \frac{L_R}{\frac{\rho}{2} A_R U^2} \qquad (6.57)$$

met:

- A_R: lateraal oppervlak van het roer;
- U: aanstromingssnelheid roer;
- D_R: driftkracht op het roer;
- L_R: liftkracht op het roer.

De werkelijke aanstroomhoek α verschilt van de roerhoek δ_R achter het schip:

$$\alpha_R = \delta_R + \delta_0 + \beta_R \qquad (6.58)$$

Hierin is β_R de lokale drifthoek ter plaatse van het roer:

$$\beta_R = \text{Arc}\tan\left(\frac{-v_R}{u_R}\right) \qquad (6.59)$$

en is:

$$\delta_0 = -\delta_R\,(F_N = 0) \qquad (6.60)$$

het tegengestelde van de hoek waarvoor de normaalkracht nul wordt, met andere woorden, een asymmetriecorrectie.

Hiermee kan men volgend verband aantonen tussen de drift- en liftcoëfficiënten en de krachten op het roer:

$$\begin{aligned} F_X &= \frac{\rho}{2} A_R V_R^2 [C_L(\alpha_R)\sin\beta_R + C_D(\alpha_R)\cos\beta_R] \\ F_Y &= \frac{\rho}{2} A_R V_R^2 [C_L(\alpha_R)\cos\beta_R - C_D(\alpha_R)\sin\beta_R] \end{aligned} \qquad (6.61)$$

6.6.1.2 De aanstroomsnelheid ter plaatse van het roer

Het probleem bij de modellering van de roerkrachten is het bepalen van de snelheid V_R waarmee het roer aangestroomd wordt. De snelheid V_R kan opgesplitst worden naar zijn componenten in langs- en dwarsrichting:

$$V_R = \sqrt{u_R^2 + v_R^2} \qquad (6.62)$$

De snelheid van ter plaatse van het roer wordt door de volgende factoren beïnvloed:

- De scheepsromp:
  - In langse richting: de volgstroom;
  - In dwarse richting: beïnvloeding van de richting van de aanstroming.
- De schroef:
  - De schroefwerking zorgt voor een toename van de snelheid in langse richting;
  - Die versnelling is afhankelijk van de positie van het roer:
    - Afstand tussen schroef en roer;
    - Het gedeelte van het roer dat zich in de schroefstraal bevindt.

De volgstroom ter plaatse van het roer die ontstaat door de aanwezigheid van de scheepsromp is niet noodzakelijk dezelfde als die ter plaatse van de schroef. Daarom wordt die gemodelleerd door een verschillend volgstroomgetal, namelijk w_R.

De snelheid in dwarse richting van het roer kan geschreven worden als de som van de verzetsnelheid van het schip en de translatiecomponent van de giersnelheid ter plaatse van het roer, met andere woorden:

$$v_R = k_{HR}(v + rx_R) \qquad (6.63)$$

waarbij x_R de langspositie van de roerkoning voorstelt: $-\frac{L_{PP}}{2}$.

De variatie van de richting van de aanstroming wordt dan gemodelleerd aan de hand van de straightening-coëfficiënt k_{HR}. Het blijkt echter eenvoudiger het volgstroomgetal te modelleren in functie van β en γ. k_{HR} wordt verder gelijk aan 1 verondersteld.

Voor de versnelling van de aanstroming ten gevolge van de schroefwerking kan gebruik gemaakt worden van de impulstheorie. Na enige berekening kan men aantonen dat de langssnelheid ter plaatse van het roer bij schroefwerking gegeven wordt door:

$$u_R = \frac{1-w_{R0}}{1-w_P}\sqrt{\left[\eta\left[(1-k)\sin\varepsilon + k\sqrt{(C_T + \sin^2\varepsilon)}\right]^2 + (1-\eta)\sin^2\varepsilon\right]\left[\left((1-w_p)u\right)^2 + (0.7\pi nD_P)^2\right]} \qquad (6.64)$$

Hierbij is:

- η: de verhouding van de schroefdiameter tot de roerhoogte;
- k: een maat voor de afstand tussen de roerkoning en de tip van de schroefbladen.

  De verschillende waarden voor k zijn in Tabel 6.1 [5] gegeven in functie van $\frac{x_{RP}}{D_P}$,

  met x_{RP} de afstand tussen de roerkoning en de tip van de schroefbladen. Voor het D-model bedraagt deze verhouding 0.75 zodat volgens de tabel k gelijk is aan 0.94.

Tabel 6.1. Verband tussen de parameter k en de afstand tussen de roerkoning en de tip van de schroefbladen.

x_{RS}/D_P	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
k	0.50	0.79	0.88	0.94	0.96

De bovenstaande formule geldt echter slechts in het eerste kwadrant. In de andere kwadranten gelden andere overwegingen:

- Kwadrant II: het schip vaart vooruit, terwijl de schroef achteruitslaat. Het vooruitvaren van het schip zorgt voor een positieve aanstroming van het roer, terwijl het achteruitslaan van de schroef een negatieve aanstroming geeft. Netto zal de aanstroming van het roer veel kleiner zijn dan in het eerste kwadrant.
- Kwadrant III: het schip vaart achteruit en de schroef slaat achteruit. Dit leidt tot een globale negatieve aanstroming van het roer.
- Kwadrant IV: het schip vaart achteruit, terwijl de schroef vooruitslaat. Het varen van het schip zorgt voor een negatieve aanstroming, terwijl het vooruitslaan van de schroef een positieve aanstroming geeft. Netto zal de aanstroming van het roer kleiner zijn dan in het eerste kwadrant, maar groter dan in de overige kwadranten.

De schroefwerking zorgt immers voor het leeuwendeel in de aanstroomsnelheid. Indien de schroef het water voorwaarts – en dus van het roer weg – stuwt, zal de aan-

stroming, en bijgevolg de kracht op het roer veel kleiner zijn. Dit is het geval in kwadranten II en III. In die kwadranten kan men gebruik maken van een vereenvoudigde formule. Uit de formule van u_R blijkt dat de aanstroomsnelheid ongeveer evenredig is met het schroeftoerental n. Voor kwadrant III kan men gebruik maken van het model:

$$u_R = \xi\, n + u \qquad (6.65)$$

In het tweede kwadrant wordt dezelfde formule gebruikt, maar hier wordt de instroom beperkt door de aanwezigheid van de romp:

$$u_R = \xi\, n + (1 - w_R)u \qquad (6.66)$$

Voor het vierde kwadrant dient de impulstheorie voor die specifieke situatie toegepast te worden. Men kan aantonen dat voor het vierde kwadrant geldt, rekening houdend met het feit dat $w_P = 0$ in kwadrant IV:

$$u_R = (1-w_R)\sqrt{\left[\eta\left[(1-k)|\sin\varepsilon| - k\sqrt{(C_T + \sin^2\varepsilon)}\right]^2 - (1-\eta)\sin^2\varepsilon\right]\left[u^2 + (0.7\pi\, n D_P)^2\right]} \qquad (6.67)$$

Deze formule geldt in kwadrant IV enkel bij voldoend hoge schroeftoerentallen. Voor kleine schroeftoerentallen (<12% van n_{max}) is een lineaire interpolatie tussen de snelheden uit kwadrant III (bij 0 rpm) en de snelheid uit kwadrant IV (bij 12% van n_{max}) aangewezen. Dit toerentalbereik is echter enkel van belang tijdens starten en stoppen van de schroef.

De formule voor v_R is onafhankelijk van de schroefwerking en geldt vanzelfsprekend in de vier kwadranten.

6.6.1.3 Het volgstroomgetal w_R

De grote onbekende in het bepalen van de aanstroomsnelheid van het roer is het volgstroomgetal w_R. Een volgstroomgetal moet berekend worden in het eerste en het vierde kwadrant. Er wordt aangenomen dat het volgstroomgetal in het tweede kwadrant gelijk is aan dat in het eerste kwadrant. Zowel in het eerste als in het vierde kwadrant blijkt het volgstroomgetal afhankelijk te zijn van de roerhoek. Bovendien is het wenselijk een verschillend volgstroomgetal te gebruiken voor F_X en F_Y. Het volgstroomgetal is immers niet constant over de hoogte van het roer.

Het blijkt zelfs dat voor kleine roerhoeken en grote schroeftoerentallen F_X in het eerste kwadrant een kleine positieve waarde aanneemt. Dit resulteert in een volgstroomgetal groter dan de eenheid. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de onderdruk in het gedeelte van het roer dat niet door de schroef aangestroomd wordt zo groot is dat de kracht positief wordt. Ondanks verder onderzoek is dit nog niet bevestigd kunnen worden.

Zowel in het eerste kwadrant als in het vierde blijkt dat gieren en driften een zelfde invloed hebben op het volgstroomgetal en dat men beide invloeden mag samentellen. Het volstaat dus het volgstroomgetal te modelleren in functie van $\beta+\gamma$. De samenstelling van gier- en driftbeweging is te verklaren als volgt: de dwarsscheepse

snelheidscomponent van het roer wordt gegeven door $v + x_R r$; dimensieloos gemaakt met de voorwaartse snelheid u levert dit bij benadering het volgende op:

$$\frac{v + x_R r}{u} = \frac{v - \frac{1}{2} L r}{u} = -\tan\beta - \tan\gamma \approx -(\beta + \gamma) \qquad (6.68)$$

Men dient echter voor ogen te houden dat deze benadering enkel zinvol is voor kleine waarden van β en γ; het verdient aanbeveling te werken met Arctan (tan β + tan γ) in plaats van $\beta + \gamma$.

6.6.2 De langsscheepse roerkrachtcomponent F_X

Rekening houdend met bovenstaande kan de kracht F_X als volgt berekend worden:

$$F_X = \frac{\rho}{2} A_R V_R^2 [C_L(\alpha_R)\sin\beta_R + C_D(\alpha_R)\cos\beta_R] \qquad (6.69)$$

De volgstroomgetallen voor het eerste kwadrant zijn voor verschillende reeksen uitgezet in functie van de roerhoek op Figuren 6.42a tot en met 6.42d:

- Bij roeruitslagen van 20° of groter verkleint het volgstroomgetal naarmate de sliblaag zwaarder wordt en de kielspeling kleiner. De resultaten boven vaste bodem bevinden zich tussen de zware en de lichtere slibsoorten;
- Zoals vroeger vermeld is het volgstroomgetal groter dan de eenheid voor zeer kleine roerhoeken, wat wil zeggen dat de kracht op het roer dan naar voren gericht is.

Een kleiner volgstroomgetal impliceert, bij voorwaartse snelheid, een grotere weerstandskracht op het roer. Bij de lichtere sliblagen is het volgstroomgetal aanzienlijk groter, wat opnieuw wijst op de minder goede aanstroming ter plaatse van het achterschip die vermoedelijk te wijten is aan de hinder veroorzaakt door de rijzing van de sliblaag daar.

Voor het tweede en derde kwadrant wordt de snelheid ter plaatse van het roer bepaald door de coëfficiënt ξ uit (6.65) en (6.66). De snelheid ter plaatse van het roer die op die manier berekend wordt geldt zowel voor F_X als F_Y. Het belang van de schroefwerking op de roersnelheid in deze kwadranten wordt getoond op Figuur 6.43. Hieruit blijkt dat het belang van de schroefwerking toeneemt naarmate de kielspeling afneemt. Het gevolg hiervan is dat het roer beter aangestroomd wordt naarmate de kielspeling afneemt.

In het vierde kwadrant wordt er net als in het eerste kwadrant gebruik gemaakt van een volgstroomgetal. De resultaten zijn terug te vinden op Figuren 6.44a tot en met 6.44d. Er is minder verschil van de vaaromgeving in vergelijking met het eerste kwadrant. Net als in het eerste kwadrant is de zin van F_X tegengesteld voor kleine roerhoeken.

6.6.3 De dwarsscheepse roerkrachtcomponent F_Y

Het model voor de dwarskracht op het roer is:

$$F_Y = \frac{\rho}{2} A_R V_R^2 [C_L(\alpha_R)\cos\beta_R - C_D(\alpha_R)\sin\beta_R] \qquad (6.70)$$

Het verloop van de volgstroomgetallen voor het eerste kwadrant wordt getoond op de Figuren 6.45a tot en met 6.45d. Net als de volgstroomgetallen voor F_X zijn ze het grootst voor de lichtste slibsoorten. Voor vaste bodem bevinden de volgstroomgetallen zich tussen die van de zwaardere en die van de lichtere slibsoorten. De roerkracht is dus groter bij de zwaardere slibsoorten.

Voor het vierde kwadrant verlopen de volgstroomgetallen als getoond op Figuren 6.46a tot en met 6.46d:

- Voor grotere roerhoeken is er minder verschil tussen de verschillende vaaromgevingen in vergelijking met het eerste kwadrant;
- Maar bij kleine roerhoeken zal in sommige gevallen in een slibomgeving het volgstroomgetal groter zijn dan één, wat impliceert dat de roerkracht de tegengestelde richting uitgaat!

6.6.4 Langsscheepse component X_R van de door roerwerking opgewekte kracht

Het aandeel van de roerwerking op de X-kracht wordt als volgt geformuleerd:

$$X_R = (1-t_R)\, F_X \qquad (6.71)$$

waarbij t_R, naar analogie met de schroefwerking, het zoggetal ten gevolge van de roerwerking voorstelt. Voor alle omgevingscondities mag t_R echter gelijk gesteld worden aan nul, zodat het model luidt:

$$X_R = F_X \qquad (6.72)$$

en voor X_R dezelfde conclusies gelden als in paragraaf 6.5.2.

6.6.5 Dwarsscheepse component Y_R van de door roerwerking opgewekte kracht

6.6.5.1 Model

Een roeruitslag veroorzaakt een asymmetrische aanstroming van het roer, waardoor dit een dwarsscheepse krachtcomponent F_Y ondervindt, die aangrijpt ter plaatse van het roer x_R. Die asymmetrische stroming ontstaat eveneens rond de romp zodat deze ook onderhevig is aan extra kracht $a_H F_Y$. Beide krachten geven aanleiding tot een verzetkracht Y_R:

$$Y_R = (1 + a_H)\, F_Y \qquad (6.73)$$

6.6.5.2 Resultaten in kwadrant I

In het eerste kwadrant blijkt de coëfficiënt a_H afhankelijk te zijn van de schroefwerking, de vaarsnelheid en de samenstelling van de gier- en verzetbeweging, zodat:

$$Y_R = [1 + a_H(\varepsilon^*, \beta + \gamma)] F_Y \qquad (6.74)$$

a_H neemt toe met afnemende schroefbelasting om een maximum te bereiken en daarna opnieuw af te nemen. Hetzelfde geldt in functie van $\beta + \gamma$.

De coëfficiënt a_H is op Figuur 6.47 voor de verschillende vaaromgevingen voorgesteld voor een zuiver langsscheepse beweging van het schip bij zelfpropulsie. a_H neemt toe naarmate de kielspeling afneemt, wat impliceert dat de door roerwerking opgewekte dwarskracht toeneemt. Eveneens zal a_H toenemen met afnemende sliblaagdikte.

6.6.5.3 Resultaten in kwadrant II

Aangezien roerwerking steeds in combinatie met schroefwerking bekeken wordt zullen de krachten eveneens onderhevig zijn aan oscillaties. Het blijkt echter dat een verandering van roerhoek geen invloed heeft op de harmonische term.

Het feit dat de proeven met roerhoek quasi dezelfde resultaten geven als de proeven met het roer in de nulstand impliceert dat het roer in het tweede kwadrant bitter weinig invloed uitoefent op het schip. De krachten die op het roer aangrijpen zijn klein, evenals Y_R, zodat een voldoende benadering bekomen wordt via:

$$Y_R = F_Y \qquad (6.75)$$

Of met andere woorden:

$$a_H = 0 \qquad (6.76)$$

6.6.5.4 Resultaten in kwadrant III

In het derde kwadrant is er evenmin een grote invloed van de roerwerking. In tegenstelling tot het tweede kwadrant, wordt er wel een waarde berekend voor a_H, die constant is per proevenreeks.

6.6.5.5 Resultaten in kwadrant IV

In het vierde kwadrant, waarin de Y-kracht eveneens onderworpen is aan oscillaties, blijkt de roerwerking de oscillaties niet te beïnvloeden. De harmonische term blijft onafhankelijk van de roerhoek.

Voor a_H blijkt een constante waarde per proevenreeks ruimschoots te voldoen voor de modellering. De verschillende waarden voor a_H zijn voorgesteld op Figuur 6.48:

- Voor de grootste beproefde kielspelingen is de waarde van a_H klein in absolute waarde en negatief;

- Bij afname van de kielspeling wordt a_H negatiever en zelfs kleiner dan -1.

Gezien de modellering

$$Y_R = (1 + a_H) F_Y \qquad (6.73)$$

kunnen de verschillende bereiken van a_H als volgt geïnterpreteerd worden:

- $-1 < a_H < 0$: de kracht Y_R op het schip is *kleiner* dan de kracht F_Y op het roer;
- $a_H = -1$: het schip ondervindt *geen* invloed van de roerwerking, aangezien $Y_R = 0$;
- $a_H < -1$: Y_R en F_Y hebben een tegengesteld teken: het schip ondergaat een kracht die *tegengesteld* is aan de kracht op het roer.

Anders gezegd zal het schip in het vierde kwadrant minder op roermanoeuvres reageren naarmate de kielspeling afneemt. Wanneer het schip ca. 10% kielspeling heeft boven de top van de sliblaag, dan zal het geven van roer quasi geen invloed uitoefenen op het schip. Komt het schip in contact met de sliblaag dan zal het roer zelfs een tegengestelde invloed uitoefenen op het schip, een invloed die nog versterkt wordt naarmate de kielspeling verder afneemt.

6.6.6 Giermoment N_R opgewekt door roerwerking

6.6.6.1 Model

Een roeruitslag veroorzaakt een asymmetrische aanstroming van het roer, waardoor dit een dwarsscheepse krachtcomponent F_Y ondervindt, die aangrijpt ter plaatse van het roer x_R. Dit resulteert in een giermoment $x_R F_Y$.

De extra kracht $a_H F_Y$ die aangrijpt op de langspositie x_H geeft eveneens aanleiding tot een extra moment,$a_H x_H F_Y$.

Het model voor N_R is dan de som van beide:

$$N_R = (x_R + a_H x_H) F_Y \qquad (6.77)$$

6.6.6.2 Resultaten in het eerste kwadrant

Het aangrijpingspunt van de extra kracht $a_H F_Y$ is voorgesteld op Figuur 6.49 voor een zuiver langsscheepse beweging van het schip, i.e. drift- en gierhoek gelijk aan nul. x_H blijkt immers een functie te zijn van de grootte van $(\beta + \gamma)$, maar niet van de schroefbelasting. Volgende kanttekeningen kunnen gemaakt worden:

- Het aangrijpingspunt van de extra kracht $a_H F_Y$ bevindt zich steeds in het achterschip, maar vrij dicht van het middenschip;
- Bij afnemende kielspeling en afnemende sliblaagdikte verschuift x_H verder richting middenschip;
- Bij de grootste beproefde kielspelingen boven een sliblaag bevindt x_H zich verder naar achteren in vergelijking met een vaste bodem;
- x_H bevindt zich eveneens verder naar achteren bij de lichtste beproefde slibsoorten.

Hoe verder x_H zich naar achteren bevindt, hoe groter de hefboomsarm van het moment N_R. Het schip zal dan een betere responsie bezitten op roeractie.

6.6.6.3 Resultaten in het tweede en het derde kwadrant

In het tweede kwadrant werd a_H al gelijk gesteld aan 0, zodat x_H geen belang heeft, en dan ook gelijk aan nul wordt gesteld.

In het derde kwadrant wordt per proevenreeks één vaste waarde van x_H berekend.

6.6.6.4 Resultaten in het vierde kwadrant

Net zoals a_H, wordt voor x_H in het vierde kwadrant een constante waarde aangenomen per omgevingsconditie. De resultaten zijn voorgesteld op Figuur 6.50. x_H bevindt zich in het achterschip en is vrij constant in functie van de vaaromgeving. Het aangrijpingspunt blijft dus min of meer gelijk, terwijl de zin van de kracht van teken wisselt naargelang van de beschikbare kielspeling. Het schip zal dus in contact met een sliblaag in *tegengestelde* richting draaien ten gevolge van roeractie in vergelijking met de situatie boven vaste bodem.

7 VERTICALE BEWEGING VAN INTERFACE EN SCHEEPSMODEL

7.1 Inleiding

Wanneer een schip boven of door een sliblaag vaart ontstaat er een beweging van de interface water-slib die afhankelijk is van verschillende parameters. In deze paragraaf zal wat dieper ingegaan worden op deze beweging, aangezien die gekoppeld kan worden aan de resultaten van de mathematische modellering.

De beweging van de interface werd op twee manieren geregistreerd:

- aan de hand van golfmeters, die 20 maal per seconde het niveau van de sliblaag en de waterlaag opmeten;
- aan de hand van filmopnames en foto's.

7.2 Opstelling

7.2.1 Golfmeters

Een slibstandvolger (slivo) en een waterstandvolger (wavo) zijn samen gemonteerd op een platform, gedragen door een regelbare driepoot. Door de constructie is er in de langsrichting x van de sleeptank een tussenafstand van 0.2 m tussen de wavo en de slivo (zie Figuur 7.1). Bij golfmeters 1 en 2 staan wavo en slivo in hetzelfde langsvlak. Bij golfmeter 3, dat op meer dan 2 scheepsbreedtes van het scheepsmodel staat, is er een verschil van 0.02 m, in de dwarsrichting.

Op Figuur 7.2 is een vooraanzicht van golfmeter 3 gegeven.

7.2.1.1 Werking slibstandvolger

De slivo bestaat uit een chemisch resistieve vlotter met densiteit groter dan die van water, maar lager dan die van het kunstslib. De vlotter drijft dus steeds op het slib zodat de bewegingen van de interface gemeten worden via de bewegingen van de vlotter. De vlotter is door een zeer licht staafje verbonden aan een schijfje van circa 1 cm² dat een laserstraal weerkaatst. De variaties van de afstand laserbron - schijfje zijn de verticale bewegingen van de vlotter, dus van het sliboppervlak.

7.2.1.2 Werking waterstandvolger

De wavo's zijn speciaal ontworpen voor het gebruik in de sleeptank, op basis van het principe van een potentiometer. Door een homogene weerstandsdraad wordt een constante stroom gestuurd. De spanningsverdeling langs de draad is dus constant. Een tweede elektrode is een inoxbuis, waarin twee draden verbonden zijn aan de voet van de weerstandsdraad en zal fungeren als loper van een potentiometer, evenredig met de indompeldiepte.

Aldus bekomt men in de voltmeter een spanning die evenredig is met de indompeling van de weerstandsdraad. Op Figuur 7.3 wordt de werking van de wavo verduidelijkt met behulp van een elektrisch schema. De wavo kan men eveneens op Figuur 7.2 terugvinden.

7.2.1.3 Plaatsing golfmeters

Wegens de reproduceerbaarheid van de metingen moeten de golfmeters steeds op dezelfde positie geplaatst kunnen worden. Om die positie te bepalen kan gebruik gemaakt worden van de positienauwkeurigheid van de sleepwagen. Aan de wagen wordt een plaatje bevestigd dat 130 mm buiten het schip reikt, zie Figuur 7.1. De golfmeter wordt dan tegen dit plaatje geplaatst. De langspositie van het plaatje is zodanig dat wanneer het middenschip zich op x = 21.3 m de slivo zich juist op 20 m bevindt.

Voor het plaatsen van de eerste golfmeter bevindt het scheepsmodel zich op de langssymmetrieas van het kanaal. Met behulp van een lange stang wordt de golfmeter van op de wagen neergelaten in de proefsectie. Op deze wijze moet de proefsectie niet betreden worden. De golfmeter heeft een schroefdraad waardoor de staaf kan vastgevezen worden en na het positioneren opnieuw losgevezen kan worden vanaf het staafuiteinde.

De tweede en derde golfmeter worden op analoge manier geplaatst, waarbij het schip zich dan telkens op één scheepsbreedte en twee scheepsbreedten uit het midden van het kanaal bevindt.

In de praktijk zal wegens de aanwezigheid van de meetdraden, die van de golfmeter tot buiten de proefsectie hangen, steeds begonnen worden met het plaatsen van de derde golfmeter, dan de tweede en uiteindelijk de eerste. De uiteindelijke opstelling van de golfmeters in de proefsectie is te zien op Figuur 7.4.

7.2.2 Visualisatie

7.2.2.1 Camera

De opnames gebeurden met een digitale handycam (Digital Video Camera Recorder-Sony DCR-TRV 520 E) waarvan de voornaamste toebehoren zijn:

- een draadloze afstandsbediening;
- een "Memory Stick";
- een toepassingsprogramma: Picture Gear 4.1.Lite.

Op de "Memory Stick" kan men stilstaande beelden opnemen om ze later weer te geven. De vastgelegde beelden zijn uitwisselbaar met andere apparaten zoals een PC. De opgenomen beelden worden gecomprimeerd volgens het MPEG-formaat alvorens te worden vastgelegd. De vereiste geheugencapaciteit verschilt afhankelijk van de gekozen beeldkwaliteit. Het aantal beeldpunten is 640 x 480 en neemt, voor compressie, 600 KB in. Na compressie wordt dat 100 KB voor een "Fine" kwaliteit en 60 KB voor de "standard".

De stilstaande beelden die zijn vastgelegd op een "Memory Stick" kan men deze camcorder weergeven, met een overzicht van 6 beelden tegelijk. De bedoeling is om het beeld op een PC te kunnen verwerken, waarbij "Picture Gear" 4.1. de software is die de overheveling van de camcorder naar een PC mogelijk maakt. De resultaten kunnen dan op een DVD gebrand worden.

7.2.2.2 Aquarium

Deze waterdichte bak, met een voorruit in plexiglas, wordt longitudinaal in de sleeptank geplaatst, waarbij het midden van de bak zich op x_0 = 20 m bevindt. Via een op 45° gemonteerde spiegel worden beelden opgenomen met de camcorder. Een foto van dit aquarium in opstelling is terug te vinden op Figuur 7.5.

Bij de eerste proeven werd de verlichting met TL lampen op het schip gemonteerd, eerst aan stuurboord (tussen schip en aquarium), later aan bakboord om aldus vooral de kielspelingen trachten te verlichten. De TL-lampen verlichtten echter grotendeels het schip, waardoor een beweging van het slib nog minder zichtbaar was.

Daarna monteerde men twee 24V-25W lampen binnenin het aquarium, naast de spiegel, in richting van het schip, en in een afgescheiden compartiment van de spiegel om ongewenste reflecties te vermijden. Uiteraard werd het aquarium binnenin zo donker mogelijk gemaakt, en werden aquarium en camera afgedekt met een lichtdichte constructie en een zwarte doek.

Ten einde de verticale slibbewegingen beter in te schatten, werd er een doorschijnend meetlatje tegen het raam geplakt. Eveneens werd de beweging van de slibvolger vastgelegd om een eventuele traagheid van de vlotter te begroten. De vlotter blijkt de beweging van het slib ogenblikkelijk te volgen.

7.3 Proevenprogramma

7.3.1 Golfmeters

Bij golfmetingen worden de drie golfmeters in de proefsectie geplaatst. De opstelling van die golfmeters kan men terugvinden op Figuur 7.1. De gekozen posities van de golfmeters volgen uit volgende gedachtegang:

- De golfmeters, meer bepaald de slibvolgers, worden op x_0 = 20 m geplaatst, dit is het midden van de proefsectie zodat de storingen tengevolge van de versnelling van het scheepsmodel een minimale invloed hebben op de golfmeting.
- Een eerste golfmeter wordt zo dicht mogelijk bij het voorbijvarende scheepsmodel geplaatst. Ten gevolge van de grootte van de golfmeter en de instrumentatie van het scheepsmodel is dit op 130 mm buiten het schip. De volgende twee golvenmeters bevinden zich in dezelfde dwarssectie, telkens op een scheepsbreedte afstand.
- De rijzing van de interface wordt enkel gemeten bij stationaire sleepproeven, die hebben een vast rechtlijnig traject zodat de positie van schip ten opzichte van golfmeter steeds eenvoudig te berekenen valt. Bij vaart zonder drift gebeurt dit volgens de langsas van het kanaal zodat de dwarsposities van de golfmeters zijn:

- $y_1 = 0.5\ B + 130$ mm;
- $y_2 = y_1 + B$;
- $y_3 = y_2 + B$.

Aan de hand van de golfmetingen kan de invloed van volgende parameters bepaald worden:

- Invloed van de scheepssnelheid op de rijzing van de interface. Om de kritische snelheid voldoende te benaderen wordt de snelheid opgevoerd met stappen van slechts 0.06 m/s model-, of 1 knoop natuurwaarde. Bij de lichtste slibsoort werden proeven uitgevoerd om de halve knoop natuurwaarde.
- Invloed van het schroeftoerental op de rijzing van de interface, bij een zelfde snelheid, bijvoorbeeld 100% en 60% van het nominale schroeftoerental vooruitslaan en 60% achteruitslaan. Dit omvat het eerste en het tweede kwadrant. Er zijn eveneens proeven bijgevoegd, waarbij het schip 2 knoop achteruitvaart met 0% schroeftoerental, 60% vooruitslaan en 60% achteruitslaan, zodat de invloed in het derde en het vierde kwadrant begroot kan worden.
- De invloed van een drifthoek op de rijzing van de interface werd in het begin beproefd in combinatie met een roerhoek en schroeftoerental, bij een zelfde snelheid, bijvoorbeeld een kleine negatieve en een kleine positieve drifthoek gecombineerd met een roeruitslag van 30°, zowel naar SB als BB. Het probleem van deze proeven is dat de invloed van de drifthoek in combinatie met het schroeftoerental moeilijk zichtbaar was. Daarom werden deze proeven afgevoerd en vervangen door proeven met enkel een kleine positieve drifthoek. De roerhoek geeft geen invloed op de rijzing van de interface (zie 7.4), zodat deze proeven achteraf afgevoerd konden worden.

Bij het varen met een drifthoek is het duidelijk dat het schip uit zijn as zal moeten varen om de golfmeters te ontwijken, een veilige berekening leidt tot een vaart uit de as van y = -130 mm .

Rekening houdend met de vereisten krijgt men het volgende proevenprogramma:

Tabel 7.1. Proevenprogramma voor het opmeten van de bewegingen van de interface.

Snelheid (kn)	Schroeftoerental	Vaarzin	y (mm-model)	ψ (°)	Roerhoek (°)
2	$-0.6n_0$, 0, $0.6n_0$	-	0	0	0
	0	+	0	0	0
2.5[4]	0	+	0	0	0
3	0	+	0	0	0
		+	-130	+/-5, +/-2.5	0
	$0.6n_0$	+	*-130*[5]	*-5*	*0*
			0	0	0
			-130	*5*	*0*
	n_0	+	*-130*	*-5*	*-30, 0, 30*
			0	0	0
			-130	*5*	*-30, 0, 30*
3.5	0	+	0	0	0

[4] De snelheden per halve knoop zijn maar uitgevoerd vanaf slib D

[5] De cursief gedrukte waarden zijn enkel in het begin van het proevenprogramma uitgevoerd (tot en met de dunste sliblaag G)

Snelheid (kn)	Schroeftoerental	Vaarzin	y (mm-model)	ψ (°)	Roerhoek (°)
4	0	+	0	0	0
4.5	0	+	0	0	0
5	0	+	0	0	0
5.5	0	+	0	0	0
6	$-0.6n_0$, 0, $0.6n_0$, n_0	+	0	0	0
6.5	0	+	0	0	0
7	0	+	0	0	0
7.5	0	+	0	0	0
8	0	+	0	0	0
8.5	0	+	0	0	0
9	0	+	0	0	0
9.5	0	+	0	0	0
10	0	+	0	0	0
10.5	0	+	0	0	0

7.3.2 Proevenprogramma voor visualisatie

Het filmen van de proeven gebeurt met een droog aquarium waarin de camera geplaatst wordt. Een beschrijving van de filmopstelling werd gegeven in paragraaf 7.2.2.2. Zoals bij de golfmeters wordt de dwarsas van het aquarium op x_0 = 20 m geplaatst om storingen tengevolge van het optrekken en het afremmen van het scheepsmodel zoveel mogelijk te vermijden.

Wegens de aanwezigheid van de sliblaag kan de proefsectie niet betreden worden. Het aquarium kan dus enkel van buiten af in de proefsectie geplaatst worden en staat dan dicht tegen de wand van de proefsectie. Indien het schip in het midden van het kanaal vaart is het in deze situatie te ver af van de filmopstelling om een duidelijk beeld te hebben van de slibbewegingen. Dit wordt opgelost door het schip twee meter uit het midden van het kanaal te laten varen, zodat het dicht, maar toch nog op een veilige afstand van het aquarium vaart.

De visualisatie van de proeven om de rijzing van de interface vast te leggen dient als illustratie van de interactie slib-schip. Eveneens is het een ondersteuning voor de interpretatie van de golfmetingen. Daardoor zullen de proeven voor de visualisatie dezelfde zijn als die voor de golfmetingen, met dit verschil dat de dwarse afstand y nu 2 meter verschoven is. Voor de driftproeven is een verschuiving van 1.97 m voldoende daar de afstand tussen aquarium en schip ruim genoeg is.

De gegevenfiles van de golf- en visualisatieproeven zijn opgenomen in Bijlage 3.

7.4 Rijzing van de interface

7.4.1 Algemeen

Uit het onderzoek van de resultaten is gebleken dat de beweging van de interface afhankelijk is van de volgende factoren:

- de scheepssnelheid;
- het schroeftoerental;
- het scheepstype;

- de drifthoek;
- de dikte van de sliblaag;
- de kielspeling;
- de samenstelling van de sliblaag.

De stand van het roer oefent geen significante invloed uit op de beweging van de interface, zoals mag blijken uit Figuur 7.6a en 7.6b.

7.4.2 Bewegingen van de interface bij een sliblaag van 10 mm dikte (0.75 m natuur)

De rijzing bij een sliblaag van 10 mm is voor verschillende reeksen en snelheden gegeven op Figuur 7.7a en 7.7b:

- Naarmate de slibsoort lichter is, neemt de rijzing toe. De verschillen zijn groter bij de grootst beproefde kielspeling;
- Bij de lichtere slibsoorten bereikt de rijzing al een grote waarde bij kleinere snelheden om daarna niet veel meer toe te nemen, of zelfs af te nemen (slib D) bij toenemende snelheid.

Eveneens verplaatst het maximum van de rijzing zich verder achter het schip bij de lichtere slibsoorten. Op Figuur 7.8a tot en met 7.8c worden enkele karakteristieke parameters van de rijzing uitgezet in functie van de vaarsnelheid:

- Bij de zwaarste slibsoort is er weinig rijzing waar te nemen. Naarmate de slibsoort lichter wordt neemt de rijzing toe met de snelheid. Voor de lichtste slibsoorten bereikt de rijzing veeleer een maximum bij een lagere snelheid om vervolgens weer af te nemen.
- Voor kleinere snelheden is de rijzing maximaal in de buurt van het achterschip. Het maximum verplaatst zich verder naar achter bij toenemende snelheid, een evolutie die het duidelijkst is bij de lichtste slibsoort. Gezien de verwaarloosbare rijzing bij de zwaarste slibsoort, is de positie van het maximum van die rijzing minder relevant.
- De rijzing van het slib begint steeds in het achterschip. Voor de lichtste slibsoort is bij de grootste snelheid slechts van een rijzing sprake eenmaal het schip voorbij is. De amplitude van de rijzing kan hierdoor beïnvloed zijn.

De invloed van het schroeftoerental kan teruggevonden worden op Figuur 7.9a en 7.9b:

- Een toename van het schroeftoerental resulteert in een afname van de rijzing. Die afname is het grootst bij de lichtste slibsoorten.
- Bij toename van het schroeftoerental verschuift het maximum van de rijzing naar het achterschip.

7.4.3 Bewegingen van de interface bij een sliblaag van 20 mm dikte (1.5 m natuur)

Figuren 7.10a en 7.10b stellen de rijzing van de interface voor wanneer het schip al dan niet in contact komt met een sliblaag van 20 mm:

- Is er geen contact tussen schip en sliblaag, dan zal de rijzing bij lichter wordende slibsamenstelling in eerste instantie significant toenemen, om dan min of meer constant te blijven of opnieuw af te nemen bij nog lichter wordend slib.
- Is er contact tussen schip en sliblaag dan is er duidelijk te zien hoe het belang van de rijzing zich verplaatst van het middenschip tot het achterschip, waarbij de overgangssituatie gepaard gaat met een dubbele rijzing.

Indien het verloop van de interface voor verschillende snelheden bekeken wordt, zoals op Figuren 7.11a en 7.11b, kan men het volgende stellen:

- Bij de lichtste slibsoort blijkt de rijzing opnieuw af te nemen bij hogere snelheden;
- Bij kleinere snelheden en wanneer er contact is tussen schip en sliblaag is er nog sprake van een dubbele rijzing bij de lichtste slibsoort.

Dit wordt eveneens bevestigd door de resultaten op Figuren 7.12 tot en met 7.14.

De maximale rijzingen in functie van het schroeftoerental zijn voor het vooruitvaren (eerste kwadrant) gegeven op Figuren 7.15a en 7.15b. Een positieve toename van het schroeftoerental veroorzaakt slechts een lichte toename van de rijzing. De rijzing zal meestal opnieuw afnemen bij een verdere toename van het schroeftoerental.

De langspositie waarop de rijzing haar maximum bereikt kan bekeken worden op Figuren 7.16a en 7.16b:

- Schroefwerking zorgt ervoor dat de rijzing van het achterschip zich verder naar achter verplaatst, hoewel de verschillen klein zijn.
- Is er geen schroefwerking en vindt de rijzing midscheeps plaats, dan zal bij een positieve toename van de schroefwerking de positie van de rijzing weinig veranderen. De rijzing bevindt zich in dit geval te ver van de schroef om nog een significante invloed te ondervinden. Ook hier speelt de invloed van de slibsamenstelling.
- De invloed van de schroefwerking is het grootst van 0 naar 60% n_{MAX}. Bij hogere schroeftoerentallen is er nog weinig variatie.

De maximale rijzingen in functie van het schroeftoerental, wanneer het schip achteruit vaart, zijn gegeven op Figuren 7.17a en 7.17b:

- Ten opzichte van de situatie zonder schroefwerking kan men stellen dat een toename in absolute waarde van een negatief schroeftoerental weinig invloed heeft op de grootte van de rijzing.
- Een positieve toename van het schroeftoerental leidt tot een toename van de rijzing wanneer het schip boven de sliblaag vaart. Wordt er contact gemaakt dan zal de rijzing afnemen bij toenemend schroeftoerental.

De langsposities waarop de rijzing haar maximum bereikt zijn weergegeven op Figuren 7.18a en 7.18b:

- Vaart het schip boven het slib, dan zal de langspositie ongeveer gelijk blijven of zich naar achter verplaatsen (in het vierde kwadrant) bij toenemend schroeftoerental.

- Vaart het schip in contact met de sliblaag dan zal met toenemend schroeftoerental de langspositie eveneens gelijk blijven of zich naar voor verplaatsen (in het derde kwadrant).

De verplaatsingen zijn relatief beperkt. Een grotere verplaatsing zoals in het vierde kwadrant is het gevolg van de grotere rijzing van een andere piek in het complexere golfsysteem van de interface, zie bijvoorbeeld Figuur 7.19.

7.4.4 Bewegingen van de interface bij een sliblaag van 40 mm dikte (3 m natuur)

De rijzing bij een sliblaag van 40 mm is voor verschillende reeksen en snelheden gegeven op Figuren 7.20a tot en met 7.20d:

- Naarmate de slibsoort lichter is neemt de rijzing toe en verplaatst het zwaartepunt zich meer naar achter.
- Vaart het schip in contact met de sliblaag dan rijst het slib in twee fasen. Een eerste rijzing vindt plaats ter hoogte van het middenschip, een tweede achter het schip. Bij grotere snelheden en lichtere slibsoorten vermindert het aandeel van de eerste fase ten voordele van de tweede fase. Bij slib D is er bij de grootste snelheden zelfs geen sprake meer van een eerste fase.

Om een betere kijk te hebben op de rijzingen zijn er op Figuren 7.21, 7.22 en 7.23 enkele karakteristieke grootheden van de rijzingen afgebeeld. Op Figuren 7.21a tot en met 7.21d kan het verloop van de amplitude van de rijzing in functie van de snelheid voor de verschillende kielspelingen teruggevonden worden:

- Wanneer het schip niet in contact vaart met de sliblaag, dan zal de rijzing sneller toenemen met de snelheid naarmate de slibsoort lichter is. De toename is echter beperkt, en dus zal vanaf een welbepaalde snelheid de rijzing niet verder toenemen in functie van de snelheid.
- Vaart het schip in contact met de sliblaag, dan zal de rijzing voor de meeste slibsoorten gelijkmatig toenemen met de snelheid. Enkel bij de lichtste slibsoorten is er een abrupte wijziging waar te nemen rond 0.4 m/s model (6.5 knoop natuur). Het belang van de eerste fase neemt af ten voordele van de tweede fase, hierbij zal de maximale rijzing verkleinen. De amplitude van de tweede fase blijkt dan verder af te nemen bij toenemende snelheid.

De langspositie waarbij de rijzing maximaal wordt is voor de verschillende kielspelingen weergegeven op Figuren 7.22a tot en met 7.22d:

- Is er geen contact tussen schip en sliblaag dan verschuift de rijzing geleidelijk meer naar achteren bij toenemende vaarsnelheid en lichter wordende sliblaag.
- Is er wel contact, dan is opnieuw duidelijk te zien hoe de tweede rijzing aan belang wint bij toenemende vaarsnelheid en lichter wordende sliblaag.

De beginpositie van de rijzing is terug te vinden op Figuren 7.23a tot en met 7.23d. In alle gevallen schuift de startpositie van de rijzing verder naar achteren bij lichter worden slib en hogere vaarsnelheden.

Figuren 7.24 en 7.25 geven een overzicht van de invloed van de schroefwerking op de rijzing van de interface. Bij positieve schroeftoerentallen heeft de schroefwerking niet veel invloed op de rijzing.

7.4.5 Algemeen

- De rijzing van de sliblaag neemt toe met toenemende snelheid.
- Er is een grens aan deze toename. Bij nog hogere snelheden zal de rijzing niet verder toenemen, of bij de lichtste slibsoorten zelfs afnemen. Dit laatste doet zich voor wanneer de rijzing zich na het schip voordoet.
- Vaart het schip boven een sliblaag dan neemt de rijzing sneller toe bij lichtere slibsoorten. Bij dunnere sliblagen is er een significante toename van de rijzing vanaf dat het slib voldoende licht is. De grens blijkt rond slib F (densiteit 1.20 ton/m^3) te liggen.
- Is er contact tussen schip en sliblaag dan zal er steeds een significante rijzing optreden. Bij de zwaardere slibsoorten grijpt die rijzing grotendeels midscheeps plaats, terwijl die zich bij lichtere slibsoorten ter plaatse van het achterschip voordoet. De overgang gaat gepaard met een dubbele rijzing.
- Een vooruitslaande schroef bij vooruitvaren heeft enkel invloed op de rijzing wanneer die zich bij gestopte schroef al ter hoogte van het achterschip bevond. De schroefwerking oefent al de volledige invloed uit bij kleine schroeftoerentallen. De rijzing zal lichtjes toenemen en zich iets meer naar achteren verplaatsen. Bij grotere schroeftoerentallen is de invloed kleiner.
- Een achteruitslaande schroef bij vooruitvaren zorgt voor een relatief grote rijzing ter plaatse van het achterschip. Het patroon van die rijzing is veeleer willekeurig.
- Een achteruitslaande schroef bij achteruitvaren heeft weinig of geen invloed op de rijzing, enkel bij extreem negatieve kielspeling zal de rijzing iets verminderen.
- Een vooruitslaande schroef bij achteruitvaren zal de rijzing doen toenemen wanneer er geen contact is tussen schip en sliblaag. Is er wel contact dan neemt de rijzing af.

De rijzing van de sliblaag is vooral storend daar waar het schip met een extreem kleine kielspeling boven top slib vaart en als de rijzing ter plaatse van het achterschip aangrijpt, dit is voor de lichtere sliblagen. De schroef- en roerwerking worden er dan verstoord, dit bleek al uit het verloop van de volgstroomgetallen. Bij de zwaardere slibsoorten is het probleem veeleer een toegenomen scheepsweerstand door contact met het viskeuze slib.

De invloed van de drifthoek en het scheepstype werden niet grondig geanalyseerd. Toch kan men stellen dat:

- Een toenemende drifthoek zal - bij vooruitvaren - de amplitude van de rijzing doen toenemen, vooral wanneer deze rijzing ter plaatse van het voorschip of het middenschip aangrijpt;
- Bij een voller scheepstype is de invloed van snelheid en schroeftoerental minder uitgesproken. De rijzing zal dan doorgaans haar maximum bereiken ter hoogte van het voorschip.

7.5 Squat

7.5.1 Algemeen

Wanneer een schip aan een welbepaalde snelheid door ongestoord water vaart dan wordt het water langs de boeg weggestuwd en stroomt het langs het schip terug, dit is de retourstroom. Uit de vergelijking van Bernoulli volgt dat die retourstroom, bij een constante atmosferische druk, een daling van het waterpeil teweegbrengt. Het schip ondergaat hierdoor een inzinking. Door het golfsysteem dat meebeweegt met het schip en door de asymmetrie van voor- en achterschip zal die inzinking niet constant zijn over de lengte zodat er eveneens een vertrimming ontstaat. Het verschijnsel van inzinking en vertrimming wordt squat genoemd.

7.5.2 Inzinking

Figuur 7.26 geeft een overzicht van de inzinking van het schip in functie van de scheepssnelheid en dit voor verschillende vaaromgevingen. Algemeen geldt het volgende.

- Vaart het schip boven slib dan is de rijzing van de interface significant groter bij slibsoorten die een viscositeit bezitten onder de kritische (slib F). Indien het schip net boven de sliblaag vaart, zal dit resulteren in contact tussen schip en slib. Het slib zorgt voor een toename van de boeikracht, of een vermindering van de inzinking.
- Vaart het schip in contact de sliblaag, dan zorgt de grote rijzing midscheeps die zich voordoet bij de zwaardere slibsoorten voor een toename van de boeikracht, dus zal bij de zwaardere slibsoorten de inzinking het kleinst zijn.

De inzinking zal steeds groter zijn boven een vaste bodem dan boven een sliblaag bij gelijke kielspeling tot de vaste bodem.

7.5.3 Vertrimming

Aangezien de inzinking niet constant is over de lengte van het schip zal deze resulteren in een vertrimming. Bij slanke schepen is de squat hierdoor het grootste in het achterschip, terwijl bij volle schepen de boeg de grootste inzinking zal vertonen. Vaart het schip in een slibomgeving dan zal de vertrimming eveneens beïnvloed worden, en zal meestal toenemen, ten gevolge van de extra asymmetrie in de boeikracht door de rijzingen van de interface. De vertrimming is voorgesteld voor verschillende vaaromgevingen op Figuur 7.27. Een negatieve vertrimming impliceert stuurlast, i.e. een inzinking ter plaatse van het achterschip. In combinatie met het verloop van de rijzingen van de interface kan zeer algemeen gesteld worden dat:

- Een rijzing zal de grootste invloed hebben op de vertrimming wanneer die ter plaatse van het middenschip aangrijpt. Die invloed vermindert wanneer de rijzing meer naar achteren verschuift.
- Eveneens zal de vertrimming verminderen naarmate de top van de rijzing breder is.

- In alle gevallen zorgt een grotere rijzing voor een grotere asymmetrie en dus een grotere vertrimming.

7.6 Visualisatie

In Bijlage 13 zijn de verschillende filmopnames opgenomen.

8 FAST-TIME SIMULATIES

8.1 Inleiding

Het wiskundige model dat ontwikkeld wordt dient als input voor een manoeuvreersimulatieprogramma. Hierbij worden op discrete tijdstappen de langs- en dwarskrachten en het giermoment die aangrijpen op het schip berekend met behulp van het wiskundige model. Indien de krachtenbalans niet in evenwicht is, zal dit aanleiding geven tot een versnelling van het schip; door numerieke integratie van de bewegingsvergelijkingen kunnen de snelheidscomponenten en de positie van het schip op de volgende tijdstap bepaald worden. Op deze wijze wordt het traject dat het schip zal volgen berekend waarbij het krachtenevenwicht gerespecteerd wordt.

In eerste instantie worden met het simulatieprogramma fast-time simulatieruns verricht. Hierbij geschiedt de controle over het schip niet door menselijke interventies, zoals in de praktijk of bij fast-time simulatie het geval is, maar door een wiskundig model. Hierdoor kan de simulatie zo snel gebeuren als de rekentijd het toelaat, wat in de praktijk behoorlijk sneller is dan in realiteit.

Omwille van het belang van de menselijke tussenkomst bij havenmanoeuvres, kunnen fast-time simulaties enkel uitgevoerd worden in relatief eenvoudige situaties. Het programma bestaat dan ook uit een aantal standaardmanoeuvres die in de verschillende omgevingscondities uitgevoerd worden, wat toelaat de invloed van de bodemparameters op een objectieve wijze te evalueren.

8.2 Werking autopilot

De uitgevoerde manoeuvres kunnen opgesplitst worden in twee soorten:

- Manoeuvres waarbij de controleparameters, meer bepaald de roeruitslag en het schroeftoerental, tijdens de vaart hetzij ongewijzigd blijven, hetzij volgens een welbepaalde, vooraf gedefinieerde procedure gewijzigd worden. Voorbeelden hiervan zijn versnellingsproeven, draaicirkels, zigzagproeven.

- Manoeuvres waarbij de roeruitslag en het schroeftoerental wel gewijzigd worden tijdens de vaart, zoals bij het volgen van een opgelegde baan. Bij deze manoeuvres worden de controleparameters, die in real-time simulaties door de loodsen worden beheerst, in fast-time gevarieerd aan de hand van een wiskundig autopilot-model.

De wijze waarop de controleparameters ingesteld of gevarieerd moeten worden, wordt opgegeven in het zogenaamde autopilot-bestand. Voor de tweede soort van manoeuvres bevat dit bestand de werkingsparameters van de autopilot:

- het gewenste traject;
- het verloop van de gewenste scheepssnelheid langs dit traject;
- het interval Δt_δ waarop de gewenste roerhoek kan aangepast worden, uitgedrukt in tijdscycli (1 tijdscyclus = 0.2 s);

- een interval Δt_n voor aanpassing van het motortoerental, uitgedrukt in tijdscycli;
- de tijd die de autopilot in zijn berekeningen vooruit kijkt, uitgedrukt in seconden; afhankelijk van de snelheid van het schip kan hieruit de vooruitkijklengte berekend worden.

Na elk interval Δt_δ en Δt_n berekent de autopilot voor verschillende waarden van respectievelijk de roerhoek en het motortoerental, de afwijking van de baan na afloop van de vooruitkijktijd. Vervolgens wordt voor de controleparameters de instelling gekozen die leidt tot de kleinste afwijking. De afwijking wordt hierbij beoordeeld aan de hand van de volgende kostenfunctie:

$$KOST = \alpha.dy_{voor}^2 + \beta.dy_{midden}^2 + \gamma.dy_{achter}^2 \qquad (8.1)$$

waarbij de factoren ingesteld worden op $\alpha = 1$; $\beta = 20$; $\gamma = 1$.

Hoe kleiner de waarde van de kostenfunctie, hoe kleiner de afwijking van de baan. De autopilot streeft ernaar de baan te volgen met uitsluitend roercommando's. Enkel als maximum roer nodig blijkt, wordt overwogen het motortoerental te verhogen. Wanneer de roerhoek niet meer maximaal is, wordt getest of het mogelijk is met een lager toerental de baan te volgen. Er wordt echter geen lager toerental gekozen indien de snelheid lager zou worden als opgegeven in het autopilot bestand voor de huidige baanpositie.

De roerhoek wordt gewijzigd in stappen van 5°, maximaal twee stappen bij elke bijsturing. Het motortoerental wordt gewijzigd volgens de vier telegraafstanden vooruit:

Tabel 8.1. Verband tussen telegraafstand en schroeftoerental.

COMMANDO	TOERENTAL
dead slow ahead	n_{min}
slow ahead	$n_{min} + 1/3 * (n_{max} - n_{min})$
half ahead	$n_{min} + 2/3 * (n_{max} - n_{min})$
full ahead	n_{max}

De vaart wordt beëindigd wanneer de baanafstand groter wordt dan de opgegeven eindafstand in het autopilotbestand.

8.3 Overzicht fast-time manoeuvres

8.3.1 Versnellingsproeven

Bij een versnellingsproef vertrekt het schip vanuit stilstand met een welbepaald schroeftoerental, afhankelijk van de motorinstelling (dead slow, slow, half of full – zowel ahead als astern). De proef stopt wanneer de regimetoestand is ingetreden, d.i. wanneer de langsscheepse snelheid minder dan 0.0001 m/s per tijdsstap verandert. Volgende resultaten zijn hierbij van belang:

- de uiteindelijke vaarsnelheid;
- de snelheid die bereikt wordt na het afleggen van 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 scheepslengtes.

8.3.2 Draaicirkelproeven

Het schip vaart in regime met een constante langsscheepse snelheid. Op een welbepaald ogenblik wordt een roeruitslag gegeven. Hierdoor zal het schip uiteindelijk een cirkelvormige baan beschrijven. De afgelegde draaicirkel is afhankelijk van de motorinstelling en de roeruitslag. Relevante output is (zie Figuur 8.1):

- de *advance*: dit is de afstand, gemeten volgens de oorspronkelijke koers van het schip, afgelegd tussen het ogenblik waarop de roerhoek ingesteld werd en het ogenblik waarop de koerswijziging van het schip 90° bedraagt;
- de *transfer*: dit is de afstand, gemeten loodrecht op de oorspronkelijke koers van het schip, afgelegd tussen het ogenblik waarop de roerhoek ingesteld werd en het ogenblik waarop de koerswijziging van het schip 90° bedraagt;
- de *tactische diameter*: dit is de afstand, gemeten loodrecht op de oorspronkelijke koers van het schip, afgelegd tussen het ogenblik waarop de roerhoek ingesteld werd en het ogenblik waarop de koerswijziging van het schip 180° bedraagt;
- de *straal van de draaicirkel*: de straal van de draaicirkel die door het schip beschreven wordt wanneer de regimetoestand ingetreden is;
- de *drifthoek* tijdens de regimetoestand;
- de *uiteindelijke voorwaartse snelheid*.

8.3.3 Spiraalmanoeuvre

Het spiraalmanoeuvre wordt als volgt uitgevoerd:

- Het schip wordt met een vooraf bepaalde snelheid gedurende één minuut in een rechte koers gehouden. Voor het verdere verloop van het manoeuvre worden de propulsieparameters ongewijzigd gehouden;
- Een roeruitslag van 20° SB wordt gegeven en aangehouden totdat een constante giersnelheid bekomen wordt. Deze giersnelheid wordt circa één minuut aangehouden;
- De roerhoek wordt met 5° verminderd tot een nieuwe constante waarde voor de giersnelheid bekomen wordt. Opnieuw wordt deze één minuut constant gehouden;
- Dit proces wordt verscheidene malen herhaald voor verschillende roerhoeken, gaande van grote waarden SB naar grote waarden BB en terug.

Het uiteindelijke traject dat door het schip wordt afgelegd is spiraalvormig. Men bekomt een verband tussen roerhoek en giersnelheid dat al dan niet eenduidig is. Bij koersstabiele schepen is het verband eenduidig. Daar het schip, in dit project steeds vrij koersstabiel is, loont het minder de moeite om spiraalproeven uit te voeren. Het uitvoeren van draaicirkelproeven met verschillende roerhoeken geeft eveneens een idee hoe de giersnelheid in functie van de roerhoek verloopt. Daarom zal deze laatste methode gebruikt worden.

8.3.4 Zigzagmanoeuvre

Een δ/ψ zigzagmanoeuvre verloopt als volgt:

- Het schip vaart in regime. Op een welbepaald ogenblik wordt er een roerhoek δ ingesteld. Het schip zal een koerswijziging ondergaan;
- Bedraagt die koerswijziging ψ dan verandert men het roer naar - δ totdat de koerswijziging -ψ bedraagt, waarna het roer opnieuw ingesteld wordt op δ, enz.

Relevante output van dit manoeuvre is (zie Figuur 8.2):

- De *eerste en tweede doorzwaaihoek (overshoot angle)*: dit is de hoek waarover het schip verder zwaait na het veranderen van de roerhoek;
- De *doorzwaaibreedte (overshoot width)*: dit is de zijdelingse afstand dat het schip verder aflegt na het veranderen van de roerhoek;
- De tijd nodig om de koershoek ψ te bereiken na het instellen van de roerhoek δ.

δ/ψ kunnen verschillende waarden aannemen. De meest uitgevoerde zigzagproeven zijn echter 20/20 en 10/10.

8.3.5 Stopproef

8.3.5.1 Overzicht

Er bestaan twee types:

- Bij een eerste type vaart het schip initieel voorwaarts met constante snelheid. Op een bepaald ogenblik wordt het commando “vol achteruit” gegeven.
- Bij een tweede type vaart het schip initieel achteruit met een constante snelheid en wordt het commando “vol vooruit” gegeven.

In beide gevallen spreekt men van een crash-stop.

Het traject afgelegd tijdens een stopproef wordt gekenmerkt door (zie figuur 8.3):

- De *head reach*: dit is de afstand tussen het punt waarop het “vol achteruit”-, respectievelijk “vol vooruit”-commando werd gegeven en de positie waar het schip tot stilstand komt, gemeten volgens de richting van de oorspronkelijke koers;
- De *lateral deviation*: afstand tussen het punt waarop het “vol achteruit”-, respectievelijk “vol vooruit”-commando werd gegeven en de positie waar het schip tot stilstand komt, gemeten loodrecht op de richting van de oorspronkelijke koers;
- De *track reach*: lengte van de afgelegde weg tussen het punt waarop het “vol achteruit”-, respectievelijk “vol vooruit”-commando werd gegeven en de positie waar het schip tot stilstand komt.

8.3.5.2 Motorkeuze

Bij een stopproef zal de schroef in eerste instantie moeten vertragen om dan bij een minimum schroeftoerental de scheepsmotor om te stellen. De manier waarop de schroef vertraagt of versnelt hangt nauw samen met het type motor dat het schip bezit, meer bepaald van het motorkoppel en wel via de vergelijking:

$$2\pi I_{PP} \dot{n} = Q_M - Q_S \qquad (8.2)$$

In deze vergelijking is:

- I_{PP}: polair traagheidsmoment van de schroef;
- $\dot{n}$: versnelling van het schroeftoerental;
- Q_M: koppel geleverd door de motor;
- Q_S: koppel waaraan de schroef onderworpen is.

Het schroefkoppel is gemodelleerd met behulp van de uitgevoerde experimenten in de sleeptank, zie 6.4.3. Het motorkoppel is afhankelijk van het type motor. Om het motorkoppel te bepalen werd uitgegaan van het verloop van het maximale koppel van motoren van gelijkaardige containerschepen. Dit motorkoppel werd dan gekalibreerd zodanig dat het verloop van schroeftoerental overeenkomt met werkelijk opgemeten schroeftoerentallen gedurende een proef onder dezelfde condities. Met eventuele omschakeltijden van de motor van vooruitdraaien naar achteruitdraaien, of omgekeerd, werd geen rekening gehouden.

Voor het model van het motorkoppel worden verschillende werkingsgebieden onderscheiden, naargelang de instelling van de telegraaf:

- vooruit gevraagd:
    - De schroef dient te versnellen (bijvoorbeeld van *slow astern* naar *half ahead):*

      ALS ($n < -n_{minimum}$) DAN

      $$Q_M = \alpha B^- |n| \qquad (8.3)$$

      ALS (($n > -n_{minimum}$) EN ($n < n_{minimum}$)) DAN

      $$Q_M = \beta\left(A^+ + B^+ |n|\right) \qquad (8.4)$$

      ALS ($n > n_{minimum}$) DAN

      $$Q_M = \gamma\left(A^+ + B^+ |n|\right) \qquad (8.5)$$

    - De schroef dient te vertragen (bijvoorbeeld van *full ahead* naar *slow ahead*)

      $$Q_M = -\lambda |B^+ n| \qquad (8.6)$$

- stop gevraagd:
    - Stoppen bij achteruitslaan:

      $$Q_M = \lambda |B^- n| \qquad (8.7)$$

- Stoppen bij vooruitslaan:

$$Q_M = -\lambda\left|B^+ n\right| \qquad (8.6)$$

- achteruit gevraagd:

  - De schroef dient te vertragen (bijvoorbeeld van *full astern* naar *slow astern*):

$$Q_M = \lambda\left|B^- n\right| \qquad (8.7)$$

  - De schroef dient te versnellen (bijvoorbeeld van *slow ahead* naar *half astern):*

ALS ($n > n_{minimum}$) DAN

$$Q_M = \alpha B^+ \left|n\right| \qquad (8.8)$$

ALS (($n > -n_{minimum}$) EN ($n < n_{minimum}$)) DAN

$$Q_M = \beta\left(A^- + B^- \left|n\right|\right) \qquad (8.9)$$

ALS ($n < -n_{minimum}$) DAN

$$Q_M = \gamma\left(A^- + B^- \left|n\right|\right) \qquad (8.10)$$

De coëfficiënten A^+, B^+, A^-, B^-, α, β, γ, en λ worden dan bepaald zodat het motorkoppel het werkelijke verloop zo goed mogelijk benadert.

8.3.6 Sleepbootassistentie

Onder sleepbootassistentie wordt verstaan hoe het stilliggende schip (geen schroefwerking en evenmin roerwerking) reageert op het inwerken van sleepboten. Hierbij wordt de sleepboot voorgesteld als een externe kracht van bijvoorbeeld 30 ton. Gezien de real-time manoeuvres met sleepboten van 45 ton verricht zijn, werden er eveneens runs uitgevoerd met deze sleepboten. Verschillende situaties zijn mogelijk:

- 1 sleepboot werkt in op het schip:
  - Ter plaatse van de voorloodlijn (SB of BB);
  - Ter plaatse van de achterloodlijn (SB of BB);
  - In het midden van het schip (SB of BB);

- 2 sleepboten werken in op het schip:
  - 1 op de voorloodlijn (SB of BB) en 1 op de achterloodlijn (BB of SB);
  - 1 op de voorloodlijn (SB of BB) en 1 op de achterloodlijn (SB of BB);

Relevante parameters zijn hier bijvoorbeeld de tijd die nodig is om het schip in regime te krijgen of de tijd om het schip 90° te laten draaien,…

8.3.7 Varen door een bocht (Figuur 8.4)

De opgelegde baan bestaat uit twee lijnstukken verbonden door een cirkelboog die rakend is aan beide lijnstukken. Volgende parameters dienen vooraf gekozen te worden:

- Trajectparameters:
  - Bochtstraal
  - Totale koerswijziging
- Parameters van de autopilot (zie 8.2):
  - tijdsinterval voor aanpassen van de roerhoek: 25 tijdscycli;
  - tijdsinterval voor aanpassen van motortoerental: 50 tijdscycli;
  - vooruitkijktijd: 100 m;
  - snelheidspunten: op begin- en eindpunt van de baan wordt de regimesnelheid opgelegd.

Het relevante resultaat hier is de afwijking van het door het schip gevolgde traject ten opzichte van het opgelegde traject.

8.3.8 Back & Fill-manoeuvre

Er wordt onderscheid gemaakt tussen “Fill First” en “Back First” [6]:

8.3.8.1 Fill First

Het schip vertrekt vanuit stilstand naar slow ahead. Volgende acties worden uitgevoerd:

- Geef een roercommando (35°) hard stuurboord (respectievelijk bakboord);
- Wanneer het schip een koerswijziging van 45° heeft ondergaan wordt de motor op “half astern” gezet;
- Als het schip de nulsnelheid bereikt, wordt het roer omgelegd naar (35°) hard bakboord (respectievelijk stuurboord);
- De test wordt beëindigd wanneer de koerswijziging 90° bedraagt.

8.3.8.2 Back First

Het schip vertrekt vanuit stilstand naar half astern. Volgende acties worden uitgevoerd:

- Geef een roercommando naar 35° bakboord (respectievelijk stuurboord);
- Wanneer het schip een koerswijziging van 45° heeft ondergaan wordt de motor op “slow ahead” gezet;
- Als het schip de nulsnelheid bereikt, wordt het roer omgelegd naar (35°) hard stuurboord (respectievelijk bakboord);
- De test wordt beëindigd wanneer de koerswijziging 90° bedraagt.

Voor de verschillende tests is de volgende output interessant:

- De benodigde tijd om:
    - Een koerswijziging van 45° te bereiken;
    - De tijd om de nulsnelheid te bereiken;
    - De tijd om een koerswijziging van 90° te bereiken.
- De advance en de transfer tot aan de nulsnelheid en tot aan de koerswijziging van 90°;
- De krachten op het schip wanneer het een koerswijziging van 90° heeft ondergaan.

8.3.9 Binnenvaren haven van Zeebrugge

Het binnenvaren van de haven van Zeebrugge werd tijdens de real-time simulaties als moeilijk ervaren, zie ook 9.4, vooral door de aanwezigheid van het stromingspatroon. Eén van de oorzaken is de aanname van een uniforme bodem in het ganse vaargebied tijdens de real-time simulaties. Indien het schip in contact komt met de sliblaag in de haven, zal dit eveneens gelden voor de toegangsgeul, terwijl daar in realiteit een grotere kielspeling voorhanden is. Bij de real-time simulaties was de moeilijkheidsgraad bij het binnenvaren dan ook groter.

Door de moeilijkheden met stroming en de minder goede responsie van het roer, zagen de loodsen zich genoodzaakt om op vol motorvermogen binnen te varen, wat vanzelfsprekend leidde tot een te grote vaarsnelheid binnen de havendammen en moeilijkheden bij het afremmen. Vanwege de belangrijke invloed op het vervolg van het manoeuvre, werden in moeilijke condities de simulatievaarten gestart tussen het oude en het nieuwe havenhoofd. De invloed van stroming in de toegangsgeul wordt dan beoordeeld via fast-time simulaties met een autopilot.

Uit de analyse van de fast-time simulatievaarten is gebleken dat in alle onderzochte condities het schip zonder grote problemen kan binnenvaren. Men mag echter niet uit het oog verliezen dat de autopilot, in tegenstelling tot de loodsen, elke stromingsvector kent, en dus steeds optimaal kan anticiperen. Om de moeilijkheidsgraad van de verschillende condities onderling te kunnen vergelijken, is de benodigde roerkracht dan ook een relevante parameter.

De vaart start telkens 2 km buiten de havengeulen en stopt wanneer het schip ter hoogte van CDNB is. Dit traject komt ongeveer overeen met een baanlengte van 3.2 km (1.7 mijl). De verschillende stromingspatronen kunnen teruggevonden worden in Bijlage 6.

8.3.10 IMO-normen voor diep water

Door de IMO werden er normen opgesteld waaraan de parameters van de standaardmanoeuvres moeten voldoen wanneer er in diep water gevaren wordt (*IMO Standards for Ship Manoeuvrability*). Manoeuvreren in havens gebeurt typisch in ondiep water, maar daar zijn nog geen normen voorhanden. De normen voor diep water zijn in die omstandigheden dan ook louter richtwaarden.

- Wendbaarheid (*turning ability*):
  - de *advance* mag niet groter zijn dan 4.5 scheepslengten;
  - de tactische diameter mag niet groter zijn dan 5 scheepslengten.

- Initiële wendbaarheid (*initial turning ability*):
  - wanneer een roerhoek van 10° naar bakboord of stuurboord wordt opgelegd, dan moet de koers van het schip binnen een afstand van 2.5 scheepslengten met 10° gewijzigd zijn.

- Controle op de gierbeweging en koershouden (*yaw checking and course keeping ability*):
  - de waarde van de eerste doorzwaaihoek (*overshoot angle*) bij een 10°/10° zigzagproef mag niet groter zijn dan:
    - 10°, als L/V < 10 s;
    - 20°, als L/V ≥ 30 s;
    - (5 + 0.5 L/V)°, als 10 s ≤ L/V < 30 s;
  - de waarde van de tweede doorzwaaihoek bij een 10°/10° zigzagproef mag niet groter zijn dan het bovenstaande criterium voor de eerste doorzwaaihoek, vermeerderd met 15°;
  - de waarde van de eerste doorzwaaihoek bij een 20°/20° zigzagproef mag niet groter zijn dan 25°.

- Afremcapaciteit (*stopping ability*):
  - de *track reach* bij een stopproef vol achteruit (*full astern*) mag niet groter zijn dan 15 scheepslengten. Deze waarde mag echter gewijzigd worden door de Administratie indien deze waarde niet haalbaar is voor schepen met een groot deplacement.

De beginsnelheid bedraagt minstens 90% van de snelheid die bereikt wordt bij 85% van de MCR.

Voor de volledigheid worden de definities van de manoeuvreereigenschappen zoals vermeld in MSC Circular 644, die de IMO resolutie toelicht, hier opgenomen:

- *Inherent dynamic stability:*
  - *A ship is dynamically stable on a straight course if it, after a small disturbance, soon will settle on a new straight course without any corrective rudder. The resultant deviation from the original heading will depend on the degree of inherent stability and on the magnitude and duration of the disturbance.*

- *Course-keeping ability:*
  - *The course-keeping quality is a measure of the ability of the steered ship to maintain a straight path in a predetermined course direction without excessive oscillations of rudder or heading. In most cases, reasonable course control is still possible where there exists an inherent dynamic instability of limited magnitude.*

- *Initial turning / course-changing ability:*
  - *The initial turning ability is defined by the change-of-heading response to a moderate helm, in terms of heading deviation per unit distance sailed (the P number) or in terms of the distance covered before realising a certain heading deviation (such as the "time to second execute" demonstrated when entering the zigzag manoeuvre).*

- *Yaw checking ability:*
  - *The yaw checking ability of the ship is a measure of the response to counter-rudder applied in a certain state of turning, such as the heading overshoot reached before the yawing tendency has been cancelled by the counter-rudder in a standard zigzag manoeuvre.*

- *Turning ability:*
  - *Turning ability is the measure of the ability to turn the ship using hard-over rudder. The result being a minimum "advance at 90° change of heading" and "tactical diameter" defined by the "transfer at 180° change of heading". Analysis of the final turning diameter is of additional interest.*

- *Stopping ability:*
  - *Stopping ability is measured by the "track reach" and "time to dead in water" realised in a stop engine-full astern manoeuvre performed after a steady approach at full test speed. Lateral deviations are also of interest, but they are very sensitive to initial conditions and wind disturbances.*

8.4 Resultaten

8.4.1 Versnellingsproeven

De resultaten van de versnellingsproeven bij motorstand op harbour full ahead en half ahead kunnen teruggevonden worden op Figuren 8.5a-8.5b en 8.6a-8.6b:

- Wanneer het schip in contact komt met de sliblaag zal de snelheid tot drie maal lager liggen dan die boven vaste bodem. De invloed van de samenstelling van de sliblaag op de snelheid is het grootst wanneer het schip net in contact komt met het slib, waarbij de behaalde snelheid groter zal zijn bij de lichtere slibsoorten. De tendens bij half is dezelfde als bij full, maar de snelheden liggen uiteraard lager.
- Bij de kleinere kielspelingen is de eindsnelheid soms al na 0.1 scheepslengte bereikt. Nadat het schip een halve scheepslengte afgelegd heeft zal enkel nog bij de grotere beproefde kielspelingen de snelheid verder toenemen.

De resultaten van de versnellingsproeven bij motorstand op full astern en half astern kunnen teruggevonden worden op Figuren 8.5c-8.5d en 8.6c-8.6d:

- Is er geen contact tussen schip en sliblaag dan blijft de behaalde snelheid min of meer constant in functie van de kielspeling. Voor de zwaardere slibsoorten G en H blijkt die snelheid toe te nemen bij afnemende kielspeling. Uit 6.4.5 blijkt dat het zoggetal in dit gebied kleiner was voor de zwaardere slibsoorten, een kleinere

fractie van de stuwkracht effectief ten goede komt aan de voortstuwing van het schip;
- Komt het schip in contact met de sliblaag dan zal de behaalde snelheid gevoelig dalen.
- Opnieuw zal de eindsnelheid bij de kleinste kielspelingen op een korte afstand bereikt worden.

De afstand die het schip gedurende de versnellingsproef aflegt hangt natuurlijk nauw samen met de behaalde snelheid en de tijdsduur. De snelheid die het schip haalt na x scheepslengtes staat afgebeeld op Figuur 8.7 voor de voorwaartse versnellingsproeven en op Figuur 8.8 voor de achterwaartse versnellingsproeven:

- Boven een vaste bodem wordt bij voorwaartse versnellingsproeven de grootste afstand afgelegd alvorens de eindsnelheid te bereiken;
- Boven de lichtere sliblagen wordt sneller een hogere snelheid bereikt dan boven vaste bodem;
- Wanneer het schip diep in contact vaart met de sliblaag wordt reeds zeer snel de eindsnelheid bereikt.

8.4.2 Draaicirkelproeven

8.4.2.1 Evolutie van de karakteristieke parameters van de draaicirkels

Op Figuren 8.9 tot en met 8.13 kunnen enkele karakteristieke parameters van de draaicirkels, uitgevoerd bij verschillende roerhoeken en motorstand op harbour full (66 rpm), teruggevonden worden:

- Zowel de advance, transfer, tactische diameter als de diameter na 270° draaien van de draaicirkel nemen toe met afnemende kielspeling en bereiken meestal een maximum net voor het schip contact maakt met de sliblaag.
- Komt het schip in contact met de sliblaag, dan neemt de grootte van de draaicirkel opnieuw af. Voor de zwaarste slibsoorten wordt de draaicirkel dan zelfs kleiner dan boven de vaste bodem.
- De benodigde tijd voor het uitvoeren van de draaicirkel verloopt voor positieve kielspelingen gelijkaardig aan de grootte van de draaicirkel. Van zodra het schip contact maakt met de sliblaag zal de benodigde tijd ongeveer constant blijven. Gelet op de evolutie van de grootte van de draaicirkel kan men stellen dat in zwaar slib de draaicirkel ongeveer dezelfde grootte heeft als boven vaste bodem, maar het duurt dubbel zo lang om die draaicirkel uit te voeren;
- Een bijkomend punt is dat de draaicirkel uitgevoerd met een roeruitslag naar bakboord doorgaans kleiner is dan die met een zelfde roeruitslag naar stuurboord.

Het verschil tussen stuur- en bakboord is te wijten aan het feit dat de asymmetrie van de schroef een grotere invloed zal hebben bij een draaicirkel naar stuurboord (zie 6.4.6.2). De verschillen tussen stuurboord en bakboord nemen toe naarmate het schroeftoerental toeneemt.

Wanneer het schip met een kleine positieve kielspeling boven top slib vaart, zal de aanstroming van schroef en roer het meest verstoord worden door de rijzing van de interface, wat de grotere diameter van de draaicirkel in deze gevallen kan verklaren.

8.4.2.2 Variatie van de drifthoek

Het verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek is voor enkele vaaromgevingen terug te vinden op Figuren 8.14a tot en met 8.14h:

- In de meeste gevallen neemt de drifthoek het tegengestelde teken aan van de roerhoek. De boeg van het schip is met andere woorden naar het middelpunt van het schip gericht;
- Wanneer het schip in een zware slibomgeving vaart dan is de drifthoek klein en vrij constant voor een roeruitslag naar stuurboord. De drifthoek is significant kleiner dan boven een vaste bodem.
- Wanneer het schip in een draaicirkel naar SB in contact komt met een dikke sliblaag, dan zal de drifthoek hetzelfde teken aannemen van de roerhoek wanneer de draaicirkel uitgevoerd wordt met een hoog schroeftoerental. Vergelijk 8.14d (66 rpm) met 8.14e (88 rpm). De boeg van het schip is dan weg van het middelpunt van de draaicirkel gericht.

Opnieuw speelt hier de asymmetriekracht een rol. Die asymmetriekracht neemt toe met toenemend schroeftoerental en zorgt voor een verkleining van de drifthoek en voor een draaicirkel naar SB zelfs voor een tekenwissel.

8.4.2.3 Variatie van de giersnelheid

Op de Figuren 8.15a tot en met 8.15l is het verloop van de giersnelheid, de eindsnelheid en de verhouding eindsnelheid-beginsnelheid uitgezet in functie van de roerhoek voor verschillende vaaromgevingen:

- Aangezien het schip rechte-lijnstabiliteit bezit in elke omgeving, nemen de giersnelheid en de roerhoek een tegengesteld teken aan. Wanneer het schip boven een sliblaag vaart is de giersnelheid beduidend groter boven een vaste bodem. Hoe groter de kielspeling hoe groter de giersnelheid.
- De eindsnelheid zal afnemen door met toenemende roerhoek. Dit is te wijten aan de toegenomen weerstand ten gevolge van de roerwerking.

8.4.2.4 Invloed van de vaaromgeving op de draaicirkels

Bovenstaande bevindingen kunnen verklaard worden aan de hand van de asymmetrie ten gevolge van de schroefwerking (Y_P) en de aanstroming van de schroef en het roer (w_P en w_R):

- De verschillen tussen een draaicirkel naar stuurboord en een naar bakboord nemen toe met afnemende kielspeling. De verschillen tussen Y_P voor een drift- en/of gierbeweging naar stuurboord en naar bakboord nemen eveneens toe naarmate de kielspeling afneemt. Het evenwicht tussen Y_P en Y_H wordt bij draaicirkels naar SB dan ook bereikt bij kleinere drifthoeken.
- De draaicirkel bereikt meestal een maximale grootte wanneer het schip net niet in contact komt met de sliblaag. Dit is in overeenstemming met de grotere volgstroomgetallen die optreden in dit gebied, zie bijvoorbeeld Figuren 6.21a tot en met 6.21d.

- Een bijkomende factor is dat door de toegenomen vaartweerstand de schroefbelasting significant zal toenemen wanneer het schip in contact komt met de sliblaag. Die toegenomen schroefbelasting werkt de asymmetrie in de hand.

8.4.3 Zigzagproeven

Op Figuren 8.16 tot en met 8.24 kunnen enkele karakteristieke parameters van de zigzagproeven, uitgevoerd bij verschillende roerhoeken en motorstand op harbour full (66 rpm), teruggevonden worden:

- De periode van de zigzagbeweging blijkt toe te nemen met afnemende kielspeling.
- De weg die het schip moet afleggen alvorens de eerste koerswijziging te bereiken is analoog aan het verloop van een draaicirkel naar bakboord. De afstand zal maximaal zijn wanneer het schip net geen contact maakt met de sliblaag. Eenmaal het schip in contact komt met het slib zal de afgelegde weg tot de eerste koerswijziging klein zijn, maar de tijd die daarvoor nodig is, is wel relatief groot;
- De afgelegde weg tussen de 1^{ste} koerswijziging en de maximale koers ligt iets lager dan de afgelegde weg tussen de 2^{de} koerswijziging en de maximale koers. De tijd tussen de 1^{ste} koerswijziging en de maximale koers echter is wel veel groter dan de tijd tussen de 2^{de} koerswijziging en de maximale koers. Dit is zowel terug te vinden bij 10/10 als bij 20/20.
- De overshoot is groter boven een vaste bodem, maar neemt sterk af met afnemende kielspeling. In een slibomgeving neemt de overshoot zeer licht af met afnemende kielspeling, maar blijkt een minimum te bereiken daar waar het schip net niet in contact komt met de sliblaag.

Reeksen waarbij het schip net niet in contact komt met de sliblaag vereisen een grotere afstand om de zigzagproef af te leggen, maar worden gekenmerkt door een kleinere overshoot vergeleken met de reeksen boven vaste bodem. Wel ligt boven vaste bodem de snelheid die het schip haalt aanzienlijk hoger, wat een toename van de overshoot bewerkstelligt.

Met een modellering van het verband tussen giersnelheid en roerhoek volgens Nomoto kunnen deze resultaten verder geïnterpreteerd worden:

$$T'\dot{r}' + r' = K'\,\delta$$

waarbij T en K respectievelijk de tijdsconstante en de versterking voorstellen.

$$K = \frac{\text{roeractie}}{\text{demping}}$$

$$T = \frac{\text{inertie}}{\text{demping}}$$

De doorzwaaihoeken zijn evenredig met het product KT van beide grootheden [8]. Indien de doorzwaaihoek klein is, betekent dit dat de demping van het schip groot is. Vaart het schip net boven het slib dan is het belang van de dempingskrachten blijkbaar het grootst. Vaart het schip in het slib, dan zal het wendbaarder zijn dan wan-

neer het net boven het slib vaart: draaicirkels en zigzagbewegingen zullen kleiner zijn, maar in dit geval neemt de vaartweerstand snel toe, en ligt de vaarsnelheid beduidend lager voor een zelfde motorvermogen, zodat de manoeuvres uiteindelijk ook een langere tijd vergen. Bij bewegingen naar stuurboord is het verschil tussen in het slib en net boven het slib minder uitgesproken, vooral wanneer het lichtere slibsoorten betreft.

8.4.4 Stopproeven

Op Figuren 8.25 en 8.26 kunnen enkele karakteristieke parameters van de stopproeven, uitgevoerd bij motorstand op half, teruggevonden worden.

8.4.4.1 Crash-stop bij vooruitvaren, vertrekkende van half ahead

Uit Figuren 8.25a en 8.25b blijkt dat de stoptijd en de afgelegde weg afnemen met afnemende kielspeling. Dit is toe te schrijven aan de initiële snelheid bij half ahead die eveneens afneemt met afnemende kielspeling, zie Figuur 8.6b. Het is opvallend dat zelfs bij relatief grote positieve kielspelingen de aanwezigheid van een sliblaag een belangrijke rol speelt: bij lichtere slibsoorten wordt de stopafstand beduidend langer, bij zwaardere slibsoorten korter.

Ten gevolge van de asymmetrie en de oscillaties die geïnduceerd worden door de schroefwerking tijdens het stopmanoeuvre, zal het schip onderworpen zijn aan verzet- en gierversnellingen, waardoor het uiteindelijk van zijn oorspronkelijk rechte koers zal afwijken.

Figuur 8.25c toont de absolute afwijking van het schip loodrecht op zijn oorspronkelijke koers. De transfer neemt af met afnemende kielspeling en blijkt een minimum te bereiken voor kleine positieve kielspelingen om daarna weer lichtjes toe te nemen.

De koerswijziging die het schip ondergaat is weergegeven op Figuur 8.25d. De koerswijziging ligt voor de meeste reeksen rond de 15°. Enkel voor de zwaardere slibsoorten is er een significante afname van de koerswijziging eenmaal het schip in contact treedt met de sliblaag.

8.4.4.2 Crash-stop bij achteruit varen, vertrekkende van half astern

De stoptijd en de afgelegde weg bereiken een maximum bij kleine positieve kielspelingen boven top slib, zie Figuren 8.26a en 8.26b Dit is opnieuw in overeenstemming met het verloop van de initiële snelheid bij half astern, zie Figuur 8.6d.

De laterale afwijkingen van de oorspronkelijk rechte baan, Figuur 8.26c, kunnen vrij grote waarden aannemen bij kleine positieve kielspelingen t.o.v. top slib, dit in tegenstelling met wat gevonden werd bij een crash-stop vooruit.

De koerswijziging bij crashstops achteruit is echter opmerkelijk kleiner dan bij crashstops vooruit, zie Figuur 8.26d. Enkel bij de grootste kielspeling boven vaste bodem ondergaat het schip een significante koerswijziging.

8.4.4 Sleepbootassistentie

8.4.5.1 Inleiding

Het is algemeen gekend dat het met een zeeschip moeilijk tot onmogelijk is scherpe bochten te nemen, zeker bij lage snelheden. Dit zal eveneens blijken in 8.4.6. De aanwezigheid van een slibbodem verhoogt die moeilijkheidsgraad. Schepen moeten in havens manoeuvres uitvoeren die veel bochtenwerk vereisen. Om de manoeuvres te vergemakkelijken of mogelijk te maken wordt daarom gebruik gemaakt van sleepboten.

In deze paragraaf wordt het effect van een sleepboot nagegaan op een aanvankelijk stilliggend containerschip zonder eigen controles (geen schroefwerking, geen roerwerking). Twee veel voorkomende manoeuvres worden geanalyseerd:

- **Zwaaibeweging**, bv. hulp bij het uitvoeren van moeilijke bochten;
- **Laterale beweging**, bv. hulp bij het aanmeren.

Oorspronkelijk werden de manoeuvres uitgevoerd met twee sleepboten van 30 ton bollard pull. Aangezien de real-time simulaties uitgevoerd werden met twee sleepboten van 45 ton, is besloten van de fast-time simulaties eveneens met deze externe krachtwerking uit te voeren.

8.4.5.2 Sleepbootassistentie bij het zwaaien

Resultaten

Het uitvoeren van de zwaaibeweging kan gebeuren met één sleepboot die ter plaatse van de achterloodlijn duwt om naar stuurboord te zwaaien, zie Figuur 8.27, of met één sleepboot die ter plaatse van de voorloodlijn duwt om naar bakboord te zwaaien, zie Figuur 8.28. De zwaaibeweging kan gemakkelijker gebeuren met behulp van twee sleepboten die ter plaatse van de voorloodlijn en ter plaatse van de achterloodlijn werken. Dit wordt geïllustreerd op Figuur 8.29.

Belangrijke parameters hierbij zijn de benodigde tijd om het schip 90° te laten zwaaien en de weg die door het schip is afgelegd.

De tijd die nodig is om het schip 90° te doen zwaaien is voorgesteld op Figuren 8.30a tot en met 8.30c:

- De benodigde tijd voor de zwaaibeweging naar BB en die naar SB is ongeveer dezelfde;
- De verschillen tussen beide rompkrachten is te wijten aan de niet perfecte langssymmetrie van de scheepsromp. Bij een zwaaibeweging naar SB is er een duidelijke invloed van de kielspeling. Bij afnemende kielspeling zal de beweging meer tijd in beslag nemen.
- Voor zowel het zwaaien naar BB als het zwaaien naar SB geldt dat de beweging langer duurt naarmate de sliblaag dikker en zwaarder wordt.

Bij het gebruik van twee sleepboten zal er een tijdswinst geboekt wordt. Die tijdswinst staat afgebeeld op Figuur 8.31. De gemiddelde tijdswinst bedraagt 70%. Die winst is variabel van reeks tot reeks, maar doorgaans zal de grootste tijdswinst geboekt worden wanneer de scheepskiel zich dicht (-10% tot +10% kielspeling t.o.v. top slib) bij de interface water-slib bevindt.

De benodigde tijd om het schip 180° te laten zwaaien met twee sleepboten is ongeveer gelijk aan de benodigde tijd om het schip met één sleepboot 90° te doen zwaaien, zie Figuur 8.32.

Door het aangrijpen van de kracht ten gevolge van de sleepbo(o)t(en) zal het schip een gierbeweging ondergaan, die, door de aanwezigheid van koppeltermen in de bewegingsvergelijkingen, aanleiding geven tot langse en dwarse snelheden. Daardoor zal het schip niet rond zijn oorspronkelijke positie gieren, maar een welbepaalde weg afleggen in de x-richting en de y-richting van de sleepboot, respectievelijk in de dwarsrichting en de langsrichting van het geassisteerde schip.

8.4.5.3 Sleepbootassistentie bij zijdelingse verplaatsingen

De zijdelingse verplaatsing van een schip kan gebeuren met de assistentie van één sleepboot die midscheeps inwerkt, zie Figuur 8.33, of met behulp van twee sleepboten, één ter hoogte van de voorloodlijn en één ter hoogte van de achterloodlijn, zoals getoond op Figuur 8.34. De berekeningen zijn verricht voor een transversale verplaatsing over een afstand van één scheepsbreedte. Interessante informatie is de benodigde tijd om die verplaatsing uit te voeren. Opnieuw zal het schip door toedoen van koppeltermen in de bewegingsvergelijkingen eveneens een verplaatsing in langse richting en een verdraaiing ondergaan.

De tijd die nodig is om de verplaatsing uit te voeren is gegeven op Figuren 8.35a en 8.35b. De duur van het manoeuvre neemt toe naarmate de kielspeling afneemt en de sliblaag zwaarder wordt. Voor sommige omgevingen is er een piek wanneer het schip net niet in contact komt met de sliblaag. Uit Figuur 8.36 blijkt dat bij het gebruik van twee sleepboten er een tijdswinst van 40% geboekt kan worden.

Deze berekeningen zijn van toepassing op een stilliggend schip dat bijvoorbeeld zijdelings gepositioneerd moet worden om een dok of een sluis binnen te varen. Voor het aanmeren moet er nog rekening gehouden worden met de effecten van het water tussen de kaai en het schip, wat de duur van het manoeuvre zal verlengen.

8.4.6 Varen door een bocht

8.4.6.1 Inleiding

De invloed van de vaaromgeving wordt geanalyseerd voor de volgende bochten:

- Bochten van 15°, 30°, 45°, 60° en 75°, zowel naar stuurboord als naar bakboord;
- Kromtestralen van 500 m, 1000 m en 1500 m;
- Motorinstellingen “harbour full”, “half” en “slow”.

De wijze waarop het schip nog goed door de bocht komt, wordt begroot door middel van de maximale afwijking dy ten opzichte van de opgelegde weg.

8.4.6.2 Invloed van kromtestraal en motorinstelling

Het is duidelijk dat hoe scherper de bocht hoe moeilijker het zal zijn voor het schip om die zonder al te grote problemen te nemen. Niet enkel de hoek van de bocht maar eveneens de kromtestraal speelt hierin een rol. Op Figuren 8.37a tot en met 8.37d is de invloed van de kromtestraal bekeken in functie van de omgeving. Een negatieve kromtestraal wordt gedefinieerd voor een bocht naar bakboord. Volgende kanttekeningen kunnen hierbij gemaakt worden:

- De maximale afwijkingen zijn groter voor een bocht naar stuurboord;
- Het is duidelijk hoe de afwijkingen toenemen naarmate de kromtestraal afneemt;

De invloed van de motorinstelling blijkt uit Figuren 8.38a tot en met 8.38d:

- De afwijkingen nemen toe met toenemend schroeftoerental. Dit komt doordat de vaarsnelheid van het schip toeneemt, wat het voor het schip moeilijker maakt het opgelegde traject te volgen.
- De maximale afwijkingen zijn opnieuw groter voor een bocht naar stuurboord.

Wanneer het schip “full” vaart wordt zijn roer goed aangestroomd en is de roereffectiviteit groot, de snelheid van het schip ligt echter eveneens hoog, zodat de kans groter is dat het schip uit de bocht gaat. Wordt echter op “slow” gevaren dan zal de autopilot tijd genoeg hebben om te reageren, maar de roereffectiviteit is veel kleiner, zodat het schip minder goed zal reageren. Bij een welbepaalde tussenliggende motorinstelling zal de afwijking daarom het kleinst zijn.

Daarenboven zullen de situaties waar het schip scherpere bochten moet nemen zich voordoen in havens en toegangsgeulen, daar waar de snelheid al lager zal liggen. Bij “slow” vermindert niet alleen de roereffectiviteit maar ook de asymmetriekracht Y_P, die, zoals al bleek, vooral belangrijk is in contact met de sliblaag. Die kracht zal wegvallen in “slow”, zodat dit een verklaring is waarom de afwijkingen kleiner zijn.

8.4.6.3 Invloed van de scherpte van de bocht

Op Figuren 8.39 tot en met 8.43 zijn de maximale afwijkingen ten opzichte van de opgelegde baan gegeven voor verschillende bochten en voor de verschillende vaaromgevingen. Hierbij kunnen de volgende kanttekeningen gemaakt worden:

- De afwijkingen nemen vanzelfsprekend toe met toenemende scherpte van de bocht.
- Een bocht van 15° wordt steeds vrij goed gevolgd, zelfs bij de kleinste kromtestraal is de maximale afwijking van de grootteorde van de scheepsbreedte. Er is quasi geen verschil tussen een bocht naar bakboord of naar stuurboord. De afwijkingen verkleinen met afnemende kielspeling.
- Bij een bocht van 30° is er wel al een duidelijk verschil tussen bakboord en stuurboord. Bij een bocht naar bakboord zijn de afwijkingen van dezelfde grootteorde als bij een bocht van 15°, behalve bij zeer kleine positieve kielspelingen

kunnen er grotere afwijkingen zijn. Bij een bocht naar stuurboord nemen de afwijkingen snel toe naarmate de kielspeling afneemt om een maximum te bereiken wanneer de kiel van het schip zich dicht bij de interface bevindt.
- Bij een bocht van 45° naar bakboord zijn de afwijkingen voor de grootste kielspelingen boven vaste bodem en wanneer contact gemaakt wordt met de sliblaag nog steeds van de grootteorde van één scheepsbreedte. Tussen -7% en 20% kunnen er echter significant grotere afwijkingen optreden. Voor een bocht naar stuurboord gelden dezelfde opmerkingen als voor een bocht van 30°.
- Voor een bocht van 60° gelden naar BB en naar SB dezelfde opmerkingen als voor een bocht van 45°.
- Bij een groot aantal bochten van 75° naar SB kan de autopilot reeds voor een aantal vaaromgevingen de baan niet meer volgen.

Wat verstaan wordt onder het feit dat de autopilot de baan niet kan volgen wordt geïllustreerd op Figuren 8.44a en 8.44b. De kostenfunctie van de autopilot berekent dat het gemakkelijker is bij een bocht naar SB om een omweg te maken en zo de bocht als een bocht naar BB aan te snijden.

De bovenstaande bemerkingen vertonen veel gelijkenissen met de resultaten van de draaicirkels. De verschillen tussen bakboord en stuurboord kunnen opnieuw verklaard worden door de asymmetrie die opgewekt wordt door de rechtsdraaiende schroef.

8.4.6.4 Gevolgd traject van het schip gedurende het nemen van een bocht

Veronderstellingen

Met behulp van de fast-time simulaties kan gekeken worden hoe het schip welbepaalde bochten kan nemen. Hierbij dienen wel de volgende veronderstellingen in acht genomen te worden:

- Het schip vaart vrij, er zijn geen sleepboten die de beweging helpen;
- De invloed van stroming, golfslag, wind, e.d. is niet in rekening gebracht. Dergelijke fenomenen zullen zeker een invloed hebben op de manier waarop het schip door de bocht komt.

Het is dus enkel de bedoeling om de invloed van de vaaromgeving te illustreren. Op de figuren wordt enkel de opgelegde baan naar stuurboord getoond. De resultaten van een bocht naar bakboord worden gespiegeld weergegeven.

Bocht van 15°

Uit 8.4.6.3 bleek al dat het schip een bocht van 15° zonder al te veel problemen kan nemen. Op Figuren 8.45a en 8.45b zijn de meest kritische situaties voorgesteld. Het schip moet de bocht nemen met een kromtestraal van 500 m.

De grootste afwijkingen zijn dicht bij het snijpunt van de raaklijn aan de oorspronkelijke koers met die van de nieuwe koers. Het schip kan deze bocht vanzelfsprekend eveneens nemen bij grotere kromtestralen, zodat een bocht van 15° voor geen enkele vaaromgeving een probleem oplevert.

Bocht van 30°

De resultaten voor een bocht naar BB, staan op Figuren 8.46a tot en met 8.46d. De bocht is ruim genomen met een kromtestraal van 1500 m en het nemen van de bocht blijkt voor geen grote problemen te zorgen in eender welke omgeving.

De situatie is wel wanneer de bocht naar SB genomen wordt. Die situatie is geschetst op Figuren 8.47a tot en met 8.47d. Boven een vaste bodem kan het schip nog zonder al te grote problemen de bocht nemen. Maar boven een slibbodem worden de afwijkingen gevoelig groter.

8.4.7 Back & Fill – manoeuvres

8.4.7.1 Opmerkingen

Bij de koers die door het schip wordt afgelegd tijdens een back & fill manoeuvre spelen veel parameters een rol. Het is moeilijk gebleken om de resultaten van deze proeven te vergelijken. Een belangrijke oorzaak hierbij is dat in sommige condities het schip, dat het manoeuvre begint met gieren in BB-richting, zal stoppen wanneer het een koerswijziging van 90° naar BB ondergaan heeft ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Indien tijdens het manoeuvre het schip echter in de andere richting begint te gieren, zal het manoeuvre pas stoppen wanneer het schip een koerswijziging van 90° SB bereikt heeft. In dit laatste geval zal het manoeuvre vanzelfsprekend meer tijd in beslag nemen, zodat een ondubbelzinnige vergelijking tussen de verschillende reeksen moeilijk is. In wat volgt wordt enkel gekeken naar de tijdsduur van het manoeuvre, opgesplitst als volgt:

- De benodigde tijd om een koerswijziging van 45° te ondergaan;
- De extra tijd om de nulsnelheid te bereiken;
- De extra tijd om een koerswijziging van 90° te bereiken;

De eerste tijd is een maat voor de tijdsduur van het uitvoeren van een draaicirkel, zowel voorwaarts (fill first) als achterwaarts (back first). De tweede tijd is een maat voor een crash-stop, zowel voorwaarts (fill first) als achterwaarts (achterwaarts). De derde tijd is opnieuw een maat voor de tijdsduur van het uitvoeren van een draaicirkel, zowel voorwaarts (back first) als achterwaarts (fill first), maar is afhankelijk van het al dan niet wijzigen van het teken van de giersnelheid.

8.4.7.2 Fill first

Figuur 8.48a tot en met 8.48c geeft de verschillende tijdsintervallen weer wanneer de proef start met een roeruitslag naar BB. Bij het starten met een roeruitslag naar SB zijn de tijdsintervallen als weergegeven op Figuur 8.49a tot en met 8.49c:

- De benodigde tijd om een koerswijziging van 45° te ondergaan neemt toe met afnemende kielspeling. Bij een roeruitslag naar BB zal er echter een maximum bereikt worden wanneer er net geen contact gemaakt wordt met de sliblaag. Dit is in overeenstemming met de resultaten van de draaicirkelproeven;

- De afremtijd is min of meer constant wanneer er geen contact is tussen schip en sliblaag, maar neemt gevoelig af eenmaal er contact is. Dit is te wijten aan de lagere snelheden die gehaald worden in deze condities;
- De resultaten voor een koerswijziging lopen sterk uiteen. Toch kan men grosso modo zeggen dat het manoeuvre het langst zal duren wanneer er net geen contact gemaakt wordt met de sliblaag. Starten met een roeruitslag naar BB duurt in de laatste fase (roeruitslag naar SB) gemiddeld langer. Dit komt omdat bij alle reeksen, uitgezonderd één, de giersnelheid van teken wisselt. Roerwerking naar stuurboord is dus duidelijk minder effectief. Opnieuw speelt de rechtshandige schroef hierin een belangrijke rol. Wordt er gestart met een roeruitslag naar SB, dan zal in de laatste fase ca. 20% van de reeksen een tekenwissel ondergaan op de giersnelheid, waarvan slechts één reeks waarbij er in contact met de sliblaag gevaren wordt.

8.4.7.3 Back first

Resultaten voor de back first proeven worden afgebeeld op de Figuren 8.50 en 8.51 waarbij er respectievelijk met een roeruitslag naar BB en naar SB gestart wordt:

- Bij sommige reeksen kan de benodigde tijd om een koerswijziging van 45° te bereiken significant oplopen wanneer het schip net geen, of net wel contact maakt met de sliblaag. Voor de overige reeksen geldt hetzelfde als bij de first proeven. De tijd neemt toe naarmate de kielspeling afneemt, maar blijkt bij een roeruitslag naar BB een maximum te bereiken wanneer het schip net geen contact maakt met de sliblaag. Bewegingen naar SB nemen opnieuw meer tijd in beslag;
- Globaal neemt de afremtijd af met afnemende kielspeling, maar het blijkt duidelijk dat wanneer het schip net boven de sliblaag vaart er een grotere tijd nodig is om af te remmen. Dit staat in relatie met de iets hogere achterwaartse snelheden die in deze condities gehaald worden;
- Starten met een roeruitslag naar BB geeft in de laatste fase opnieuw voor alle reeksen, uitgezonderd één een wijziging van het teken van de giersnelheid. Voor een start met een roeruitslag naar SB treedt er ook een tekenwissel van de giersnelheid op, uitgezonderd voor de reeksen boven vaste bodem. De tijdsduur van de laatste fase van het manoeuvre varieert sterk van reeks tot reeks.

8.4.8 Binnenvaren haven van Zeebrugge

De baan die door het schip afgelegd wordt in de verschillende condities is opgenomen in Bijlage 12.

8.4.8.1 Binnenvaren om 5h40 voor hoog water (springtij)

Bij de meeste vaarten in real-time wordt er binnengevaren bij dit getij. Zoals blijkt uit Bijlage 6 is bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid ca. 1.5 kn in WZW-richting. Het grootste probleem doet zich voor bij het naderen van de nieuwe havenhoofden. Het voorschip is dan al vrij van stroming, terwijl op het achterschip nog de volledige stroming aangrijpt. Door dit moment krijgt het schip een giersnelheid naar BB, dat gecompenseerd moet worden door een roeruitslag naar SB. Dit punt doet zich voor op

ca. 1 mijl van de vertrekpositie van het schip. Zoals blijkt uit Figuur 8.52 is de roeruitslag daar maximaal:

- Boven vaste bodem is er nog reserve op de roerkracht, bij 10% kielspeling (PC) is de koerstabiliteit wel minder, gezien de fluctuaties van de roeruitwijking;
- Komt het schip in contact met de sliblaag, dan is er geen reserve op de roerkracht, het roer blijft gedurende lange tijd op hard stuurboord, die tijd neemt toe naarmate de dikte van de sliblaag toeneemt, zie RZ en TN op Figuur 8.52b;
- Vaart het schip net boven de sliblaag, Figuur 8.52c, is er bij de lichtere slibsoorten zeker nog reserve. De stabiliteit is echter laag, gezien de frequentie waarmee de roerhoek gewijzigd wordt.

Het verloop van de schroefwerking gedurende het traject kan teruggevonden worden op Figuur 8.53:

- Boven vaste bodem heeft het schip minder propulsie nodig om een redelijke snelheid te halen, bij PC (10% kielspeling boven vaste bodem) dient de propulsie wel opgedreven worden om een betere roerwerking te krijgen bij het naderen van de havenhoofden;
- Vaart het schip echter door de sliblaag, is steeds het volle vermogen (harbour full) nodig voor het behalen van de snelheid;
- Varen boven een sliblaag kan met minder vermogen, maar opnieuw is meer vermogen nodig voor het ronden van de nieuwe havenhoofden. Merk op dat het schroeftoerental eveneens sterk fluctueert.

De rate of turn, en de bijhorende afwijkingen van de baan worden getoond op Figuren 8.54 tot en met 8.56. De grootste afwijkingen treden op net na de havenhoofden. Toch is, zoals eerder vermeld, de deviatie relatief klein, en kan het schip zonder problemen binnengeraken, al dan niet met frequente aanpassingen van schroef en roer.

Ter herinnering: in werkelijkheid kent een loods, in tegenstelling tot de gebruikte autopilot, het exacte stromingsbeeld niet, noch de exacte reacties van het schip bij een welbepaalde roerhoek en schroeftoerental en zullen de roer- en schroefwerking niet optimaal ingesteld wordt, zodat het binnenvaren in slibcondities problematisch kan zijn.

8.4.8.2 Binnenvaren op andere tijdsstippen

4h00 voor hoog water (springtij)

Uit Bijlage 6 blijkt dat deze stromingsconditie veel gematigder is ten opzichte van de vorige, met een maximale snelheid van 1.1 kn. Uit Figuur 8.57 blijkt dan ook logischerwijze dat er op alle onderdelen voldoende reserve is; enkel wanneer het schip in contact treedt met zwaar slib (RA, slib G, 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib), is het manoeuvre problematisch. Ondanks het volledige gebruik van de roer- en schroefwerking, treedt er een afwijking op van meer dan 1.5 keer de scheepsbreedte.

4h00 na hoog water (springtij)

In deze omstandigheden staat er een vrij zware stroming met snelheden die kunnen oplopen tot 2.8 kn. Ondanks deze zware stroming is er boven een vaste bodem nog voldoende reserve op schroef- en roerwerking, zie Figuur 8.58. Boven een sliblaag zullen schroef en roer echter lange tijd op hun maximale capaciteit werken, die niet toereikend is, aangezien het schip 1.5 scheepsbreedte van de baan afwijkt, wat echter nog voldoende is om veilig binnen te varen.

2h00 na hoogwater (springtij)

Dit is een matige stroming, met snelheden in de grootte-orde 1 kn. De stroming is nu echter NNO gericht. Bij het binnenvaren moet ze dan ook gecompenseerd worden door een roeruitslag naar bakboord. De fluctuerende roerhoek en het schroeftoerental volstaan boven een vaste bodem, zie Figuur 8.57. De capaciteit is minder toereikend in een slibrijke omgeving.

9 REAL-TIME SIMULATIES

9.1 Inleiding

Met behulp van de ontwikkelde wiskundige manoeuvreermodellen dienen simulaties uitgevoerd te worden, met als uiteindelijk doel operationele grenzen vast te leggen in functie van de sliblaagkarakteristieken en de kielspeling. Een eerste evaluatie gebeurde aan de hand van fast-time simulaties, waarbij de controle van het schip zuiver softwarematig gebeurt. Voor de ultieme validatie van de ontwikkelde modellen en de beoordeling van de controleerbaarheid van het schip is de inbreng van de kustloodsen onontbeerlijk, en werden er real-time simulaties uitgevoerd.

Tijdens een vergadering op 20 februari 2004 met een afvaardiging van DAB Loodswezen, AWZ (Afdeling Maritieme Toegang, Afdeling WLH), TV Noordzee en Kust en UGent (Afdeling Maritieme Techniek) werden de krachtlijnen van het real-time simulatieprogramma vastgelegd. Op 31 maart en 5 april 2004 werd de modellering op de simulator in diverse situaties geëvalueerd door de projectverantwoordelijke voor DABL en werd het programma bijgestuurd.

9.2 Doelstellingen van het simulatieprogramma

Het uiteindelijke doel van de studie bestaat erin operationele grenzen voor de doorvaarbaarheid van het slib vast te leggen. Meer specifiek moet aandacht besteed worden aan diverse aspecten, waarmee telkens een deelprogramma van de simulatorstudie overeenkomt:

1. **Validatie van de wiskundige modellen**: wordt het gedrag van het schip op een realistische wijze weergegeven tijdens de simulaties? Om dit aspect te beoordelen, moeten simulaties uitgevoerd worden

    a. Boven vaste bodem;
    b. Boven slibbodems met gereduceerde kielspeling, in overeenstemming met historische situaties.

2. **Bepalen van de grenzen van de controleerbaarheid**: volgens de PIANC-definitie van de nautische bodem leidt contact tussen de scheepskiel en de nautische bodem tot onaanvaardbaar gedrag op het gebied van controleerbaarheid. Om hierover een uitspraak te kunnen doen, dienen manoeuvres uitgevoerd met schepen die net in contact komen met diverse sliblagen gekenmerkt door hogere waarden van densiteit en viscositeit.

3. **Evalueren van de doorvaarbaarheid van sliblagen**: Indien beslist wordt om de nautische bodem te bepalen aan de hand van een densiteithorizon groter dan 1.15 t/m^3, dan zal de scheepskiel mogelijks in contact komen met sliblagen met lagere densiteit en viscositeit. De haalbaarheid van manoeuvres in dergelijke situaties dient eveneens geëvalueerd te worden.

9.3 Condities

9.3.1 Schip

De real-time simulaties werden uitsluitend uitgevoerd met een containerschip, gebaseerd op scheepsmodel D. Met dit scheepstype zijn de meeste modelproeven uitgevoerd, en bovendien is voor de haven van Zeebrugge de toegankelijkheid voor containerschepen strategisch belangrijker. De hoofdafmetingen zijn terug te vinden in Bijlage 4.

Het schip is niet voorzien van een boegschroef, daar over de invloed van slib op de werking van boegschroeven niets bekend is.

9.3.2 Manoeuvres

Bij de keuze van de te simuleren manoeuvres waren volgende aandachtspunten van belang:

- De manoeuvres moeten realistisch en van praktisch belang zijn, zodat terugkoppeling naar de ervaring mogelijk is.
- Tijdens de manoeuvres moeten zoveel mogelijk "hydrodynamische condities" aan bod komen: het bereik van snelheden (positief/negatief), schroeftoerentallen (positief/negatief), drifthoeken, giersnelheden, … en combinaties hiervan moet voldoende ruim zijn.

Als basis kan simulatoronderzoek Mod. 741-1 (*Haven van Zeebrugge, OCHZ Terminal, Simulaties containervaart*) genomen worden, uitgevoerd in de periode 15.09.2003 – 01.10.2003. Na overleg tijdens de vergadering van 20.02.2004 werden volgende manoeuvres voorgesteld:

(1) Opvaart vooruit naar kaai 205, met varianten naargelang van:
- Startpositie:
  - Boei Zand (ca 8 knoop)
  - CDNB (ca 5 knoop)
- Einde manoeuvre:
  (i) met aanmeren
  (ii) zonder aanmeren

(2) Opvaart vooruit en zwaaien voor de OCHZ-terminal, achteruit varen tot kaai 205:
- Startpositie:
  - Boei Zand (ca 8 knoop)
  - CDNB (ca 5 knoop)
- Einde manoeuvre: zonder aanmeren
  (i) met aanmeren
  (ii) zonder aanmeren

(3) Afvaart vooruit:
- Startpositie: Schip bakboord afgemeerd aan kaai 205, vrij (ca. 10 m) van de kaai

- Einde manoeuvre: buiten havendammen

(4) Opvaart naar FCT:
- Startpositie: boei Zand (snelheid ca. 6 knoop)
- Einde manoeuvre: stoppen vóór LNG-dam

9.3.3 Bodemcondities en waterstand

Tijdens elke simulatierun werd slechts met één bodemconditie gewerkt; er werd dus ondersteld dat over het volledige traject dezelfde bodemkarakteristieken geldig zijn.

Naast proevenreeksen uitgevoerd boven vaste bodem, werd het proevenprogramma uitgevoerd boven zeven soorten kunstmatig slib, met eigenschappen weergegeven in Figuur 3.1.

Sliblaagdiktes en kielspelingen werden als volgt geselecteerd:

- Boven vaste bodem werden 4 kielspelingen beproefd;
- Met slibsoorten G, H, B, C en D werden telkens 10 combinaties van laagdikte en kielspeling beproefd;
- Met slibsoorten E en F werden telkens slechts 4 condities beproefd, bij een sliblaagdikte van 1.50 m.

Het was onmogelijk, en ook niet wenselijk, bij alle beproefde condities real-time simulaties uit te voeren. De condities dienden geselecteerd te worden in functie van de doelstellingen van het simulatieprogramma, zie paragraaf 9.2. De uiteindelijk geselecteerde reeksen waren de volgende:

9.3.3.1 Validatie van de wiskundige modellen

A. Boven vaste bodem:

Tabel 9.1. Real-time simulaties: runs boven vaste bodem.

waterdiepte $h_1^{(N)}$ (m)	**14.85**	**15.53**	**17.05**	**17.83**
UKC (m)	**1.35**	**2.03**	**3.55**	**4.33**
UKC (%T)	**10.0**	**15.0**	**26.3**	**32.0**

B. Boven slibbodems:

- slibsoorten C (1150 kg/m³) en/of D (1100 kg/m³):

Tabel 9.2. Real-time simulaties: runs boven slibsoorten C en D.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$	14.85 m		**15.53 m**		**17.05 m**		17.83 m		
UKC t.o.v. vaste bodem	1.35 m	10.0 %	**2.03 m**	**15.0 %**	**3.55 m**	**26.3 %**	4.33 m	32.0 %	
UKC t.o.v. top slib	0.60 m	4.4 %	**1.28 m**	**9.4 %**	-	-	-	-	**$h_2^{(N)}$ = 0.75 m**
	-0.15 m	-1.1 %	0.53 m	3.9 %	2.05 m	15.2 %	2.83 m	20.9 %	$h_2^{(N)}$ = 1.50 m
	-1.65 m	-12.2 %	-0.98 m	-7.2 %	**0.55 m**	**4.1 %**	1.33 m	9.8 %	**$h_2^{(N)}$ = 3.00 m**

- slibsoorten B (1180 kg/m³) en/of F (1215 kg/m³):

Tabel 9.3. Real-time simulaties: runs boven slibsoorten B en F.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$	14.85 m		**15.53 m**		17.05 m		17.83 m		
UKC t.o.v. vaste bodem	1.35 m	10.0 %	**2.03 m**	**15.0 %**	3.55 m	26.3 %	4.33 m	32.0 %	
UKC t.o.v. top slib	0.60 m	4.4 %	1.28 m	9.4 %	-	-	-	-	$h_2^{(N)}$ = 0.75 m
	-0.15 m	-1.1 %	**0.53 m**	**3.9 %**	2.05 m	15.2 %	2.83 m	20.9 %	**$h_2^{(N)}$ = 1.50 m**
	-1.65 m	-12.2 %	-0.98 m	-7.2 %	0.55 m	4.1 %	1.33 m	9.8 %	$h_2^{(N)}$ = 3.00 m

9.3.3.2 Evaluatie van controleerbaarheid van het schip bij contact met de nautische bodem: slibbodems E, F, G, H, B, C

Tabel 9.4. Real-time simulaties: runs bij contact met de verschillende nautische bodems.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$	**14.85 m**		15.53 m		17.05 m		17.83 m		
UKC t.o.v. vaste bodem	**1.35 m**	**10.0 %**	2.03 m	15.0 %	3.55 m	26.3 %	4.33 m	32.0 %	
UKC t.o.v. top slib	0.60 m	4.4 %	1.28 m	9.4 %	-	-	-	-	$h_2^{(N)}$ = 0.75 m
	-0.15 m	**-1.1 %**	0.53 m	3.9 %	2.05 m	15.2 %	2.83 m	20.9 %	**$h_2^{(N)}$ = 1.50 m**
	-1.65 m	-12.2 %	-0.98 m	-7.2 %	0.55 m	4.1 %	1.33 m	9.8 %	$h_2^{(N)}$ = 3.00 m

9.3.3.3 Evaluatie van doorvaarbaarheid van het slib

- slibbodems D, C, B:

Tabel 9.5. Real-time simulaties: runs voor de evaluatie van de doorvaarbaarheid van de slibbodems B, C en D.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$	**14.85 m**		**15.53 m**		17.05 m		17.83 m		
UKC t.o.v. vaste bodem	**1.35 m**	**10.0 %**	**2.03 m**	**15.0 %**	3.55 m	26.3 %	4.33 m	32.0 %	
UKC t.o.v. top slib	0.60 m	4.4 %	1.28 m	9.4 %	-	-	-	-	$h_2^{(N)}$ = 0.75 m
	-0.15 m	-1.1 %	0.53 m	3.9 %	2.05 m	15.2 %	2.83 m	20.9 %	$h_2^{(N)}$ = 1.50 m
	-1.65 m	**-12.2%**	**-0.98 m**	**-7.2 %**	0.55 m	4.1 %	1.33 m	9.8 %	**$h_2^{(N)}$ = 3.00 m**

- slibbodems H, G:

Tabel 9.6. Real-time simulaties: runs voor de evaluatie van de doorvaarbaarheid van de slibbodems G en H.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$	14.85 m		**15.53 m**		17.05 m		17.83 m		
UKC t.o.v. vaste bodem	1.35 m	10.0 %	**2.03 m**	**15.0 %**	3.55 m	26.3 %	4.33 m	32.0 %	
UKC t.o.v. top slib	0.60 m	4.4 %	1.28 m	9.4 %	-	-	-	-	$h_2^{(N)}$ = 0.75 m
	-0.15 m	-1.1 %	0.53 m	3.9 %	2.05 m	15.2 %	2.83 m	20.9 %	$h_2^{(N)}$ = 1.50 m
	-1.65 m	-12.2%	**-0.98 m**	**-7.2 %**	0.55 m	4.1 %	1.33 m	9.8 %	**$h_2^{(N)}$ = 3.00 m**

9.3.4 Stroming

Vooral voor de vaarten die zich uitstrekken tot de Pas van het Zand is de invoer van een realistisch stromingspatroon in de simulatoromgeving van belang, zowel voor

binnen- als voor buitenvaren. Afhankelijk van het tijdstip van het getij kan het manoeuvre binnen de havendammen echter ook beïnvloed worden door de stroming.

Indien men uitgaat van de streefdiepte in de haven, nl. H (GLLWS) –15 m, en men onderstelt dat de vaste bodem tijdens de modelproeven gelijkgesteld kan worden aan de nautische bodem, dan bekomt men volgend verband tussen de totale hoogte van water- en sliblagen en het tijdstip van het getij, met bijhorende maximale stroomsnelheden in de Pas van het Zand:

Tabel 9.7. Verband tussen de totale hoogte van water- en sliblagen en het tijdsstip van het getij.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m)	Waterstand t.o.v. H (m)	Tijdstip van het getij (gemiddeld springtij)		Maximale stroomsnelheid (kn)	
		Vóór HW	Na HW	Vóór HW	Na HW
14.85	<-0.35>	<5:54>	<6:24>	2.3 (5:58)	2.3 (6:20)
15.53	<+0.33>	<5:54>	<6:24>	2.3 (5:58)	2.3 (6:20)
17.05	+1.85	3:10	4:10	0.6 (3:00)	2.8 (4:00)
17.83	+2.63	2:05	3:20	2.1 (2:00)	1.1 (3:00)

In kolommen 2, 3 en 4 betekent een getal tussen "< >" dat de situatie bij gemiddeld springtij niet voorkomt; voor het bepalen van de stroming wordt de situatie bij laagwater genomen. In kolommen 5 en 6 wordt het werkelijke tijdstip van het getij tussen haakjes weergegeven; gegevens i.v.m. stroming zijn immers slechts voor discrete tijdstippen beschikbaar [7].

In Tabel 9.8 zijn de tijdstippen weergegeven waarop een waterstand wordt bereikt die 1 m hoger is dan de totale diepte tot de vaste bodem, eveneens met bijhorende maximale stroomsnelheden; dit laat toe een stromingsconditie te selecteren met grotere snelheden, die in de toekomst zou kunnen optreden wanneer containerschepen met een grotere diepgang de haven wensen aan te doen. Vaarten bij dergelijke stromingscondities zijn enkel zinvol voor groep II en III (zie 9.3.2).

Tabel 9.8. Tijdsstippen waarop een waterstand bereikt wordt die 1 m hoger is dan de totale diepte tot de vaste bodem.

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m)	Waterstand t.o.v. H + 1 m (m)	Tijdstip van het getij (gemiddeld springtij)		Maximale stroomsnelheid (kn)	
		Vóór HW	Na HW	Vóór HW	Na HW
14.85	+0.65	5:30	5:50	1.7 (5:40)	2.5 (6:00)
15.53	+1.33	4:10	4:50	1.1 (4:00)	2.6 (4:40)
17.05	+2.85	1:55	3:10	2.1 (2:00)	1.1 (3:00)
17.83	+3.63	1:25	2:20	3.1 (1:20)	1.3 (2:00)

Stromingsgegevens werden bijgevolg in de simulator ingevoerd voor volgende tijdstippen van het getij (gemiddeld springtij):

- 5:40 h vóór HW
- 4:00 h vóór HW
- 3:00 h vóór HW
- 2:00 h vóór HW
- 3:00 h na HW
- 4:00 h na HW
- 4:40 h na HW

- 6:00 h na HW
- 6:20 h na HW

9.3.5 Windcondities

Als windconditie werd 4 Beaufort ZW ingesteld, wat een veel voorkomende, niet al te extreme windconditie is. Dit verhoogt het realisme, zonder de manoeuvres nodeloos te bemoeilijken. Enkele manoeuvres werden eveneens bij 7 Beaufort W en 6 Beaufort O uitgevoerd.

9.3.6 Sleepbootassistentie

Er werden 4 sleepboten van 45 ton met troslengte 50 meter ter beschikking gesteld. Enkele vaarten zijn uitgevoerd met sleepboten van 60 ton.

9.4 Eerste evaluatie – Uiteindelijk programma

De periode 25.03.04 – 01.04.04 werd besteed aan testen en validatie, met een eerste test- en overlegsessie met DABL, vertegenwoordigd door P. Van Wezemael, op 31.03.2004. Een beperkt aantal testvaarten werd eveneens uitgevoerd op 05.04.2004. Deze testvaarten kregen nummer 001 tot en met 017.

De belangrijkste conclusies van deze evaluatie kunnen als volgt samengevat worden:

- Het binnenvaren met dwarsstroming tot 2.3 knoop en geringe kielspeling (15%) wordt moeilijker ervaren dan in werkelijkheid; om voldoende controlekracht vanwege het roer te verkrijgen, moet teveel vermogen op de schroef worden gezet, zodat de snelheid bij het binnenvaren van de havendammen te groot is. Ook bij 26% kielspeling wordt het binnenvaren moeilijker geacht dan in de realiteit. Een verhoging van de roerkrachten met 20% leidt tot veel realistischer resultaten.
- Het manoeuvreren bij lage snelheid met sleepbootassistentie binnen de havendammen wordt als realistisch ervaren.

Op basis van deze bevindingen werd beslist de experimenteel bepaalde roerkrachten met 20% te verhogen. Dit komt overeen met een zelfde proportionele toename van het roeroppervlak.

In de periode 19 april – 29 april 2004 werden, op basis van paragraaf 3, volgende vaarten uitgevoerd:

Tabel 9.9. Uitgevoerde real-time simulaties van 19 april tot en met 29 april 2004.

Dag/opmerkingen	vaart	groep	reeks	tij	manoeuvre
Maandag 19 april 2004	Naut018	IA	PD	200 VHW	1
	Naut019	IB	TE	540 VHW	2
	Naut020	IB	TE	540 VHW	3
	Naut021	IB	TE	540 VHW	4
	Naut022	II	PL	540 VHW	2
	Naut023	II	PL	620 NHW	3
	Naut024	III	TW	400 VHW	2

Dag/opmerkingen	vaart	groep	reeks	tij	manoeuvre
	Naut025	III	TW	620 NHW	3
Dinsdag 20 april 2004	Naut026	IA	PD	300 NHW	4
	Naut027	IB	TP	540 VHW	2
	Naut028	IB	TP	540 VHW	3
	Naut032	IB	TP	540 VHW	4
	Naut030	II	PQ	540 VHW	2
	Naut033	III	RA	400 VHW	2
	Naut029	III	RA	620 NHW	3
Woensdag 21 april 2004	Naut035	IA	PC	540 VHW	1
	Naut036	IB	TL	400 NHW	2
	Naut037	IB	TL	400 NHW	3
	Naut038[6]	*II*	*PQ*	*620 NHW*	*3*
	Naut039	III	TM	400 VHW	2
	Naut041	III	TM	620 NHW	3
	Naut040	*IB*	*TP*	*540 VHW*	*1*
	Naut043	*IB*	*TP*	*540 VHW*	*3*
Donderdag 22 april 2004	*Naut044*	*IA*	*PD*	*200 VHW*	*1*
	Naut045	IB	TL	200 VHW	1
	Naut046	IB	TL	300 VHW	4
	Naut047	II	PZ	540 VHW	2
	Naut048	II	PZ	620 NHW	3
	Naut049	*III*	*TM*	*400 VHW*	*2*
	Naut050	III	RY	400 VHW	2
	Naut051	III	RY	620 NHW	3
Maandag 26 april 2004	Naut052	IA	PA	300 VHW	1
	Naut053	IB	PP	540 VHW	2
	Naut054	IB	PP	540 VHW	3
	Naut056	II	RX	540 VHW	2
	Naut057	II	RX	620 NHW	3
	Naut058	III	TX	540 VHW	2
	Naut059	III	TX	620 NHW	3
	Naut060	*IB*	*TL*	*200 VHW*	*1*
	Naut061	*III*	*TM*	*620 NHW*	*3*
Dinsdag 27 april 2004	Naut062	IA	PA	400 NHW	1
	Naut063	IB	RW	540 VHW	2
	Naut064	IB	RW	540 VHW	3
	Naut066	II	RK	540 VHW	2
	Naut067	II	RK	620 NHW	3
	Naut065	IB	PP	540 VHW	1
	Naut068	III	TN	540 VHW	2
	Naut069	III	TN	620 NHW	3
Woensdag 28 april 2004	Naut070	IA	PB	540 VHW	1
	Naut071	IB	TY	400 NHW	2
	Naut074	IB	TY	400 NHW	3
	Naut075	X	TI	540 VHW	2

[6] Cursief gedrukte vaarten zijn herhaalde vaarten, omwille van crash of onzekerheid van het resultaat.

Dag/opmerkingen	vaart	groep	reeks	tij	manoeuvre
	Naut076	X	TI	620 NHW	3
	Naut077	IB	RW	540 VHW	1
	Naut078	III	RZ	540 VHW	2
	Naut079	III	RZ	620 NHW	3
Donderdag 29 april 2004	Naut080	X	PO	540 VHW	2
	Naut081	X	PO	620 NHW	3
60 ton sleepboten	**Naut082**	**III**	**TM**	**400 VHW**	**2**
60 ton sleepboten	**Naut083**	**III**	**TM**	**620 NHW**	**3**
W7BF	**Naut085**	**II**	**PQ**	**540 VHW**	**2**
W7BF	**Naut087**	**II**	**PQ**	**620 NHW**	**3**
O6BF	**Naut088**	**II**	**PQ**	**620 NHW**	**3**

Na iedere vaart dienden de loodsen een enquêteformulier in te vullen. Een blanco exemplaar is opgenomen in Bijlage 7.

9.5 Kwalitatieve beoordeling

Een eerste analyse werd uitgevoerd aan de hand van de commentaren op elke simulatierun geleverd door de loods die het manoeuvre heeft uitgevoerd. De commentaren kunnen teruggevonden worden in Bijlage 8. De vaarbaanplotten en de tijdsverlopen van de krachten zijn opgenomen in Bijlage 9 en 10.

9.5.1 Realisme van de simulaties

In vak H van het enquêteformulier konden de loodsen hun mening geven over de kwaliteit van de simulator. Een samenvatting van de resultaten is gegeven op Figuur 9.1. Het is duidelijk dat de loodsen de simulaties realistisch vonden. Er werd eenmaal onvoldoende toegekend voor het scheepsgedrag en sleepbootassistentie. Deze score werd toegekend nadat de vaart beëindigd werd na botsing van het schip met de golfbreker. Bij een tweede uitvoering van deze vaart werd het scheepsgedrag goed bevonden.

9.5.2 Globale moeilijkheidsgraad van de manoeuvres

De antwoorden uit vakken A en B geven een idee van de moeilijkheidsgraad van de vaart. De globale beoordeling per reeks kan in de onderstaande tabel teruggevonden worden:

Tabel 9.10. Moeilijkheidsgraad van de manoeuvres op basis van een kwalitatieve beoordeling door de loodsen.

Reeks	Resultaat	Moeilijkheidsgraad	Veilig	Opmerkingen
PA	lukt goed	normaal	OK	300 VHW, 400 NHW
PB	lukt	normaal	OK	540 VHW
PC	lukt net	meer dan normaal	*≈ OK*	540 VHW
PD	lukt goed	normaal	OK	200 VHW
TE	lukt	meer dan normaal	OK	300 NHW, 540 VHW
PP	lukt net	moeilijk	**NOK**	540 VHW
TP	lukt net	meer dan normaal	*≈ OK*	540 VHW

Reeks	Resultaat	Moeilijkheidsgraad	Veilig	Opmerkingen
RW	lukt net	meer dan normaal	≈ *OK*	540 VHW
TL	lukt net	meer dan normaal	≈ *OK*	200 VHW, 400 NHW
TY	lukt	normaal	OK	400 NHW
PL	lukt net	moeilijk	**NOK**	540 VHW, 620 NHW
PQ	lukt net	meer dan normaal	≈ *OK*	540 VHW, 620 NHW
PQ	lukt net	meer dan normaal	≈ *OK*	Idem, W7BF
PQ	lukt net	moeilijk	**NOK**	Idem, O6BF
PZ	lukt net	moeilijk	**NOK**	540 VHW, 620 NHW
RX	lukt	meer dan normaal	OK	540 VHW, 620 NHW
RK	lukt net	meer dan normaal	≈ *OK*	540 VHW, 620 NHW
RA	kans op incidenten	riskant	**NOK**	400 VHW, 620 NHW
RY	lukt	meer dan normaal	OK	400 VHW, 620 NHW
TI	lukt	normaal	OK	540 VHW, 620 NHW
RZ	kans op incidenten	moeilijk	**NOK**	540 VHW, 620 NHW
TM	kans op incidenten	moeilijk	**NOK**	400 VHW, 620 NHW
TM	lukt	normaal	OK	Idem, 60 ton sleepboten
TW	lukt	meer dan normaal	OK	400 VHW, 620 NHW
TN	kans op incidenten	moeilijk	**NOK**	540 VHW, 620 NHW
TX	lukt	normaal	OK	540 VHW, 620 NHW
PO	lukt	normaal	OK	540 VHW

Figuur 9.2 geeft de resultaten visueel weer. Op basis hiervan kan men stellen dat:

- Contact met een sliblaag met een densiteit hoger dan 1.2 ton/m³ leidt steeds tot problematische situaties (PZ, PL, RA);
- Contact met lichtere sliblagen wordt problematisch vanaf dat de diepgang 7% onder top slib komt te zitten (TM[7], TN, RZ);
- Wanneer het schip met een kleine positieve kielspeling boven top slib vaart is er een toename van de moeilijkheidsgraad, zonder dat die de uitvoerbaarheid in het gedrang brengt (RW, TL, TP). Dezelfde moeilijkheidsgraad ondervindt men wanneer men slechts 10% kielspeling heeft boven een harde bodem (PC).

Gelet op de definitie van nautische bodem, namelijk dat contact met de nautische bodem tot onaanvaardbaar scheepsgedrag leidt, komt deze, op basis van Figuur 9.2, op 1.2 ton/m³ te liggen. Net zoals bij een vaste bodem, is een behoud van 10% kielspeling boven de nautische bodem noodzakelijk. Net varen boven top slib brengt steeds een toename van de moeilijkheidsgraad met zich, onder andere door verstoring van de schroef- en roerwerking ten gevolge van de rijzing van de interface.

[7] De vaart van TM werd hernomen met twee sleepboten van 60 ton. In dit geval is de uitvoerbaarheid normaal, ook al is het volle vermogen van 60 ton quasi niet gebruikt. Zoals de loodsen in commentaar schreven is het vooral een probleem van reserve: wat als er één van de trossen breekt?

Een bijkomend probleem is de doorvaarbaarheid van de sliblaag. Een kielspeling van -7% in slib van 1.15 ton/m³ leidt tot een riskante situatie, dit stemt overeen met een kiel die al 1 m diep in slib van 1.15 ton/m³ zit. Op basis van de densiteitsprikken van 29/06/2004 blijkt dat die situatie zich met schip D nu niet voordoet.

Naast de positie van de nautische bodem is de positie van top slib dus eveneens belangrijk:

- Omdat bij kleine positieve kielspelingen boven top slib de manoeuvreerbaarheid van het schip moeilijker wordt;
- Omdat een dikke sliblaag, met andere woorden een grotere afstand tussen de nautische bodem en top slib, de kans op contact van meer dan 7% kielspeling met een sliblaag van 1.15 ton/m³ en zwaarder toeneemt.

Dit laatste punt maakt een monitoring van de positie van de sliblaag met densiteit 1.15 ton/m³ eveneens interessant.

9.5.3 Moeilijkheidsgraad per manoeuvre

Om een beter inzicht te krijgen met betrekking tot de oorzaken van de moeilijkheid van uitvoeren, kan men de beoordelingen per vaart bekijken. Zo geeft Figuur 9.3 de moeilijkheidsgraad weer van het binnenvaren. De grens van nautische bodem ligt hier ook op 1.2 ton/m³. Voor alle condities boven deze grens kan het schip het manoeuvre zonder al te veel moeilijkheden uitvoeren. PP, PZ en RA zouden de loodsen niet willen uitvoeren in de haven van Zeebrugge, want:

- Bij PP is er onstabiel gedrag, er moet constant roer gegeven worden;
- Bij PZ en RA is er te weinig power van de sleepboten, vooral voor het aanmeren zijn minstens drie, liefst vier sleepboten nodig.

Voor het buitenvaren, zijn de beoordelingen gegeven op Figuur 9.4. Hier duiken er enkel problemen op wanneer het schip in contact komt met de sliblaag. Voor sliblagen boven 1.2 ton/m³ is het minste contact al problematisch, voor lichtere sliblagen stellen de problemen zich bij meer negatieve kielspelingen ten opzichte van top slib. PL, PZ, RA, RZ, TM en TN zijn niet uitvoerbaar, omdat:

- Bij PL en TM is er te weinig power van de sleepboten, risicovol wanneer er een tros zou breken;
- Bij de overige reeksen is het grootste probleem de snelheidsopbouw om de stroom buiten de haven te kunnen overwinnen. Eveneens is het tijdrovend om het schip van de kaai te krijgen, en misschien onmogelijk met twee sleepboten als de windcondities slechter zijn.

Zowel voor binnen- als voor buitenvaren zijn de belangrijkste redenen om het uitvoeren als moeilijk, maar doenbaar (gele codes) te bestempelen:

- Men heeft de twee sleepboten van 45 ton die ter beschikking gesteld worden zeker en vast nodig; het manoeuvre uitvoeren met minder zou risicovol en dus onuitvoerbaar zijn;

- De stuurbaarheidseigenschappen zijn soms anders, voornamelijk bij het achteruitvaren. Dit is vooral bij kleine positieve kielspelingen ten opzichte van top slib, en zoals al vermeld vermoedelijk te wijten aan de storing van schroef- en roerwerking ten gevolge van de rijzing van de interface water-slib;
- De snelheidsopbouw bij het verlaten van de haven is net genoeg, maar soms zit men op de limiet, zoals bij reeks RK.

De opvaart naar FCT werd slechts voor een paar reeksen uitgevoerd. Het probleem is dat dit manoeuvre sterk beïnvloed wordt door het stromingspatroon buiten de haven. Om een goed effect van het roer te bekomen moest het schroeftoerental opgedreven worden, wat de snelheid van het schip verhoogde, zodat het lastiger was om te stoppen. Het binnenvaren met stroming werd dan ook in fast-time uitgevoerd (zie paragrafen 8.3.9 en 8.4.8). Een autopilot kan dankzij zijn perfecte kennis van de stroming het schip veilig binnenloodsen, maar toch met duidelijk meer moeite boven sliblagen. Het is dan ook aangewezen om weinig te veranderen aan de huidige bodemsituatie in de Pas van het Zand.

9.5.4 Bijkomend commentaar

Op het enquêteformulier is eveneens de mogelijkheid voorzien om bijkomend commentaar te leveren. De meest gehoorde commentaren waren, in volgorde van frequentie:

- Effect van een boegschroef;
- Effect van sleepbootkarakteristieken (vermogen, aantal);
- Effect van de weersomstandigheden.

Een boegschroef werd niet mee opgenomen in de real-time simulaties, daar het effect ervan, in combinatie met slib niet gekend is. Het effect van het vermogen van sleepboten werd op de laatste dag beproefd. Het is logisch dat grotere vermogens het manoeuvre vergemakkelijken. Eveneens werden er proeven uitgevoerd bij zwaardere weersomstandigheden:

- Westenwind, windkracht 7 (W7BF), uitgevoerd bij reeks PQ met 3 sleepboten van 45 ton; het manoeuvre was moeilijk, maar nog steeds uitvoerbaar;
- Oostenwind, windkracht 6 (O6BF), uitgevoerd bij reeks PQ met 2 sleepboten van 45 ton; twee sleepboten zijn zeker te weinig om dit manoeuvre veilig te kunnen uitvoeren.

9.5.5 Voorlopige conclusie

Op basis van de beoordeling van de vaarten door de loodsen kan men stellen dat:

- Een definitie van de nautische bodem op 1.20 ton/m³ mogelijk is;
- Maar er dient rekening gehouden te worden met de dikte van de sliblaag boven die 1.20 ton/m³ door opmeting van de positie van top slib;

Dit laatste punt is vooral belangrijk om volgende redenen:

- Kleine positieve kielspelingen boven top slib leiden tot een ander, maar nog controleerbaar, manoeuvreergedrag;
- Als het schip een te grote negatieve kielspeling heeft (> 1 m) in sliblagen van 1.15 ton/m³ en zwaarder, neemt de moeilijkheidsgraad van het manoeuvre sterk toe.

9.6 Beoordeling op basis van analyse van de simulatieruns

9.6.1 Criteria

Bij het beoordelen van een concrete situatie – waarmee een combinatie van bodemgesteldheid en kielspeling bedoeld wordt – worden de geregistreerde gegevens tijdens de simulatierun getoetst aan een aantal criteria:

- **Snelheid**: is een afvarend schip tijdens runs van het type 3 in staat om op eigen kracht in het CDNB een voorwaartse snelheid te ontwikkelen die voldoende is om de dwarse tijstroming die buiten de havendammen heerst te kunnen compenseren?

- **Koersstabiliteit**: is de koers van een afvarend schip tijdens runs van het type 3 bij het opbouwen van snelheid onder controle te houden zonder extreem gebruik te maken van roer en schroef?

- **Controlekrachten tijdens het manoeuvreren**: volstaan de eigen controlemiddelen (roer en schroef; boegschroef was niet ter beschikking) en de geboden sleepbootassistentie om de verschillende manoeuvres "veilig en vlot" uit te voeren?

9.6.2 Beoordeling op basis van snelheidsopbouw

Voor de haven van Zeebrugge is de snelheid die het schip kan halen belangrijk om de stroming op te vangen bij het buitenvaren van de haven. Een snelheid van 8 knoop of minder is onvoldoende. Een dergelijke situatie werd bij een simulatierun (RZ, -12% ukc, slib 1.18 ton/m³) uitgeprobeerd; bij het buitenvaren van de haven ging het schip hopeloos aan het driften ten gevolge van de stroming.

Een snelheid van 10 knoop wordt beschouwd als een veilige waarde om de stroming te kunnen opvangen; waarden tussen 8 en 10 knoop worden als randgevallen beschouwd.

Voor de verschillende slibtypes wordt de snelheid die bereikt wordt bij het passeren van de havendammen in Figuur 9.5 uitgezet in functie van de verhouding van waterdiepte (boven top slib) tot diepgang. Dit verloop stemt overeen met de snelheid die behaald werd bij harbour full tijdens de fast-time simulaties, zie Figuur 8.5a. Figuur 9.6 geeft aan welke condities op basis van het snelheidscriterium beschouwd kunnen worden als marginaal aanvaardbaar (oranje; tussen 8 en 10 knoop) of onaanvaardbaar (rood; < 8 knoop).

9.6.3 Beoordeling op basis van koersstabiliteit

De koersstabiliteit kan geëvalueerd worden aan de hand van de variatie in het roer- en schroefgebruik tijdens de laatste fase van een afvaart (type 3), wanneer het schip niet meer wordt geassisteerd door sleepboten. Een goede indicator is de standaarddeviatie van de giersnelheid. Als het schip continu met grote amplitudes over en weer giert, dan zal dit een hoge standaarddeviatie opleveren. Figuur 9.7 geeft deze grootheid voor de verschillende bodemcondities weer in functie van de waterdiepte-diepgangverhouding.

Op basis van de commentaar geleverd door de loodsen op de simulatorruns kunnen volgende criteria worden gedefinieerd:

- Een standaarddeviatie van 6°/min of meer werd door de loodsen duidelijk omschreven als een verminderde, als hinderlijk ervaren, koersstabiliteit.
- De twee condities die aanleiding geven tot waarden tussen 5 en 6°/min kunnen beschouwd worden als randgevallen. Eén van deze waarden is te wijten aan de sterke westenwind.

Deze criteria geven aanleiding tot Figuur 9.8.

9.6.4 Beoordeling op basis van sleepbootgebruik

9.6.4.1 Inleiding

Om het schip onder controle te houden, kan de loods een beroep doen op roer en schroef enerzijds, en sleepbootassistentie anderzijds.

Als parameter voor de inzet van de eigen controlemiddelen heeft het niet veel zin enkel de roeruitwijking δ te beschouwen, daar een roeruitwijking zonder bijhorend schroeftoerental n geen significante invloed heeft. Een betere parameter is daarom $|\delta|n^2$, voortaan "roergebruikparameter" genaamd. Deze parameter is voor verschillende schroeftoerentallen voorgesteld op Figuur 9.9. Vanaf een waarde van 30 000 °(rpm)² kan men spreken van een significant roergebruik. In wat volgt zal de term “significant roergebruik” dan ook steeds wijzen op een waarde voor $|\delta|n^2$ van 30 000 °(rpm)² of meer. De effectiviteit van het roer hangt eveneens af van het teken van het schroeftoerental. Een achteruitslaande schroef leidt tot een minder goede aanstroming van het roer en bijgevolg tot een kleinere roerkracht. Hier wordt de nadruk echter gelegd op het gebruik en niet zozeer de effectiviteit. Het gebruik van het roer kan eveneens geëvalueerd worden aan de hand van de dwarskracht die door roerwerking op het schip opgewekt wordt.

De eigen controlekrachten (roer, schroef) en de externe controlekrachten (sleepboten) mogen niet onafhankelijk van elkaar beschouwd worden; het is de totale controlekracht die van belang is om de te leveren "inspanning" voor het volbrengen van een bepaald manoeuvre in te schatten. De absolute grootte van die stuurkracht op zichzelf is echter niet uitsluitend van belang; het is ook belangrijk rekening te houden met de tijdsduur waarin de kracht inwerkt. Voor stuurvariabelen is de belangrijkste maat bijgevolg "**hoe lang hoe hard**": het feit dat de sleepboten gedurende een korte tijdspanne op volle vermogen werken wil niet zeggen dat het manoeuvre niet te doen

is qua reserve, wanneer het manoeuvre ook – zij het langzamer – ook uit te voeren is met wat minder vermogen van de sleepboten. Om hiermee rekening te houden, worden de stuurkrachten en –momenten geïntegreerd over de tijd.

De stuurkrachten en –momenten worden als volgt gedefinieerd:

- Impuls van de stuurkracht: de integraal over de tijd van de dwarse roerkracht (op het schip) en de geleverde kracht van de sleepboten. Deze impuls omvat dus zowel de zijdelingse controlekrachten inwerkend op het schip, als de langsscheepse kracht uitgeoefend door de sleepboten:

$$\sum_i \int S_i dt + \int |Y_R| dt$$

  waarbij S_i de geleverde kracht van sleepboot i voorstelt.

- Impuls van het stuurmoment: de som van het roermoment (op het schip) en het moment veroorzaakt door de sleepboten, beide in het horizontale vlak:

$$\sum_i \int S_i x_i dt + \int |N_R| dt$$

  met x_i het aangrijpingspunt van sleepboot i. $\sum_i S_i x_i$ kan eveneens geschreven worden als N_S, het sleepmoment waaraan het schip onderworpen wordt.

De geleverde krachten S_i van de sleepboten kunnen eveneens opgesplitst worden naar een totale kracht X_S, in langsscheepse richting, en een kracht Y_S, in dwarsscheepse richting, waaraan het schip onderworpen is. Alle overige krachtwerkingen kunnen eveneens geïntegreerd worden over de tijd. Het product van krachten met een tijdsduur is een impuls (maat voor de hoeveelheid van beweging). Het enige nadeel is het ontbreken van dynamische effecten: een grote kracht op een korte tijd heeft een groter effect dan een kleine kracht over een langere tijd, ook al hebben ze dezelfde integraal. De tijdsduur van de manoeuvres verschillen meestal weinig, zodat dit nadeel weinig invloed heeft. Sleepbootgebruik kan opgesplitst worden naar de verschillende deeltrajecten, en eveneens naar een globaal gebruik per vaart.

9.6.4.2 Indeling in trajecten (Figuur 9.9)

Tabel 9.11. Real-time simulaties: indeling in trajecten.

Hoofdtraject	Deeltraject	Omschrijving
1	*Opvaart vooruit naar kaai 205*	
	1	Start tot y=-8200 (tussen nieuw en oud havenhoofd, gemiddelde positie waarop sleepboten aanpikken)
	2	y=-8200 tot koers 160° (vanaf koers 160° wordt de bocht genomen)
	3	koers 160° tot koers 215° (ronden van oud havenhoofd)
	4	koers 215° tot y=-6250 (het schip is ter hoogte van de kaai)
2	*Opvaart vooruit en zwaaien voor de OCHZ-terminal, achteruit varen tot kaai 205*	
	1	Start tot y=-8200 (tussen nieuw en oud havenhoofd, gemiddelde positie waarop sleepboten aanpikken)

Hoofdtraject	Deeltraject	Omschrijving
	2	y=-8200 tot koers 160° (vanaf koers 160° wordt de bocht genomen)
	3	koers 160° tot koers 215° (ronden van oud havenhoofd)
	4	koers 215° tot koers 245° (na bocht tot begin zwaaimanoeuvre)
	5	koers 245° tot koers 5° (zwaaimanoeuvre)
	6	koers 5° tot y=-6250 (het schip is ter hoogte van de kaai)
3	*Afvaart vooruit*	
	1	start tot y = -6250 (het schip is ter hoogte van de kaai)
	2	y = -6250 tot koers = 35° (van kaai tot net voor bocht)
	3	koers = 35° tot y = -7400 (ronden oud havenhoofd tot lossen slepers)
	4	y = -7400 tot y = -9000 (schip vaart haven buiten)
4	*Opvaart naar FCT*	
	1	Start tot y = -8200 (tussen nieuw en oud havenhoofd, gemiddelde positie waarop sleepboten aanpikken)
	2	y = -8200 tot koers = 230° (zwaaimanoeuvre)

9.6.4.3 Afvaart: vertrekken van de kaai (hoofdtraject 3, deeltraject 1)

Het vermogengebruik van de sleepboten tijdens het vertrekken van de kaai is voor de voorste sleepboot voorgesteld op Figuur 9.12 en voor de achterste op Figuur 9.11. De sleepboten worden steeds minstens 20% van de tijd op vol vermogen gebruikt. Enkel bij een westenwind is de vertreksituatie gunstig zodat er minder beroep gedaan wordt op de sleepboten. De ongunstige oostenwind zal echter het uiterste vergen van de achterste sleepboot.

De tijdsduur waarin het roer significant gebruik werd is weergegeven op Figuur 9.13. Tijdens dit manoeuvre wordt weinig of soms bijna geen beroep gedaan op het roer. Uitzonderingen waarbij er meer dan de helft van de tijd beroep gedaan is op het roer zijn 10% kielspeling boven top slib 1.18 en contact met top slib 1.20 onder zware westenwind.

Figuren 9.14 tot en met 9.16 geven de aandelen van de verschillende componenten van de krachten weer. Het aandeel van het effect i wordt als volgt berekend:

$$\frac{\int |F_i| dt}{\int |F_{Hull}| dt + \int |F_{Propeller}| dt + \int |F_{Rudder}| dt + \int |F_{Wind}| dt + \int |F_{Tugs}| dt}$$

Het is duidelijk te zien hoe de wind al snel een belangrijke rol speelt bij 6 à 7 BF. Gezien de aard van het manoeuvre maken de sleepkrachten de helft uit van de totale verzetkracht waaraan het schip onderworpen wordt.

Figuur 9.13 gaf de tijdsduur aan waarin het roer effectief gebruik werd. De gemiddelde effectieve roergebruikparameter $|\delta|n^2$ tijdens de duur van het manoeuvre is weergegeven op Figuur 9.17. Het gemiddelde roergebruik is nooit significant. De sleepboten werden echter meer aangesproken: gemiddeld werd 2/3 van het beschikbare vermogen gebruikt, zoals blijkt uit Figuur 9.18.

De tijdsduur van het manoeuvre neemt min of meer toe naarmate de kielspeling afneemt, maar zoals blijkt uit Figuur 9.19 zijn de grootste verschillen in tijdsduur te wijten aan de wind. Het uitvoeren van het manoeuvre bij sterke oostenwind neemt bijna tweemaal zoveel tijd in beslag als bij sterke westenwind.

Voor de analyse van het vertrek is voornamelijk de stuurimpuls (geïntegreerde dwarskracht) van belang, aangezien de beweging voornamelijk lateraal gebeurt. Figuur 9.20 geeft voor de verschillende bodemtypes deze geïntegreerde dwarskracht weer in functie van de verhouding waterdiepte – diepgang. De aangeduide condities zijn degene waarvan de loodsen vonden dat er geen reserve zat op de slepers. Bij de situatie waarbij de kiel net in contact was met een sliblaag met densiteit 1.20, werd het beschikbare vermogen van de sleepboten als net voldoende geëvalueerd. Dit toont aan dat de stuurimpuls een geschikte parameter is.

Uit voorgaande figuren en ook uit Figuur 9.21 blijkt dat de sturing bij het vertrekken van de kaai voornamelijk gebeurt met behulp van de sleepboten. Het is dan ook interessant om de integraal van Y_S, de dwarse sleepkracht waaraan het schip onderworpen wordt, uit te zetten, zoals op Figuur 9.22. De conclusies zijn analoog.

De simulatieruns werden – op enkele uitzonderingen na – uitgevoerd met de assistentie van 2 sleepboten met een bollard pull van 45 ton. Extrapolaties kunnen gemaakt worden van 2 x 45 ton naar 2 x 60 ton; aangezien het een impuls betreft kan er gewoon lineair verschoven worden. Dit wordt overigens bevestigd door simulaties in conditie TM, die zowel met 2 x 45 als met 2 x 60 ton werden uitgevoerd. De lineaire verschuiving geldt bij kleine roerkrachten, wat bij de meeste reeksen het geval is, omdat de loodsen voornamelijk vertrouwden op de sleepboten. Correcter is de criteria reeks per reeks te controleren. Rekening houdend met het kleine aandeel van de roerkracht in de stuurimpuls, Figuur 9.21, kan de verschuiving hier zonder meer toegepast worden. De algemene conclusies zullen hierdoor echter slechts marginaal beïnvloed worden. Indien het aandeel van de roerkracht significant wordt, kan de extrapolatie naar sleepboten van X ton als volgt gemaakt worden:

$$\text{Limiet}_X = \text{Limiet}_{45}\left(\text{Aandeel}_{\text{roer}} + \frac{x}{45}\text{Aandeel}_{\text{slepers}}\right)$$

Figuren 9.20 en 9.22 leiden tot volgende conclusie:

- Met 2 x 60 ton kunnen alle reeksen uitgevoerd worden met reserve, behalve bij sterke oostenwind;
- Met 2 x 30 ton is voldoende reserve maar gegarandeerd wanneer het schip minstens 5% boven de interface blijft.

Merk opnieuw op dat de invloed van de wind groter is dan de invloed van de vaaromgeving.

9.6.4.4 Afvaart: ronden van het oude havenhoofd. (hoofdtraject 3, deeltraject 3)

Bij dit gedeelte van het manoeuvre worden de sleepboten doorgaans de helft van de tijd op volle vermogen gebruikt, zoals blijkt uit Figuren 9.23 en 9.24. Het roer wordt steeds significant gebruikt, enkel boven de zwaardere sliblagen is het significante roergebruik minder frequent, zie Figuur 9.25. Het gemiddelde roergebruik is bij de meeste reeksen significant te noemen (Figuur 9.29). De aandelen van de verschillende krachtcomponenten kunnen teruggevonden worden op Figuren 9.26 tot en met 9.28.

In tegenstelling tot het vertrekken van de kaai wordt in dit gedeelte van het manoeuvre reeds meer vertrouwd op het eigen roer van het schip. Toch is voornamelijk bij de grotere gesimuleerde kielspelingen het sleepbootgebruik nog vrij intensief, zoals mag blijken uit Figuur 9.30. Zo verwonderlijk is dit ook weer niet, aangezien bij de kleinste kielspelingen de weerstand het grootst is en er veel propulsie kan geleverd worden voor een betere roerwerking zonder daarvoor de snelheid te snel op te drijven.

Het ronden van de kop bij het buitenvaren neemt een 7 à 8 minuten in beslag. Bij de zwaarste sliblagen kan het manoeuvre tot 12 minuten in beslag nemen, zoals te zien is op Figuur 9.31.

Bij het ronden van de kop is voornamelijk het giermoment van belang; het tijdens de simulatieruns ontwikkelde geïntegreerde stuurmoment wordt voor de verschillende condities uitgezet in Figuur 9.32. De runs die door de loodsen als problematisch, vanwege een gebrek aan reserve op de sleepbootassistentie, werden aangeduid, leiden opnieuw tot een grote stuurimpuls. Eén reeks, uitgevoerd met 9% kielspeling boven een sliblaag met densiteit 1.15 t/m³ wordt eveneens als ongunstig beoordeeld, hoewel deze aanleiding geeft tot een beduidend lagere waarde van de impuls. Dit is te verklaren door de het ingezette vermogen van de sleepboten, dat maar liefst gemiddeld 97% bedroeg van het totaal beschikbare vermogen van de sleepboten, vergelijk met Figuur 9.30. Dit leidde echter tot de recordtijd van 6 minuten voor het ronden van de kop (te vergelijken met een maximum van 12 minuten), en dus tot een lage stuurimpuls. Het manoeuvre was wellicht goed uitvoerbaar geweest met een iets minder hevig sleepbootgebruik, zij het in een iets langere tijd.

Op basis daarvan kan men opnieuw de grenzen vastleggen. Opmerkelijk is dat bij contact met 1.15 een grote impuls nodig is, terwijl volgens de commentaar de sleepboten geen probleem vormden.

Om het effect van andere sleepboottypes te kennen moet hier wel degelijk rekening gehouden worden met het roergebruik, zoals ook blijkt uit Figuur 9.33. Het gemiddelde sleepbootgebruik bedraagt een kleine 50% van het stuurmoment. Op basis daarvan kunnen op Figuur 9.32 de grenzen vastgelegd worden voor sleepboten van 60 en van 40 ton:

- Twee slepers van 60 ton kunnen alle manoeuvres probleemloos uitvoeren. Een randgeval is wel de reeks die uitgevoerd is bij –7.2% kielspeling t.o.v. slib 1.15. Het significante roergebruik is er wel lager dan het gemiddelde, zodat de grens ter plaatse van dit punt nog wat opgetrokken kan worden. Daarenboven ligt een herhaling van deze reeks ruimschoots onder de 60 ton limiet.

- Zijn er slechts twee sleepboten van 30 ton beschikbaar dan is het niet aangewezen dit manoeuvre uit te voeren, wanneer het schip in contact komt met de sliblaag. Zelfs al is er geen contact dan kunnen er bij extreem kleine positieve kielspelingen t.o.v. top slib problemen ontstaan.

9.6.4.5 Globale sleepboothulp bij afvaart (hoofdtraject 3, alle deeltrajecten)

Bij de overige deeltrajecten bij het buitenvaren is de sleepbootassistentie minder kritisch. Men kan wel de globale sleepboothulp analyseren over alle deeltrajecten totdat de sleepboten gelost worden.

Uit Figuren 9.34 en 9.35 blijkt dat gedurende het buitenvaren gemiddeld gedurende de helft van de tijd de sleepboten op vol vermogen werken. Het roer zal gemiddeld gedurende 2/3 van de tijd significant werken, maar vooral bij de lichtere slibsoorten zal het roer langer significant werken, zie Figuur 9.36. Zoals blijkt uit Figuur 9.40 zal bij de zwaardere slibsoorten het roer-schroef-gebruik intensiever zijn gedurende een kortere periode, aangezien het gemiddelde roer-schroef-gebruik toeneemt met afnemende kielspeling. Het is opmerkelijk dat bij slib 1.15 het roer-schroef-gebruik groter zal zijn en gemiddeld significant te noemen is. De aandelen van de verschillende krachtcomponenten kunnen teruggevonden worden op Figuren 9.37 tot en met 9.39.

Voor de afvaart tot aan het lossen van de slepers is ongeveer 2/3 van het beschikbare sleepvermogen gebruikt, zie Figuur 9.41. Dit laat toe het manoeuvre uit te voeren in 25 minuten, zoals blijkt uit Figuur 9.42. Bij kleinere kielspelingen zal iets meer tijd nodig zijn. Maar het zijn voornamelijk de zwaardere kielspelingen en een sterke oostenwind die de duur van het manoeuvre de hoogte injagen.

Het globale gebruik van de sturingsmogelijkheden kan opnieuw beoordeeld worden aan de hand van het stuurmoment. Dit is voor de verschillende simulaties afgebeeld op Figuur 9.43. Uit Figuur 9.44 blijkt dat gemiddeld 40% van het stuurmoment afkomstig is van het roer, zodat er opnieuw een correctie zal moeten gebeuren om de limieten van 30 en 60 ton sleepboten te kunnen bepalen.
Opmerkelijk hierbij is:

- -12% (negatieve) kielspeling in slib van 1.10 t/m³: sleepboothulp werd door de loodsen niet zo kritisch beschouwd om de vaart af te keuren, op basis van voorgaande is dit wel een gevaarlijke situatie;
- -1.1% (negatieve) kielspeling in slib van 1.15 t/m³: ondanks het ontbreken van commentaar een marginale situatie, maar komt overeen met de huidige nautische bodem.

De karakteristieken van de beschikbare sleepboten zijn cruciaal:

- Twee sleepboten met 60 ton bollard pull kunnen bijna alles uitvoeren, maar contact met 1.25 is riskant; deze reeks heeft bij alle deeltrajecten een grote impuls nodig;
- Indien twee sleepboten van slechts 30 ton bollard pull ter beschikking staan, moet top slib als nautische bodem beschouwd worden.

Opvallend is ook dat reeksen met een kleine positieve kielspeling boven top slib niet veiliger zijn dan wanneer het schip in contact komt met de sliblaag.

Op basis van deze beschouwingen kan men de kleurcodes toekennen, zie Figuur 9.45. Deze kleurcodes gelden voor twee sleepboten van 45 ton.

- TI (-1% in 1.15) en PQ (-1% in 1.21) vormen de limiet.
- TP (+9% boven 1.10) en TE (+9% boven 1.15) hebben minder reserve op de sleepboten in een minder kritiek deeltraject, namelijk tussen de kaai en de aanvang van het manoeuvre voor het ronden van het oude havenhoofd.
- Twee slepers van 60 ton bieden voldoende reserve voor alle condities, uitgezonderd PZ (-1% in 1.25).
- Indien maar twee dertig tonners beschikbaar zijn is het manoeuvre maar pas veilig wanneer de interface als de nautische bodem beschouwd wordt.

9.6.4.6 Opvaart: ronden van het oude havenhoofd (hoofdtrajecten 1 en 2, deeltraject 2)

Het sleepbootgebruik en het roer-schroefgebruik in dit deeltraject kunnen teruggevonden worden op Figuren 9.46 tot en met 9.48. In vergelijking met het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart zijn er wezenlijke verschillen. Het gebruik van de sleepboten is intensiever ten koste van het roer-schroefgebruik. Dit heeft te maken met de relatief hogere vaarsnelheid die het schip bezit bij het binnenvaren. De sleepboten worden dan enerzijds ingezet voor het afremmen en het opdrijven van het schroeftoerental wordt vermeden om de snelheid niet de hoogte in te jagen. Dit blijkt eveneens uit de vergelijking van Figuur 9.52 met 9.29 en Figuur 9.53 met 9.30. De aandelen van de verschillende componenten van de krachten kunnen teruggevonden worden op Figuren 9.49 tot en met 9.51.

De benodigde tijd voor het ronden van het oude havenhoofd is analoog als bij de afvaart, zie Figuur 9.54. Het manoeuvre zal het snelst uitgevoerd kunnen worden boven een vaste bodem, maar zal merkelijk langer duren als er daar ook maar 10% kielspeling beschikbaar is.

De resultaten worden in Figuur 9.55 op een identieke manier uitgezet als bij de afvarende schepen, namelijk door middel van het geïntegreerde stuurmoment. Het minimaal benodigde stuurmoment is principieel hetzelfde als bij het buitenvaren, dus kunnen de grenzen op dezelfde lijn getrokken worden. Aangezien het aandeel van roer en schroef in het stuurmoment kleiner is dan bij afvaart, zie Figuur 9.56, zullen de grenzen voor 60 en 30 ton sleepboten wel verschillend zijn.

In vier gevallen werd de reserve op de sleepbootassistentie als problematisch beschreven. Bij twee hiervan leverde de betrokken loods als commentaar dat er geen reserve was op de sleepboten, terwijl dat niet blijkt uit het gehanteerde criterium:

- in één geval (+4% boven 1.18 t/m³) werd er opnieuw gebruik gemaakt van 100% van het beschikbare vermogen, hoewel dit niet strikt noodzakelijk was;
- in het andere geval (-1% in 1.18 t/m³) zijn er geen aanwijsbare redenen: er is nog voldoende reserve.

De grootste afwijking in vergelijking met afvarende schepen betreft het geval van aan kielspeling van -7% in slib van 1.10 t/m³. In dit geval heeft de stroming een belangrijke invloed gehad. De snelheid bij het binnenvaren van de haven was te hoog ten gevolge van de roerwerking die men nodig had. Gedurende het manoeuvre is de snelheid verder afgestopt door het achteruitslaan. Het probleem in deze omstandigheden bestaat erin dat de asymmetrie ten gevolge van de schroefwerking veel groter is. Het

moment veroorzaakt door de schroefwerking was tegenwerkend en bedroeg ongeveer de helft van het sleepmoment. Het overeenkomstige datapunt op Figuur 9.55 is dus duidelijk beïnvloed door de voorgeschiedenis van het manoeuvre.

Twee slepers van 60 ton bieden reserve voor de meeste reeksen. Er zijn twee reeksen die zich op de limiet bevinden. Twee slepers van 30 ton zijn al riskant bij 10% kielspeling t.o.v. een vaste bodem. Merk trouwens op dat een kielspeling boven vaste bodem een grotere invloed heeft op het manoeuvreergedrag dan een gelijke kielspeling boven top slib.

9.6.4.7 Opvaart: Zwaaimanoeuvre (hoofdtraject 2, deeltraject 5)

Voor de analyse van het zwaaimanoeuvre wordt een significante beweging genomen van 120° koerswijziging (van 245° koers naar 5° koers). Het aandeel van elke component in de kracht is opgenomen in Figuren 9.60 tot en met 9.62.

Het gebruik van de sleepboten en van het roer is voor het zwaaimanoeuvre voorgesteld op Figuren 9.57 tot en met 9.59. Vanzelfsprekend worden de sleepboten intensief gebruikt, vooral de achterste. Het roer wordt echter veel minder gebruikt en is gemiddeld niet significant te noemen, zie Figuur 9.63 en eveneens Figuur 9.68. Voor het zwaaimanoeuvre wordt gemiddeld 70% van het beschikbare sleepvermogen gebruikt, zie Figuur 9.64.

Het vrij intensieve sleepbootgebruik wijst echter niet op een hoge moeilijkheidsgraad, aangezien 120° zwaaien gemiddeld 11 minuten in beslag neemt, met afwijkingen tot 3 minuten, zie Figuur 9.65. Met twee sleepboten van 60 ton ter beschikking werd zelfs voorzichtiger gezwaaid (15 minuten). De gemiddelde giersnelheid is geheel in overeenstemming met de tijdsduur van het manoeuvre, zie Figuur 9.66a, terwijl de maximale giersnelheid duidelijk afneemt met afnemende kielspeling, zoals te zien is op Figuur 9.67b.

Zoals ook blijkt uit de voorstelling van het geïntegreerde stuurmoment op Figuur 9.67, is de zwaaibeweging weinig kritisch. Verschillen zijn te wijten aan de dosering van het sleepbootvermogen door de loods of het al dan niet gebruiken van het roer. Met twee slepers van 45 ton kan er steeds binnen een redelijke tijd gezwaaid worden. Er wordt wel vermeld dat krachtiger sleepboten welkom zouden zijn bij 4% slib 1.10, al zijn er daar geen aanwijsbare redenen toe. Indien twee sleepboten van slechts 30 ton beschikbaar zijn, zullen er meer problemen zijn – meer tijd nodig – maar een juiste grens is moeilijk te trekken, en zal afhankelijk zijn van externe omstandigheden (wind, ander scheepvaartverkeer).

9.6.4.8 Globale sleepboothulp bij opvaart (hoofdtrajecten 1 en 2, alle deeltrajecten)

Het ronden van het oude havenhoofd is dus het meest kritische manoeuvre. Voor het aanmeren gelden dezelfde opmerkingen als voor het afmeren. De invloed van oost en west zal wel tegengesteld zijn. Wind uit ZW zal het aanmeren iets moeilijker maken dan het afmeren. Aanmeermanoeuvres zijn echter nooit ten volle verricht vanuit het oogpunt van tijdbesparing. Op basis van het ronden van het havenhoofd (en het

vermoeden dat aanmeren moeilijker zal verlopen dan afmeren) worden in Figuur 9.69 kleurcodes toegekend.

Enige uitleg:

- PQ was oranje wegens problemen met afmeren; gezien de slechtere windconditie bij afmeren wordt deze reeks net rood.
- TW zou rood verdienen, maar zoals reeds vermeld oefende de voorgeschiedenis van het manoeuvre omwille van de stroming wellicht teveel invloed uit.

9.6.4.9 Opvaart naar FCT (hoofdtraject 4)

De opvaart naar FCT met stoppen en zwaaien voor de LNG-dam werd slechts vier maal uitgevoerd. Eén van de redenen was dat de stroming bij het binnenvaren van de haven een te grote rol speelde.

Deeltraject 1: opvaart

Bij het binnenvaren van de haven moet de snelheid voldoende gedaald zijn alvorens een beroep te kunnen doen op sleepbootassistentie. Zoals blijkt uit Figuren 9.70, 9.73 en 9.76 was er slechts weinig assistentie mogelijk, enkel bij de kleinste kielspeling werkten twee sleepboten minstens 30% van de tijd op volle kracht. De loods legde de nadruk op de snelheidsafbouw, zie ook Figuren 9.71 en 9.72, waar het roerschroef-gebruik vrij laag is, om goed te kunnen stoppen voor de LNG-dam. Daarenboven was er weinig of geen stroming in de toegangsgeul.

Dit leidde tot een voorzichtige opvaart die merkbaar langer duurde dan de andere drie reeksen, zie Figuur 9.74. Dat de vaart sneller had kunnen uitgevoerd worden getuigt het verloop van de stuurkracht op Figuur 9.75. De twee reeksen met de hoogste stuurkracht zijn ook deze met de moeilijkste stromingsconditie (5h40 VHW). Bij de reeks met slib 1.15 werd er geoordeeld dat er geen reserve meer was op de sturing, zodat daar de grens getrokken kon worden. Aangezien er weinig of geen sleepbootassistentie was geldt deze grens onafhankelijk van het type sleepboot.

Deeltraject 2: zwaaien voor FCT

Resultaten van gebruik van sleepboten en roer tijdens het zwaaimanoeuvre kunnen teruggevonden worden op Figuren 9.77 tot en met 9.80 en Figuur 9.84. Bij het zwaaimanoeuvre is het sleepbootgebruik natuurlijk dominant.

De tijden voor het uitvoeren van het zwaaimanoeuvre verschillen sterk van reeks tot reeks (zie Figuur 9.81) en hebben voornamelijk te maken met de giersnelheid die opgebouwd wordt (zie Figuur 9.82). Bij de kleinste kielspeling is het manoeuvre opnieuw voorzichtig, en dus traag uitgevoerd. Bij de grootste kielspeling, boven vaste bodem, is de standaardafwijking op de giersnelheid groot, wat er op wijst dat er moeilijkheden waren om het schip te stutten, dit kan eveneens gezien worden op de vaarplot, op blz. 9 in Bijlage 9.

Als men de stuurmomenten vergelijkt liggen die voor de vier gesimuleerde reeksen vrij dicht bij elkaar. De zwaaibeweging is uitvoerbaar met de aangereikte sleepboot-

assistentie. De problemen liggen op het niveau van het binnenvaren en het afremmen, vooral als de stroming overweegt. Daar waar er bij de OCHZ-terminal vrij rustig gezwaaid kan worden en het schip in ieder geval een lagere vaarsnelheid heeft, ontstaan er geen problemen. Hier heeft het schip nog een vrij grote vaarsnelheid vooraleer de zwaaibeweging aan te vatten en verloopt het stutten moeilijker, temeer daar er oscillaties ontstaan door af te remmen met een achteruitslaande schroef.

De meest voorzichtige vaart werd door de loodsen al negatief beoordeeld. Het stuurmoment van de andere vaarten ligt echter in de buurt van die vaart, zodat men kan concluderen dat het met grote containerschepen zeer moeilijk is om te stoppen voor de FCT. Zelfs met 32% kielspeling boven een vaste bodem riskeert men al de vaargeul voor 25 min te bezetten door moeilijkheden met het stutten.

9.6.5 Algemene beoordeling op basis van alle gestelde criteria

Voor afvaart vanuit de haven van Zeebrugge is een voldoende snelheidsopbouw conditio sine qua non, waarop de bollard pull van de ingezette sleepboten geen invloed heeft. Hetzelfde geldt voor het criterium van de koersstabiliteit.

Eist men dat aan alle criteria (snelheidsopbouw, koersstabiliteit, sleepbootassistentie) voldaan is, dan bekomt men de kleurcodes van Figuur 9.85 indien twee sleepboten van 45 ton ter beschikking worden gesteld:

- groen: geen problemen
- lichtgroen: nergens dicht bij de limiet, maar gemiddeld moeilijker
- geel: soms dicht bij limiet
- oranje: vaker dicht bij limiet
- rood: vanaf een limietoverschrijding

Men kan volgende conclusies trekken:

1. Gelet op de definitie van nautische bodem – het niveau waarbij contact met de kiel leidt tot onaanvaardbare invloed op de controleerbaarheid – komt deze op **1.20 t/m³** te liggen. Maar aangezien uit de bovenstaande grafieken blijkt dat conditie PQ (-1% in slib van 1.21 t/m³) net wel “rood” wordt beoordeeld (aanmeren kritisch), terwijl TI (-1% in slib van 1.15 t/m³) net niet “rood” is (ronden van het oude havenhoofd net onder de limiet) zou men kunnen stellen dat beide inwisselbaar zijn. Het optrekken van de nautische bodem van 1.15 naar 1.20 levert in dit opzicht qua moeilijkheid en veiligheid weinig verschil. Maximale duidelijkheid kan echter maar bekomen worden indien de reeksen waarbij net contact optreedt tussen scheepskiel en sliblaag (TI, RX, RK, PQ, eventueel ook TV, nl. slib van 1.10 t/m³) verschillende malen uitgevoerd worden, aangezien de spreiding op de resultaten niet min is.

2. Voor de doorvaarbaarheid worden bij alle sliblagen bij –12% kielspeling t.o.v. top slib de limieten overschreden. Bij –7% is dit bij één reeks (TM, in slib van 1.15 t/m³). –5% is in dat geval dus een maximale veilige waarde. Opnieuw kunnen hier bijkomende runs uitgevoerd worden, vooral bij TW (-7.2% kielspeling t.o.v. top slib, in slib van 1.10 t/m³), waar de beoordeling gestoord werd door de voorgeschiedenis (invloed van stroming).

3. Varen boven slib geeft problemen bij een positieve kielspeling van 4% boven 1.20, maar wegens de eis dat er minstens 10% netto kielspeling boven de nautische bodem gevaren moet worden heeft dit geen praktische implicaties. Als test werd trouwens PO (15.2% kielspeling t.o.v. top slib, in slib van 1.20 t/m³) uitgevoerd die nooit problemen gaf.

4. Bij de overige reeksen zijn de manoeuvres merkbaar moeilijker, maar er is nooit echt een gevaar.

5. De wind kan een zeer aanzienlijke invloed hebben op het manoeuvre, vooral bij aan- en afmeren.

6. Het stoppen voor de FCT-terminal is met grote containerschepen in de beproefde omstandigheden moeilijk uitvoerbaar. Dit manoeuvre is wel gesimuleerd met ongunstige bodemcondities in de Pas van het Zand.

Er dient opgemerkt dat Figuur 9.85 strenger is, dan wat op basis van de kwalitatieve beoordeling door de loodsen werd besloten (zie Figuur 9.4). Indien twee sleepboten van 60 ton ingezet worden, bekomt men het diagram in Figuur 9.86. Dit is als volgt te interpreteren:

- Volgens de definitie van de nautische bodem blijft deze op 1.20 t/m³ liggen, omdat de kritische criteria bij PL (-1% in slib van 1.XX t/m³: koersonstabiel) en bij PZ (-1% in slib van 1.XX t/m³: gebrek aan snelheid) onafhankelijk zijn van het sleepbootgebruik.
- Om dezelfde redenen blijven ook PP, RA, TN en RZ (densiteiten en kielspelingen) rood gekleurd.
- Ook PQ (-1% in slib van 1.21 t/m³) blijft uitgesloten, daar strengere windcondities (W 7 Bf, O 6 Bf) zelfs met 2 sleepboten van 60 ton moeilijkheden blijven geven voor aanmeren, respectievelijk afmeren.
- Negatieve kielspelingen tot –7% in slib van 1.10-1.15 t/m³ levert geen onaanvaardbare situaties op.
- Boven de interface doen er zich geen noemenswaardige problemen voor.

Het is opvallend dat dit diagram ongeveer overeenkomt met het resultaat van de kwalitatieve beoordeling door de loodsen tijdens de simulatieruns.

Indien het snelheidscriterium niet in aanmerking wordt genomen (bijvoorbeeld omdat de slibcondities in het CDNB gunstiger zijn), dan komt men tot Figuren 9.87 (2 x 45 ton) en 9.88 (2 x 60 ton):

- Voor 2 sleepboten van 45 ton levert dit in vergelijking met Figuur 9.85 geen wezenlijke verschillen; daar waar limieten voor snelheid overschreden worden zijn de limieten voor sleepboothulp eveneens overschreden.

- Voor twee slepers van 60 ton is er wel degelijk een verschil. Een toename van de densiteit ter bepaling van de nautische bodem is niet verantwoord, maar er is volledige doorvaarbaarheid van de sliblagen, de sliblaagdikte speelt dus (voor negatieve kielspelingen tot -12% van de diepgang) geen rol meer.

10 CONCLUSIES EN SUGGESTIES

10.1 Conclusies voor de bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge

De analyse van de simulatieruns met grote, diepstekende containerschepen in de haven van Zeebrugge leidt tot een aantal conclusies voor wat de bepaling van de nautische bodem betreft. Deze conclusies zijn gebaseerd op de controleerbaarheid van het schip, waarbij drie criteria in aanmerking werden genomen:

- de snelheidsopbouw tijdens de afvaart;
- de koersstabiliteit bij op- en afvaart;
- de manoeuvreerbaarheid door eigen roer- en propulsiemiddelen (exclusief boegschroef) en externe assistentie (sleepboten).

Volgende conclusies kunnen getrokken worden:

- Een waarde van 1.20 t/m³ voor de densiteitshorizon dient beschouwd te worden als een bovengrens voor de nautische bodem, op basis van de snelheids- en koersstabiliteitscriteria. In de zones waar sleepbootassistentie vereist is, is het hanteren van dit criterium echter slechts verantwoord wanneer er – bij matige wind – kan gerekend worden op de inzet van minimum twee sleepboten van minimaal 45 ton bollard pull. Bij inzet van twee sleepboten van slechts 30 ton wordt geadviseerd in deze zones de nautische bodem te definiëren op het niveau van top slib.

- De doorvaarbaarheid van sliblagen legt een limiet op aan de "negatieve kielspeling" t.o.v. top slib, d.i. de fractie van de diepgang die zich onder de interface bevindt en zodoende in contact komt met het schip. Deze limiet hangt zeer sterk af van de sleepbootassistentie waarop men bij het uitvoeren van de manoeuvres een beroep kan doen:

  - Bij gebruik van twee sleepboten van 45 ton bollard pull is de doorvaarbaarheid van de lichtste sliblagen (tot 1.10 t/m³) beperkt tot 7% van de diepgang; de indringdiepte in lagen van 1.15 tot 1.20 t/m³ dient beperkt tot 5%.
  - Bij inzet van twee sleepboten van 60 ton worden deze waarden respectievelijk 12% en 7%.

- Om de situatie optimaal te kunnen inschatten, is informatie vereist omtrent de ligging van volgende niveaus:

  - de nautische bodem (bijvoorbeeld 1.20 t/m³);
  - de densiteitshorizon 1.15 t/m³;
  - top slib (hoogfrequente echo).

  Deze laatste twee niveaus dienen gekend om in te schatten welke fractie van de diepgang in contact komt met lichtere sliblagen. Bovendien moet gekend zijn met welke kielspeling het schip heeft ten opzichte van top slib, daar bij kleine positieve

waarden van deze kielspeling het manoeuvreer- en stuurgedrag significante wijzigingen ondergaat.

- Daar de criteria (snelheidsopbouw, koersstabiliteit, manoeuvreerbaarheid) niet gelijktijdig voldaan moeten worden in elke fase van op- en afvaart, kan de maximale doorvaarbaarheid verschillen naargelang van de zone, of zelfs naargelang van het manoeuvre. De strengste criteria gelden hierbij in de omgeving van het oude havenhoofd.

- Een wijziging van de huidige definitie van de nautische bodem buiten de havendammen, in de Pas van het Zand, is af te raden.

10.2 Suggesties voor bijkomend onderzoek

10.2.1 Evaluatie van de aanbevolen criteria

Indien de nieuwe definitie van de nautische bodem – eventueel in fasen – in de praktijk gebracht zou worden, is in de introductieperiode een terugkoppeling van de praktijk naar het onderzoek ten zeerste aanbevolen. Binnen DABL worden thans de nodige afspraken gemaakt met loodsen van categorie 6 om op vrijwillige basis de commando's tijdens op- en afvaarten met containerschepen met een diepgang van meer dan 125 dm bij waterstanden lager dan 12 dm te registreren door middel van een draagbare voice recorder, zodat in combinatie met de gevolgde tracks een reconstructie van de vaarten mogelijk is. Deze data dienen samen met tij- en bodemgegevens geanalyseerd te worden, en vergeleken met de resultaten van het onderzoek.

10.2.2 Interpretatie van peilingen aan de hand van de nieuwe definitie van nautische bodem.

De criteria voor aanvaardbare situaties (nautische bodem, doorvaarbaarheid) kunnen systematisch toegepast worden op de bodempeilingen, zodat de impact ervan in de praktijk vertaald kan worden naar gunstig te adviseren situaties in functie van tijstand en diepgang.

10.2.3 Voortgezet simulatieonderzoek

Het aantal bodemcondities dat tijdens de real-time simulaties onderzocht werd, is aanzienlijk, en bevat een groot aantal situaties die met de voorgestelde criteria in de praktijk onaanvaardbaar zijn. Daar de spreiding op de resultaten van dergelijke simulatieruns zeer groot kan zijn, lijkt het aangewezen om in een aantal marginaal aanvaardbare of onaanvaardbare situaties een aantal bijkomende simulaties uit te voeren, waarbij ook andere parameters gevarieerd kunnen worden (sleepboothulp, wind, …). Indien DABL dit wenselijk acht, kan dit gecombineerd worden met een trainingsschema.

10.2.4 Verdere analyse van de proefresultaten.

Op basis van de beschikbare proefgegevens kunnen volgende aspecten nog nader onderzocht worden:

- verdere analyse van slib- en watergolven en correlatie met het manoeuvreergedrag;
- analyse van de resultaten met scheepsmodel E (tanker/bulkcarrier);
- analyse van de resultaten met scheepsmodel U (8000 TEU containerschip).

De ontwikkelde mathematische modellen voor schepen E en U kunnen verder gebruikt worden in fast-time simulaties en, indien DABL dit nuttig acht, real-time simulatieruns.

10.2.5 Boegschroeven

Bij het afgelopen modelonderzoek werd het effect van slib op de werking van de boegschroef niet onderzocht. Er kan overwogen worden om dit effect te evalueren aan de hand van praktijkgegevens, of eventueel aan de hand van een beperkt modelproevenprogramma.

11 FINANCIELE RAPPORTERING

Bijlage 11 bevat een overzicht van de financiële verrichtingen.

12 REFERENTIES

[1] VANTORRE, M. *Bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge. Bijkomend onderzoek: nautische implicaties. Fase A: Voorbereidend onderzoek.* Eindverslag. Onderzoeksproject UGent 51R19098, WL Mod. 582. Gent / Antwerpen, oktober 1999.

[2] ELOOT, K. *Ontwikkeling van een mathematisch model voor scheepsmanoeuvres in ondiep water.* Interimrapport doctoraatsopleiding. Gent, juni 1999.

[3] VANTORRE, M.; ELOOT, K. Hydrodynamic phenomena affecting manoeuvres at low speed in shallow navigation areas. Proceedings of the 11th International Harbour Congress (ed. H. Smitz & G. Thues), pp. 535-546. Antwerp, Belgium, 1996. The Royal Flemish Society of Engineers, Antwerp, 1996.

[4] CH'NG, P., DOCTORS, L.J. & RENILSON, M.R. *A method of calculating the ship-bank interaction forces and moments in restricted waters*, International Shipbuilding Progress, 1993, **40**, 7-23.

[5] BRIX, J. (Editor). Manoeuvring Technical Manual. Seehafen Verlag GmbH, Hamburg, 1993.

[6] Hwang, W. et al. *An exploratory study to characterize ship maneuvering performance at slow speed.* International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability (Marsim 2003), Kanazawa, Japan, August 2003.

[7] Stroomatlas Haven van Zeebrugge in CDNB: augustus-oktober 2001. AWZ, Afdeling Waterwegen Kust.

[8] Manoeuvring Committee, ITTC. The Manoeuvring Committee. Final Report and Recommendations to the 22nd ITTC. 22nd International Towing Tank Conference, Proceedings, Volume I, pp. 153-234. Venice, Italy, September 2002.

13 NOMENCLATUUR

A	coëfficiënt van σ^2	(kg^2m^2)
A_0	oppervlakte schroefschijf	(m^2)
A_{ijk}	ijkfactor	(N/Volt)
A_R	roeroppervlakte	(m^2)
a_H	aandeel romp in de totale kracht $Y_R = (1+a_H) F_Y$	(-)
B	slib met densiteit 1.18 kg/m³	(-)
	scheepsbreedte	(m)
	coëfficiënt van σ	(kg^2m)
B_{ijk}	ijkfactor	(N)
BB	bakboord	(-)
C	slib met densiteit 1.15 kg/m³	(-)
	coëfficiënt van σ^0	(kg^2)
	weerstandscoëfficiënt	(-)
C_D	dragcoëfficiënt	(-)
C_L	liftcoëfficiënt	(-)
C_Q	schroefaskoppelcoëfficiënt	(-)
C_T	stuwkrachtcoëfficiënt	(-)
D	scheepsmodel (container)	(-)
	slib met densiteit 1.10 kg/m³	(-)
$D_{(P)}$	schroefdiameter	(m)
D_R	driftkracht op het roer	(N)
d	discriminant	(#[8])
E	scheepsmodel (bulk carrier)	(-)
	slib met densiteit 1.26 kg/m³	(-)
F	algemene kracht	(N)
	slib met densiteit 1.20 kg/m³	(-)
F_N	normaalkracht, loodrecht op de koorde van het roer	(N)
F_n	het Getal van Froude	(-)
F_T	tangentiële kracht, volgens de koorde van het roer	(N)
F_X	roerkracht in de langsscheepse richting	(N)
F_Y	roerkracht in de dwarsscheepse richting	(N)
f	controleparameter	(#)
G	slib met densiteit 1.25 kg/m³	(-)
H	slib met densiteit 1.21 kg/m³	(-)
h	diepte	(m)
I_{PP}	polair traagheidsmoment van de schroef	(kgm^2)
I_{zz}	traagheidsmoment om de Z-as	(kgm^2)
J	advance	(-)
K_Q	schroefaskoppelcoëfficiënt	(-)
K_T	stuwkrachtcoëfficiënt	(-)
$K_{1,2}$	parameter voor kwadrantselectie	(-)
k	vormfactor (Prohaska)	(-)
k_{HR}	straightening-coëfficiënt	(-)
L,L_{PP}	scheepslengte	(m)
L_R	liftkracht op het roer	(N)

[8] Dimensie afhankelijk van de context.

N	giermoment	(Nm)
N_i	hydrodynamische afgeleide (i = $\dot{v}$, $\dot{r}$, uv, ur)	(#)
N'	$=\frac{N}{\frac{1}{2}\rho V^2 L^2 T}$	(-)
m	massa	(kg)
n	schroeftoerental	(rpm)
n_0	nominaal schroeftoerental	(rpm)
$\dot{n}$	versnelling van het schroeftoerental	(1/s²)
$Q_{(P)}$	schroefaskoppel	(Nm)
r	giersnelheid	(°/s)
$\dot{r}$	gierversnelling	(°/s²)
S	nat scheepsoppervlak	(m²)
	sleepkracht	(N)
SB	stuurboord	(-)
T	diepgang	(m)
	periode	(s)
$T_{(P)}$	stuwkracht	(N)
t	tijd	(s)
	zoggetal (schroefwerking)	(-)
t_R	zoggetal (roerwerking)	(-)
u	langsscheepse snelheid	(m/s)
u_P	langssnelheid ter plaatse van de schroef	(m/s)
$\dot{u}$	langsscheepse versnelling	(m/s²)
V_F	uitgangsspanning van krachtenmeter	(Volt)
v	verzetsnelheid	(m/s)
$\dot{v}$	verzetversnelling	(m/s²)
w_P	volgstroomgetal (stuwkracht)	(-)
w_Q	volgstroomgetal (schroefaskoppel)	(-)
w_{RX}	volgstroomgetal (F_X)	(-)
w_{RY}	volgstroomgetal (F_Y)	(-)
X	langsscheepse kracht	(N)
	Langsscheepse as	(-)
X_i	hydrodynamische afgeleide (i = $\dot{u}$, $\dot{v}$, $\dot{r}$, $v\dot{v}$, $r\dot{r}$)	(#)
X'	$=\frac{X}{\frac{1}{2}\rho V^2 L T}$	(-)
x	langse richting	(m)
x_{draai}	ligging draaipunt	(m)
x_G	langsscheepse ligging zwaartepunt	(m)
x_H	aangrijpingspunt $a_H F_Y$	(m)
x_R	langspositie roerkoning	(m)
x_r	aangrijpingspunt verzetkracht t.g.v. gierbeweging	(m)
x_v	aangrijpingspunt verzetkracht t.g.v. verzetbeweging	(m)
x_δ	aangrijpingspunt verzetkracht t.g.v. roerwerking	(m)

Y	verzetkracht	(N)
	dwarsscheepse as	(-)
Y_i	hydrodynamische afgeleide (i = $\dot{v}$, $\dot{r}$, uv, ur)	(#)
Y'	$= \frac{Y}{\frac{1}{2}\rho V^2 LT}$	(-)
y	dwarse richting	(m)
α	aanstroomhoek van het roer	(°)
	parameter	(-)
β	drifthoek	(°)
	parameter	(-)
γ	gierhoek	(°)
	parameter	(-)
γ^*	$= \text{Arctan}\left(\frac{\left\|\frac{rL}{2}\right\|}{0.7\pi nD_P}\right)$	(°)
δ	roerhoek	(°)
δ_0	$= -\delta_R$ ($F_N = 0$)	(°)
ε	$= \text{Arctan}\left(\frac{u_P}{0.7\pi nD_P}\right)$	(°)
ε^*	$= \text{Arctan}\left(\frac{u}{0.7\pi nD_P}\right)$	(°)
η	dynamische viscositeit	(Pa.s)
η_P	schroefrendement	(-)
η_0	open water rendement van de schroef	(-)
η_R	$= \frac{\eta_P}{\eta_0}$	(-)
ν	dynamische viscositeit	(Pa.s)
ξ	evenredigheidscoëfficiënt	(-)
ρ	densiteit	(kg/m³)
σ	stabiliteitsindex	(1/s)
ϕ	fasehoek	(°)
ϕ^*	$= \text{Arctan}\left(\frac{\left\|v\right\|}{0.7\pi nD_P}\right)$	(°)
χ	correlatiehoek	(°)
ψ	koershoek, hoek van de giertafel	(°)
ω	oscillatiefrequentie	(1/s)
ω'	$= \omega\sqrt{\frac{L}{g}}$	(-)

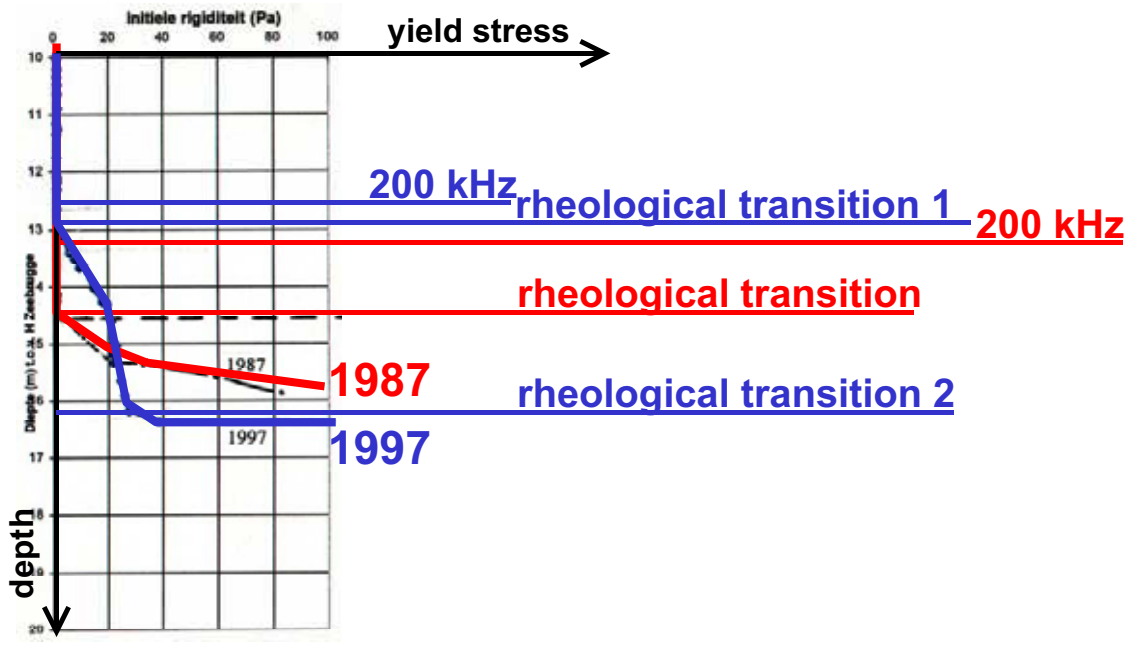
subscript

1 slaat op waterlaag
2 slaat op sliblaag
H romp
P schroef
R roer
S sleepboten

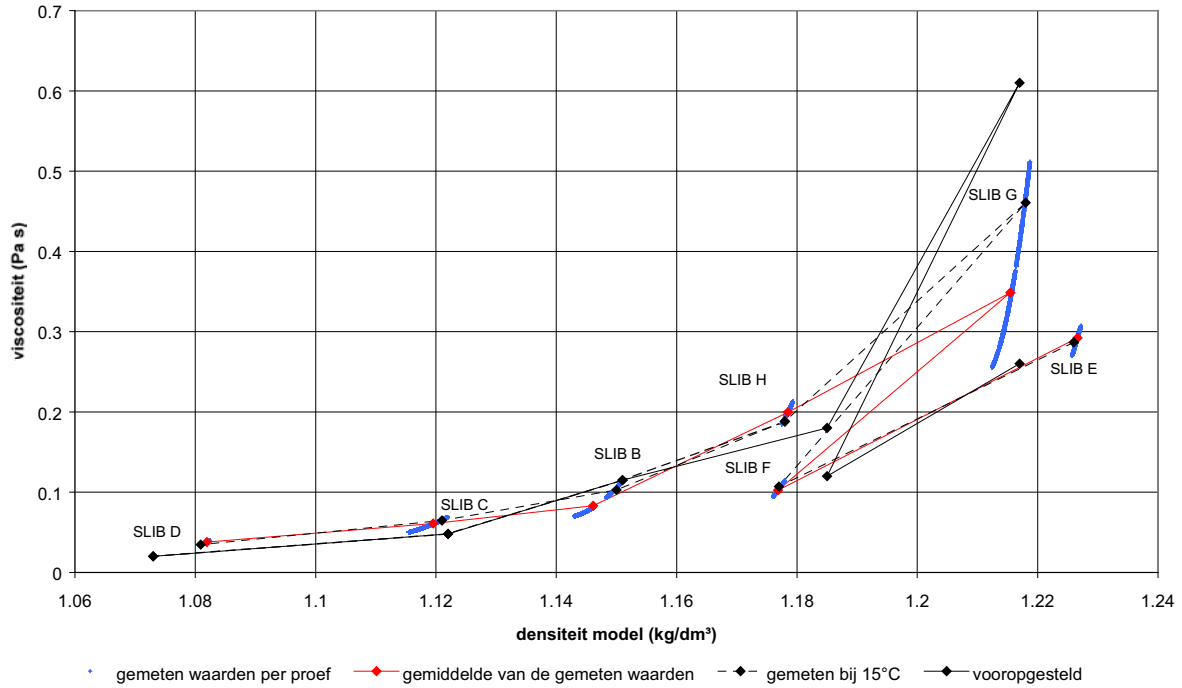
superscript

N natuurwaarde
m modelwaarde

FIGUREN



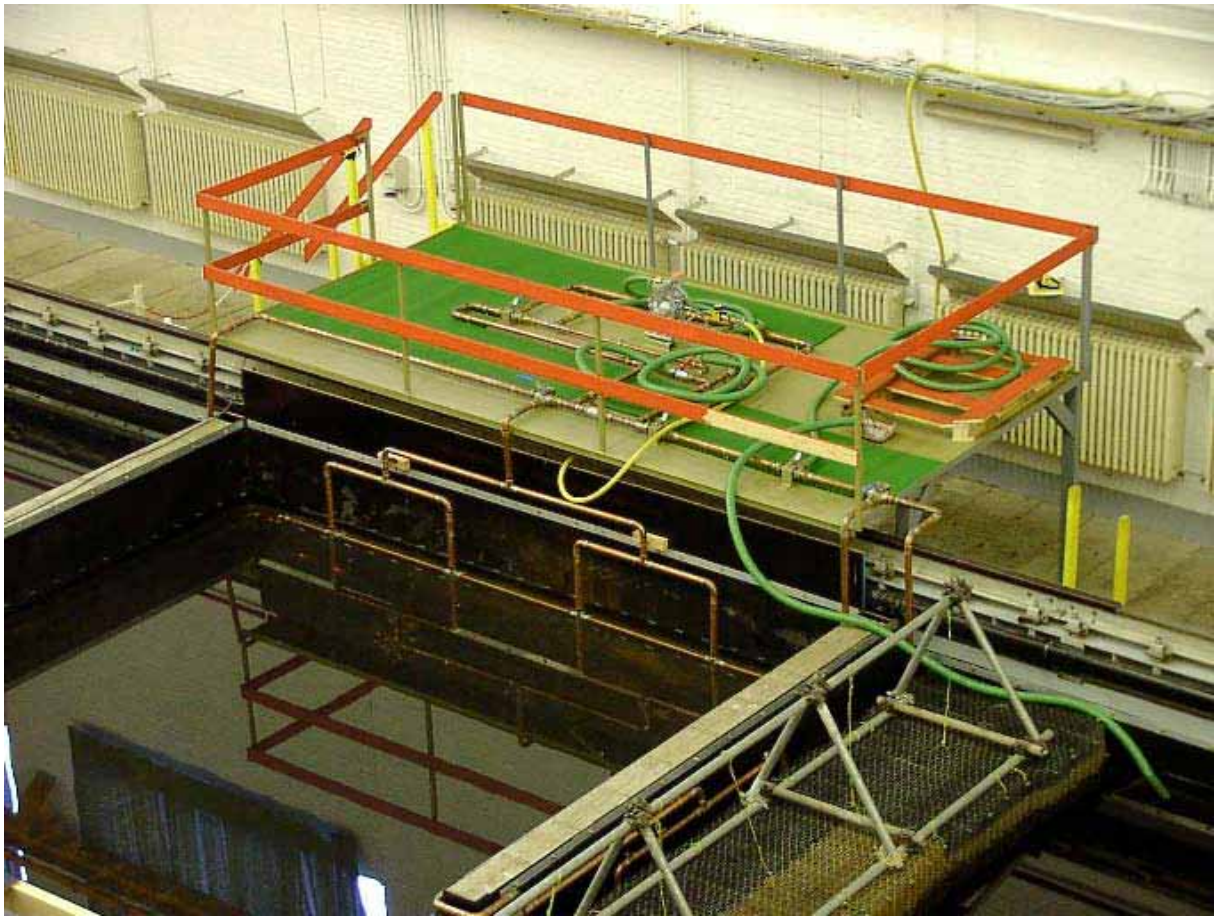
Figuur 2.1. Rheologisch profiel van de sliblaag in de haven van Zeebrugge. Verschil tussen de metingen van 1987 en 1997.



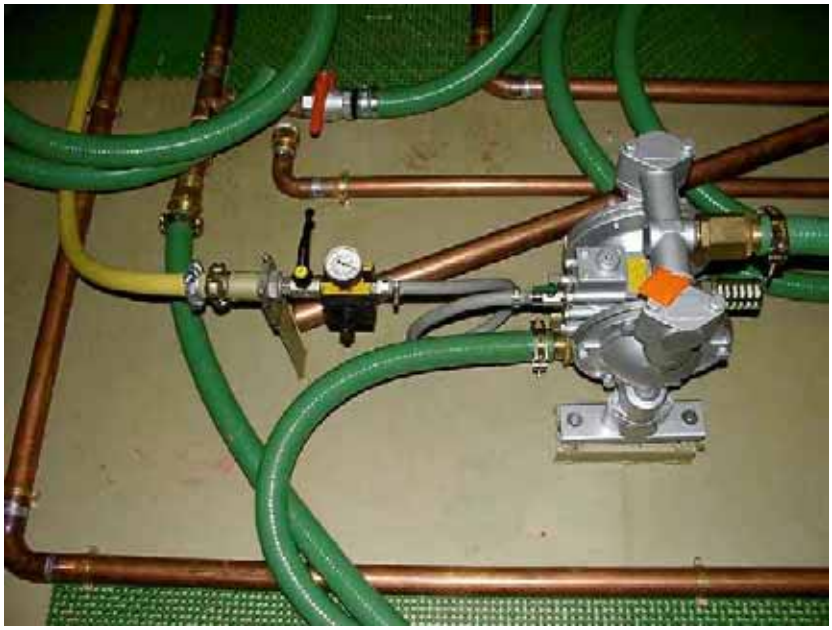
Figuur 3.1. Combinatie densiteit – viscositeit van de gebruikte kunstslibmengsels: vooropgesteld, karakteristiek bij 15°C en effectief gemeten tijdens het uitvoeren van de proeven. ρ_{natuur} = 1.025 ρ_{model}, rekening houdend met de densiteit van zeewater.

Figuur 4.1. Sleeptank: indeling in compartimenten en bekleding.

Figuur 4.2. Bovenaanzicht van het kunstslibreservoir.



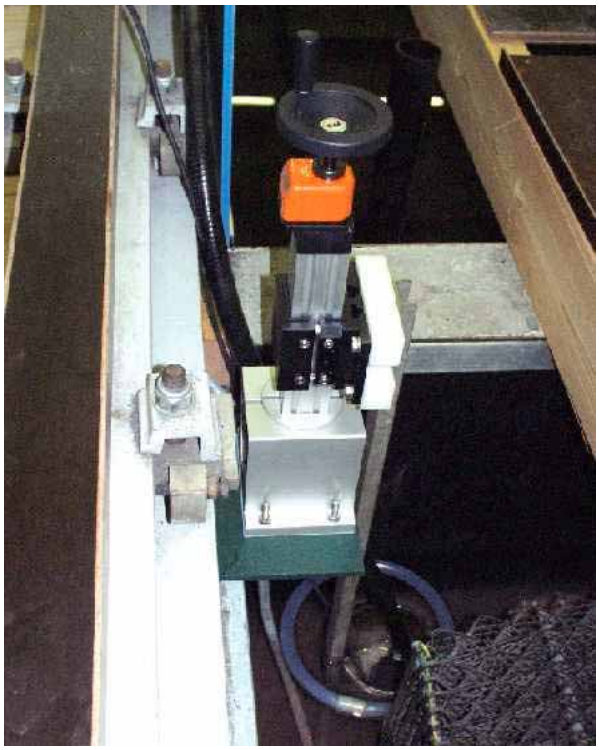
Figuur 4.3. Werkplatform.



Figuur 4.4. Bovenaanzicht membraanpomp.

Figuur 4.5. Aftrek en opstuwsysteem boven houten rooster.

Figuur 4.6. Een symmetrische constructie van de aanzuigleiding zorgt voor een gelijkmatige aanzuiging over de hele breedte van het kunstslibreservoir.



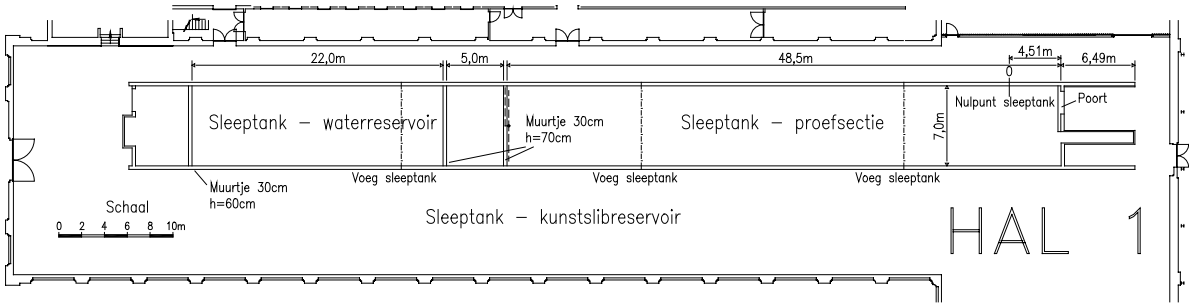
Figuur 4.7. Waterpeilregelsysteem.

Figuur 4.8. Constructie van de scheidingsmuren tussen de verschillende compartimenten van de sleeptank.

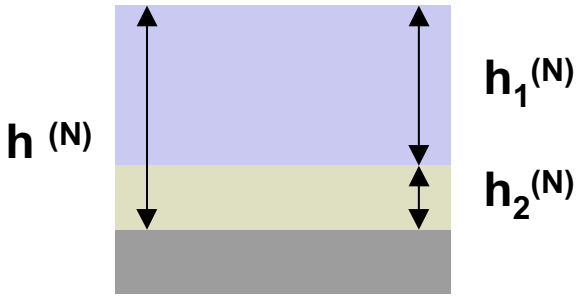
Figuur 4.9. Aanbrengen van de PE-bekleding in de sleeptank.

Figuur 4.10. Het bakje met hoogte groter dan de dikste kunstsliblaag belet dat bij het uitvoeren van de procedure B het kunstslib samen met het water weggepompt wordt.

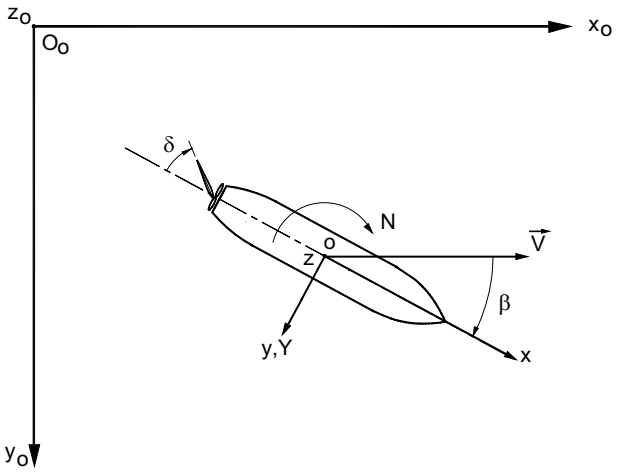
Figuur 4.11. Compressor.



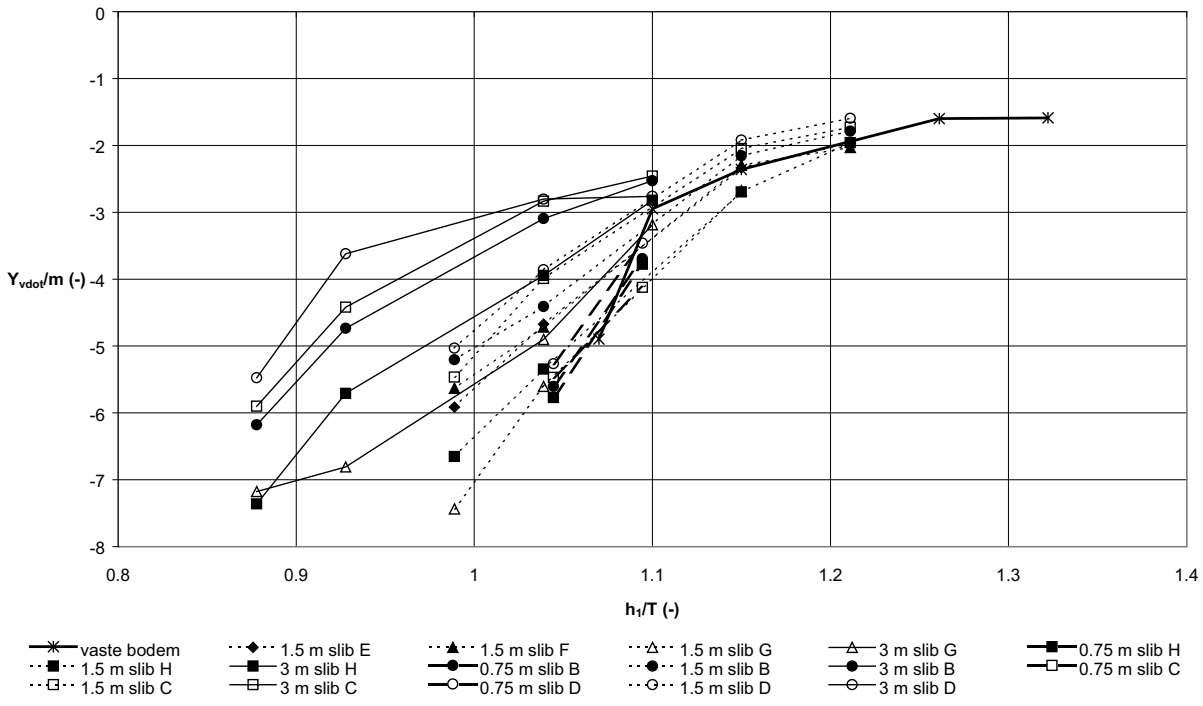
Figuur 4.12. Overzichtsplan van de sleeptank na ombouw.



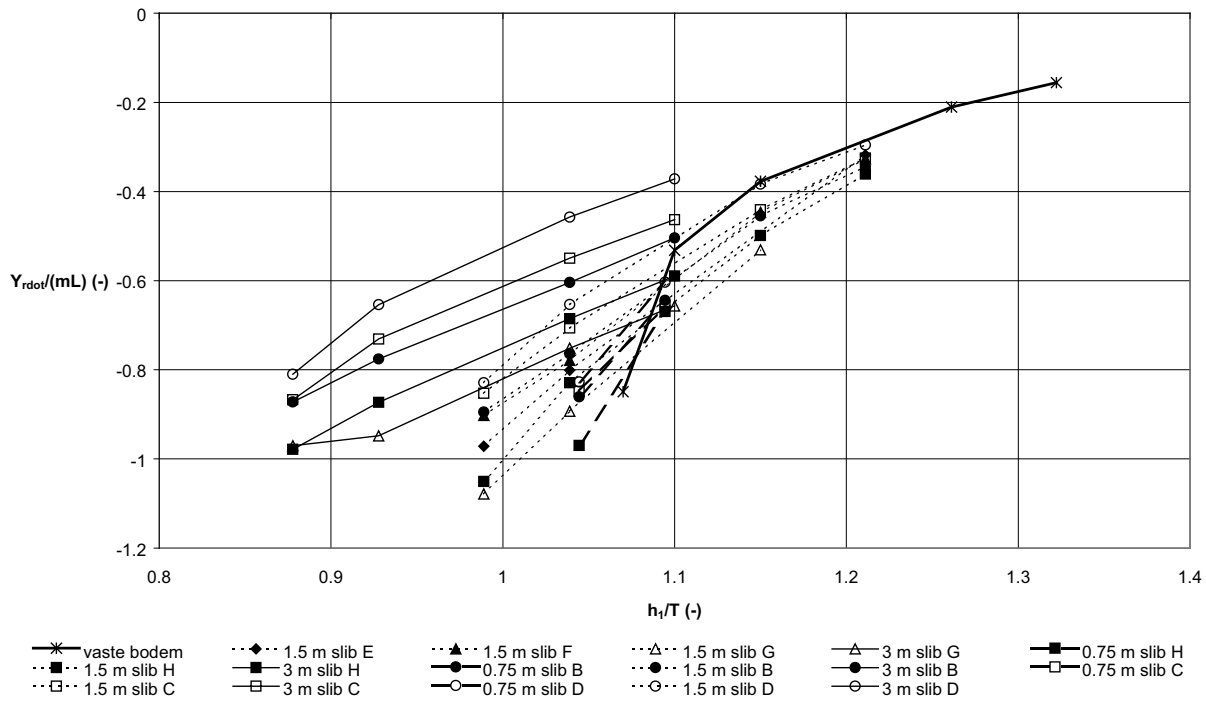
Figuur 5.1. Definitie van h_1(hoogte waterlaag), h_2 (dikte sliblaag) en h (totale waterdiepte.



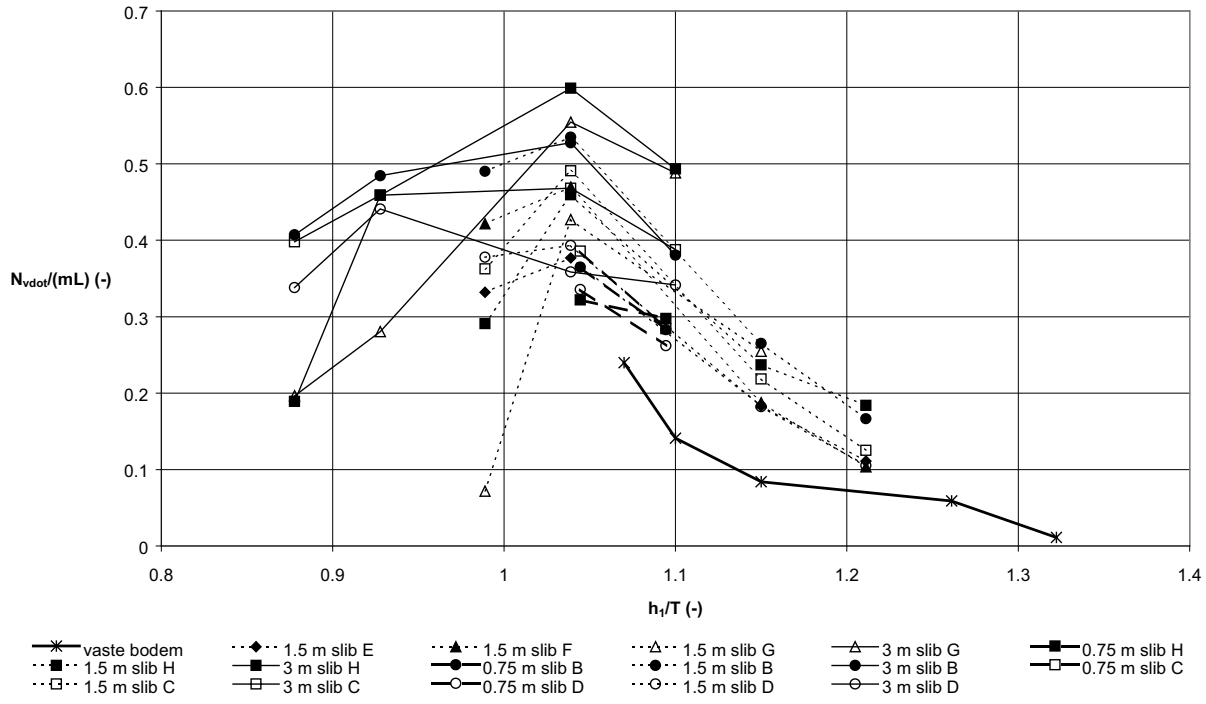
Figuur 6.1. Assenstelsel met tekenconventies.



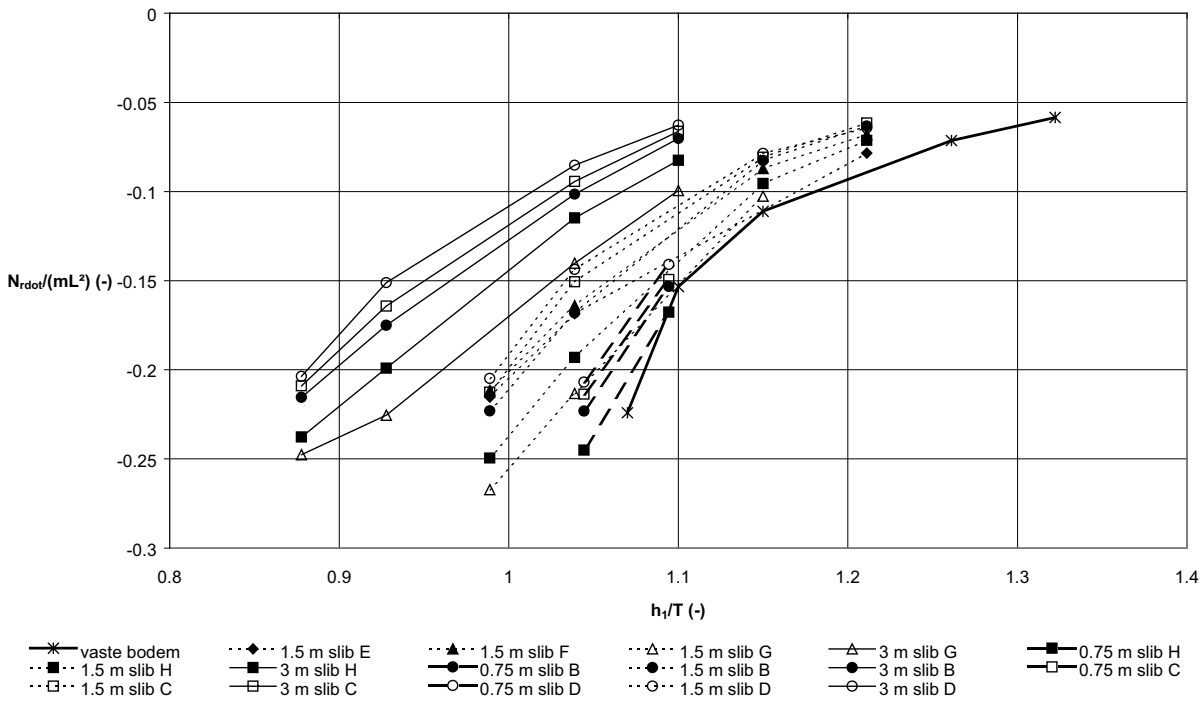
Figuur 6.2a. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze verzetversnellingsafgeleide van de verzetkracht in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



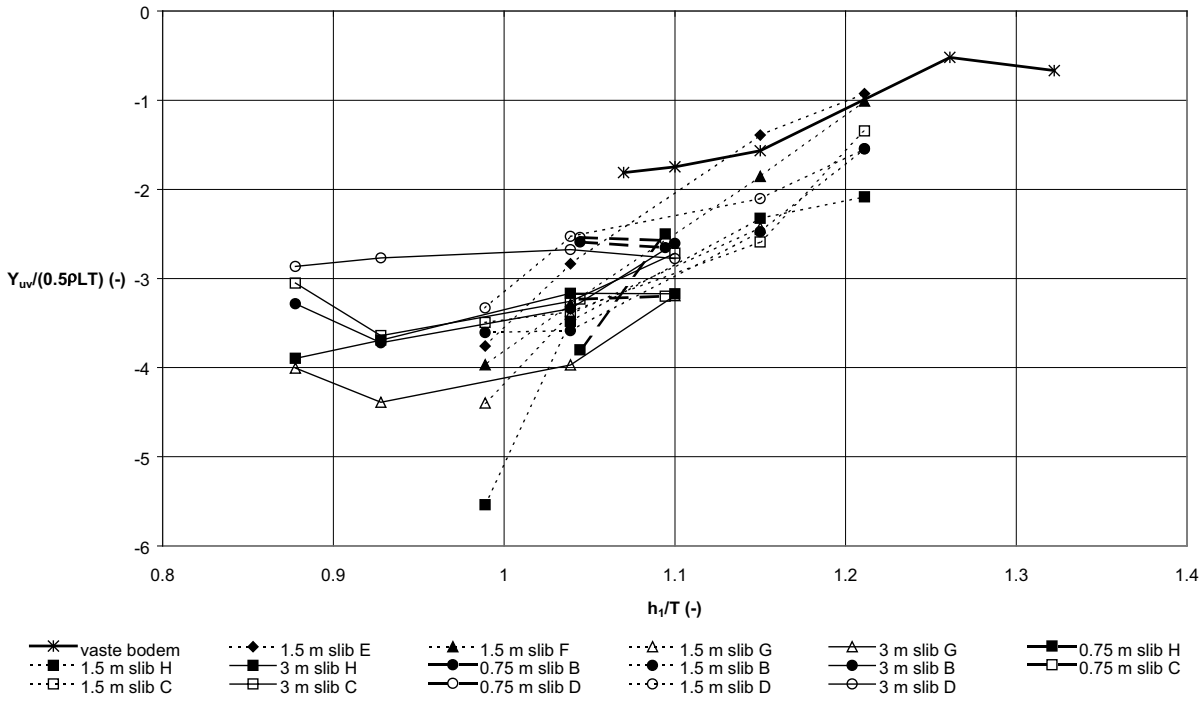
Figuur 6.2b. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze giersnellingsafgeleide van de verzetkracht in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



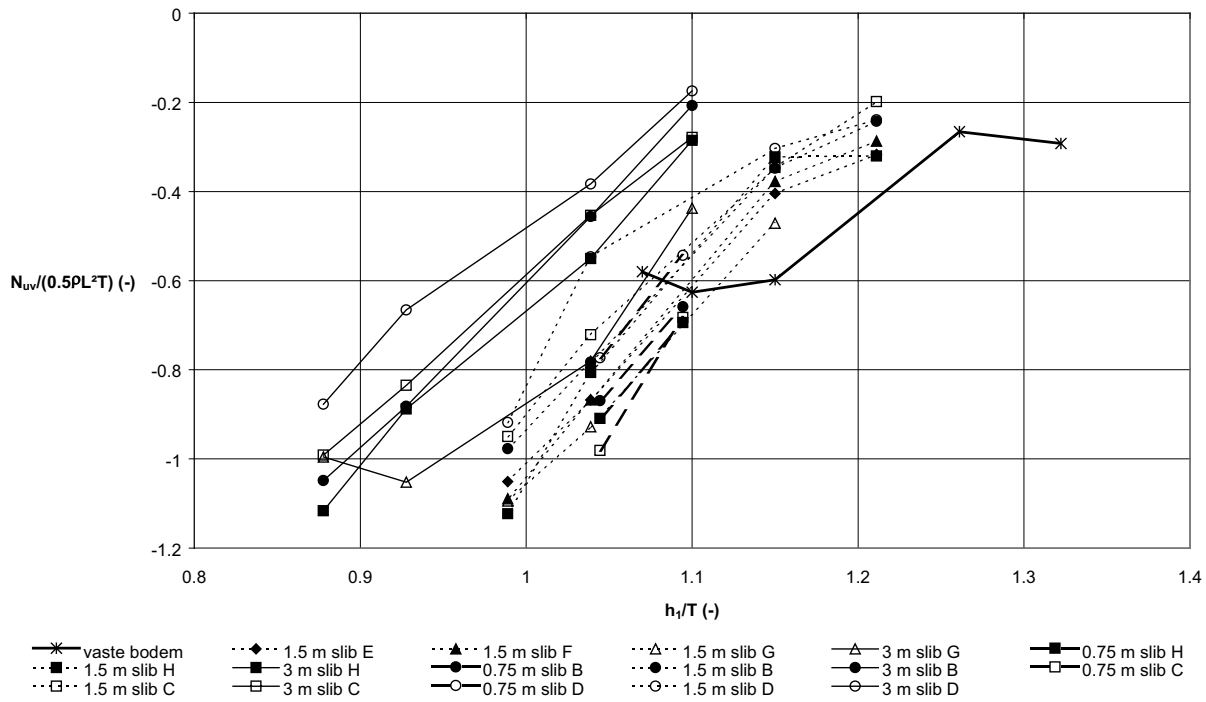
Figuur 6.2c. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze verzetversnellingsafgeleide van het giermoment in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



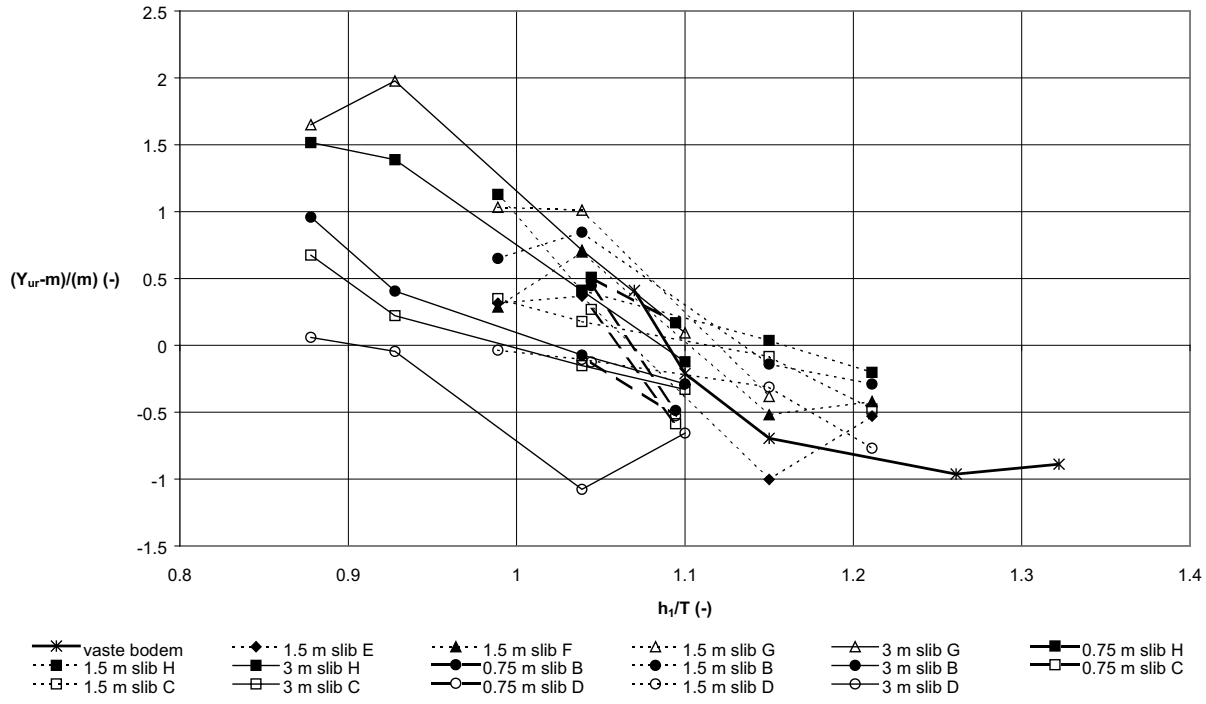
Figuur 6.2d. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze gierversnellingsafgeleide van het giermoment in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



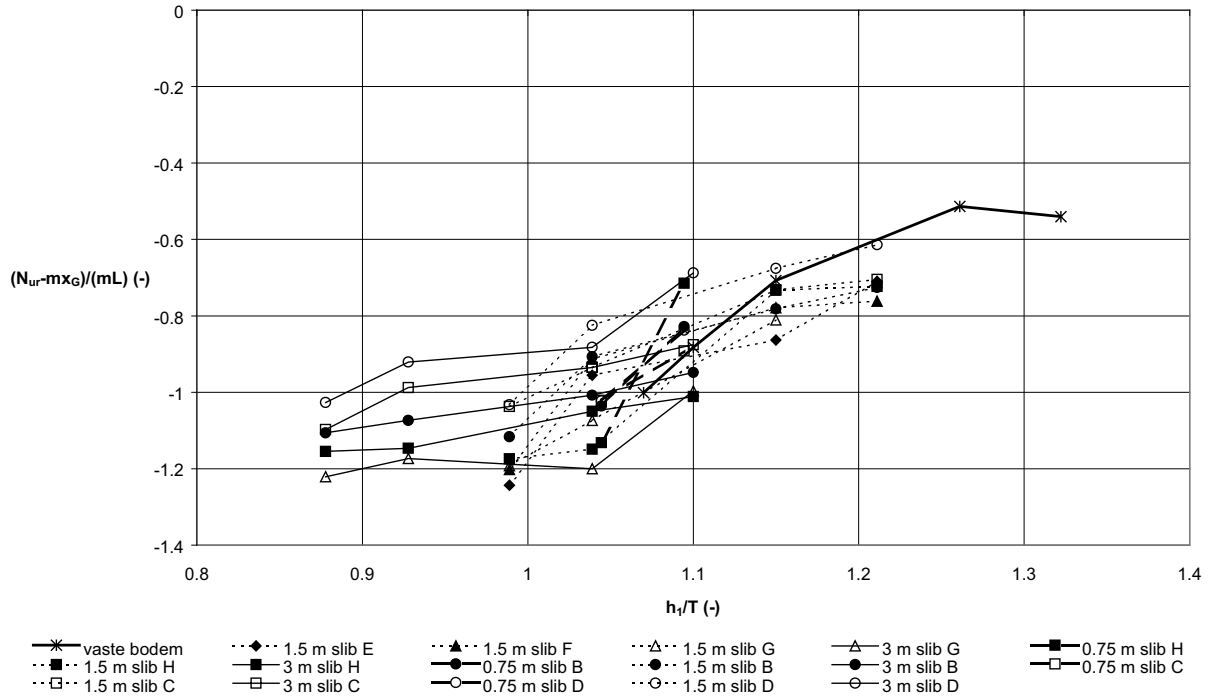
Figuur 6.3a. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze verzetsnelheidsafgeleide van de verzetkracht in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



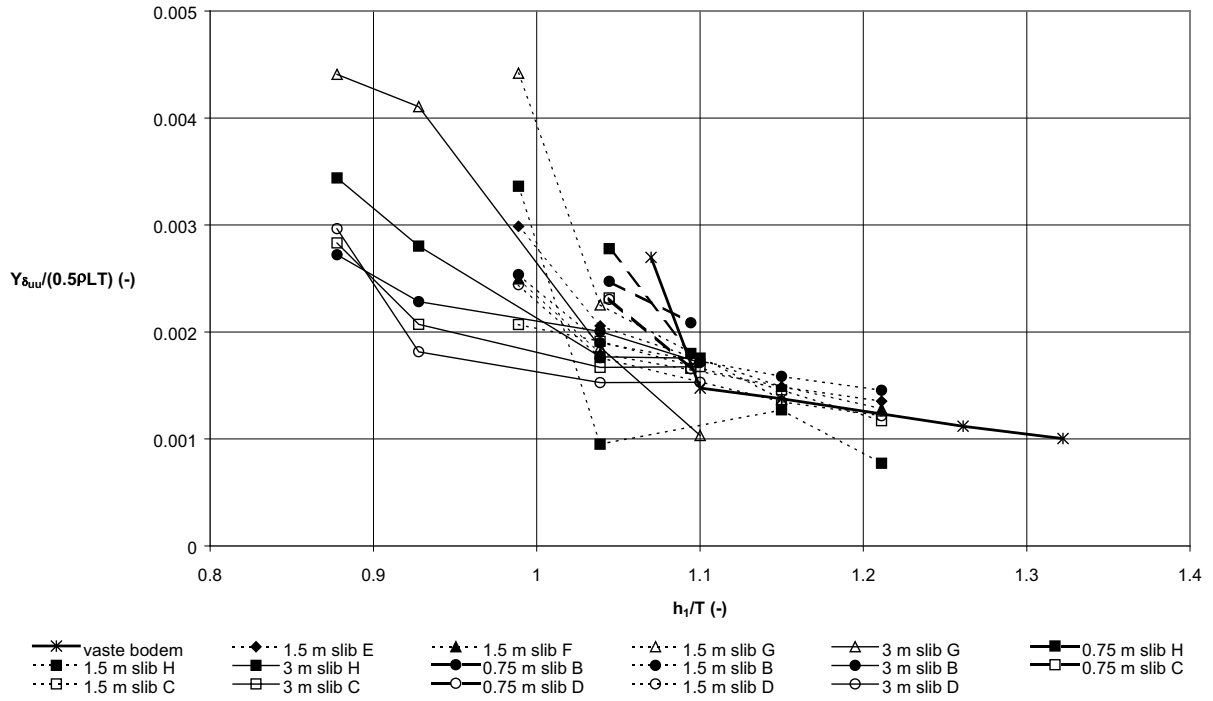
Figuur 6.3b. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze verzetsnelheidsafgeleide van het giermoment in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



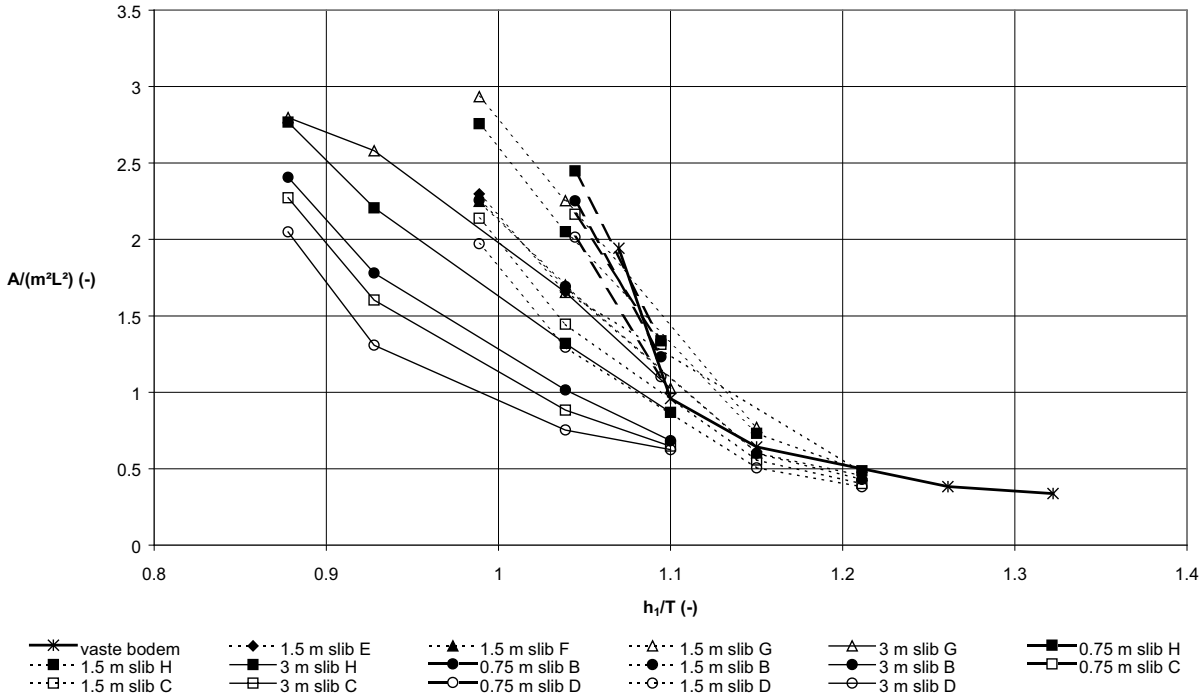
Figuur 6.4a. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze giersnelheidsafgeleide van de verzetkracht in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



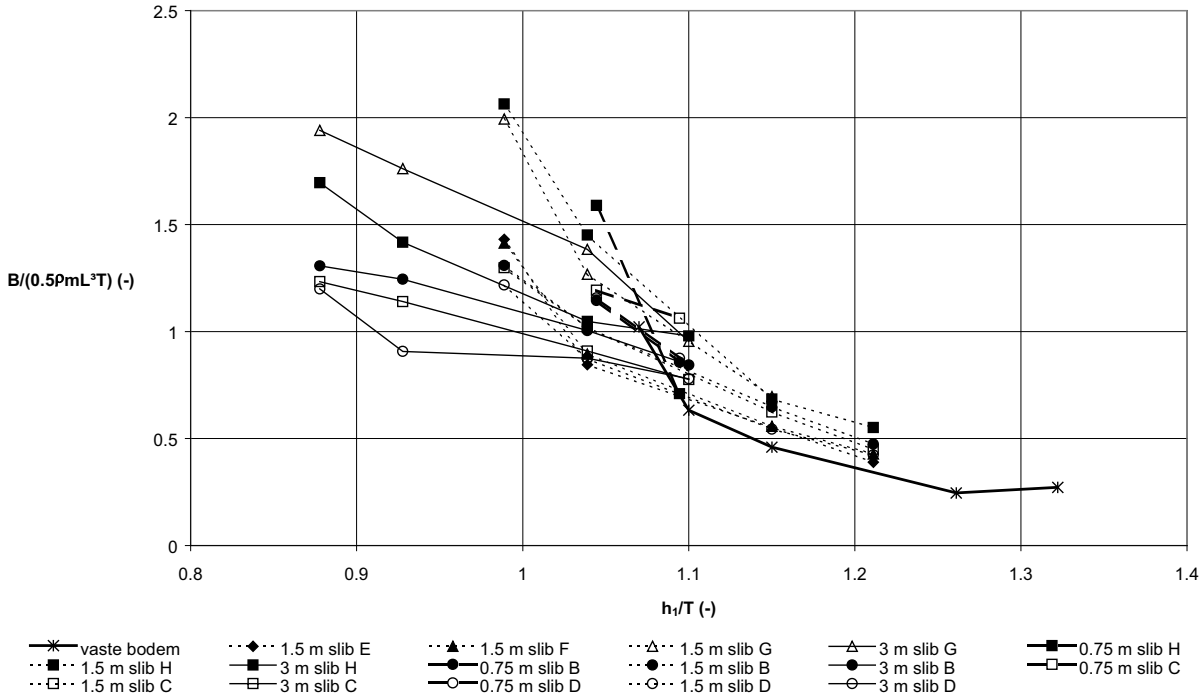
Figuur 6.4b. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze giersnelheidsafgeleide van het giermoment in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving.



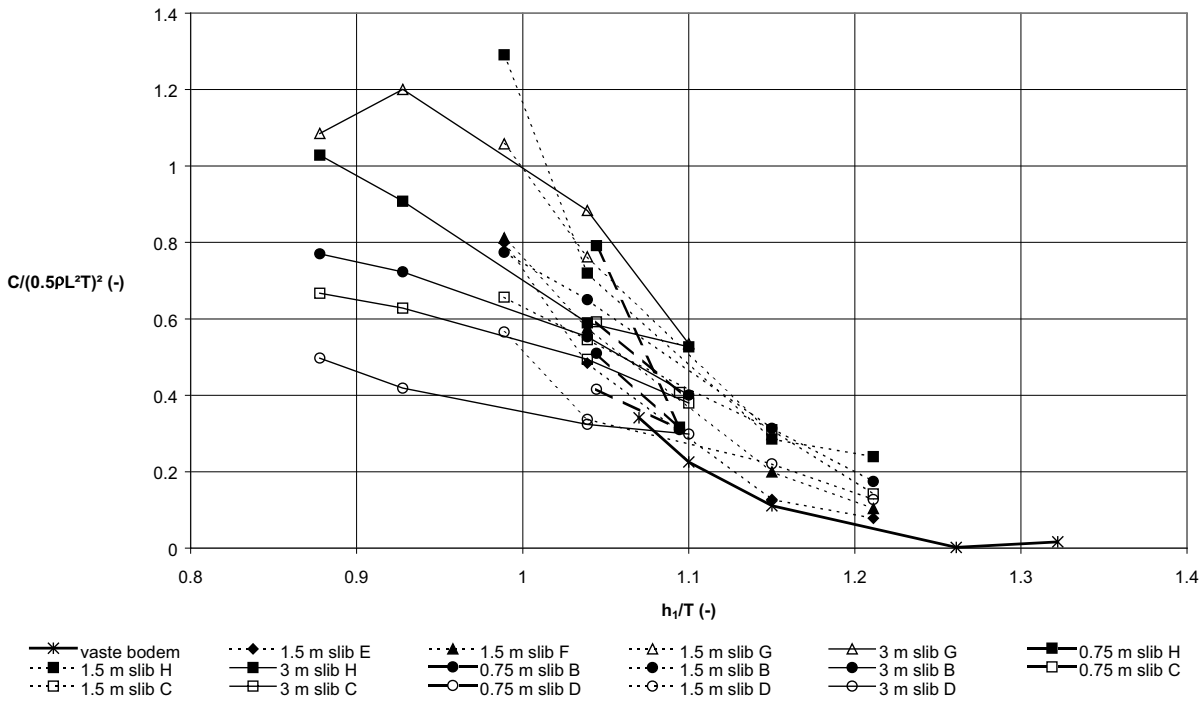
Figuur 6.5. Scheepsmodel D: Verloop van $Y_{\delta uu}$ in functie van de kielspeling ten opzichte van top slib. Invloed van de vaaromgeving. Toestand bij rechtdoor varen onder zelfpropulsie.



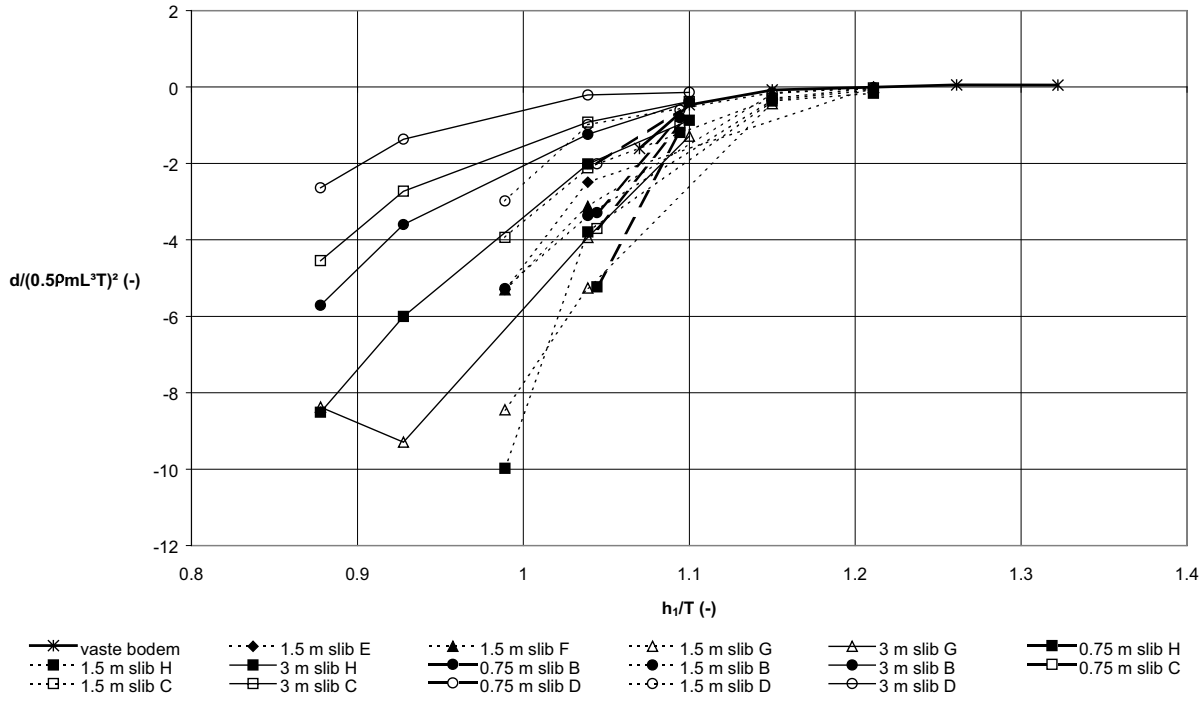
Figuur 6.6a. Scheepsmodel D: Dimensieloze coëfficiënt van σ^2 uit de vergelijking van de stabiliteitsindices. Invloed van de vaaromgeving.



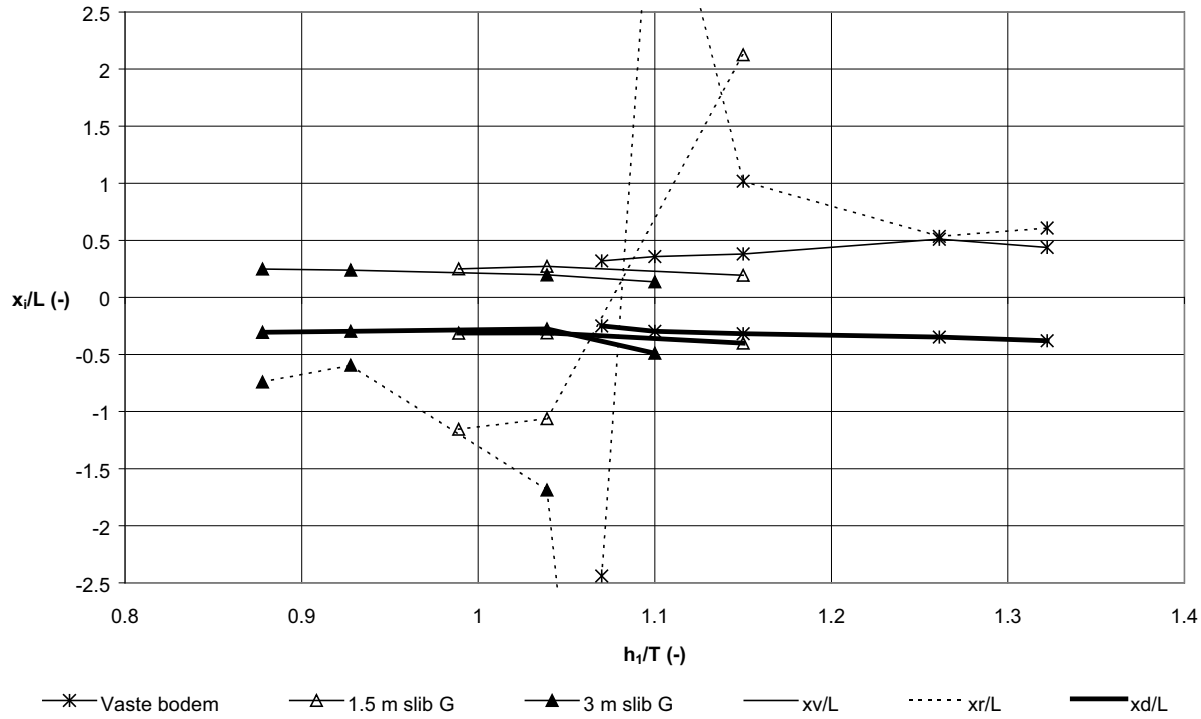
Figuur 6.6b. Dimensieloze coëfficiënt van σ^1 uit de vergelijking van de stabiliteitsindices. Invloed van de vaaromgeving.



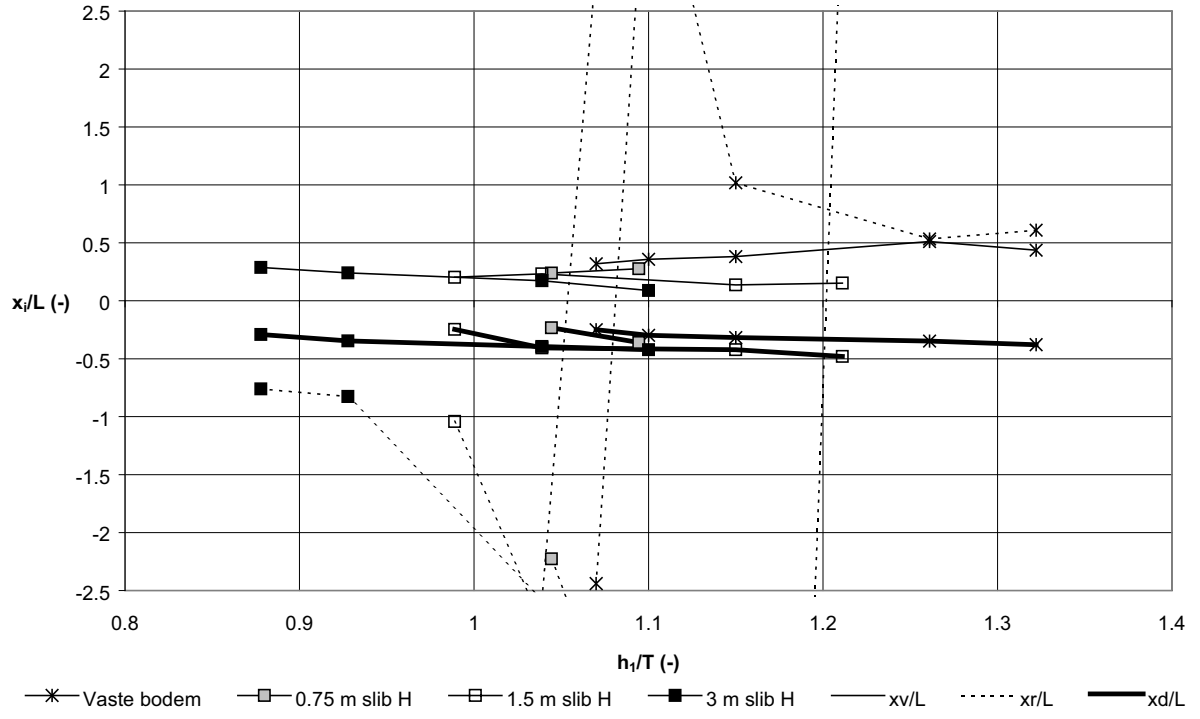
Figuur 6.6c. Scheepsmodel D: Dimensieloze coëfficiënt van σ^0 uit de vergelijking van de stabiliteitsindices. Invloed van de vaaromgeving.



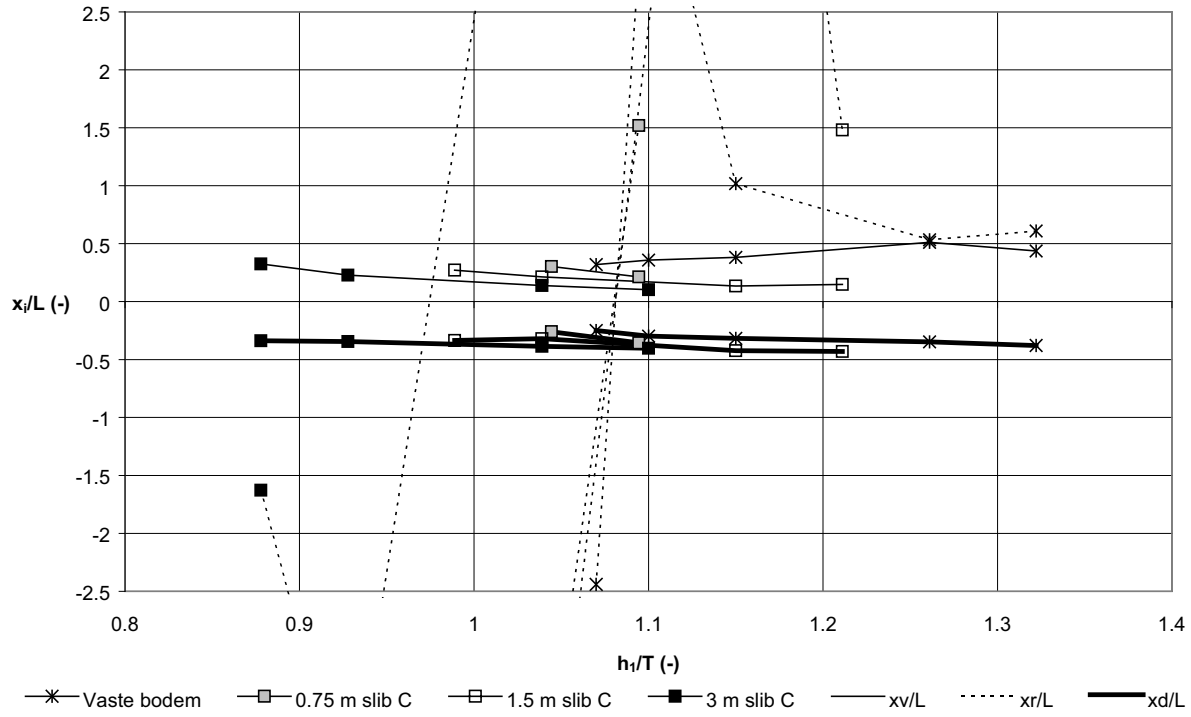
Figuur 6.7. Scheepsmodel D: Dimensieloze discriminant uit de vergelijking van de stabiliteitsindices. Invloed van de vaaromgeving.



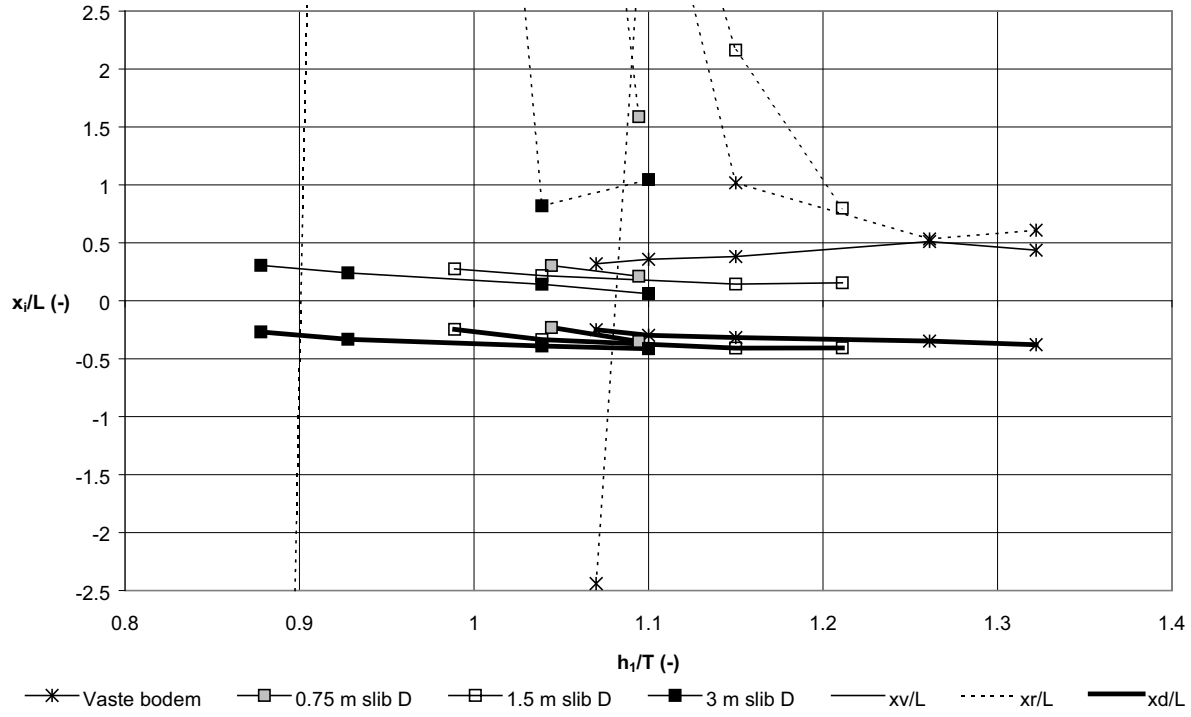
Figuur 6.8a. Scheepsmodel D: Dimensieloze aangrijpingspunten van de verzetkracht tengevolge van verzetten (x_v/L), gieren (x_r/L) en roerwerking (x_δ/L). Vergelijking tussen de vaste bodem en slib G.



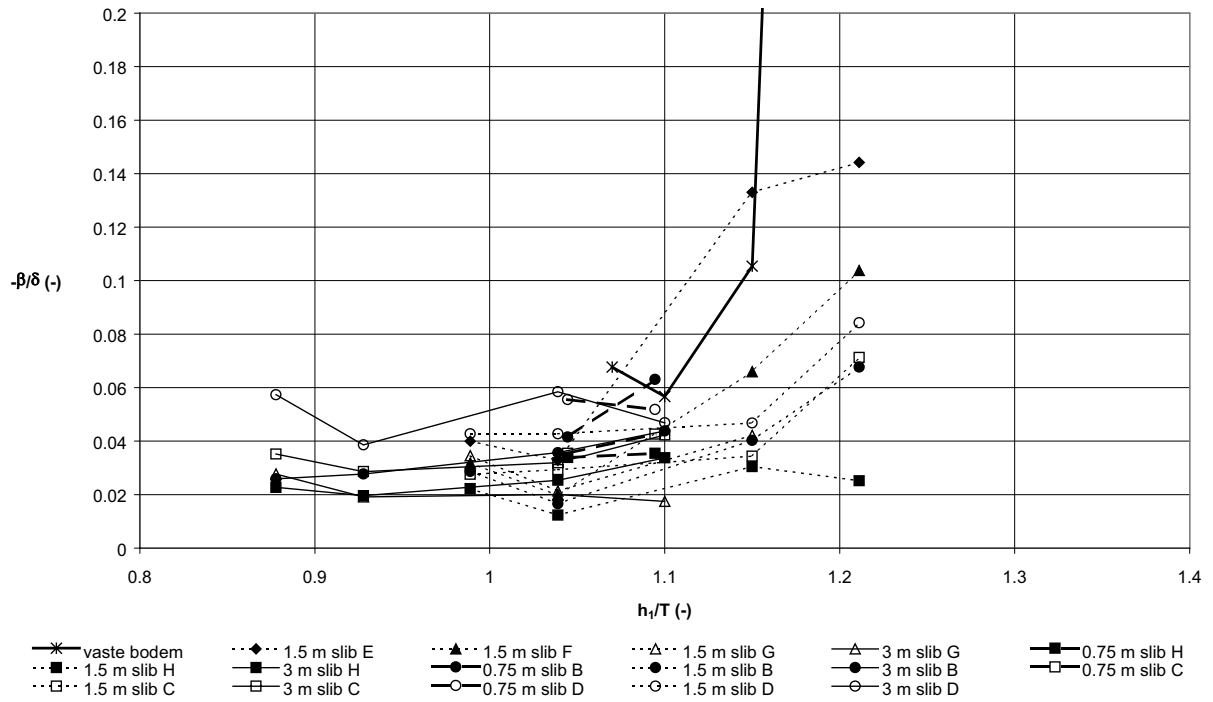
Figuur 6.8b. Scheepsmodel D: Dimensieloze aangrijpingspunten van de verzetkracht tengevolge van verzetten (x_v/L), gieren (x_r/L) en roerwerking (x_δ/L). Vergelijking tussen de vaste bodem en slib H.



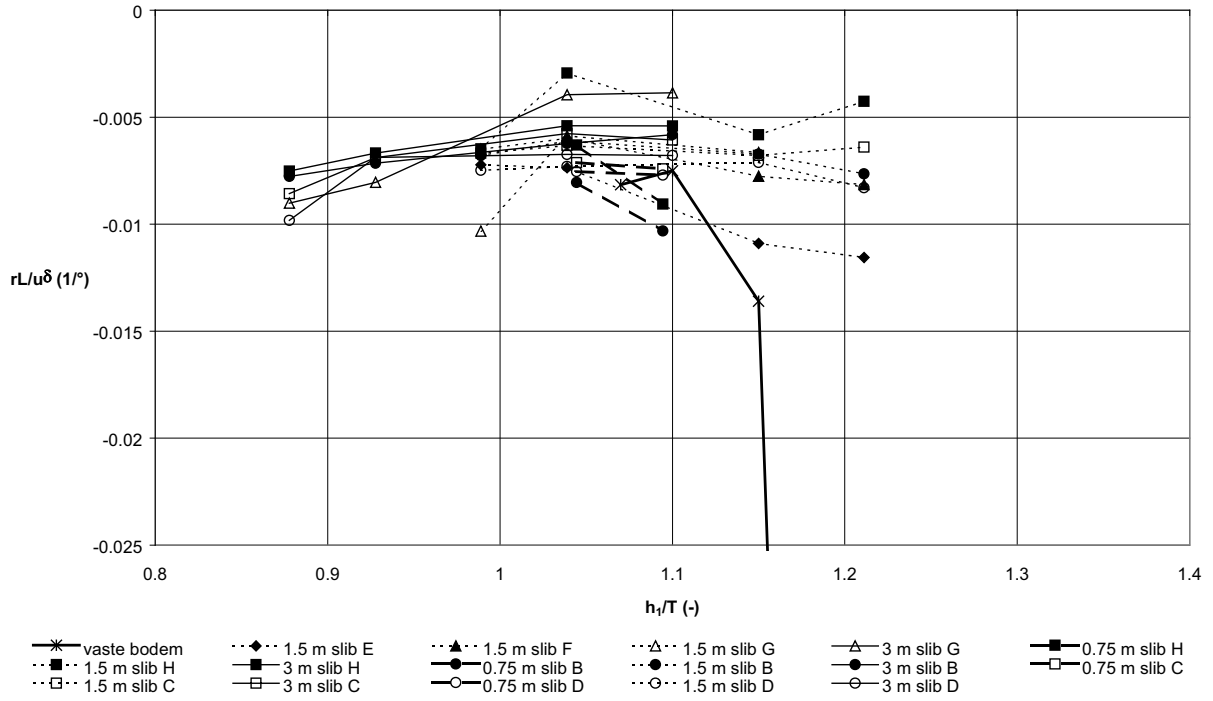
Figuur 6.8c. Scheepsmodel D: Dimensieloze aangrijpingspunten van de verzetkracht tengevolge van verzetten (x_v/L), gieren (x_r/L) en roerwerking (x_δ/L). Vergelijking tussen de vaste bodem en slib C.



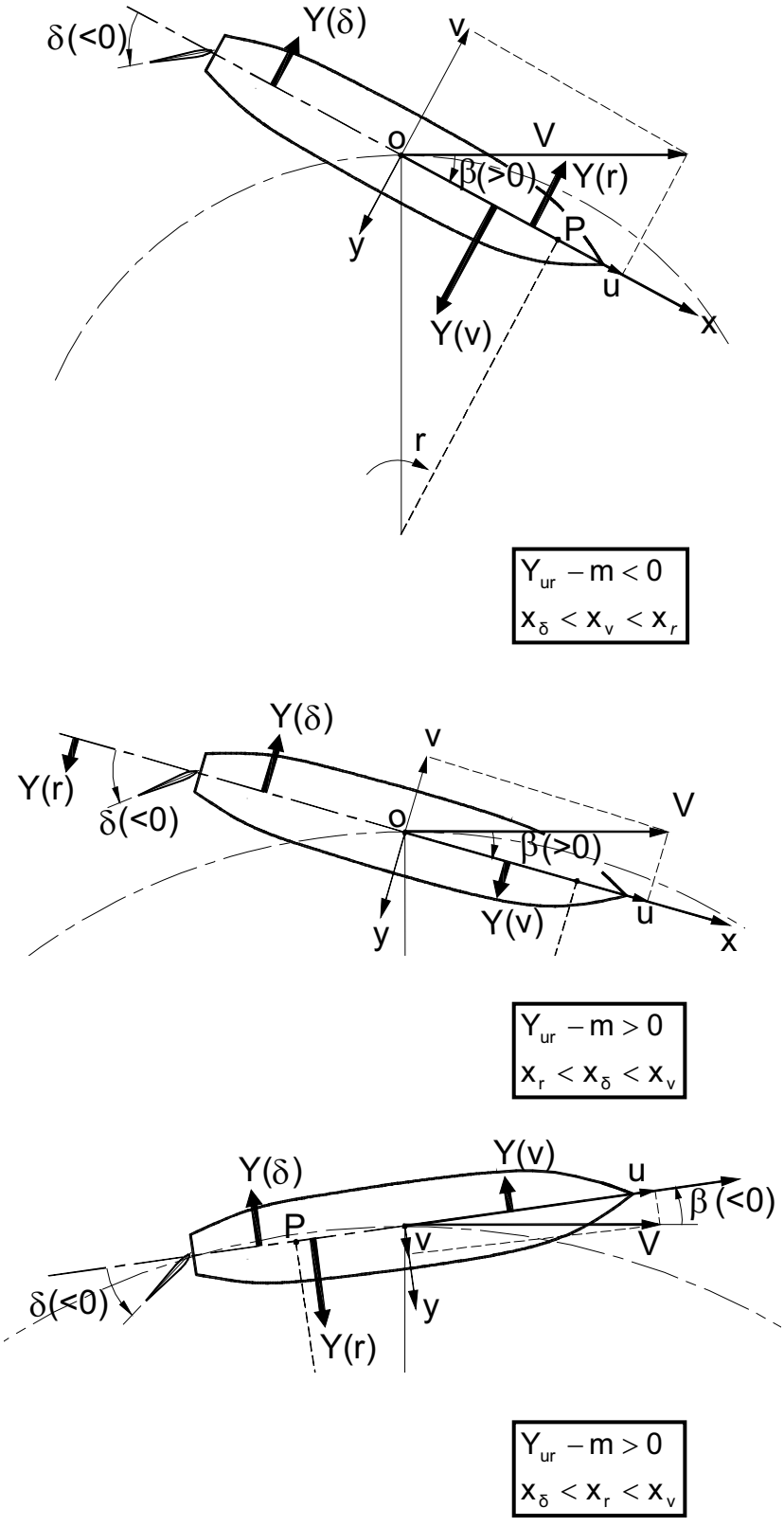
Figuur 6.8d. Scheepsmodel D: Dimensieloze aangrijpingspunten van de verzetkracht tengevolge van verzetten (x_v/L), gieren (x_r/L) en roerwerking (x_δ/L). Vergelijking tussen de vaste bodem en slib D.



Figuur 6.9a. Scheepsmodel D: Verloop in regimetoestand van de driftbeweging ten gevolge van roerwerking. Invloed van de vaaromgeving.

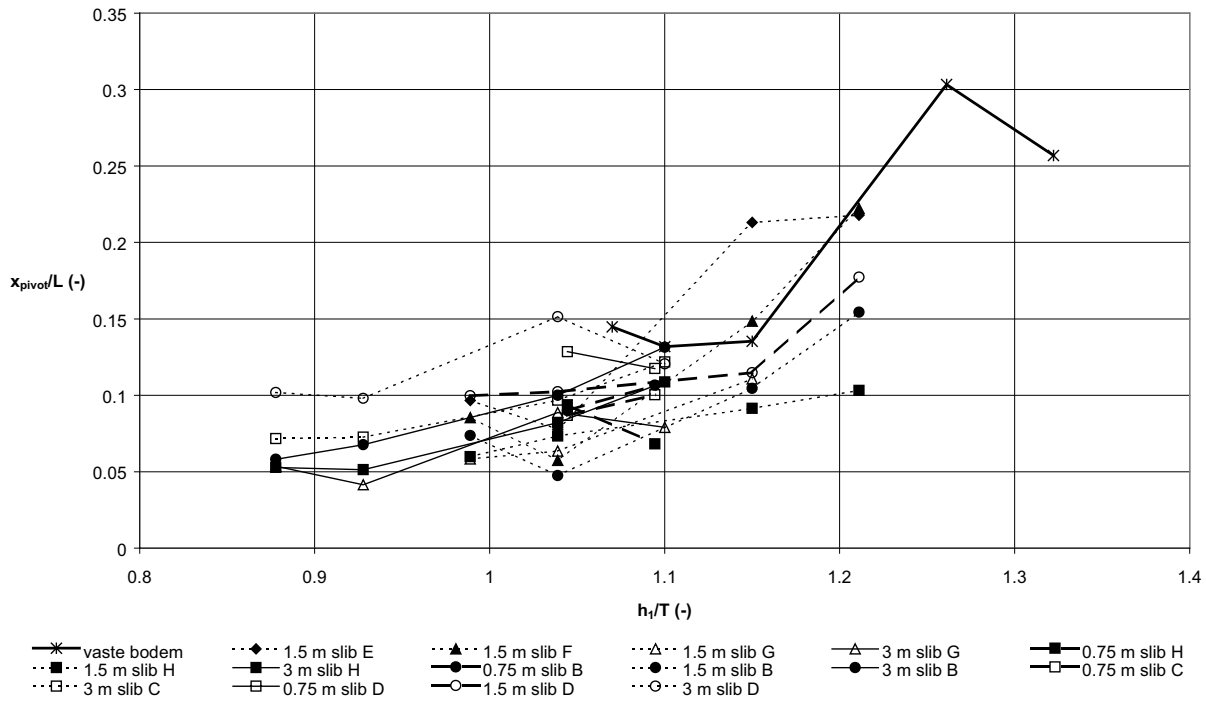


Figuur 6.9b. Scheepsmodel D: Verloop in regimetoestand van de gierbeweging ten gevolge van roerwerking. Invloed van de vaaromgeving.

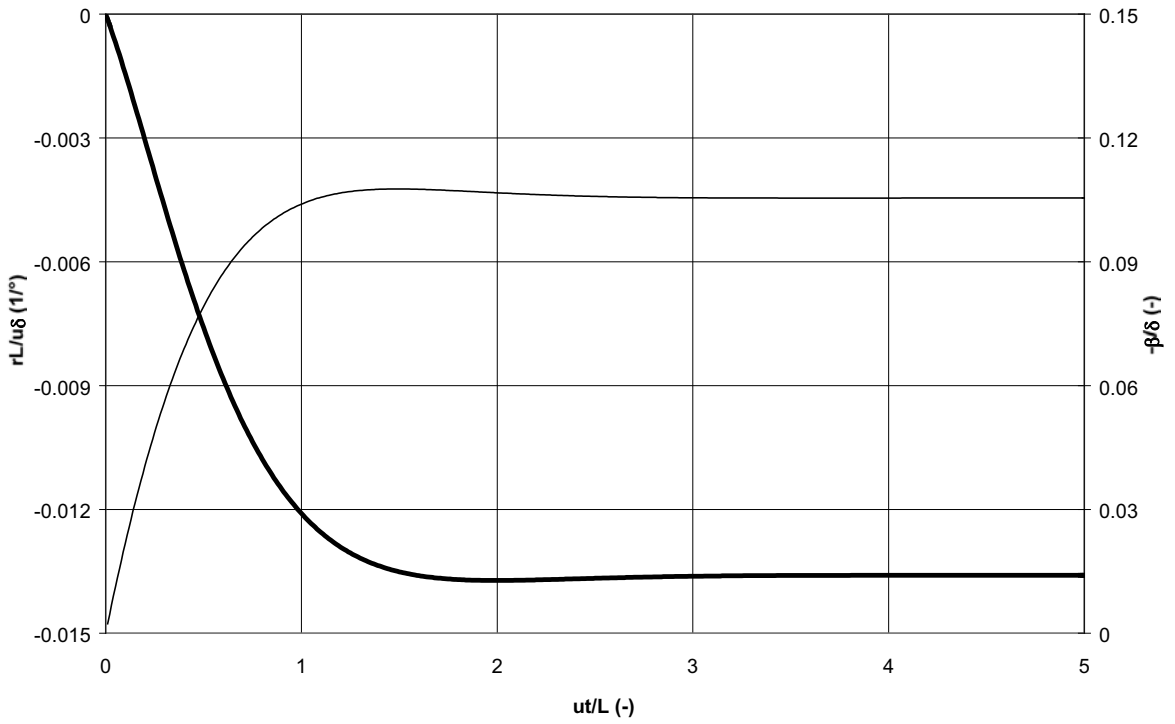


Verloop bij afnemende kielspeling

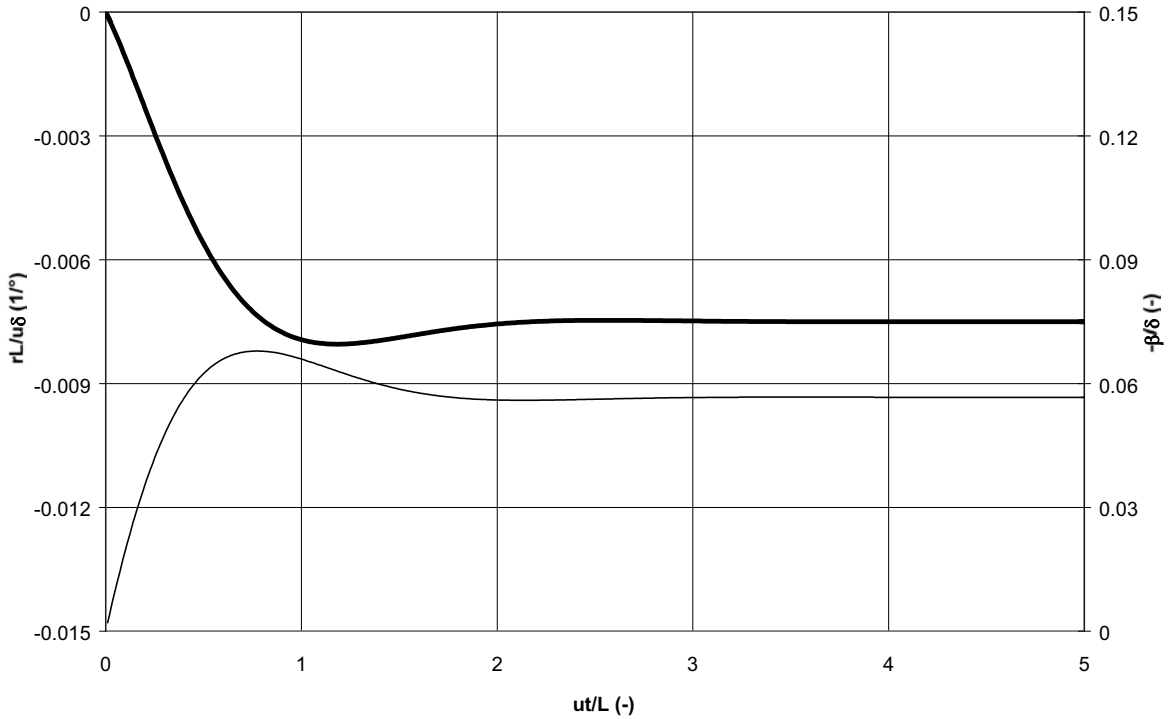
Figuur 6.10. Krachtenevenwicht in regimetoestand ten gevolge van roerwerking, in functie van de kielspeling.



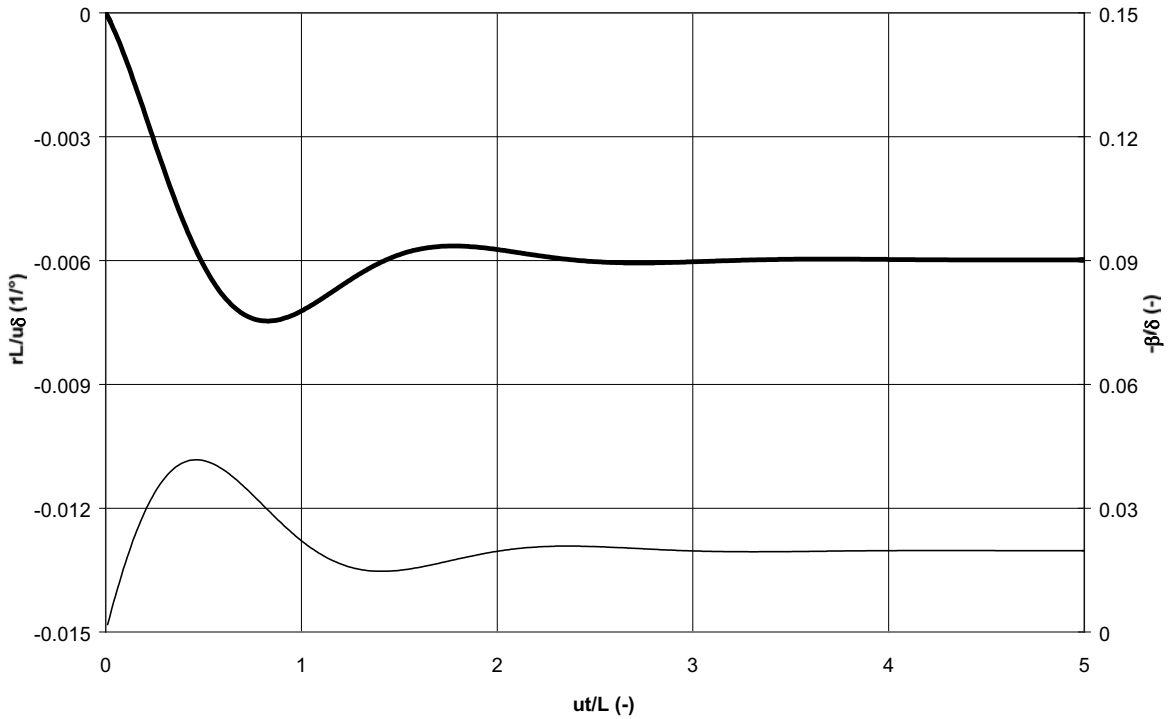
Figuur 6.11. Scheepsmodel D: Ligging van het draaipunt. Invloed van de vaaromgeving.



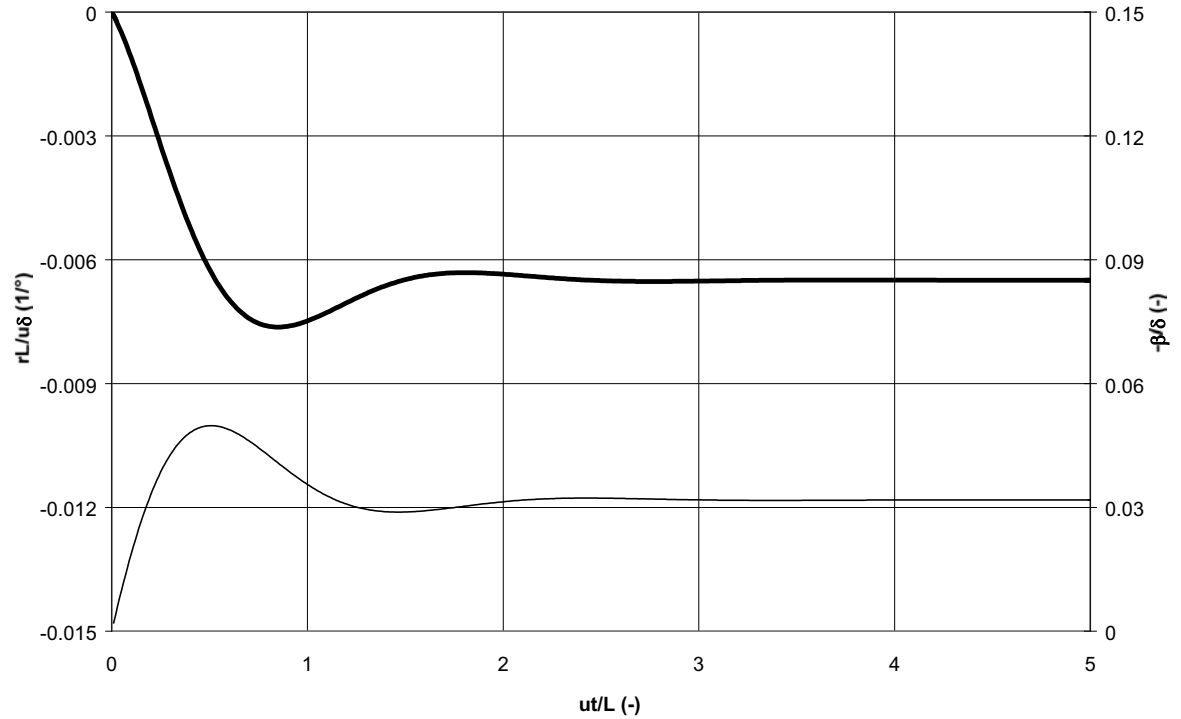
Figuur 6.12a. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks PB: 15% ukc t.o.v. vaste bodem.



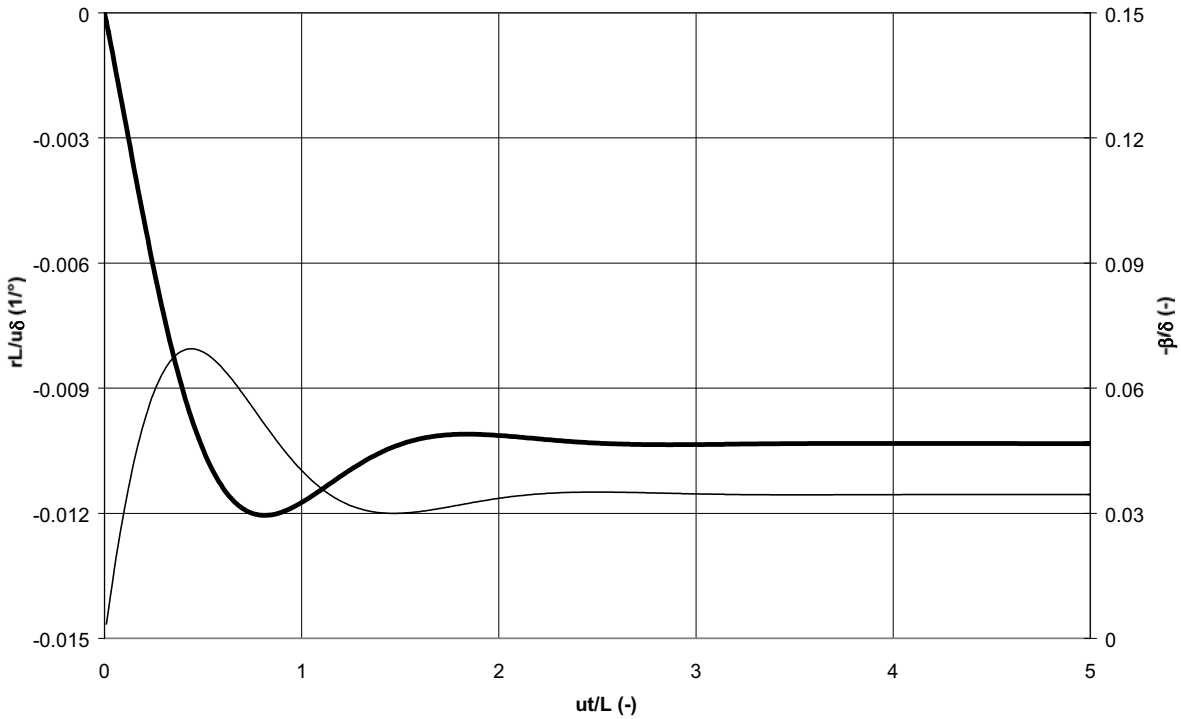
Figuur 6.12b. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks PC: 10 % ukc t.o.v. vaste bodem.



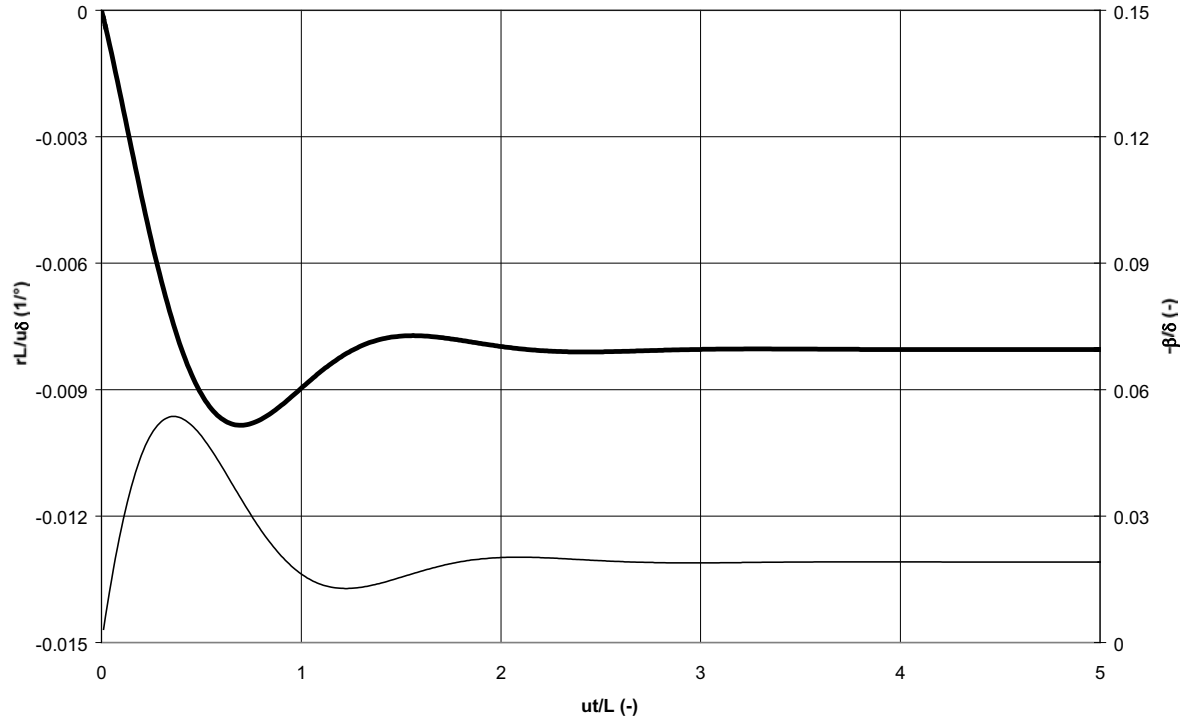
Figuur 6.12c. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks PP: 3.9% ukc t.o.v. slib F.



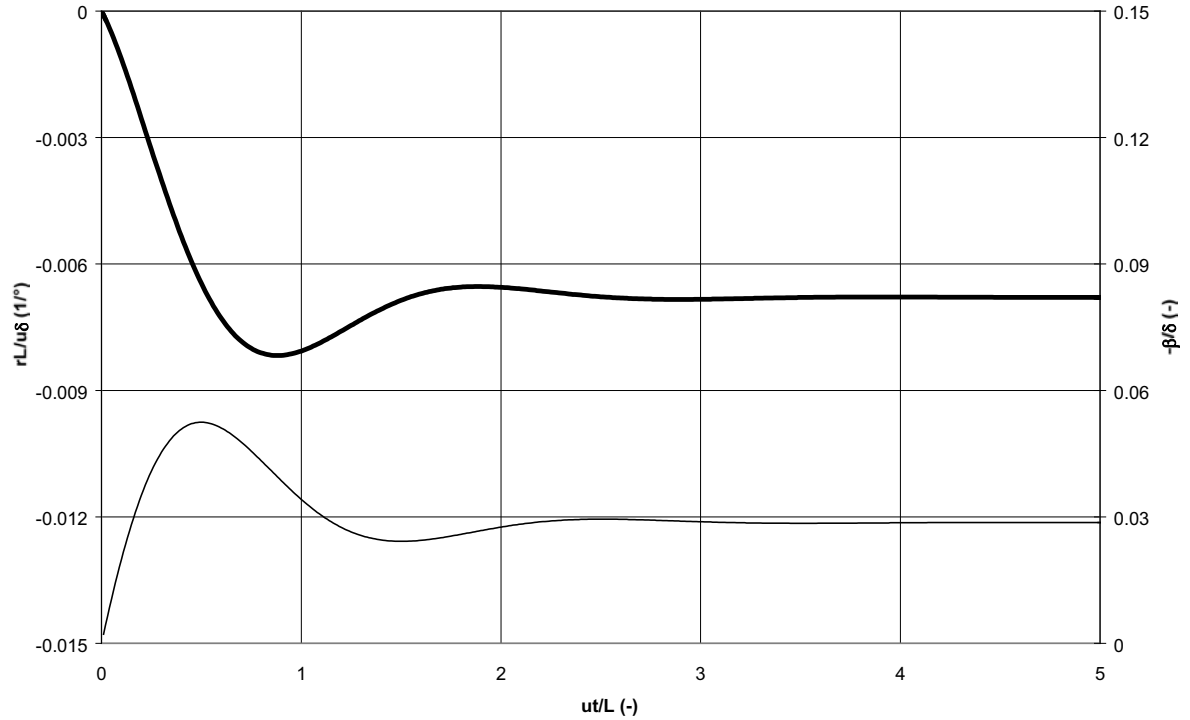
Figuur 6.12d. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks PQ: -1.1% ukc t.o.v. slib F.



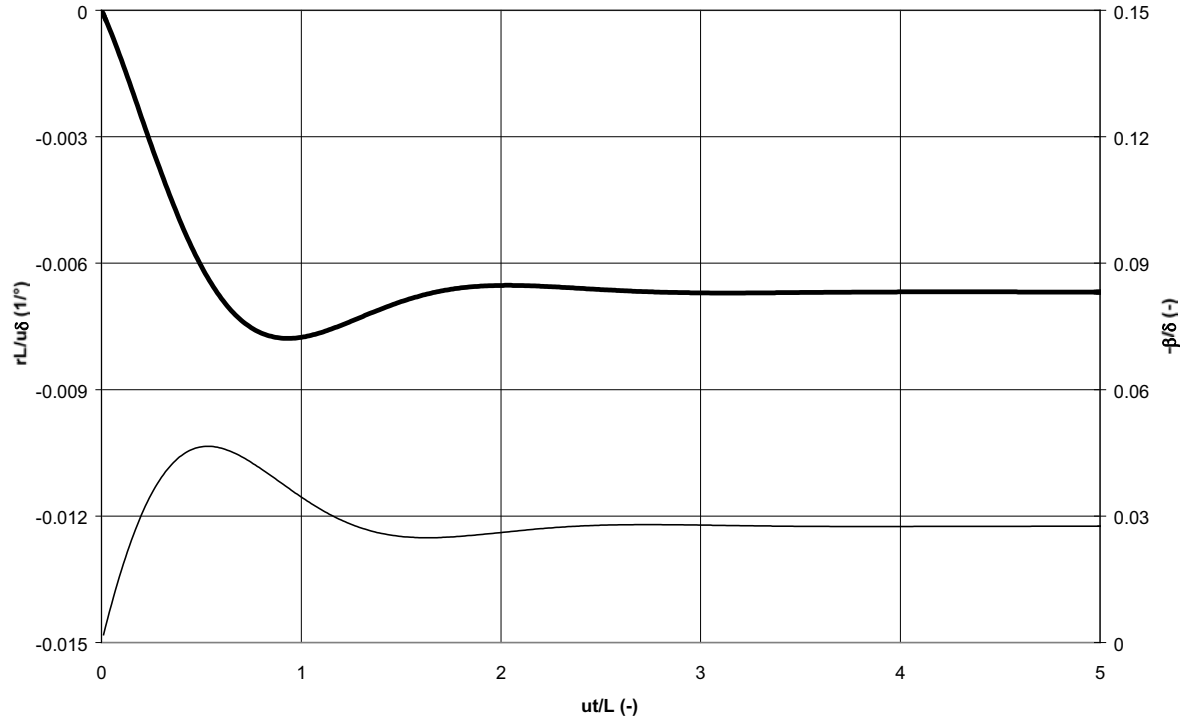
Figuur 6.12e. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks PZ: -1.1% ukc t.o.v. slib G.



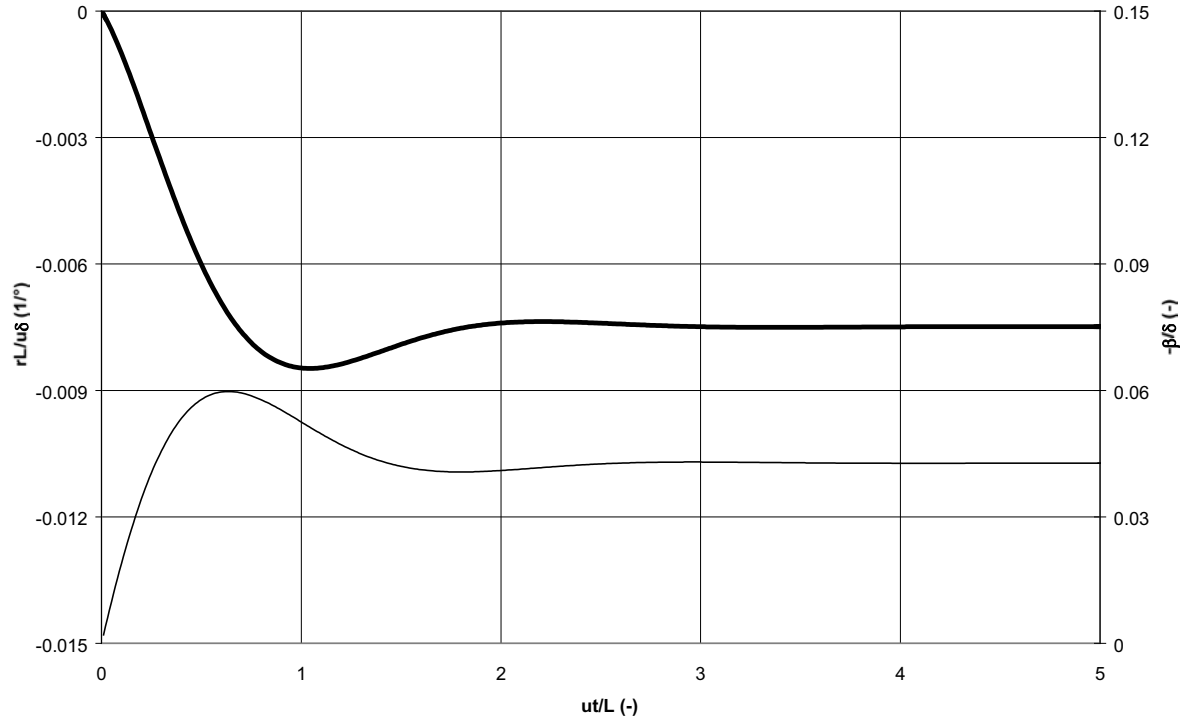
Figuur 6.12f. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks RA: -7.2% ukc t.o.v. slib G.



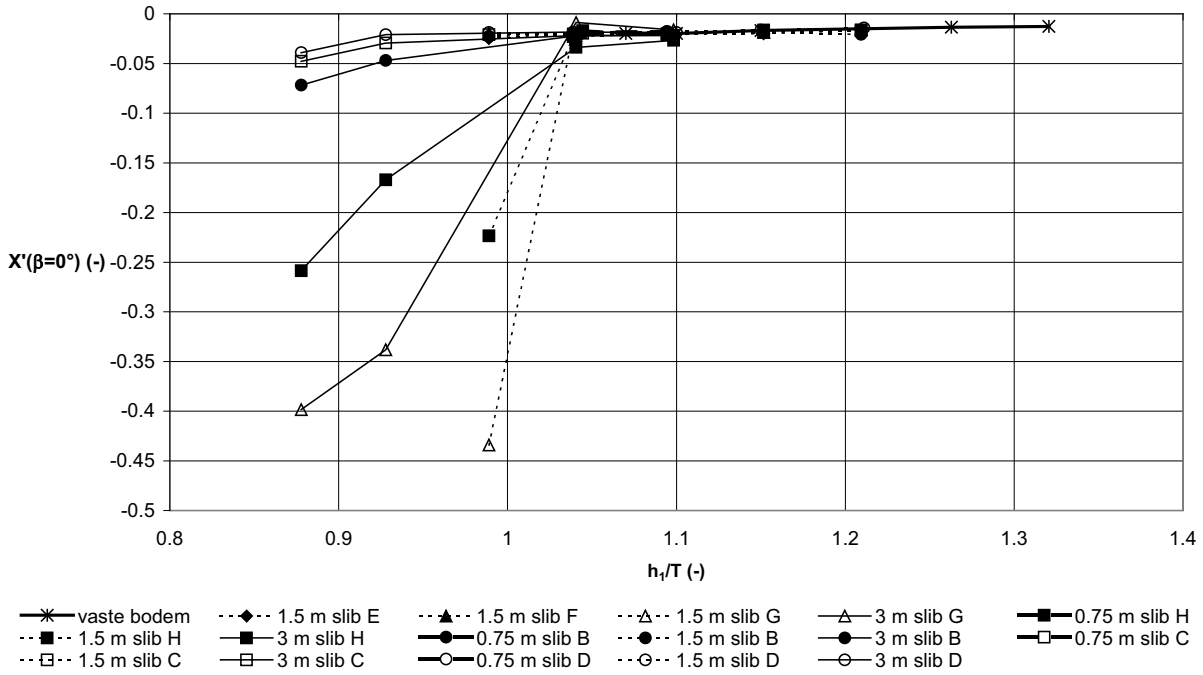
Figuur 6.12g. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks RX: -1.1% ukc t.o.v. slib B.



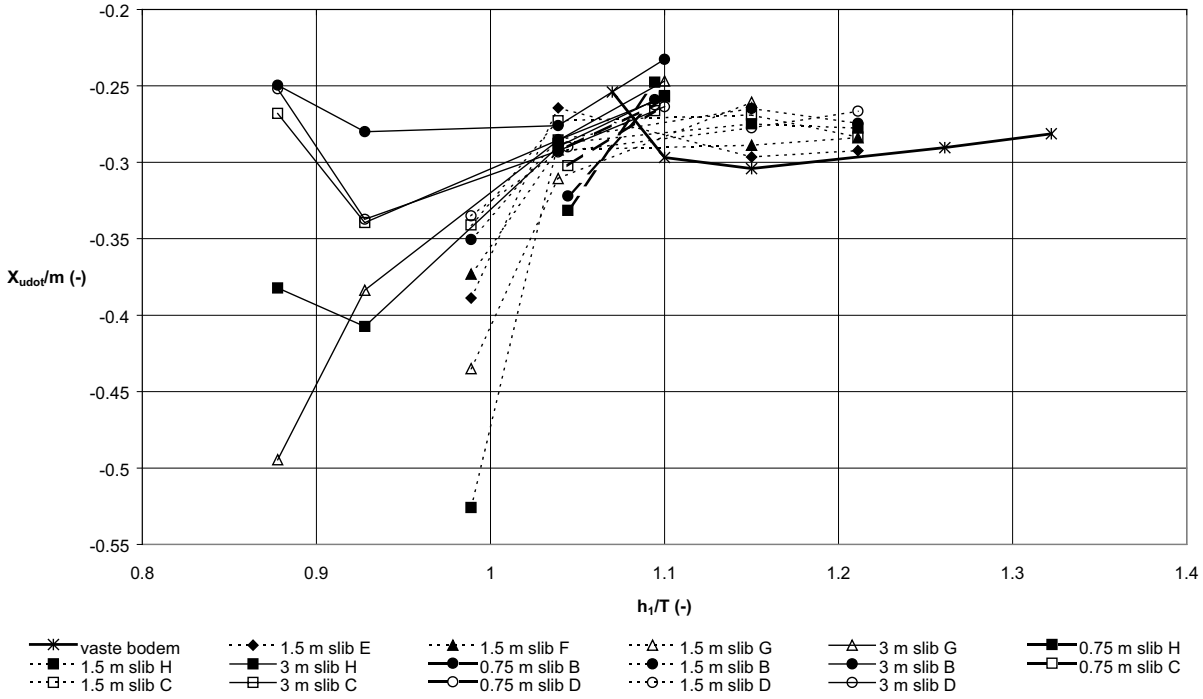
Figuur 6.12h. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks TI: -1.1% ukc t.o.v. slib C.



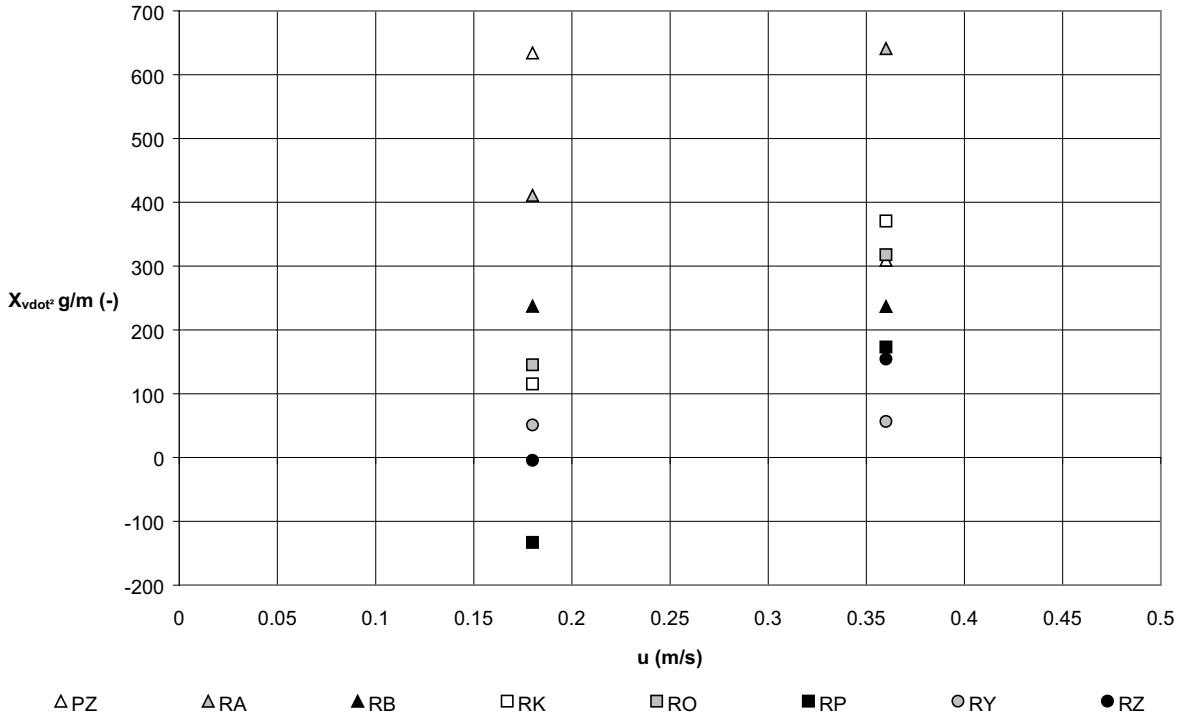
Figuur 6.12i. Scheepsmodel D: Transitie van de gierbeweging (**---**) en de verzetbeweging (---) ten gevolge van roeractie in functie van het aantal afgelegde scheepslengten, reeks TV: -1.1% ukc t.o.v. slib D.



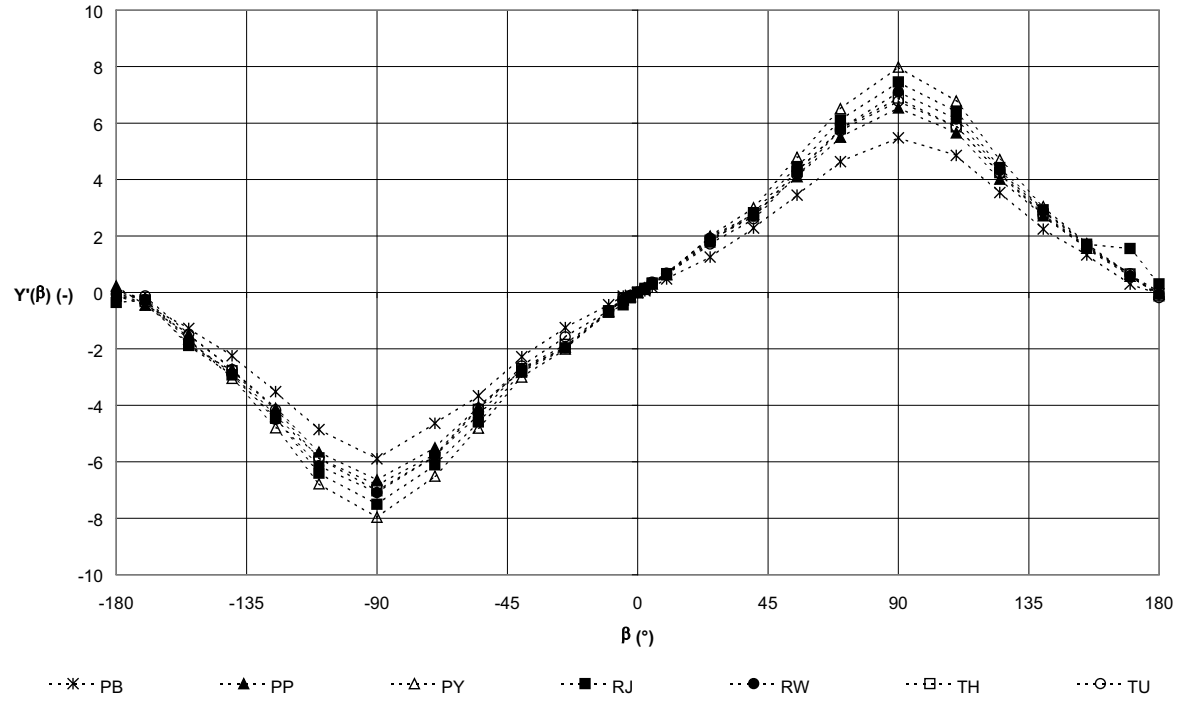
Figuur 6.13a. Scheepsmodel D: Verloop van X'(β=0°) voor de verschillende slibsoorten. Het schip vaart vooruit.



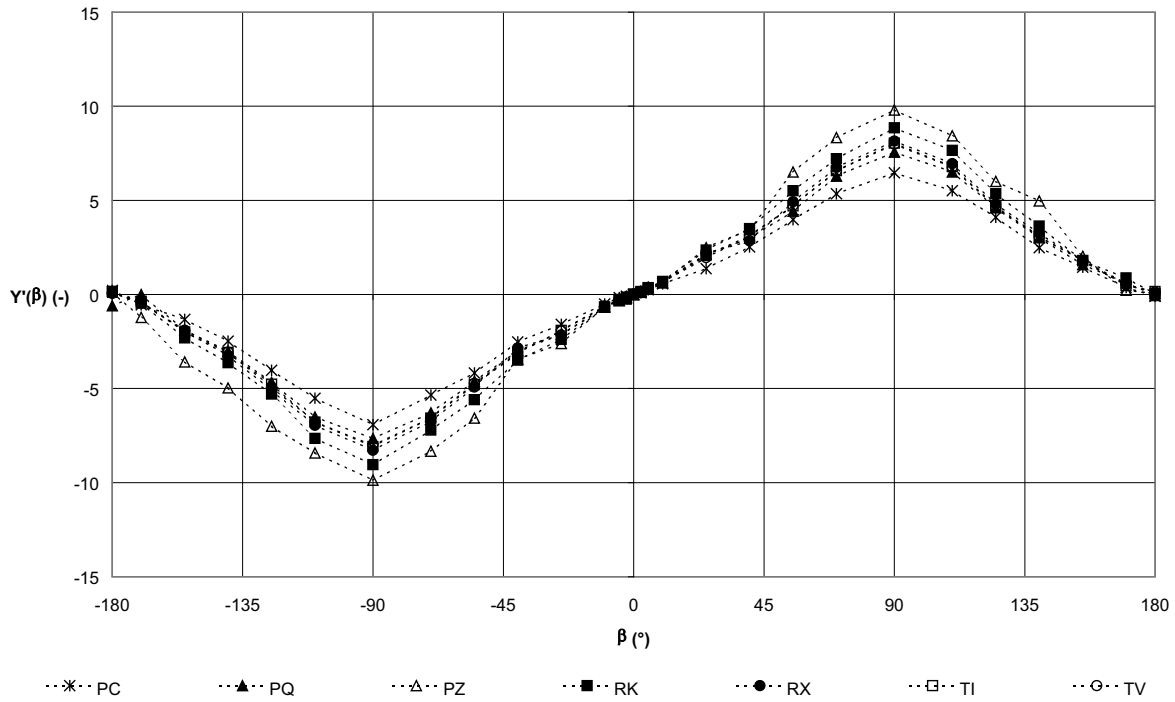
Figuur 6.13b. Scheepsmodel D: Verloop van X_{udot} voor de verschillende slibsoorten. Het schip vaart vooruit.



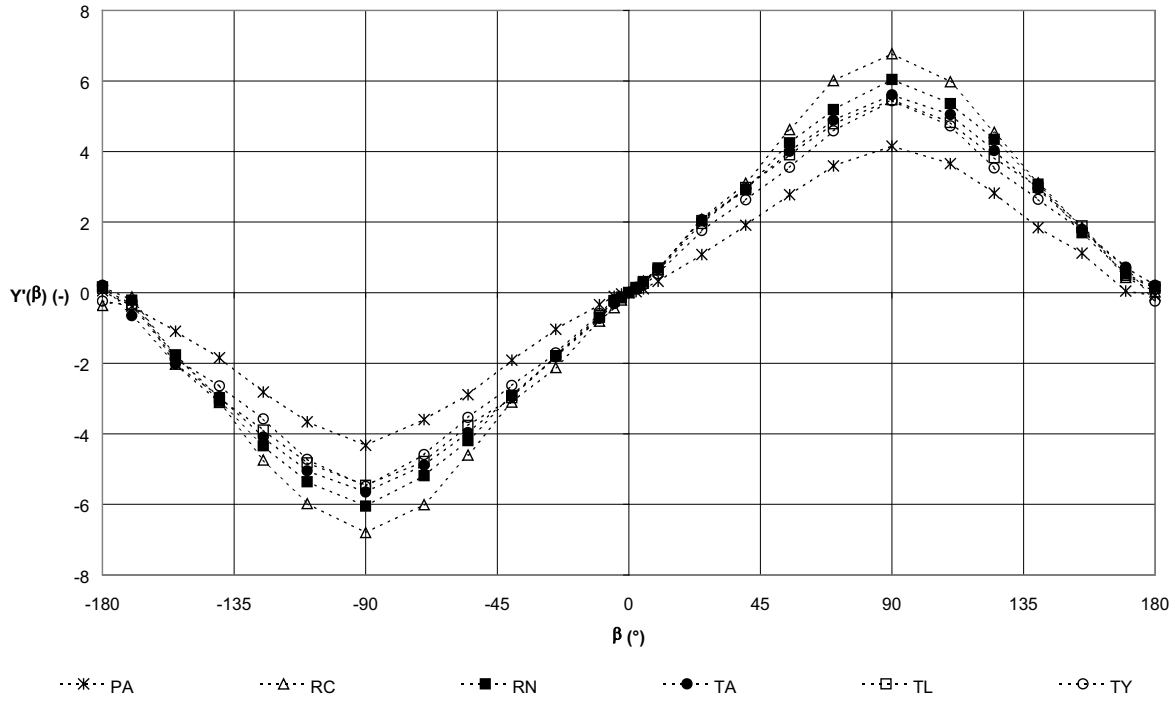
Figuur 6.14. Scheepsmodel D: Verloop van X_{vdot^2} voor de verschillende slibsoorten. Het schip vaart vooruit.



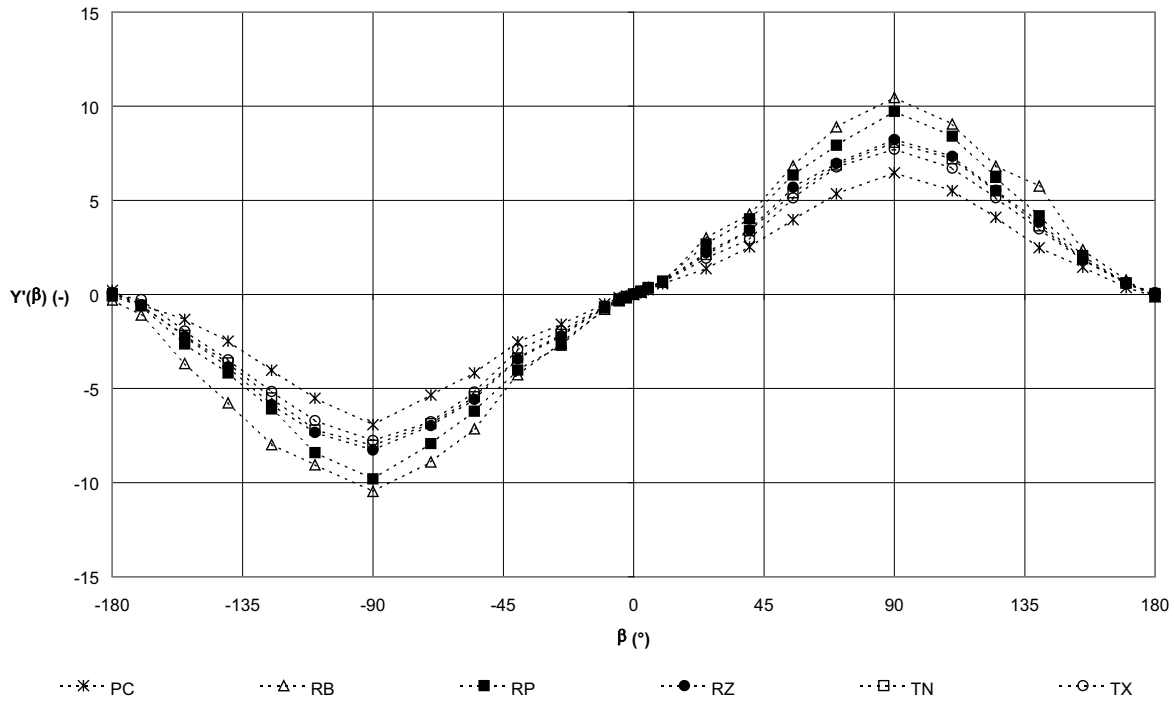
Figuur 6.15a. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(β) voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



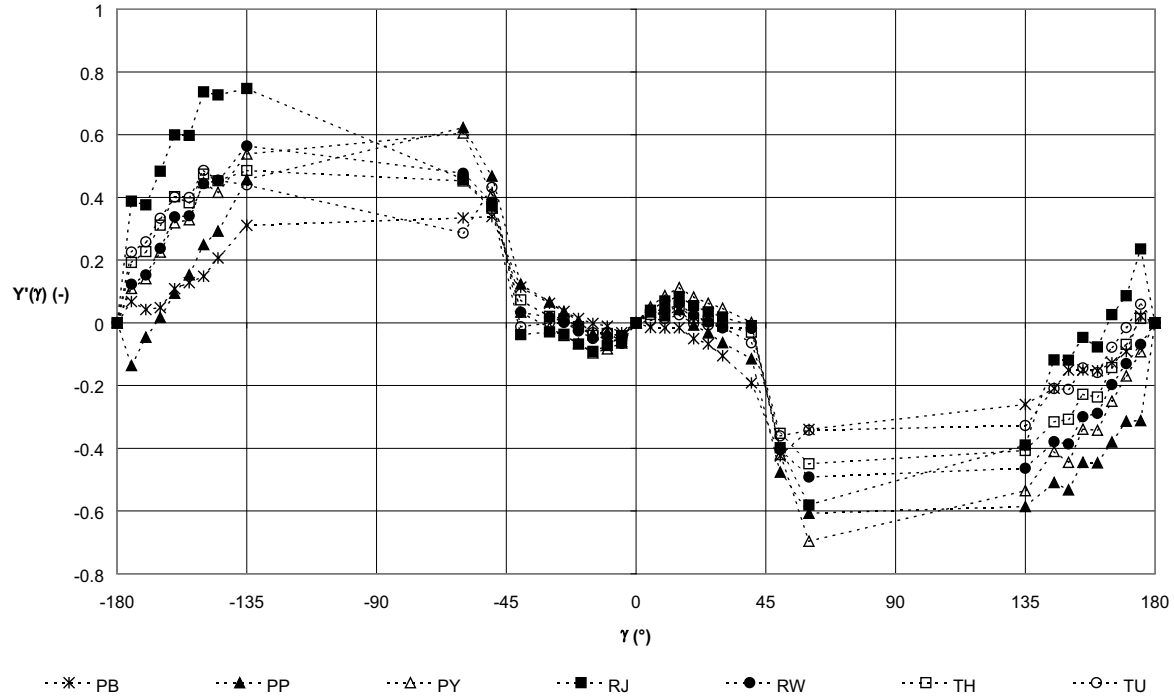
Figuur 6.15b. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(β) voor verschillende slibsoorten. – 1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



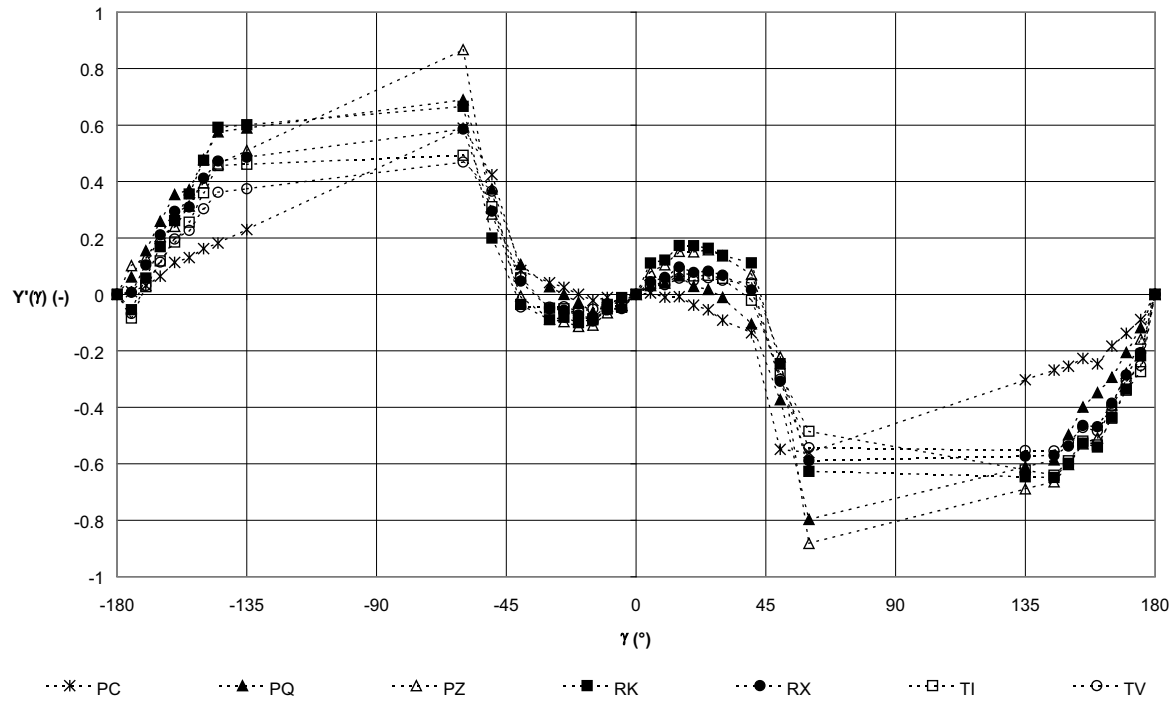
Figuur 6.15c. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(β) voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



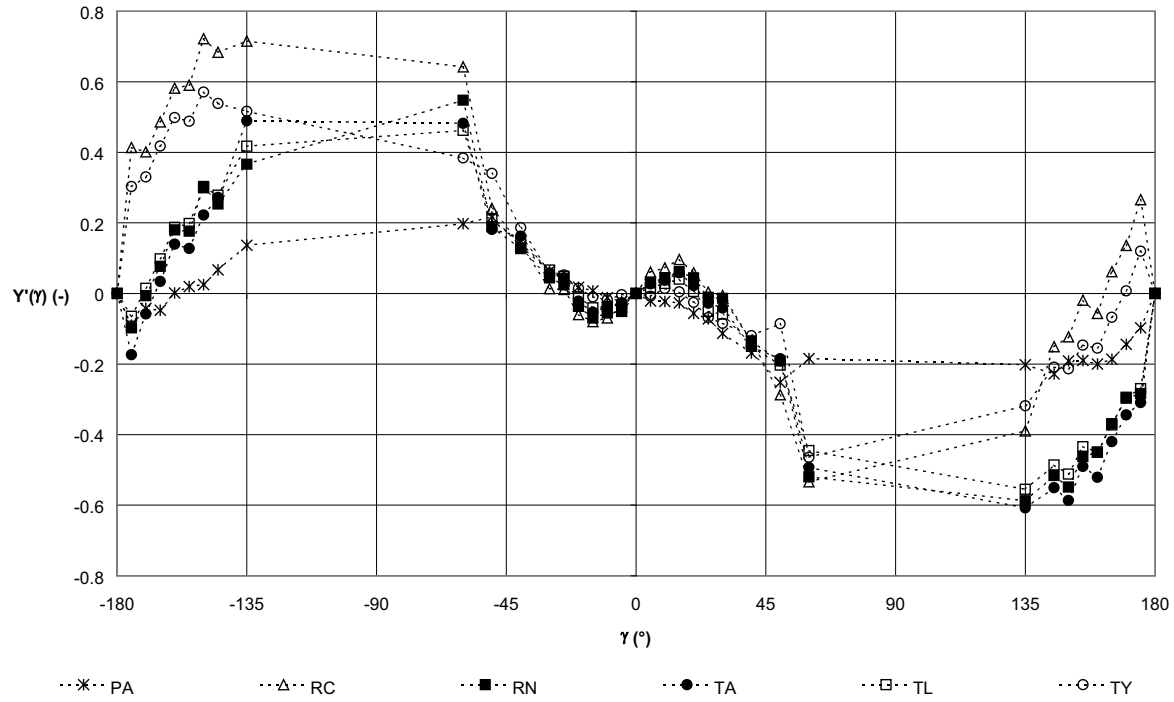
Figuur 6.15d. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(β) voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



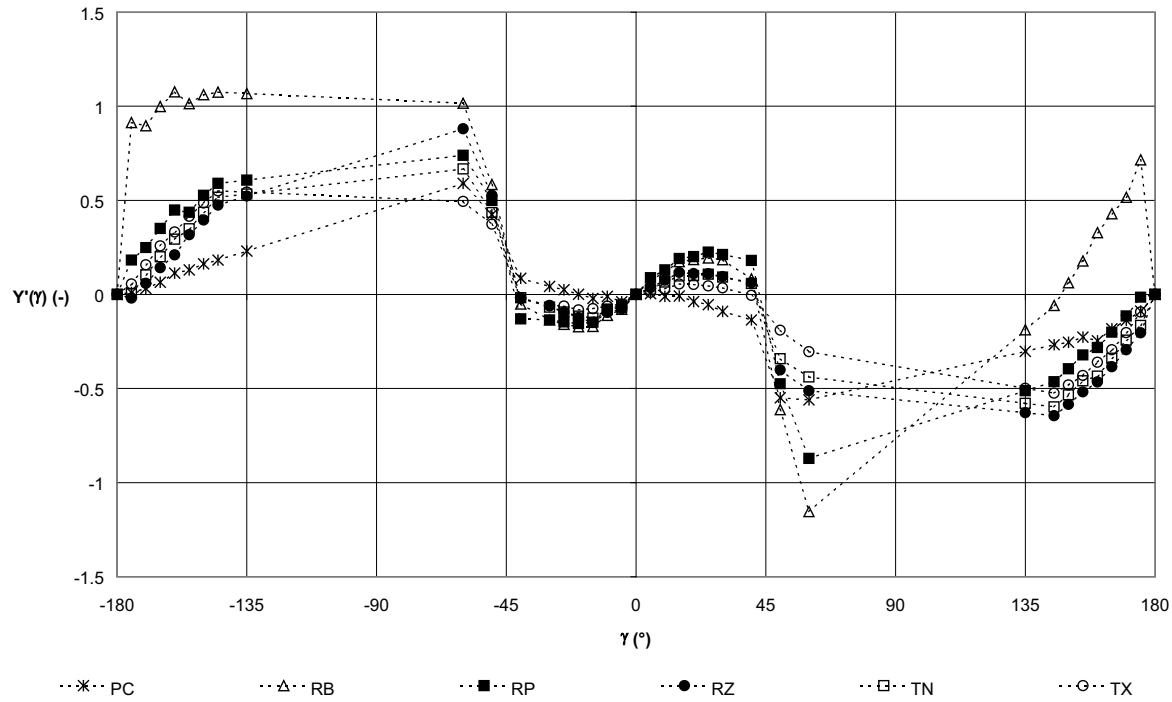
Figuur 6.16a. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(γ) voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



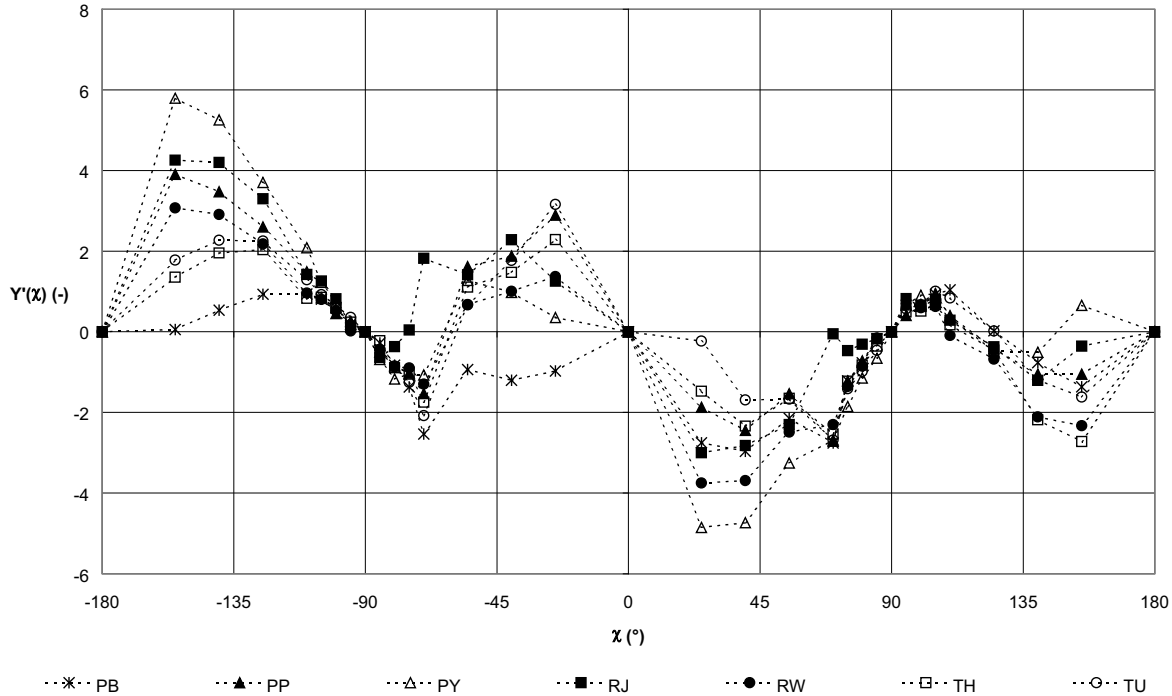
Figuur 6.16b. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(γ) voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



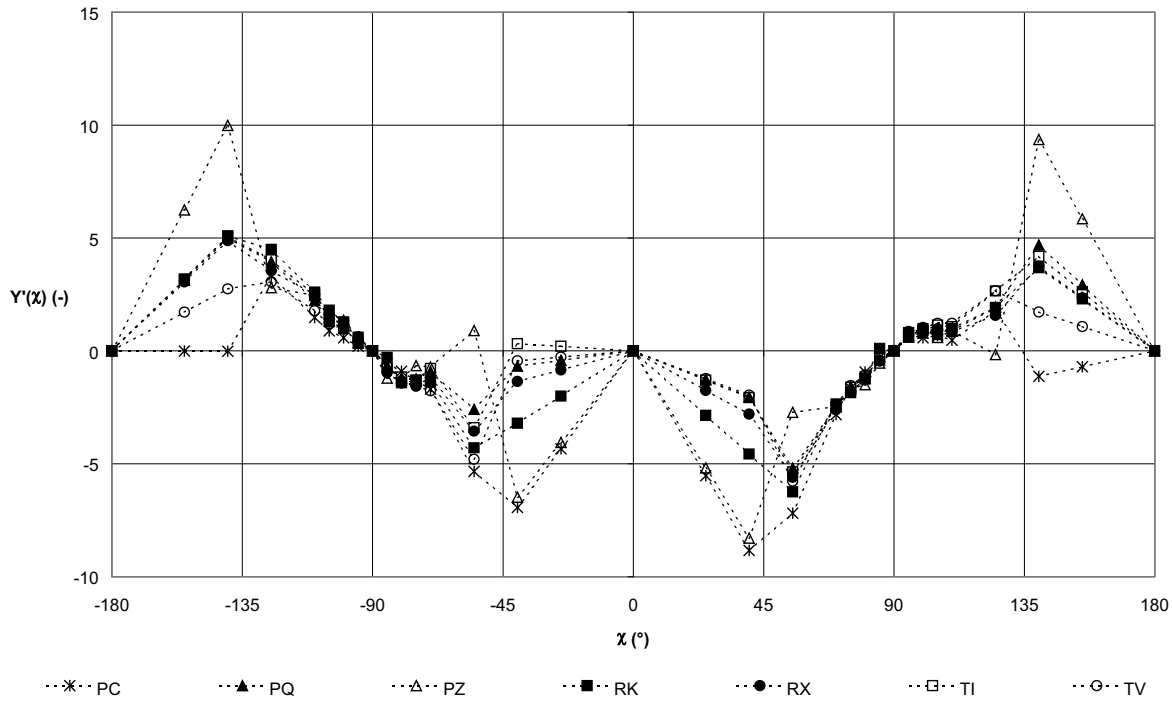
Figuur 6.16c. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(γ) voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



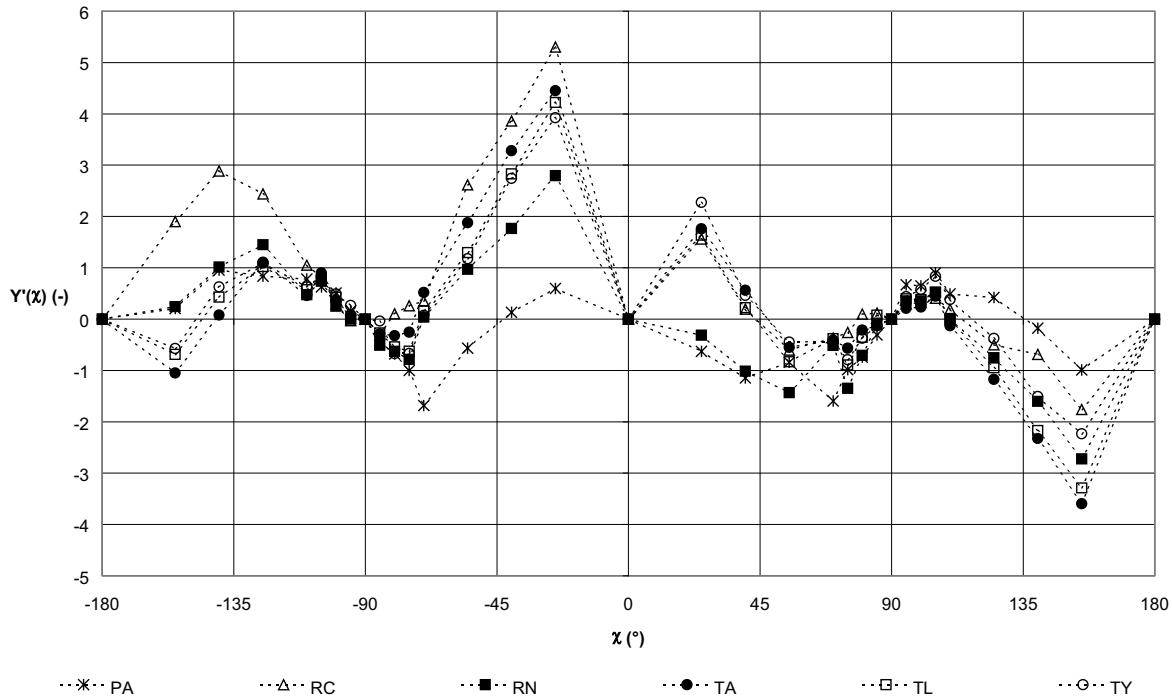
Figuur 6.16d. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(γ) voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



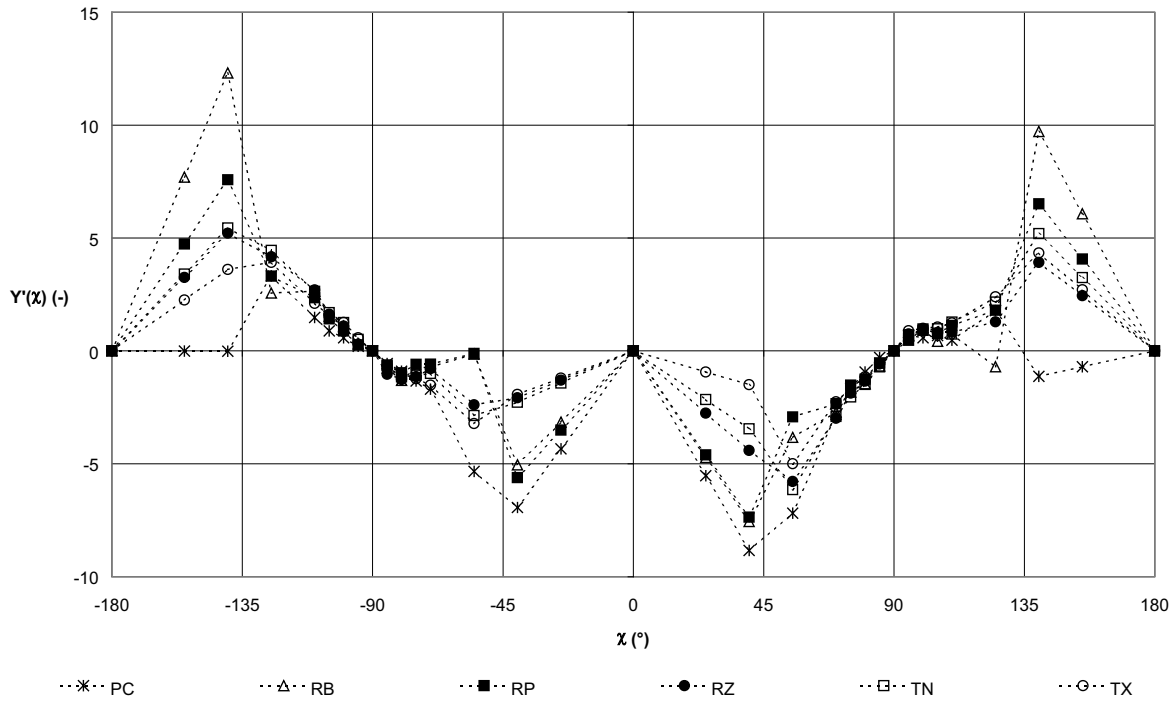
Figuur 6.17a. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(χ) voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart vooruit boven 1.5 m slib.



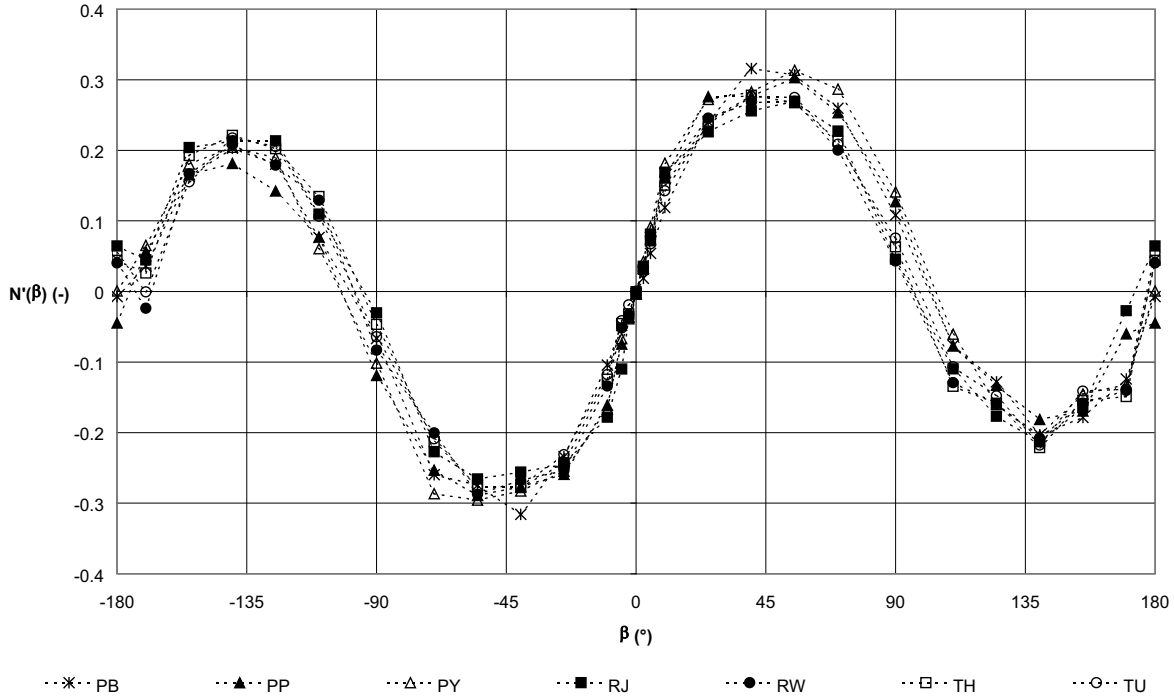
Figuur 6.17b. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(χ) voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart vooruit in contact met 1.5 m slib.



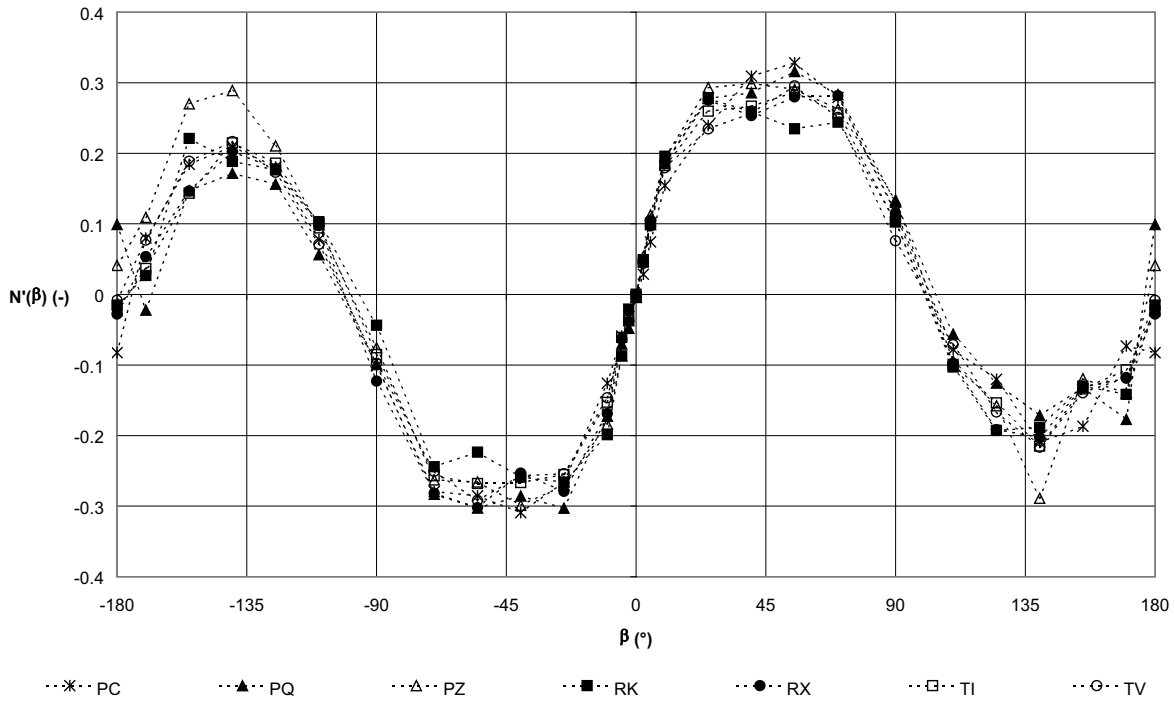
Figuur 6.17c. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(χ) voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



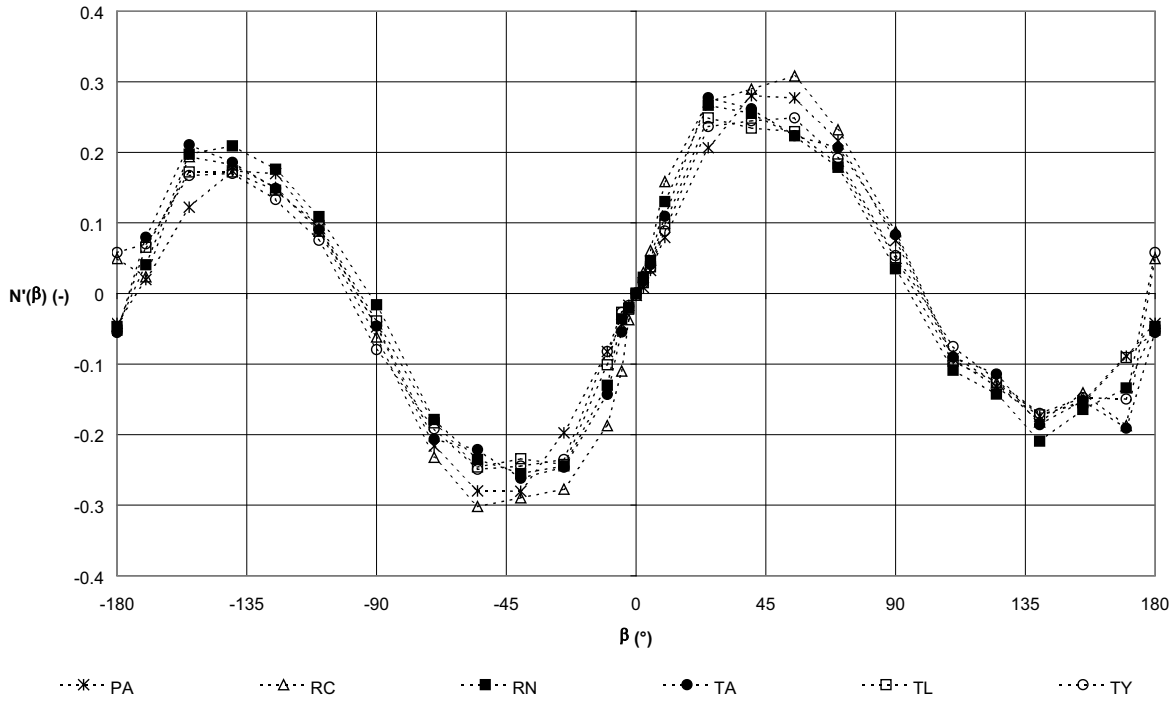
Figuur 6.17d. Scheepsmodel D: Verloop van Y'(χ) voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



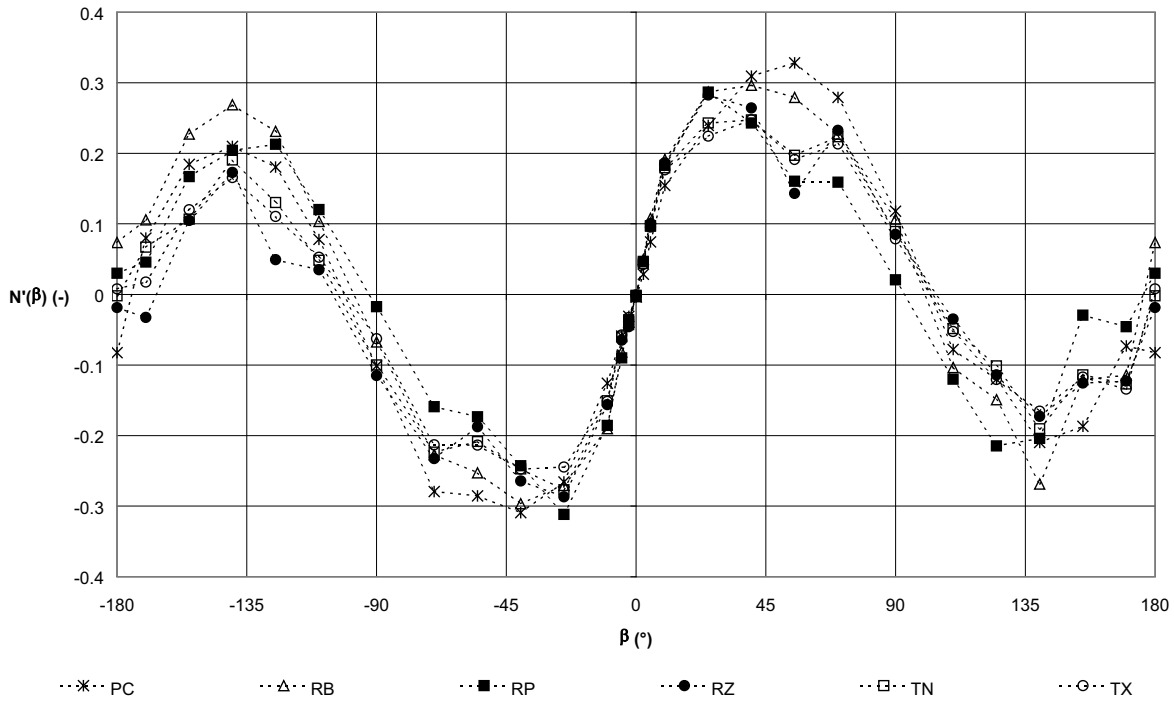
Figuur 6.18a. Scheepsmodel D: Verloop van N'(β) voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



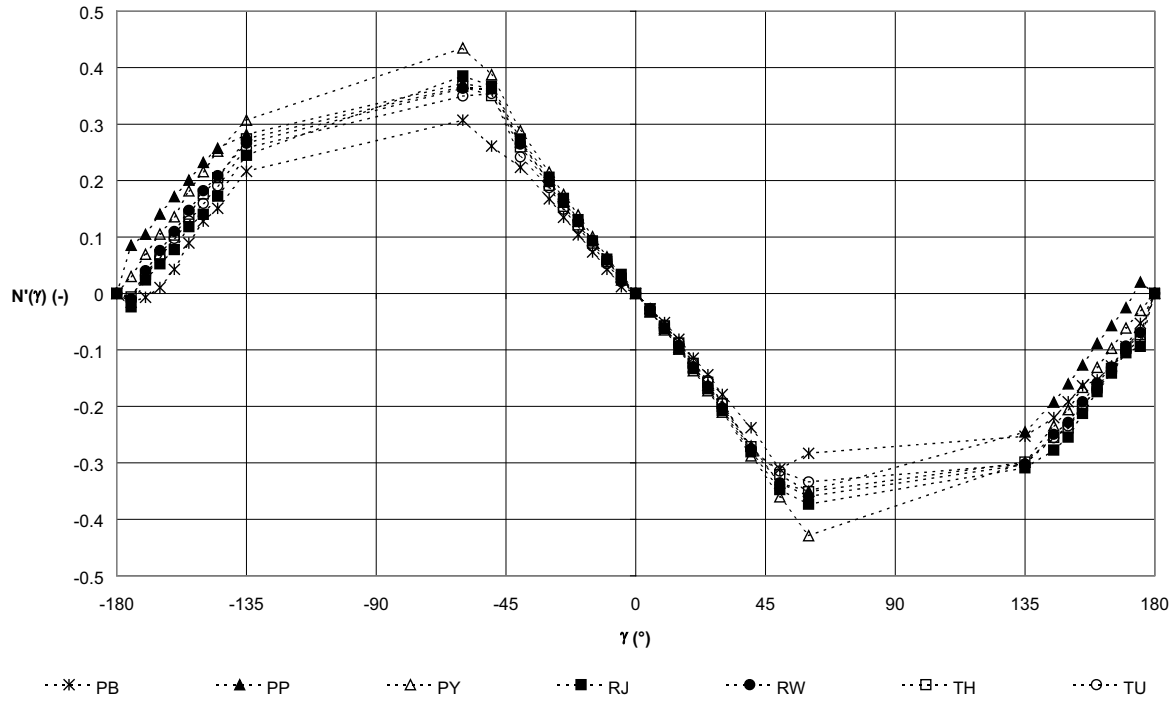
Figuur 6.18b. Scheepsmodel D: Verloop van N'(β) voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



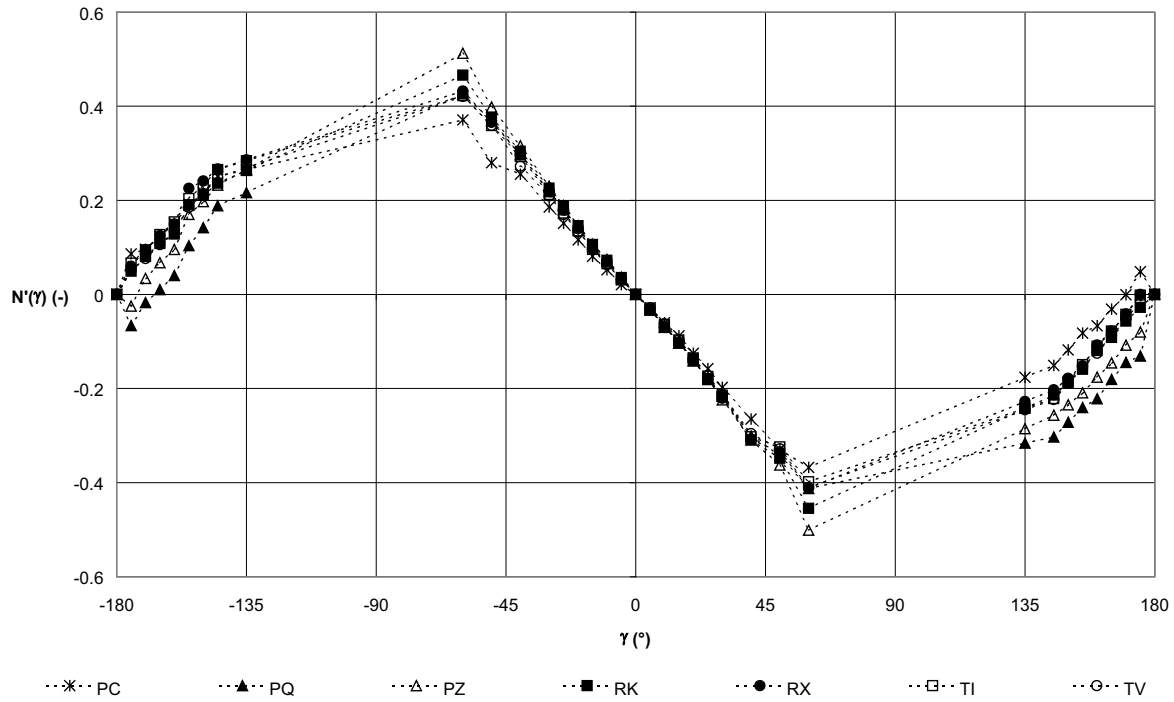
Figuur 6.18c. Scheepsmodel D: Verloop van N'(β) voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



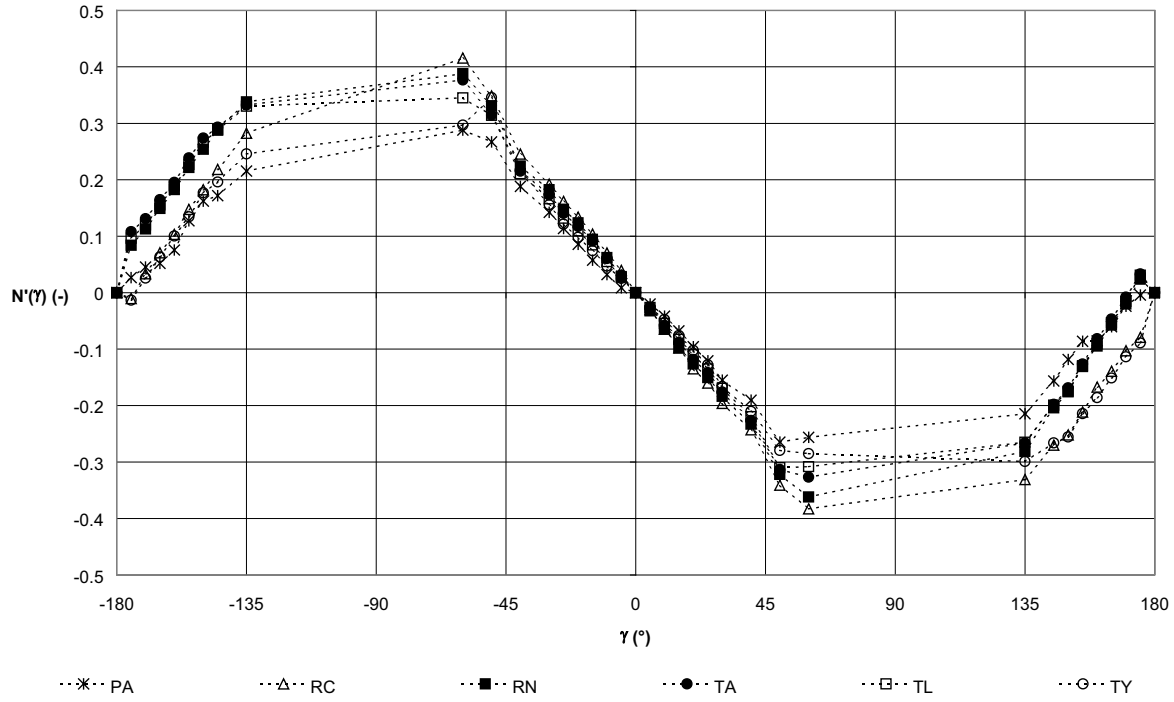
Figuur 6.18d. Scheepsmodel D: Verloop van N'(β) voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



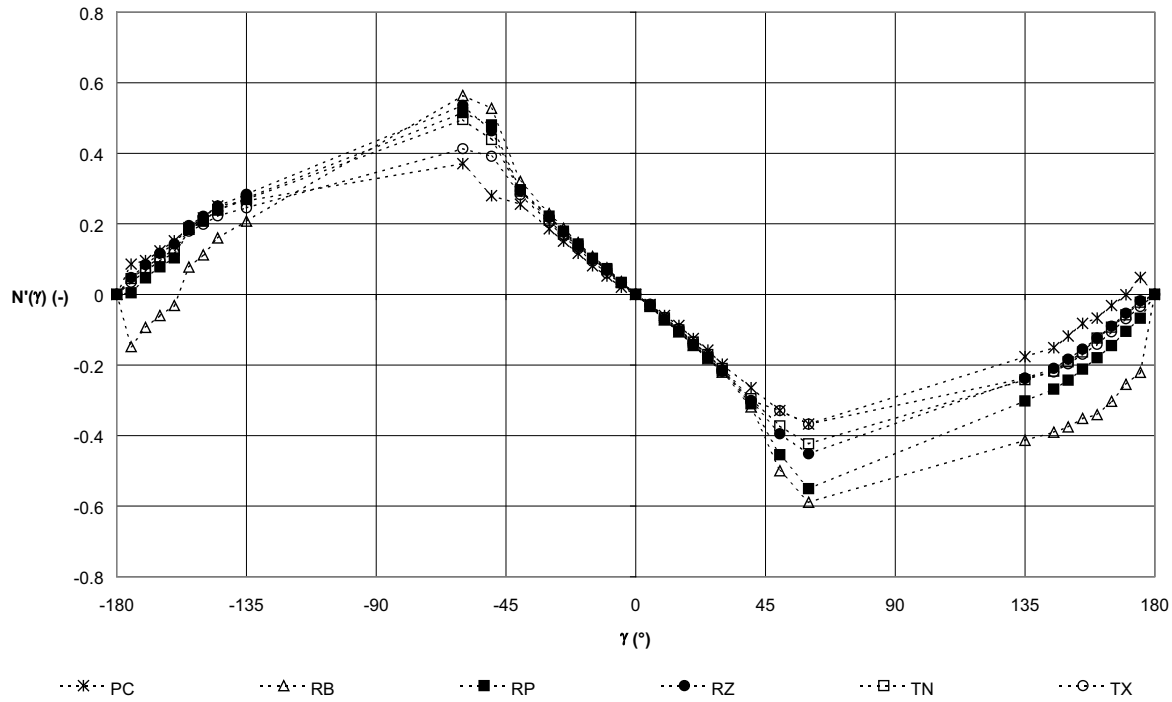
Figuur 6.19a. Scheepsmodel D: Verloop van N'(γ) voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



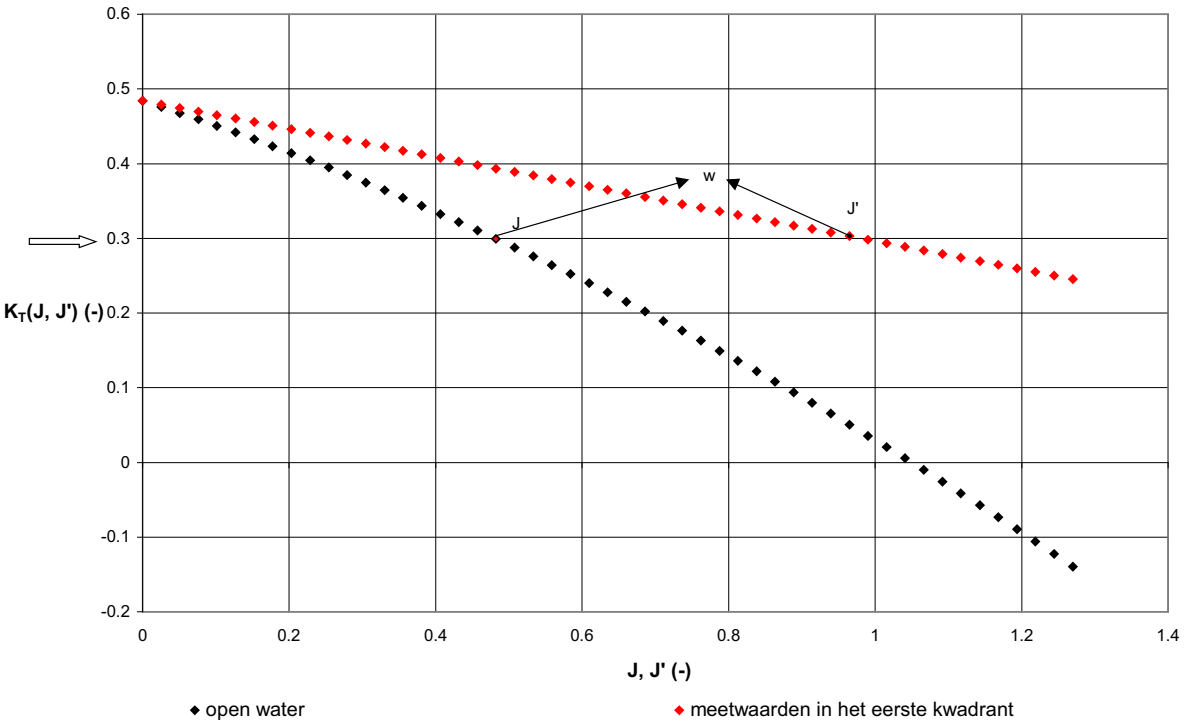
Figuur 6.19b. Scheepsmodel D: Verloop van N'(γ) voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



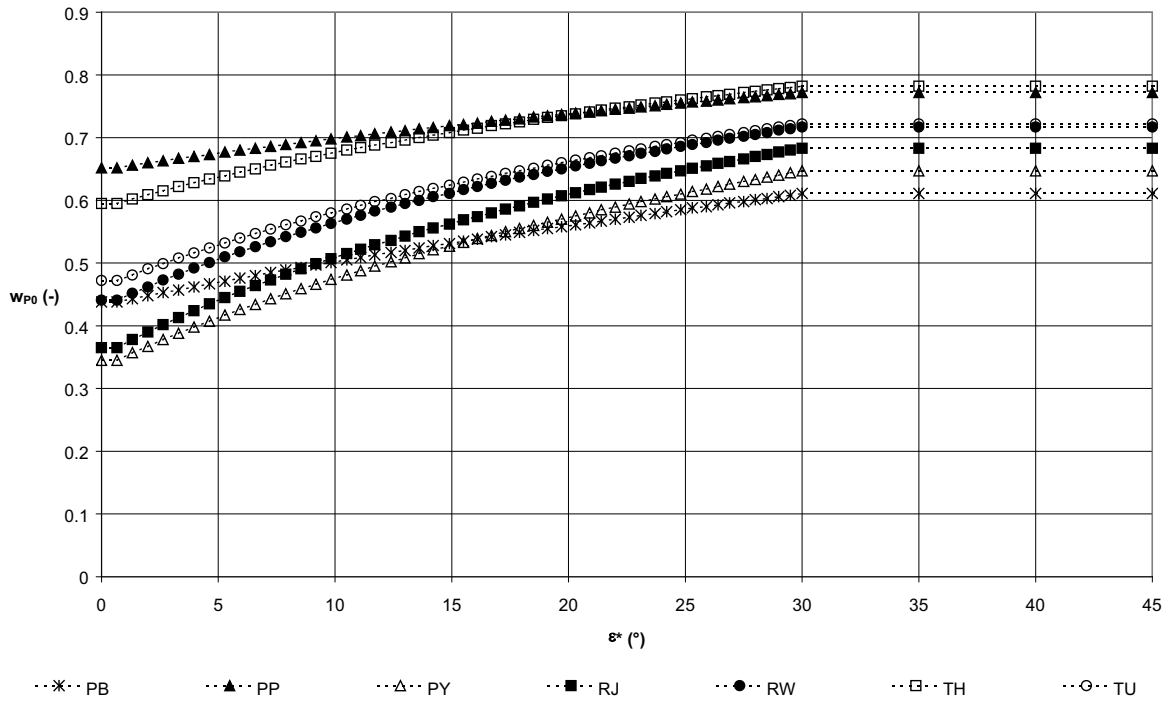
Figuur 6.19c. Scheepsmodel D: Verloop van N'(γ) voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



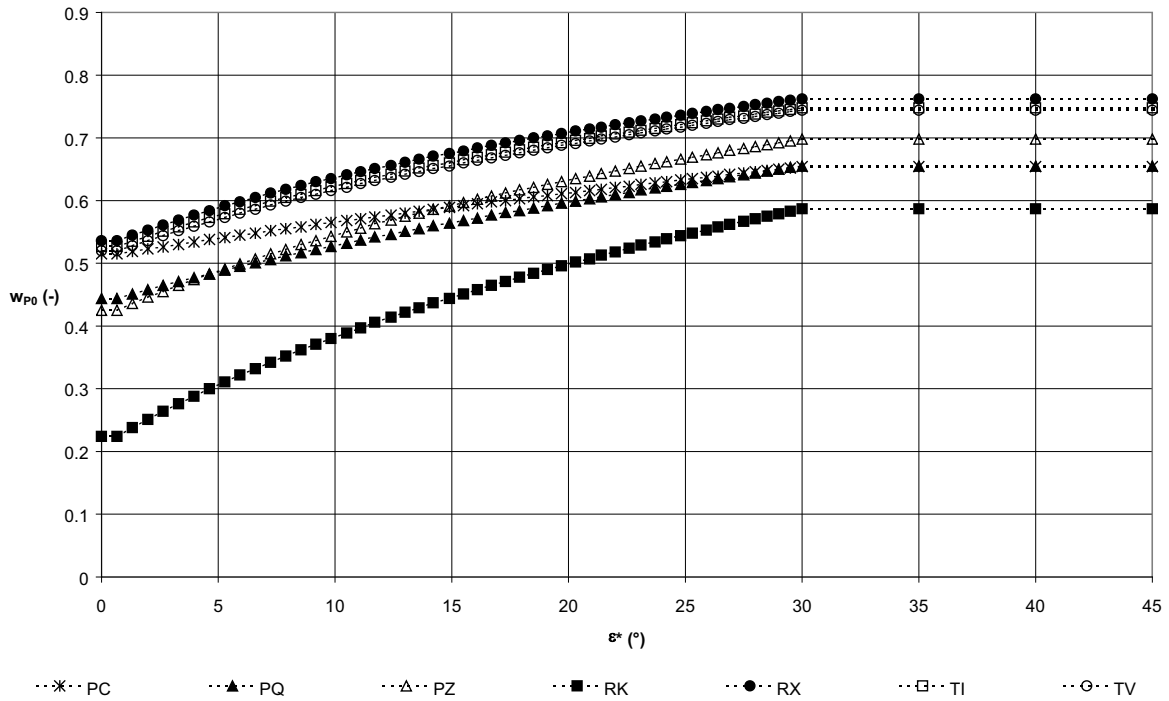
Figuur 6.19d. Scheepsmodel D: Verloop van N'(γ) voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



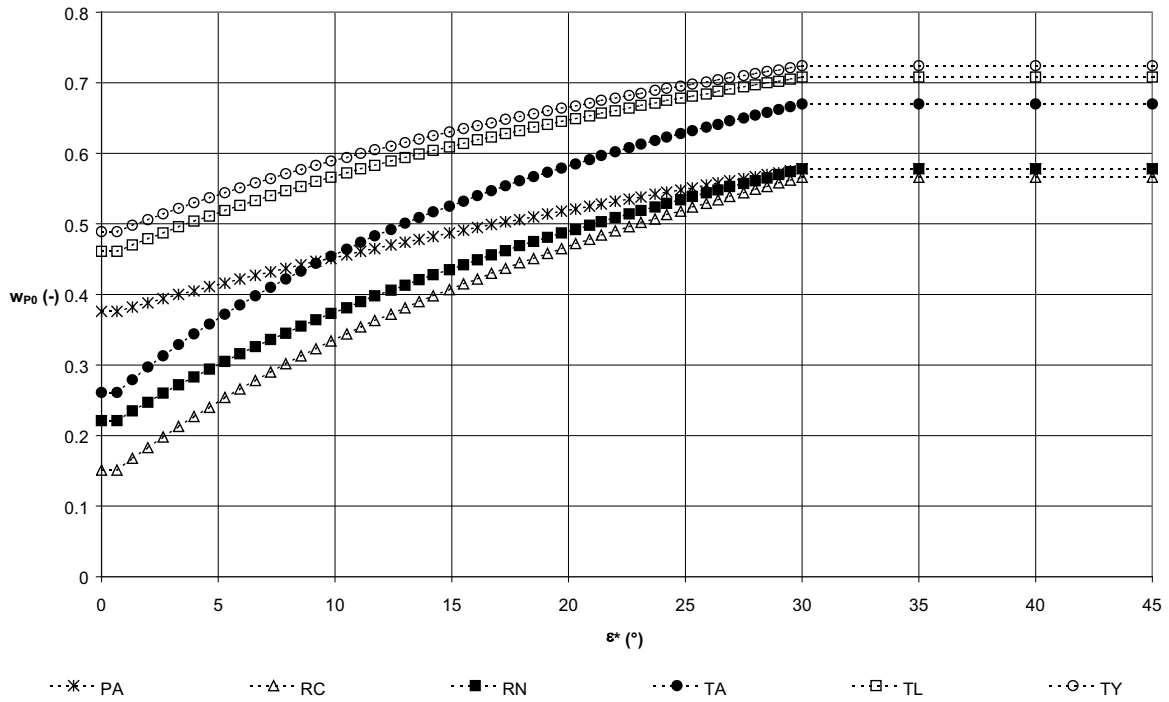
Figuur 6.20. Voorbeeld van werkwijze voor het bepalen van het volgstroomgetal met behulp van de stuwkrachtidentiteit.



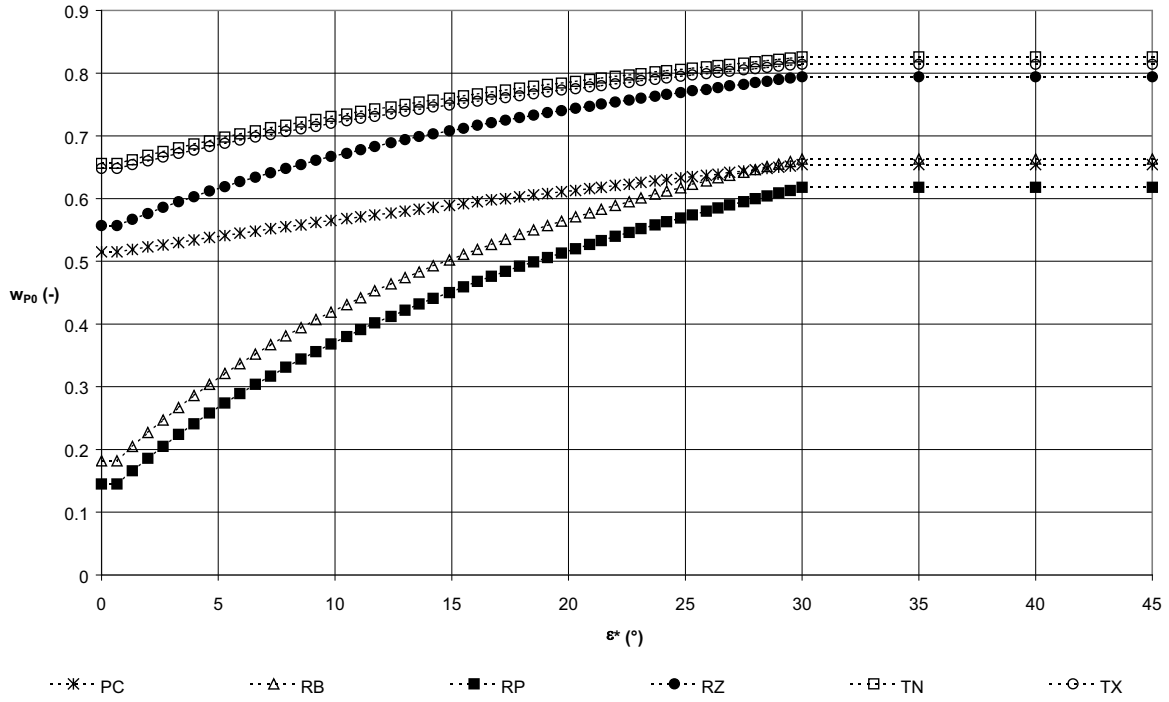
Figuur 6.21a. Scheepsmodel D: Verloop van $w_p(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



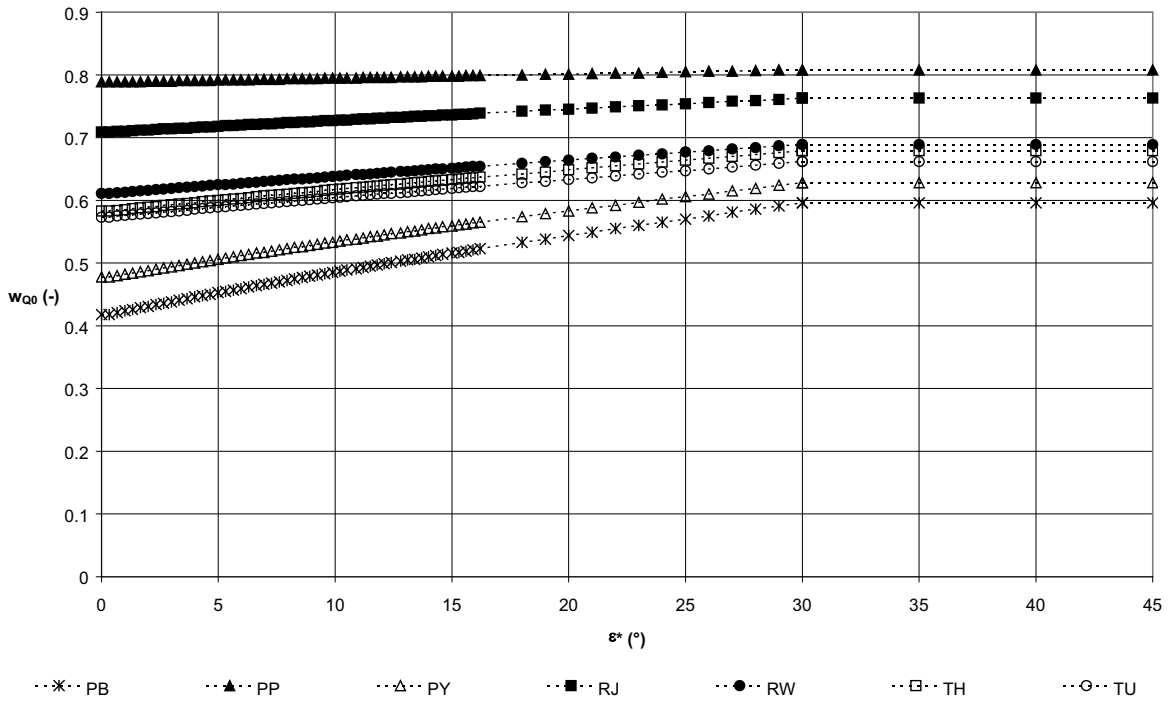
Figuur 6.21b. Scheepsmodel D: Verloop van $w_p(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



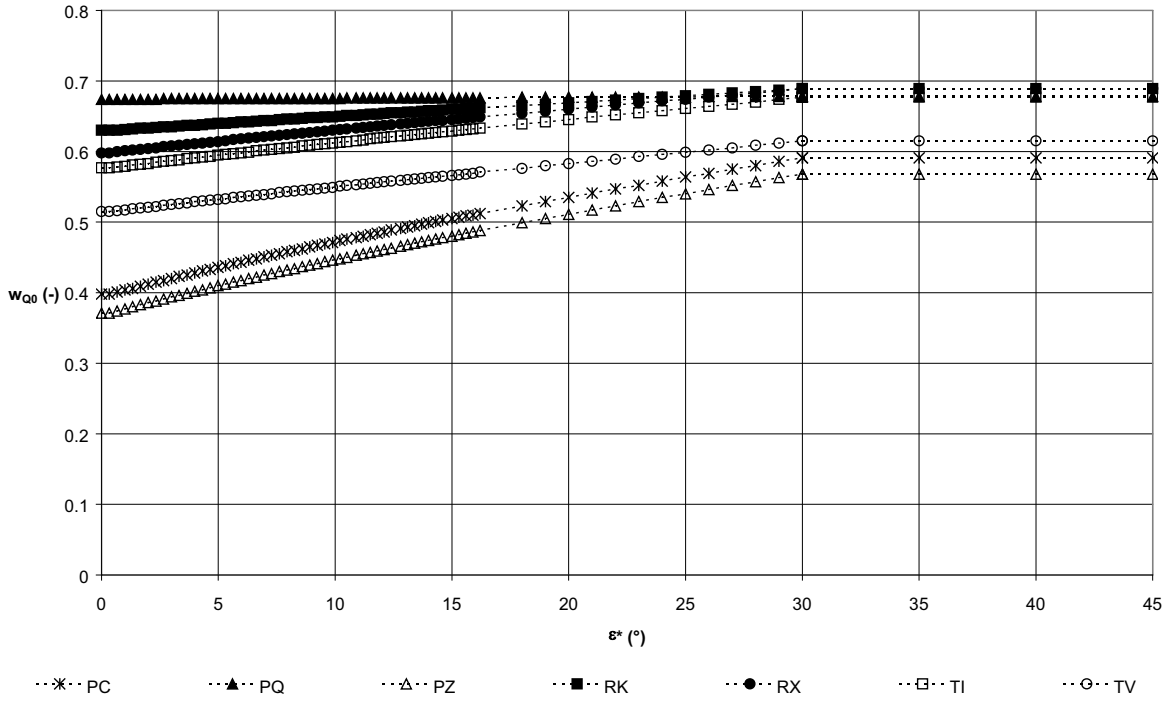
Figuur 6.21c. Scheepsmodel D: Verloop van $w_p(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



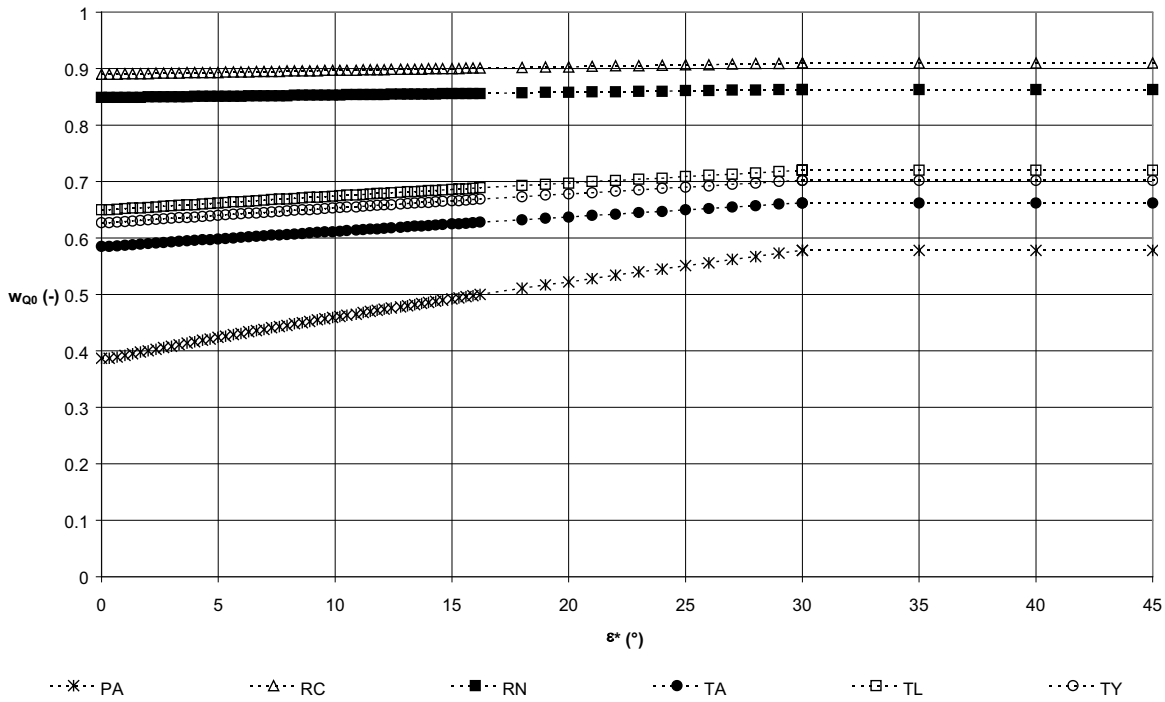
Figuur 6.21d. Scheepsmodel D: Verloop van $w_p(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



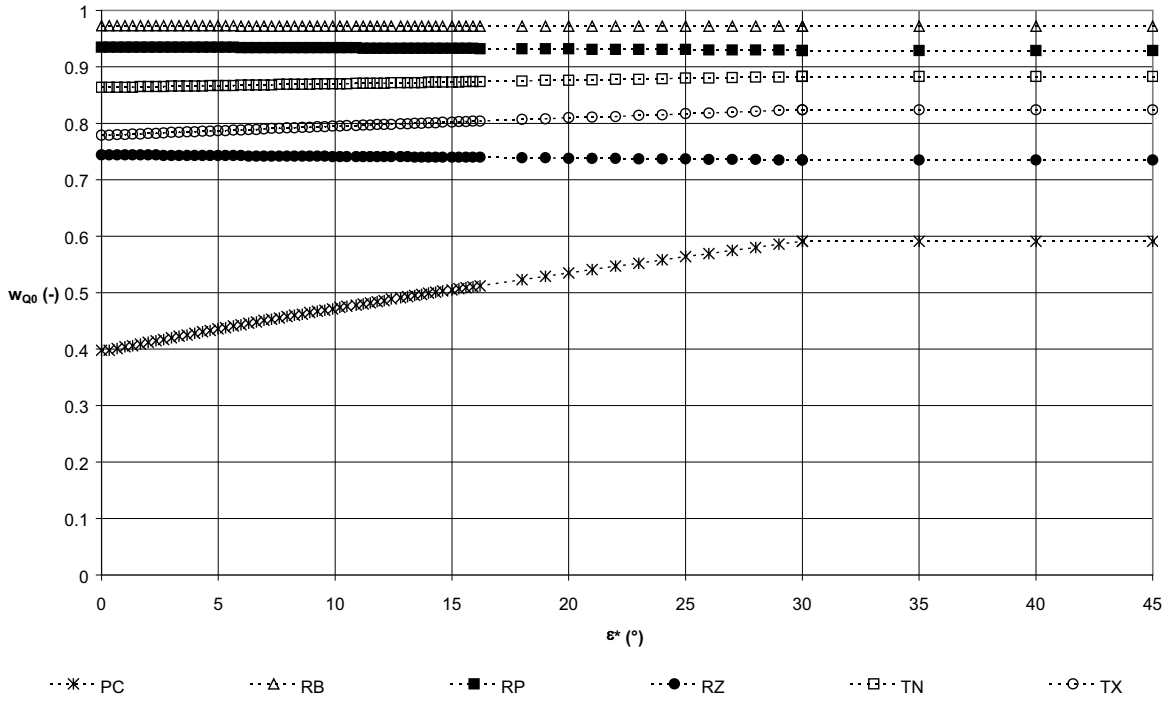
Figuur 6.22a. Scheepsmodel D: Verloop van $w_Q(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



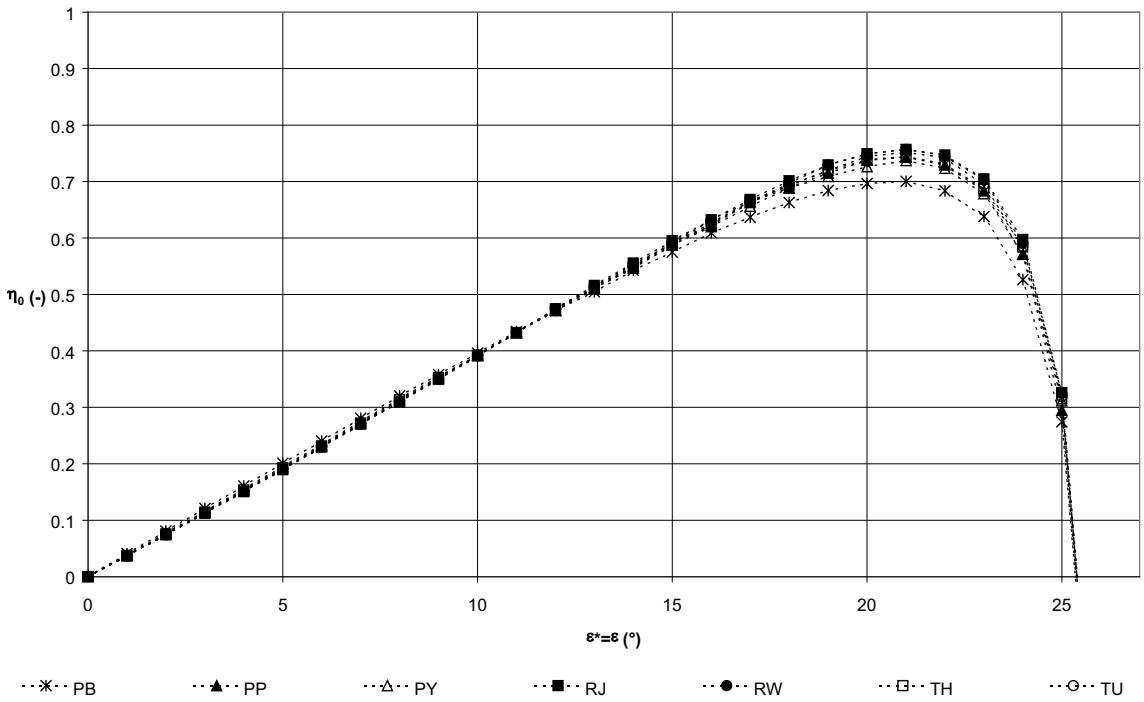
Figuur 6.22b. Scheepsmodel D: Verloop van $w_Q(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



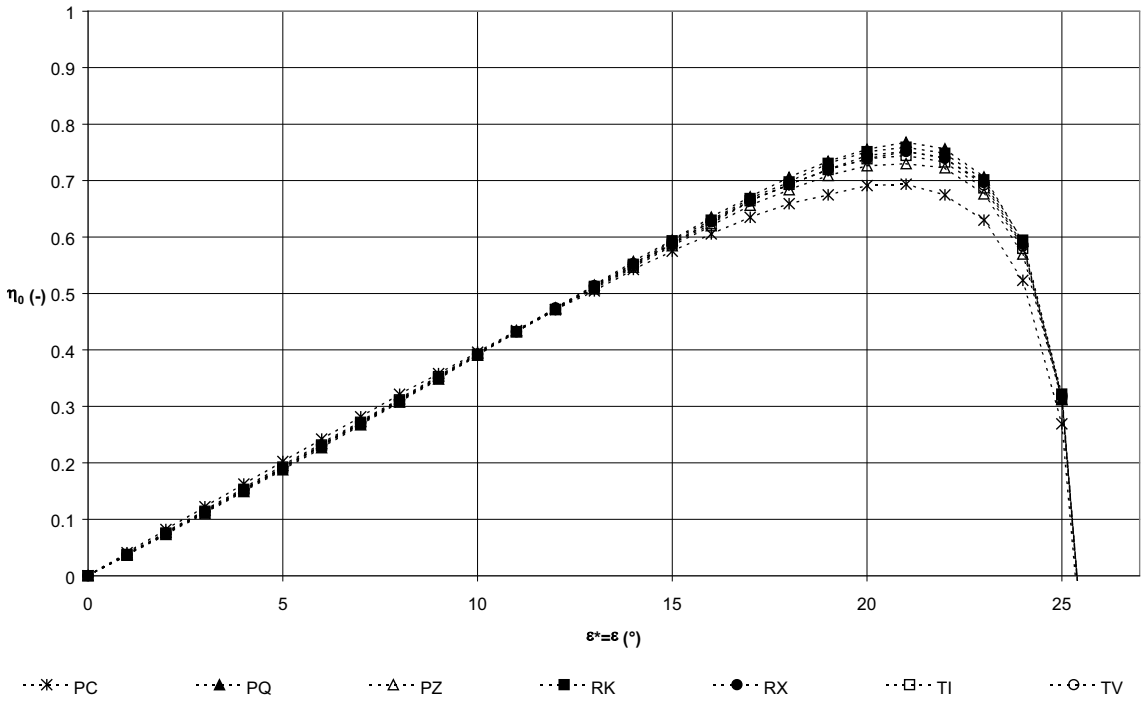
Figuur 6.22c. Scheepsmodel D: Verloop van $w_Q(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



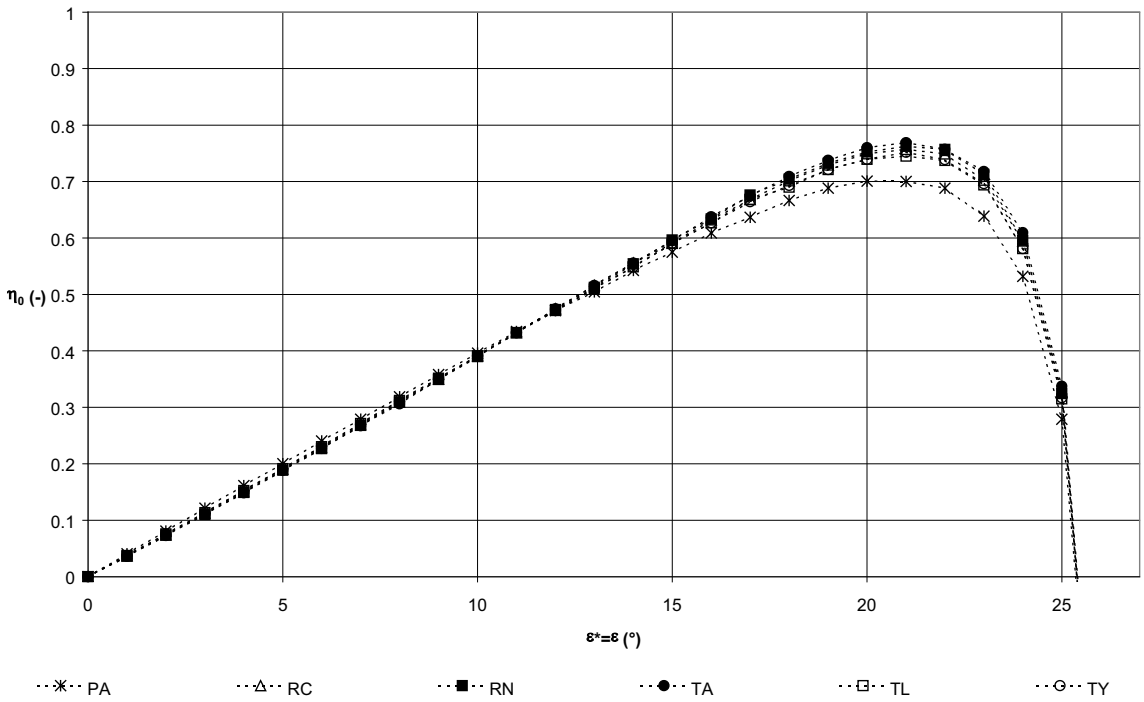
Figuur 6.22d. Scheepsmodel D: Verloop van $w_Q(\varepsilon^*)$ voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



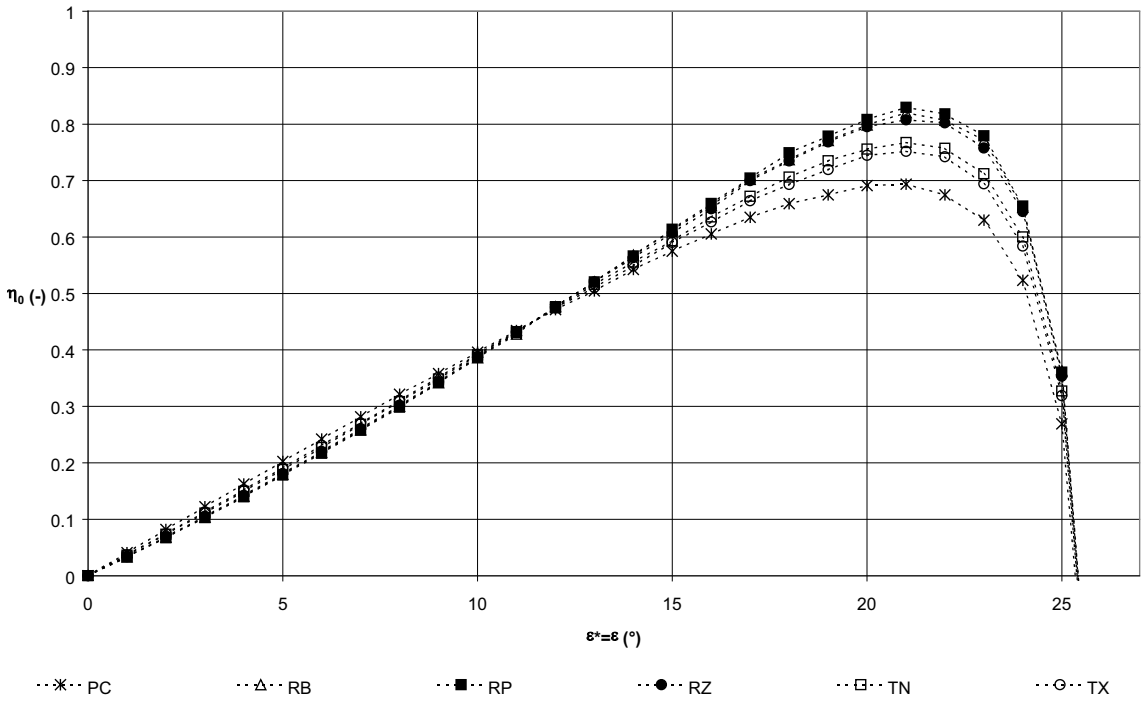
Figuur 6.23a. Scheepsmodel D: Open-water-rendement van de schroef in functie van ε^* voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



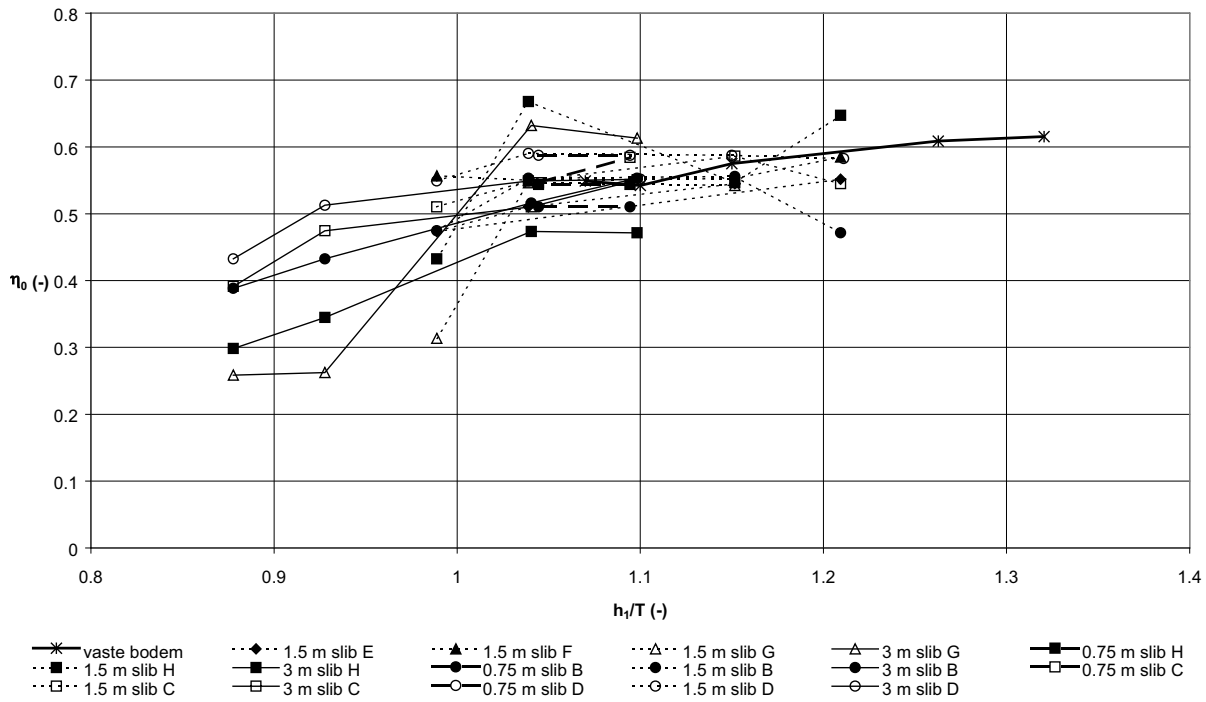
Figuur 6.23b. Scheepsmodel D: Open-water-rendement van de schroef in functie van ε^* voor verschillende slibsoorten. –1.1 % kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



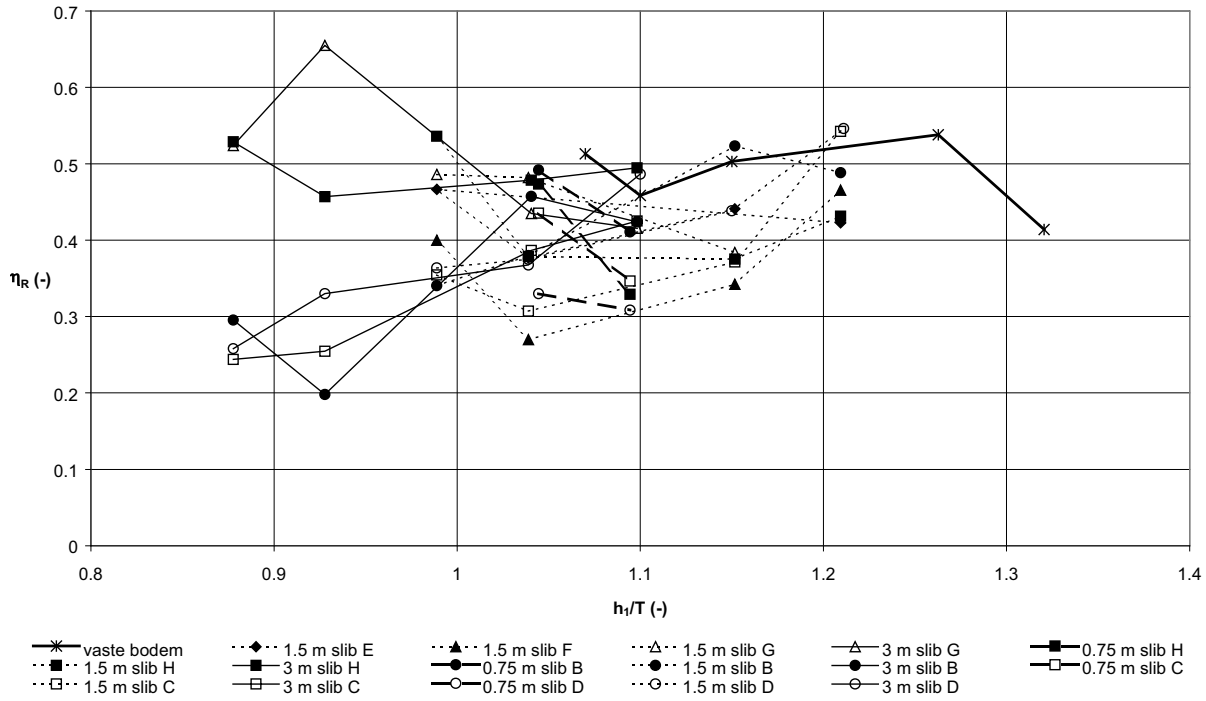
Figuur 6.23c. Scheepsmodel D: Open-water-rendement van de schroef in functie van ε^* voor verschillende slibsoorten. 4.1 % kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



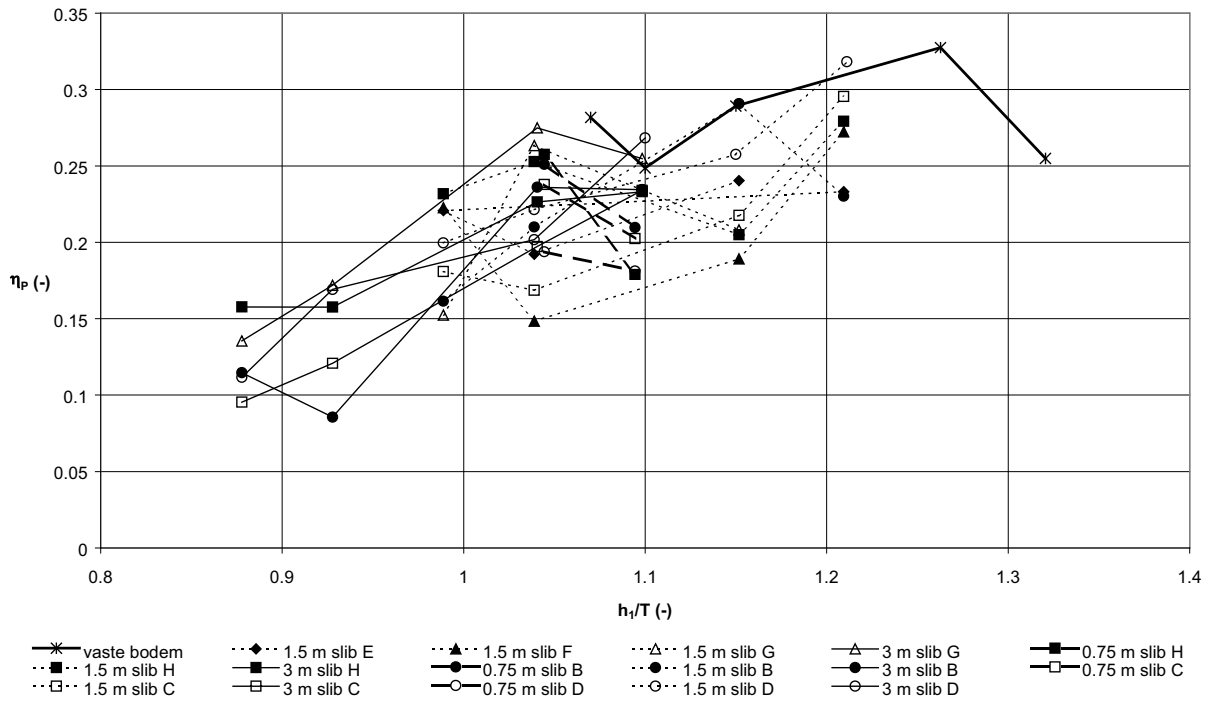
Figuur 6.23d. Scheepsmodel D: Open-water-rendement van de schroef in functie van ε^* voor verschillende slibsoorten. -12.2 % kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



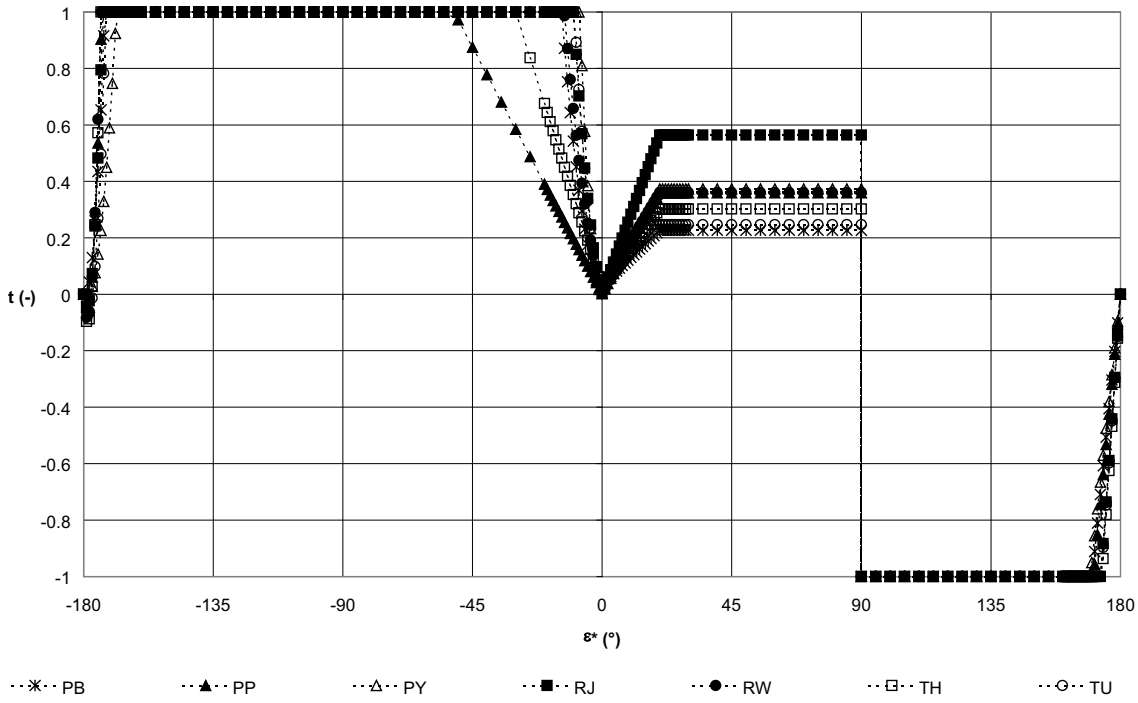
Figuur 6.24a. Scheepsmodel D: Open-water-rendement van de schroef in functie van h_1/T bij full motorvermogen voor verschillende slibsoorten.



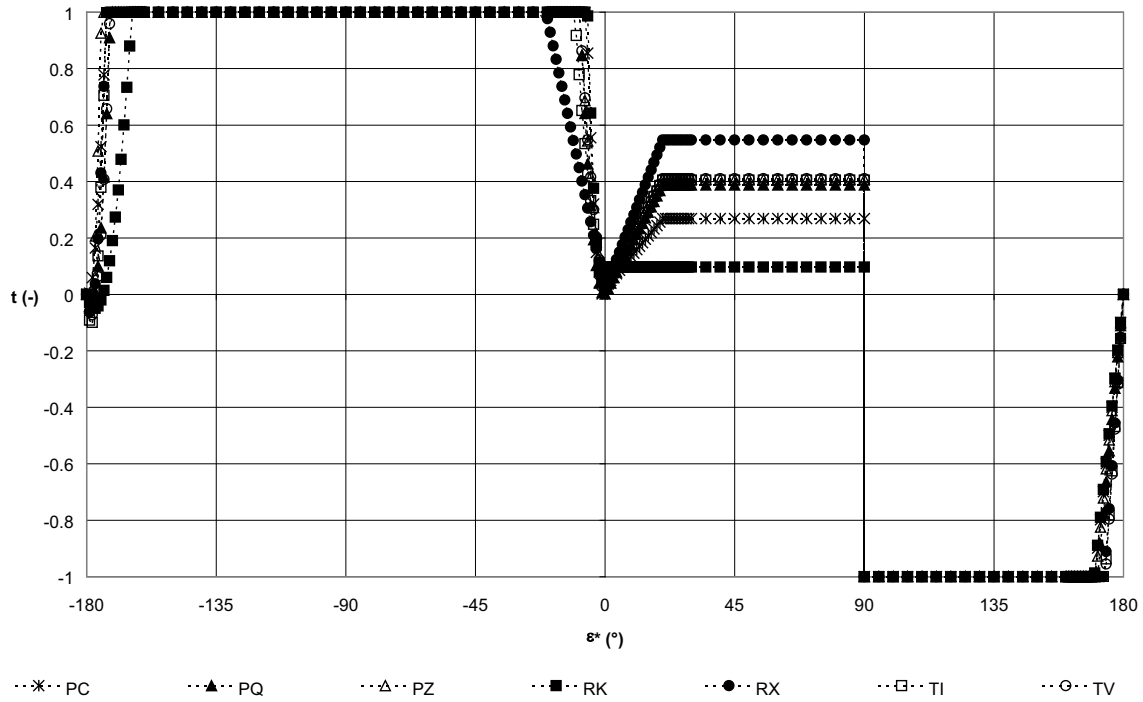
Figuur 6.24b. Scheepsmodel D: Rendement van de schroef bij full motorvermogen, aandeel van het plaatsen van de schroef achter het schip, in functie van h_1/T.



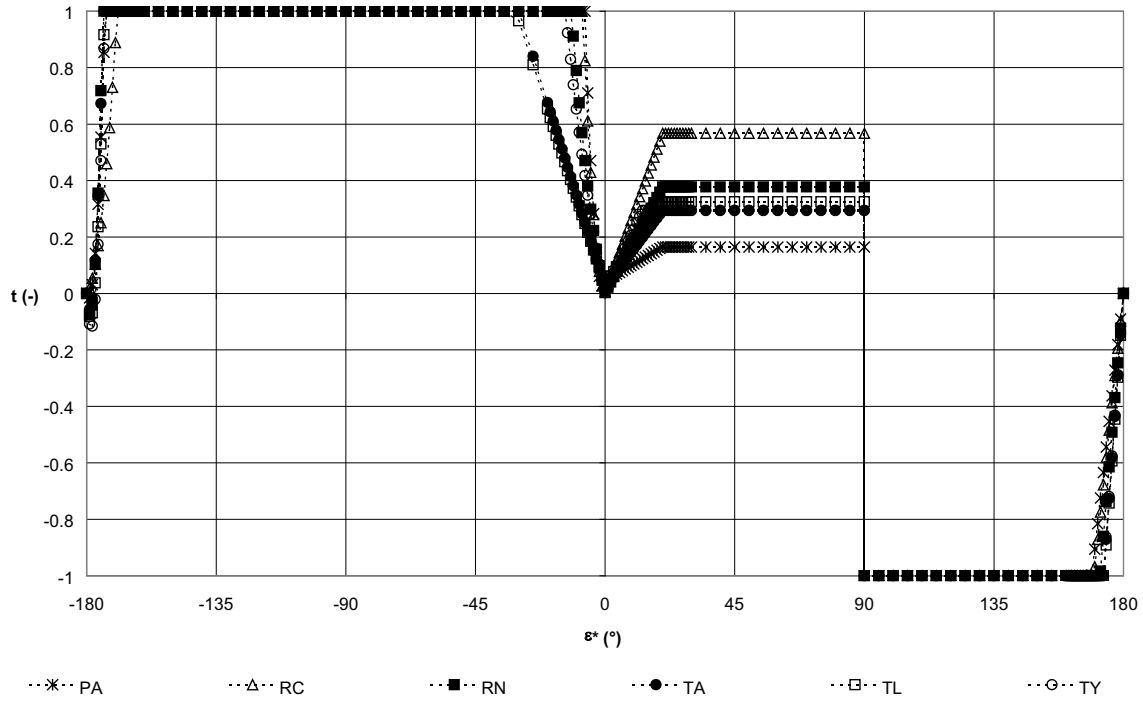
Figuur 6.24c. Scheepsmodel D: Rendement van de schroef bij full motorvermogen in functie van h_1/T voor de verschillende slibsoorten.



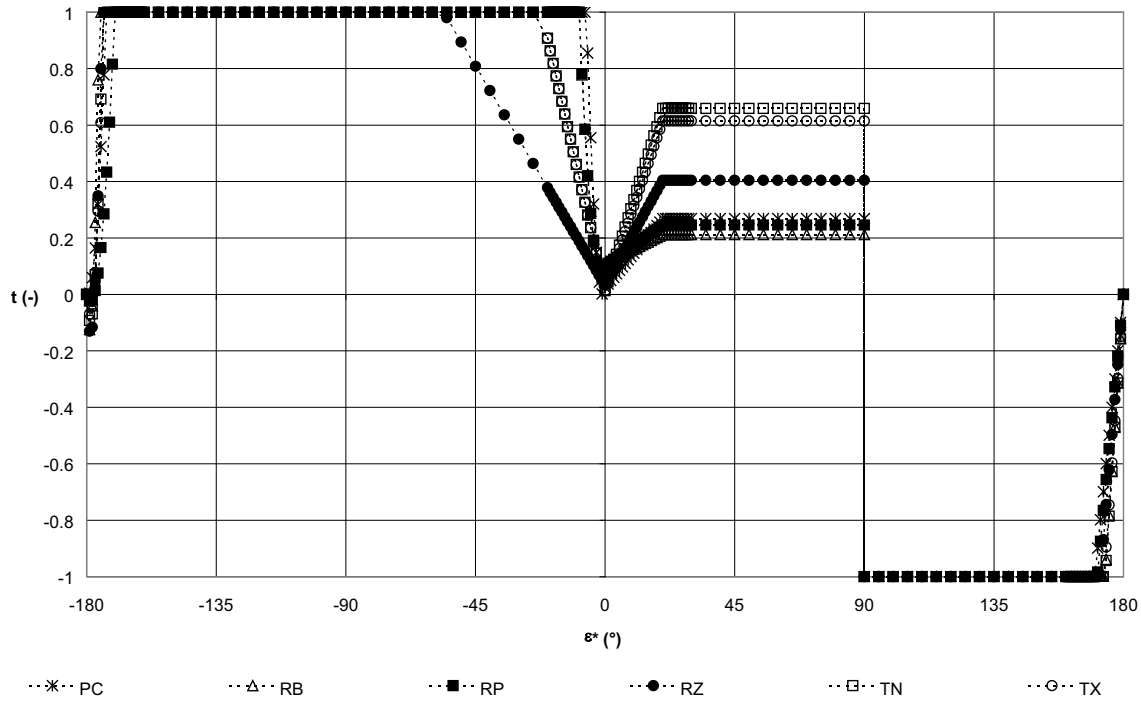
Figuur 6.25a. Scheepsmodel D: Zoggetal bij langsscheepse beweging in functie van ε^* voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



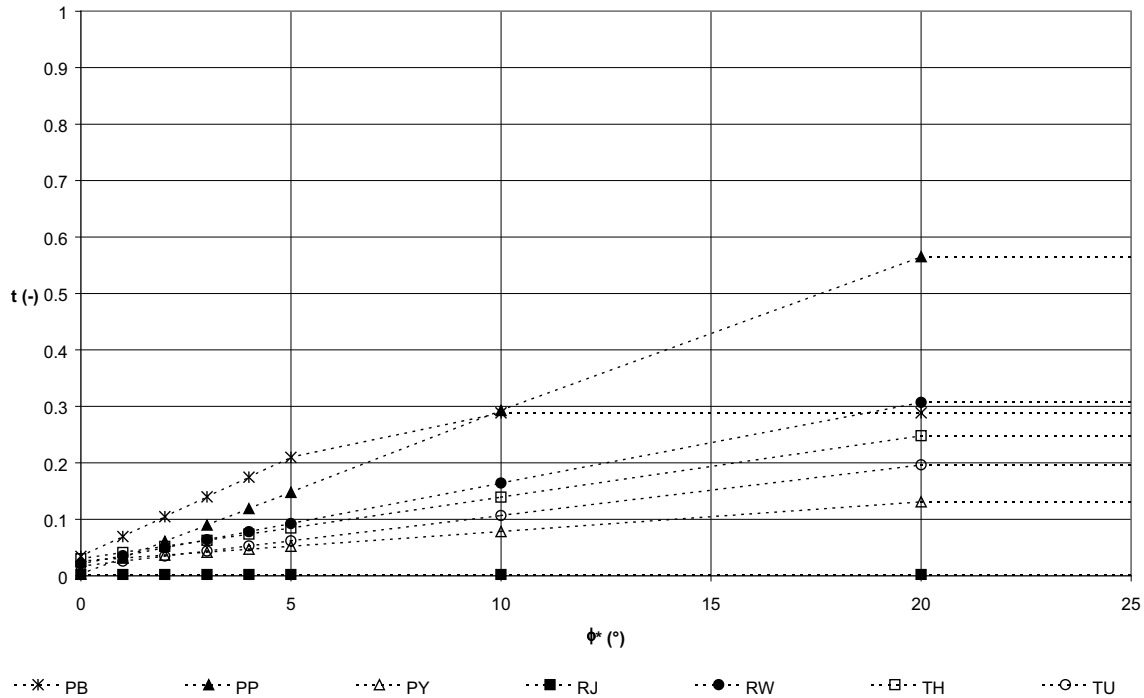
Figuur 6.25b. Scheepsmodel D: Zoggetal bij langsscheepse beweging in functie van ε* voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



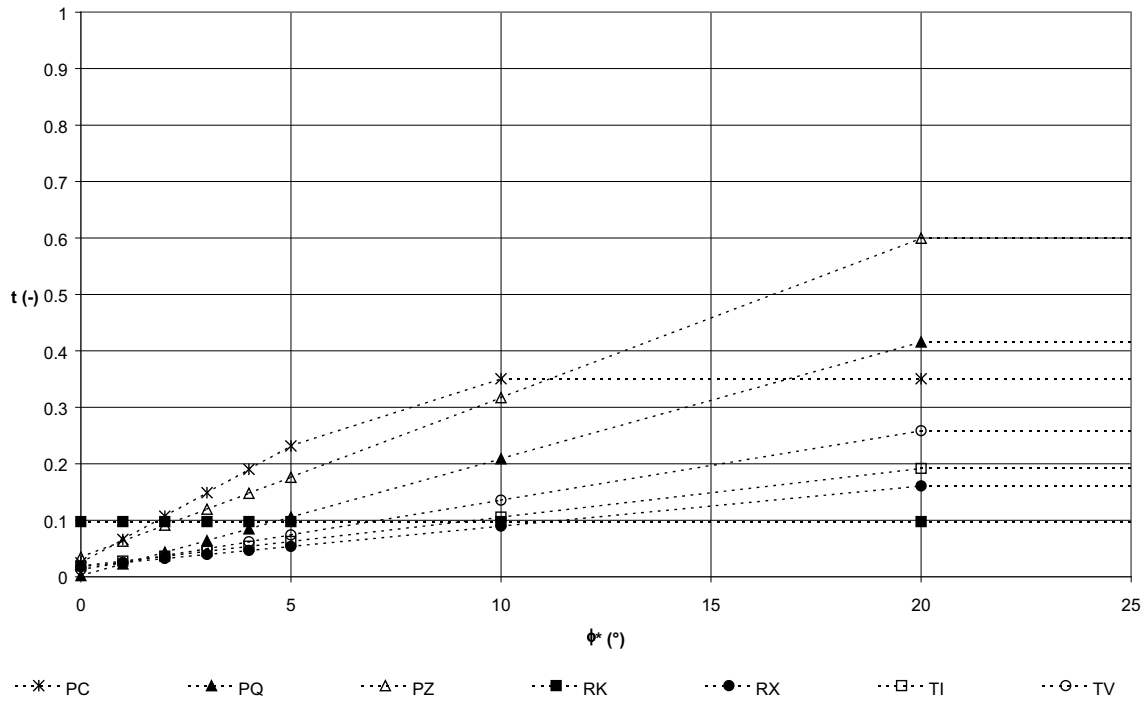
Figuur 6.25c. Scheepsmodel D: Zoggetal bij langsscheepse beweging in functie van ε* voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



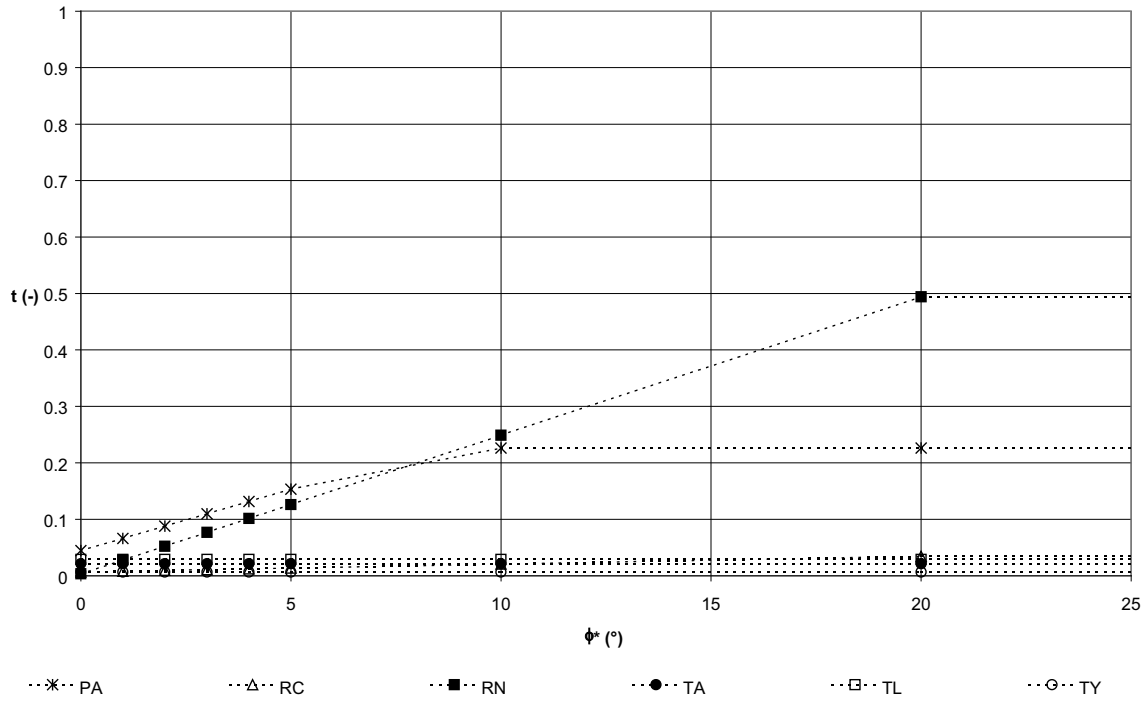
Figuur 6.25d. Scheepsmodel D: Zoggetal bij langsscheepse beweging in functie van ε* voor verschillende slibsoorten. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



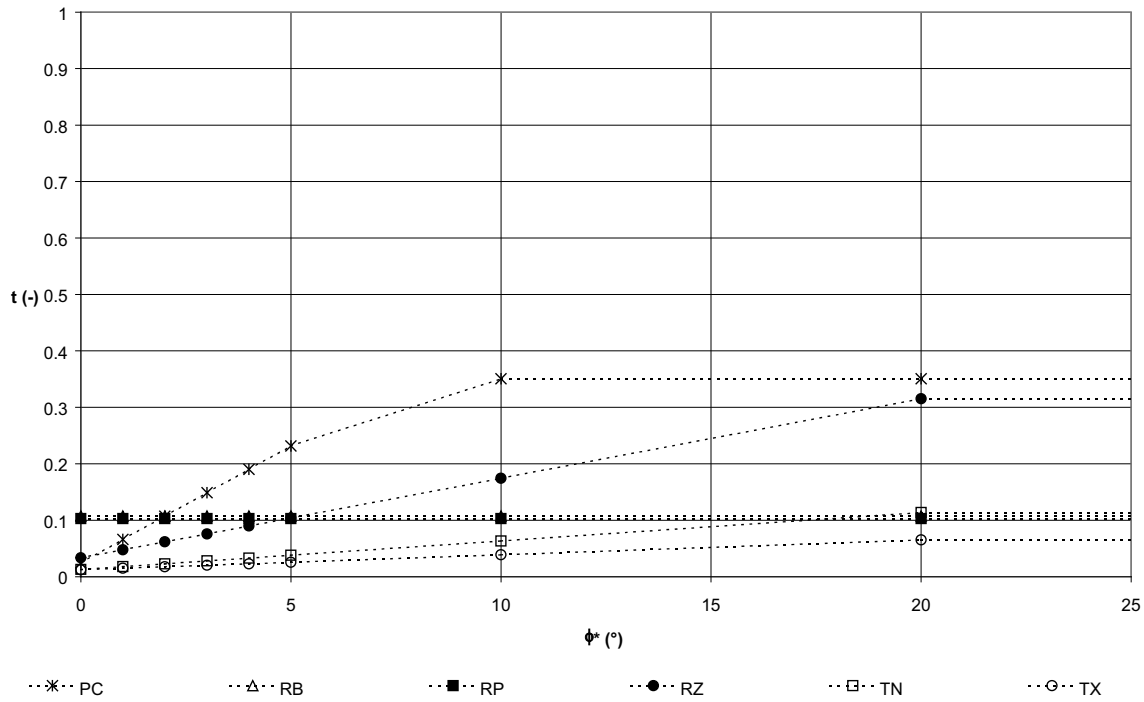
Figuur 6.26a. Scheepsmodel D: Zoggetal bij dwarsscheepse beweging in functie van ε* voor verschillende slibsoorten. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



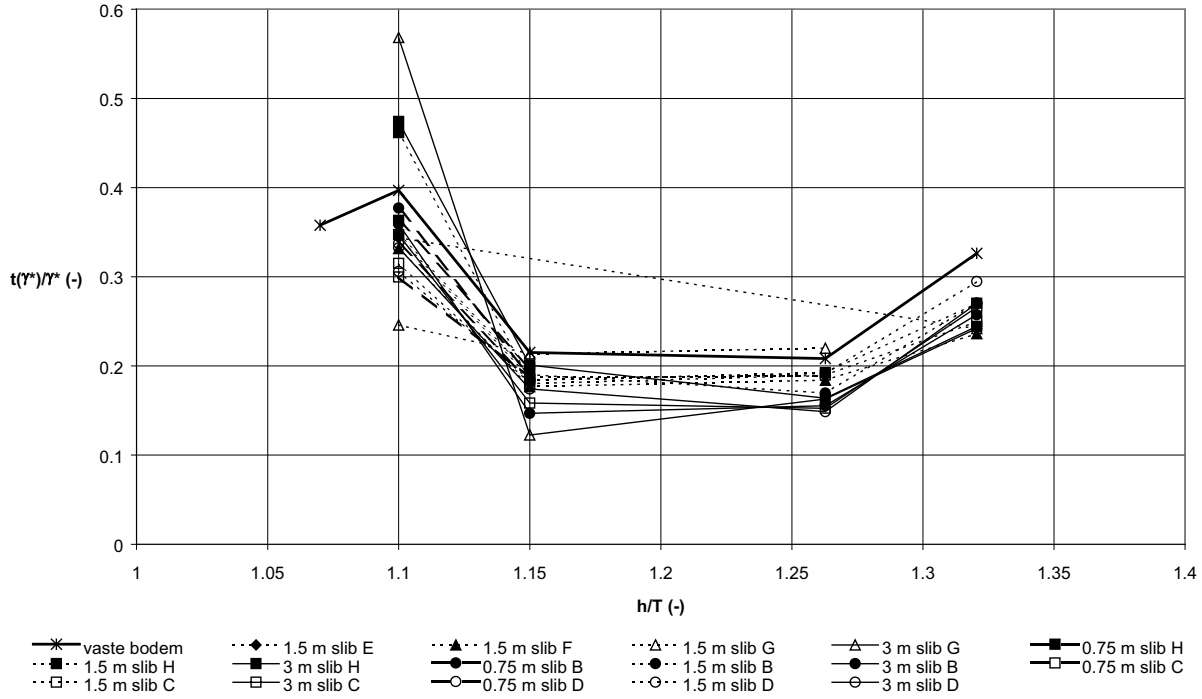
Figuur 6.26b. Scheepsmodel D: Zoggetal bij dwarsscheepse beweging in functie van ε* voor verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



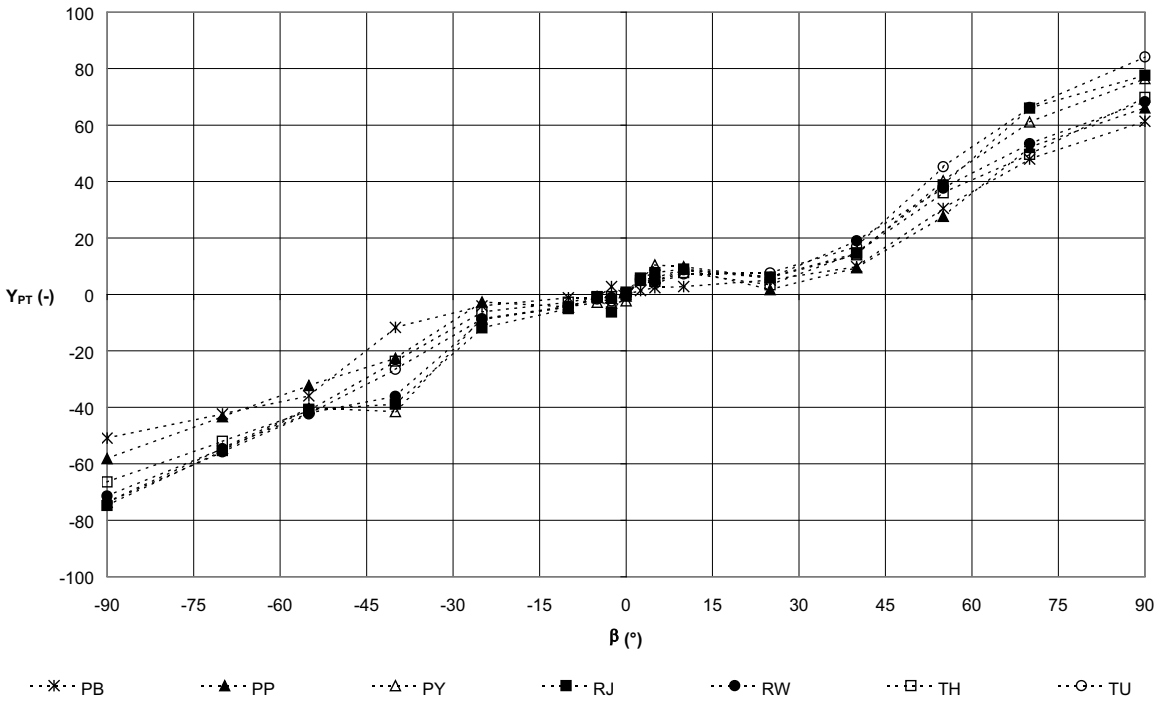
Figuur 6.26c. Scheepsmodel D: Zoggetal bij dwarsscheepse beweging in functie van ε* voor verschillende slibsoorten. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



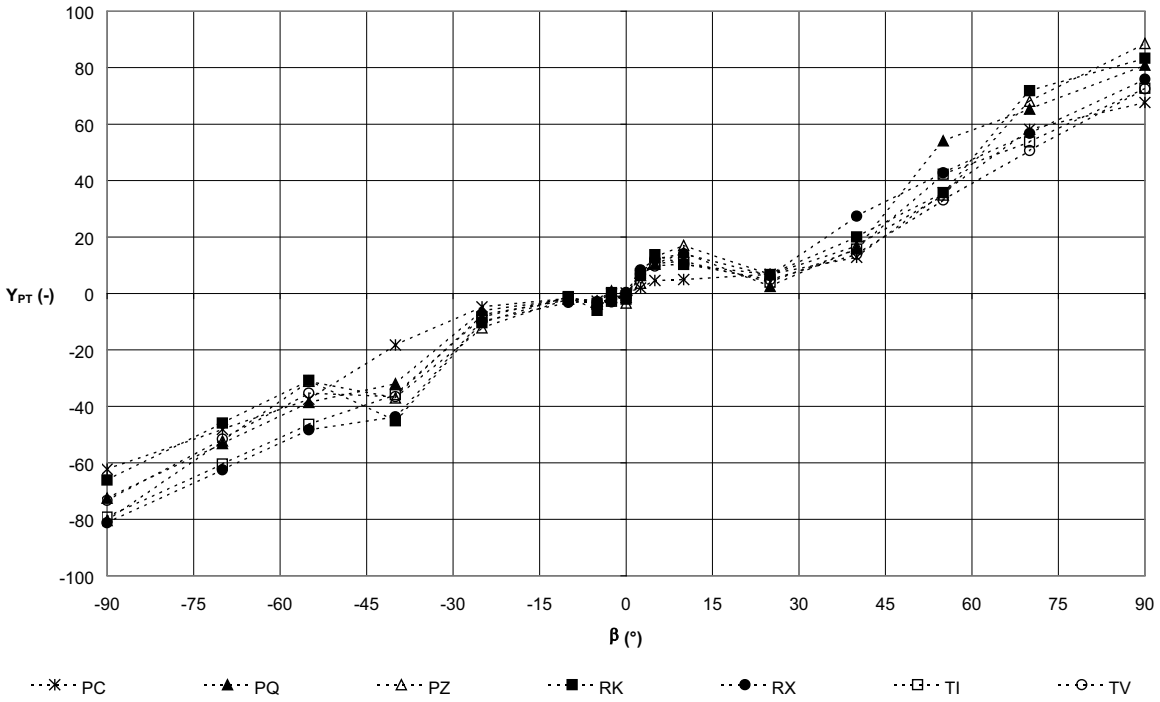
Figuur 6.26d. Scheepsmodel D: Zoggetal bij dwarsscheepse beweging in functie van ε^* voor verschillende slibsoorten. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



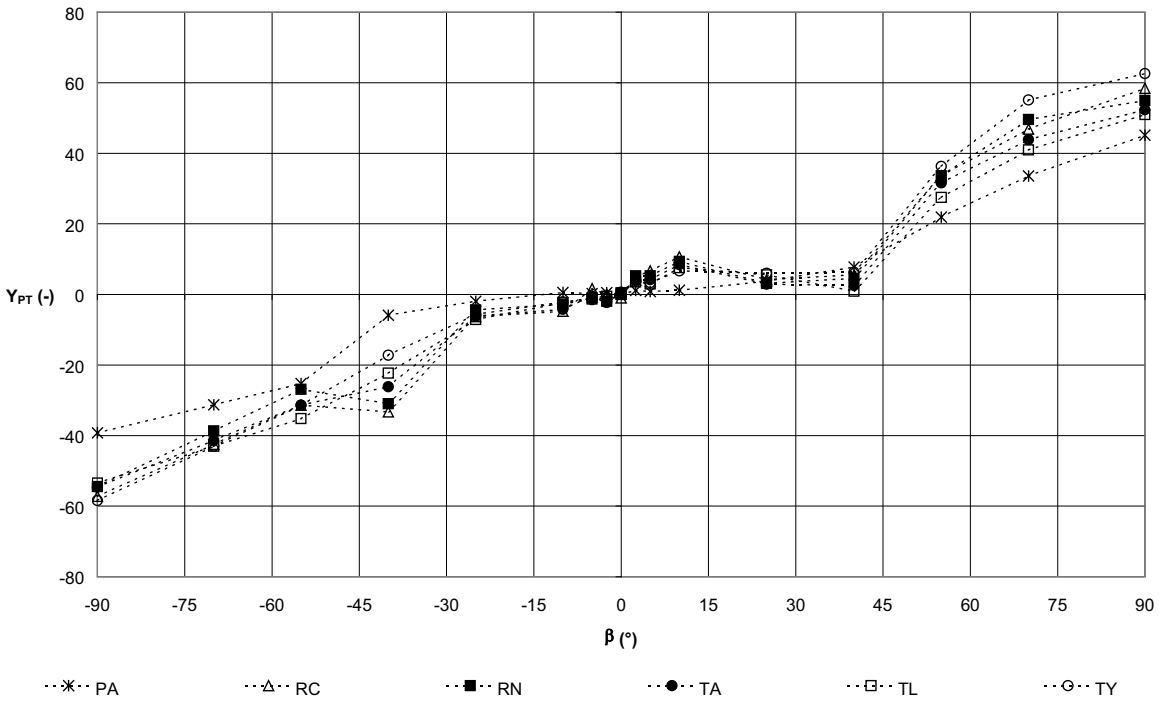
Figuur 6.27. Scheepsmodel D: Correctie op het zoggetal ten gevolge van de gierbeweging in het vierde kwadrant in functie van h/T voor de verschillende proevenreeksen.



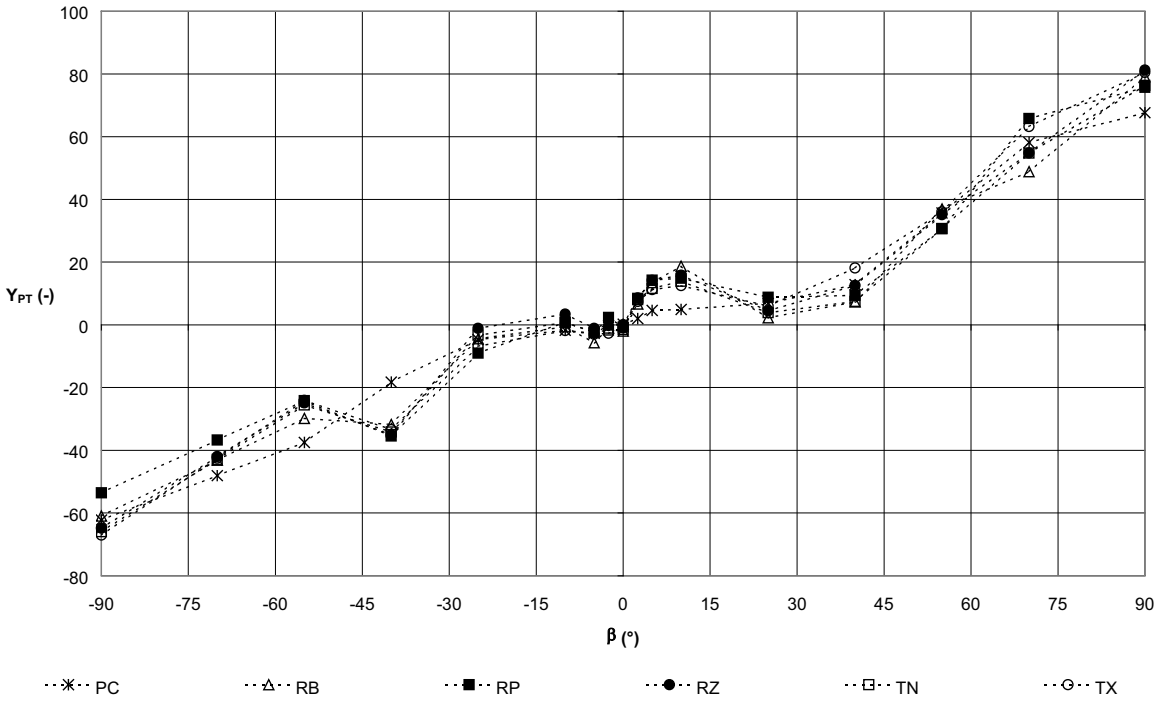
Figuur 6.28a. Scheepsmodel D: Verloop van de functie $Y_{PT}(\beta)$ in het eerste kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



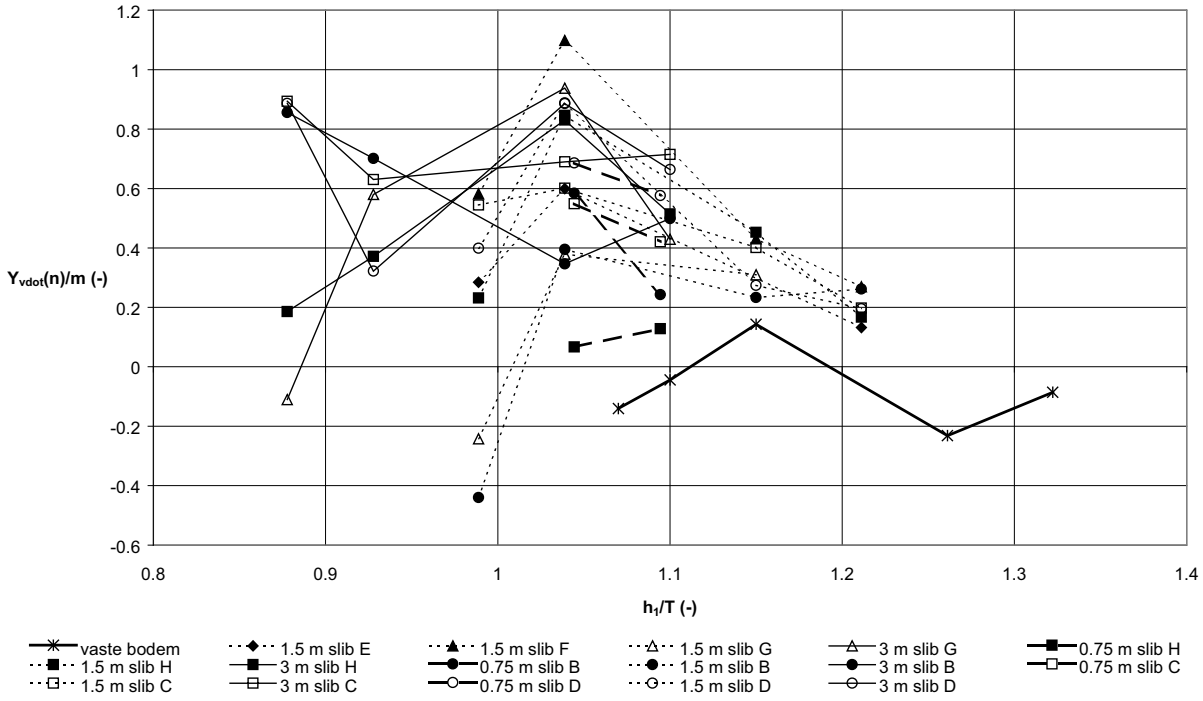
Figuur 6.28b. Scheepsmodel D: Verloop van de functie $Y_{PT}(\beta)$ in het eerste kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



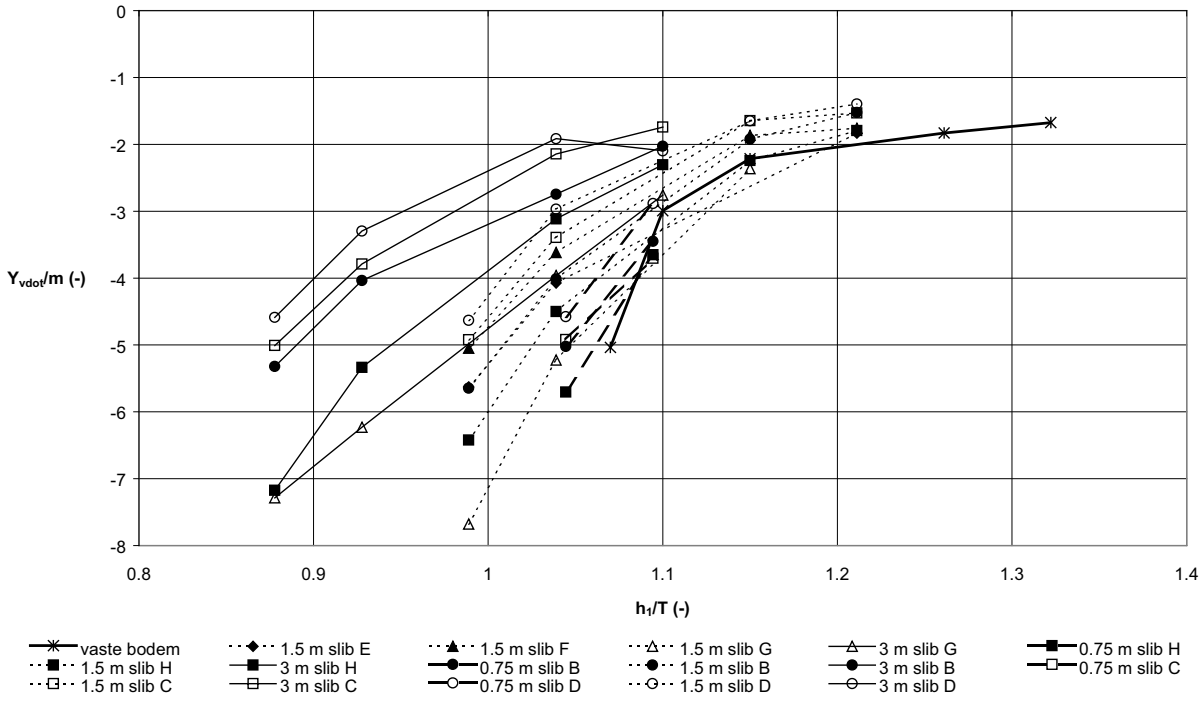
Figuur 6.28c. Scheepsmodel D: Verloop van de functie $Y_{PT}(\beta)$ in het eerste kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



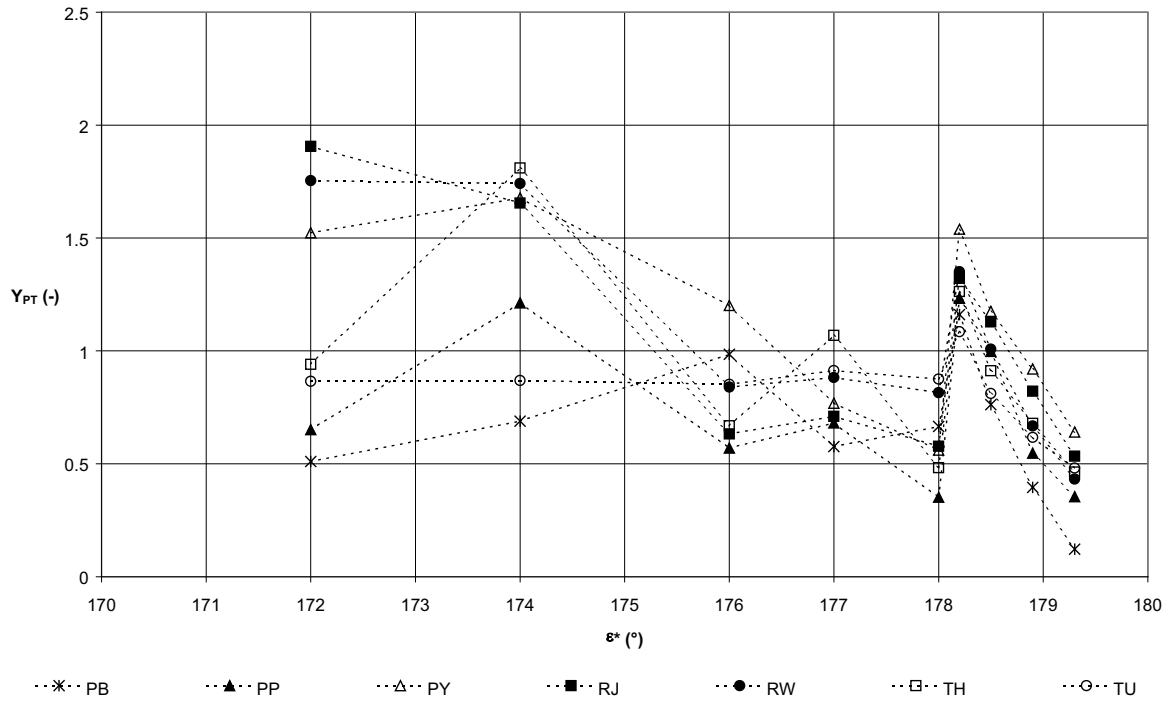
Figuur 6.28d. Scheepsmodel D: Verloop van de functie $Y_{PT}(\beta)$ in het eerste kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



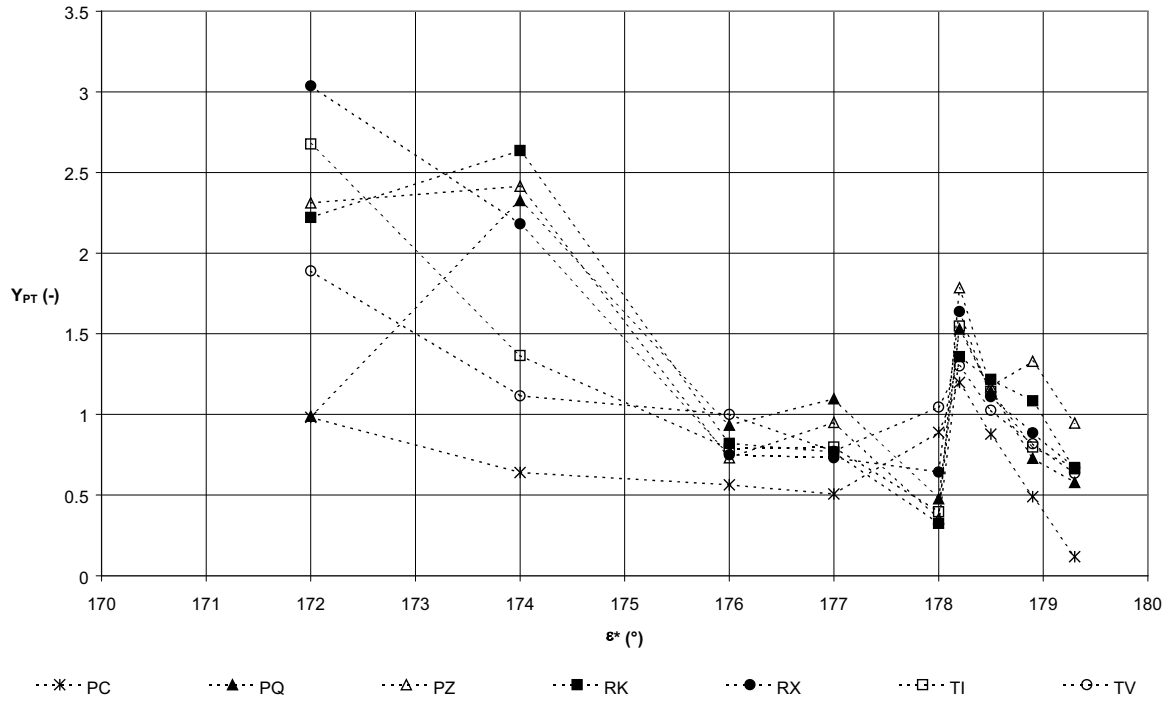
Figuur 6.29a. Scheepsmodel D: Correctie op de verzetversnellingsafgeleide voor de verzetkracht wegens schroefwerking in functie van h_1/T. Resultaat voor verschillende de proevenreeksen bij full schroeftoerental.



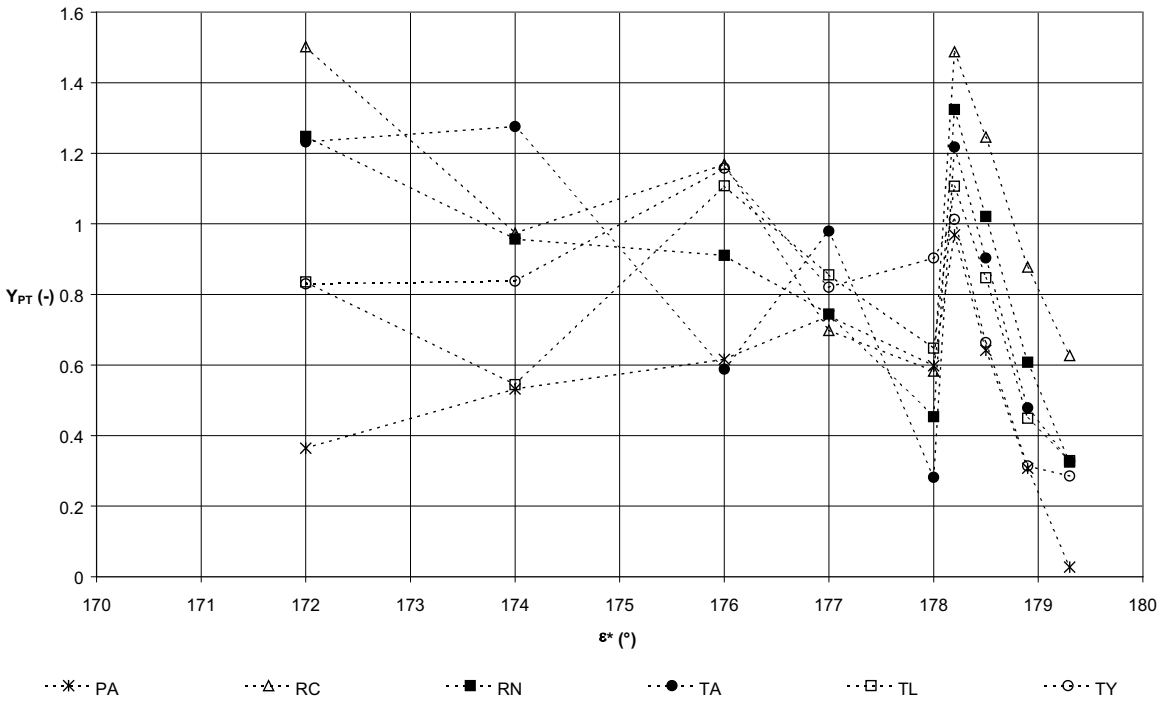
Figuur 6.29b. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{vdot} voor de verschillende slibsoorten in functie van h_1/T. Voorwaartse beweging bij full schroeftoerental.



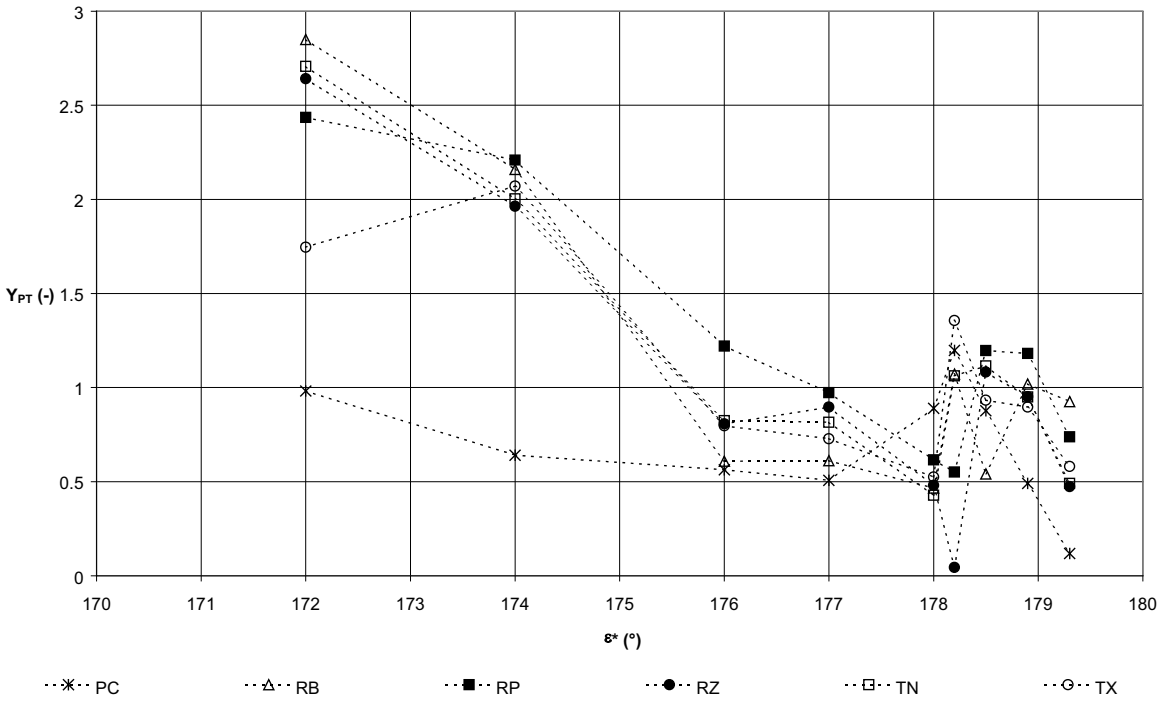
Figuur 6.30a. Scheepsmodel D: Verloop van de gemiddelde waarde van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



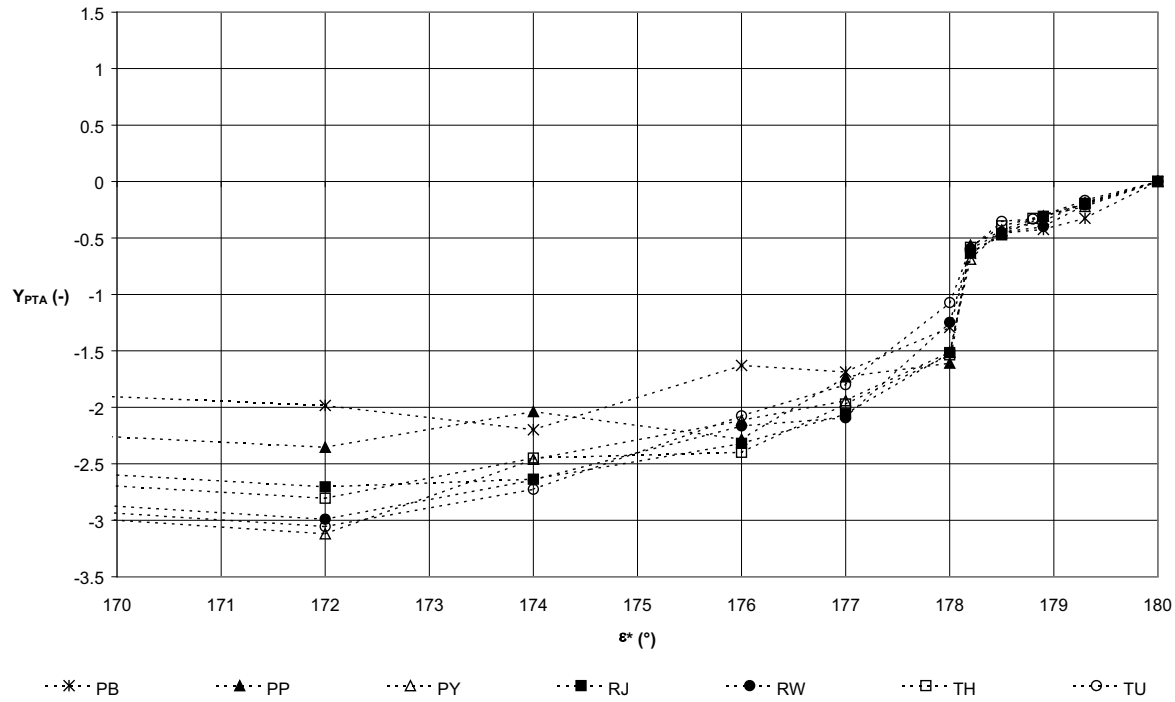
Figuur 6.30b. Scheepsmodel D: Verloop van de gemiddelde waarde van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



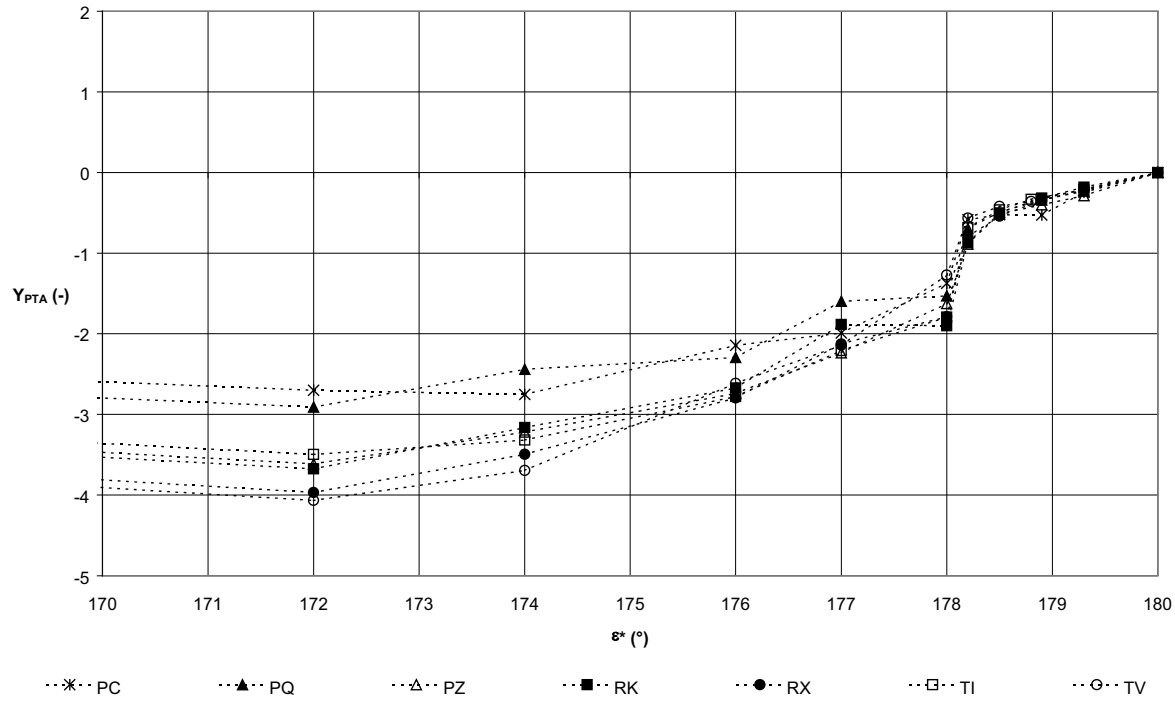
Figuur 6.30c. Scheepsmodel D: Verloop van de gemiddelde waarde van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



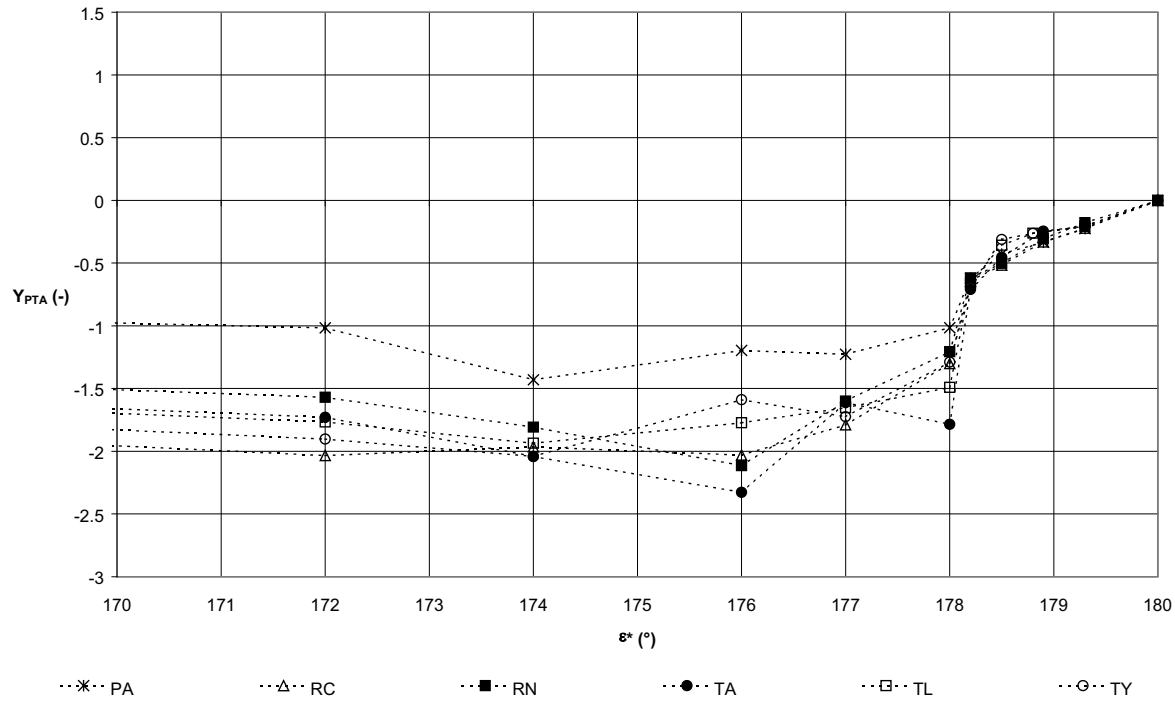
Figuur 6.30d. Scheepsmodel D: Verloop van de gemiddelde waarde van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



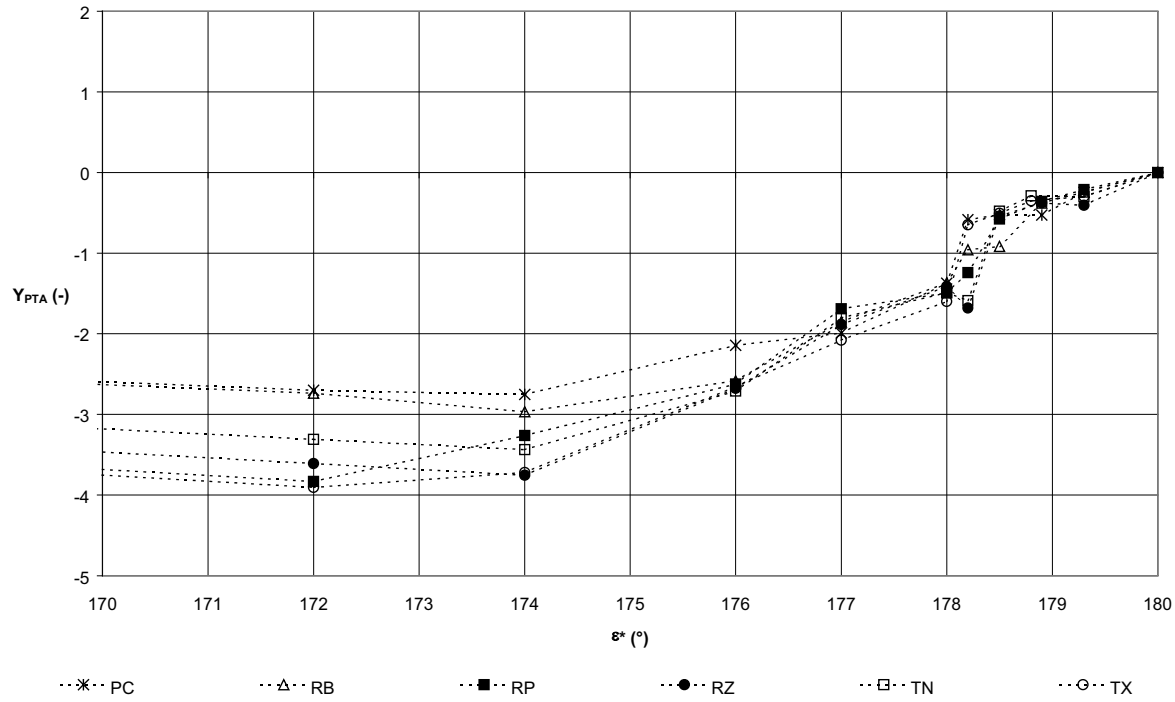
Figuur 6.31a. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



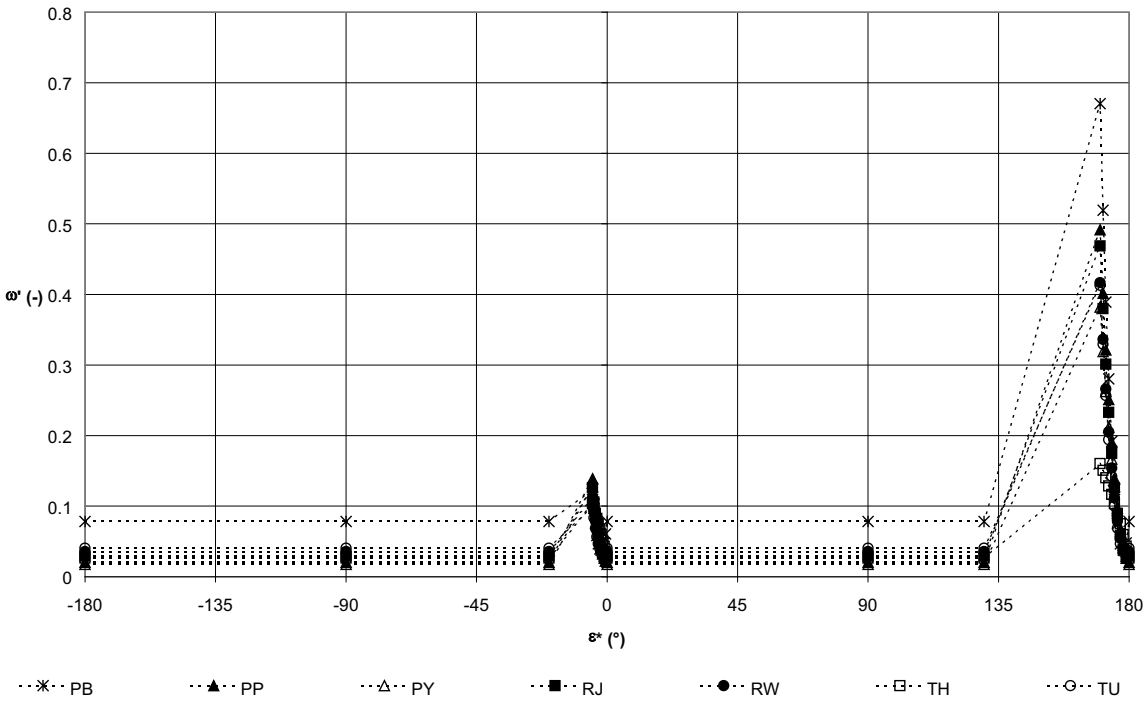
Figuur 6.31b. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



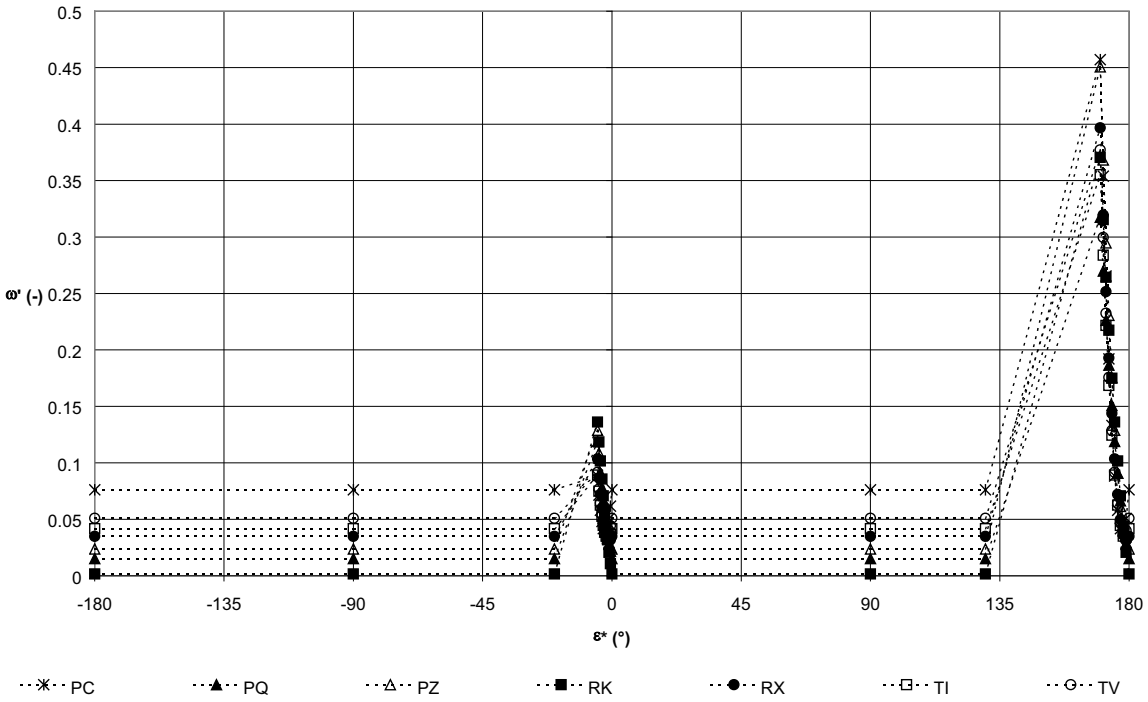
Figuur 6.31c. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



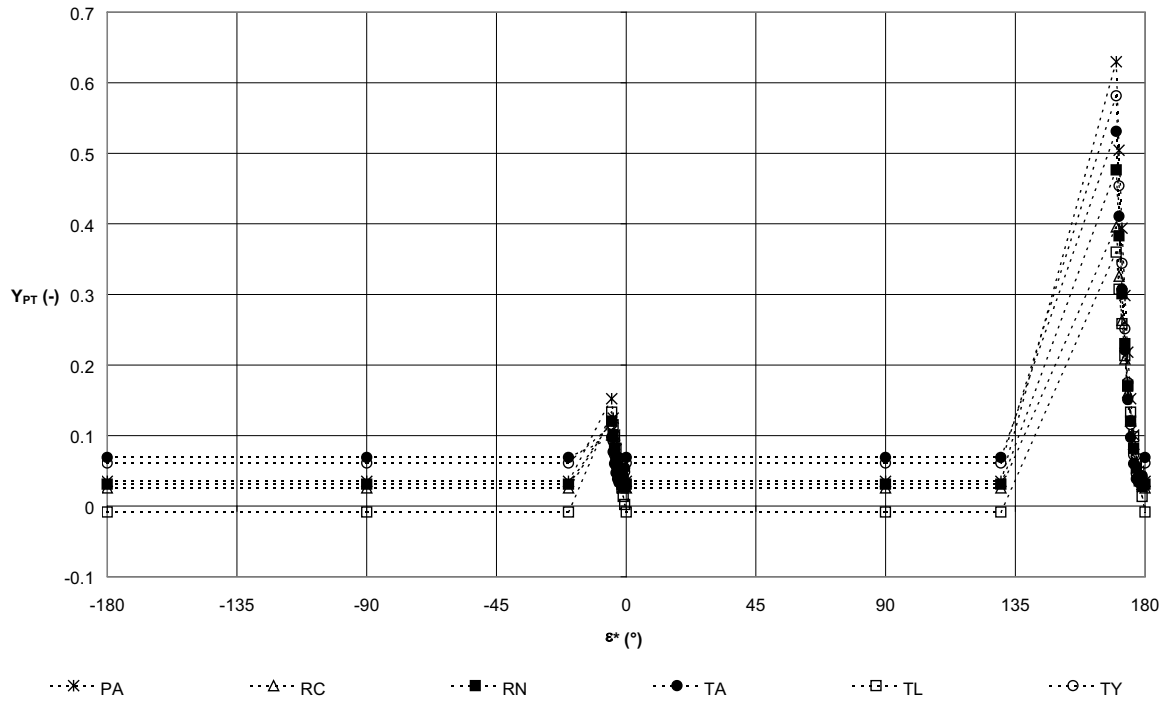
Figuur 6.31d. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Tweede kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



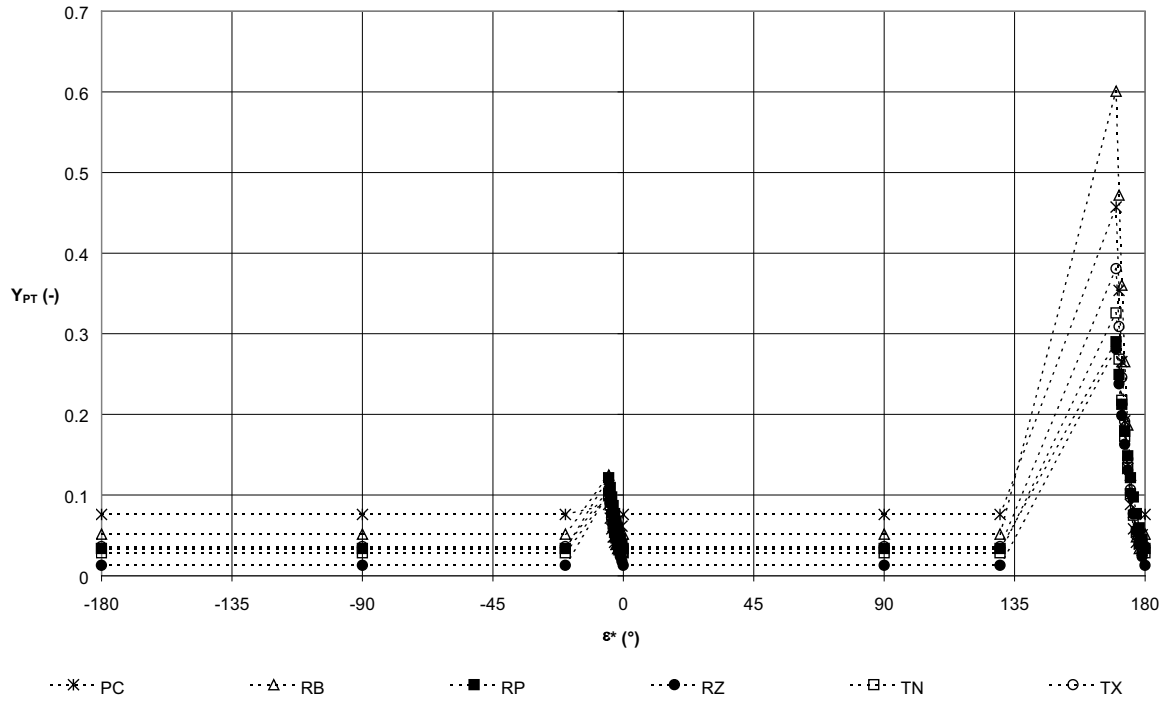
Figuur 6.32a. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze frequentie van de oscillaties in functie van ε*. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



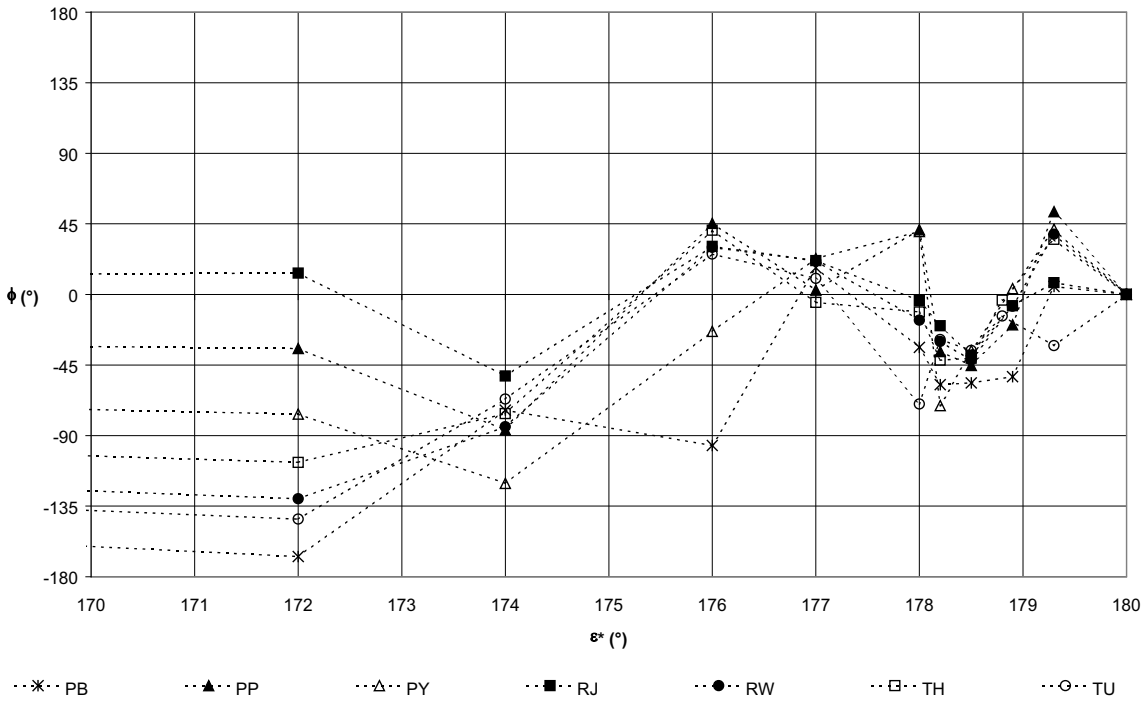
Figuur 6.32b. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze frequentie van de oscillaties in functie van ε*. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



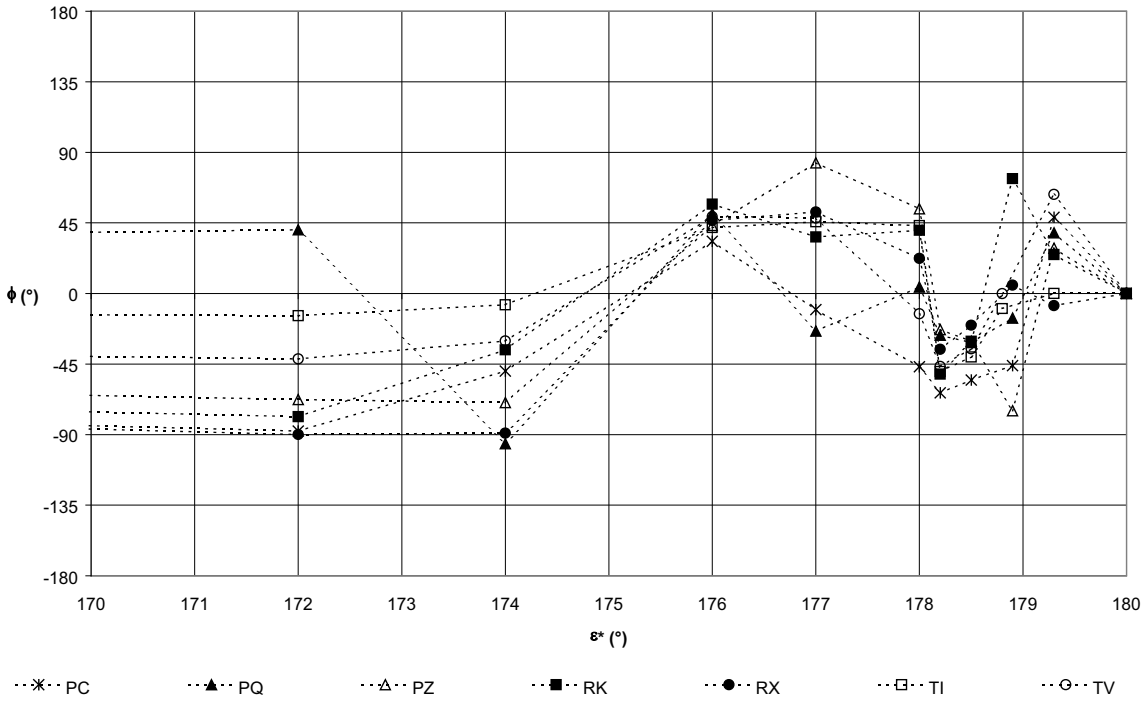
Figuur 6.32c. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze frequentie van de oscillaties in functie van ε*. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



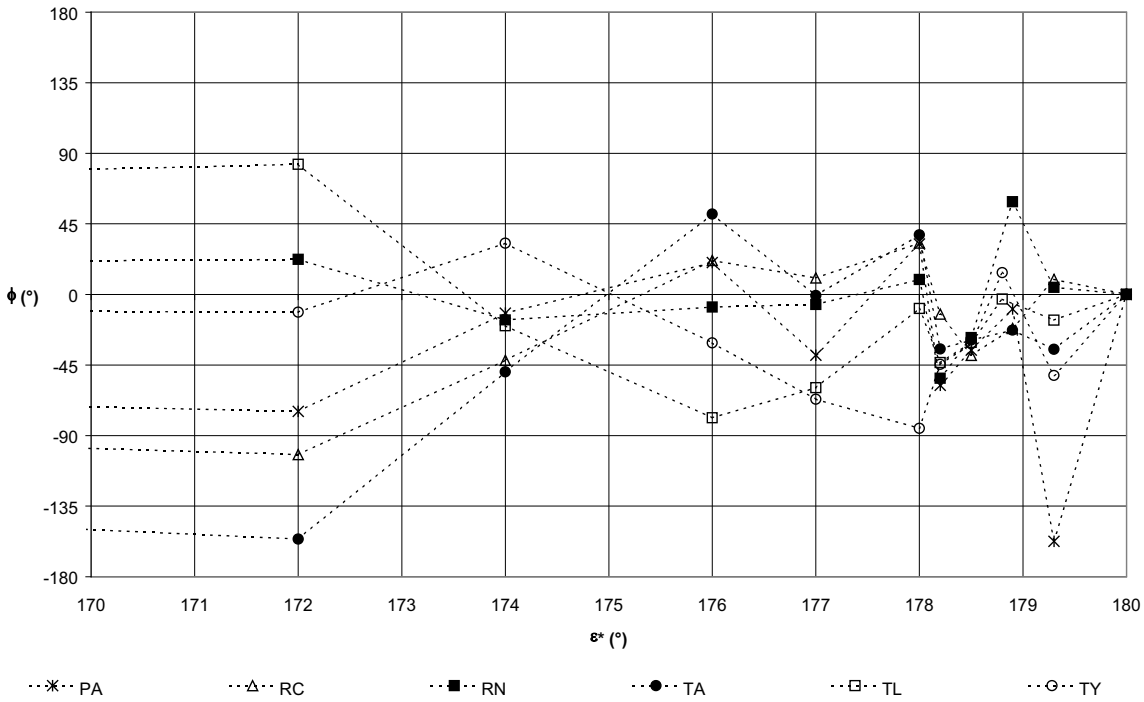
Figuur 6.32d. Scheepsmodel D: Verloop van de dimensieloze frequentie van de oscillaties in functie van ε*. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



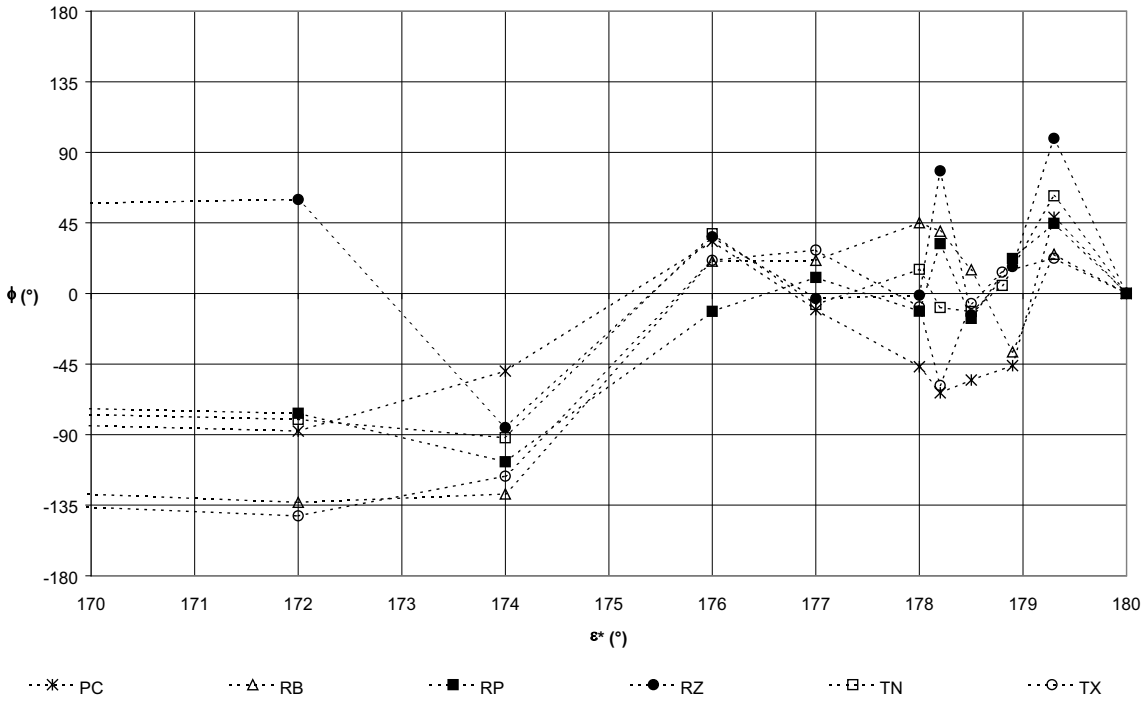
Figuur 6.33a. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties in functie van ε*. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



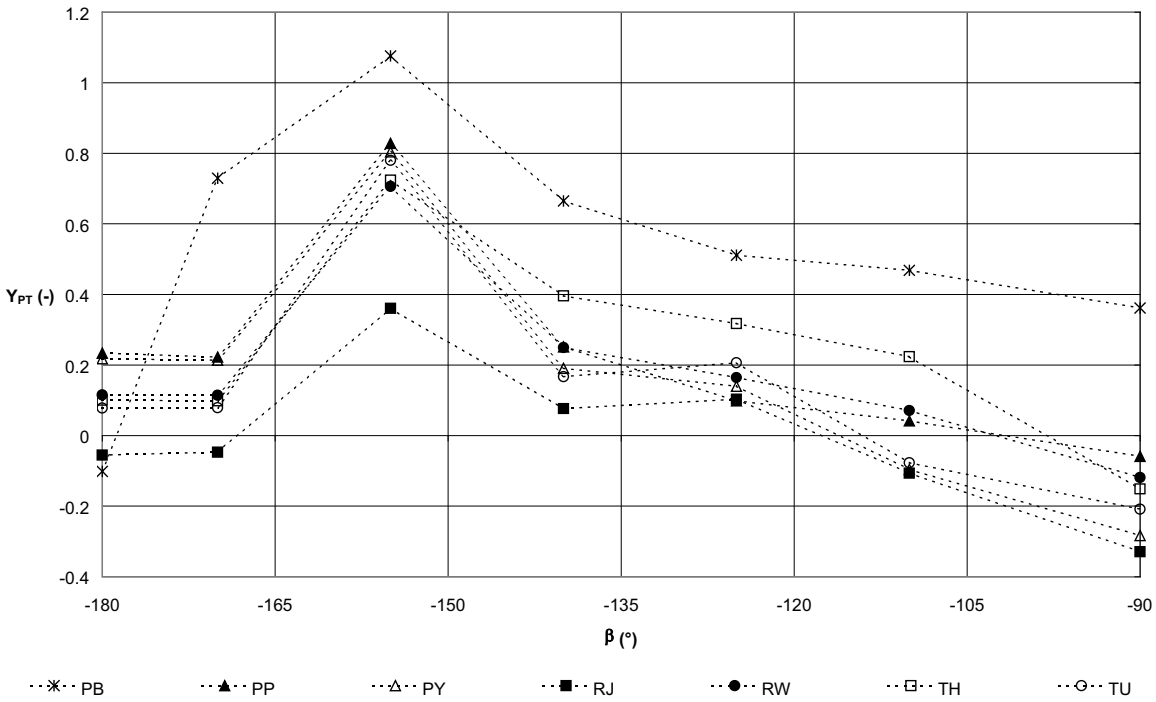
Figuur 6.33b. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties in functie van ε*. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



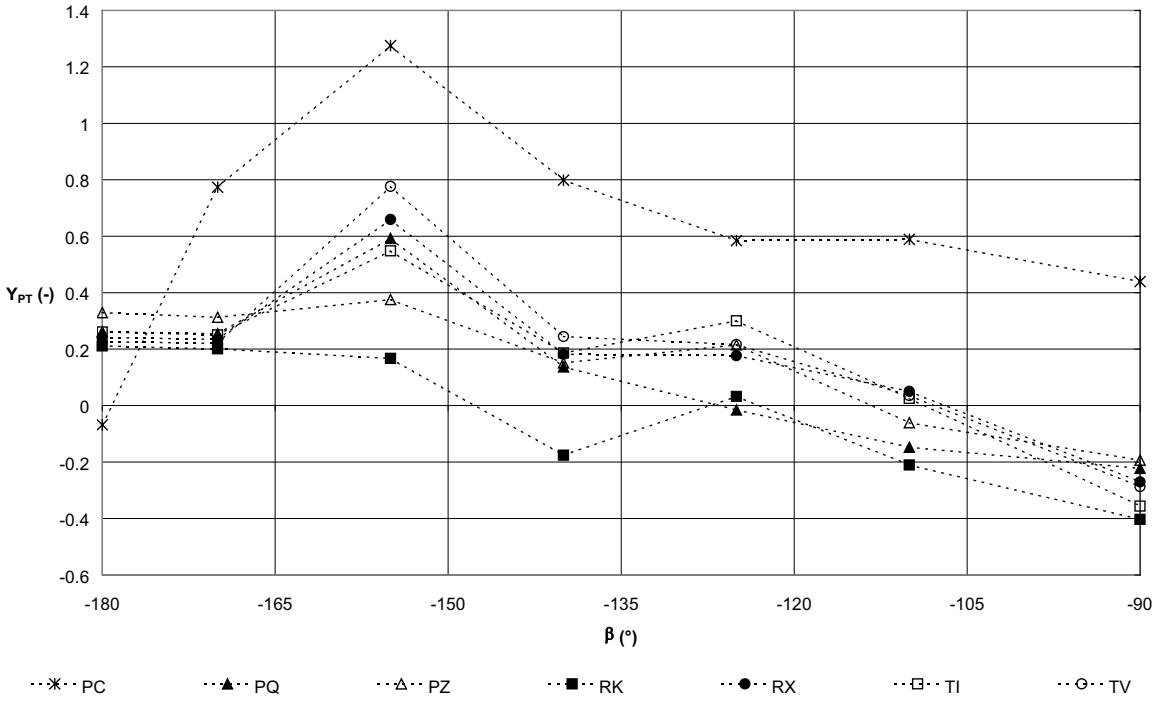
Figuur 6.33c. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties in functie van ε*. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



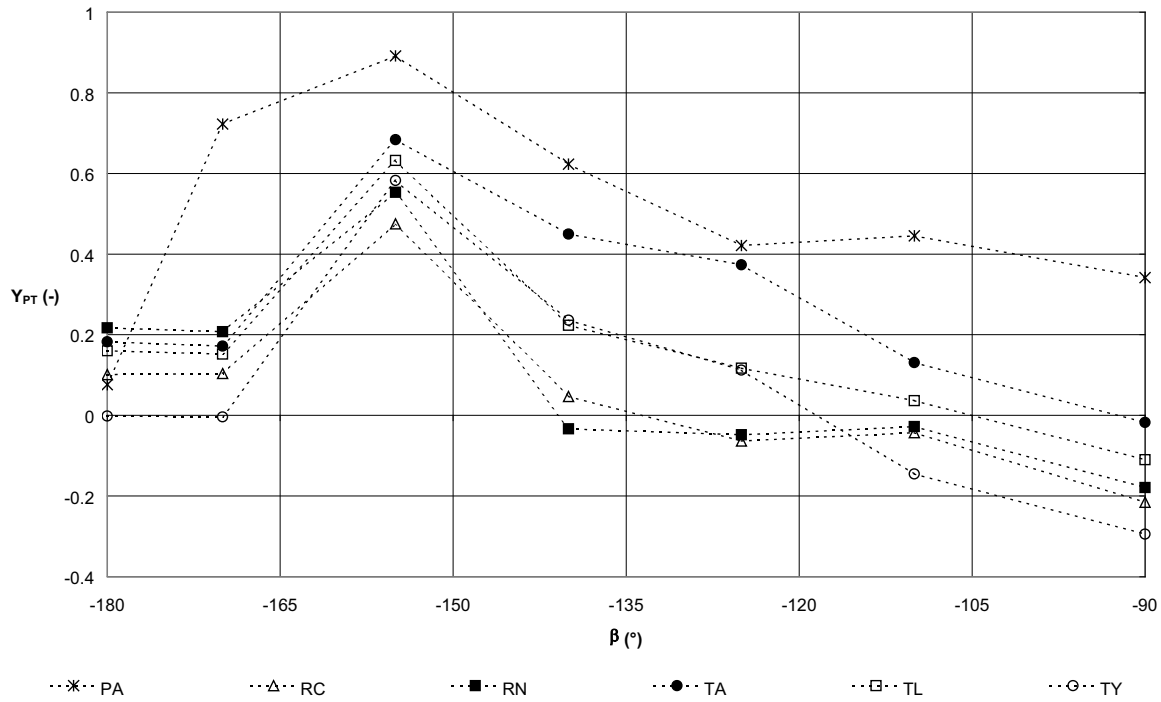
Figuur 6.33d. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties in functie van ε*. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



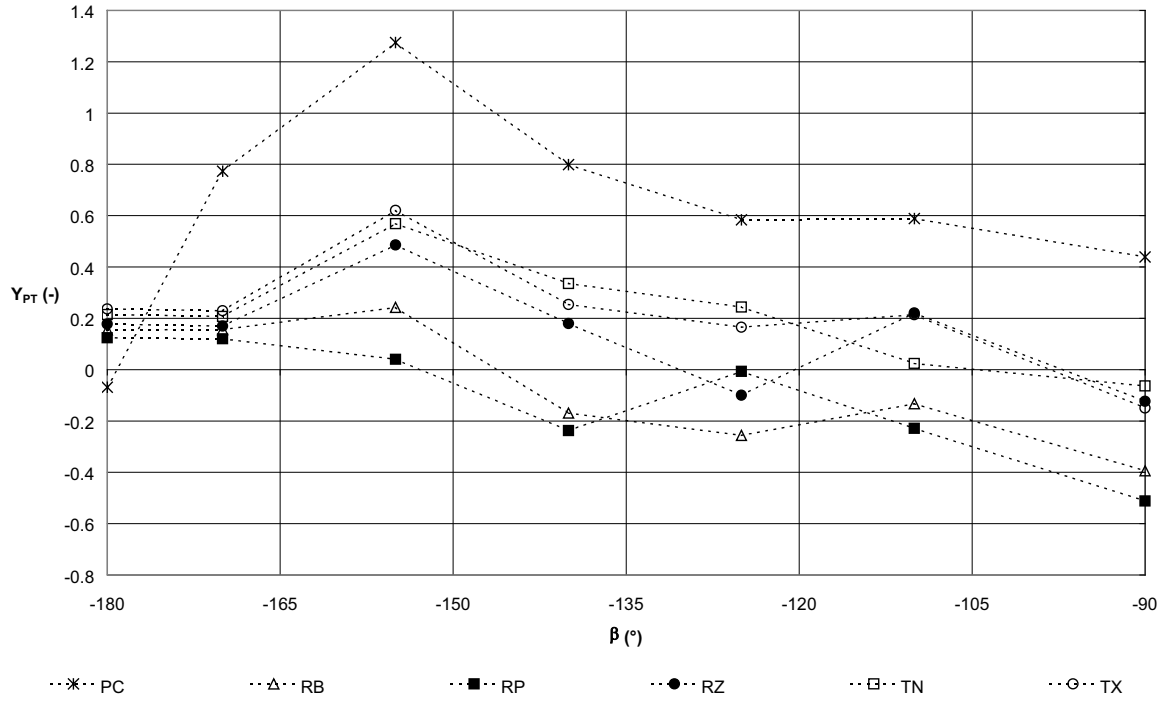
Figuur 6.34a. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Derde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



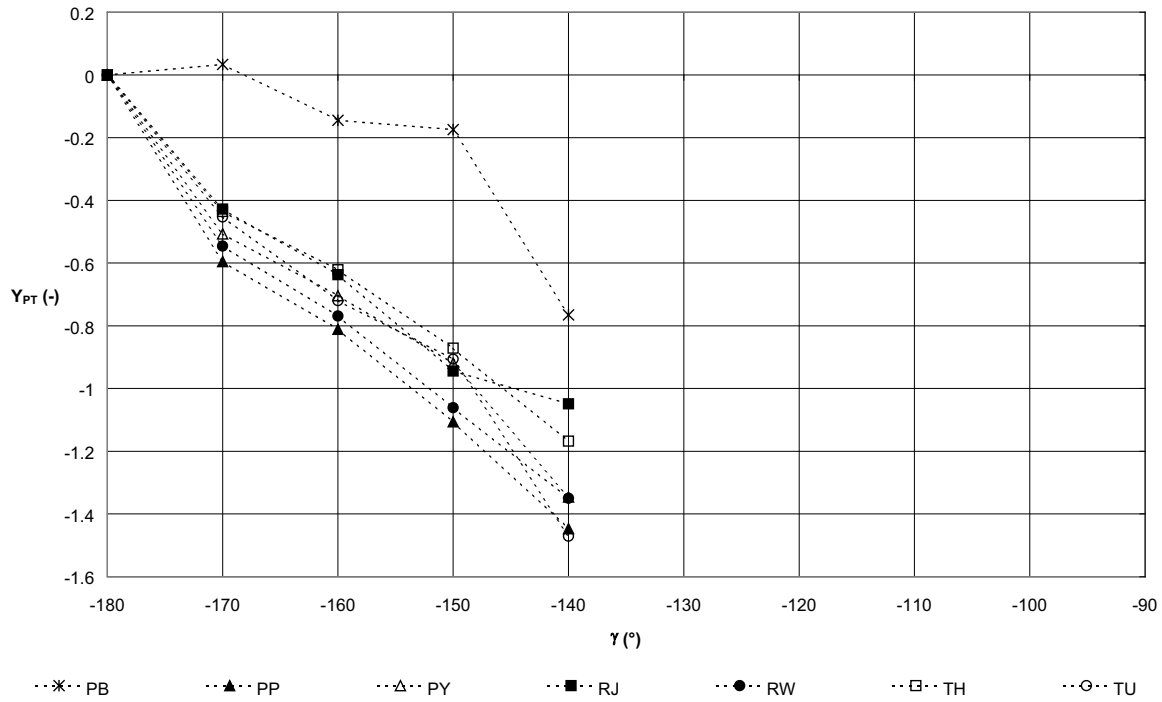
Figuur 6.34b. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Derde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



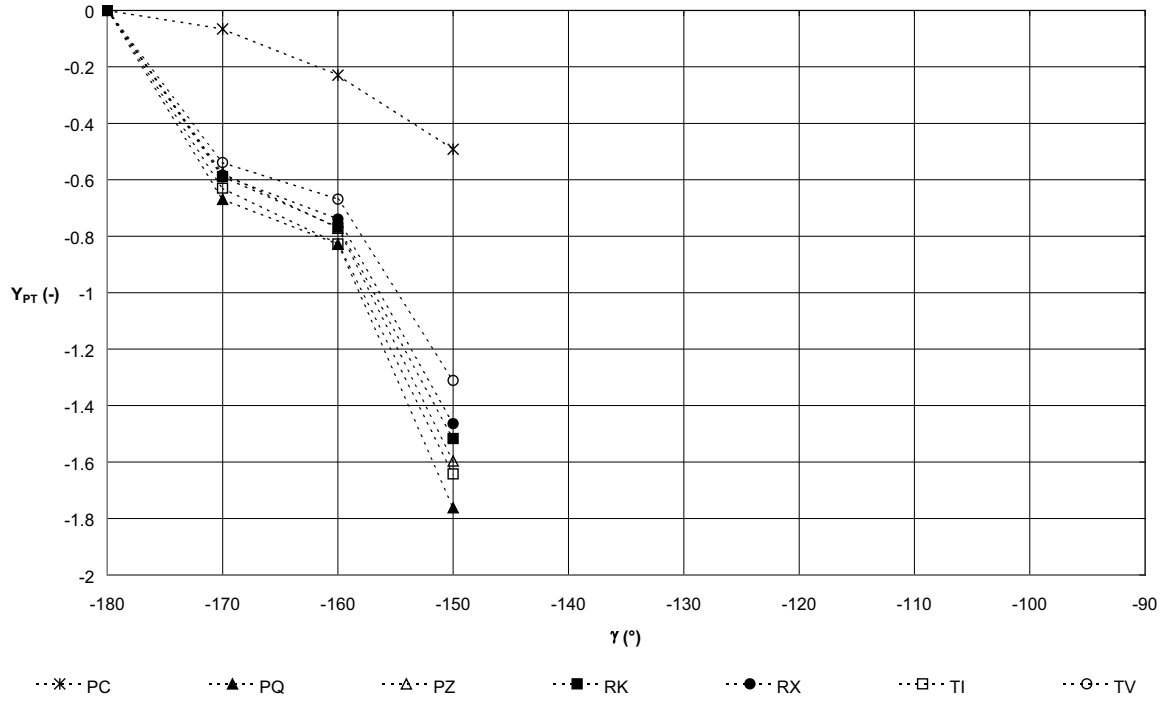
Figuur 6.34c. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Derde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



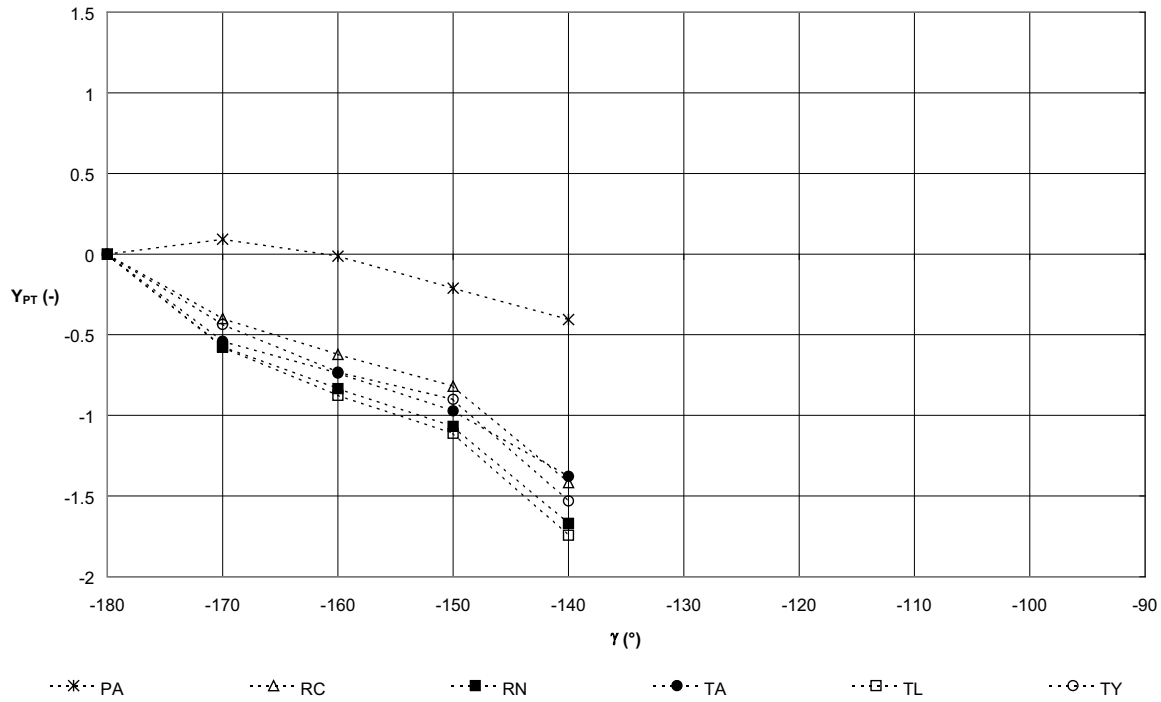
Figuur 6.34d. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Derde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



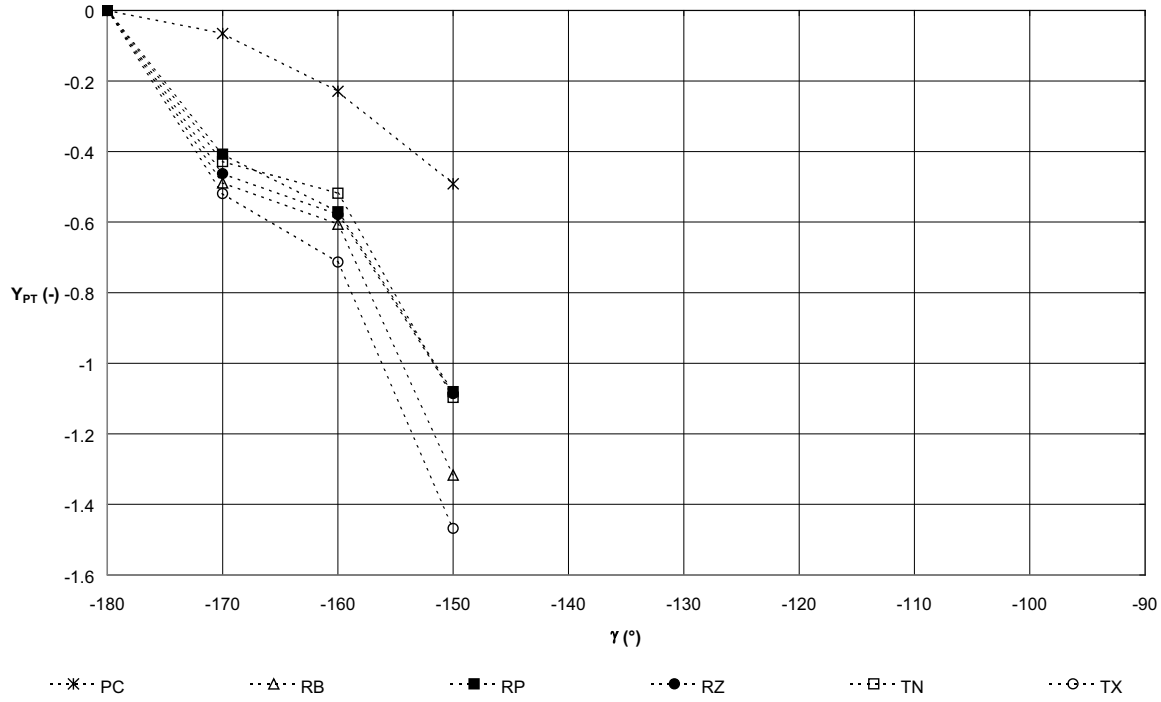
Figuur 6.35a. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Derde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



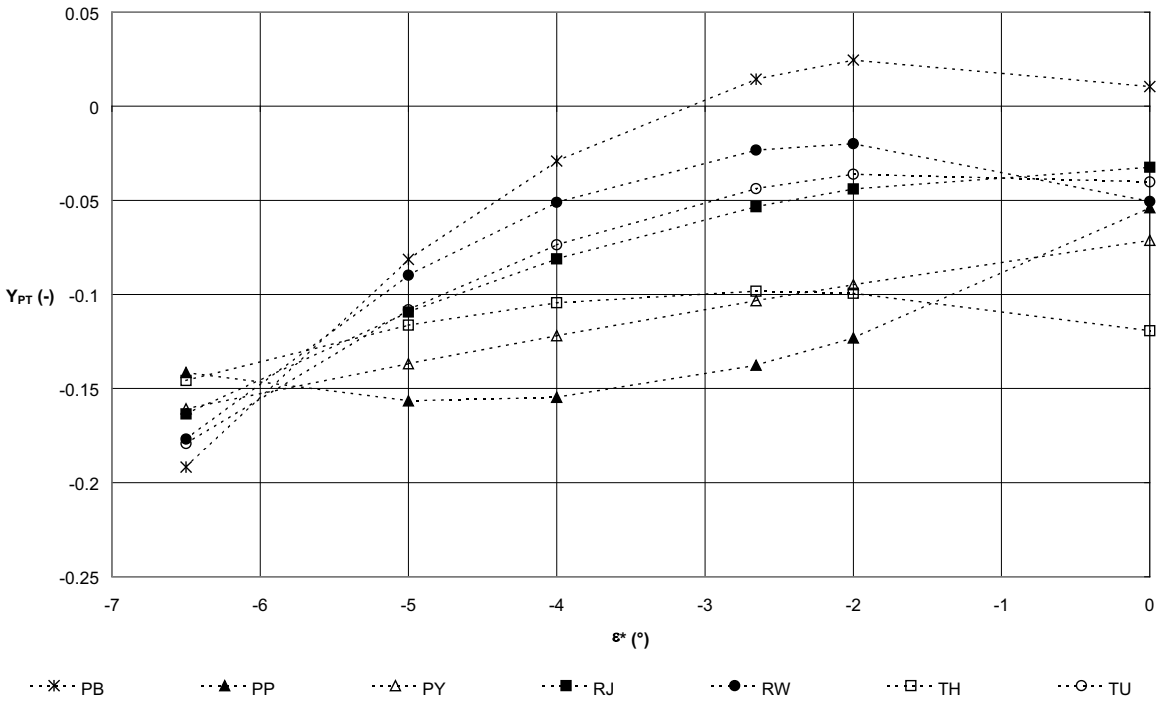
Figuur 6.35b. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Derde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



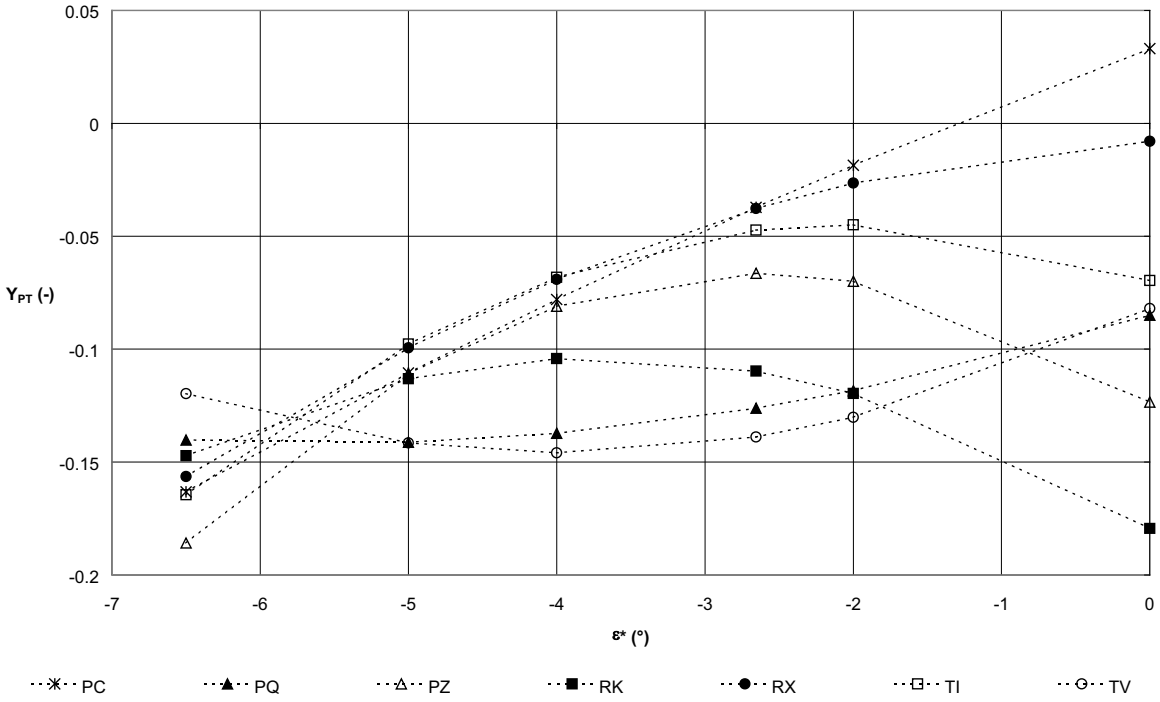
Figuur 6.35c. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Derde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



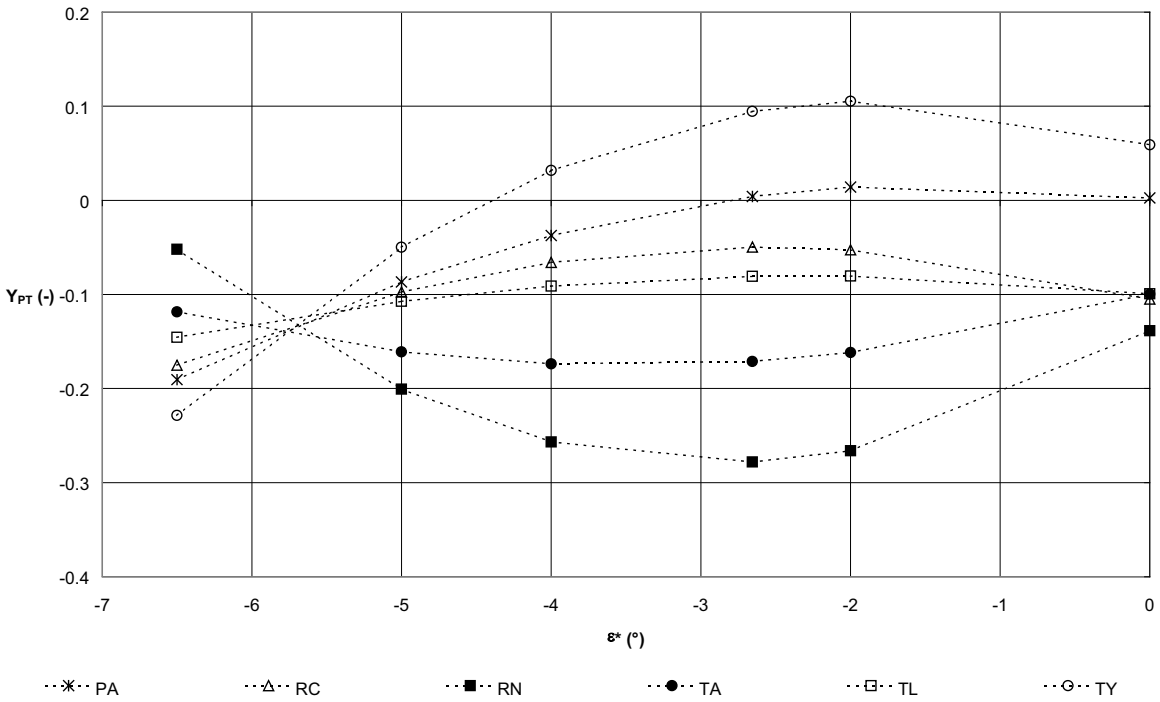
Figuur 6.35d. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Derde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



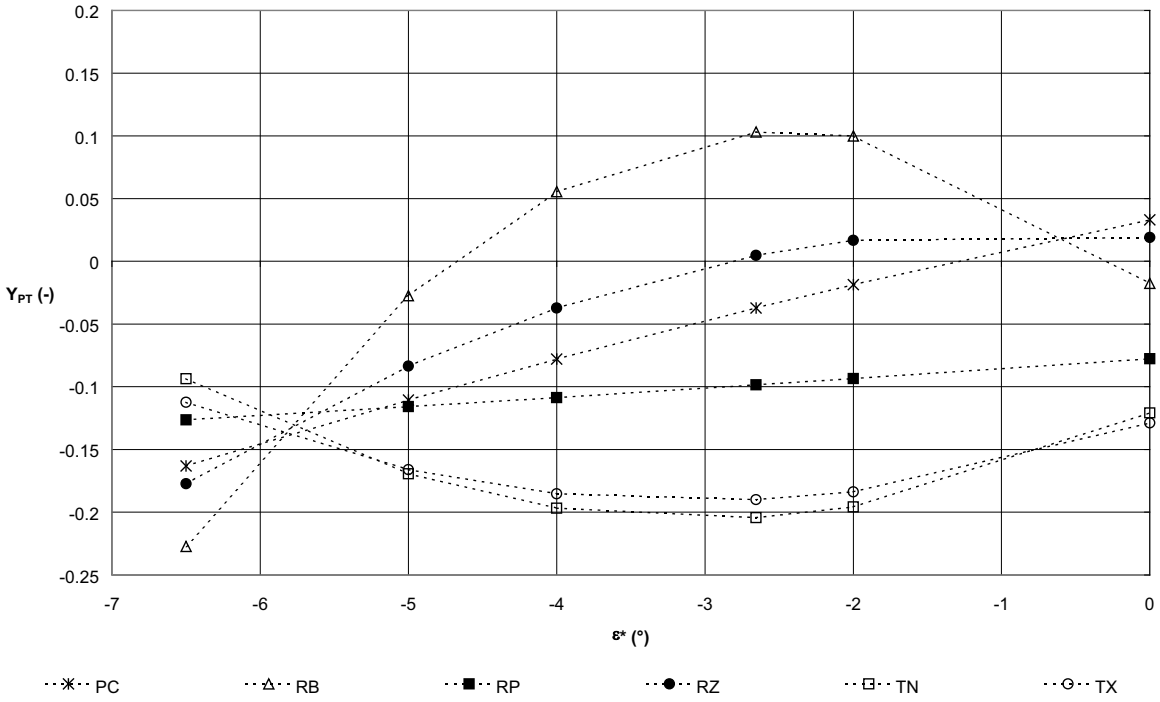
Figuur 6.36a. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Vierde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



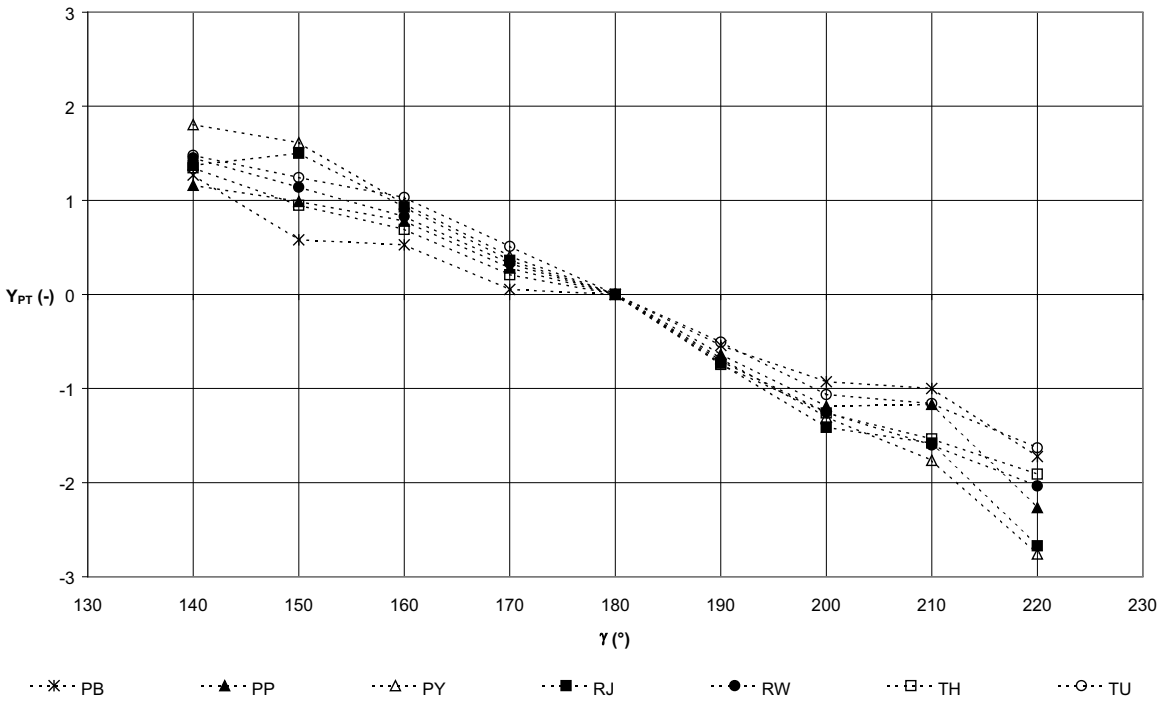
Figuur 6.36b. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Vierde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



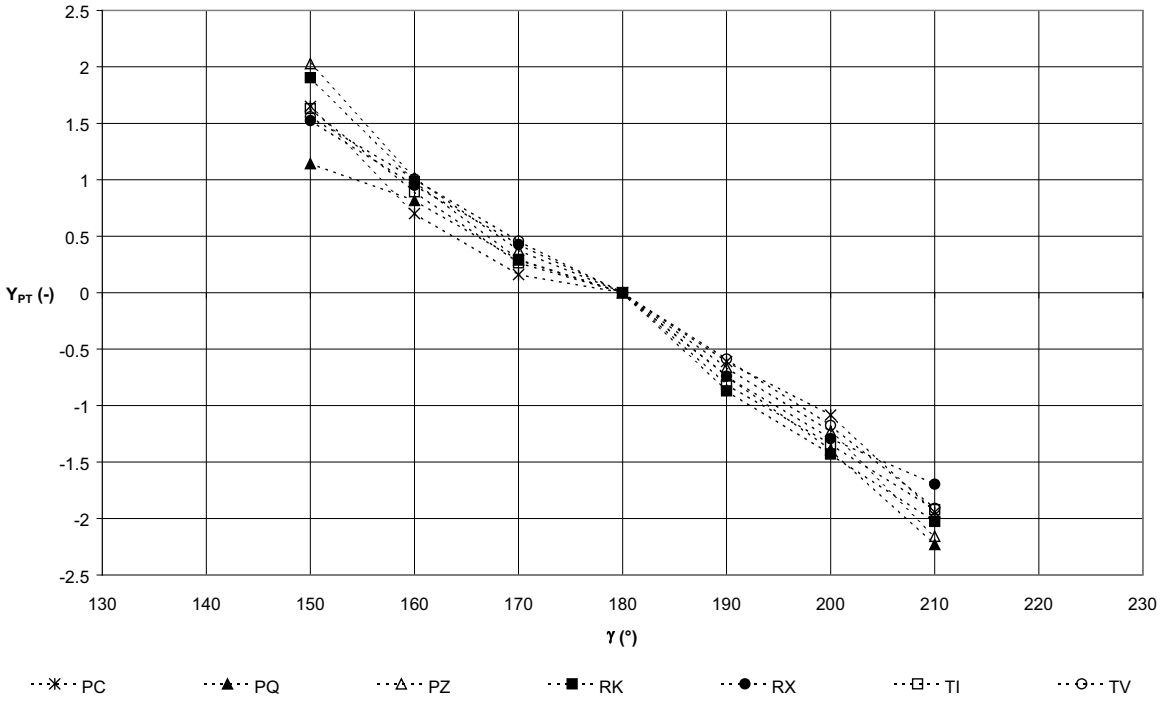
Figuur 6.36c. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



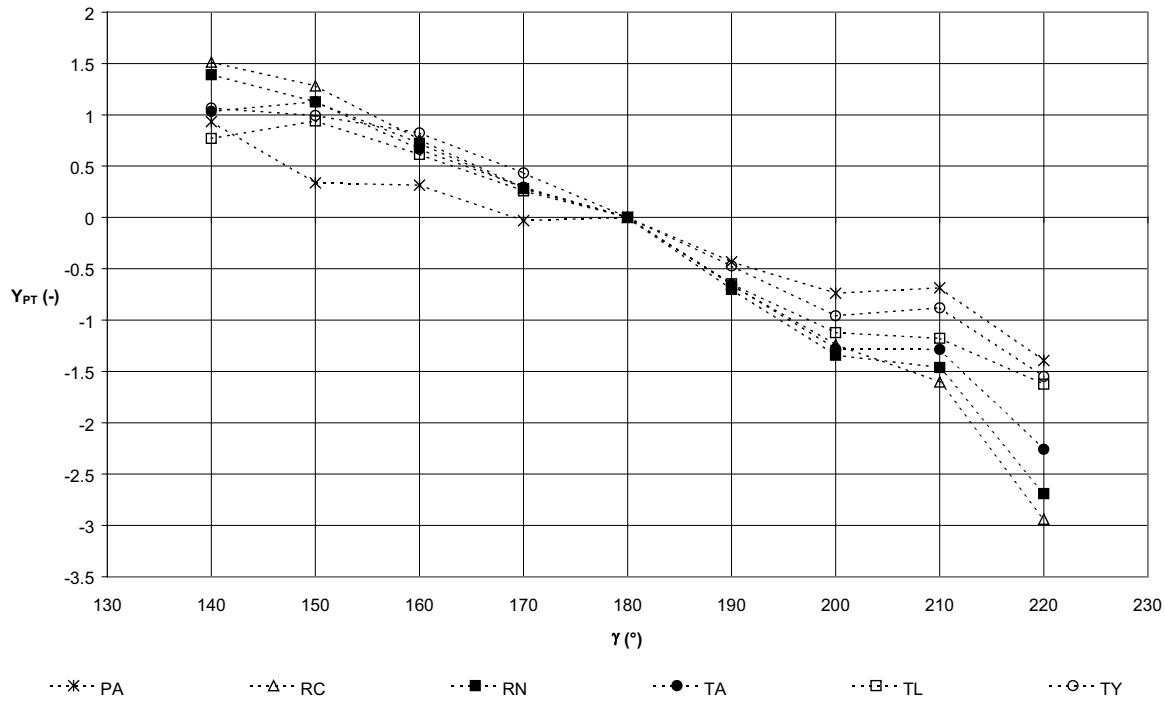
Figuur 6.36d. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van β. Vierde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



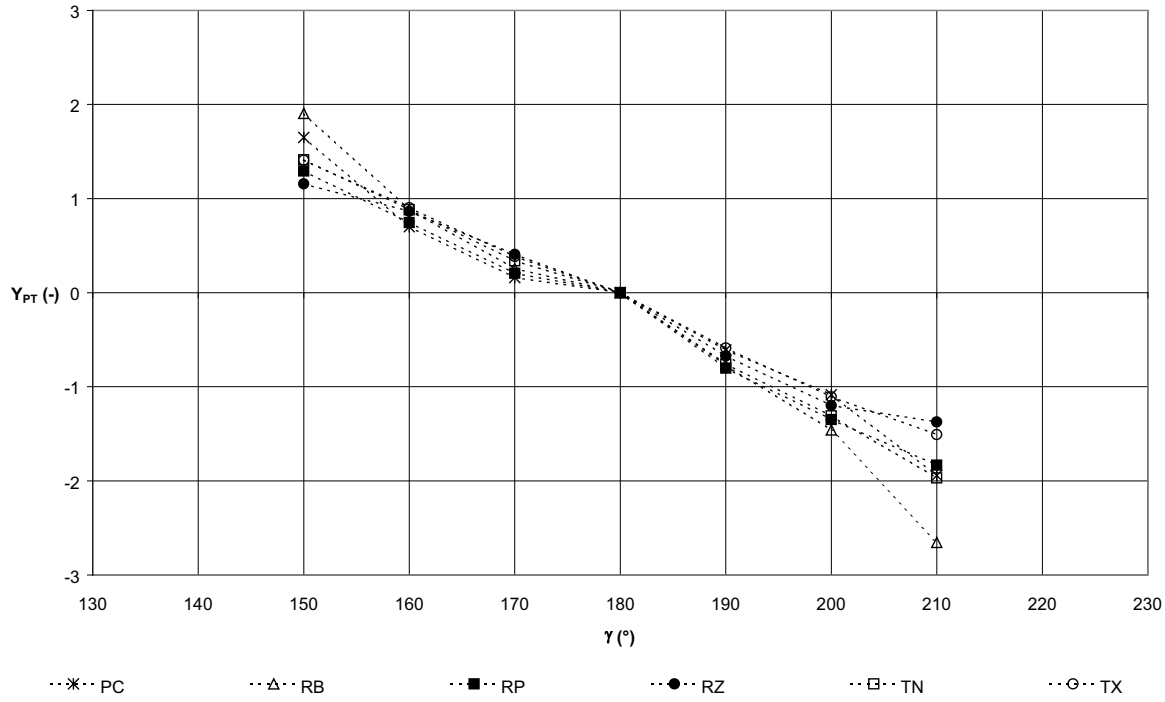
Figuur 6.37a. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Vierde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



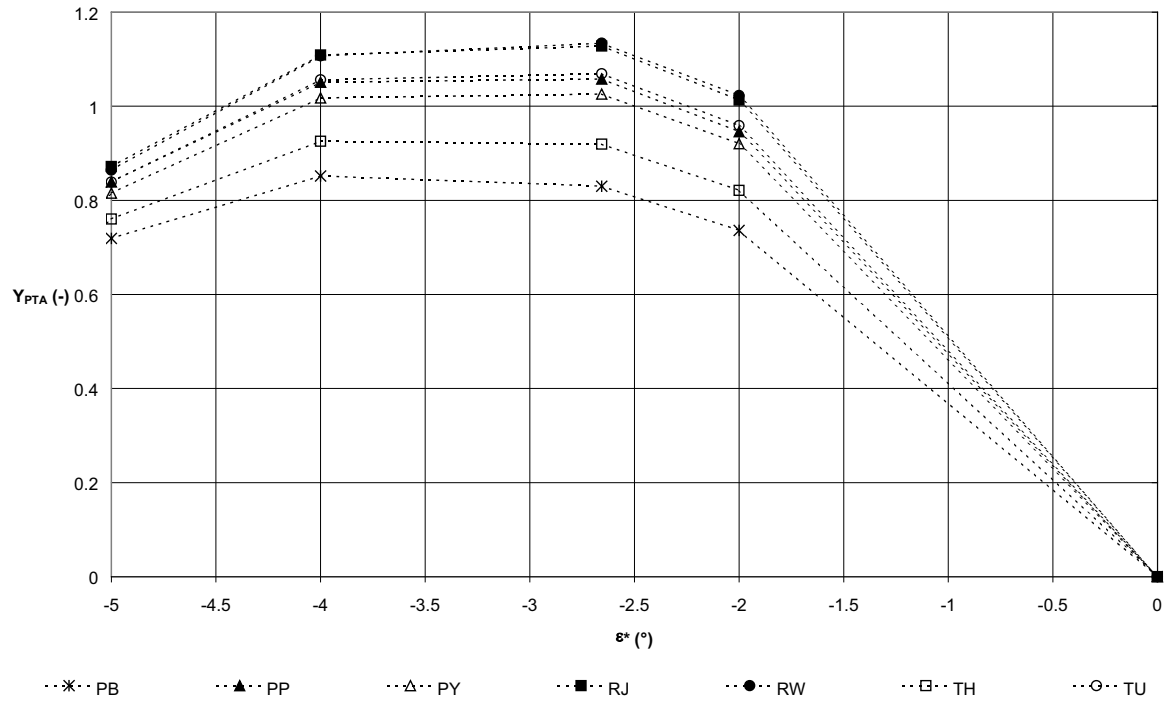
Figuur 6.37b. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Vierde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



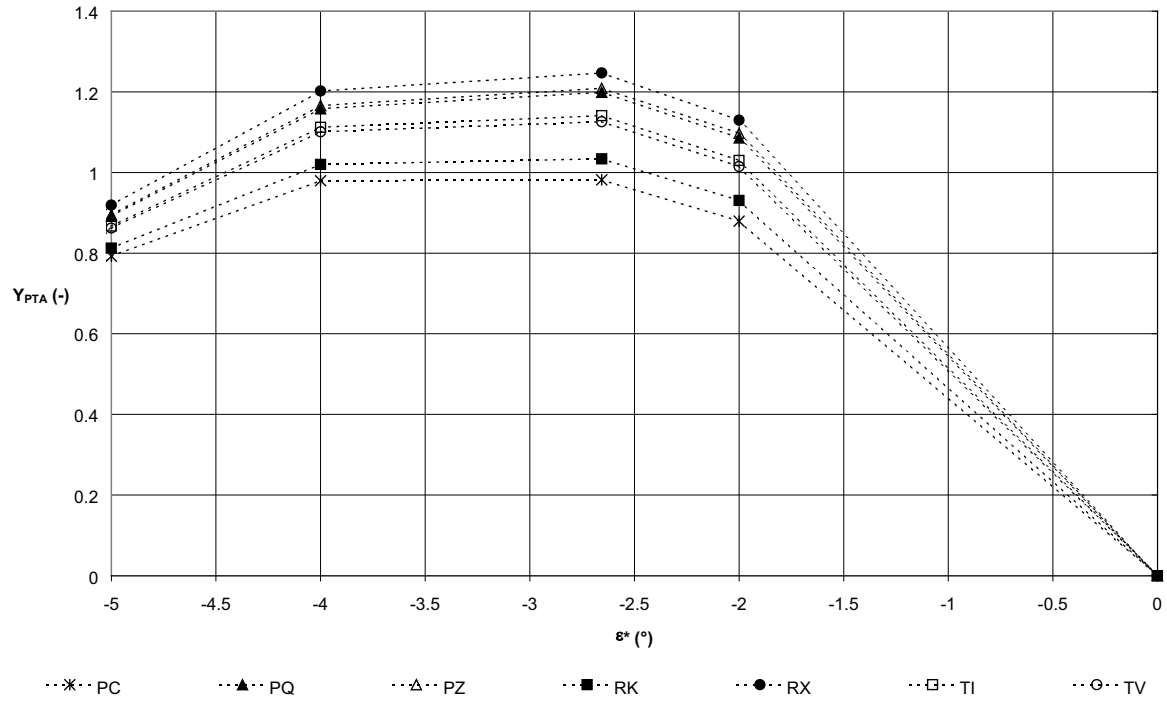
Figuur 6.37c. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



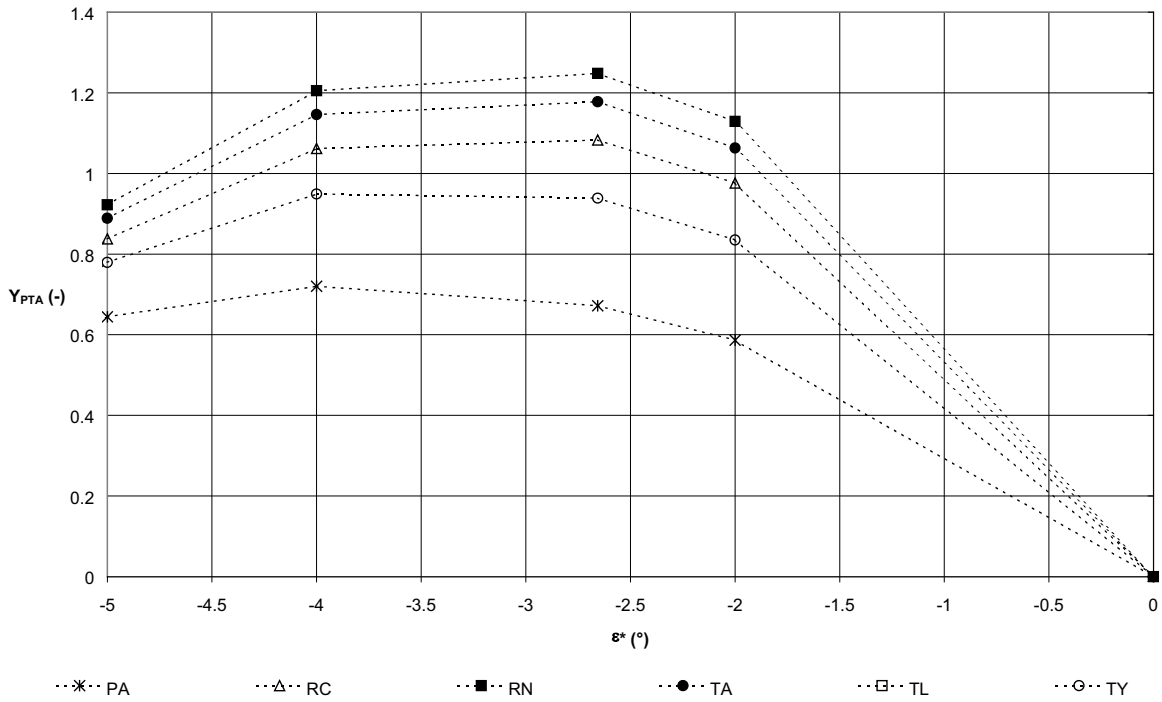
Figuur 6.37d. Scheepsmodel D: Verloop van Y_{PT} in functie van γ. Vierde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



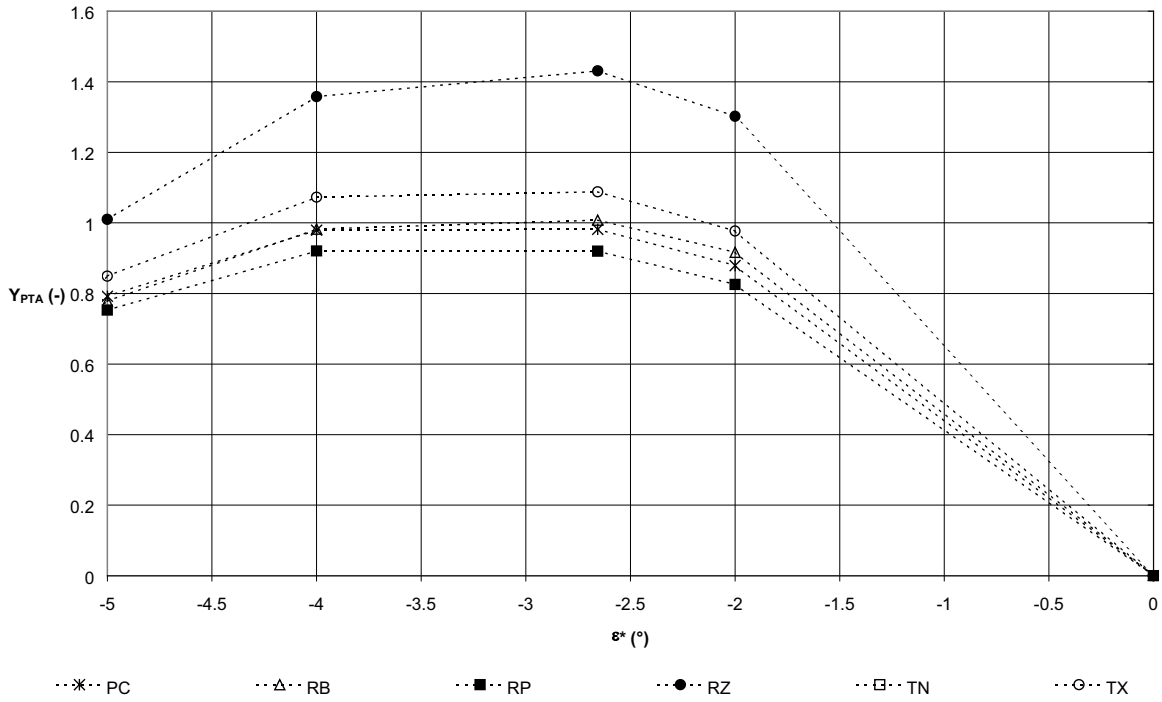
Figuur 6.38a. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Vierde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



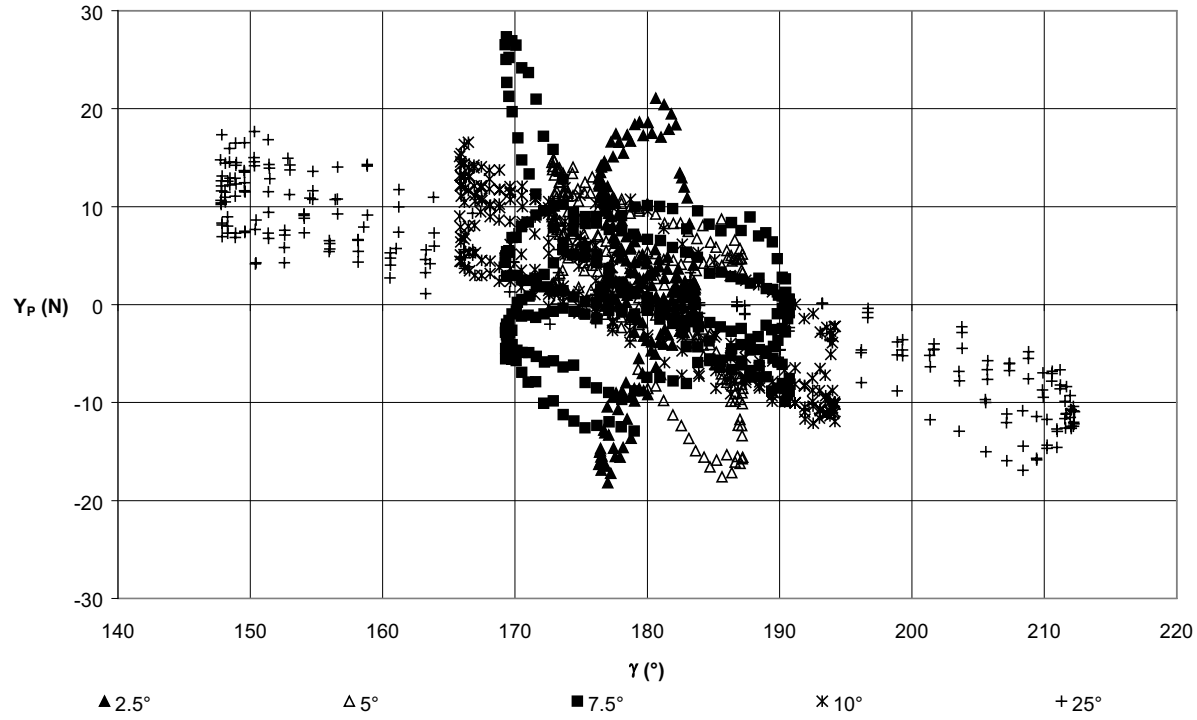
Figuur 6.38b. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε*. Vierde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



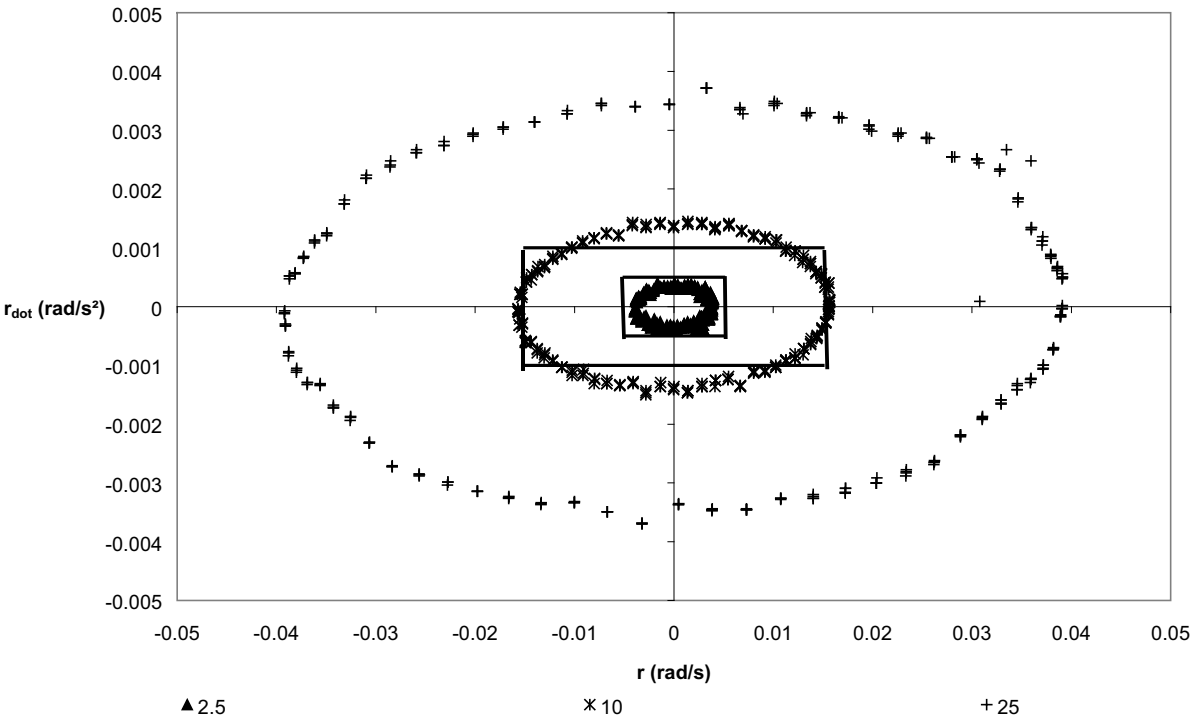
Figuur 6.38c. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε^*. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



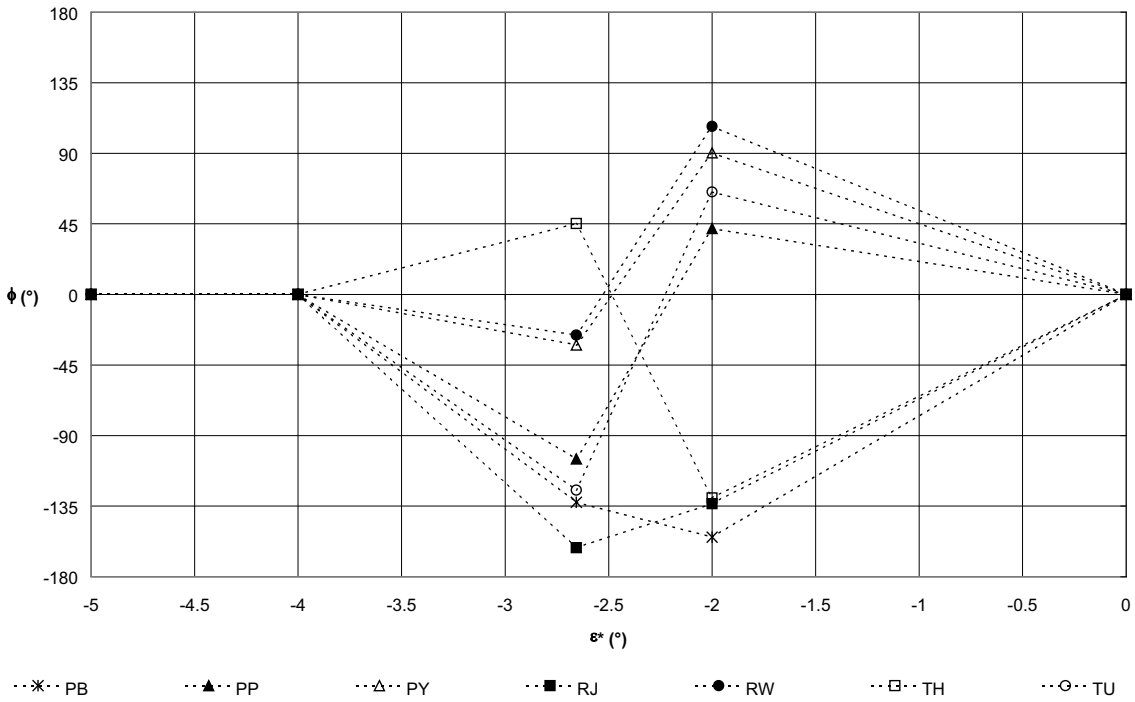
Figuur 6.38d. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de oscillaties van de verzetkracht ten gevolge van schroefwerking in functie van ε^*. Vierde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



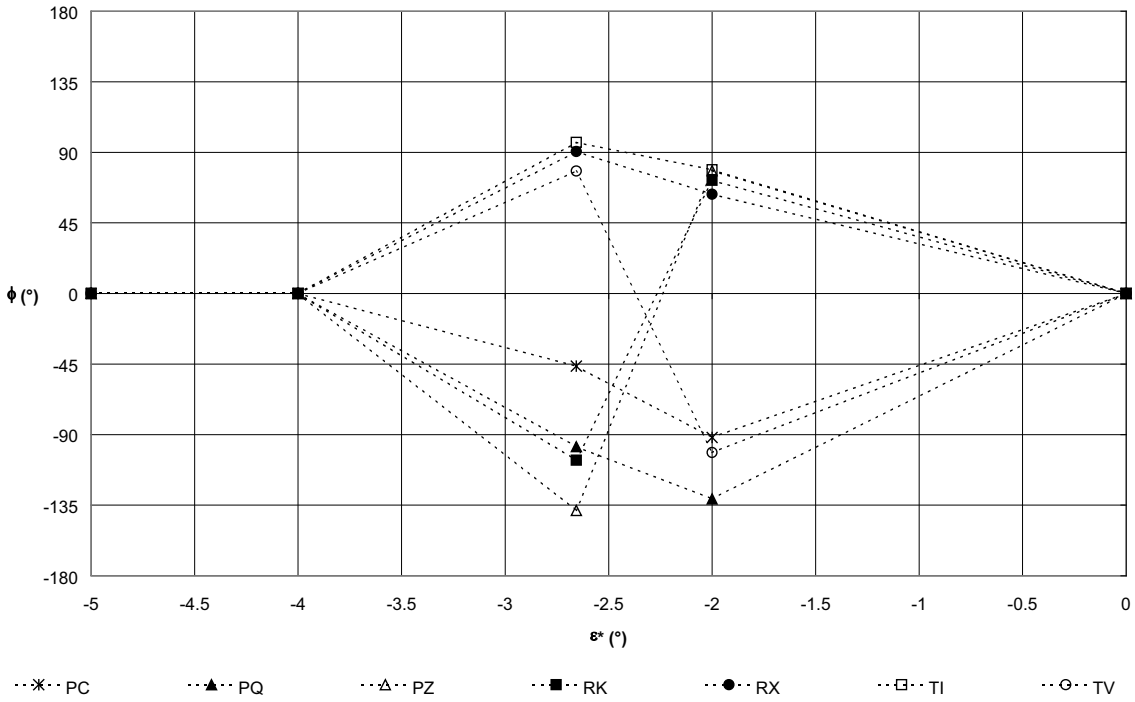
Figuur 6.39. Scheepsmodel D: Verloop van Y_P (in N – modelschaal) in functie van γ. Resultaat van proeven bij verschillende amplitudes van de gierbeweging. Reeks PA: 26% ukc boven vaste bodem, -0.12 m/s.



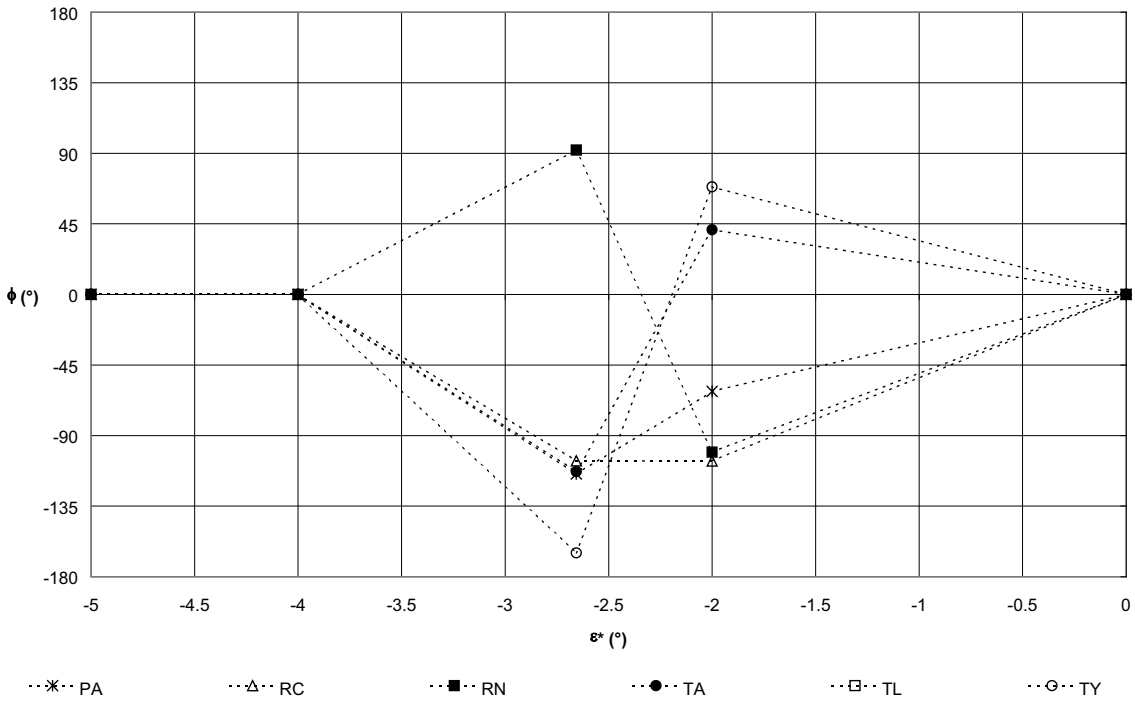
Figuur 6.40. Oscillatiecheck in het vierde kwadrant.



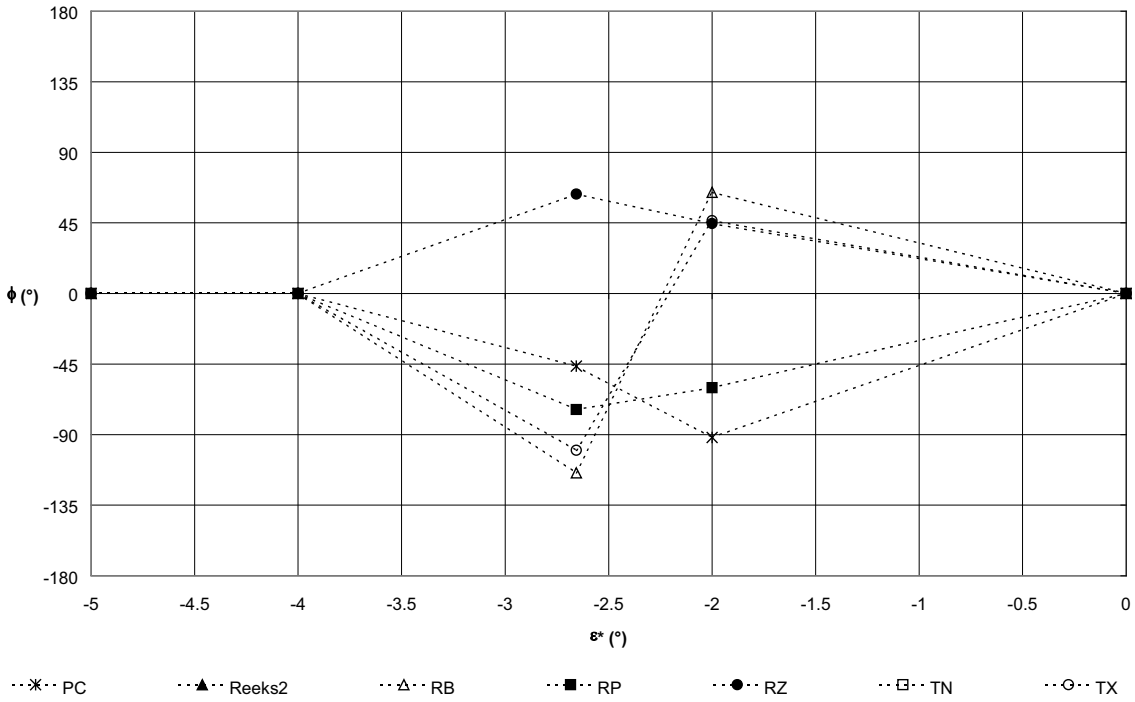
Figuur 6.41a. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties van de verzetkracht in functie van ε*. Vierde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



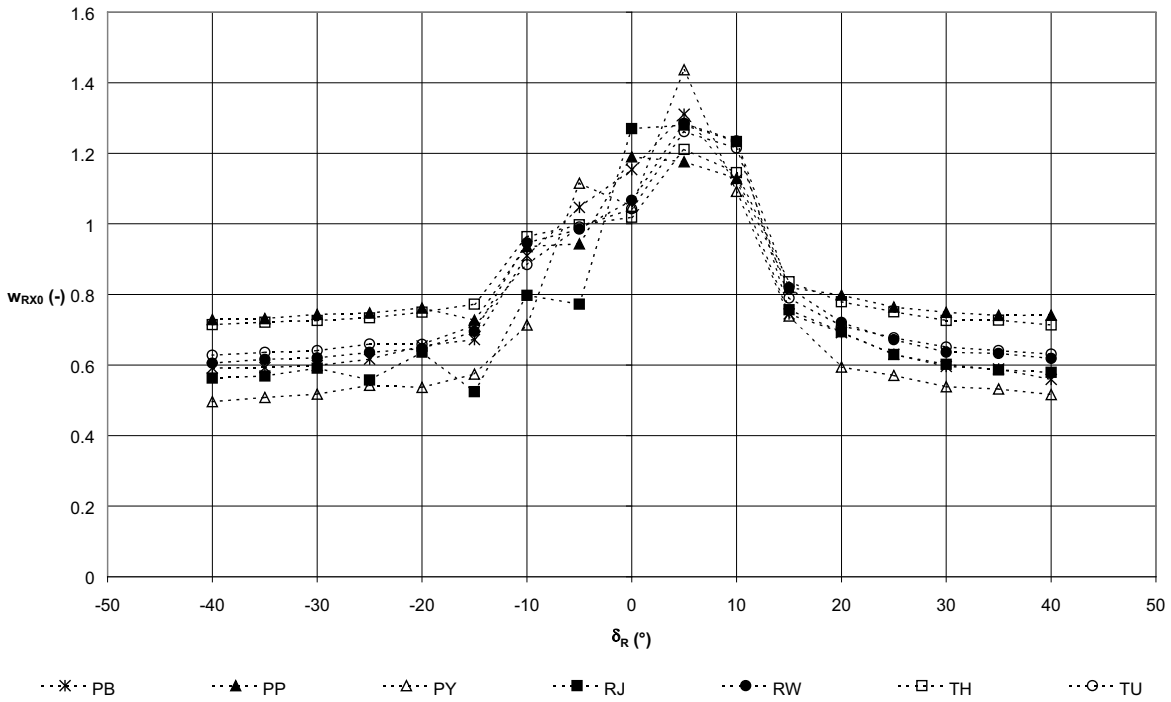
Figuur 6.41b. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties van de verzetkracht in functie van ε*. Vierde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



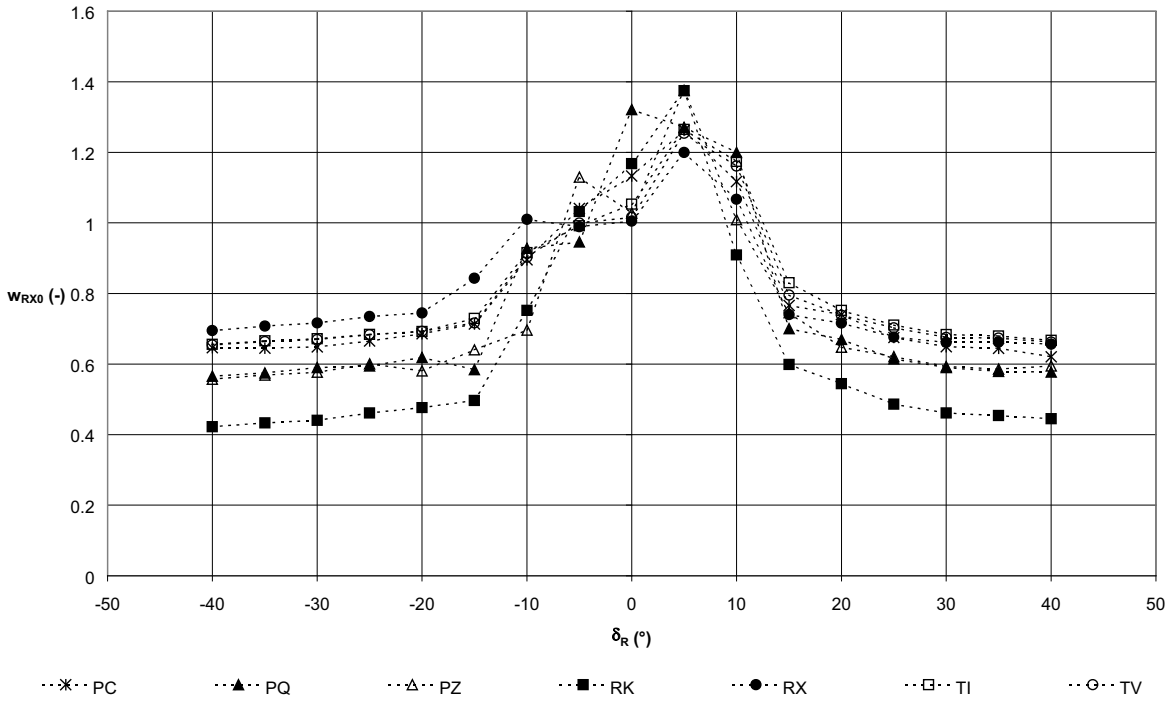
Figuur 6.41c. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties van de verzetkracht in functie van ε*. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



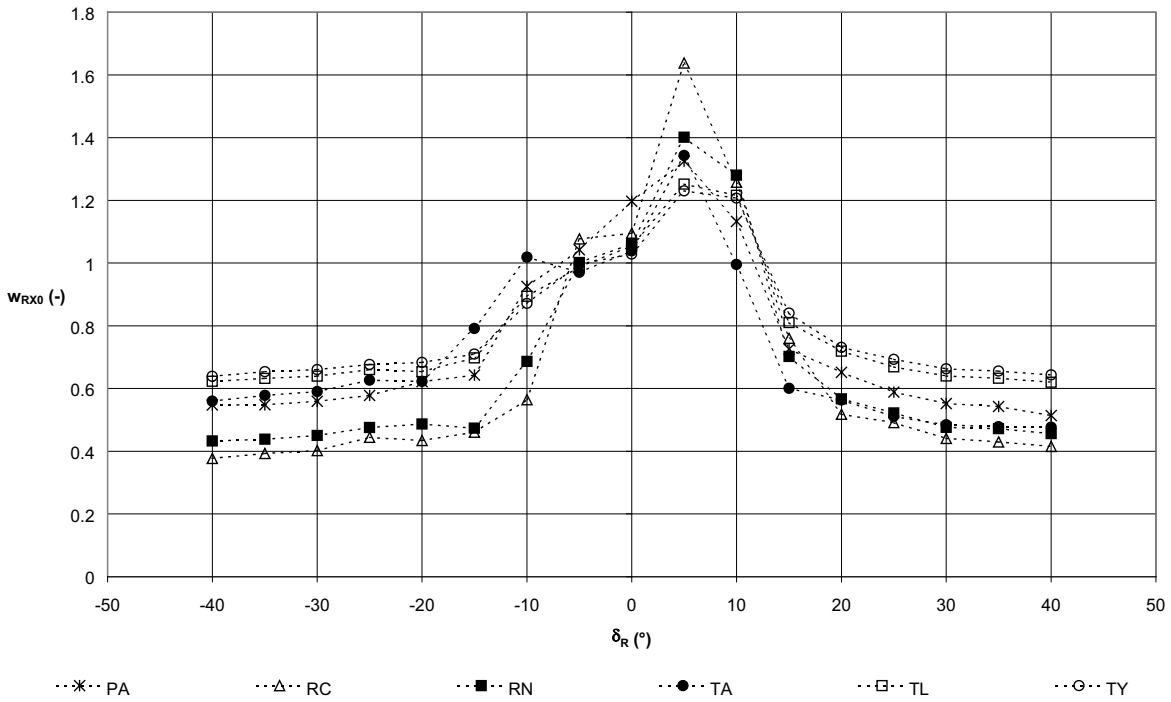
Figuur 6.41d. Scheepsmodel D: Verloop van de fase van de oscillaties van de verzetkracht in functie van ε*. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



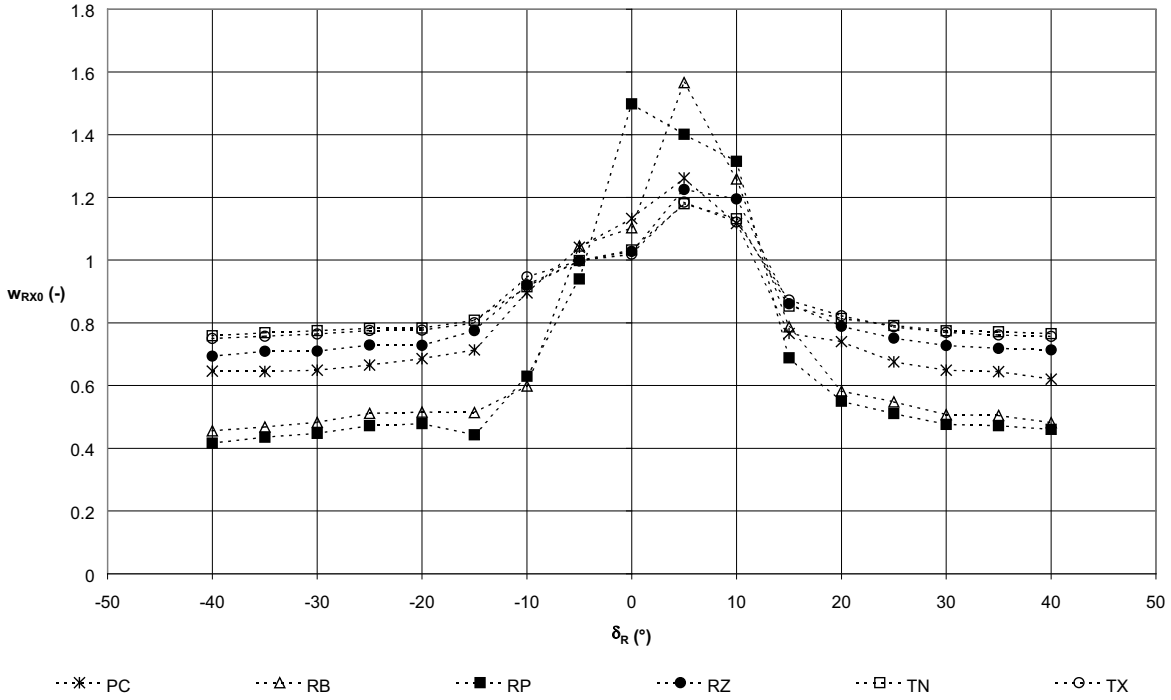
Figuur 6.42a. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



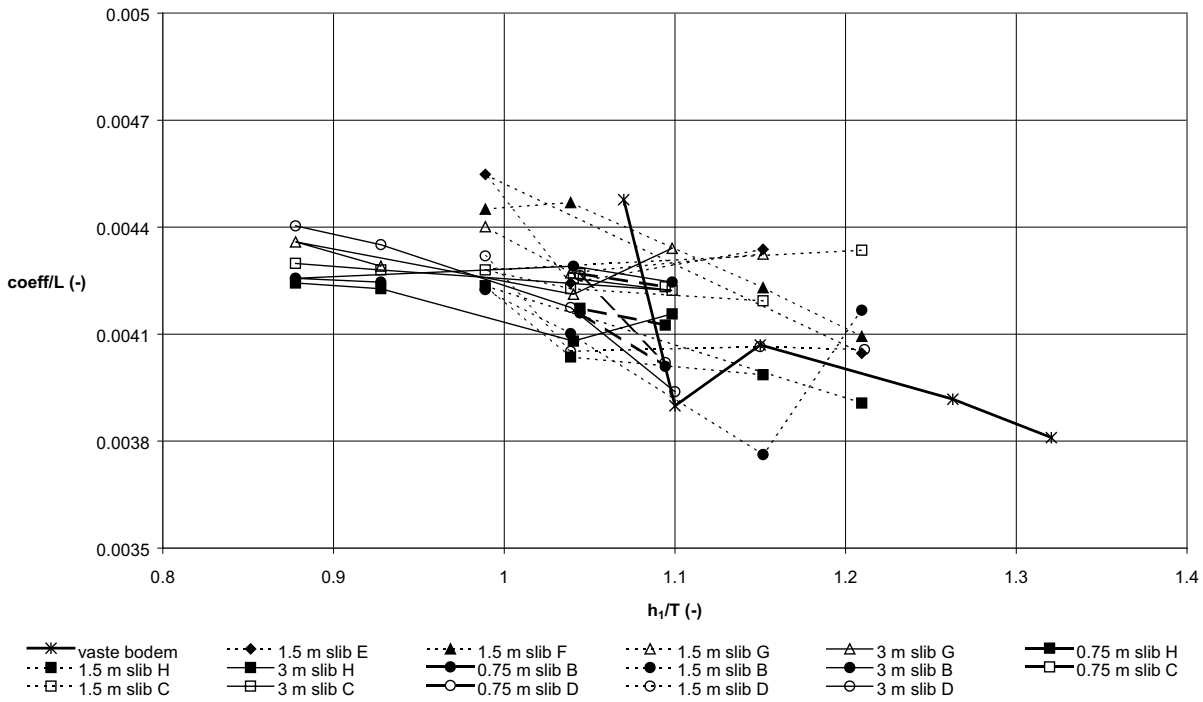
Figuur 6.42b. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



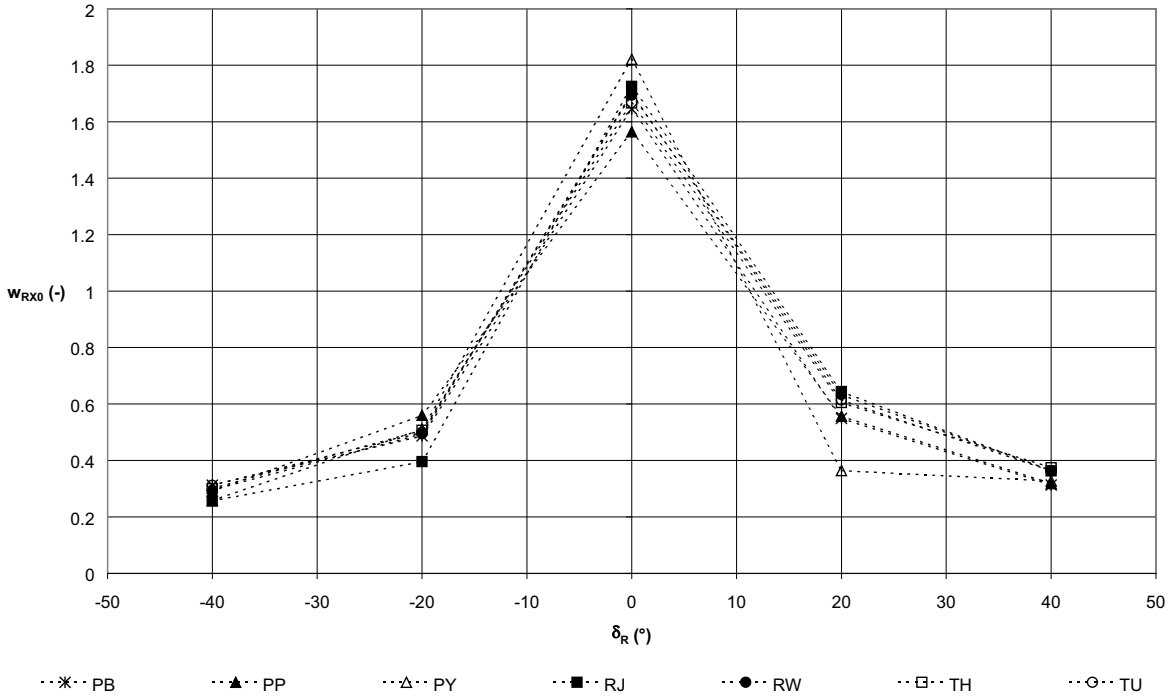
Figuur 6.42c. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



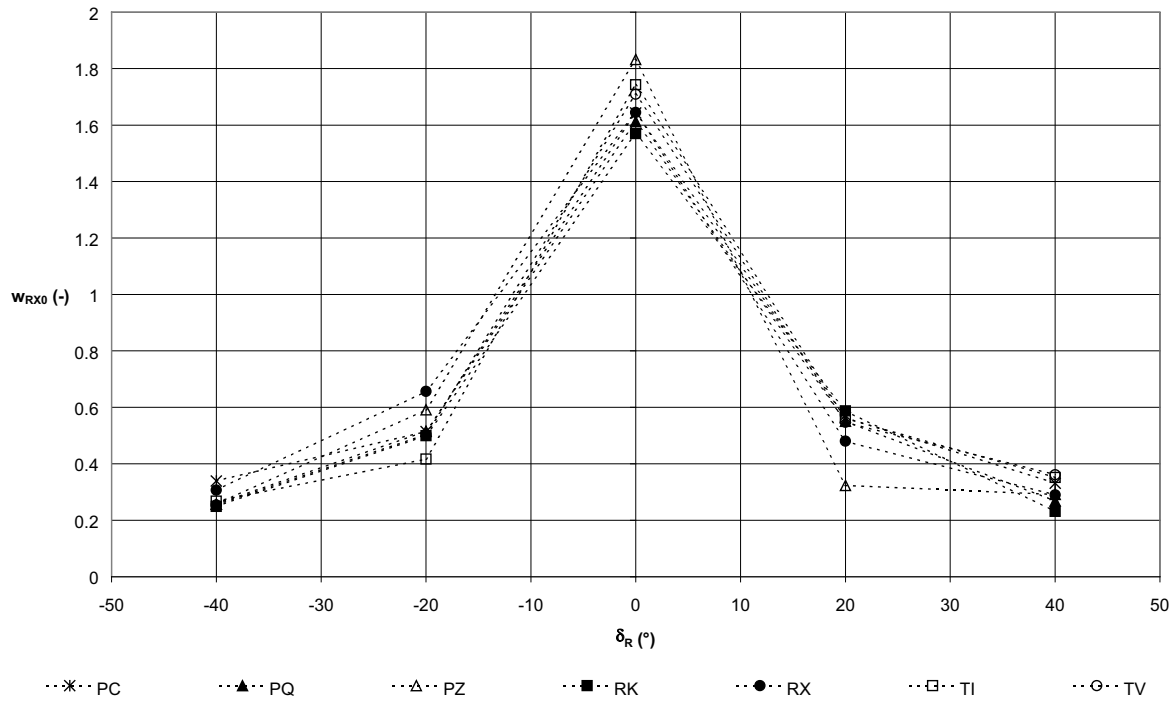
Figuur 6.42d. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



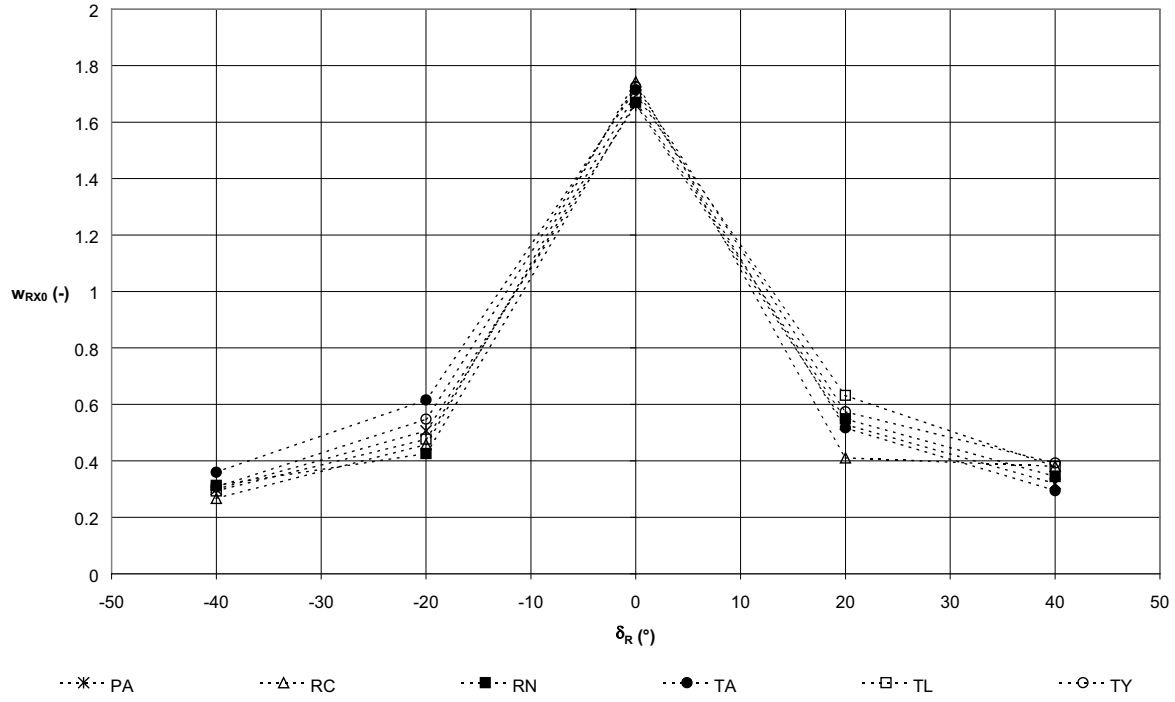
Figuur 6.43. Scheepsmodel D: Coëfficiënt van de snelheid ter plaatse van het roer voor de kwadranten II en III in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



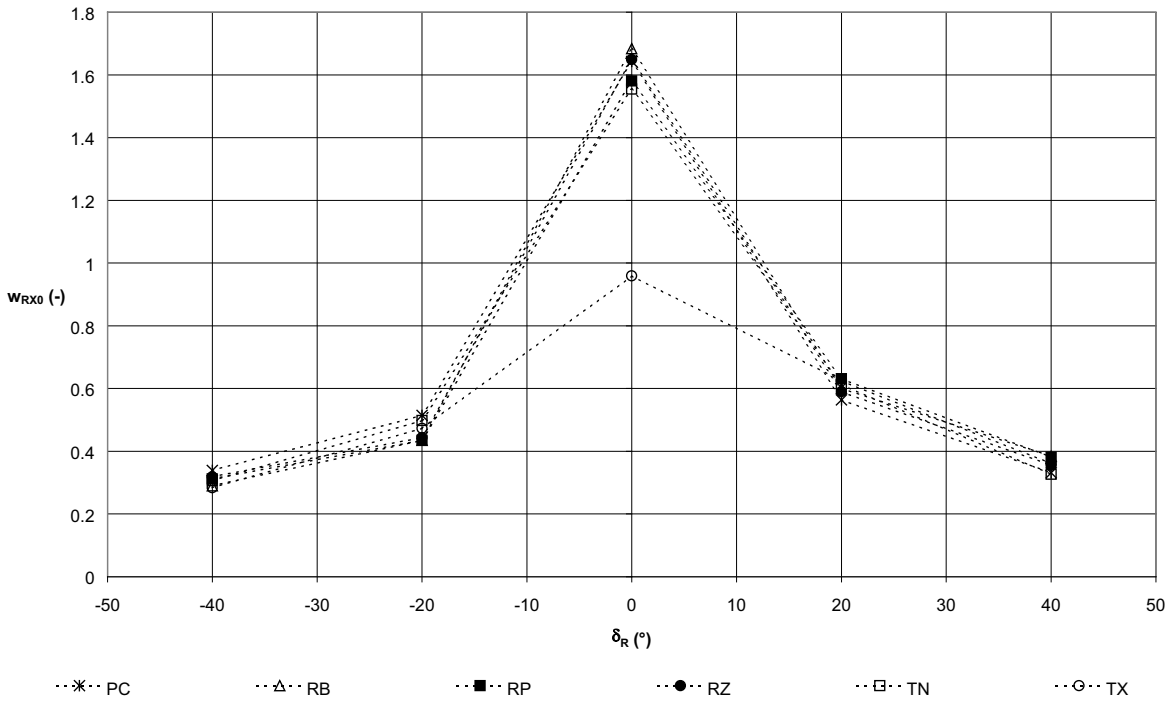
Figuur 6.44a. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



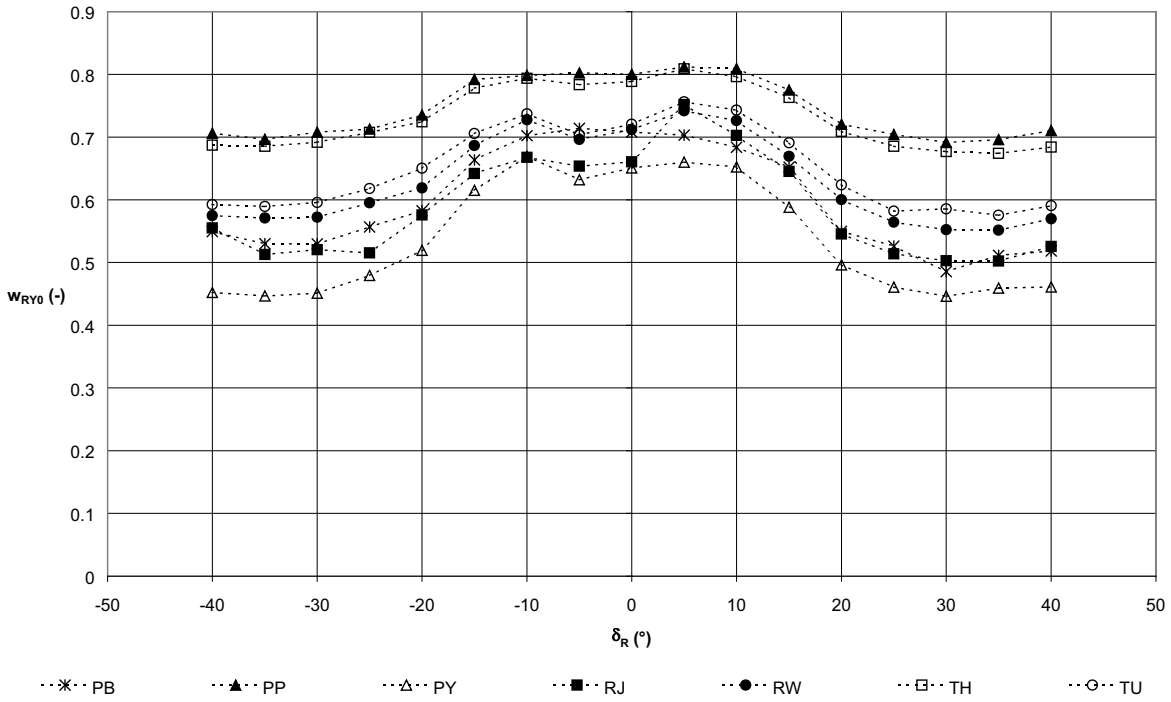
Figuur 6.44b. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



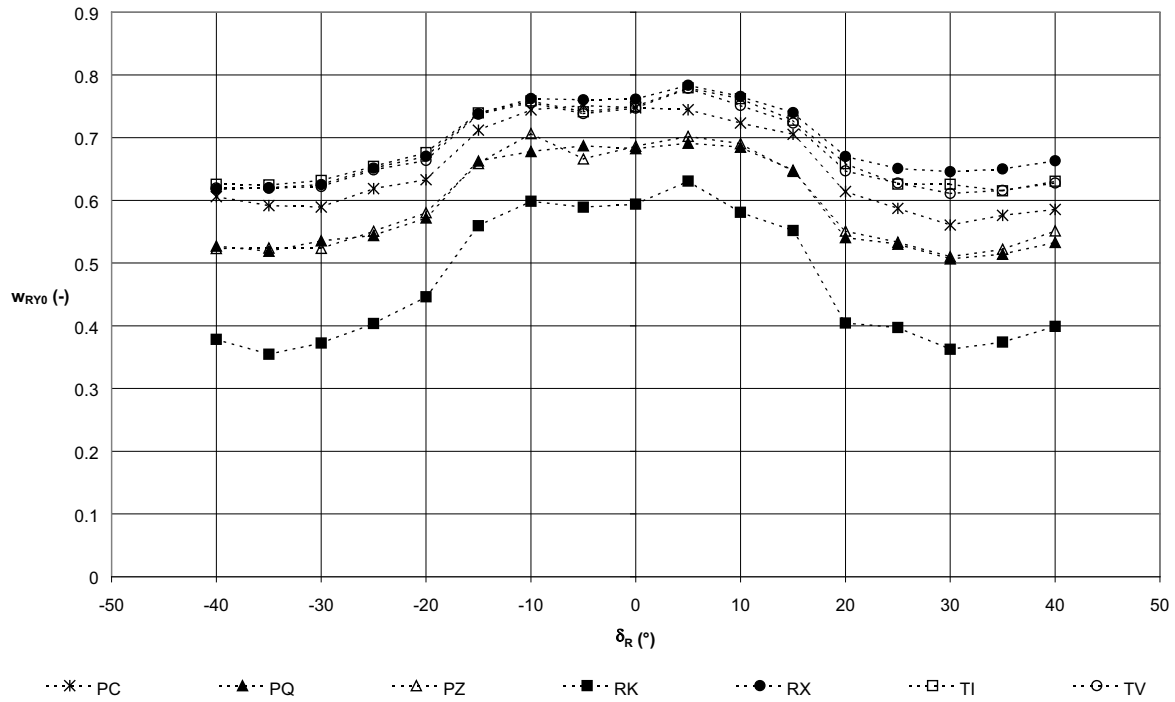
Figuur 6.44c. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



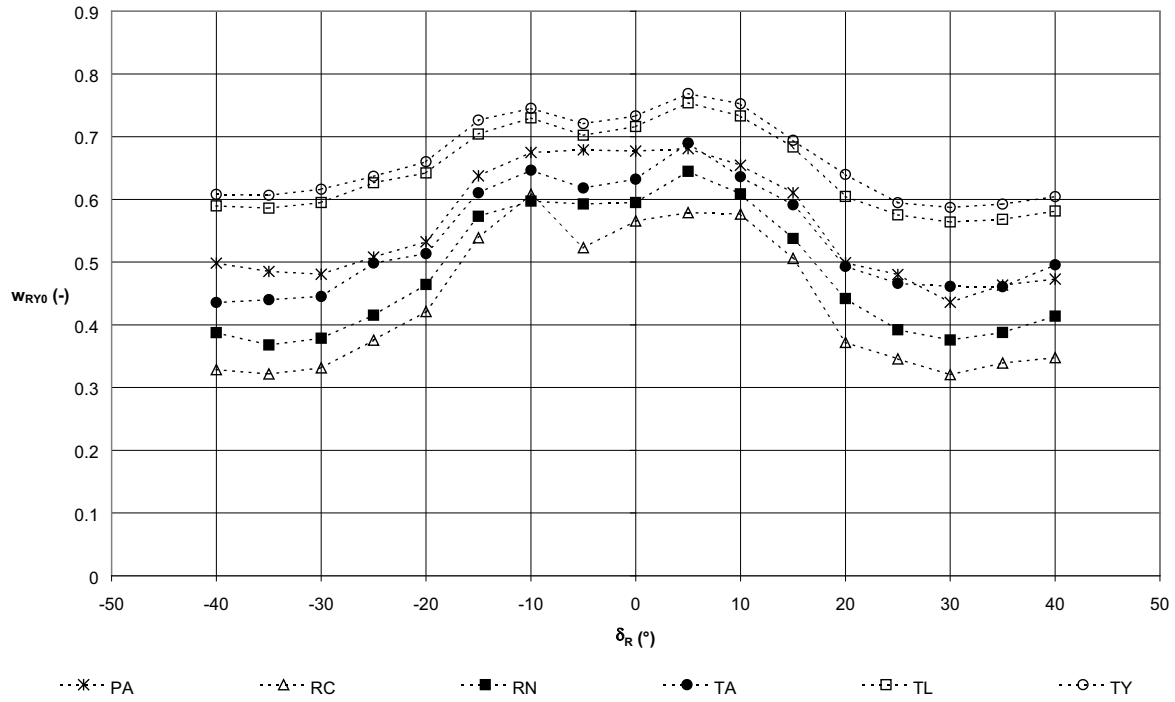
Figuur 6.44d. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_X in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



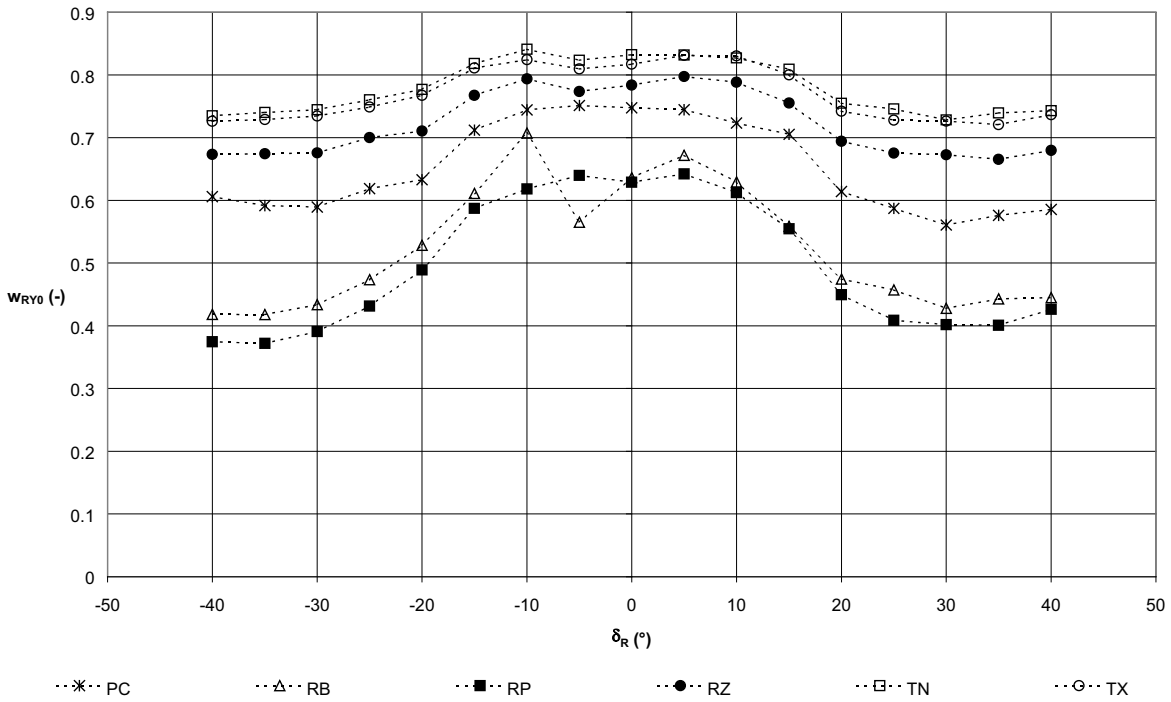
Figuur 6.45a. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



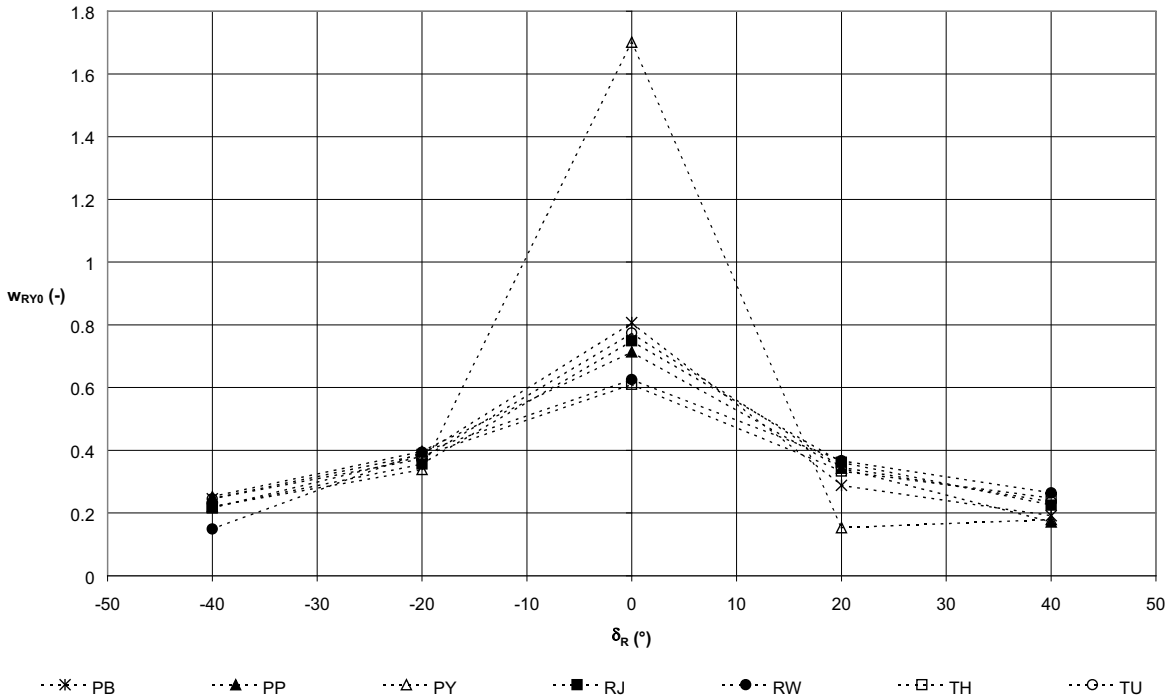
Figuur 6.45b. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



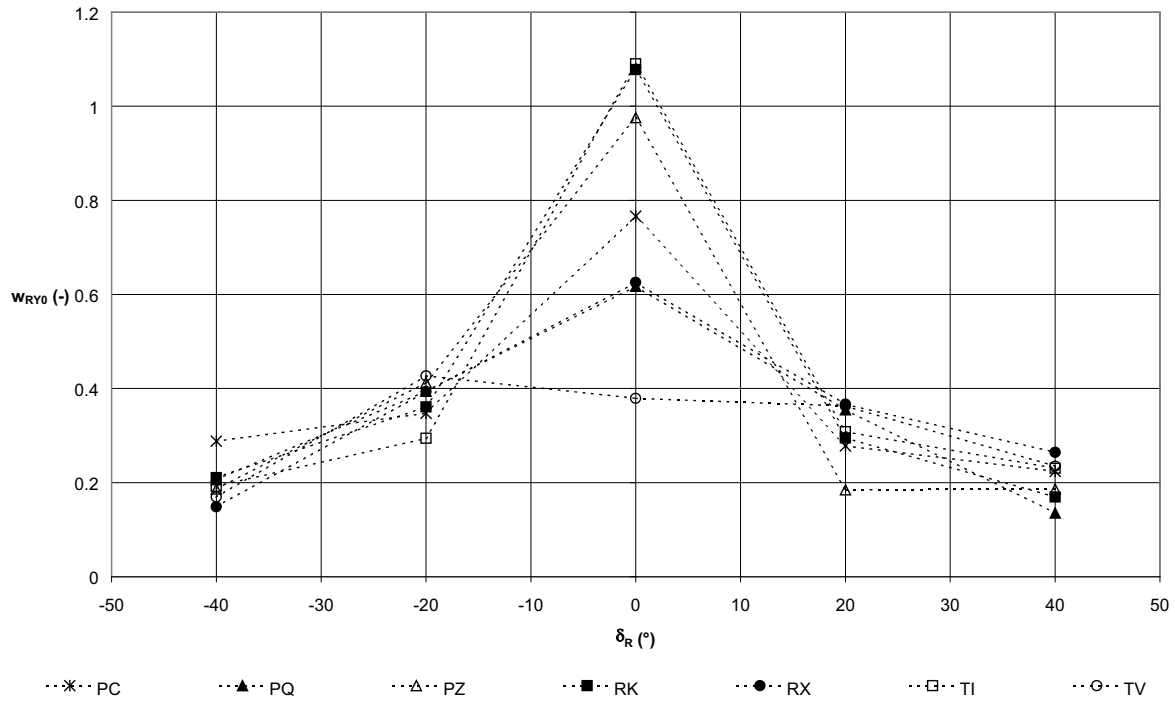
Figuur 6.45c. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



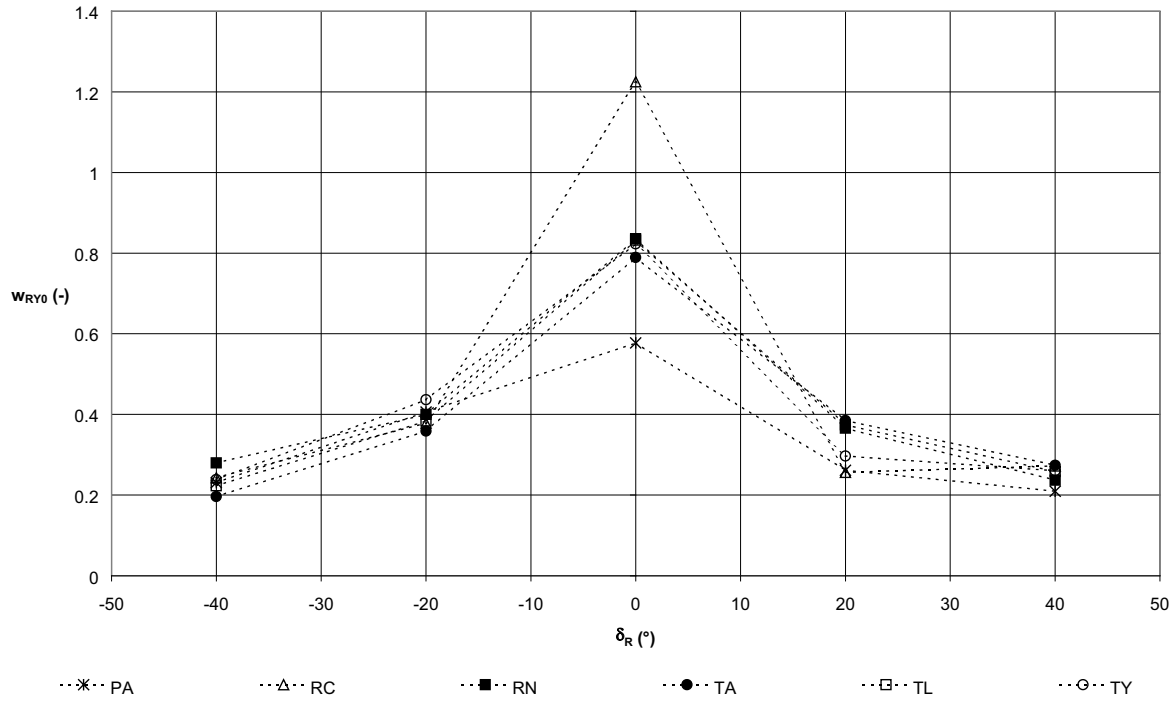
Figuur 6.45d. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Eerste kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



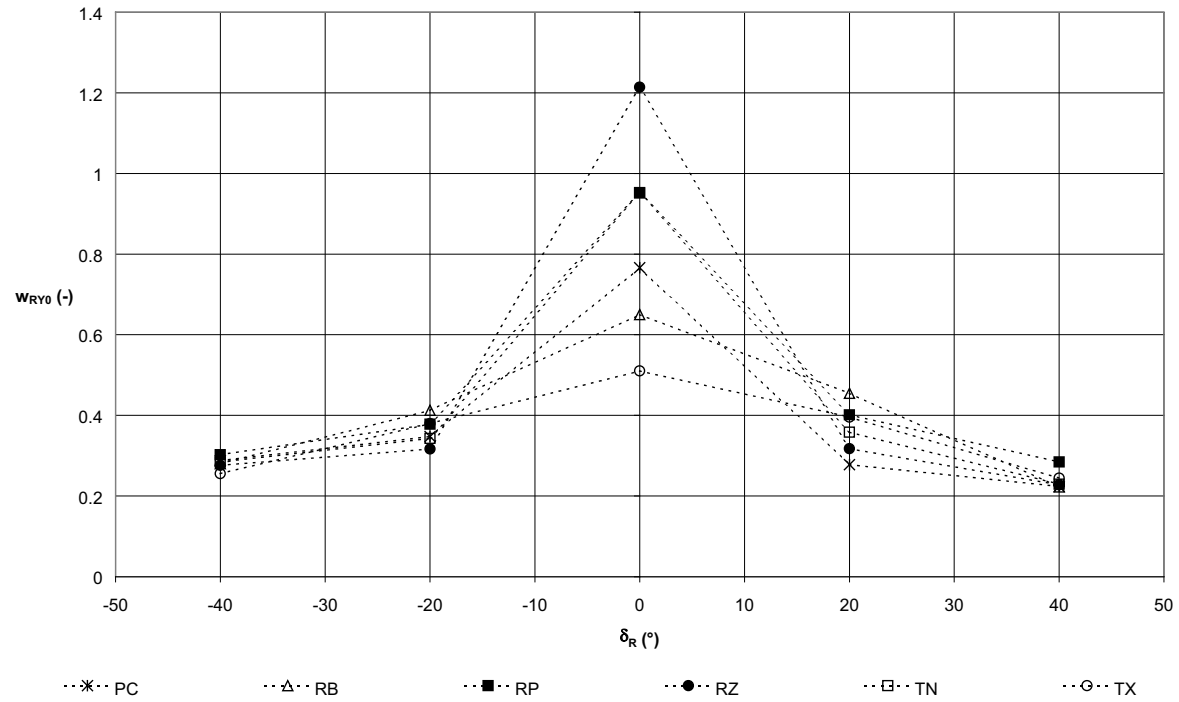
Figuur 6.46a. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



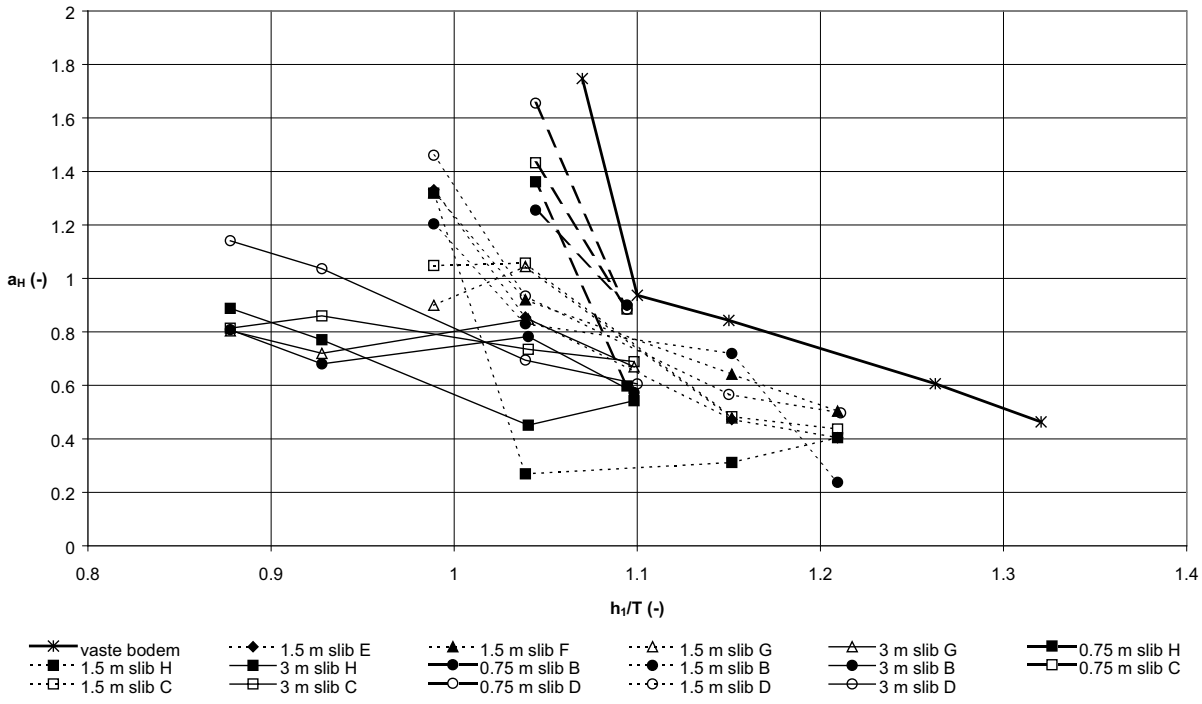
Figuur 6.46b. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



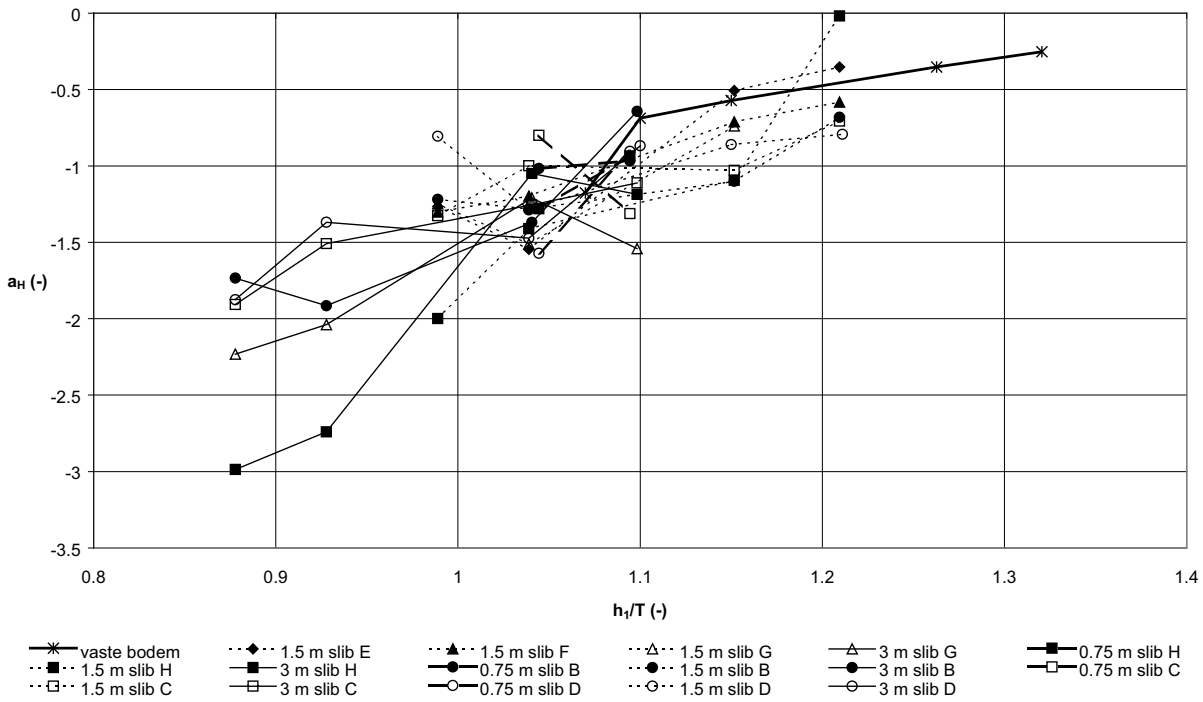
Figuur 6.46c. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



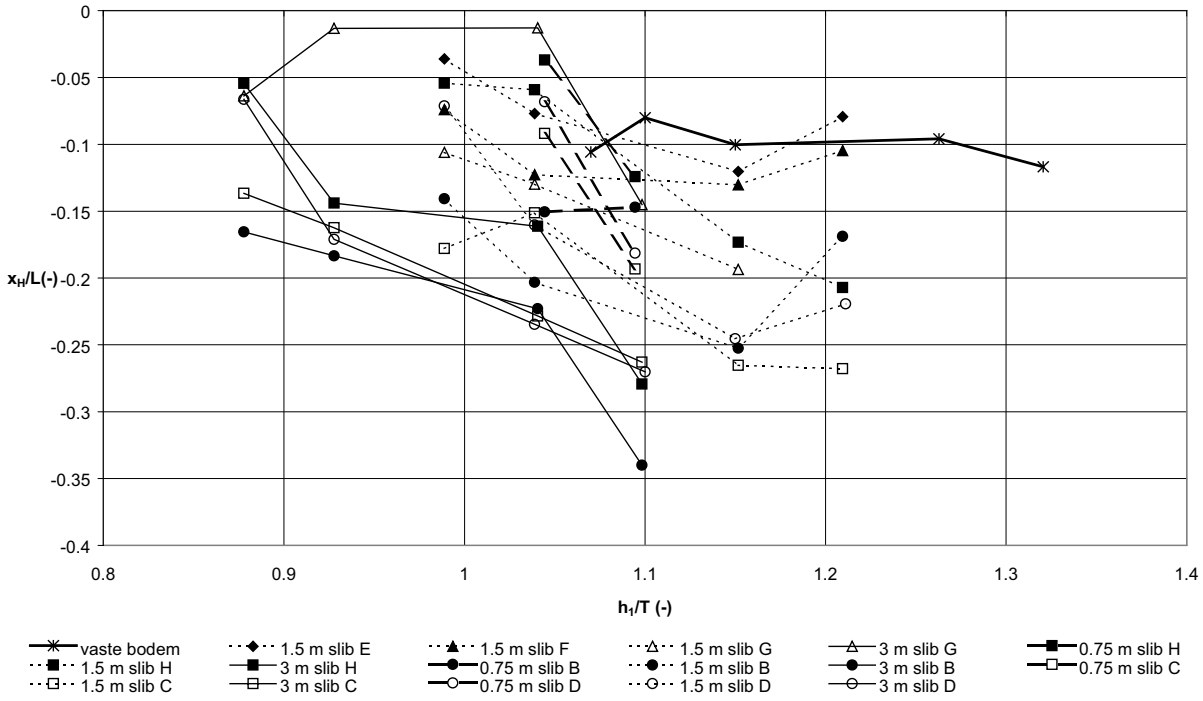
Figuur 6.46d. Scheepsmodel D: Verloop van het volgstroomgetal voor de kracht F_Y in functie van de roerhoek δ_R. Vierde kwadrant. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



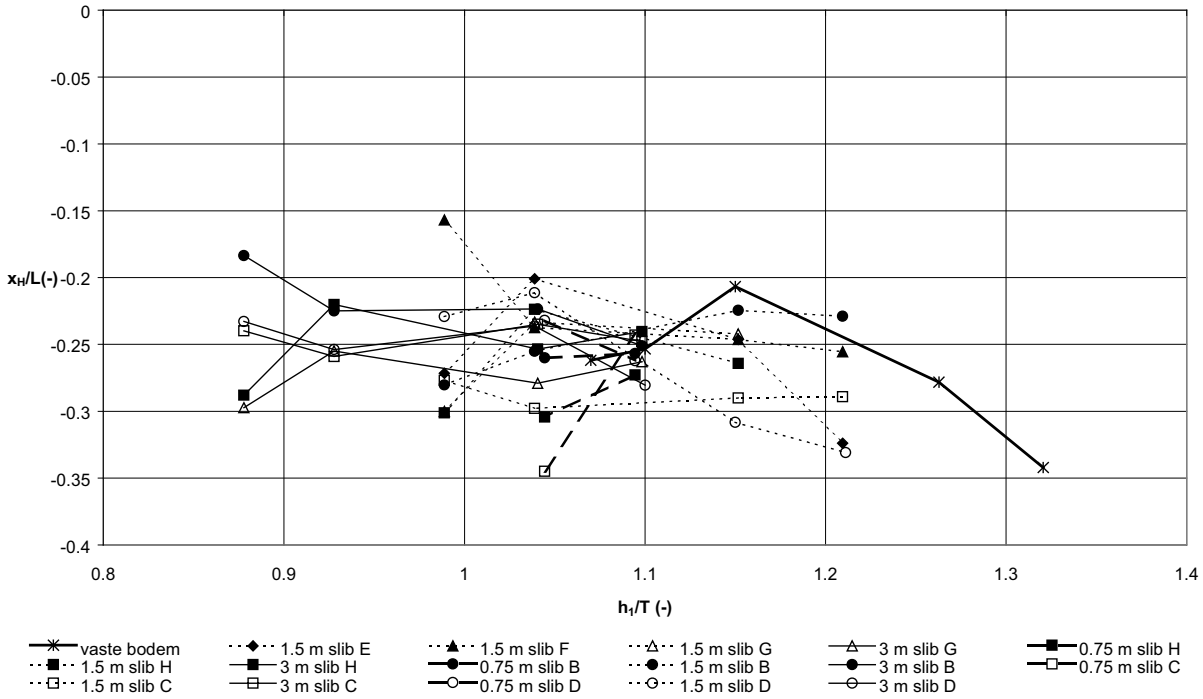
Figuur 6.47. Scheepsmodel D: Verloop van de coëfficiënt a_H in het eerste kwadrant (zelfpropulsie). Invloed van de vaaromgeving.



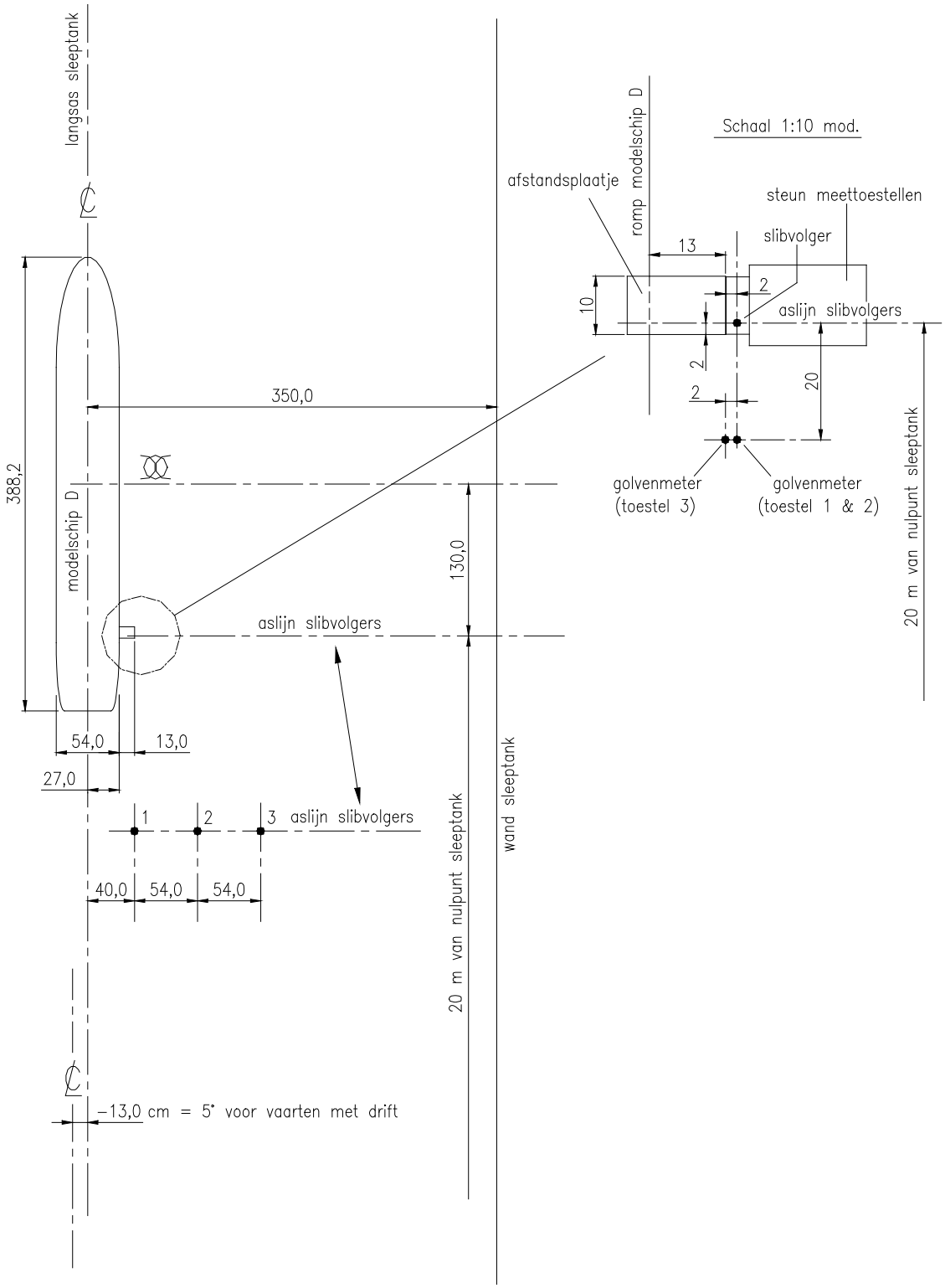
Figuur 6.48. Scheepsmodel D: Verloop van de coëfficiënt a_H in functie van h_1/T in het vierde kwadrant. Invloed van de vaaromgeving.



Figuur 6.49. Scheepsmodel D: Verloop van x_H in functie van h_1/T in het eerste kwadrant. Invloed van de vaaromgeving.



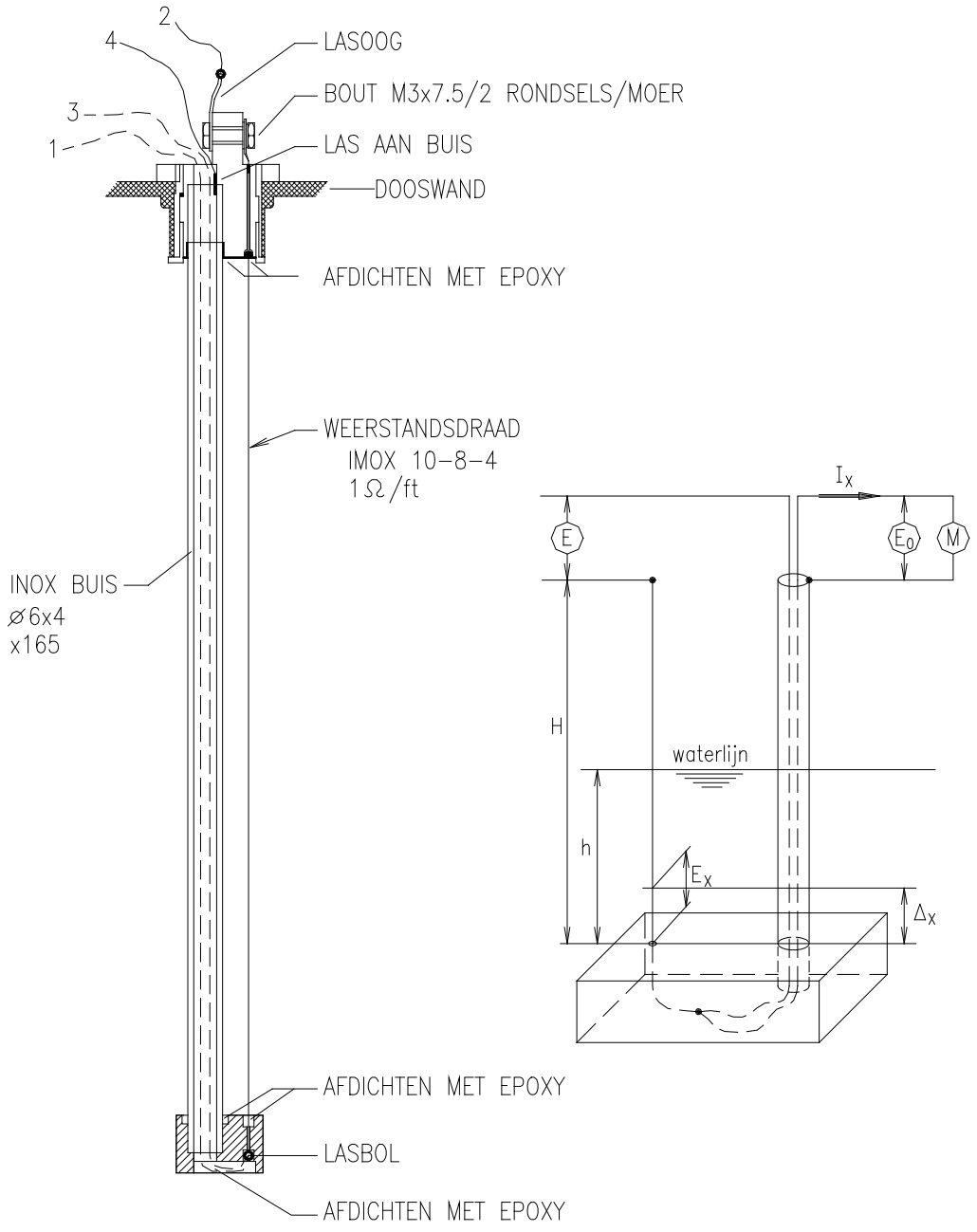
Figuur 6.50. Scheepsmodel D: Verloop van x_H in functie van h_1/T in het vierde kwadrant. Invloed van de vaaromgeving.



Figuur 7.1. Positie van de golfmeters in de proefsectie. De aangeduide maten zijn in cm.

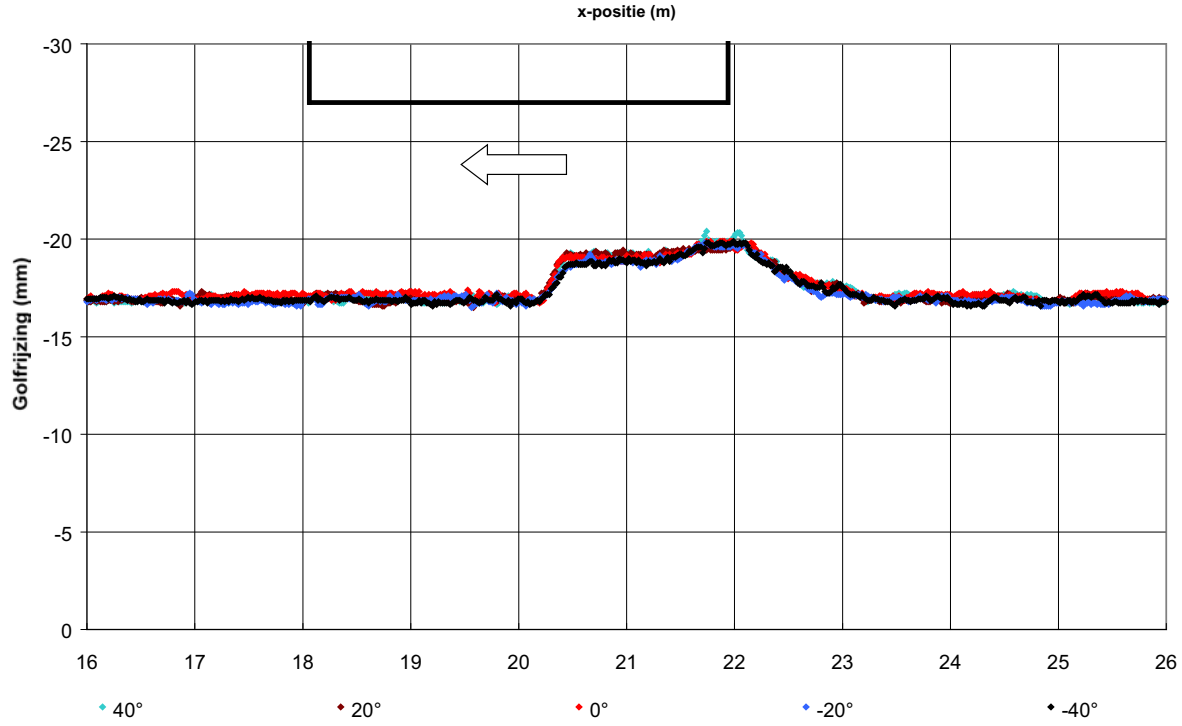
Figuur 7.2. Vooraanzicht van golfmeter 3. De vlotter van de slivo kan men op de grond zien rusten. Het zwarte bakje aan de bovenkant zorgt voor de emissie van de laserstraal. Door de flash van het fototoestel is de laserstraal te zien als een witte gloed. De wavo is aangeduid met het cijfer 3.

Figuur 7.4. Opstelling golfmeters in de proefsectie.

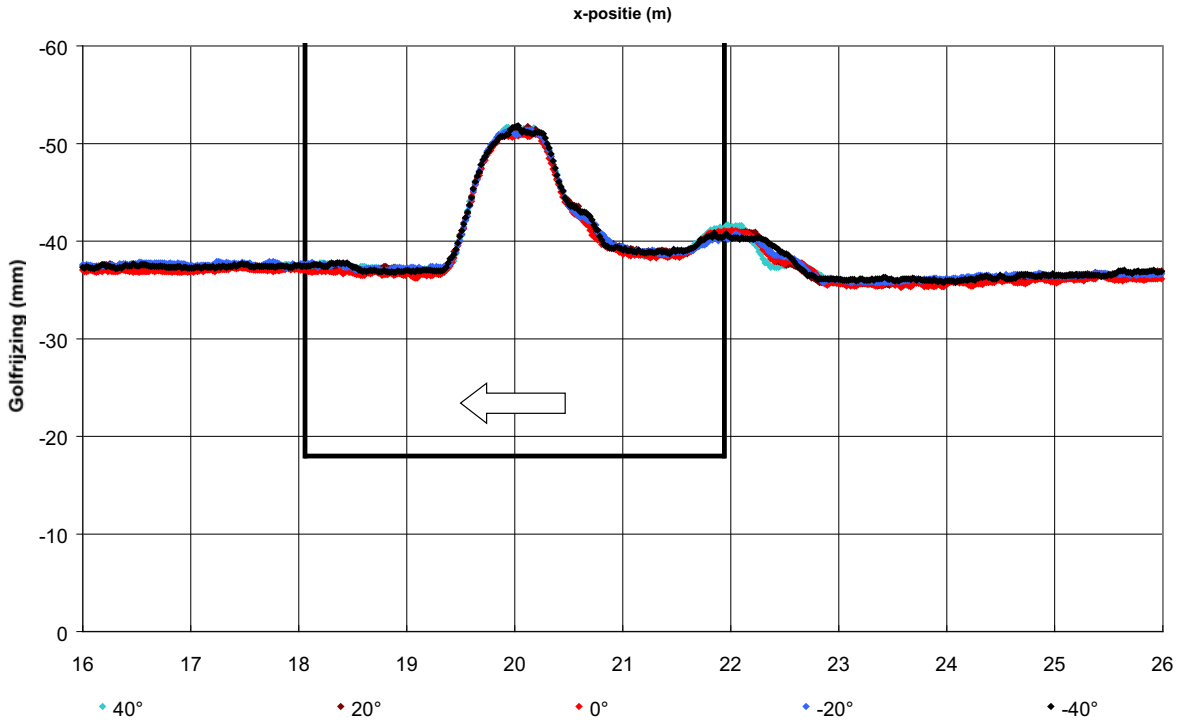


Figuur 7.3. Principe van de werking van de wavo.

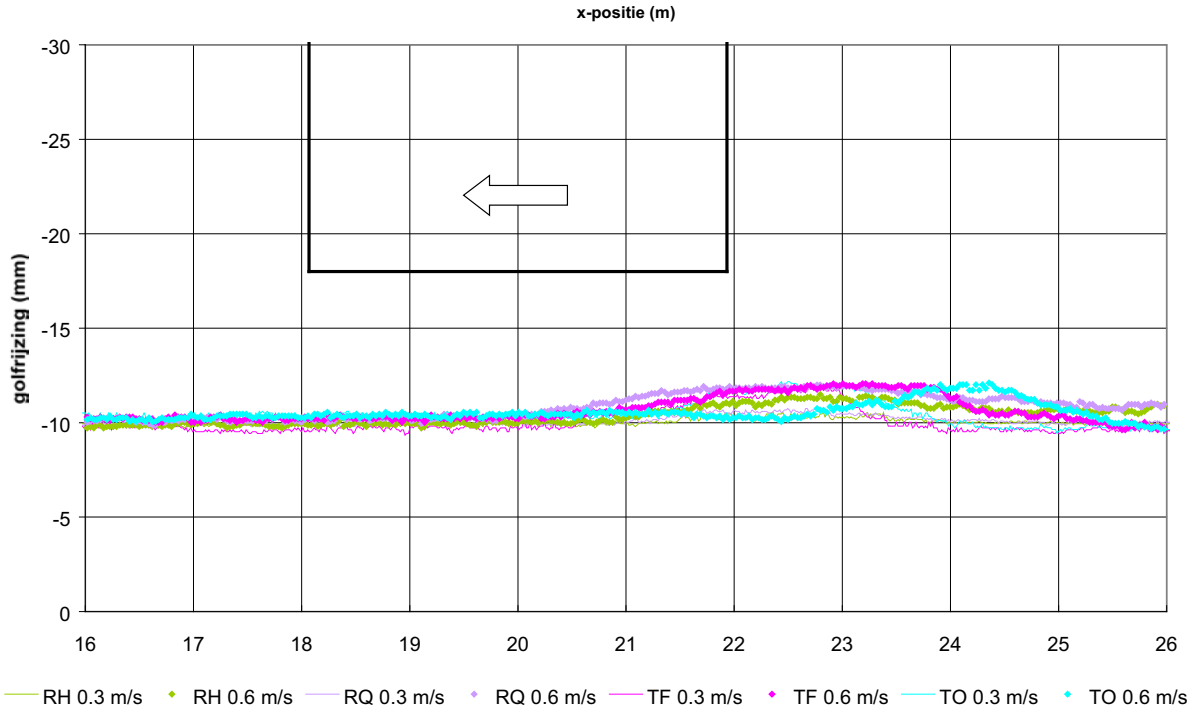
Figuur 7.5. Filmopstelling



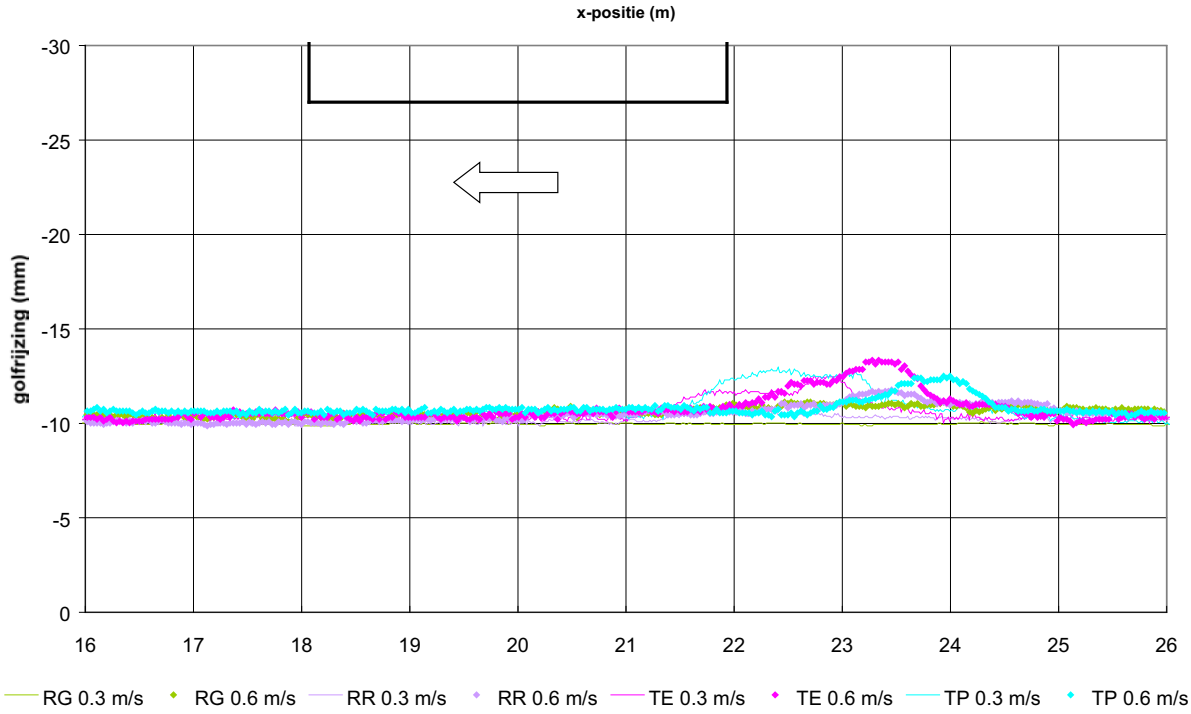
Figuur 7.6a. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de interface water-slib voor verschillende roerhoeken. Reeks PY: 3.9% ukc boven top slib G; u = 0.36 m/s, n = 0 rpm,.



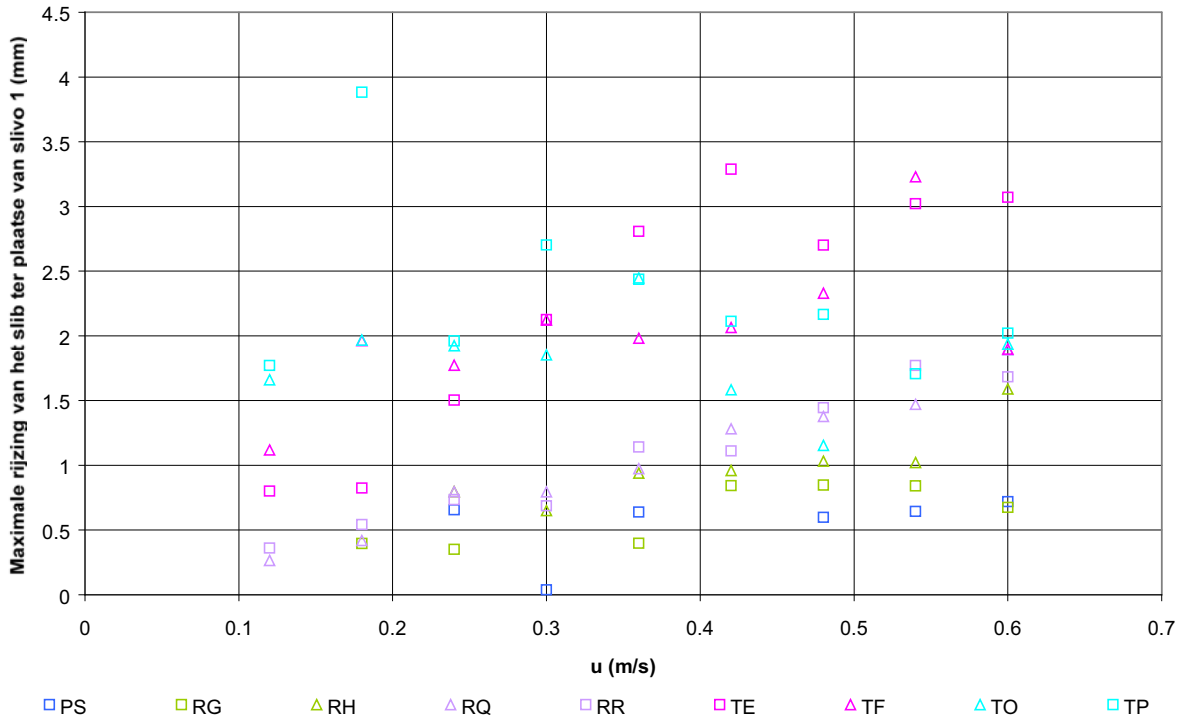
Figuur 7.6b. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de interface water-slib voor verschillende roerhoeken. Reeks RB: -12.2% ukc boven top slib G; u = 0.36 m/s, n = 0 rpm.



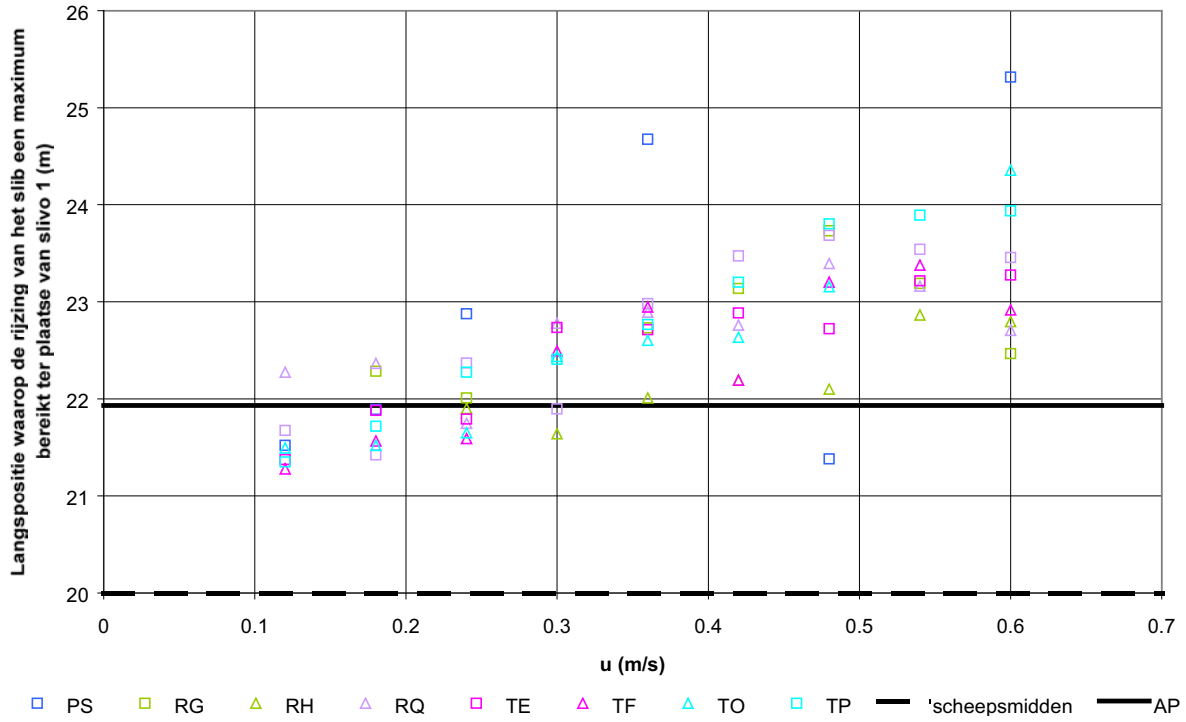
Figuur 7.7a. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen verschillende reeksen. 4% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1 cm slib.



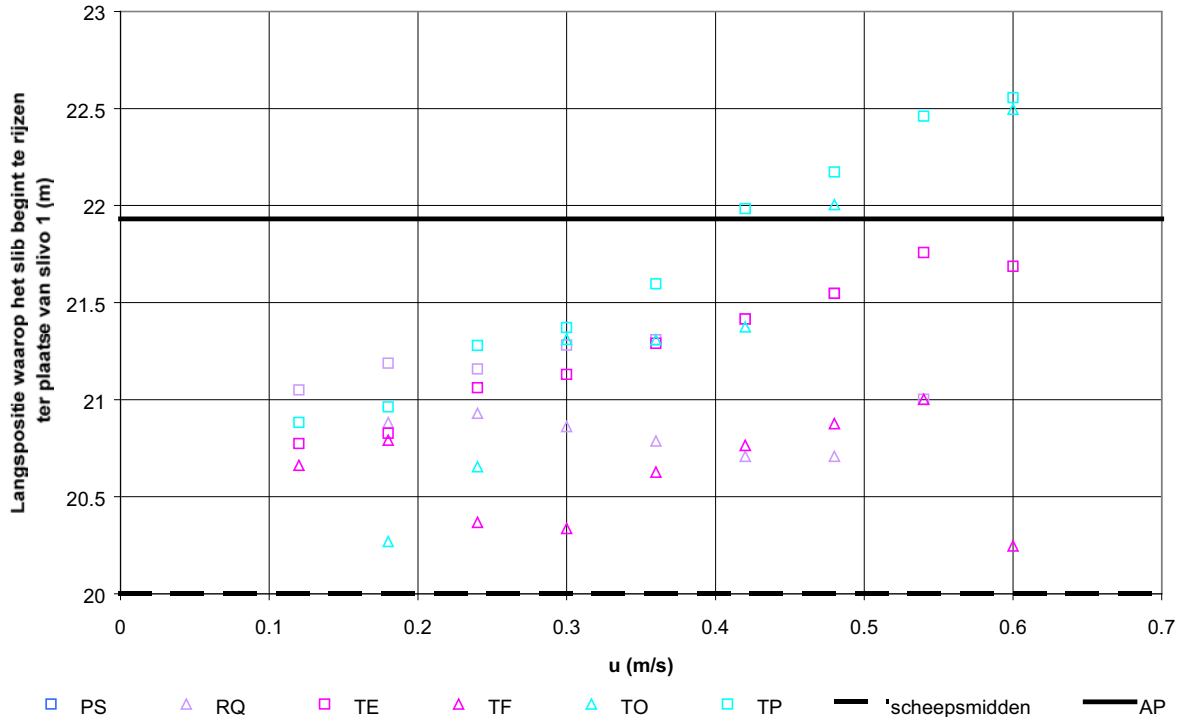
Figuur 7.7b. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen verschillende reeksen. 9.4% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1 cm slib.



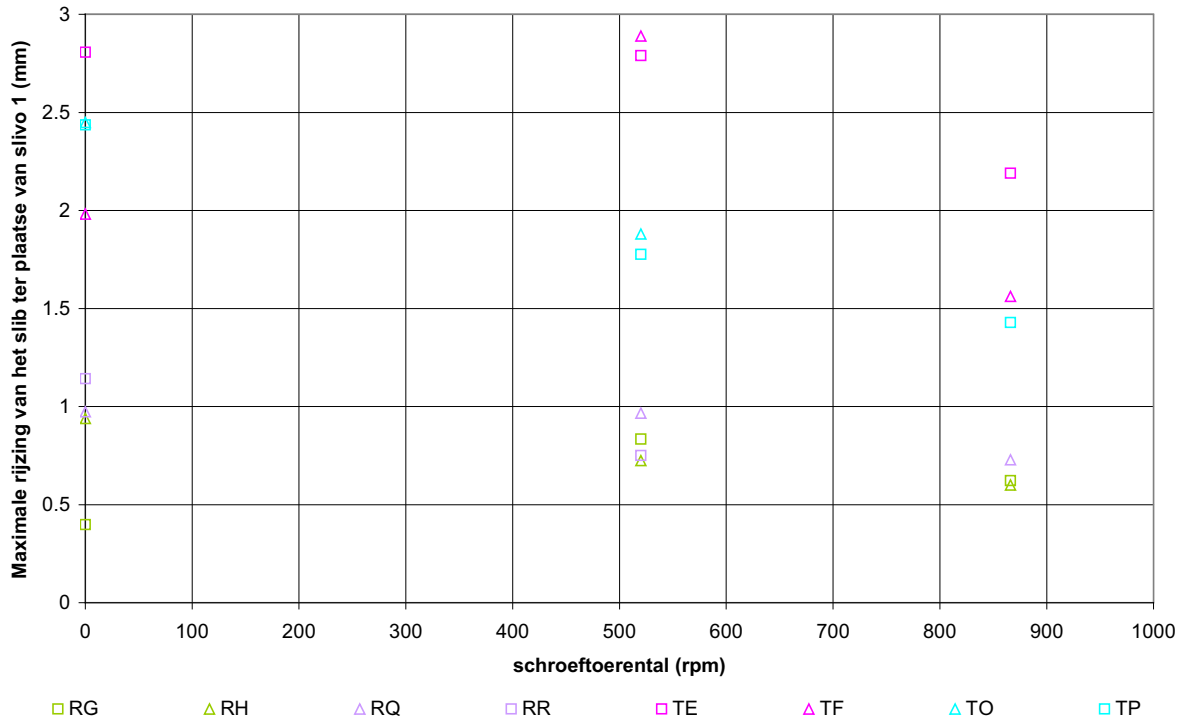
Figuur 7.8a. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 1 cm. Geen schroefwerking , geen roerwerking.



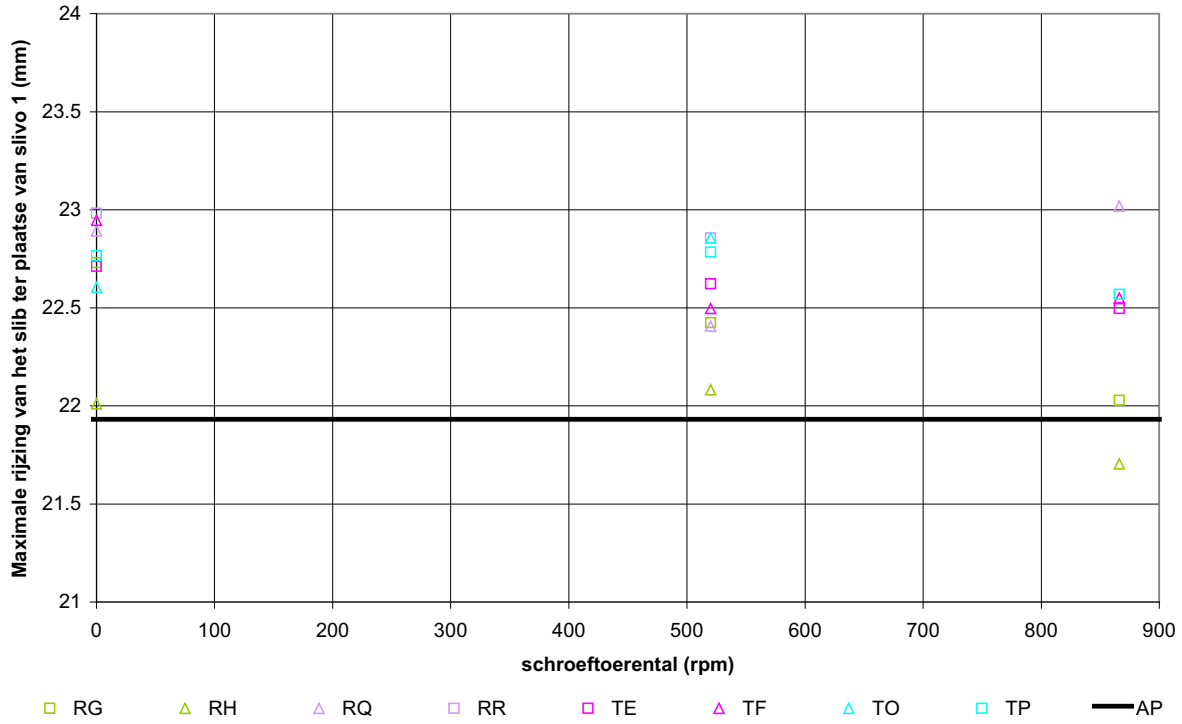
Figuur 7.8b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 1 cm. Geen schroefwerking , geen roerwerking.



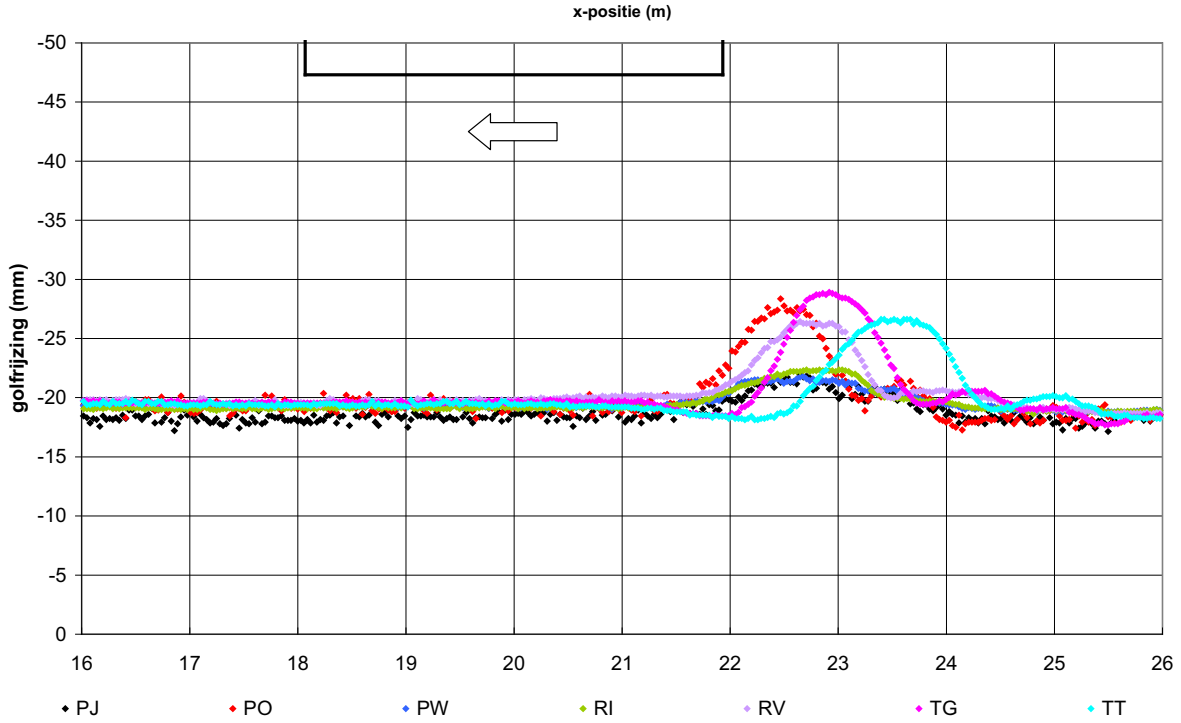
Figuur 7.8c. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de sliblaag begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 1 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking.



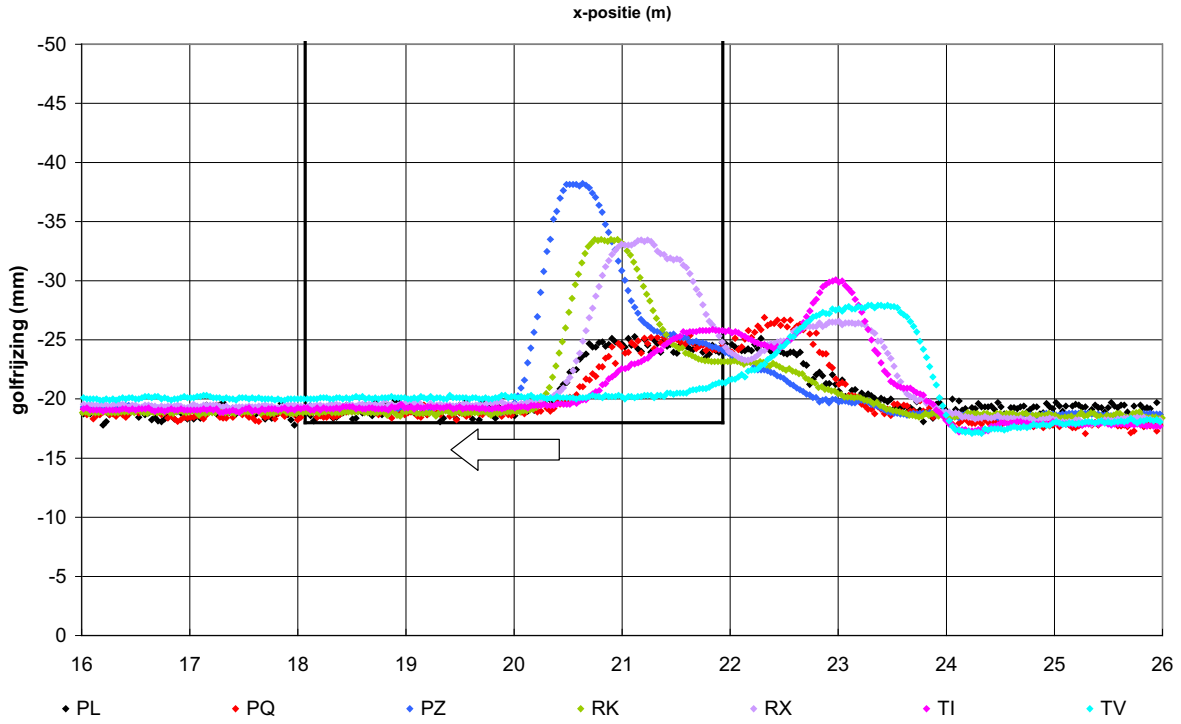
Figuur 7.9a. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 1 cm. u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



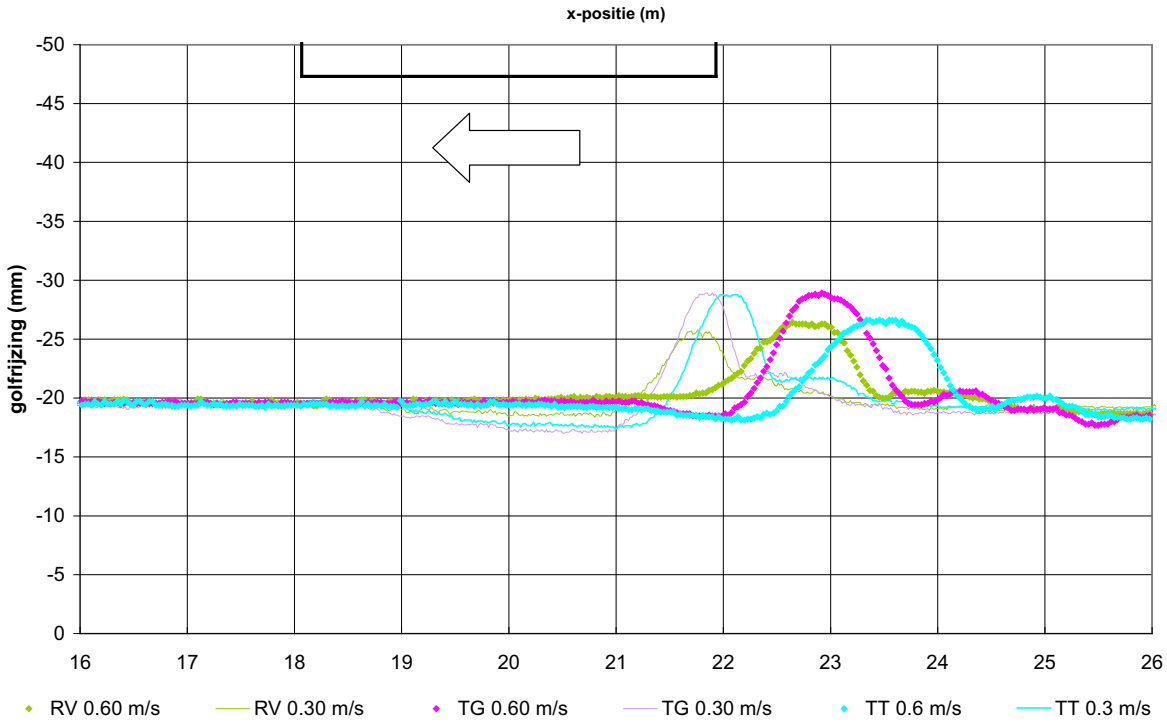
Figuur 7.9b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 1 cm. u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



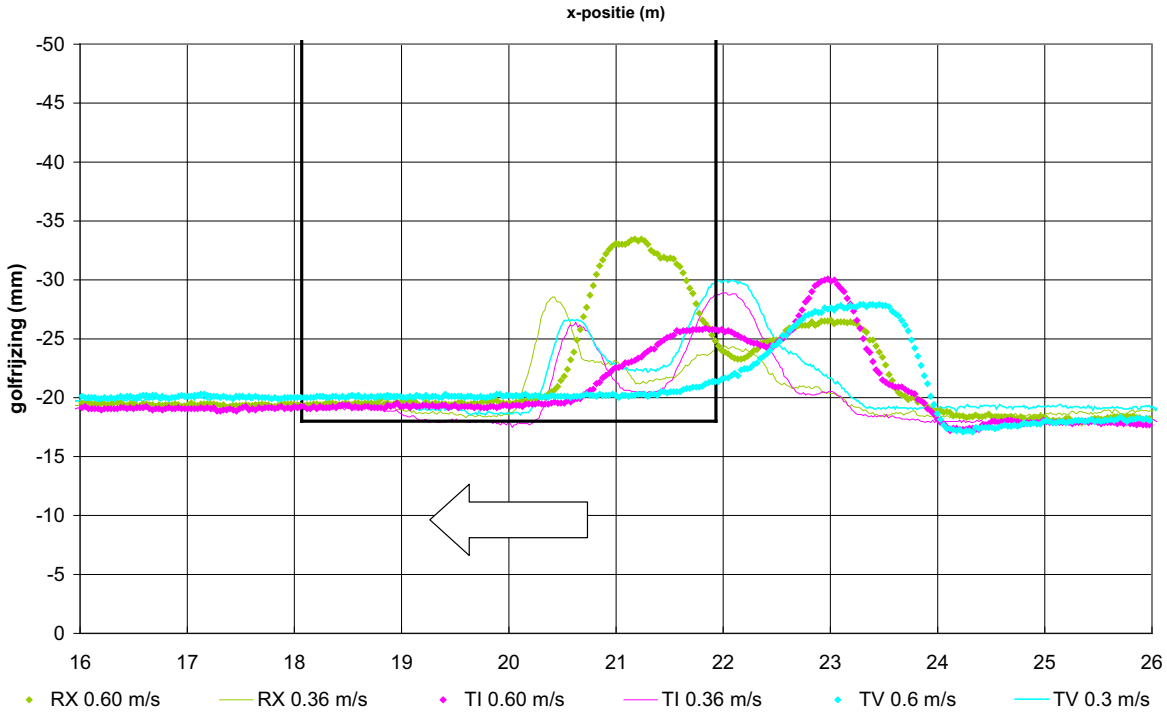
Figuur 7.10a. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vergelijking tussen verschillende reeksen. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart aan u = 0.6 m/s boven 2 cm slib.



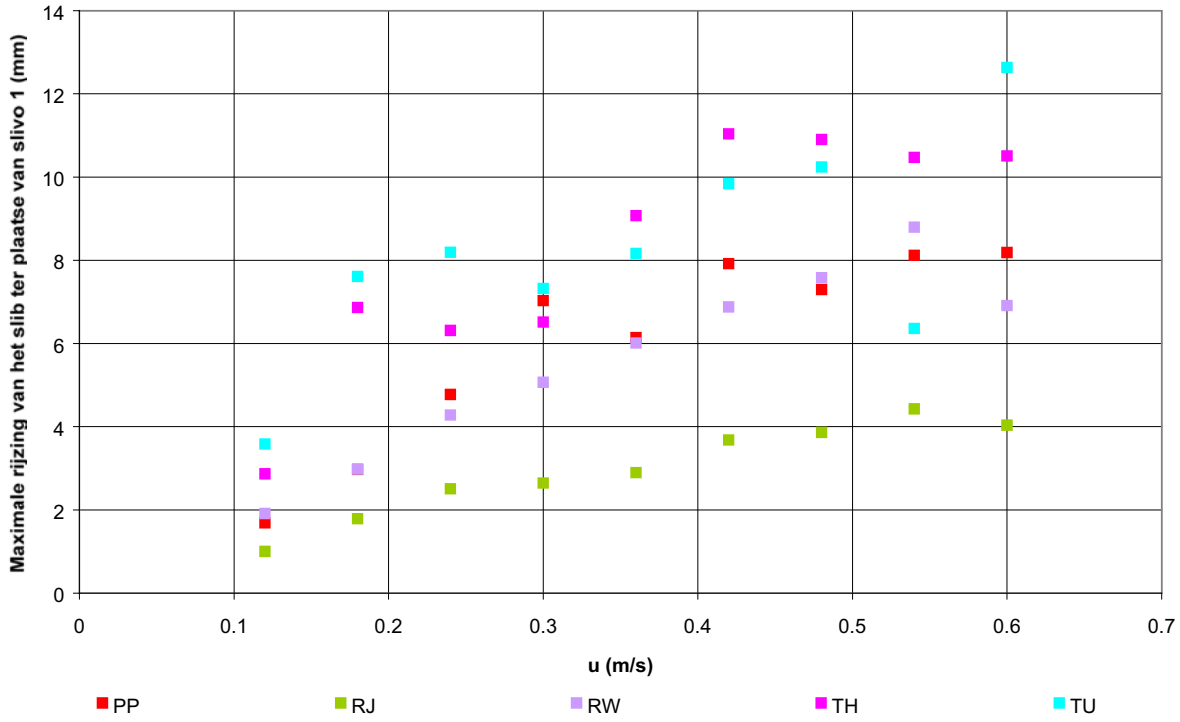
Figuur 7.10b. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vergelijking tussen verschillende reeksen. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart aan u = 0.6 m/s in contact met 2 cm slib.



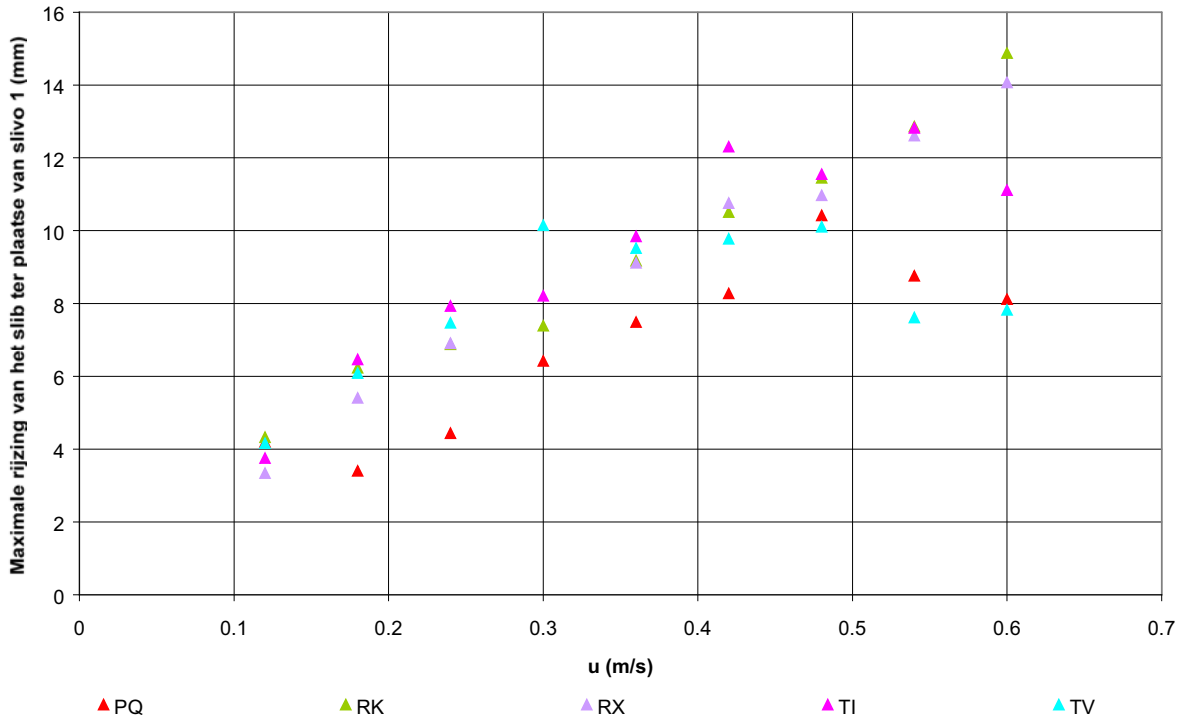
Figuur 7.11a. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen verschillende reeksen. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 2 cm slib.



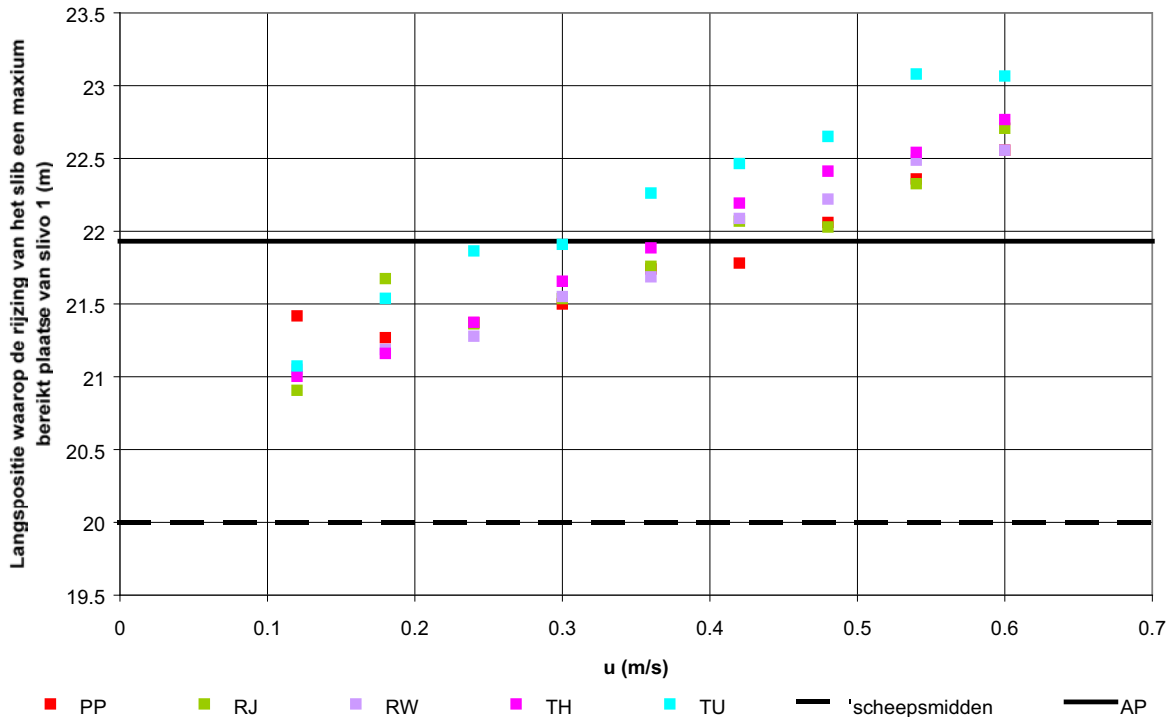
Figuur 7.11b. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen verschillende reeksen. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 2 cm slib.



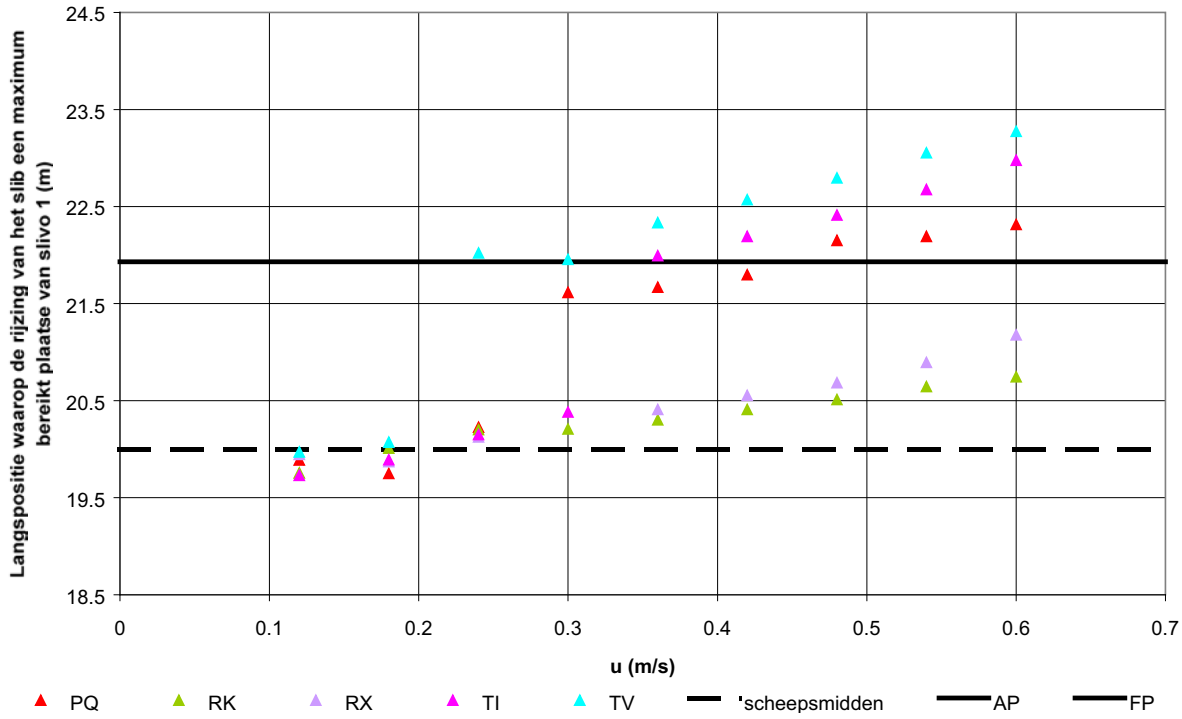
Figuur 7.12a. Scheepsmodel D: Verloop van de amplitude van de rijzing in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib.



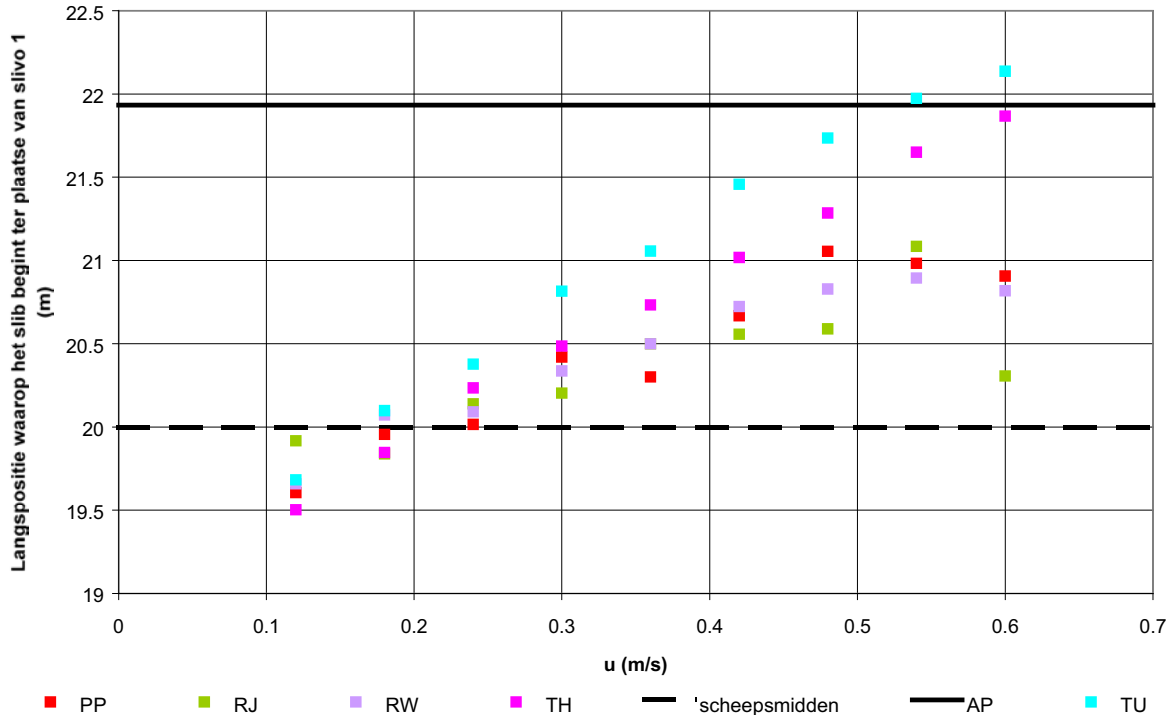
Figuur 7.12b. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



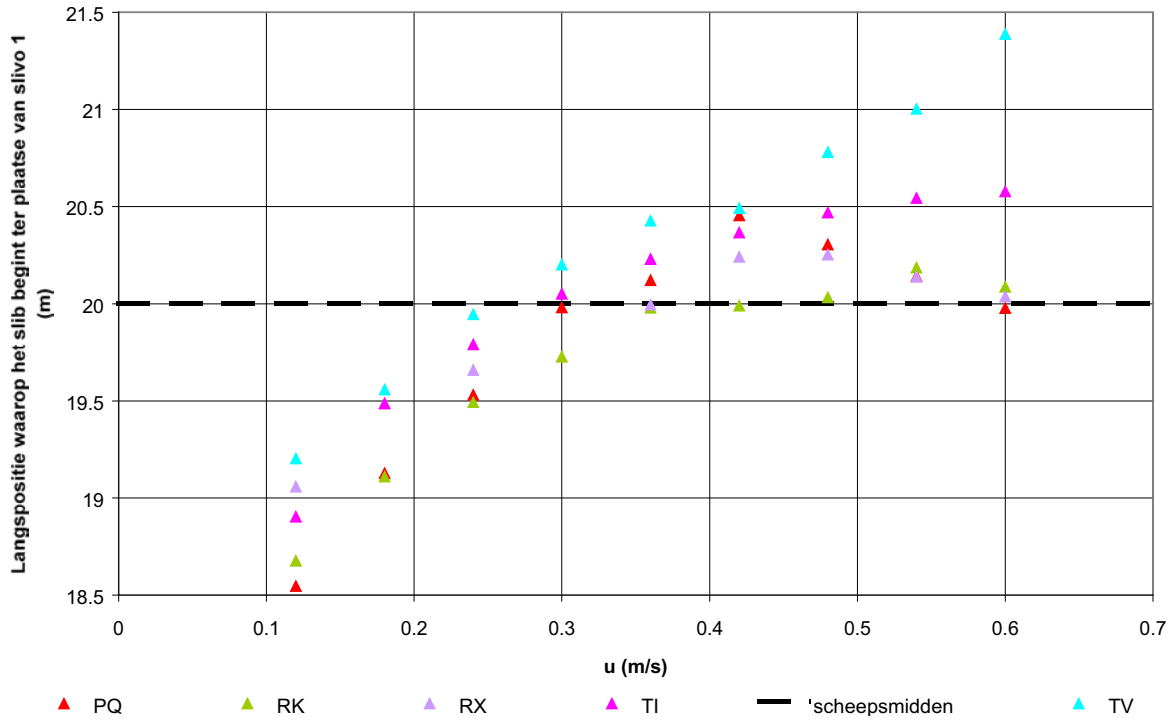
Figuur 7.13a. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib.



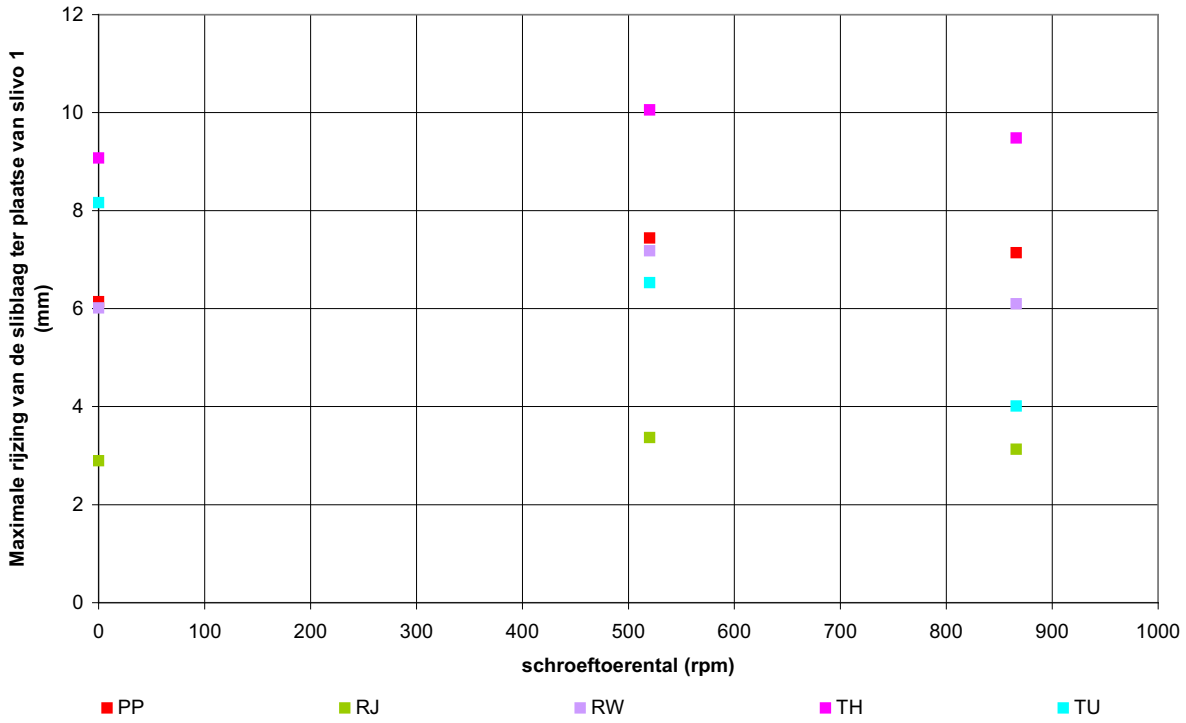
Figuur 7.13b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



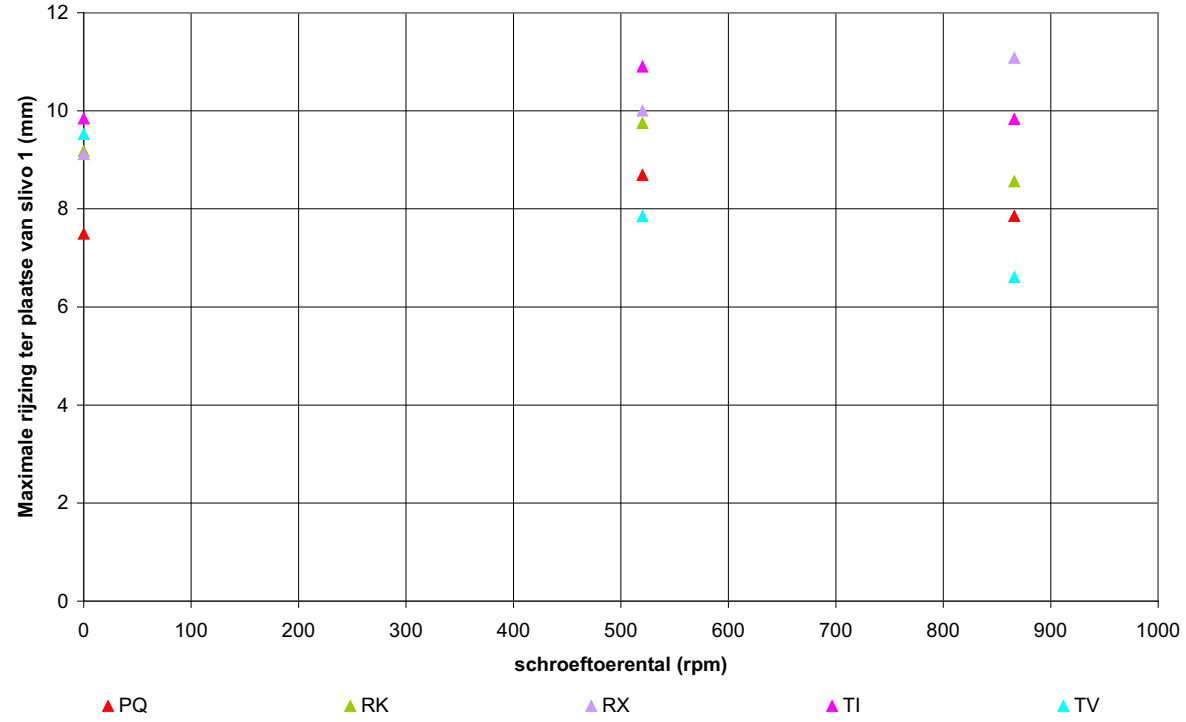
Figuur 7.14a. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de sliblaag begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib.



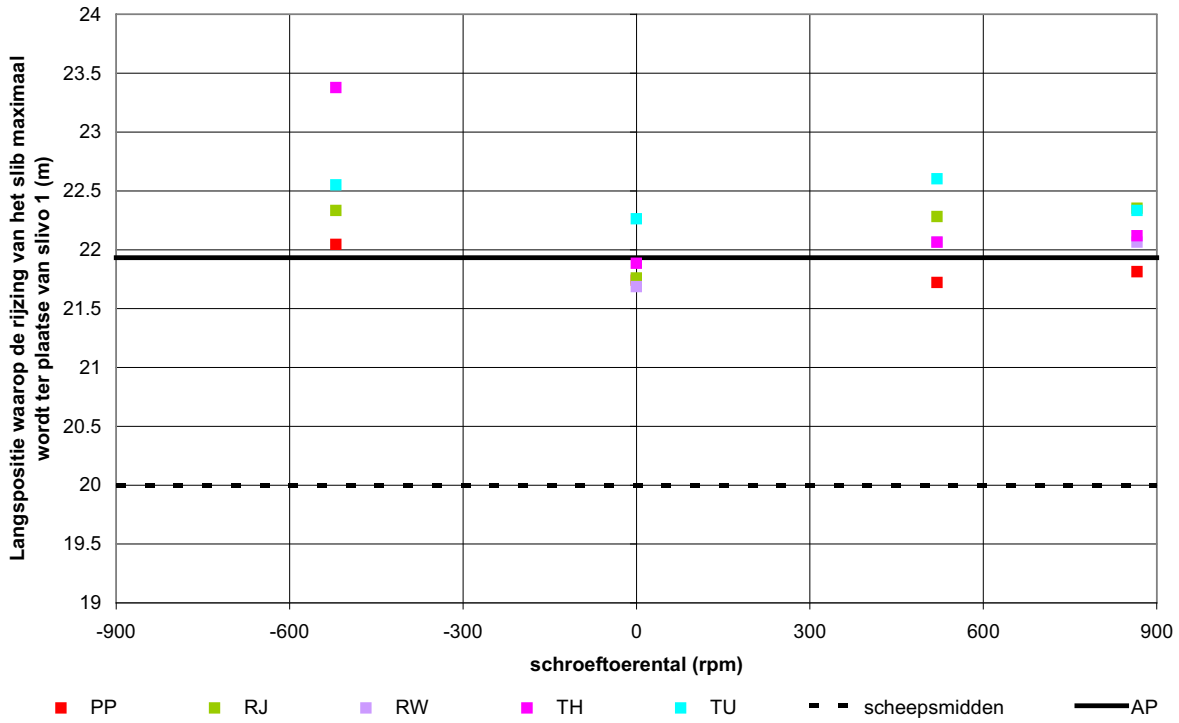
Figuur 7.14b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de sliblaag begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



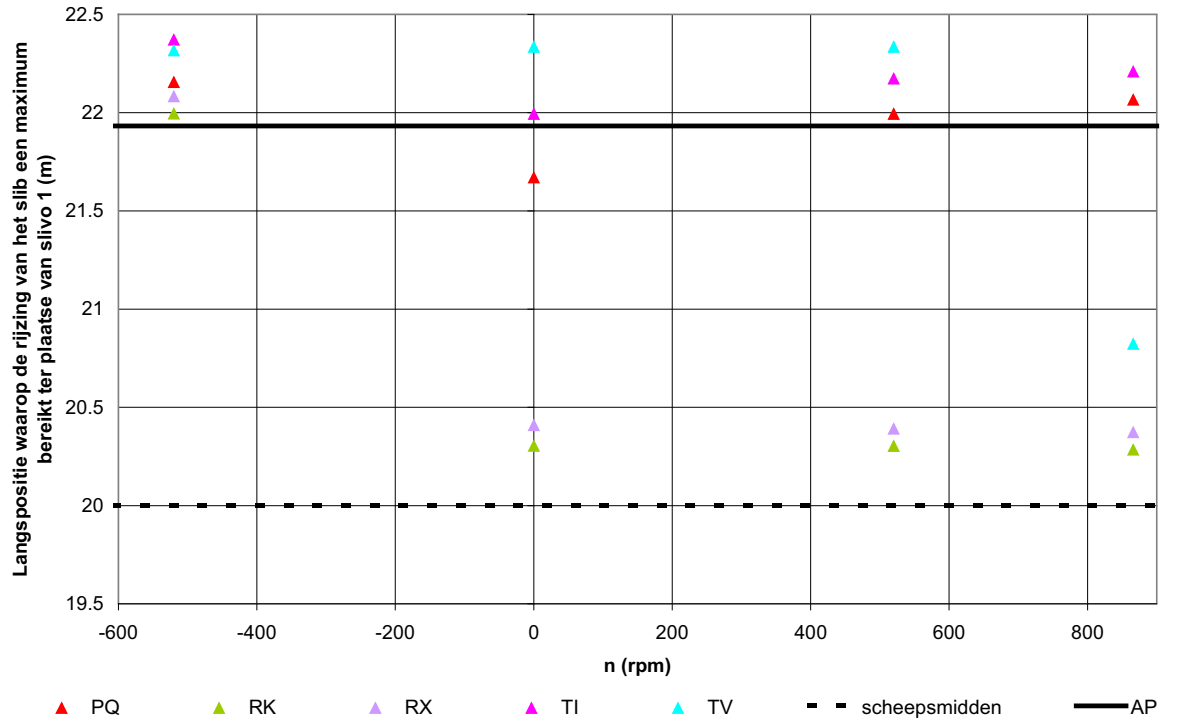
Figuur 7.15a. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



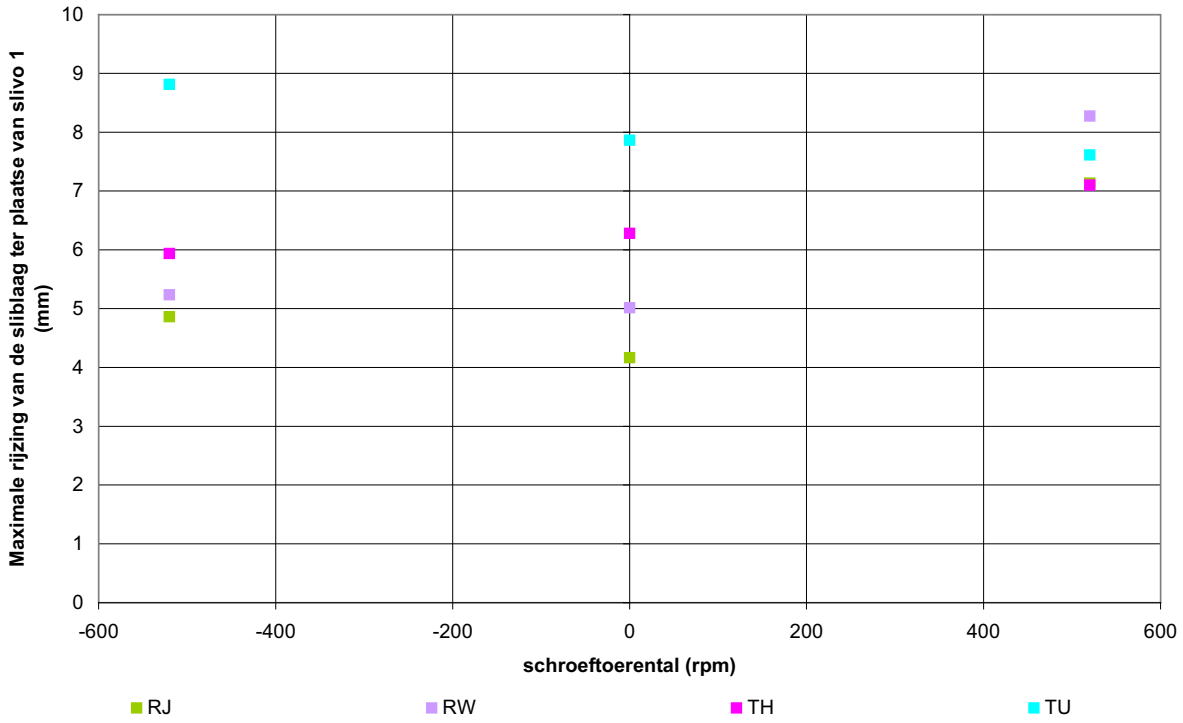
Figuur 7.15b. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



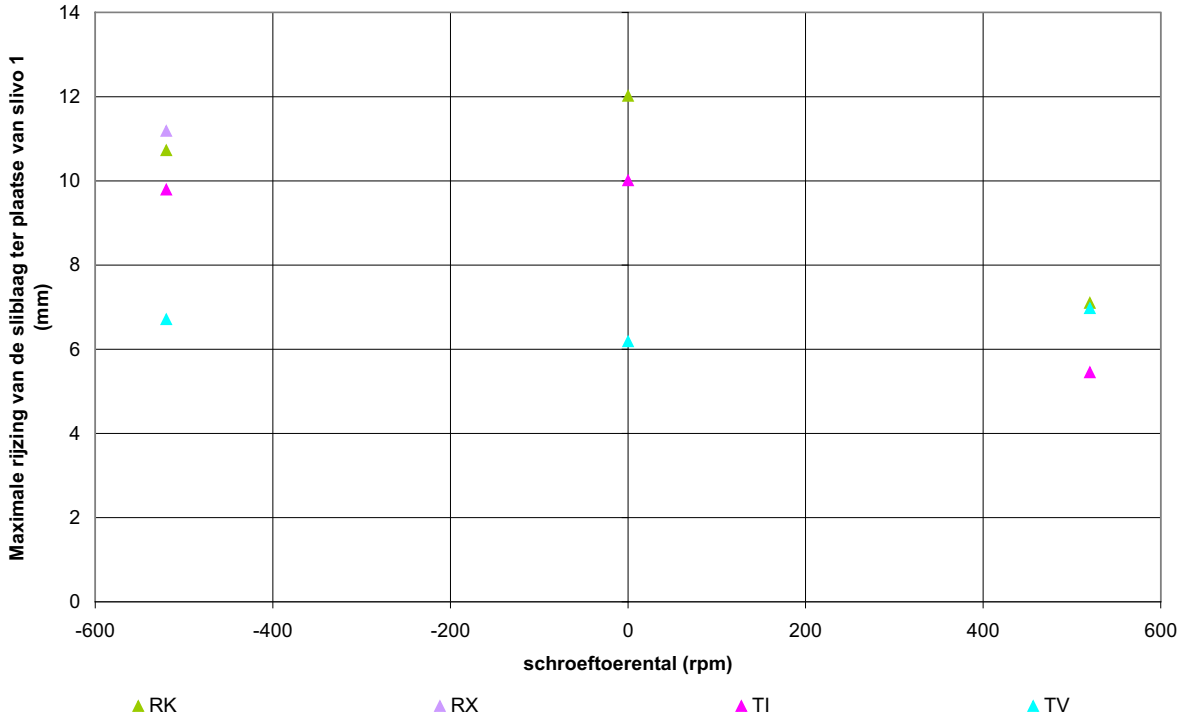
Figuur 7.16a. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



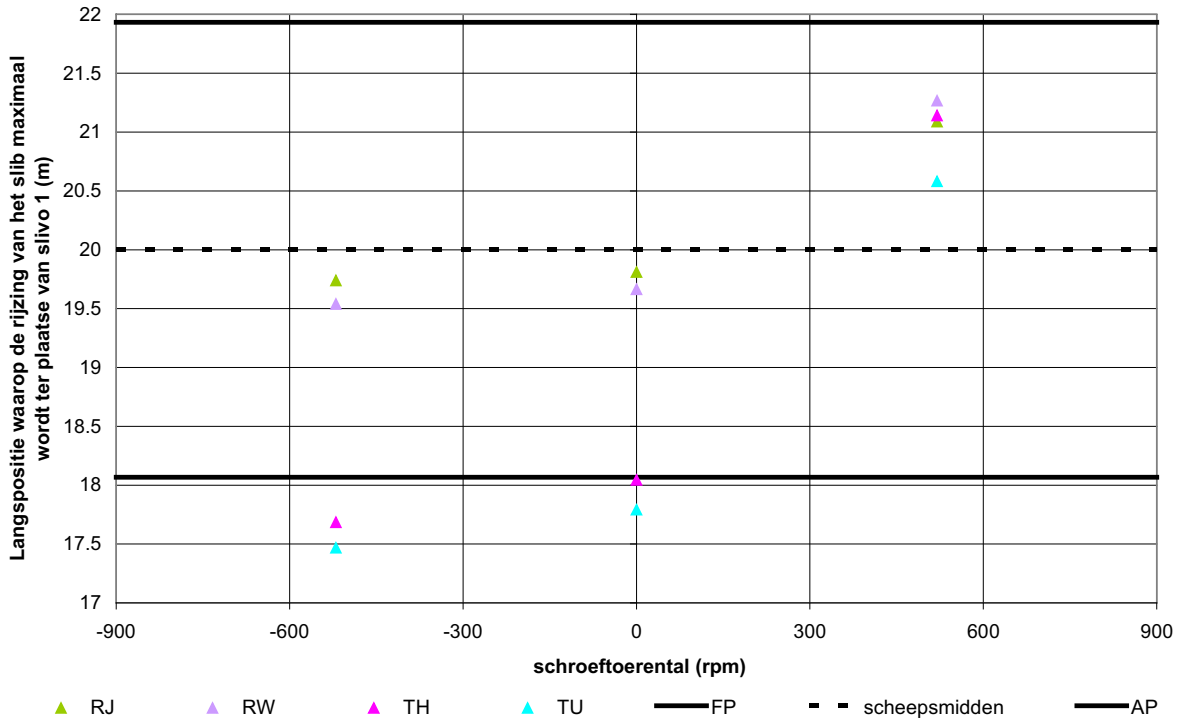
Figuur 7.16b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



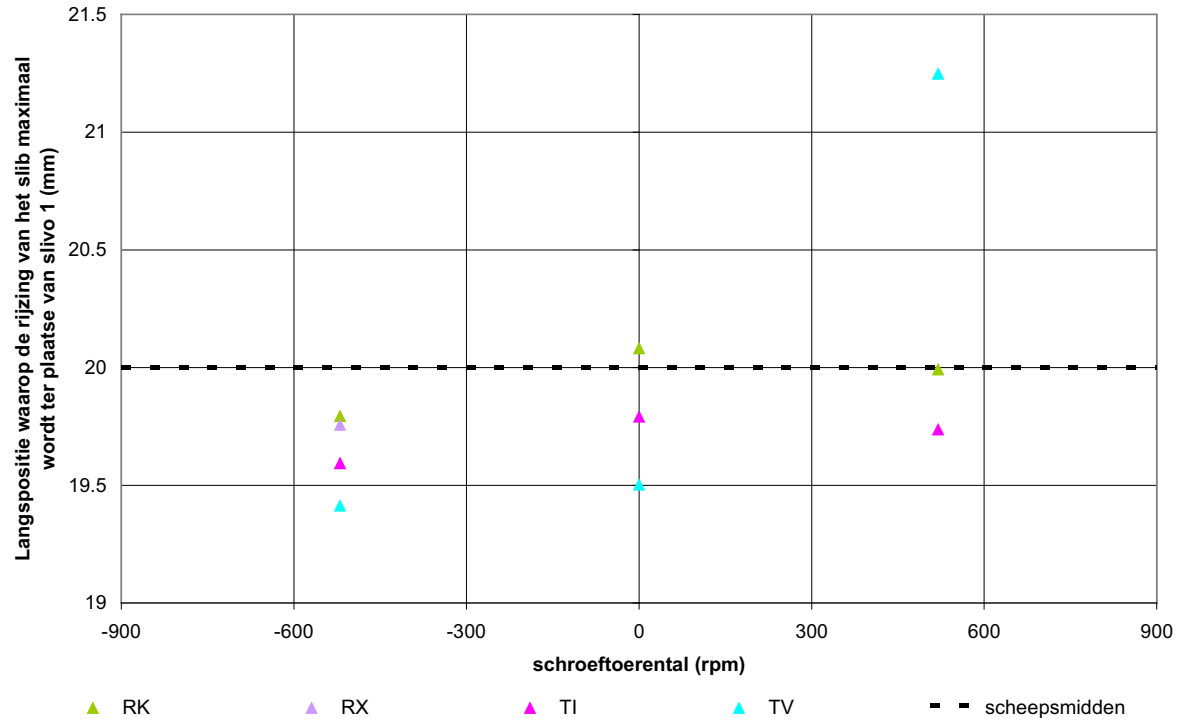
Figuur 7.17a. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib, achterwaartse beweging u = -0.36 m/s, geen roerwerking.



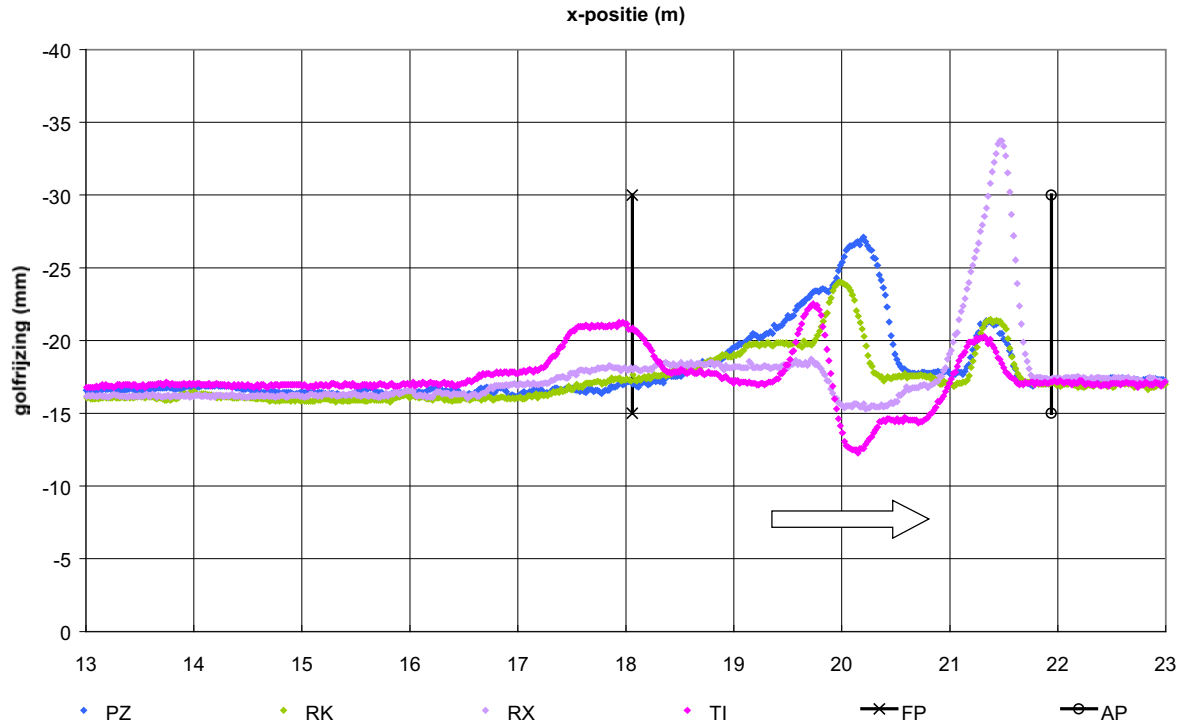
Figuur 7.17b. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib, achterwaartse beweging u = -0.36 m/s, geen roerwerking.



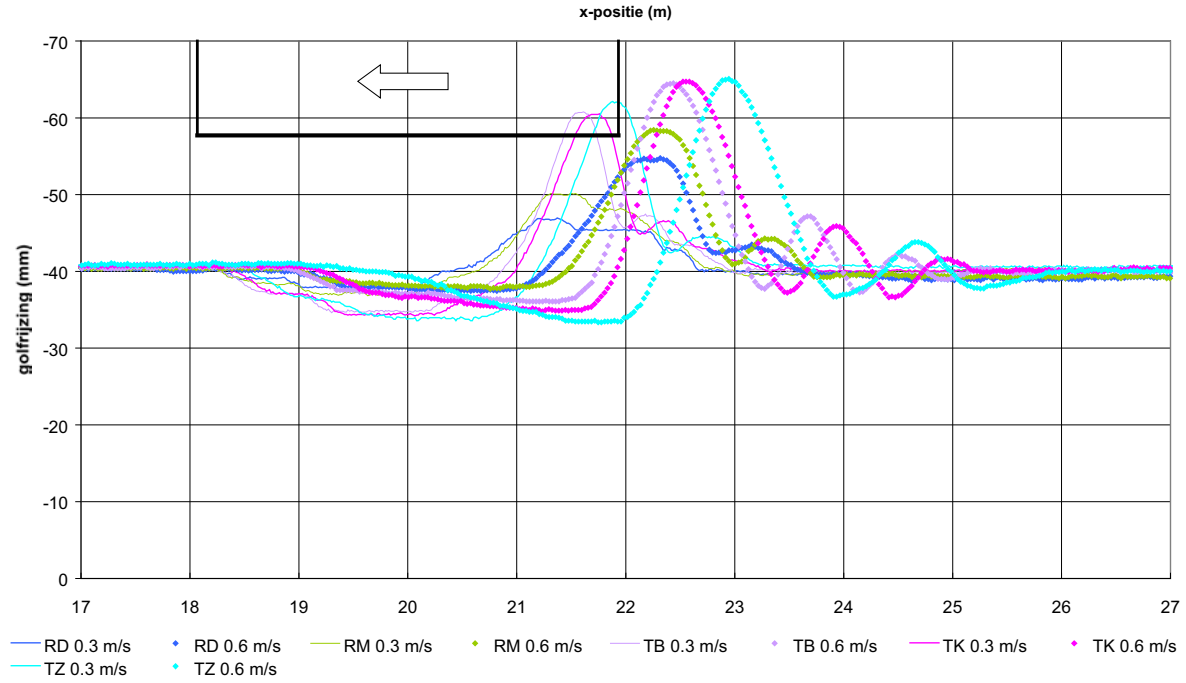
Figuur 7.18a. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib, achterwaartse beweging u = -0.36 m/s, geen roerwerking.



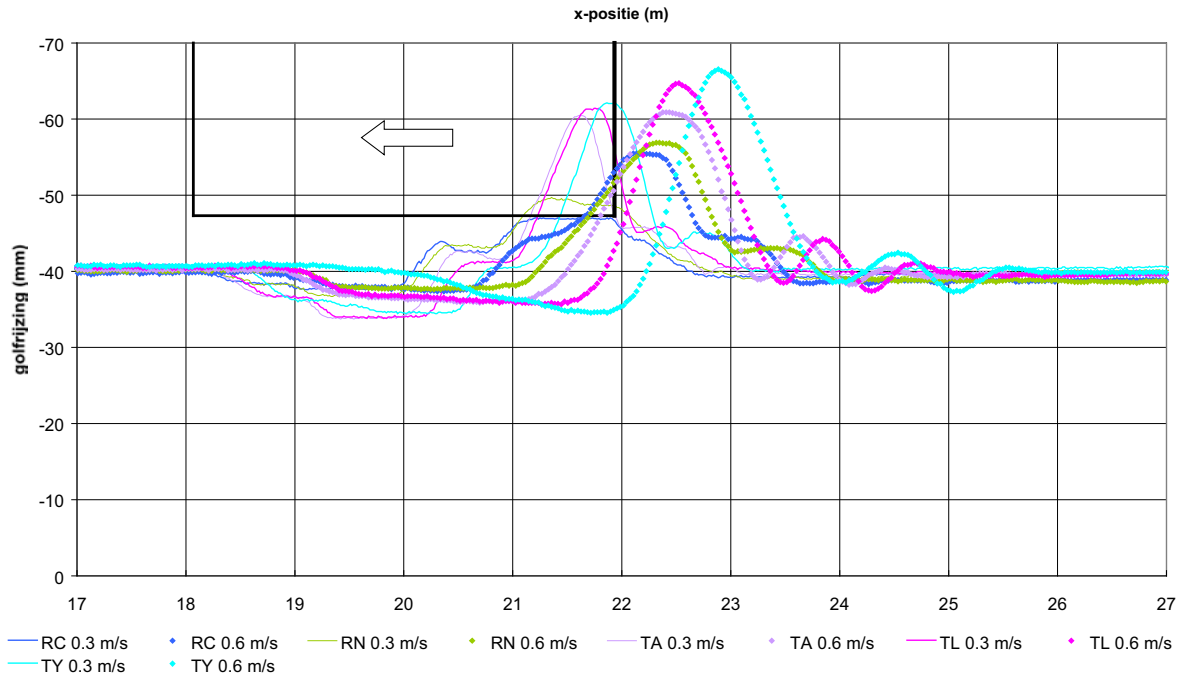
Figuur 7.18b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 2 cm. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib, achterwaartse beweging u = -0.36 m/s, geen roerwerking.



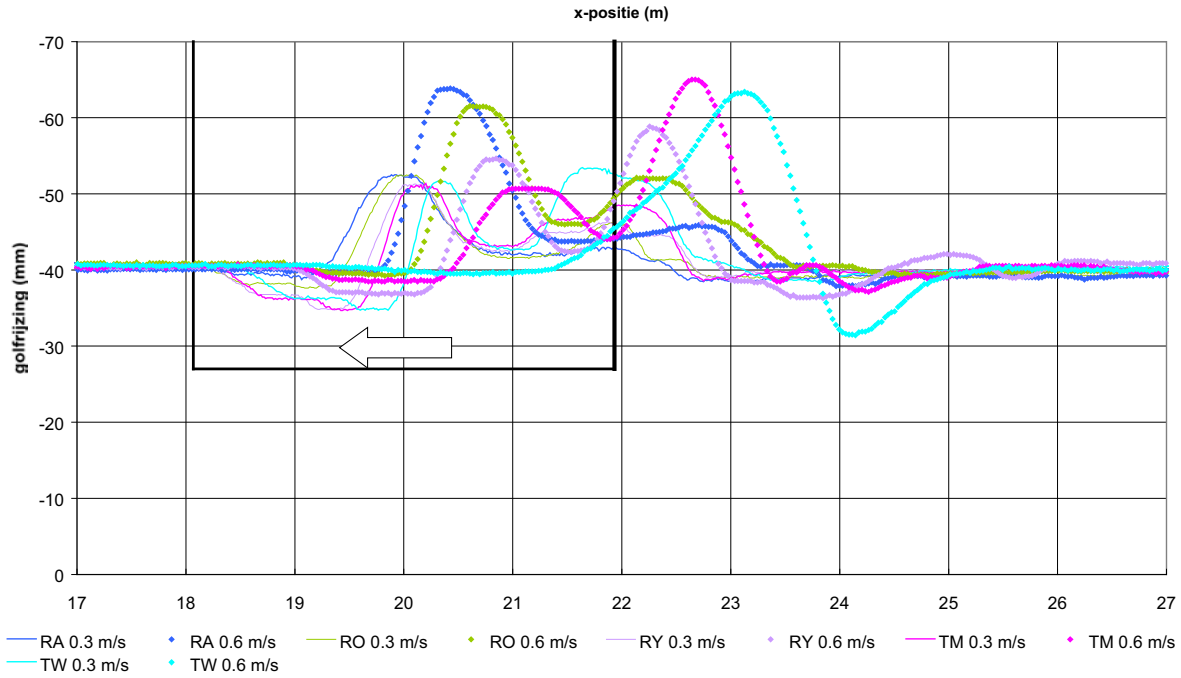
Figuur 7.19. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij u = -0.36 m/s en n = 520 rpm, zonder roerwerking. Vergelijking tussen de verschillende slibsoorten. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in 2 cm slib.



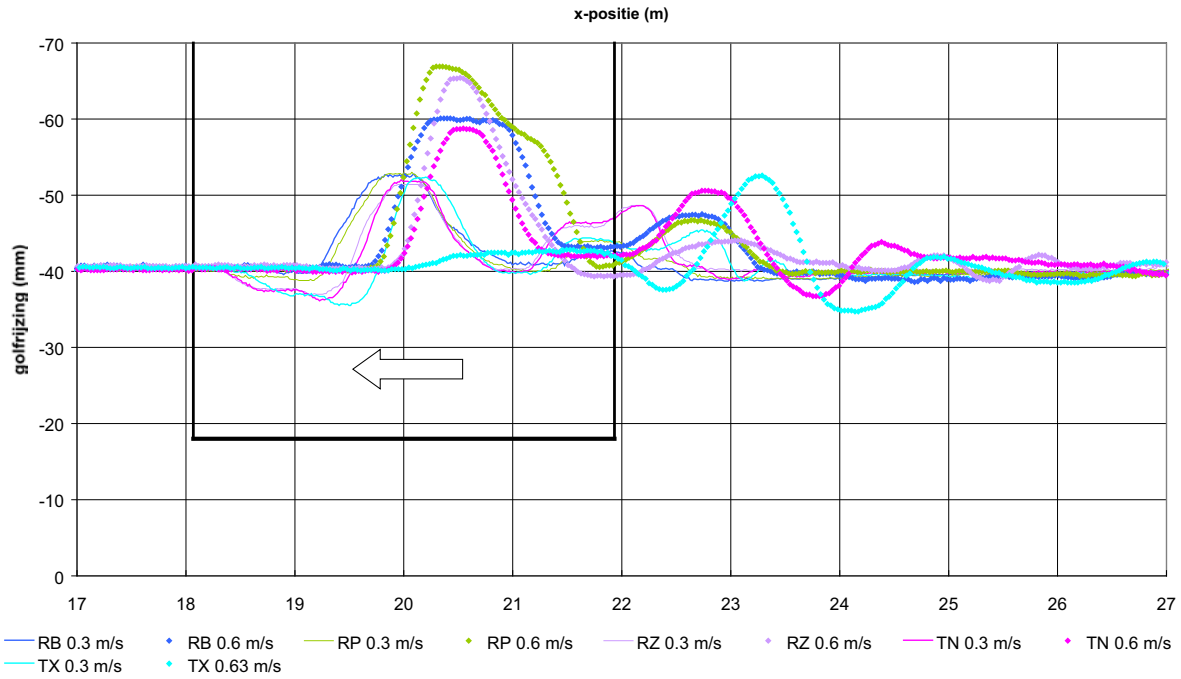
Figuur 7.20a. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen de verschillende reeksen. 9.8% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 4 cm slib.



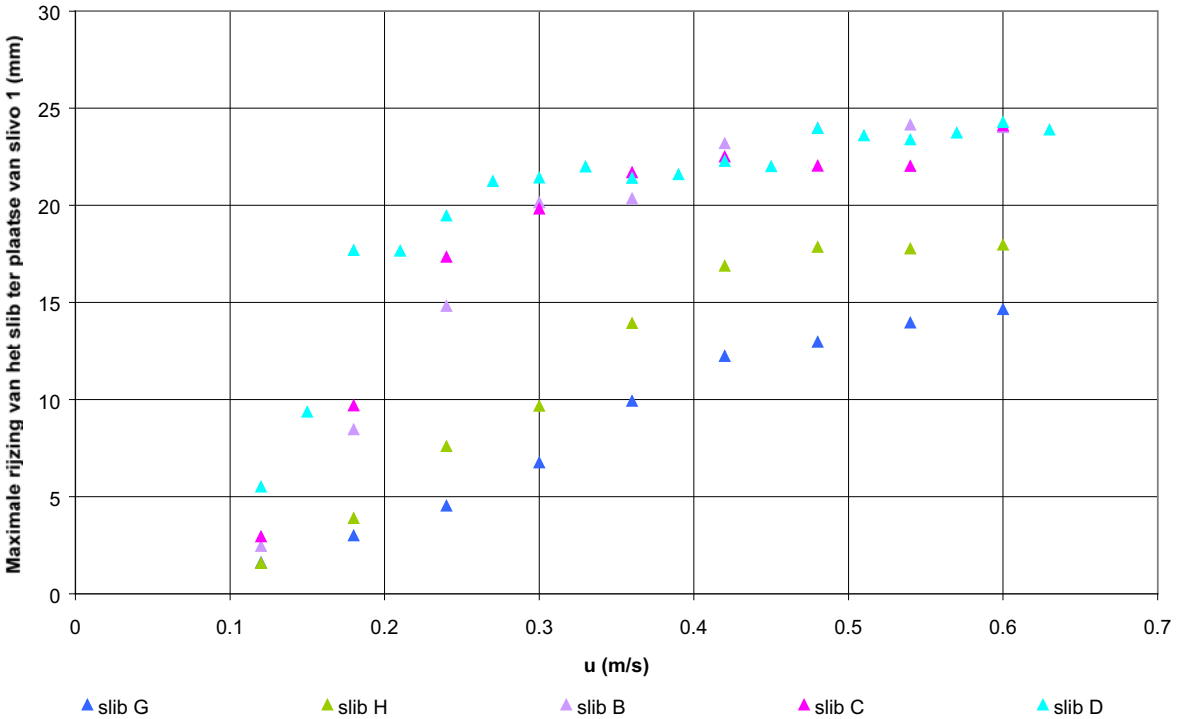
Figuur 7.20b. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen de verschillende reeksen. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 4 cm slib.



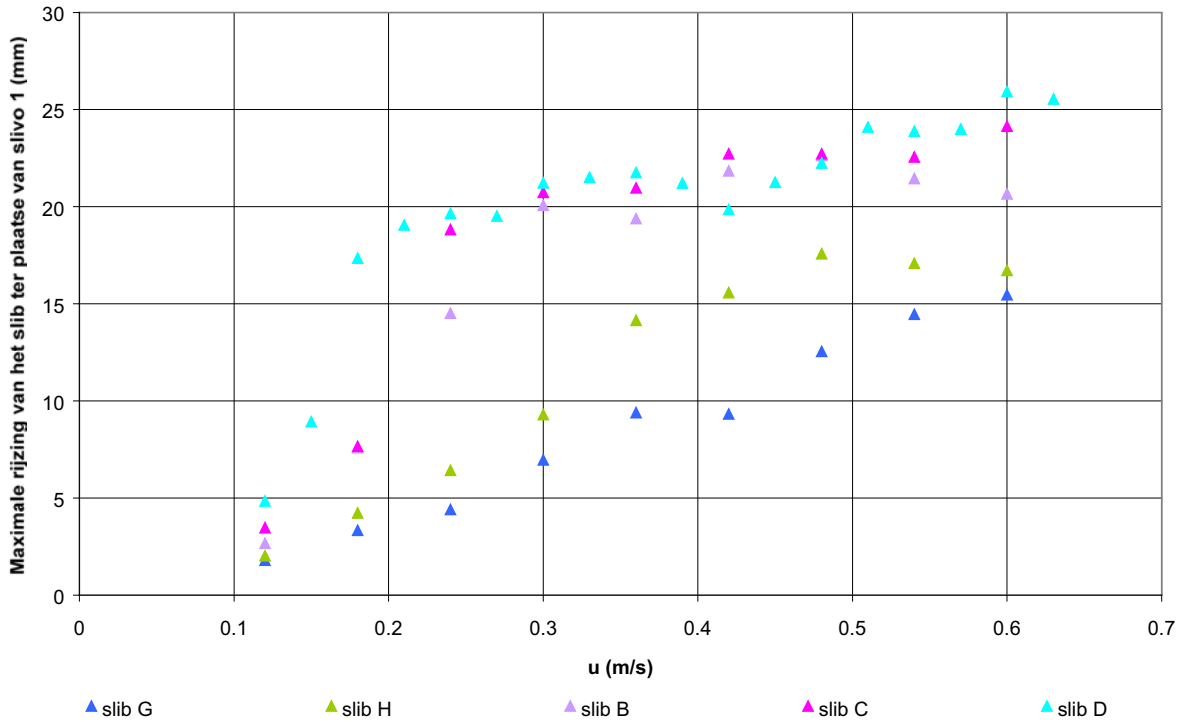
Figuur 7.20c. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen de verschillende reeksen. –7.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 4 cm slib.



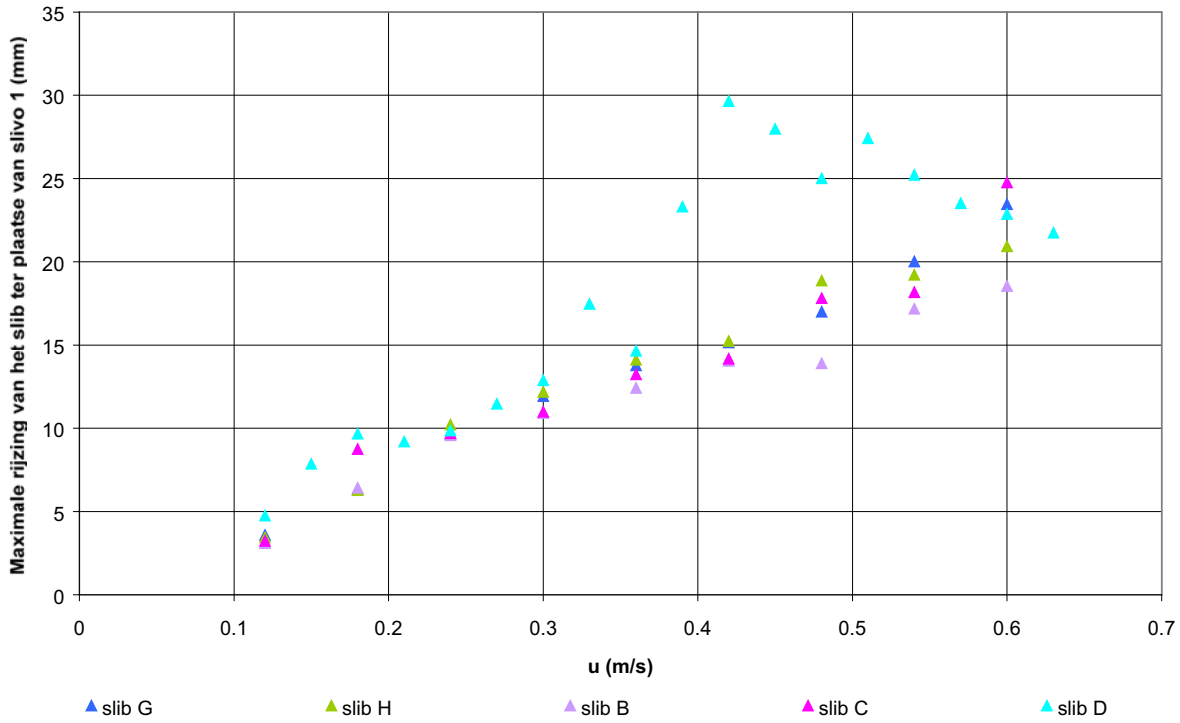
Figuur 7.20d. Scheepsmodel D: Verticale beweging van de sliblaag bij verschillende snelheden zonder schroefwerking en zonder roerwerking. Vergelijking tussen de verschillende reeksen. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 4 cm slib.



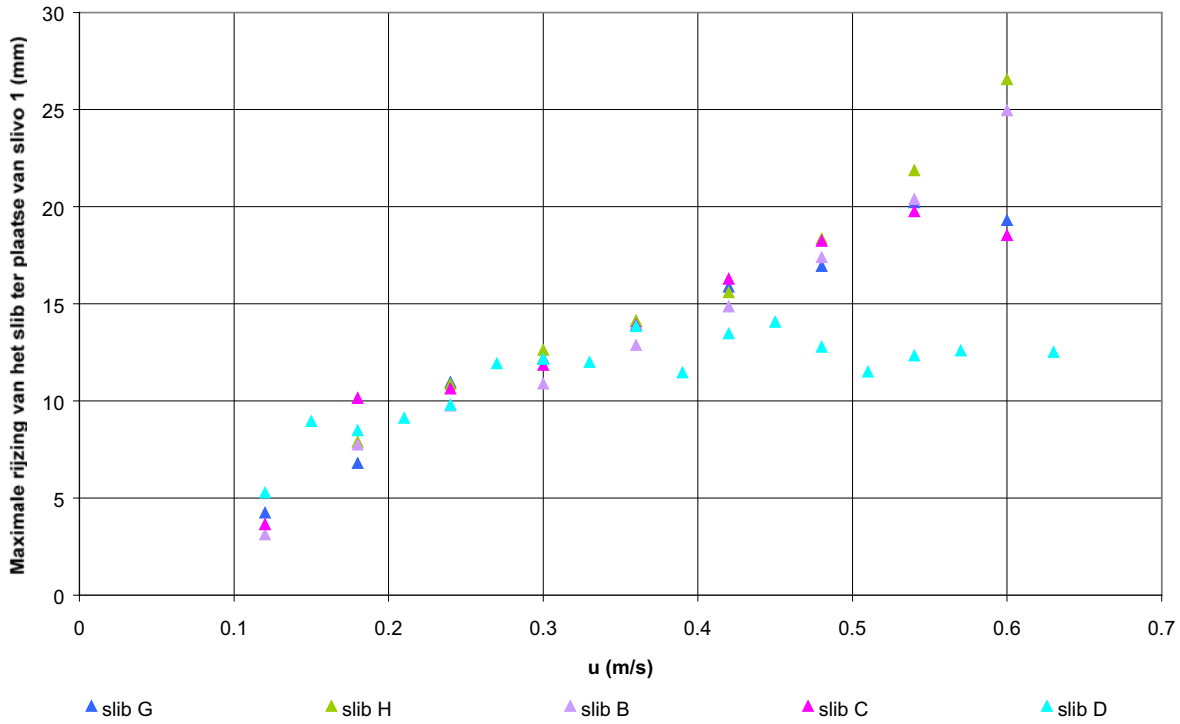
Figuur 7.21a. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing van de sliblaag in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 9.8% kielspeling ten opzichte van top slib.



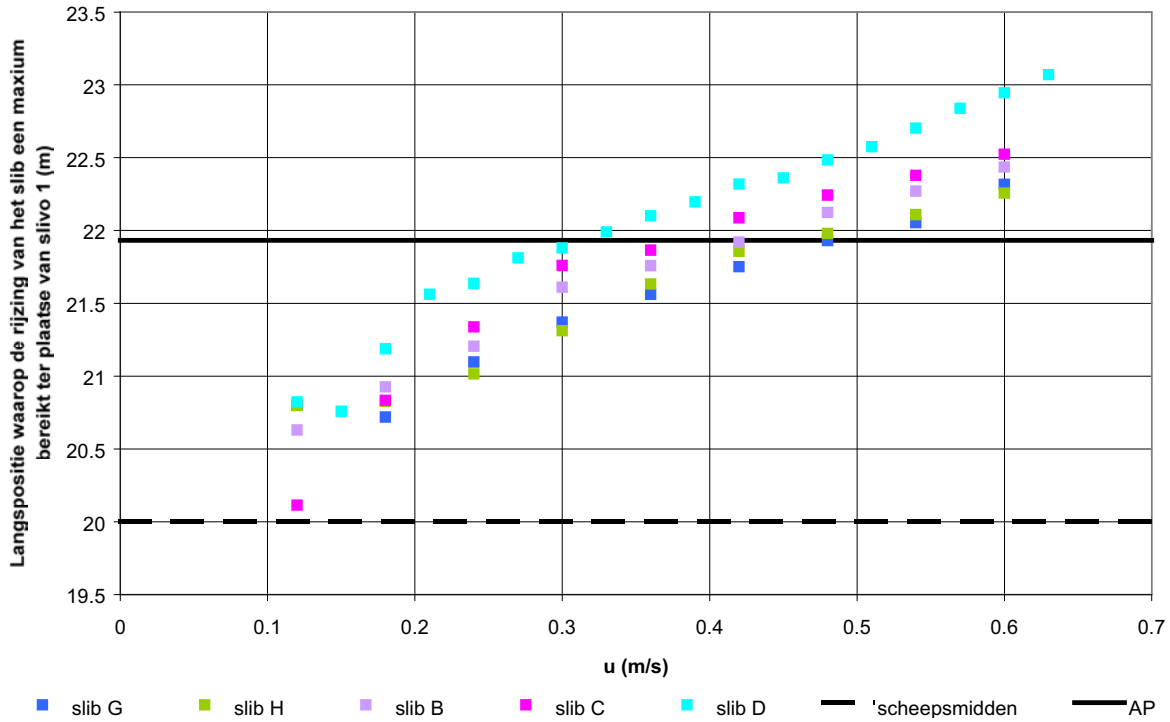
Figuur 7.21b. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing van de sliblaag in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



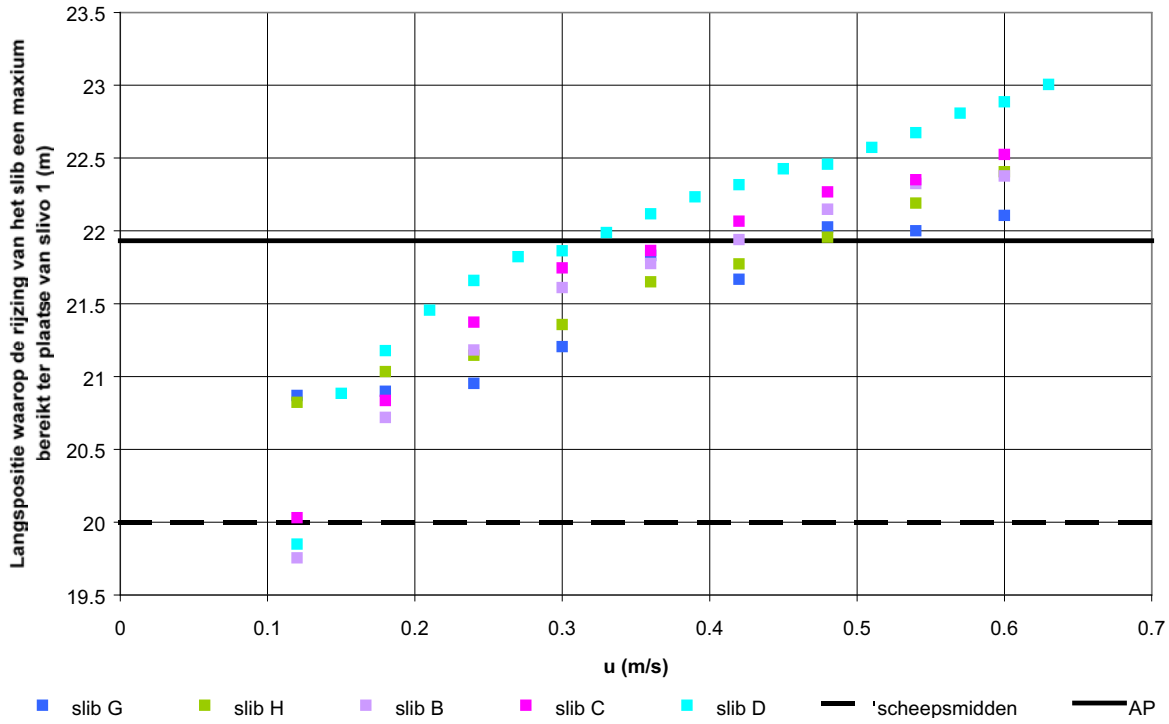
Figuur 7.21c. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing van de sliblaag in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –7.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



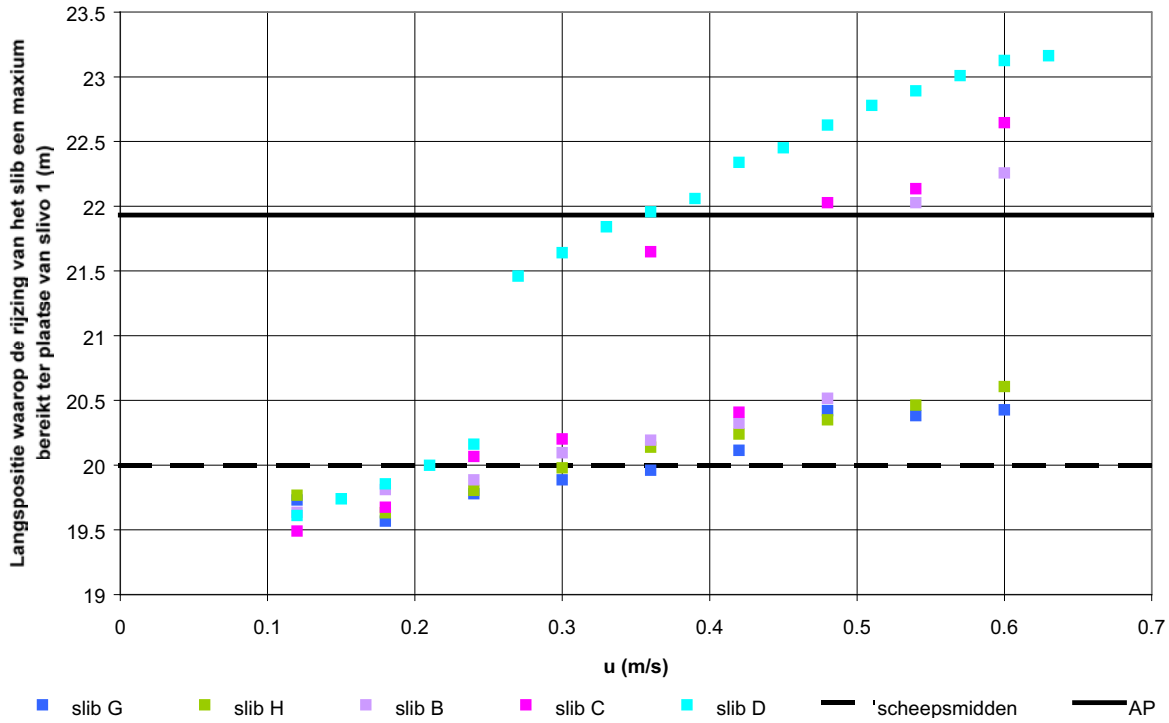
Figuur 7.21d. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing van de sliblaag in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



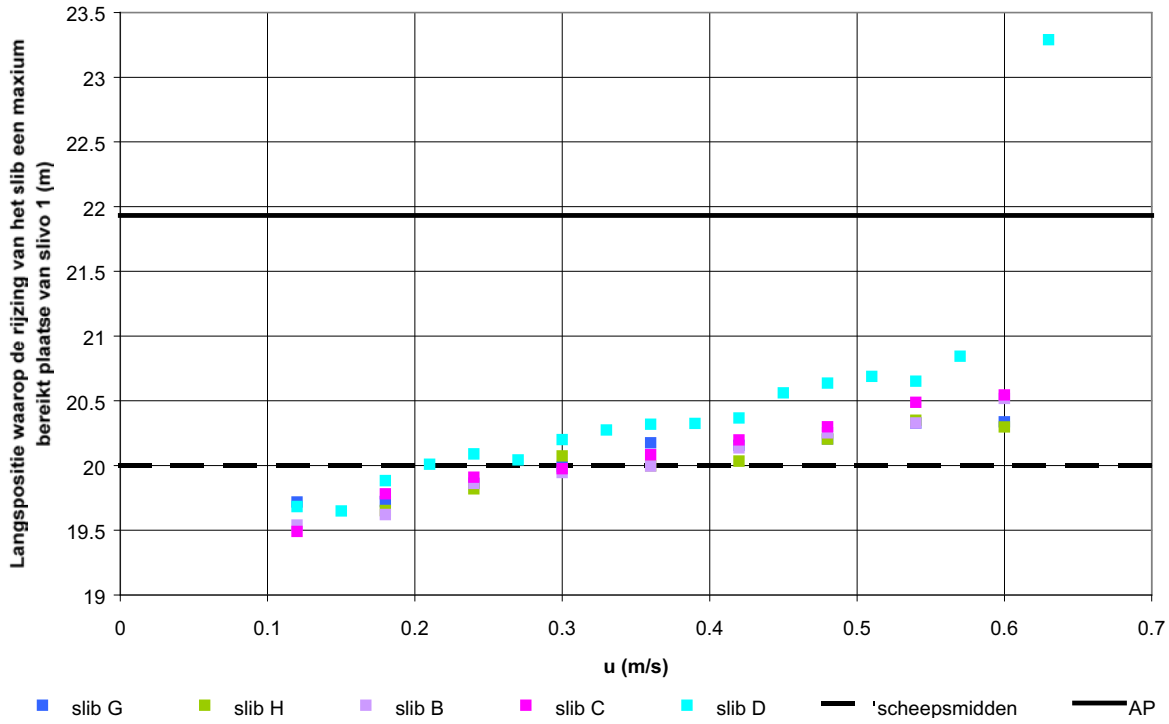
Figuur 7.22a. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 9.8% kielspeling ten opzichte van top slib.



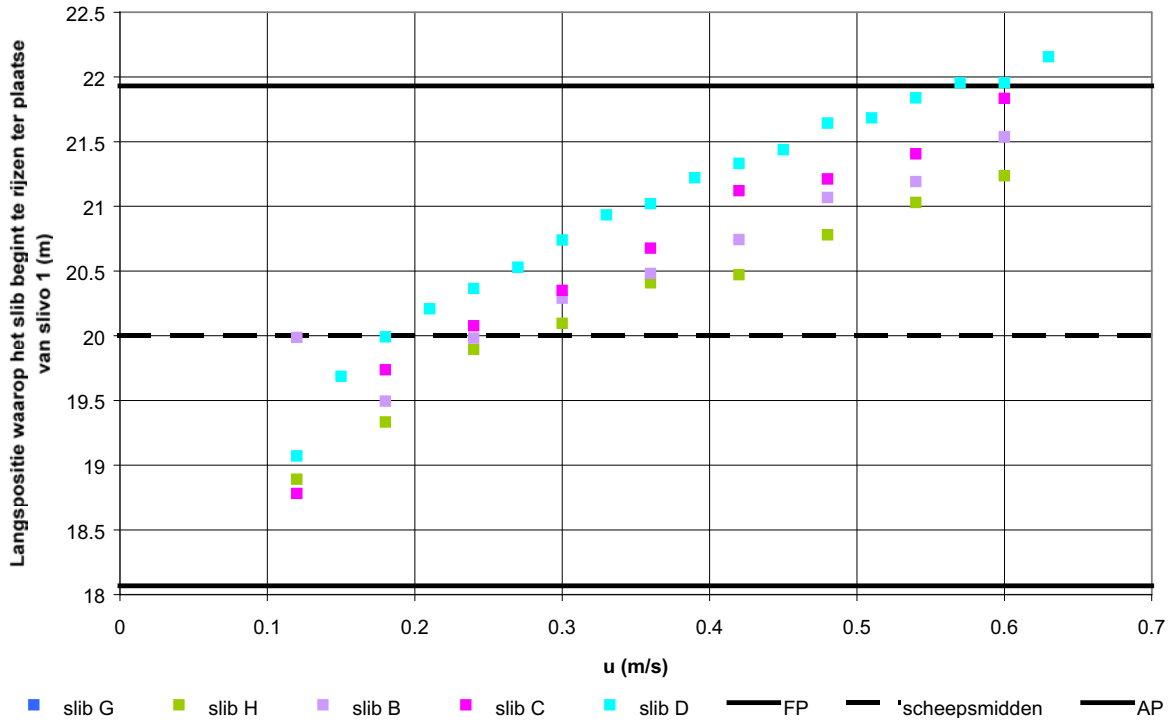
Figuur 7.22b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



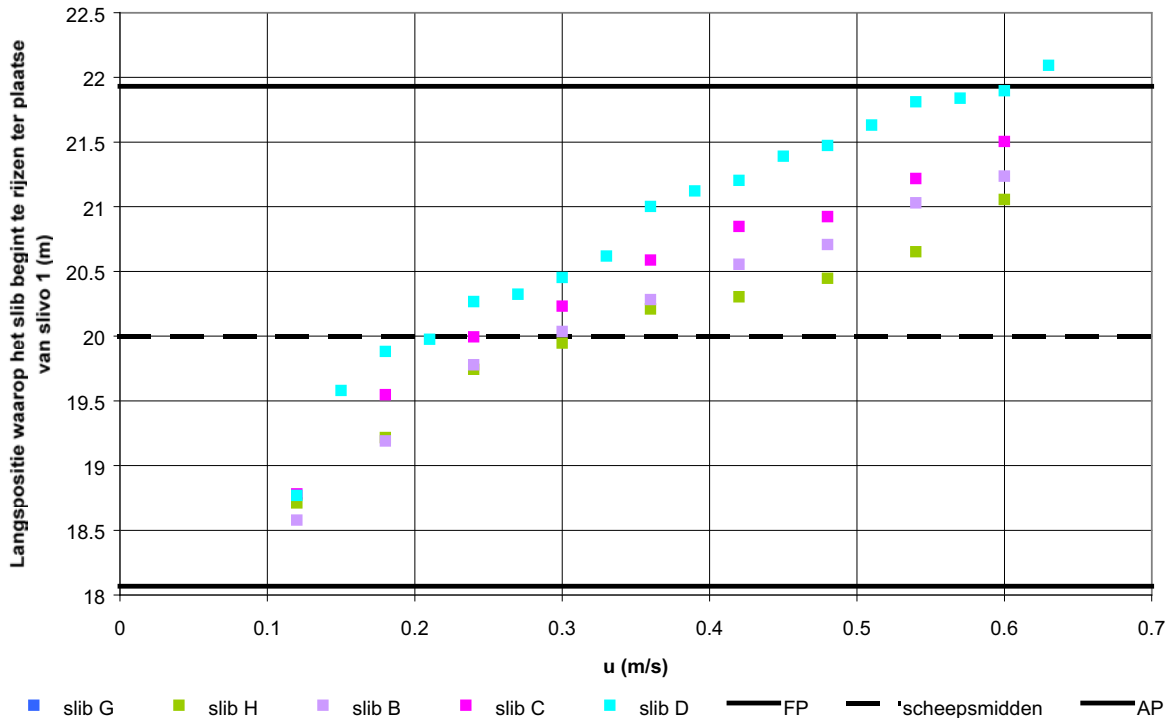
Figuur 7.22c. Scheepsmodel D: Verticale beweging waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –7.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



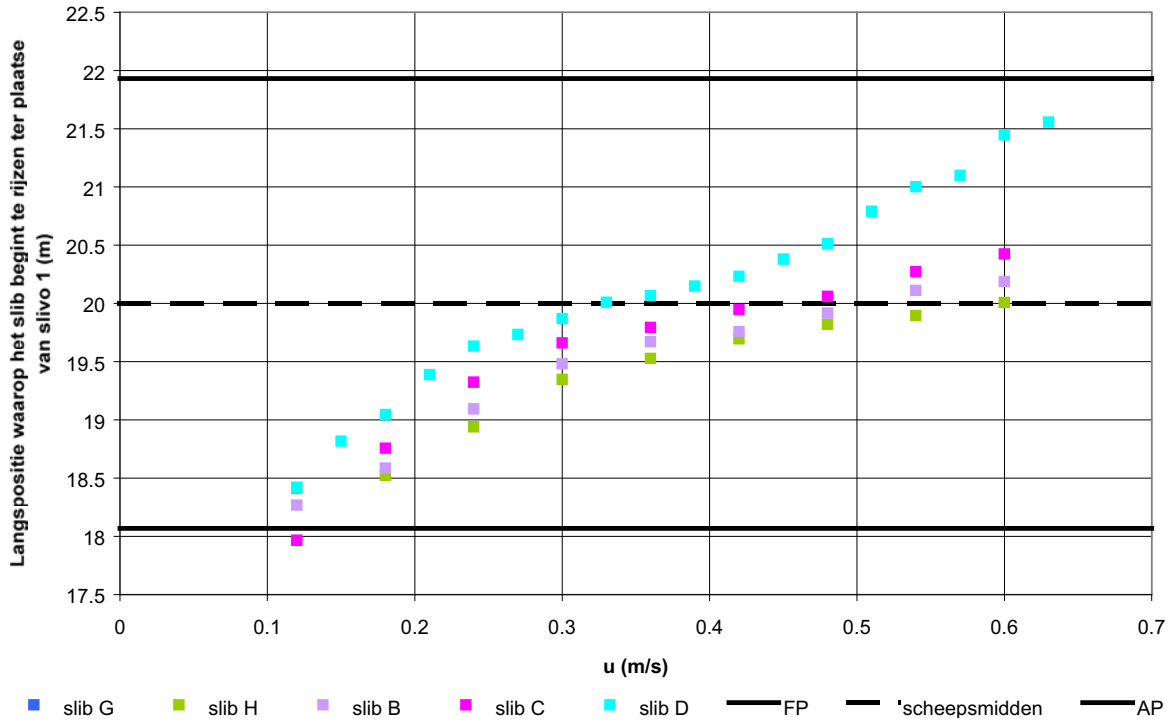
Figuur 7.22d. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



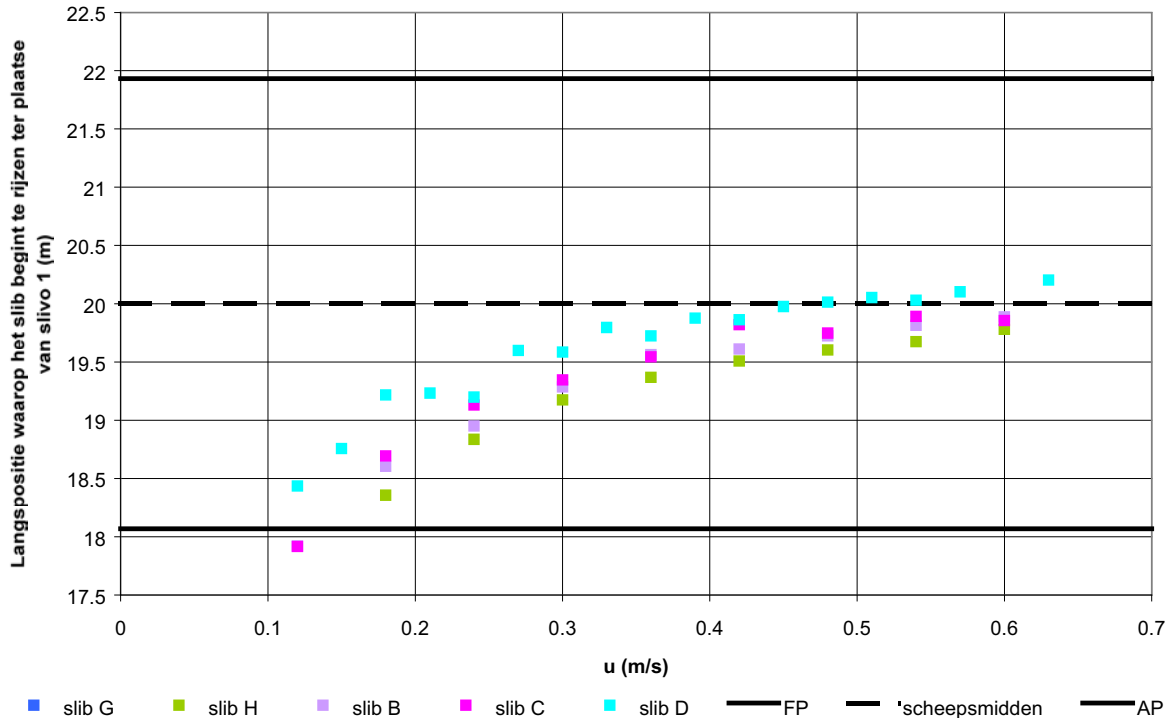
Figuur 7.23a. Scheepsmodel D: Langspositie waarop het slib begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 9.8% kielspeling ten opzichte van top slib.



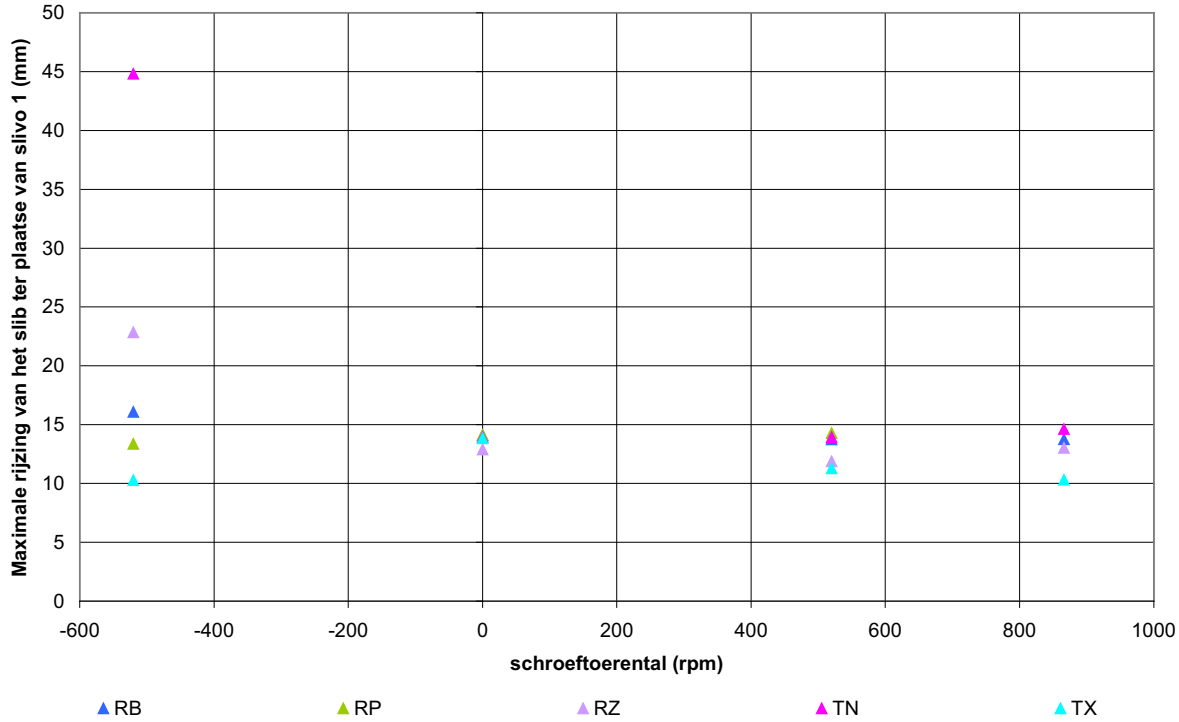
Figuur 7.23b. Scheepsmodel D: Langspositie waarop het slib begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



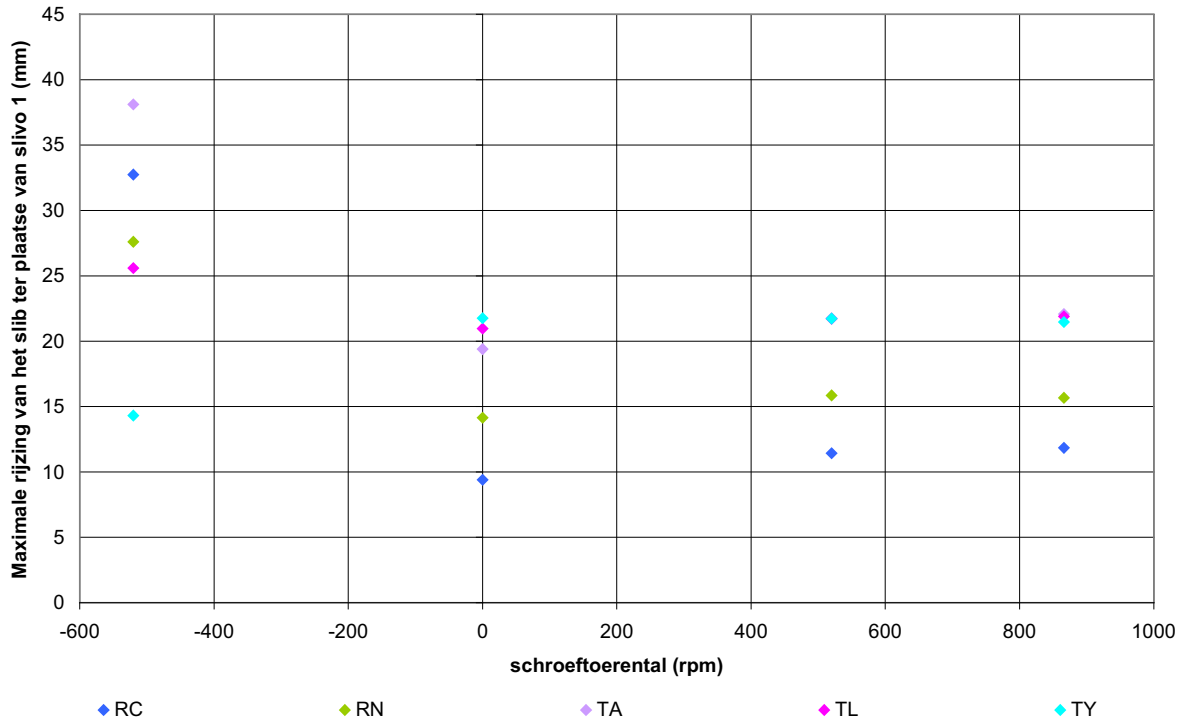
Figuur 7.23c. Scheepsmodel D: Langspositie waarop het slib begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –7.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



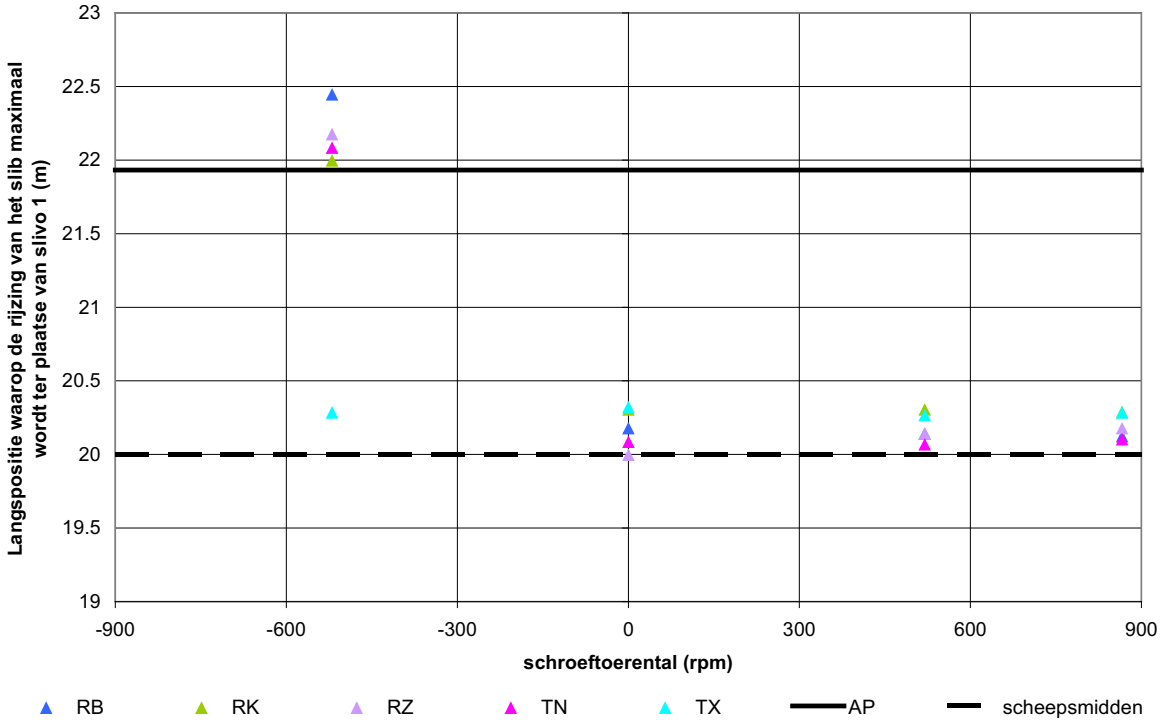
Figuur 7.23d. Scheepsmodel D: Langspositie waarop het slib begint te rijzen in functie van de vaarsnelheid voor verschillende slibsoorten bij een sliblaagdikte van 4 cm. Geen schroefwerking, geen roerwerking. –7.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



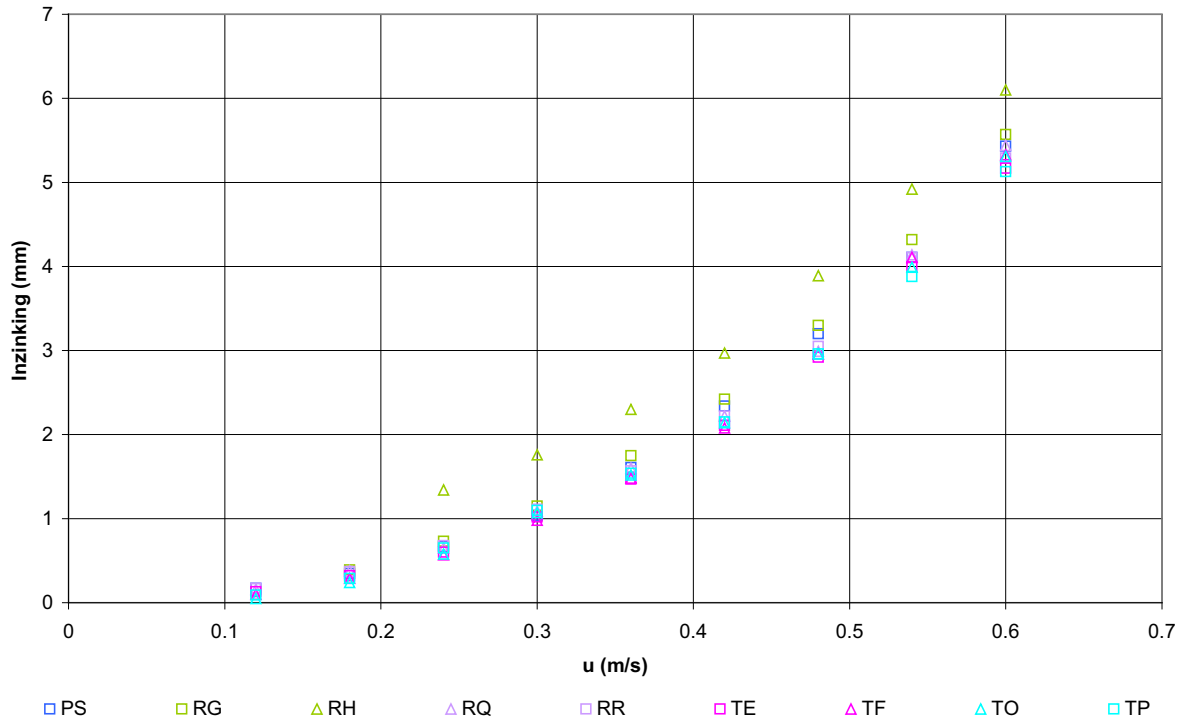
Figuur 7.24a. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 4 cm. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



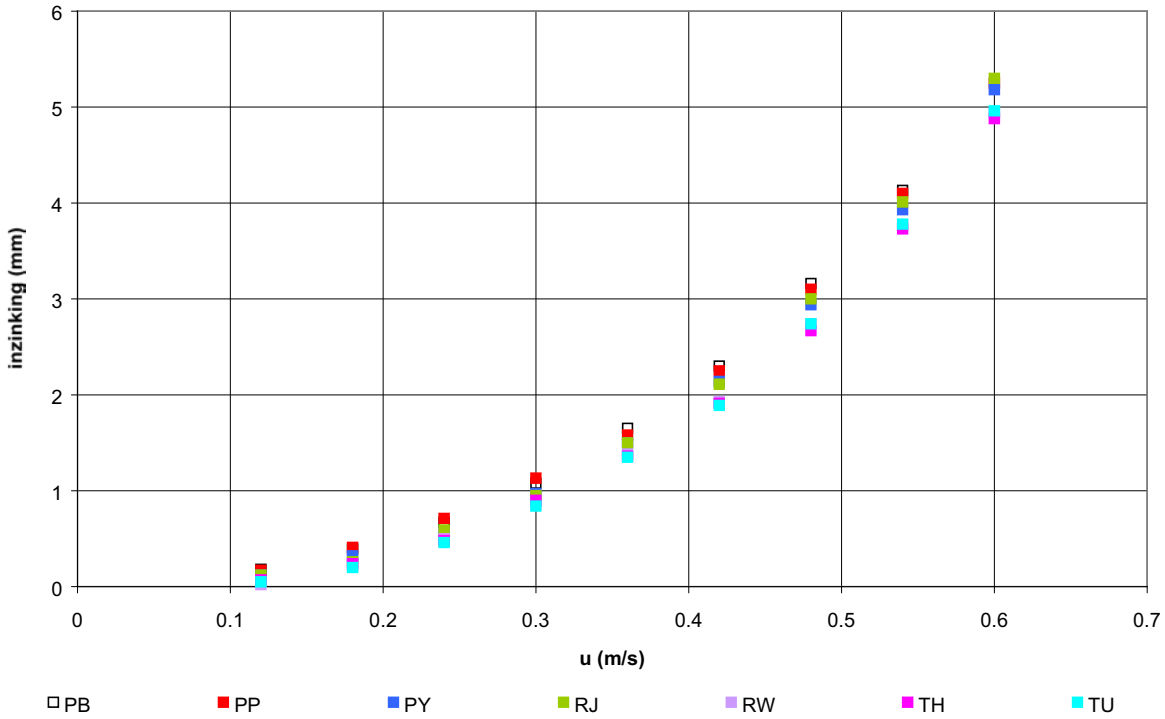
Figuur 7.24b. Scheepsmodel D: Verloop van de maximale rijzing in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 4 cm. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



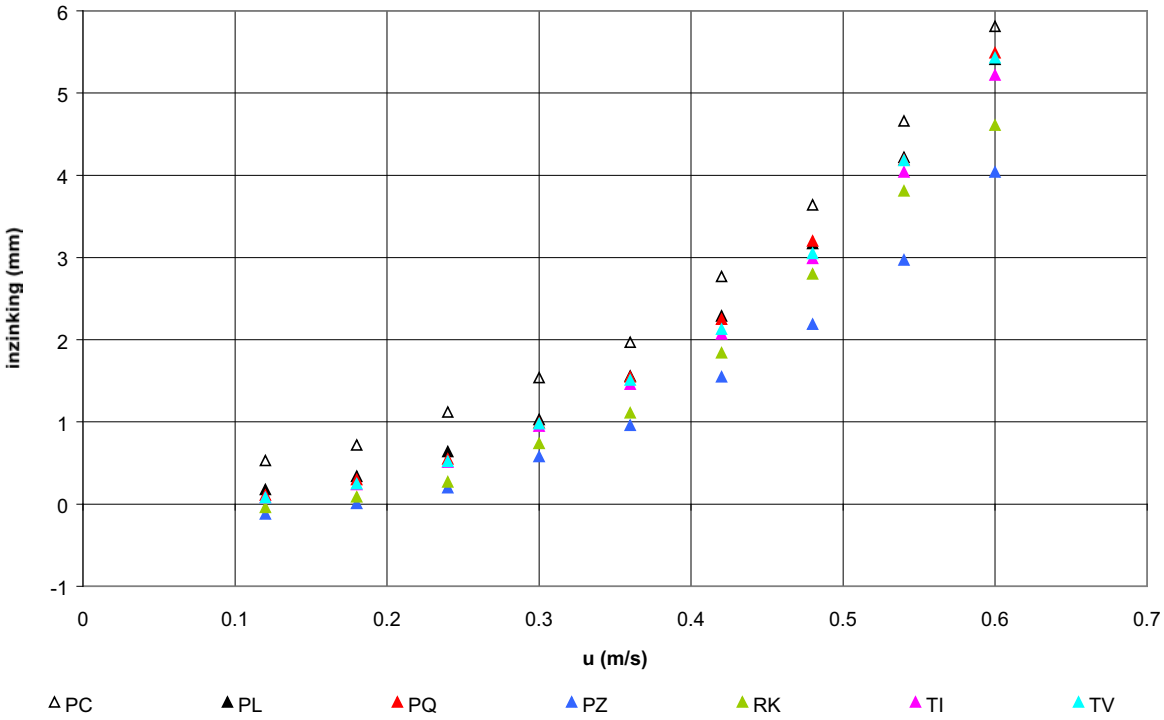
Figuur 7.25. Scheepsmodel D: Langspositie waarop de rijzing maximaal wordt in functie van het schroeftoerental voor de verschillende proevenreeksen bij een sliblaag van 4 cm. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib, u = 0.36 m/s, geen roerwerking.



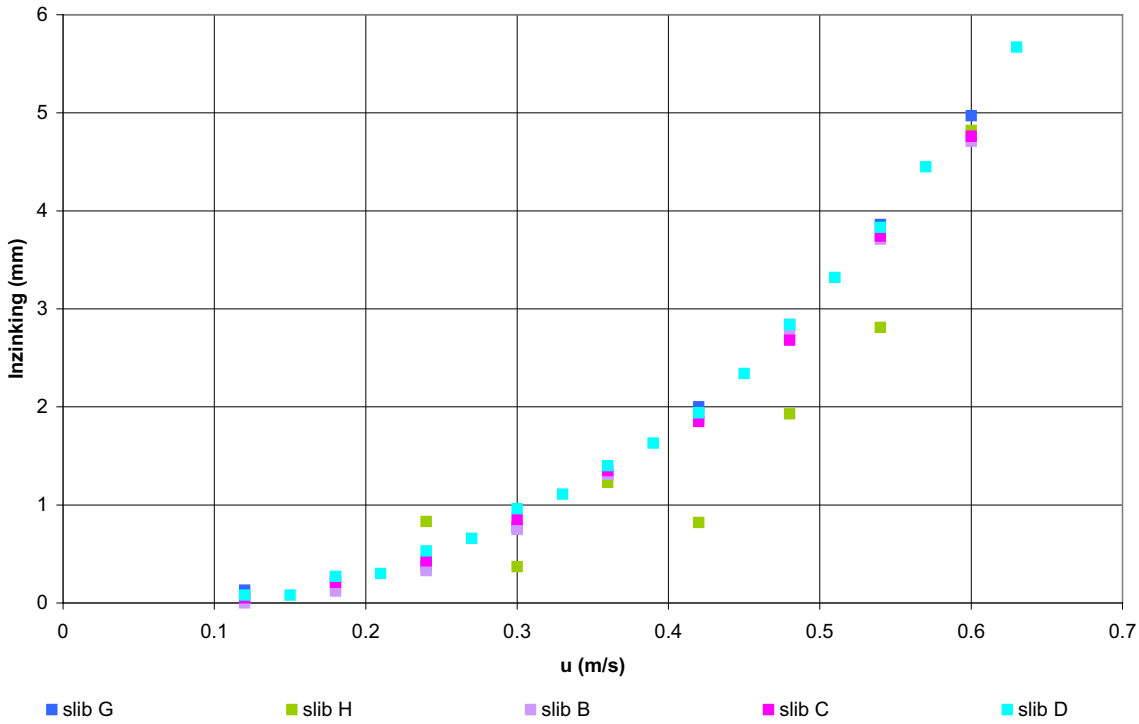
Figuur 7.26a. Scheepsmodel D: Inzinking in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten en kielspelingen. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart boven 1 cm slib.



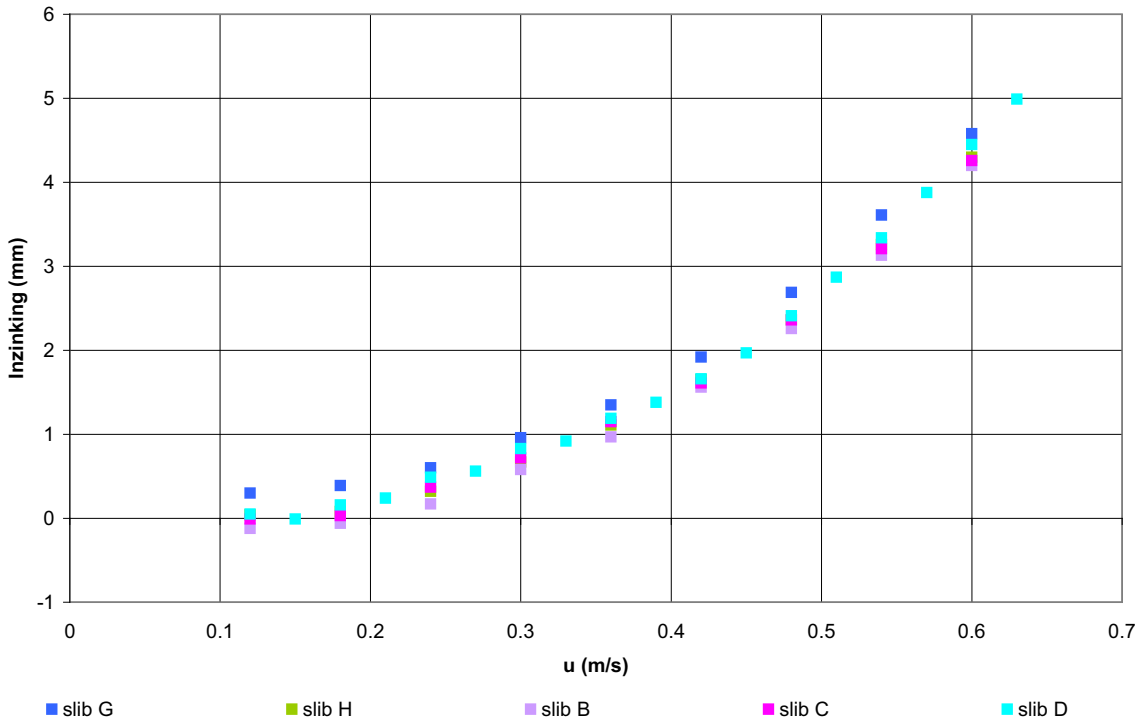
Figuur 7.26b. Scheepsmodel D: Inzinking in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten. Geen schroefwerking en geen roerwerking. Vaart boven 2 cm slib. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib.



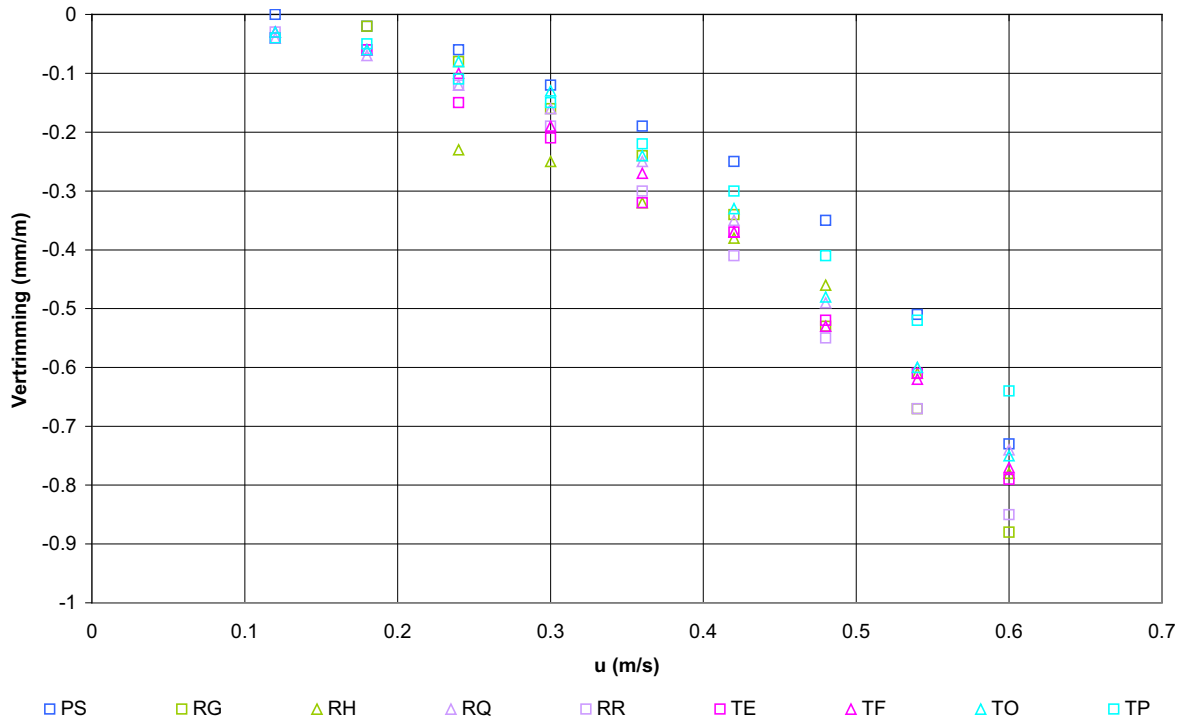
Figuur 7.26c. Scheepsmodel D: Inzinking voor verschillende slibsoorten in functie van de scheepssnelheid. Geen schroefwerking, geen roerwerking. – Vaart in contact met 2 cm slib. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



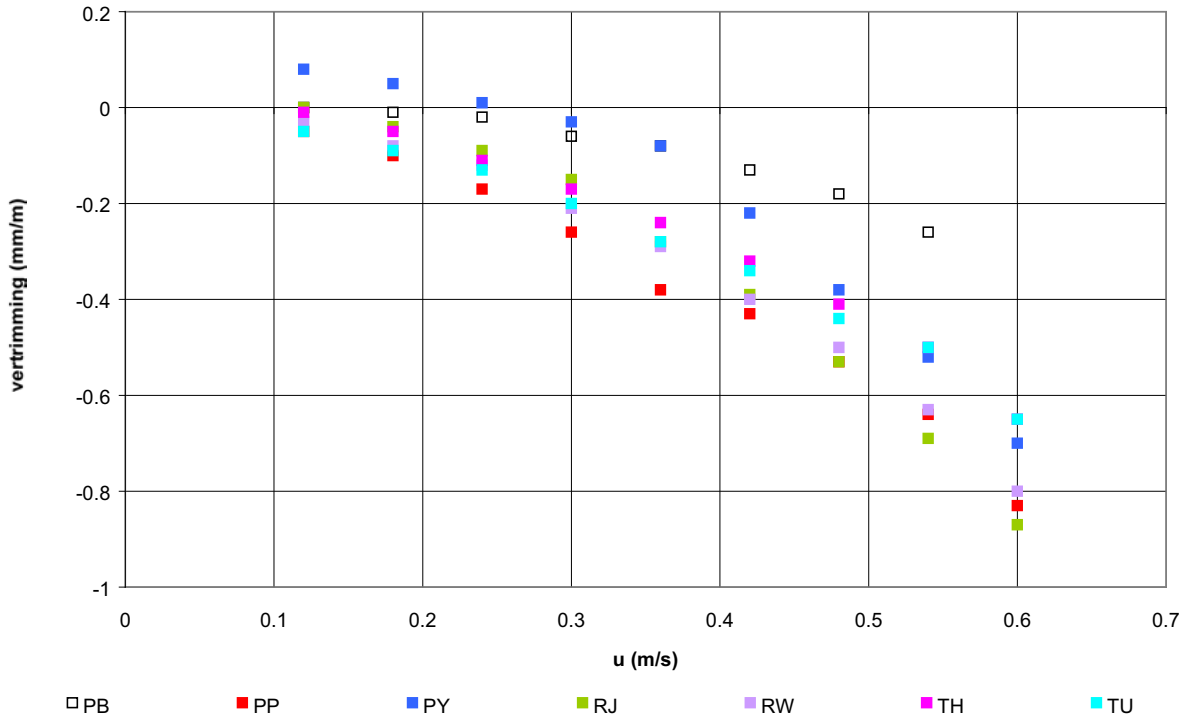
Figuur 7.26d. Scheepsmodel D: Inzinking in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart in contact met 4 cm slib. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



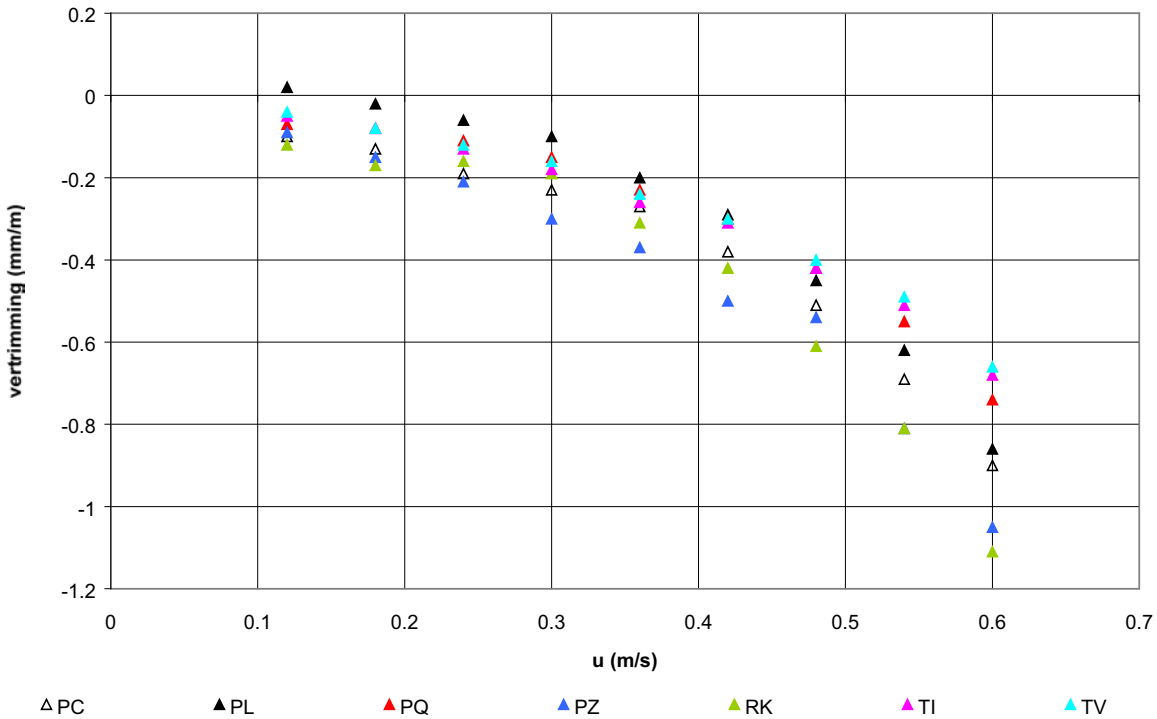
Figuur 7.26e. Scheepsmodel D: Inzinking voor verschillende slibsoorten in functie van de scheepssnelheid. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart boven 4 cm slib. 4.1 % kielspeling ten opzichte van top slib.



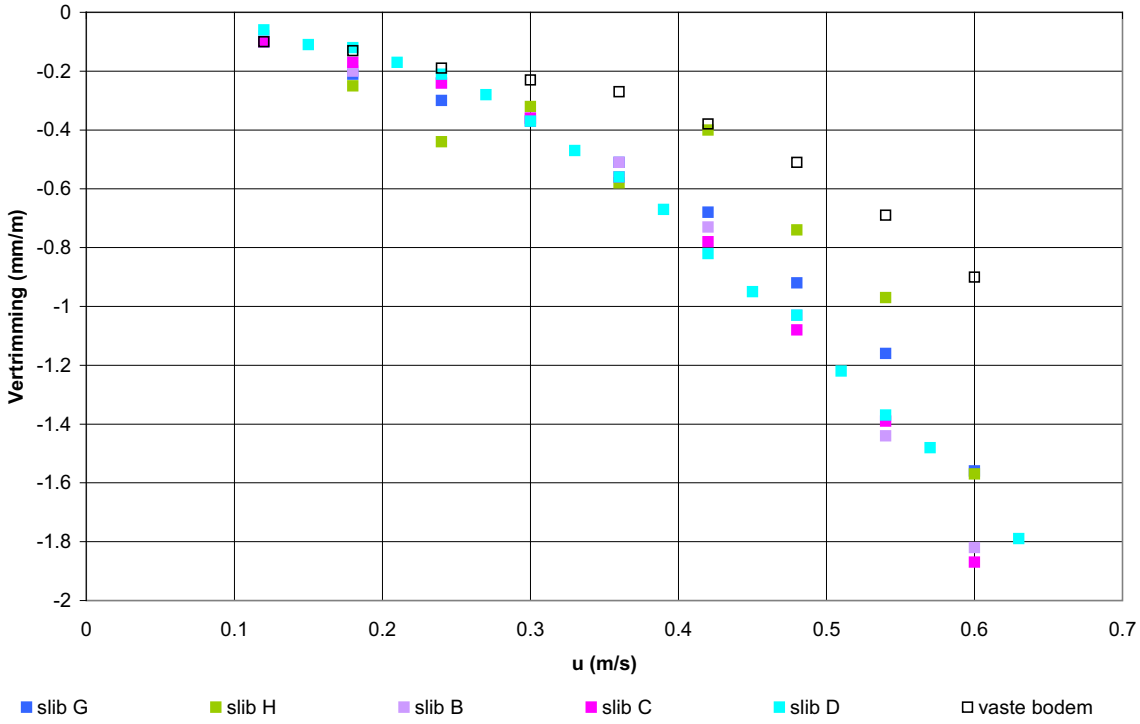
Figuur 7.27a. Scheepsmodel D: Vertrimming in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart boven 1 cm slib.



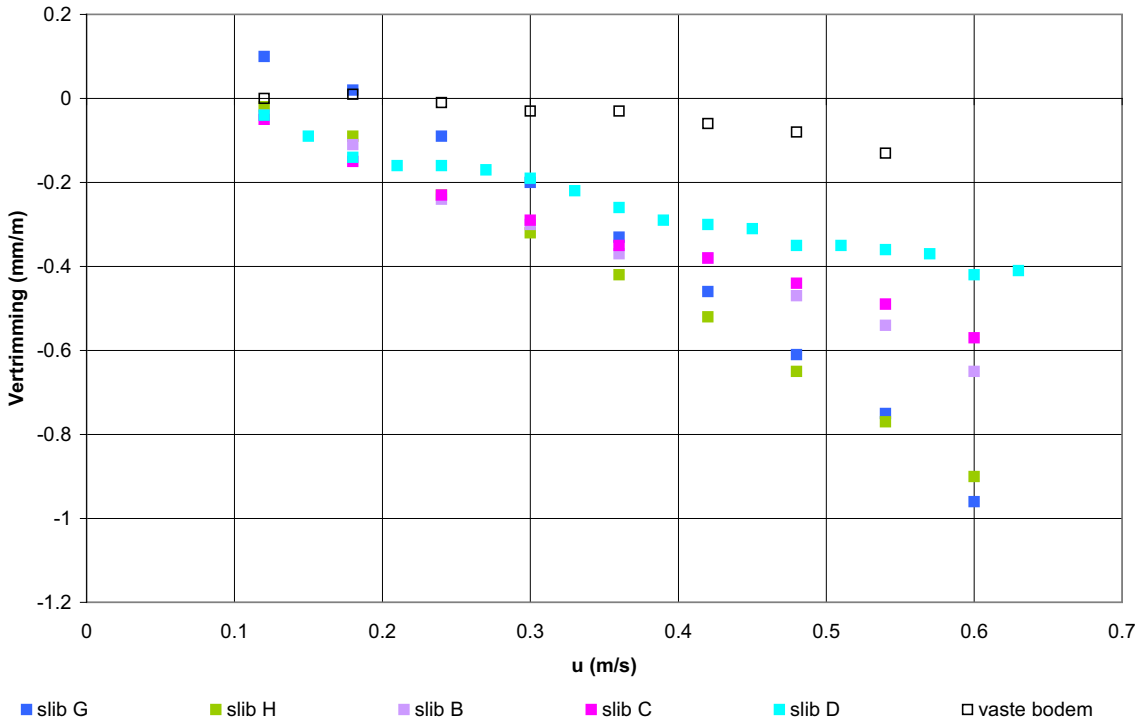
Figuur 7.27b. Scheepsmodel D: Vertrimming in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart boven 2 cm slib. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib.



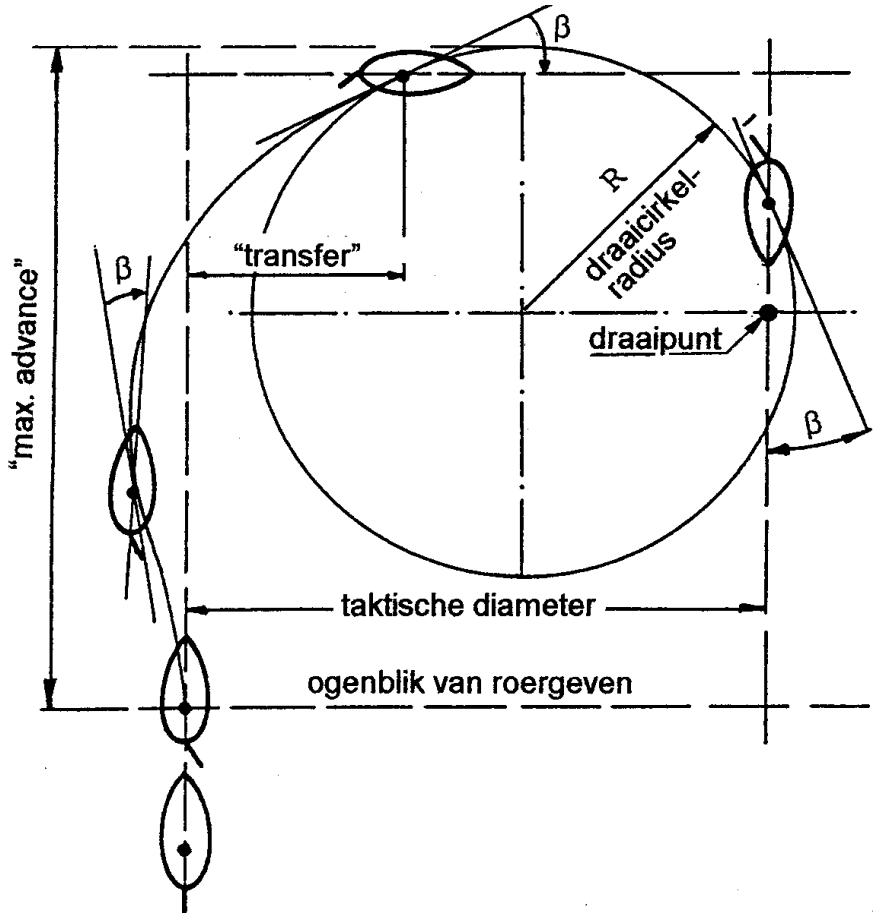
Figuur 7.27c. Scheepsmodel D: Vertrimming in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart in contact met 2 cm slib. –1.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



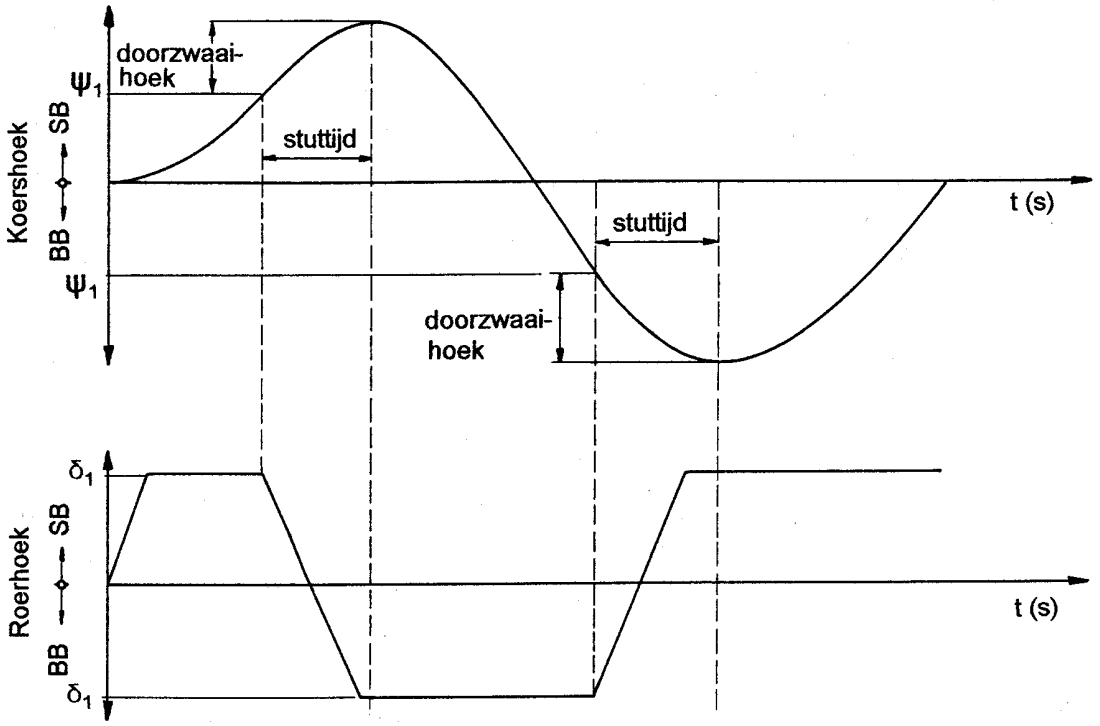
Figuur 7.27d. Scheepsmodel D: Vertrimming voor verschillende slibsoorten in functie van de scheepssnelheid. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart in contact met 4 cm slib. –12.2% kielspeling ten opzichte van top slib.



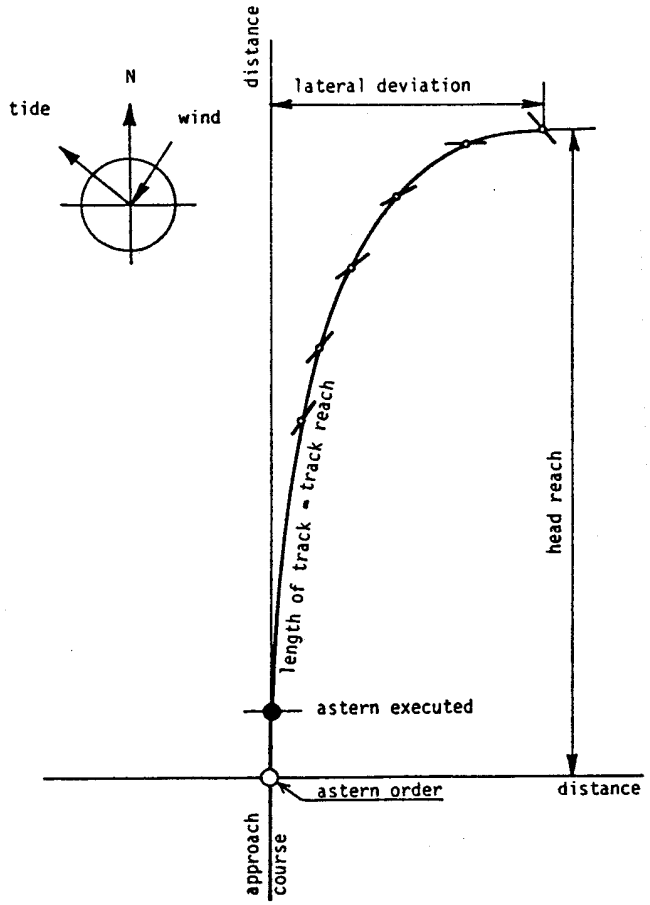
Figuur 7.27e. Scheepsmodel D: Vertrimming in functie van de scheepssnelheid voor verschillende slibsoorten. Geen schroefwerking, geen roerwerking. Vaart boven 4 cm slib. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib.



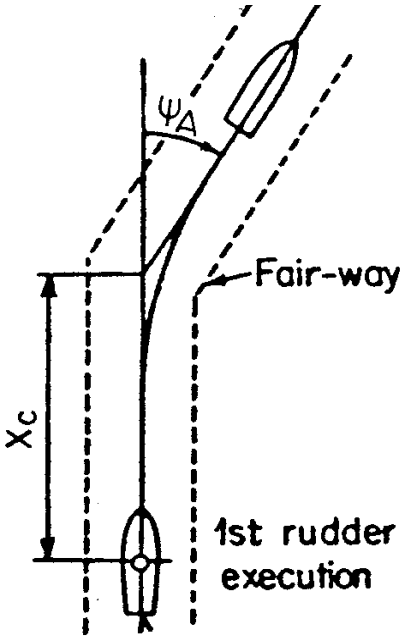
Figuur 8.1. Karakteristieke parameters van een draaicirkelproef.



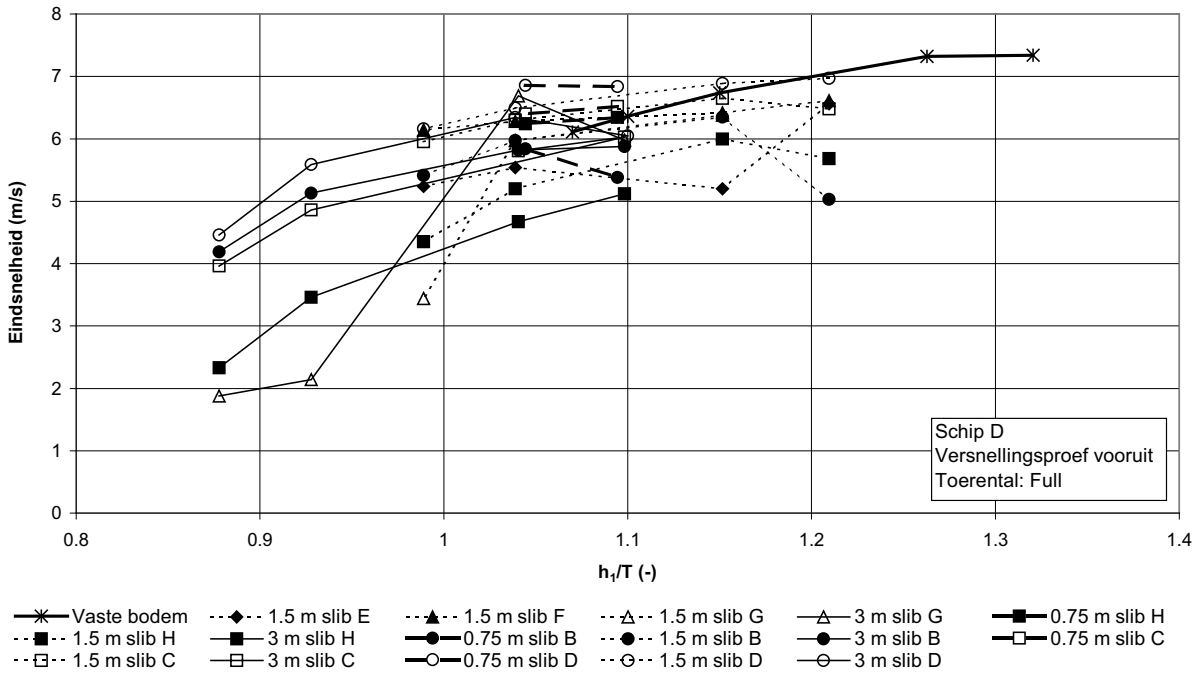
Figuur 8.2. Karakteristieke parameters van een zigzagproef.



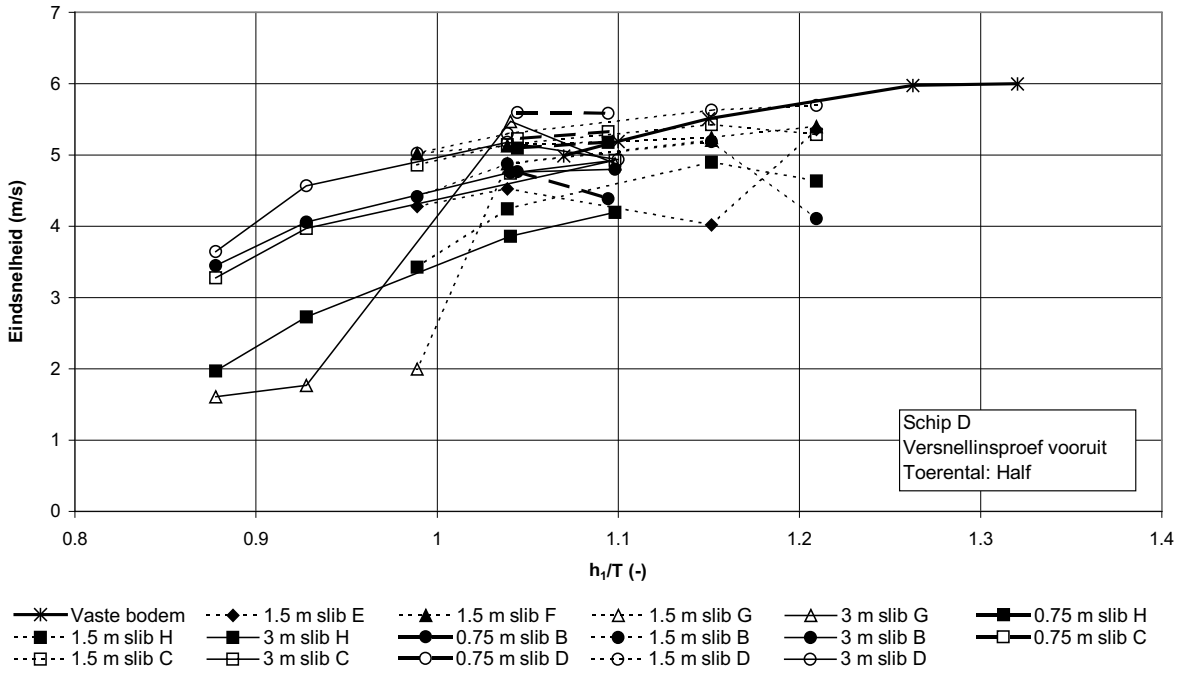
Figuur 8.3. Karakteristieke parameters van een stopproef.



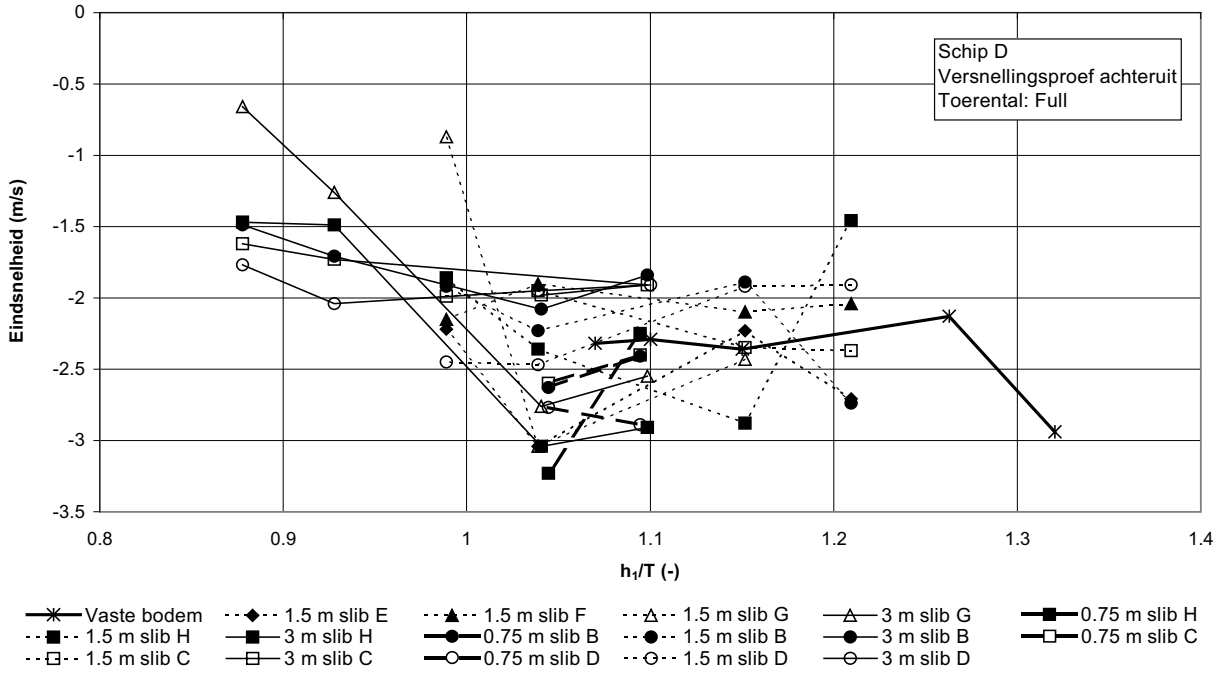
Figuur 8.4. Varen door een bocht.



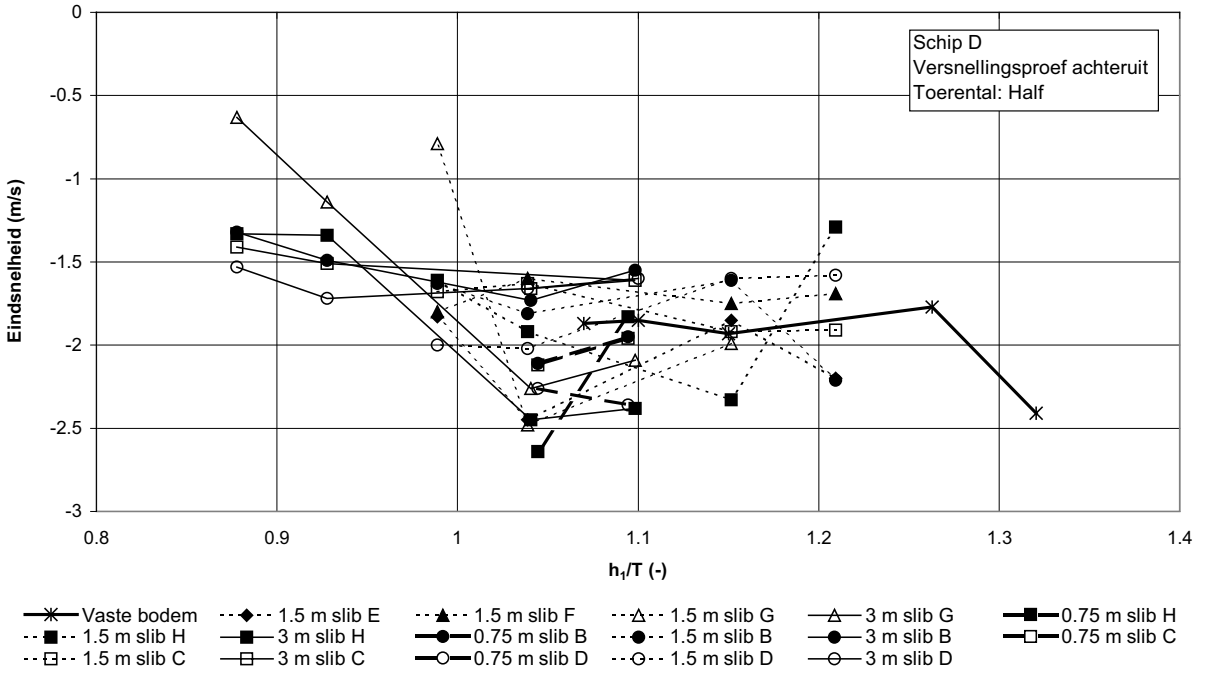
Figuur 8.5a. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef. Eindsnelheid die bereikt wordt bij met een toerental van 66 rpm (harbour full), voor verschillende bodemcondities.



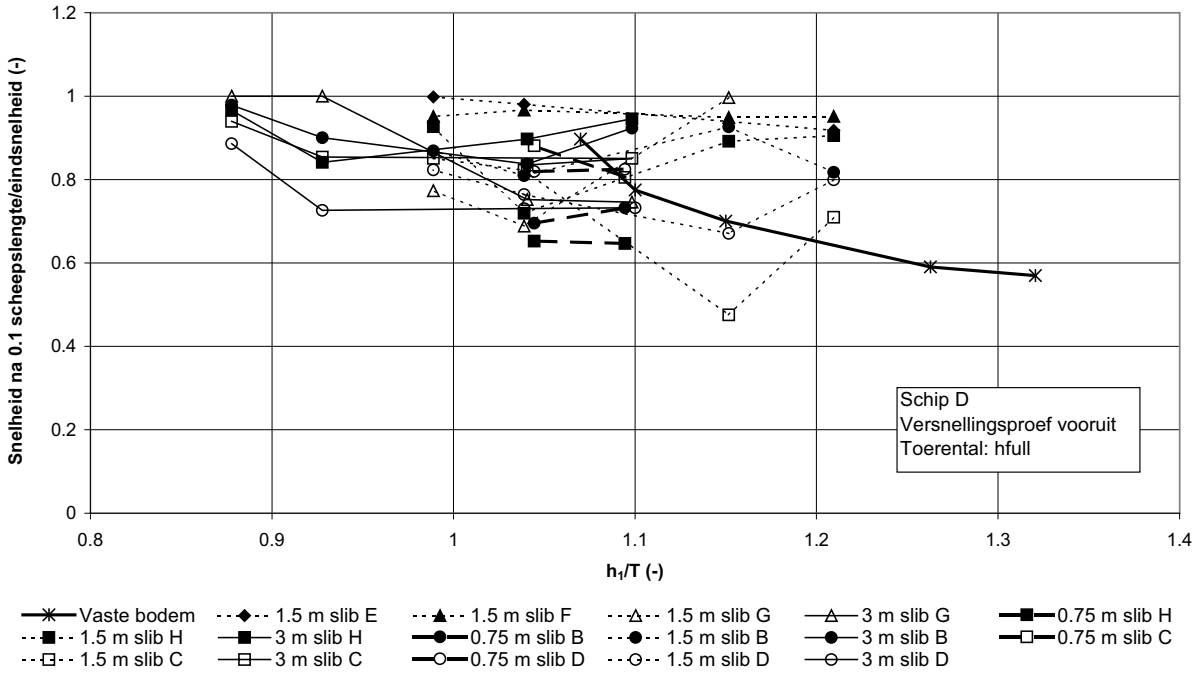
Figuur 8.5b. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef. Eindsnelheid bereikt met een toerental van 54 rpm (half ahead) bij verschillende bodemcondities.



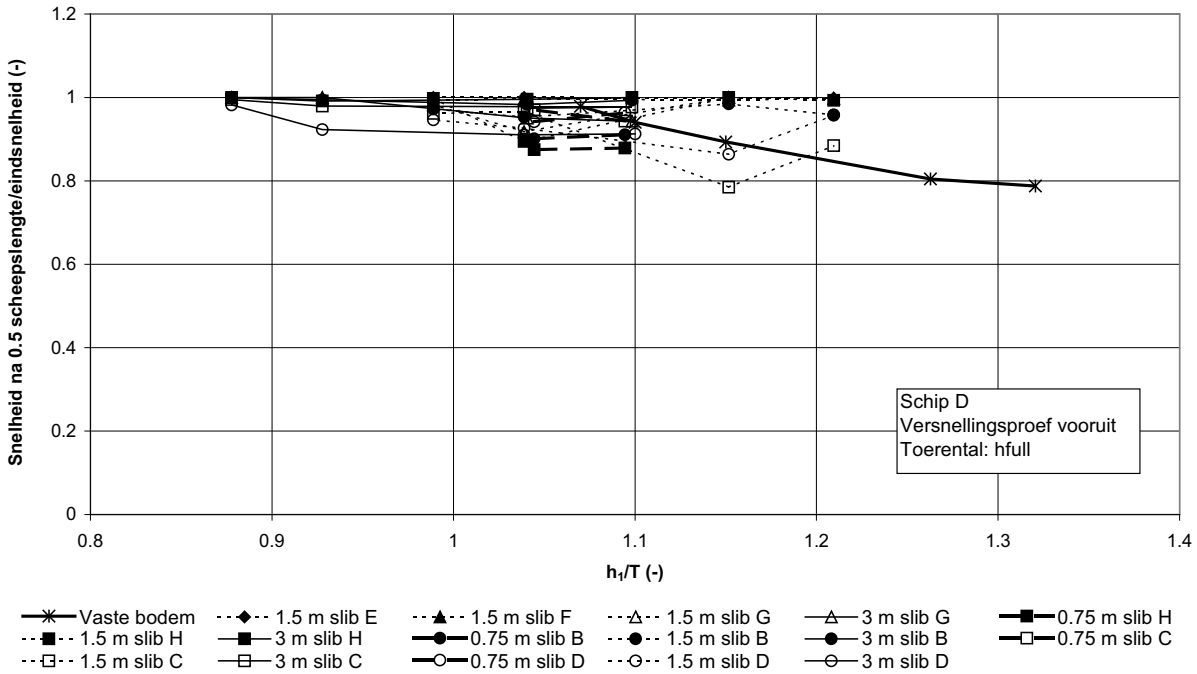
Figuur 8.5c. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef Eindsnelheid die bereikt wordt met een toerental van –65 rpm (full astern), bij verschillende bodemcondities.



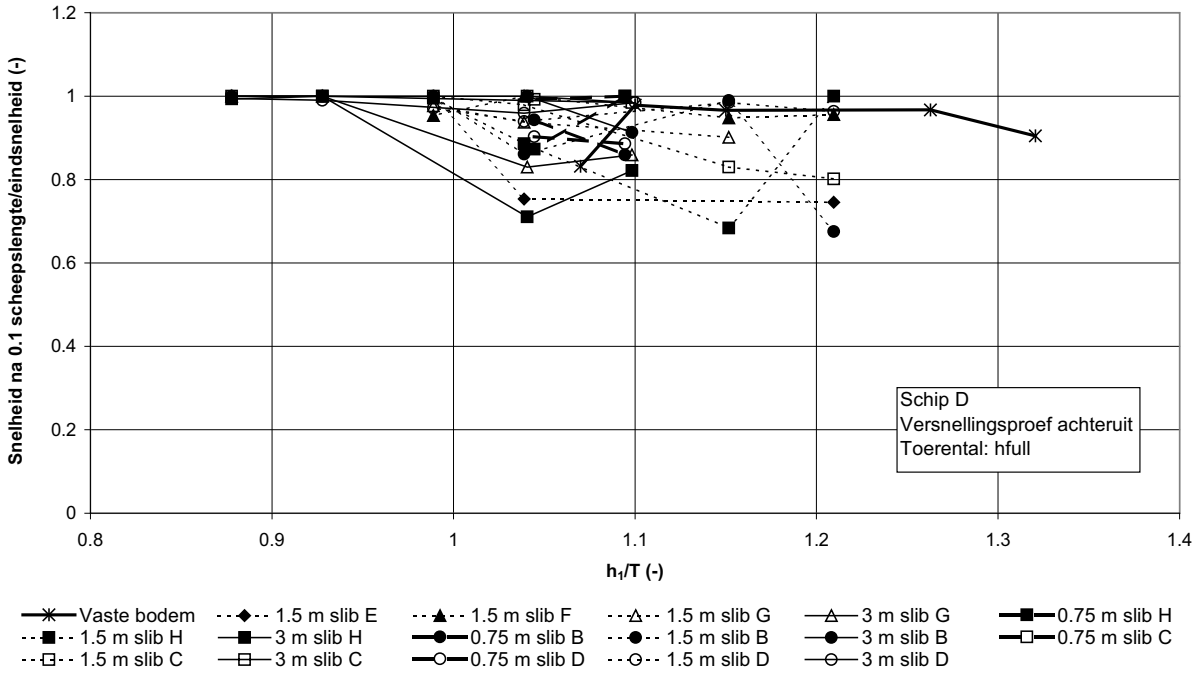
Figuur 8.5d. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef. Eindsnelheid die bereikt wordt met een toerental van -54 rpm (half astern), bij verschillende bodemcondities.



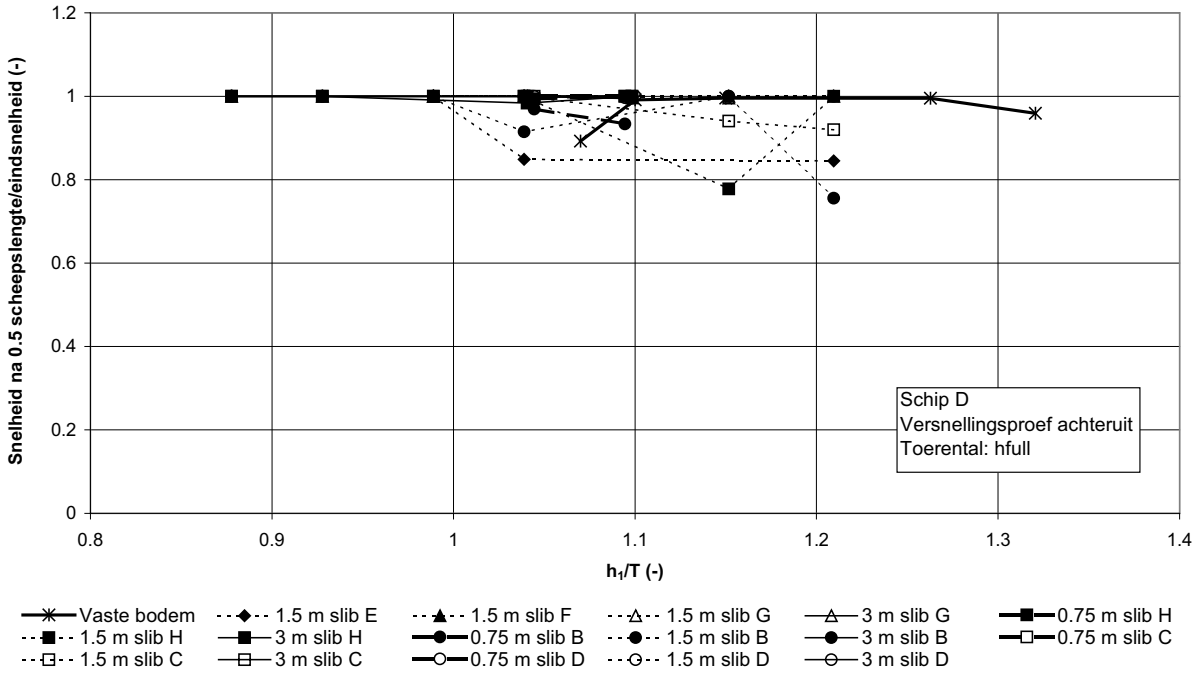
Figuur 8.6a. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef, met een toerental van 66 rpm (harbour full).
Verhouding van de snelheid na 0.1 scheepslengte en de eindsnelheid bij verschillende bodemcondities.



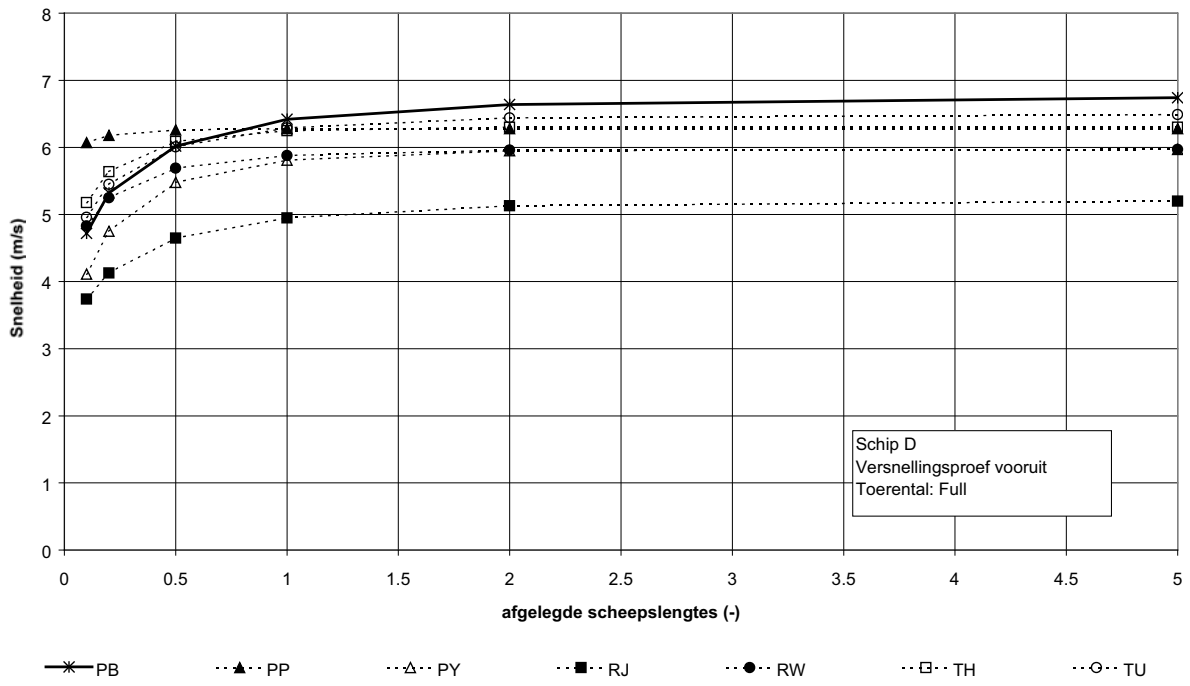
Figuur 8.6b. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef, met een toerental van 66 rpm (harbour full).
Verhouding van de snelheid na 0.5 scheepslengte en de eindsnelheid bij verschillende bodemcondities.



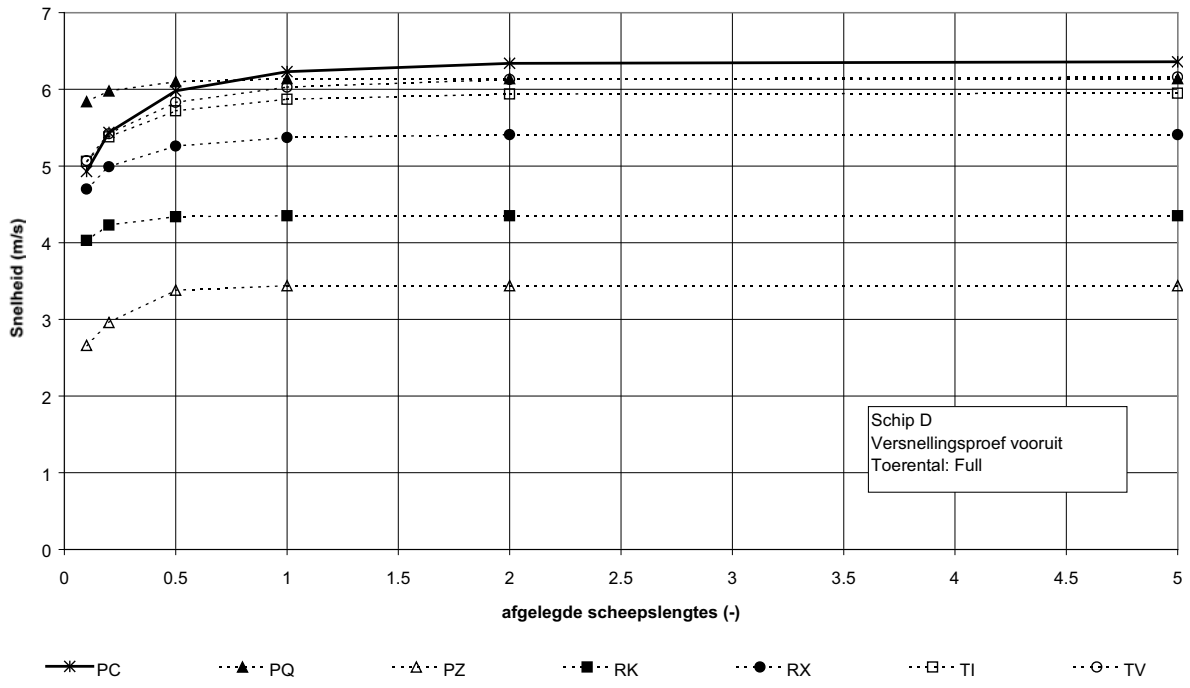
Figuur 8.6c. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef, met een toerental van -54 rpm (half astern).
Verhouding van de snelheid na 0.1 scheepslengte en de eindsnelheid bij verschillende bodemcondities.



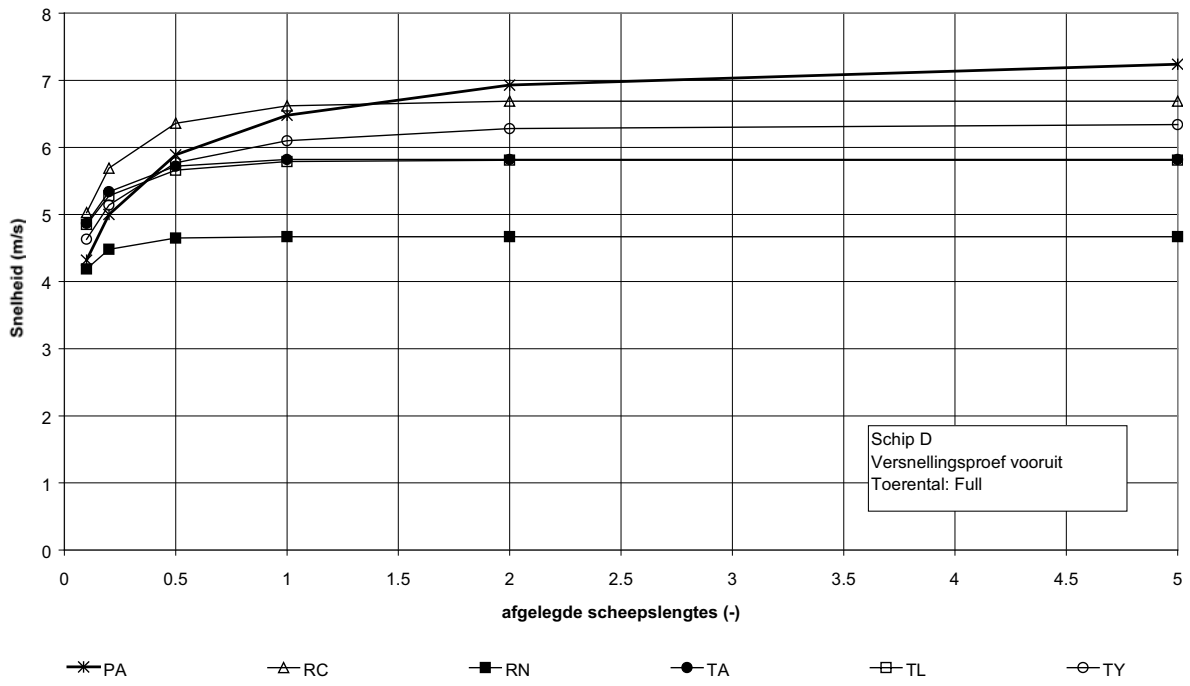
Figuur 8.6d. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef, met een toerental van -54 rpm (half astern).
Verhouding van de snelheid na 0.5 scheepslengte en de eindsnelheid bij verschillende bodemcondities.



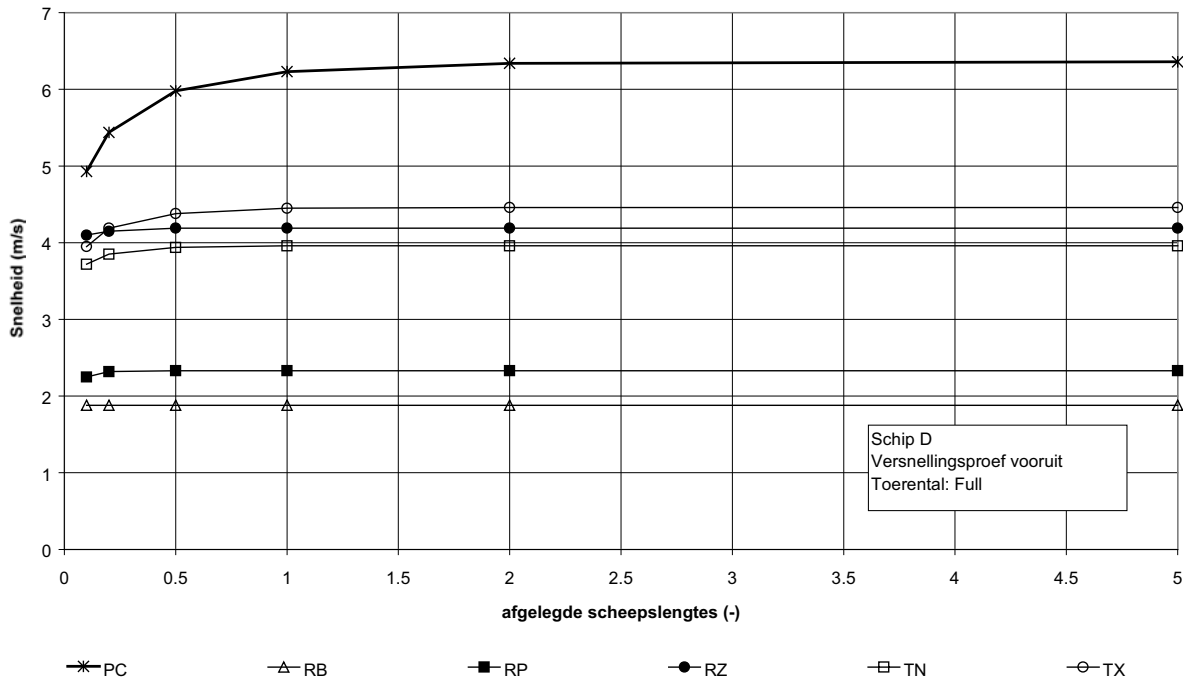
Figuur 8.7a. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van 65 rpm (harbour full). Vaart boven 1.5 m slib. 3.9% kielspeling t.o.v. top slib.



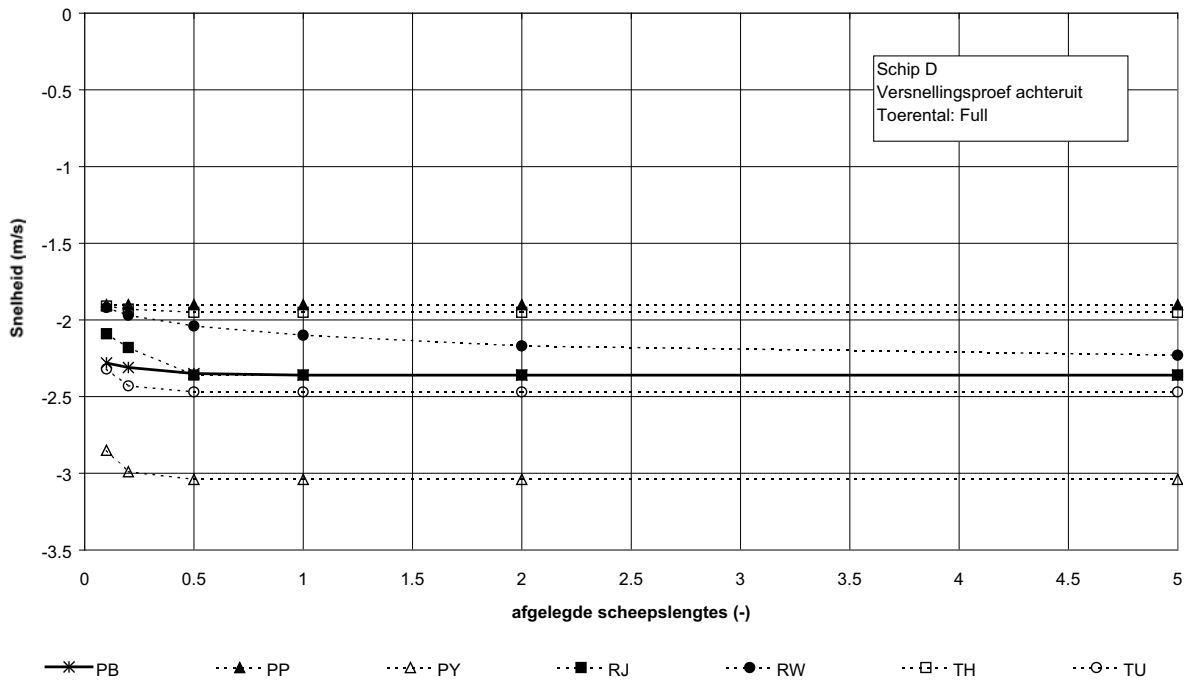
Figuur 8.7b. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van 65 rpm (harbour full). Vaart in contact met 1.5 m slib. –1.1% kielspeling t.o.v. top slib.



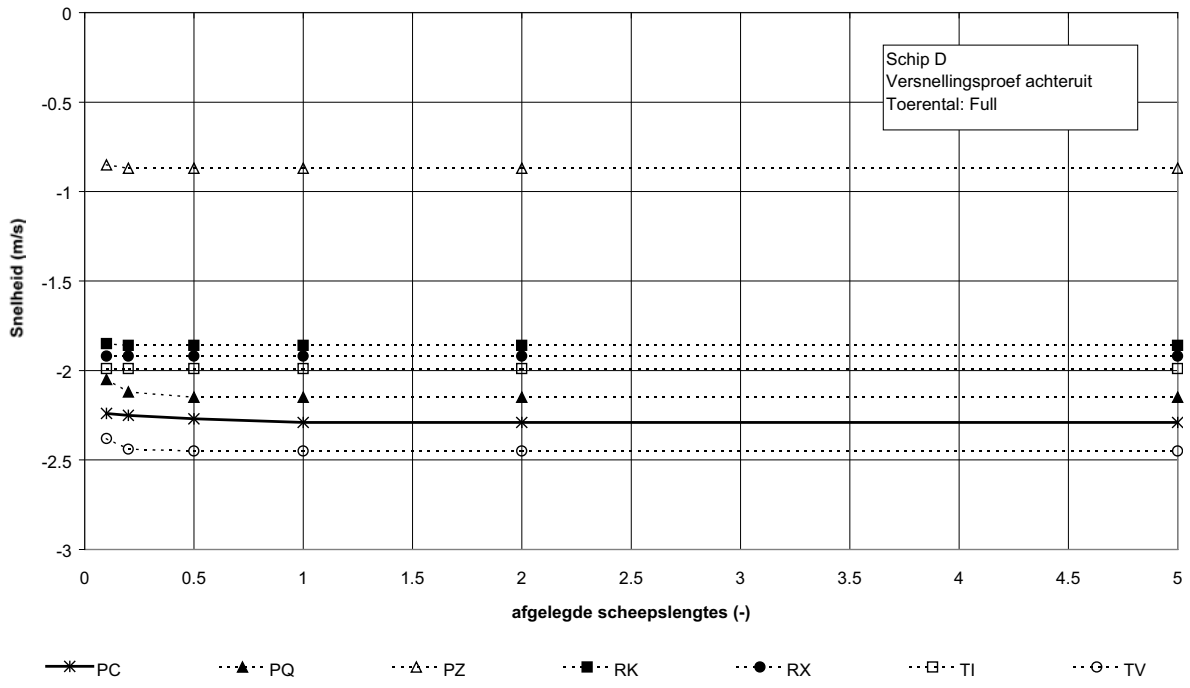
Figuur 8.7c. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van 65 rpm (harbour full). Vaart boven 3 m slib. 4.1% kielspeling t.o.v. top slib.



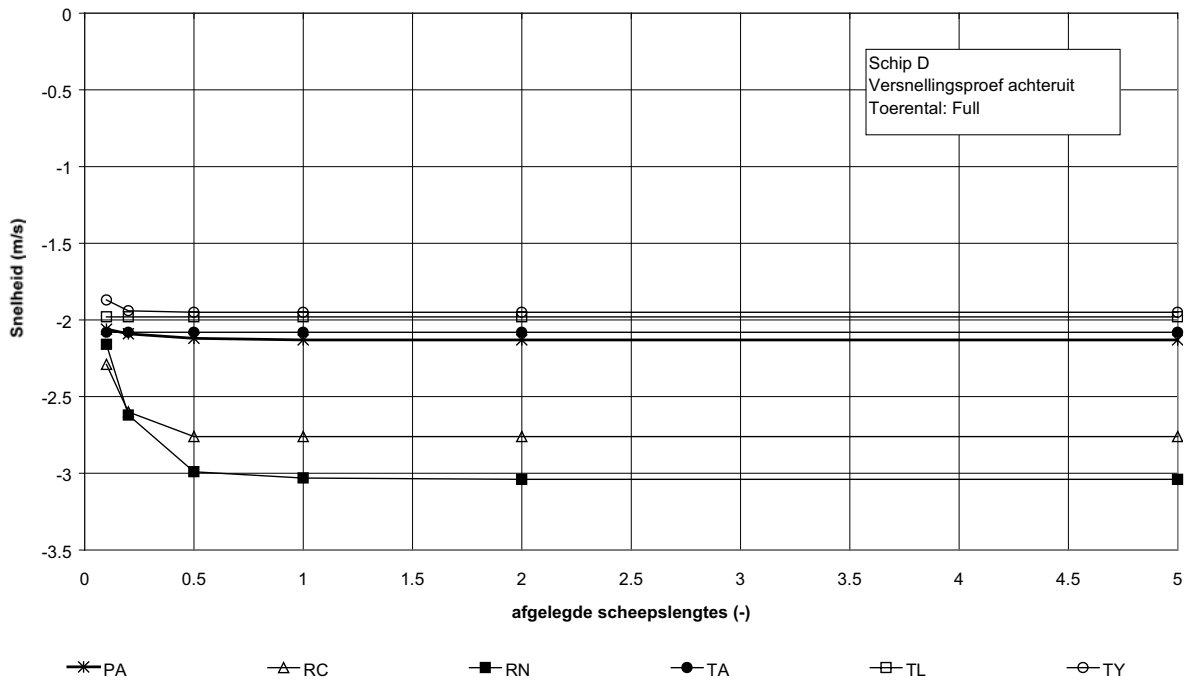
Figuur 8.7d. Schip D – Fast-time simulaties: voorwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van 65 rpm (harbour full). Vaart in contact met 3 m slib. –12.2% kielspeling t.o.v. top slib.



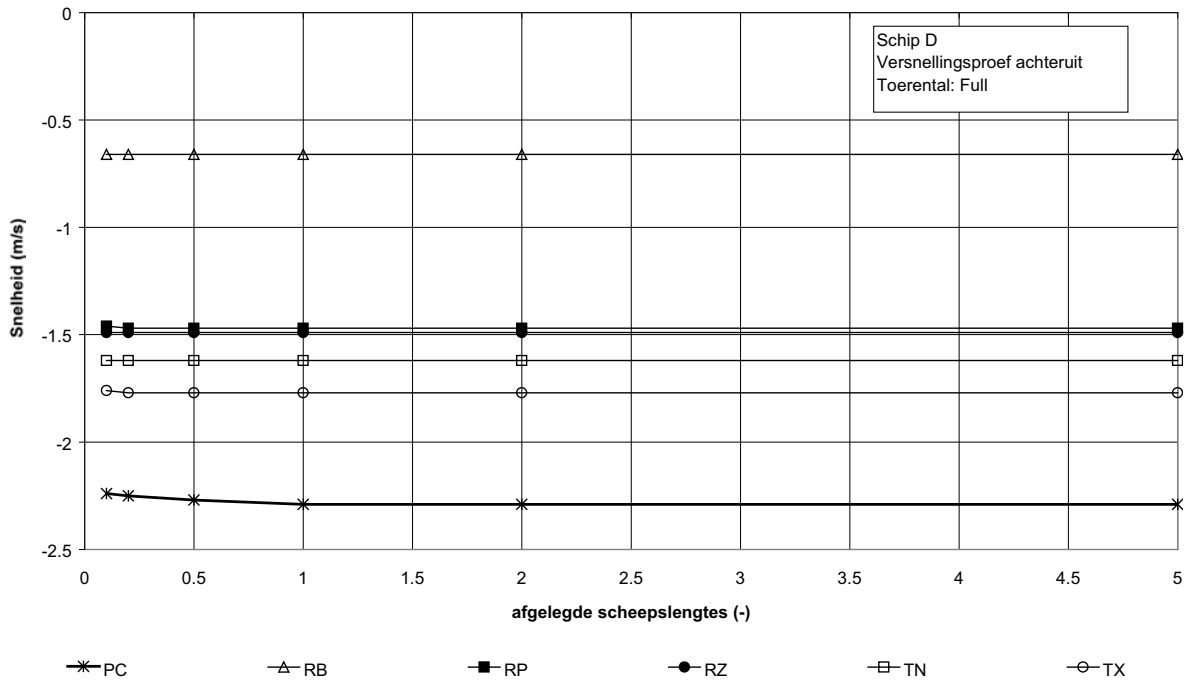
Figuur 8.8a. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van -65 rpm (full astern). Vaart boven 1.5 m slib. 3.9% kielspeling t.o.v. top slib.



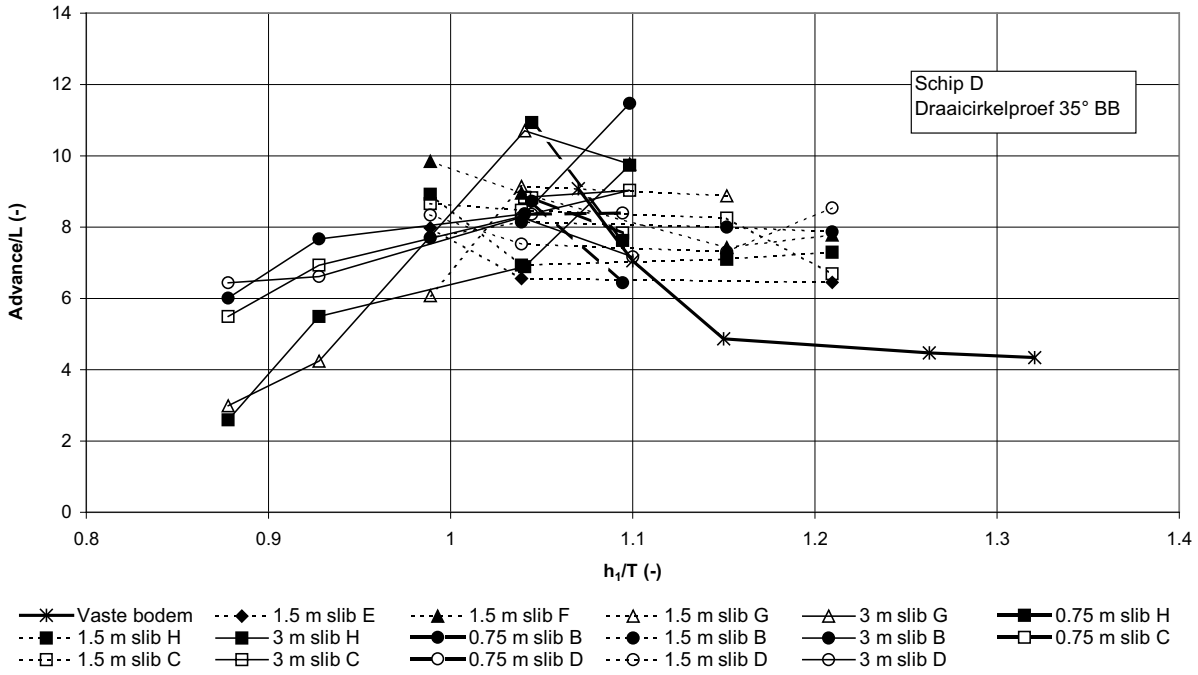
Figuur 8.8b. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van -65 rpm (full astern). Vaart in contact met 1.5 m slib. –1.1% kielspeling t.o.v. top slib.



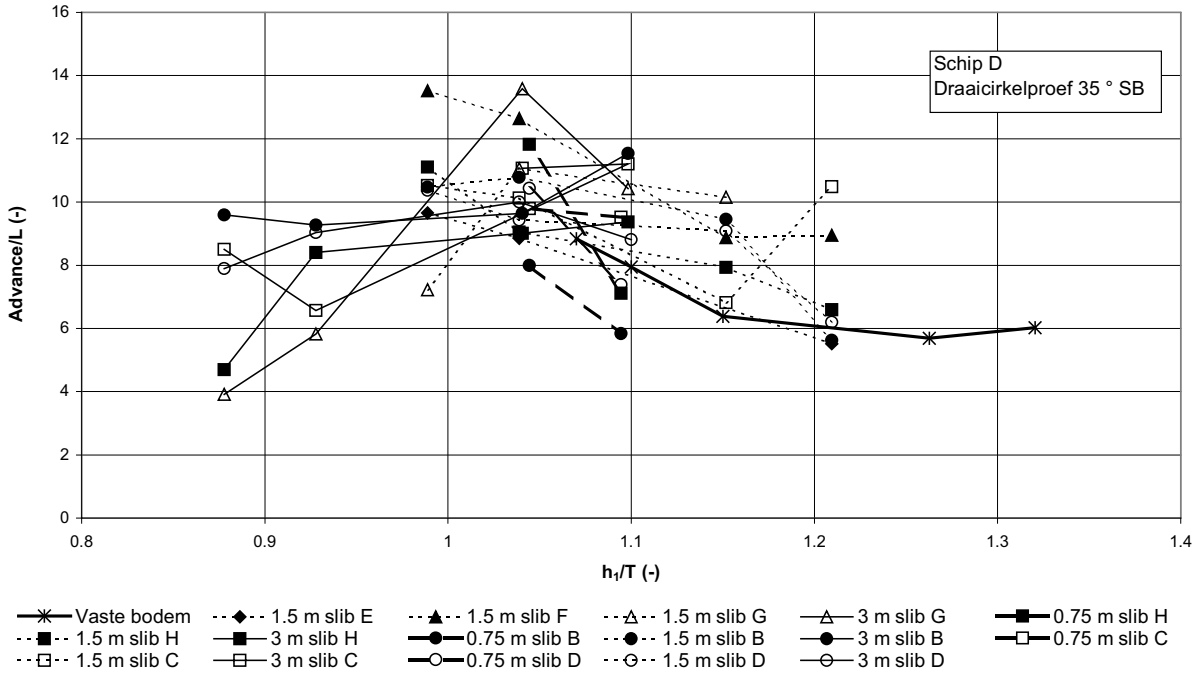
Figuur 8.8c. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van -65 rpm (full astern). Vaart boven 3 m slib. 4.1% kielspeling t.o.v. top slib.



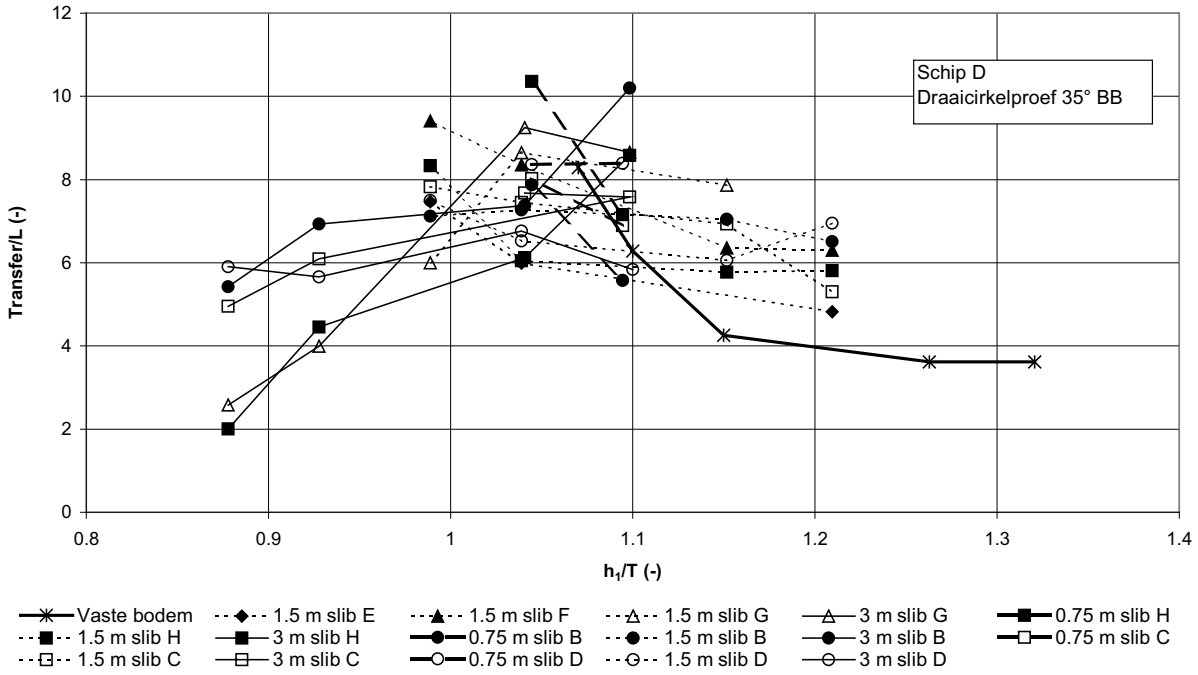
Figuur 8.8d. Schip D – Fast-time simulaties: achterwaartse versnellingsproef. Behaalde snelheid van het schip in functie van het aantal afgelegde scheepslengtes bij een toerental van -65 rpm (full astern). Vaart in contact met 3 m slib. –12.2% kielspeling t.o.v. top slib.



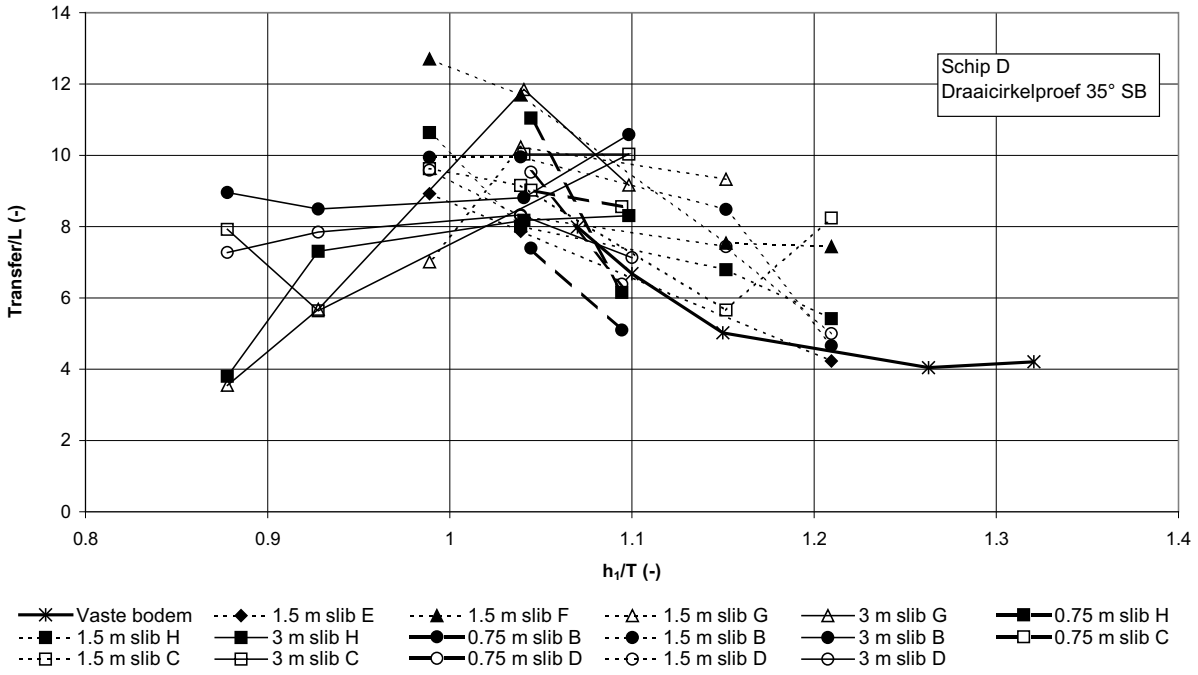
Figuur 8.9a. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° BB, toerental 65 rpm (harbour full). Advance bij verschillende bodemcondities.



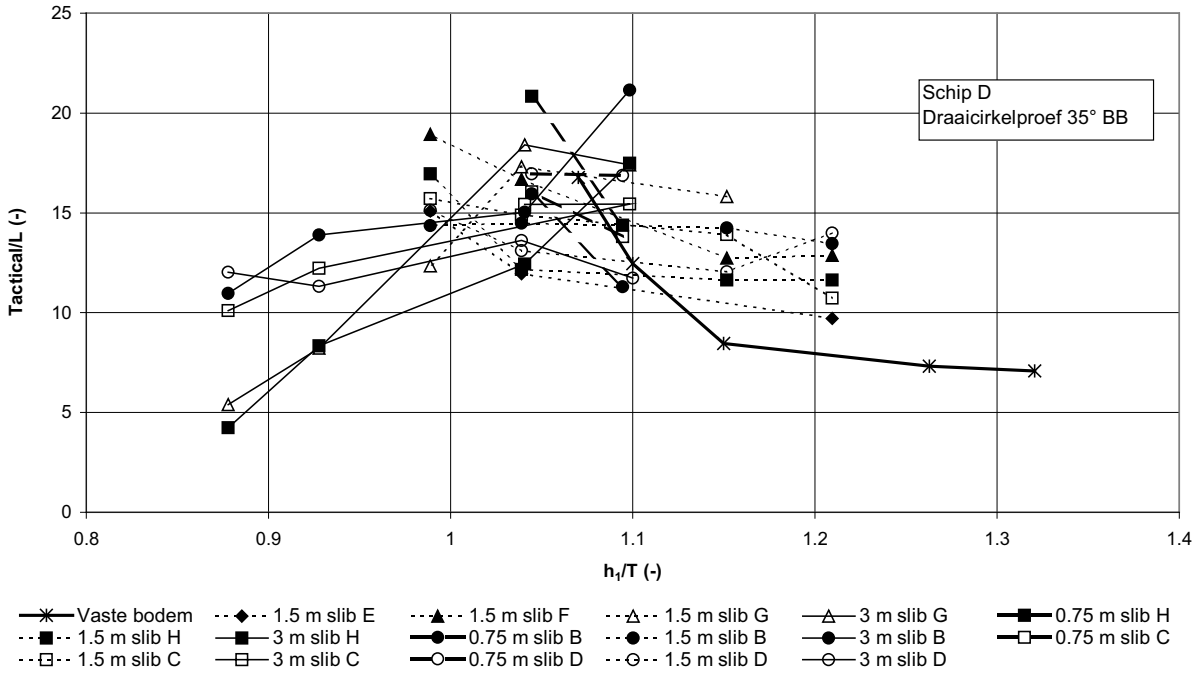
Figuur 8.9b. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° SB, toerental 65 rpm (harbour full). Advance bij verschillende bodemcondities.



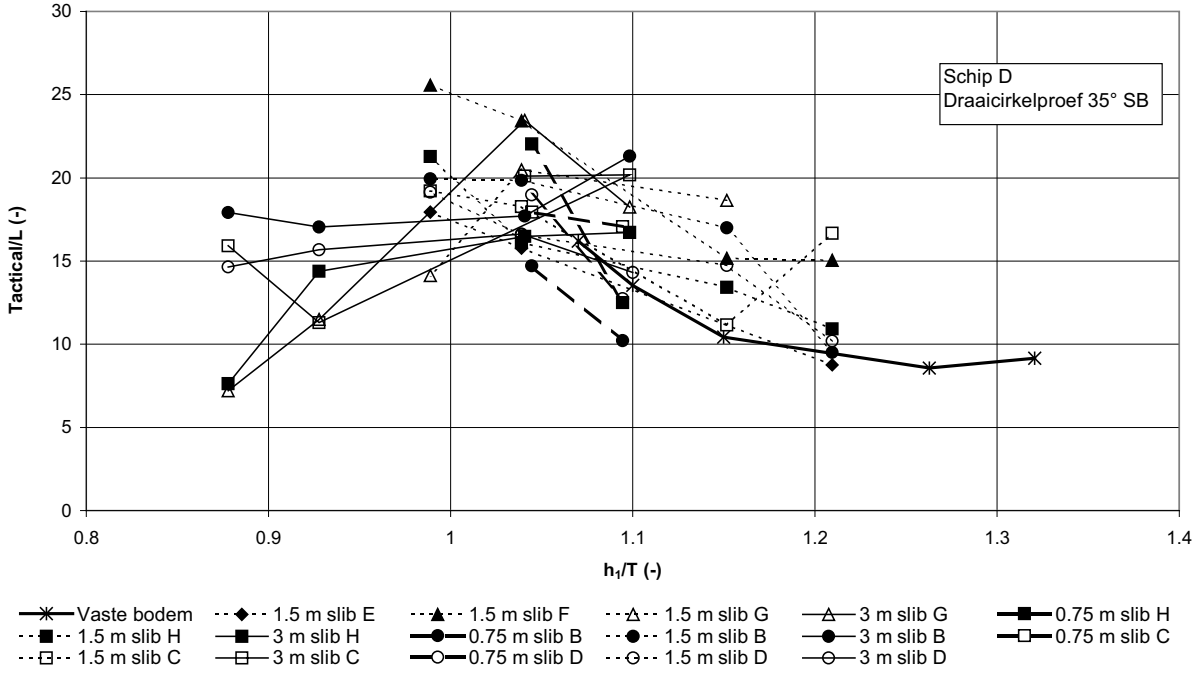
Figuur 8.10a Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° BB, toerental 65 rpm (harbour full).Transfer bij voor verschillende bodemcondities.



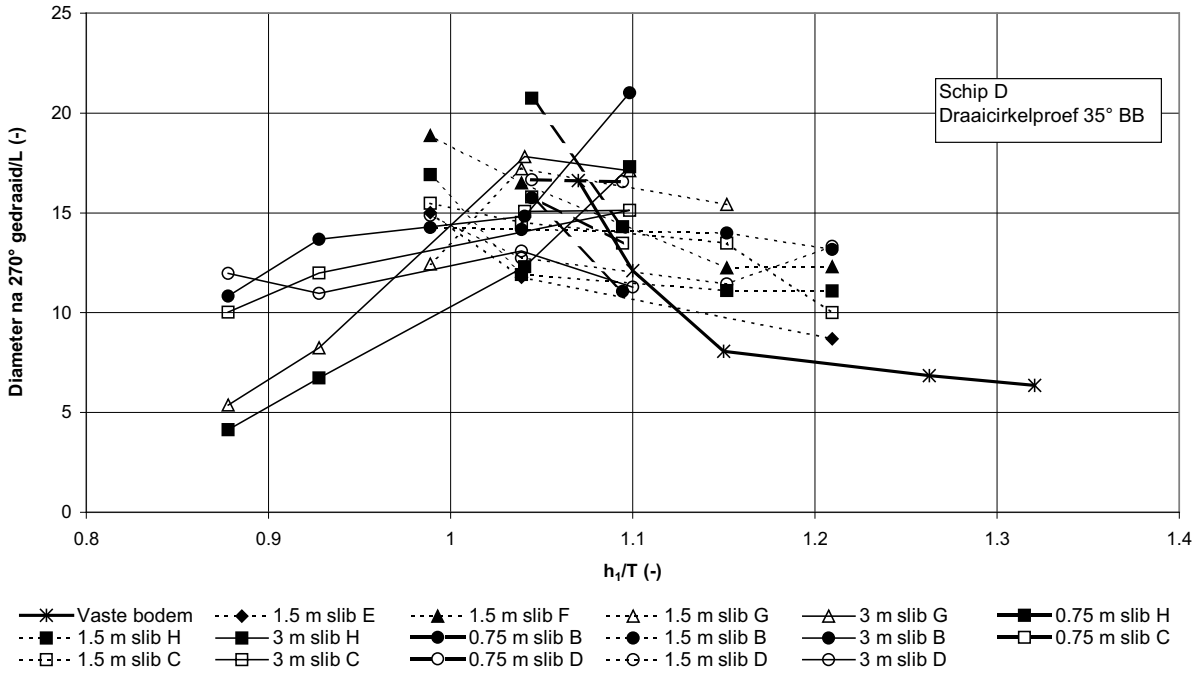
Figuur 8.10b. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° SB, toerental 65 rpm (harbour full). Transfer bij verschillende bodemcondities.



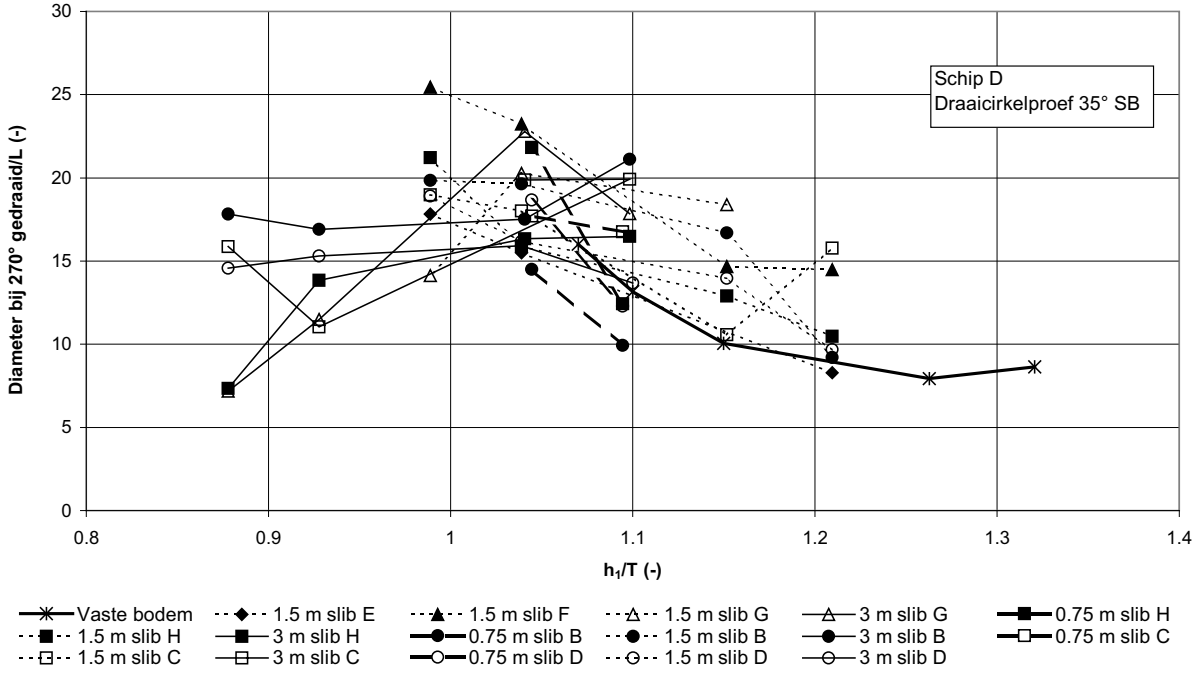
Figuur 8.11a Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° BB, toerental 65 rpm (harbour full). Tactische diameter bij verschillende bodemcondities.



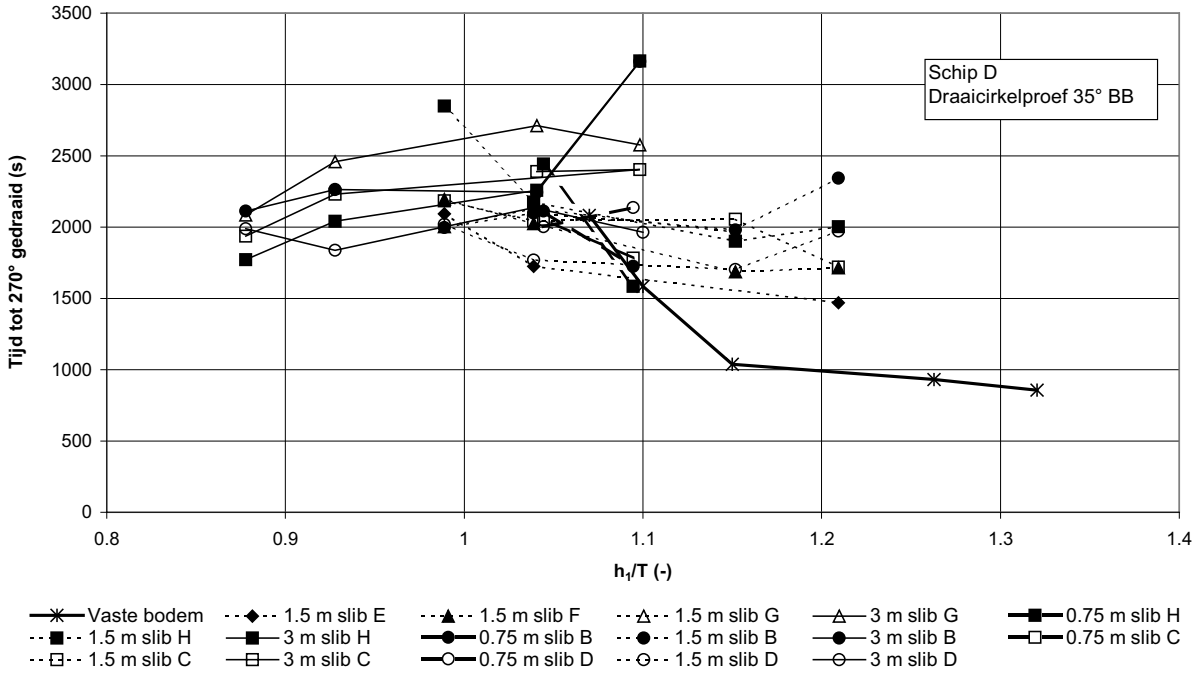
Figuur 8.11b. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° SB, toerental 65 rpm (harbour full). Tactische diameter bij verschillende bodemcondities.



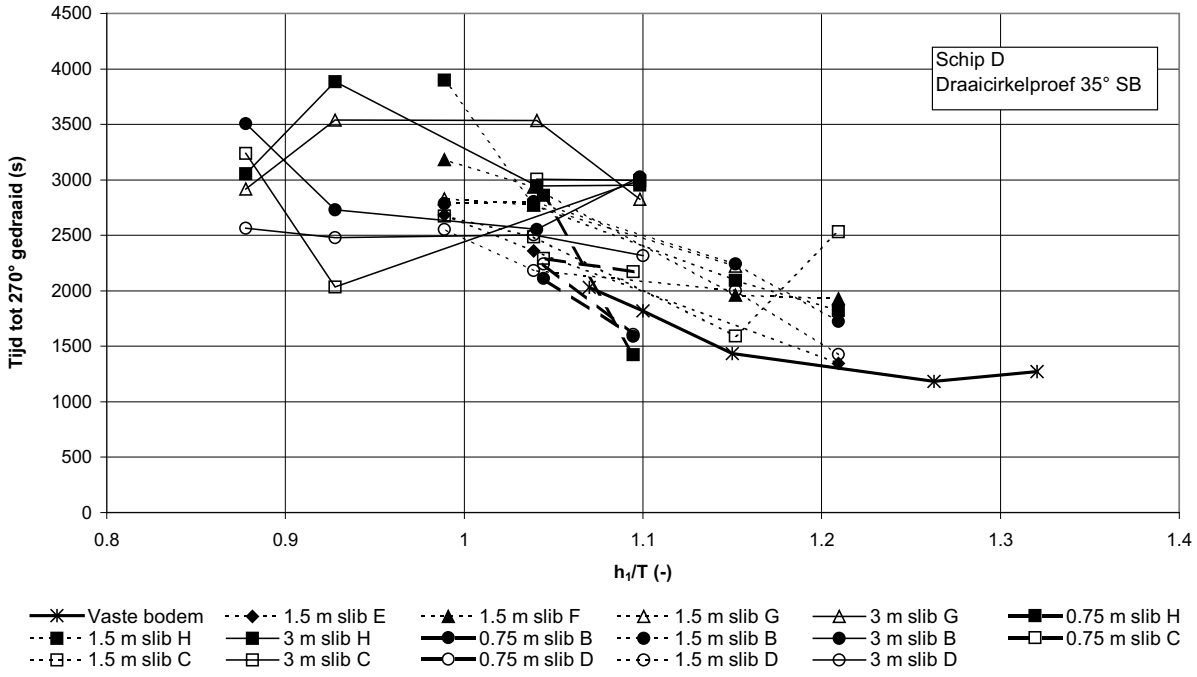
Figuur 8.12a Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° BB, toerental 65 rpm (harbour full). Diameter na een koerswijziging van 270° bij verschillende bodemcondities.



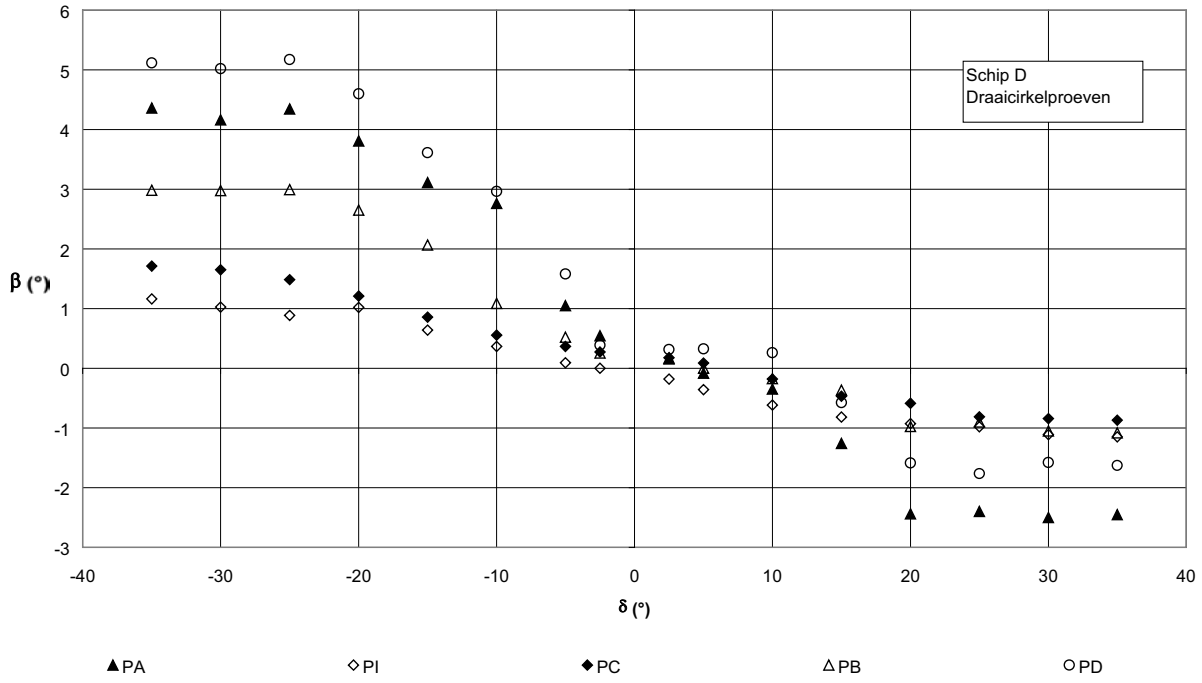
Figuur 8.12b Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° SB, toerental 65 rpm (harbour full). Diameter na een koerswijziging van 270° bij verschillende bodemcondities.



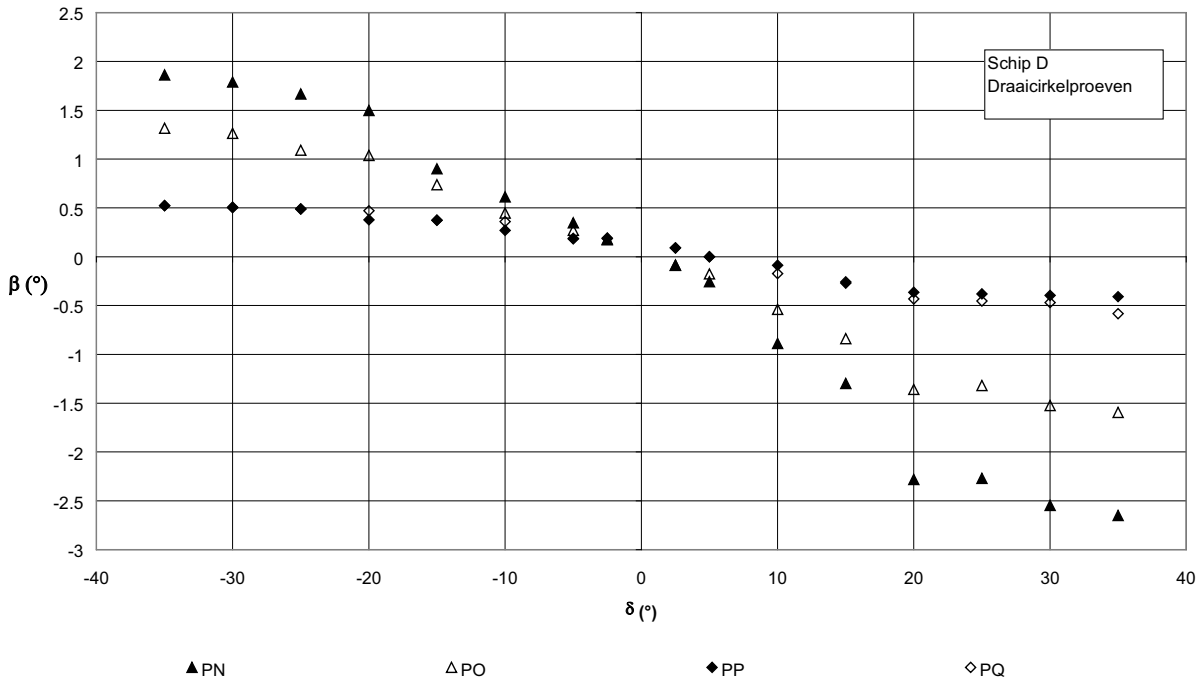
Figuur 8.13a Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° BB, toerental 65 rpm (harbour full). Benodigde tijd om een koerswijziging van 270° te bereiken bij verschillende bodemcondities.



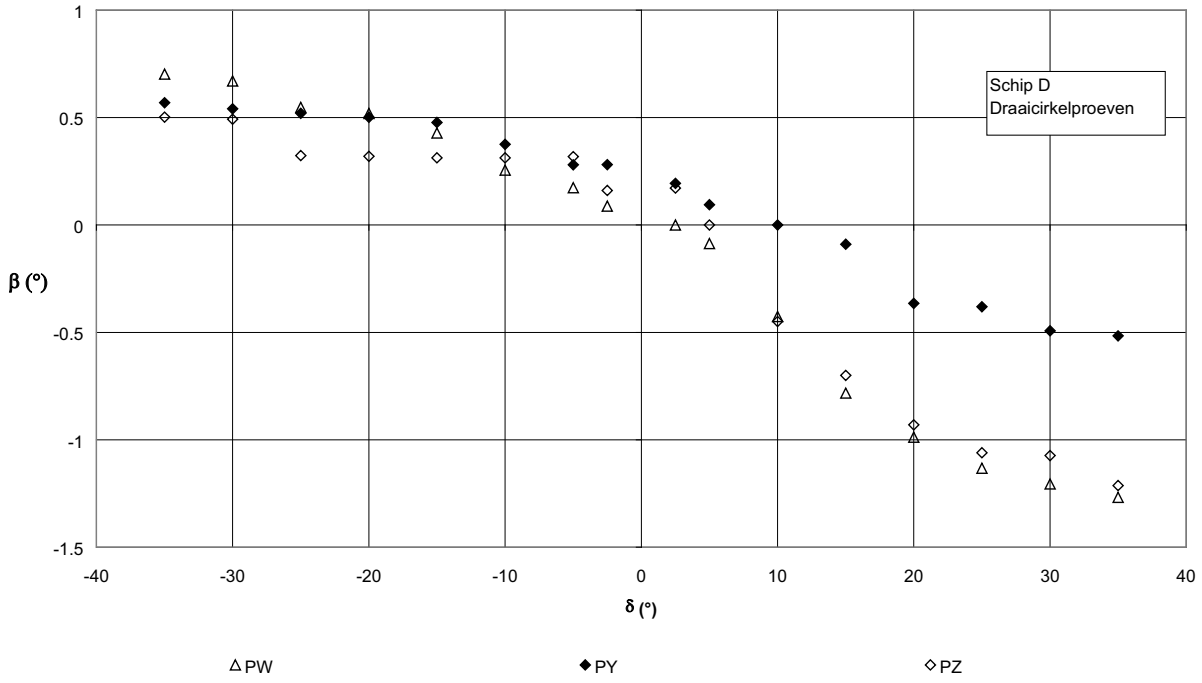
Figuur 8.13b Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproef 35° SB, toerental 65 rpm (harbour full). Benodigde tijd om een koerswijziging van 270° te bereiken bij verschillende bodemcondities.



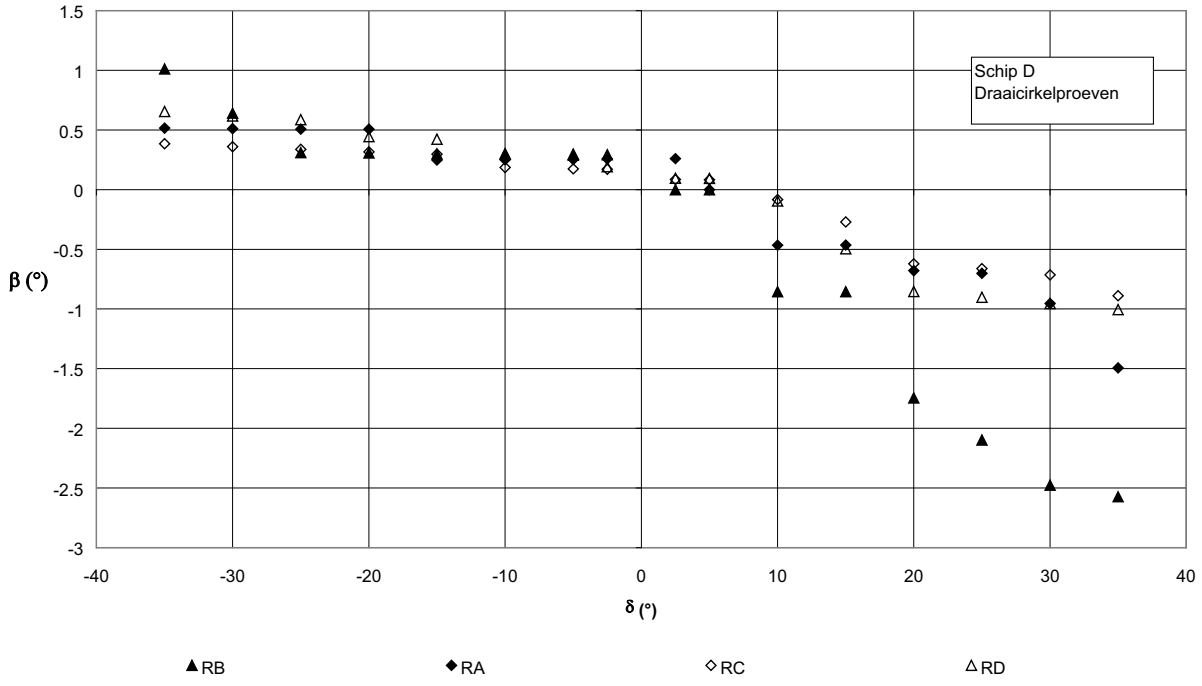
Figuur 8.14a. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. Vaste bodem.



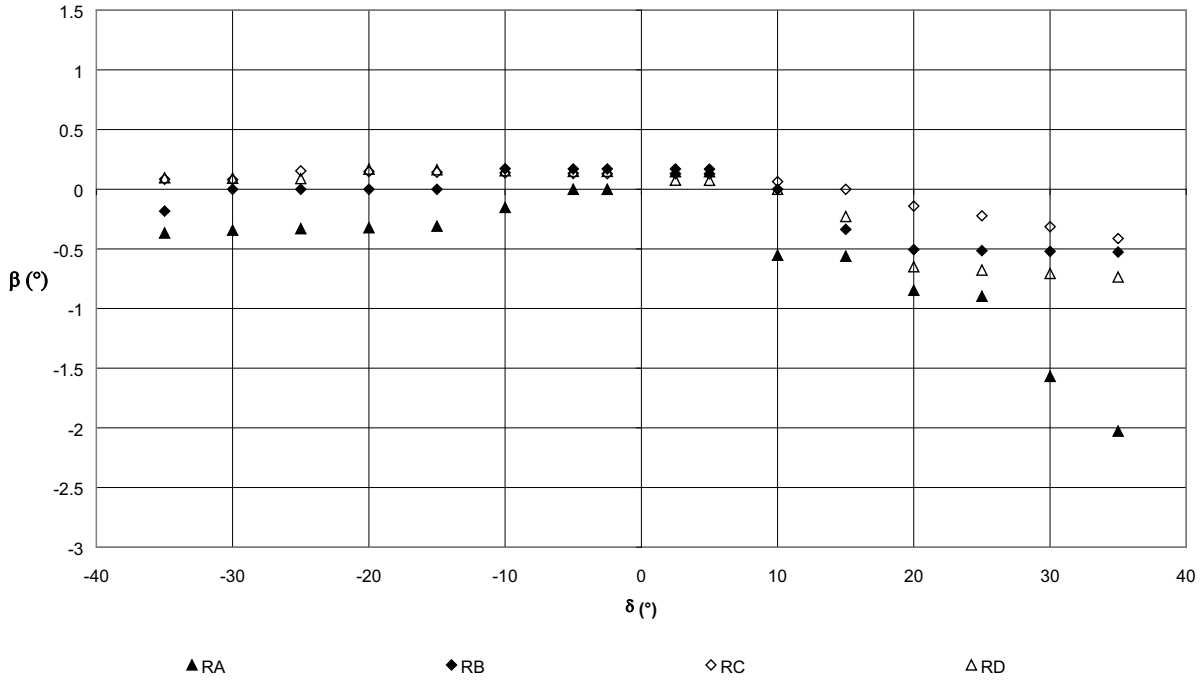
Figuur 8.14b. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full) Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib F.



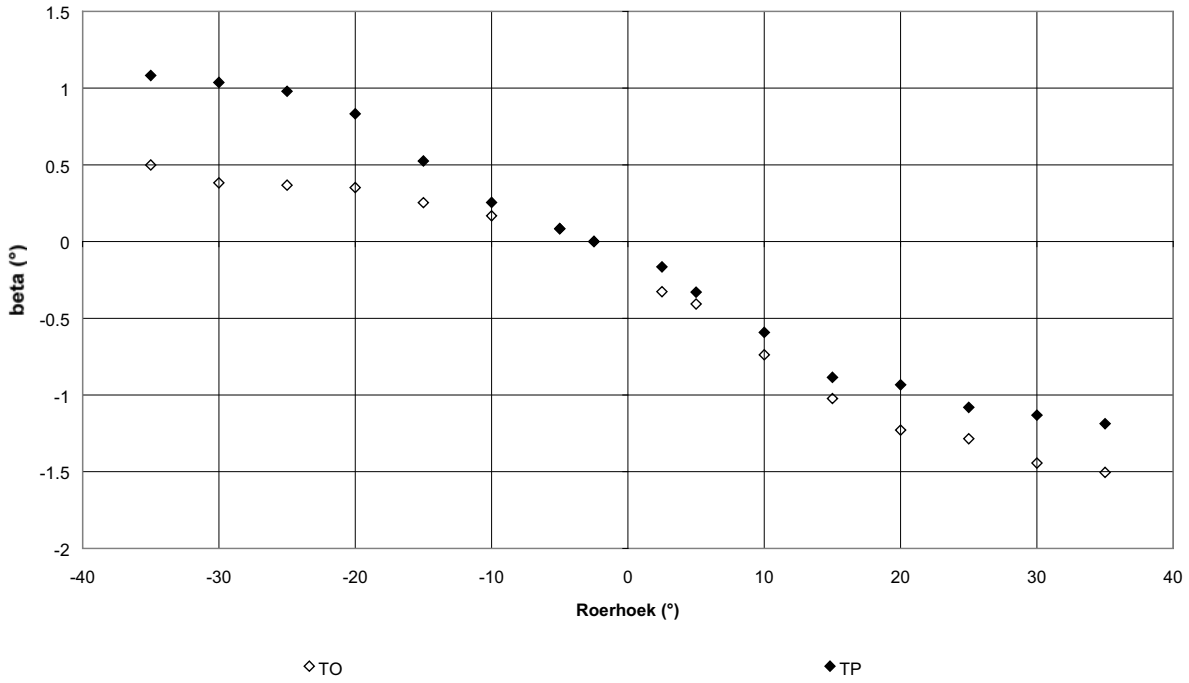
Figuur 8.14c. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib G.



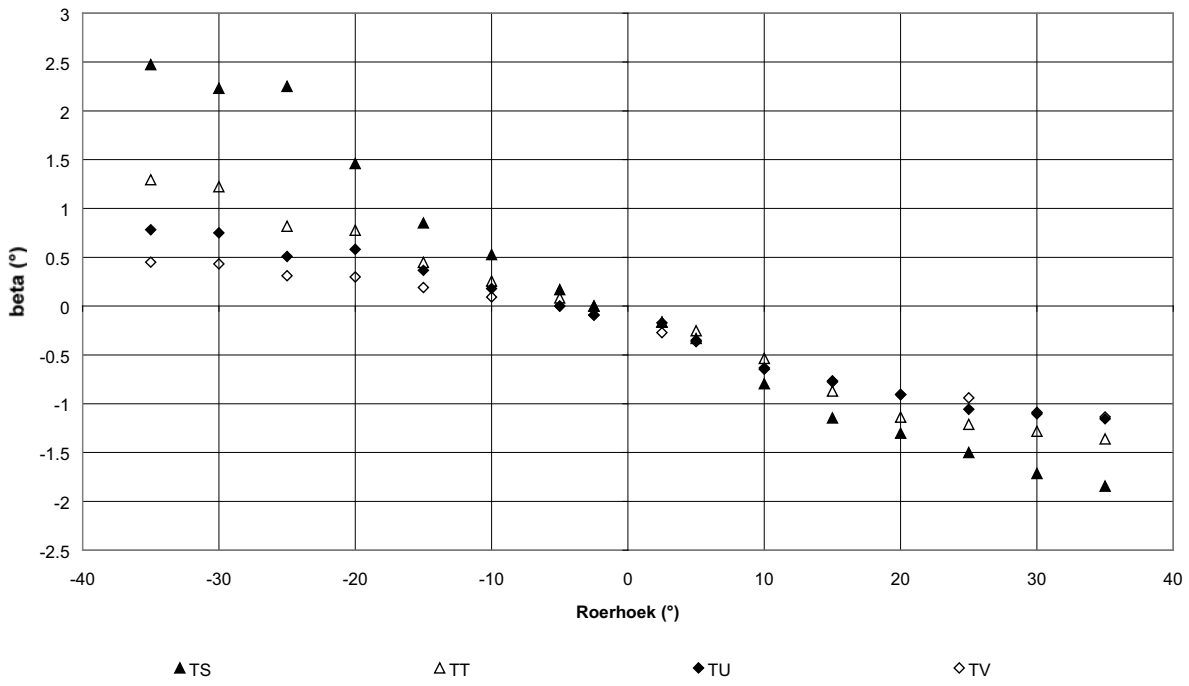
Figuur 8.14d. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 3 m slib G.



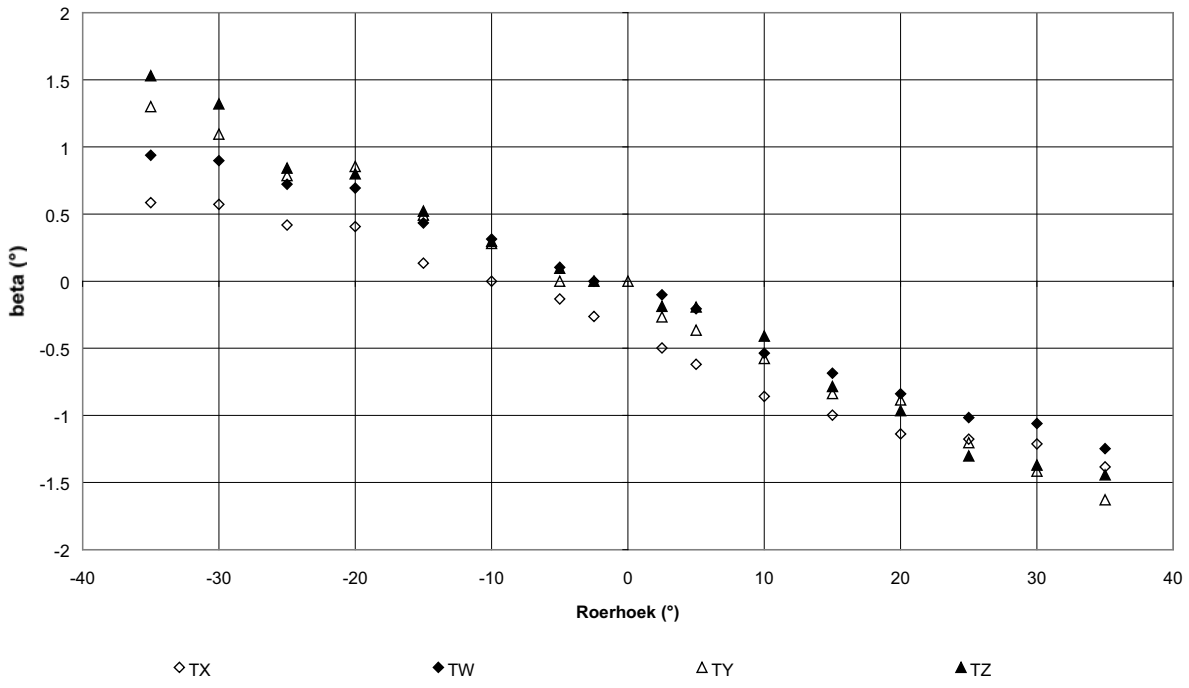
Figuur 8.14e. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 3 m slib G.



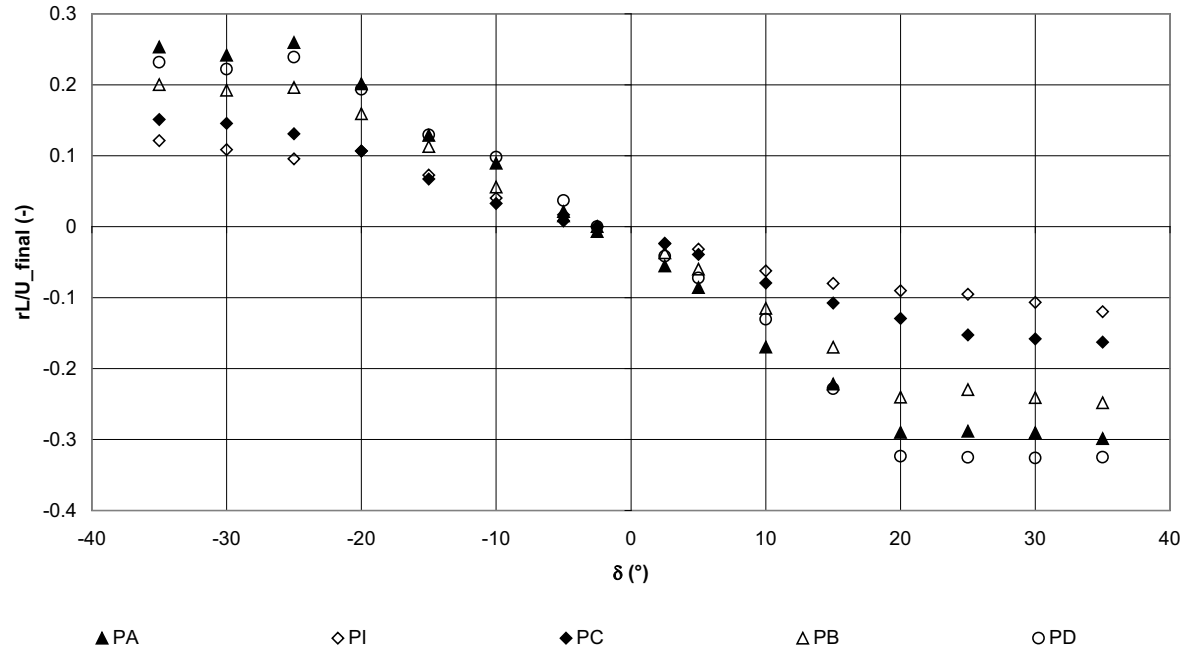
Figuur 8.14f. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 0.75 m slib D.



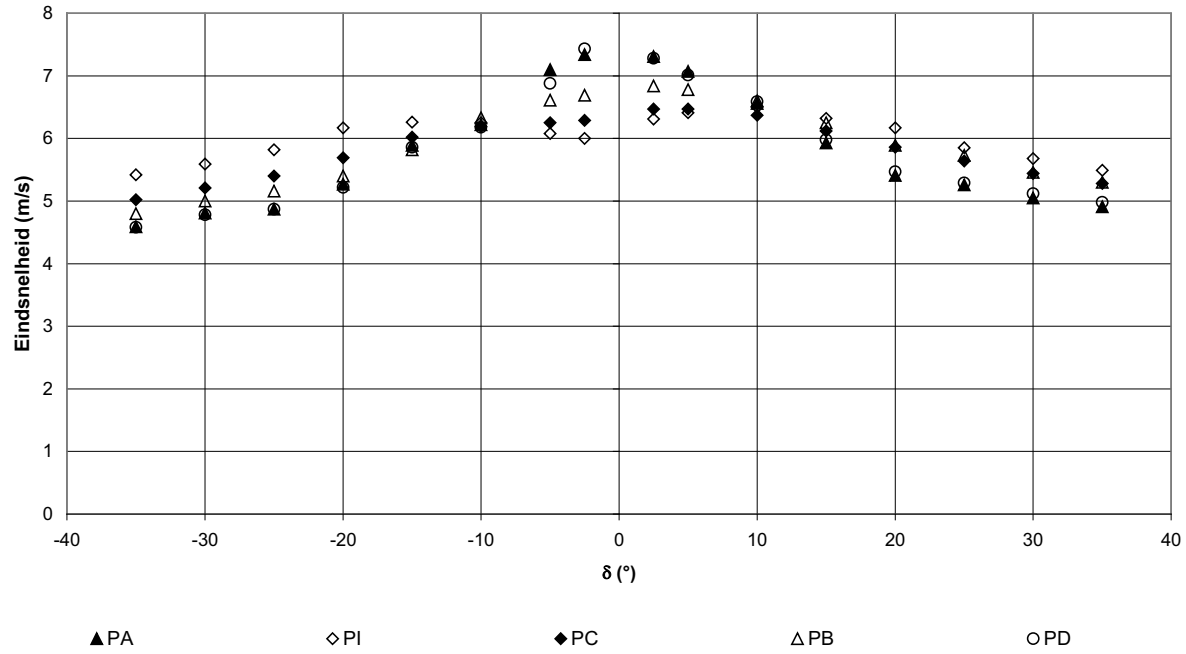
Figuur 8.14g. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib D.



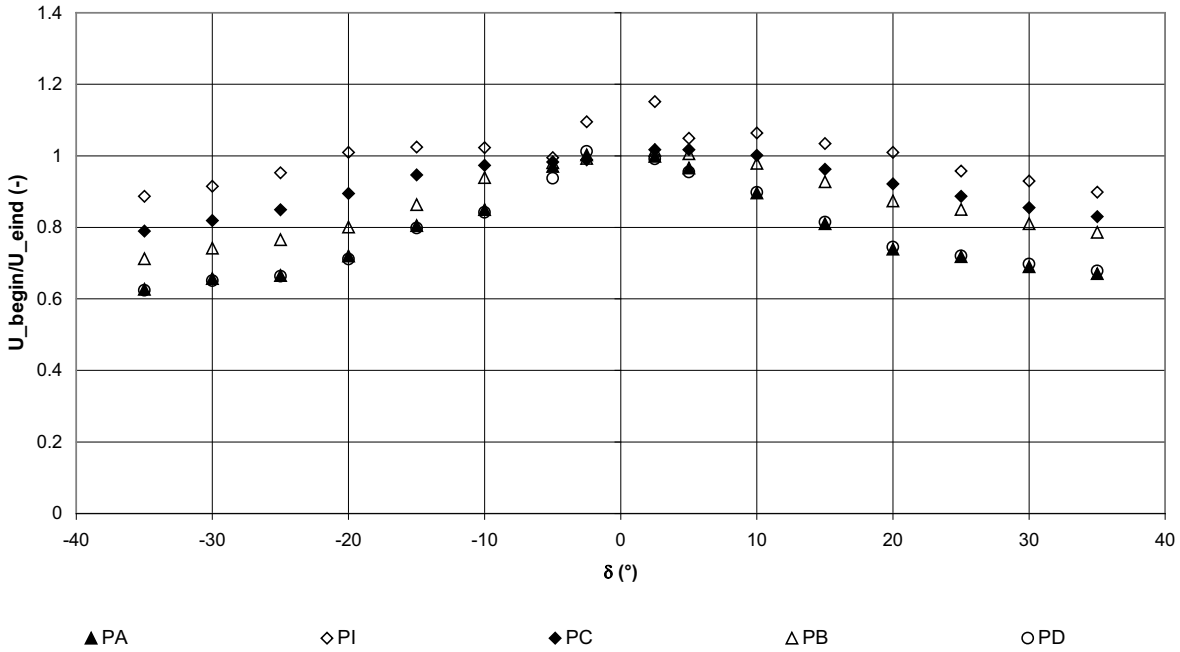
Figuur 8.14h. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de drifthoek in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 3 m slib D.



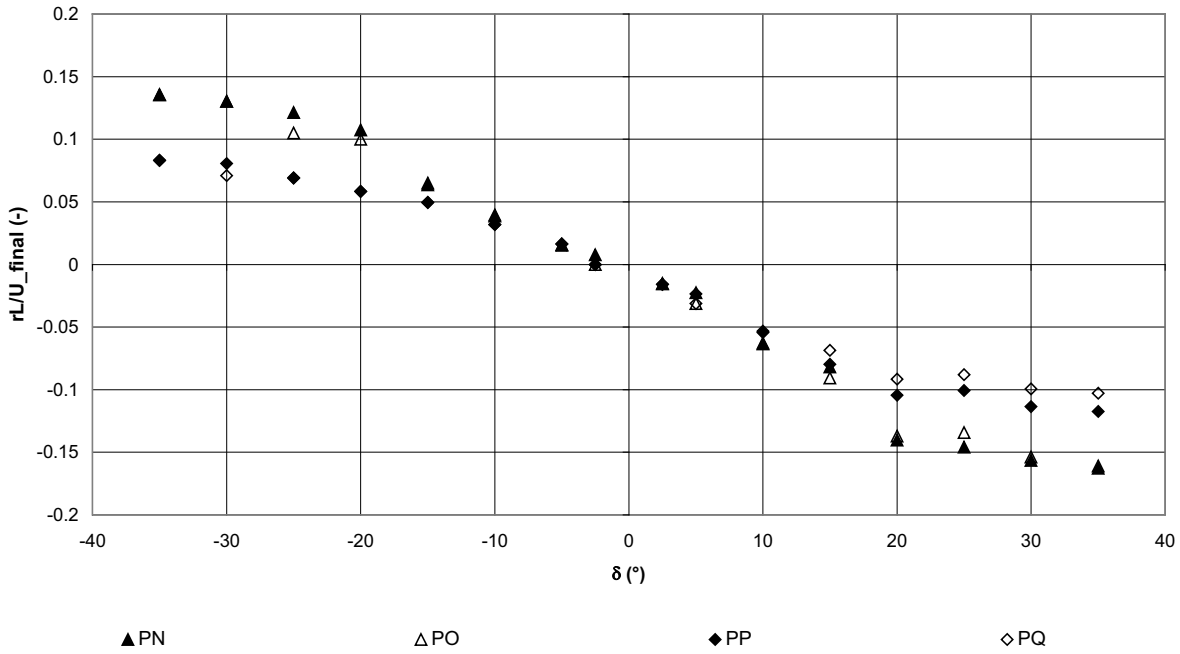
Figuur 8.15a. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de giersnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. Vaste bodem.



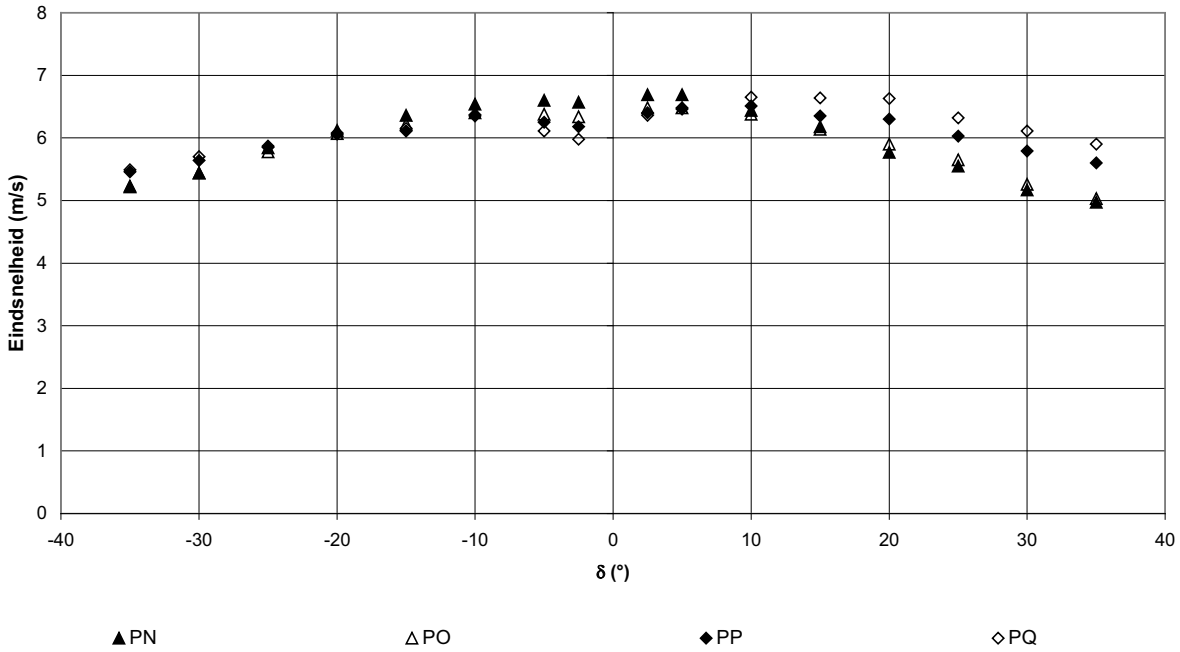
Figuur 8.15b. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de eindsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. Vaste bodem.



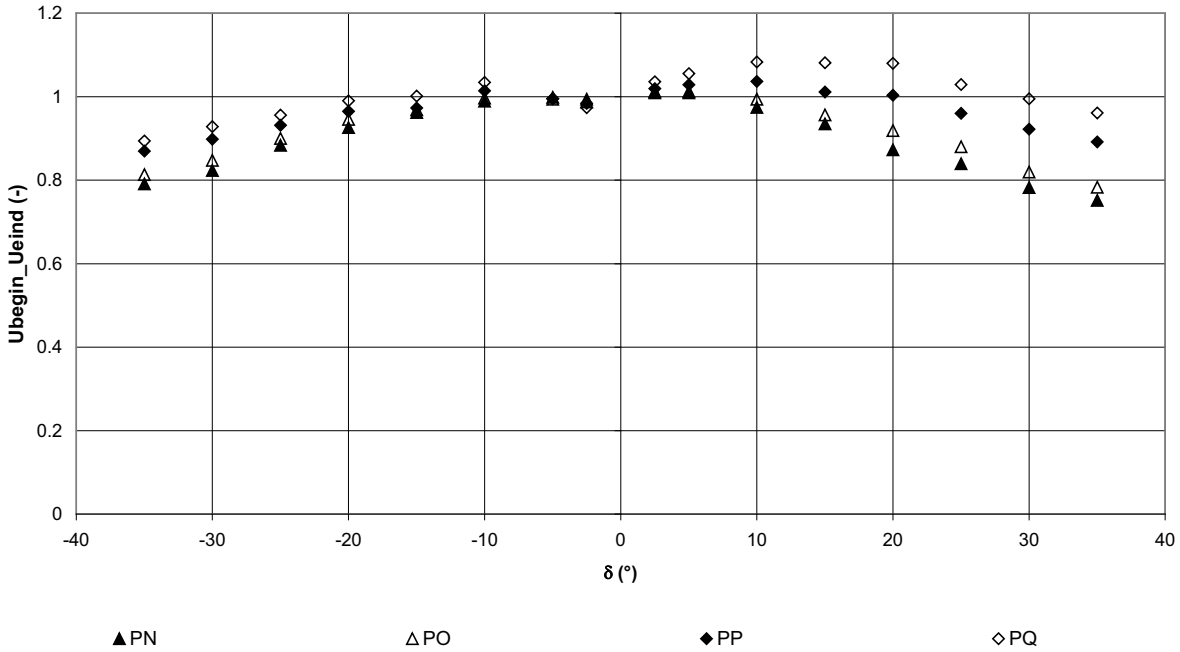
Figuur 8.15c. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de verhouding beginsnelheid-eindsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. Vaste bodem.



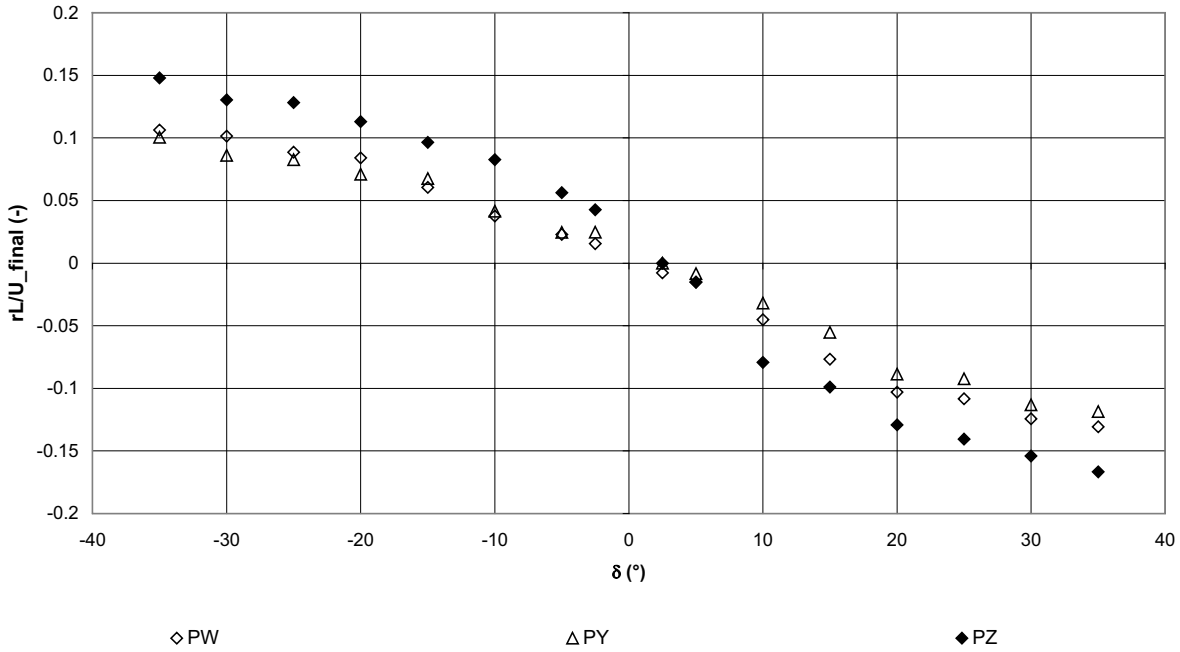
Figuur 8.15d. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de giersnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib F.



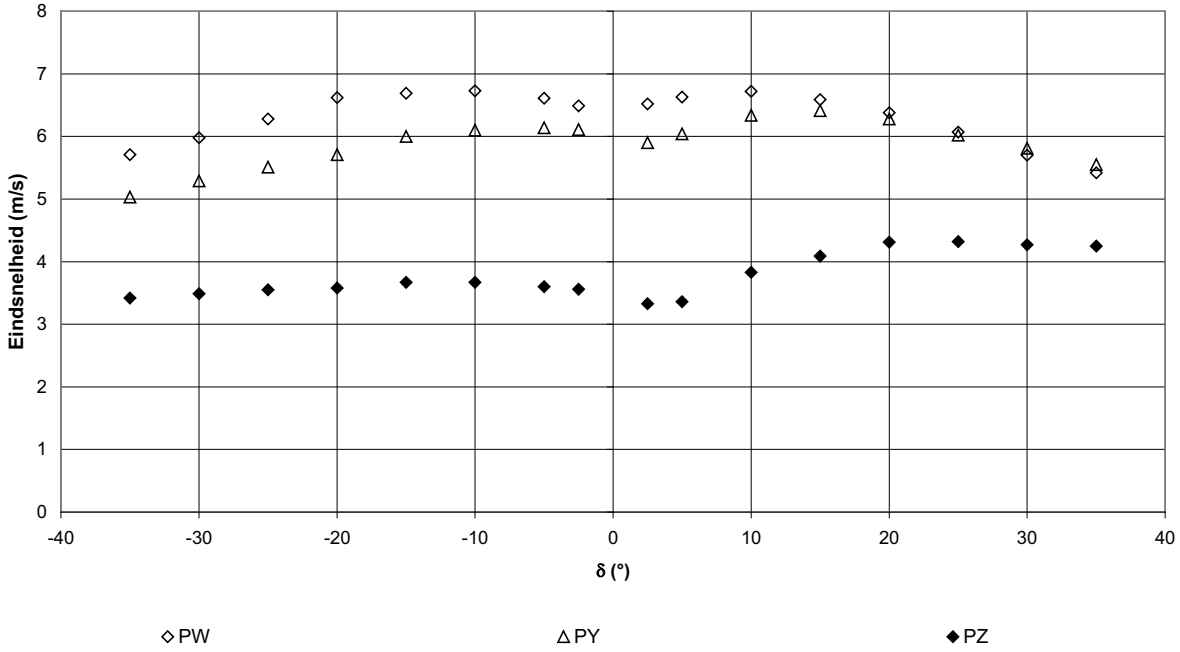
Figuur 8.15e. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de eindsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib F.



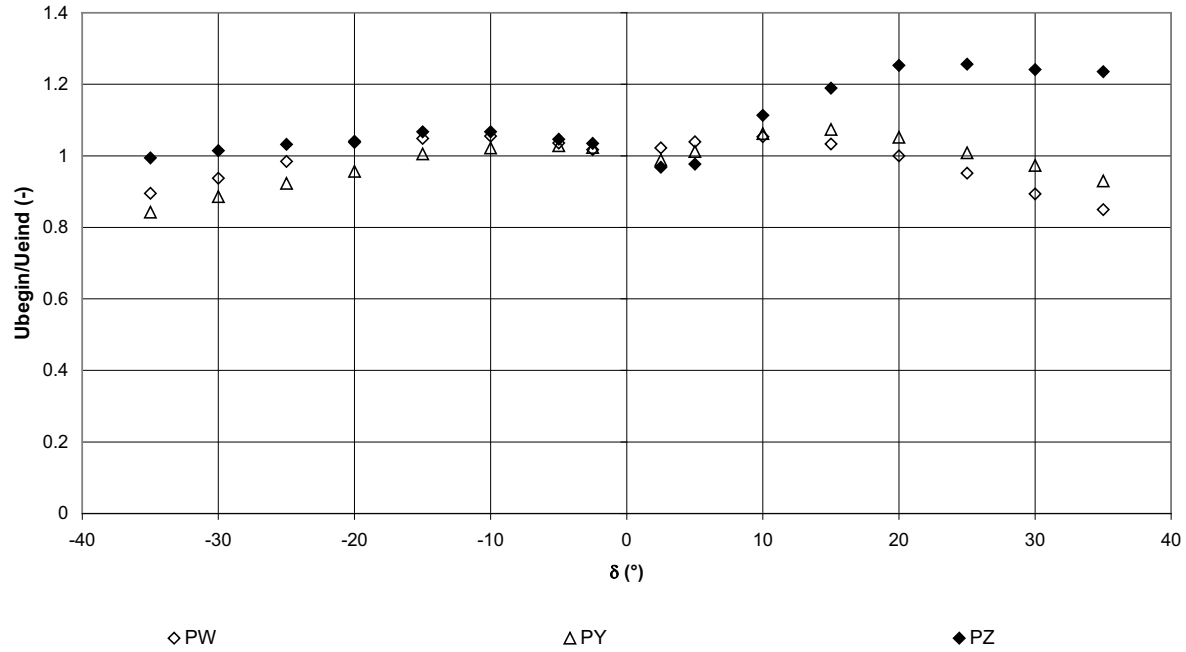
Figuur 8.15f. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de verhouding eindsnelheid-beginsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib F.



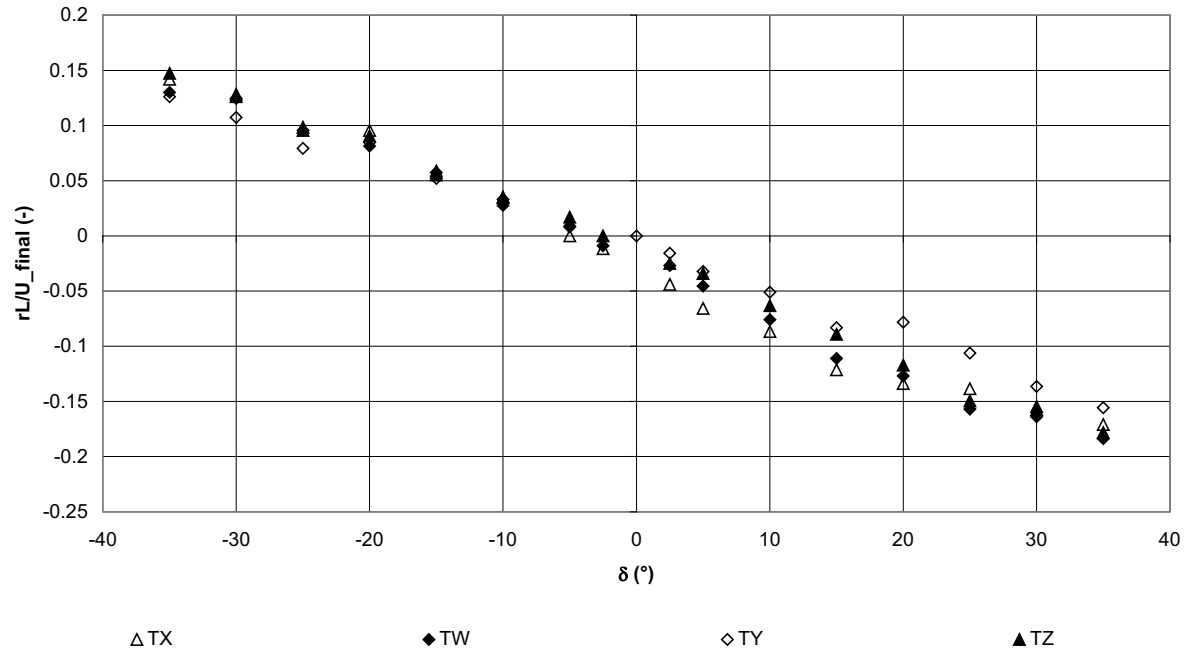
Figuur 8.15g. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de giersnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib G.



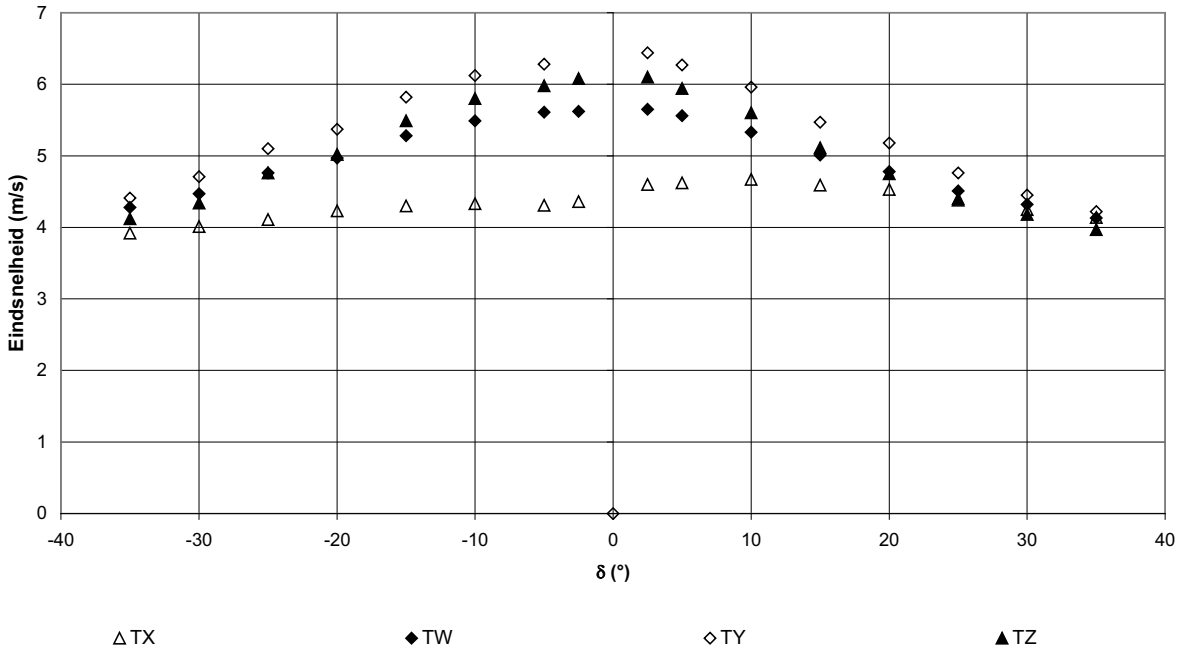
Figuur 8.15h. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de eindsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib G.



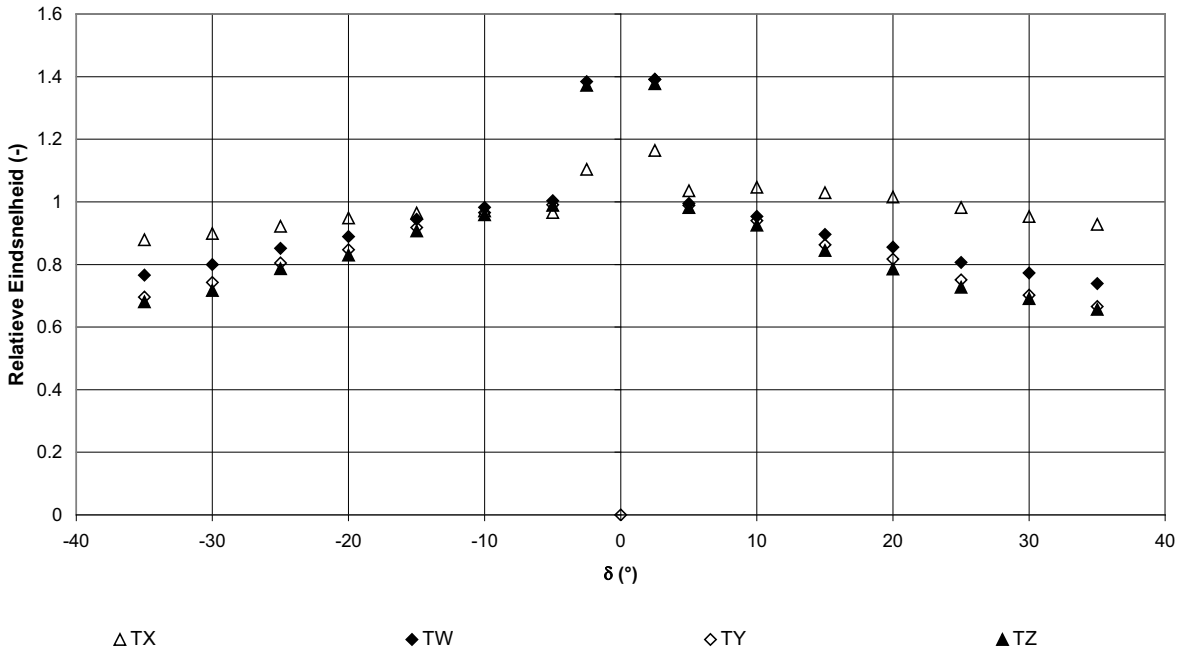
Figuur 8.15i. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de verhouding eindsnelheid-beginsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 1.5 m slib G.



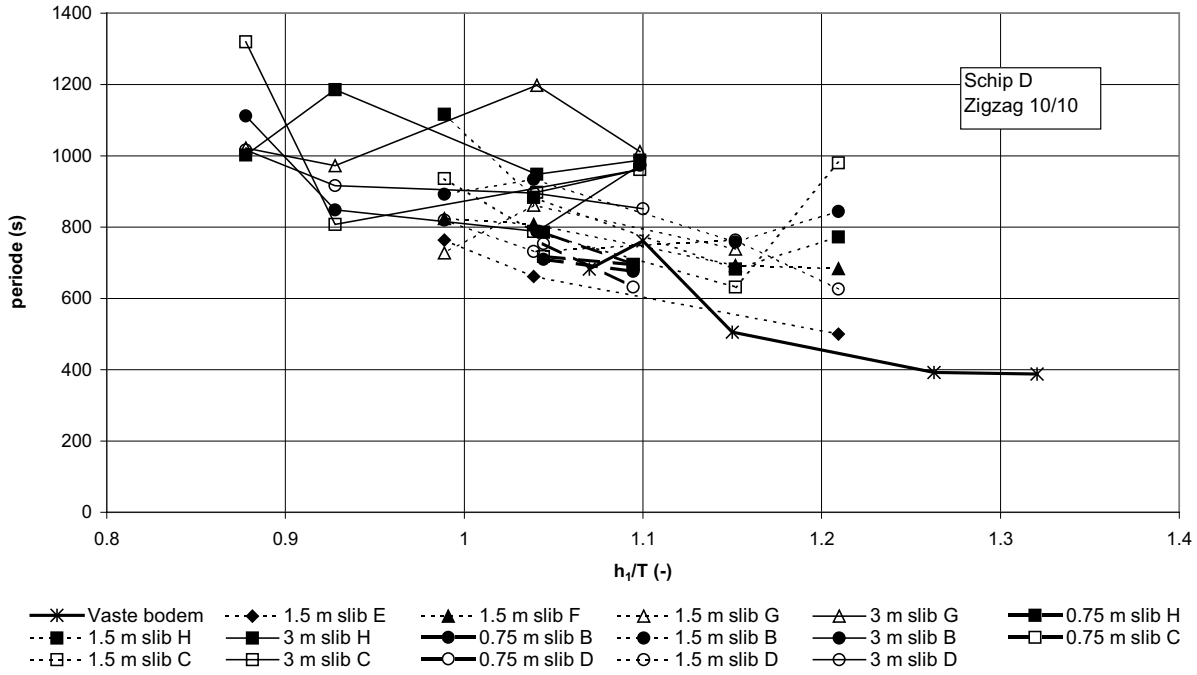
Figuur 8.15j. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de giersnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 3 m slib D.



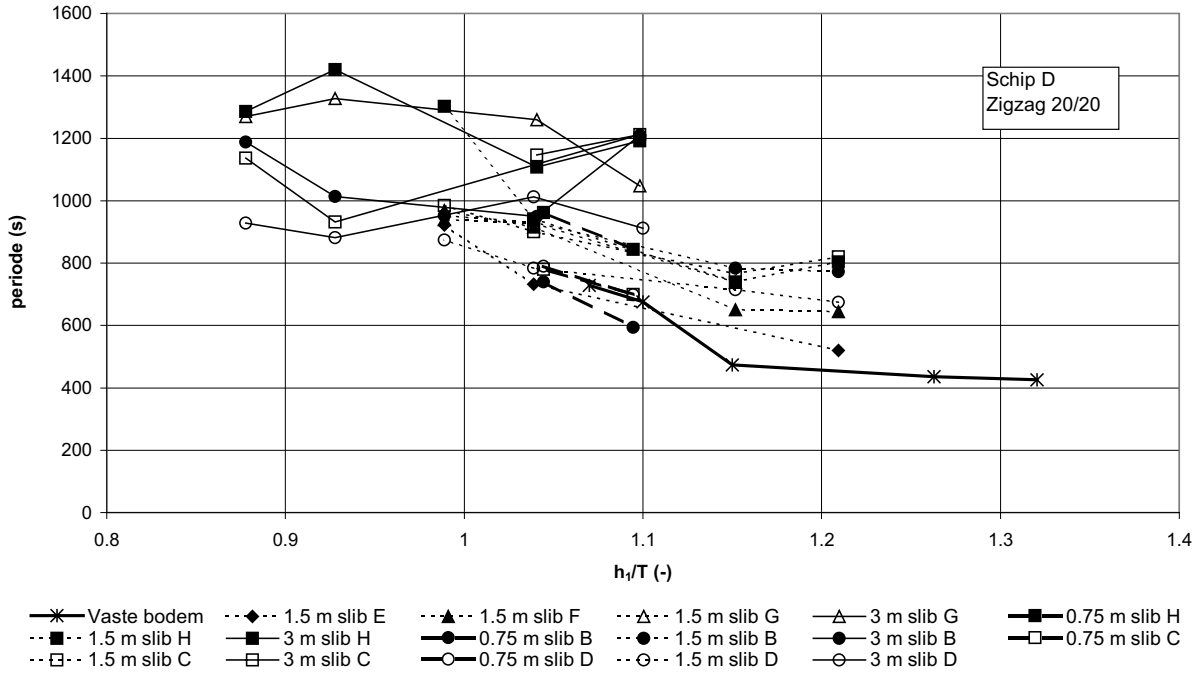
Figuur 8.15k. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de eindsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 3 m slib D.



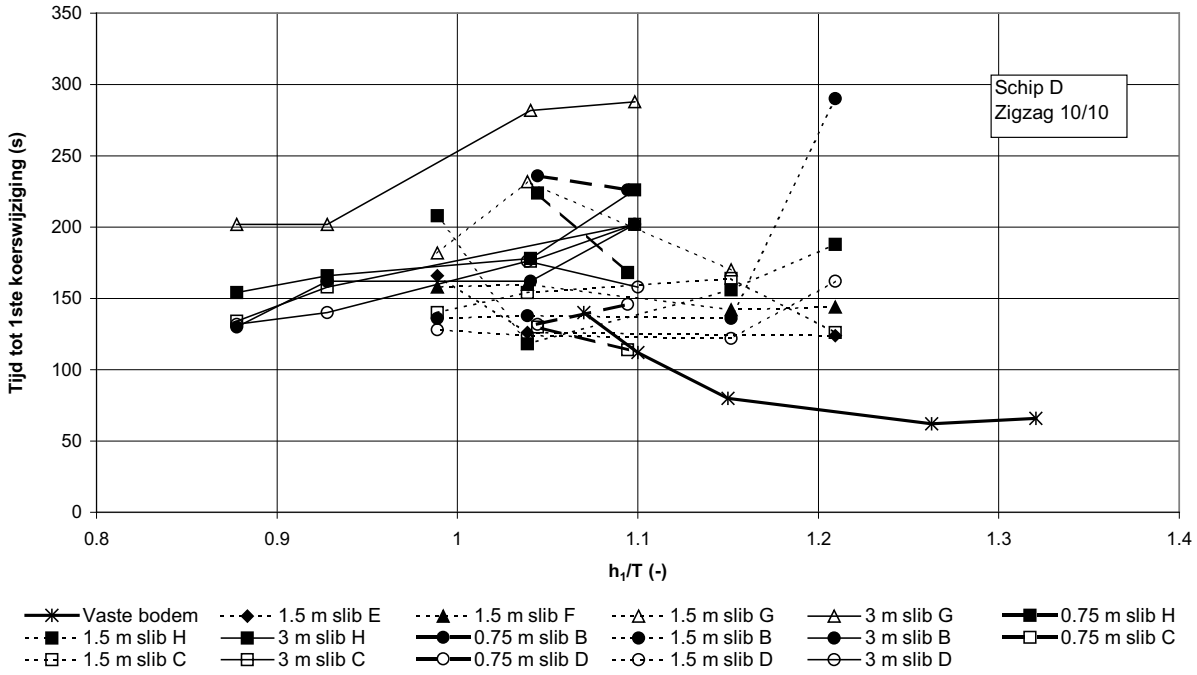
Figuur 8.15l. Schip D – Fast-time simulaties: draaicirkelproeven (66 rpm, harbour full). Verloop van de verhouding eindsnelheid-beginsnelheid in functie van de roerhoek waarmee de draaicirkel uitgevoerd werd. 3 m slib D.



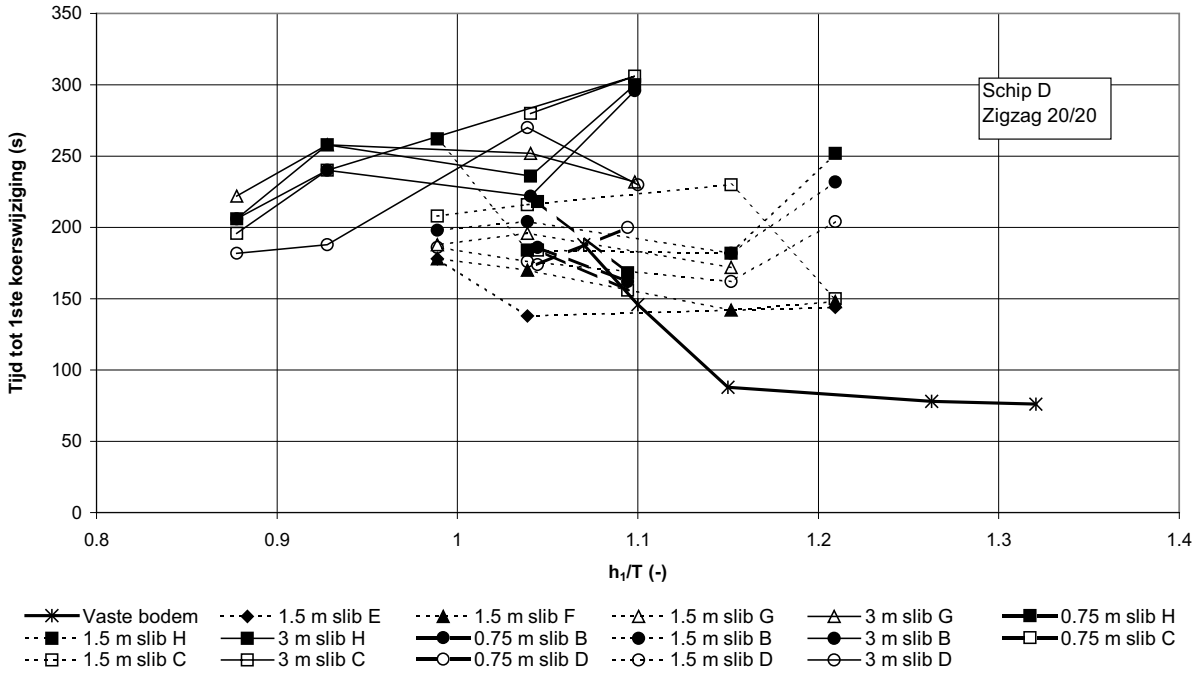
Figuur 8.16a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm, harbour full). Periode van de zigzagbeweging in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



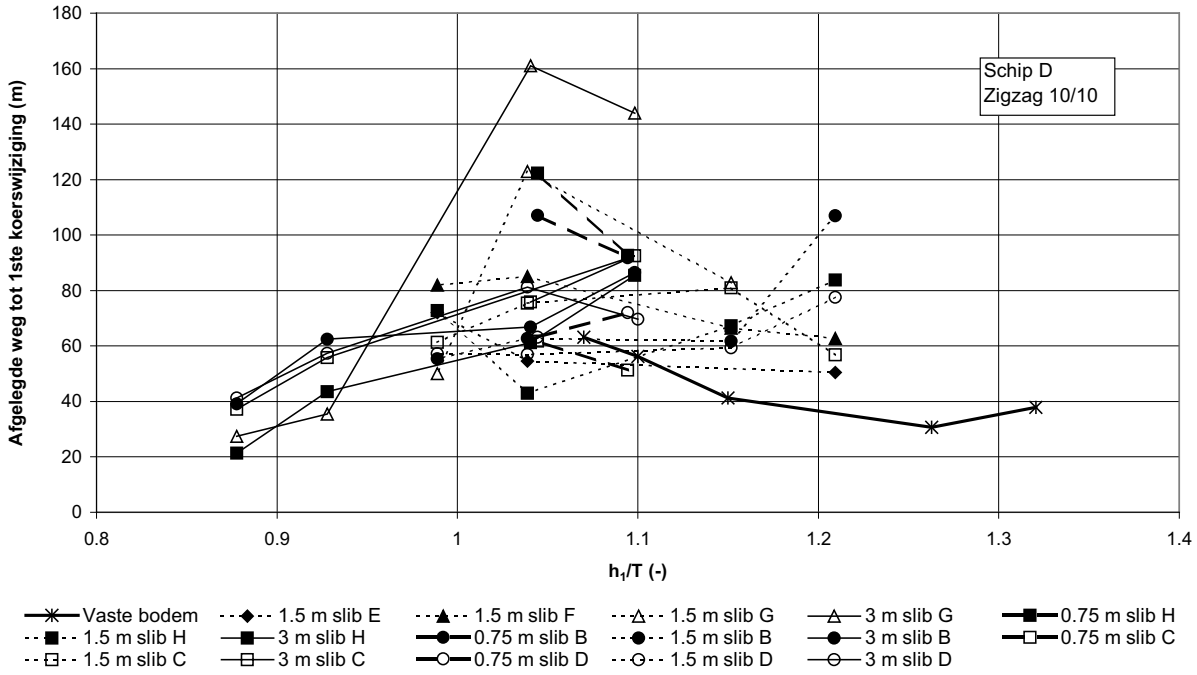
Figuur 8.16b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm, harbour full). Periode van de zigzagbeweging in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



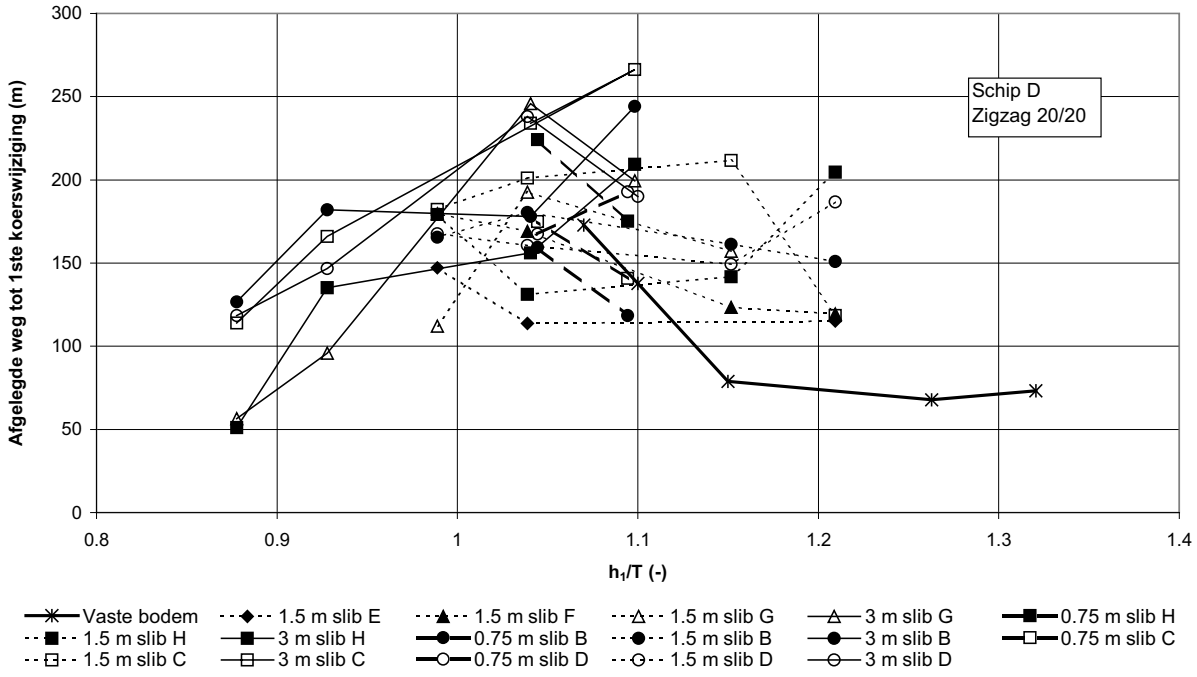
Figuur 8.17a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Tijd tot de eerste koerswijziging in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



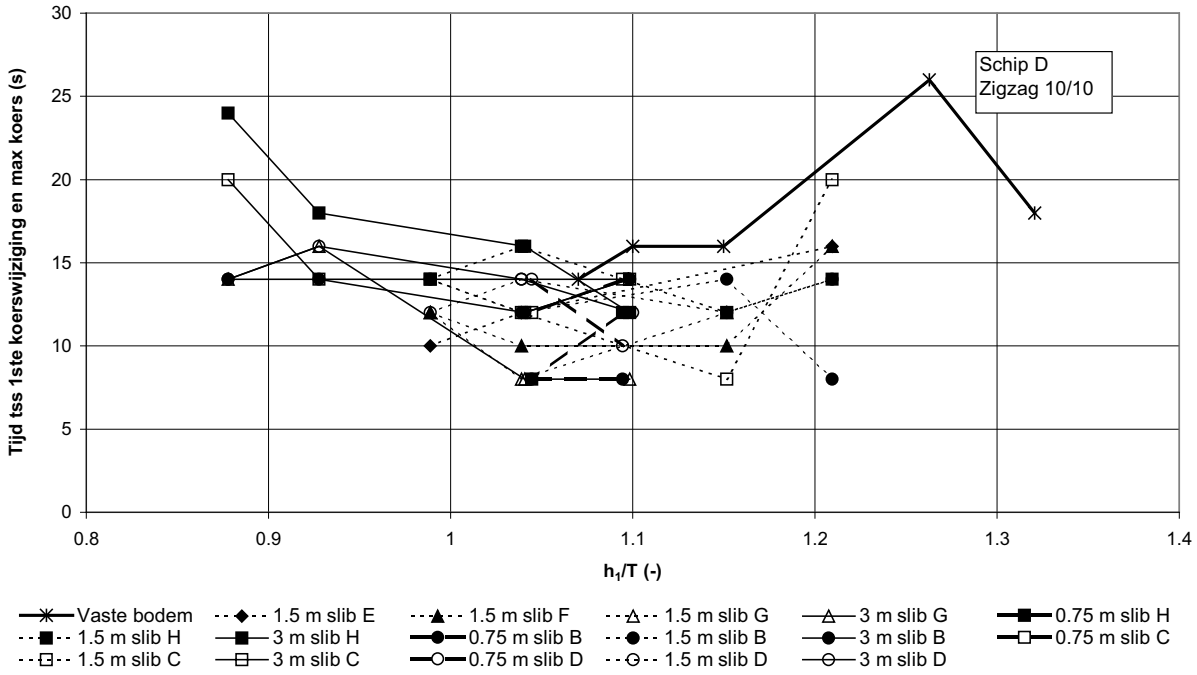
Figuur 8.17b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Tijd tot de eerste koerswijziging in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



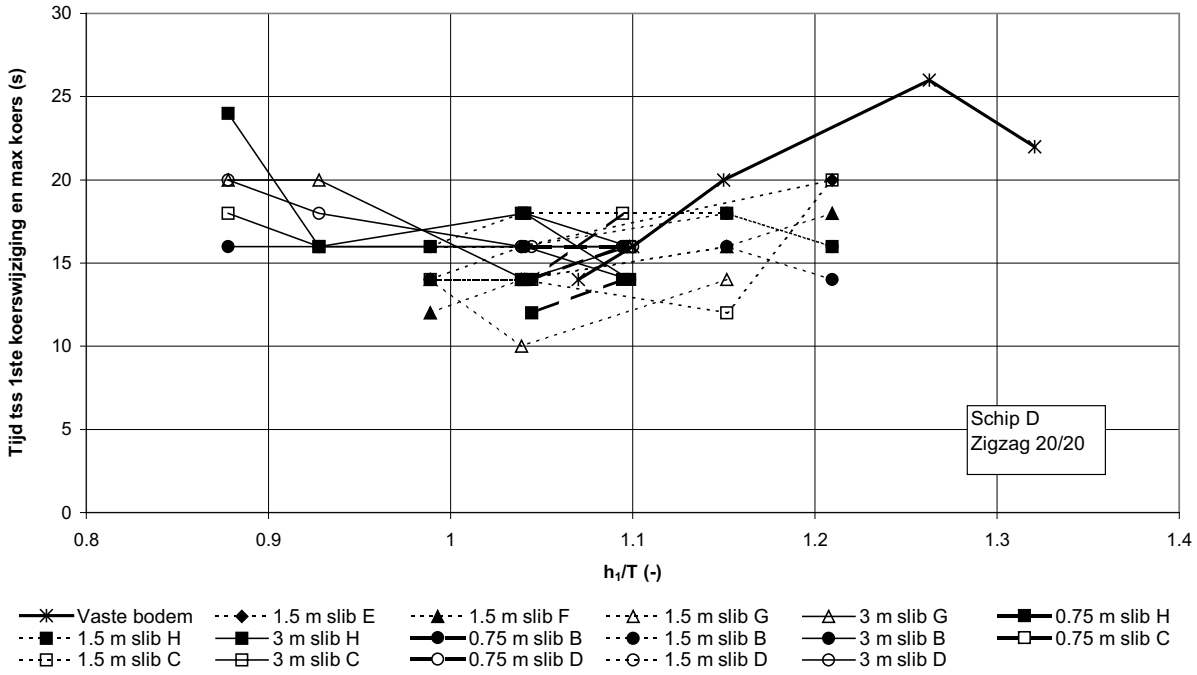
Figuur 8.18a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Afgelegde weg tot de eerste koerswijziging in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



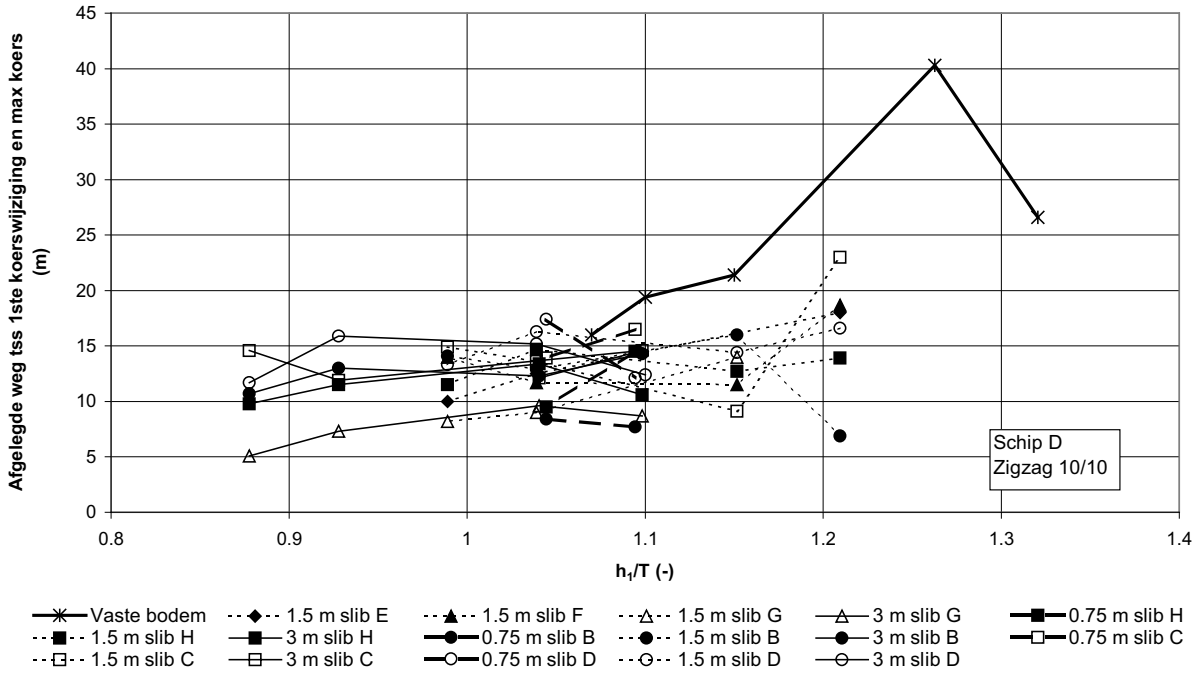
Figuur 8.18b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Afgelegde weg tot de eerste koerswijziging in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



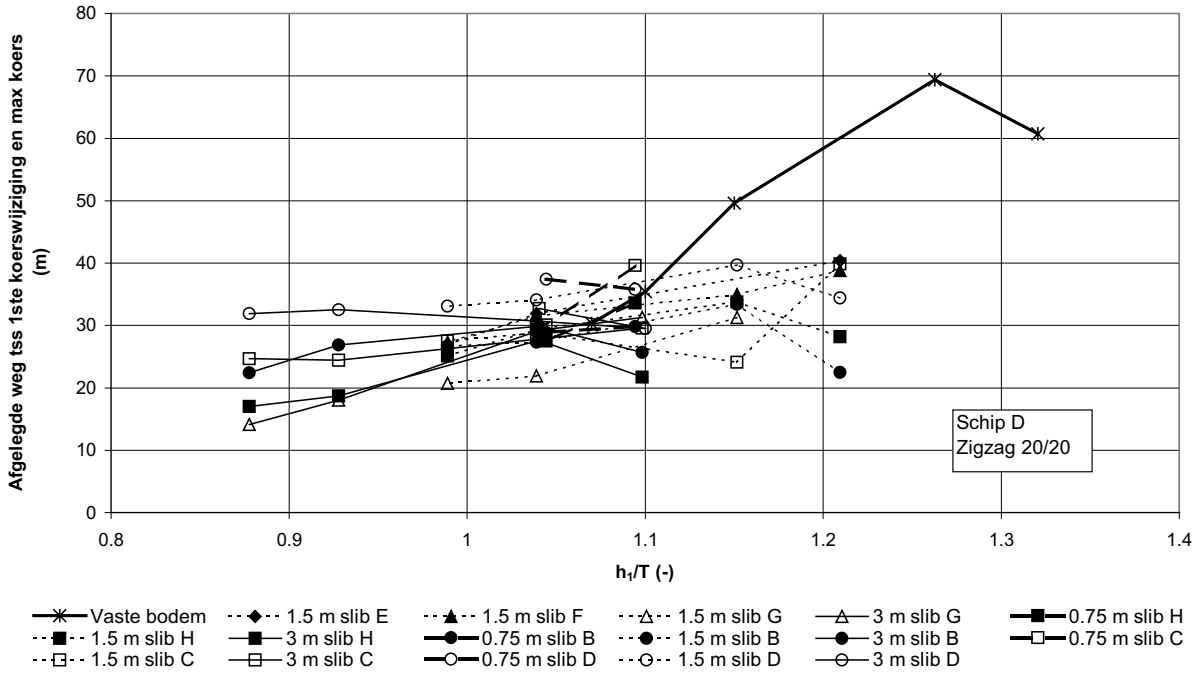
Figuur 8.19a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Tijd tussen de eerste koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



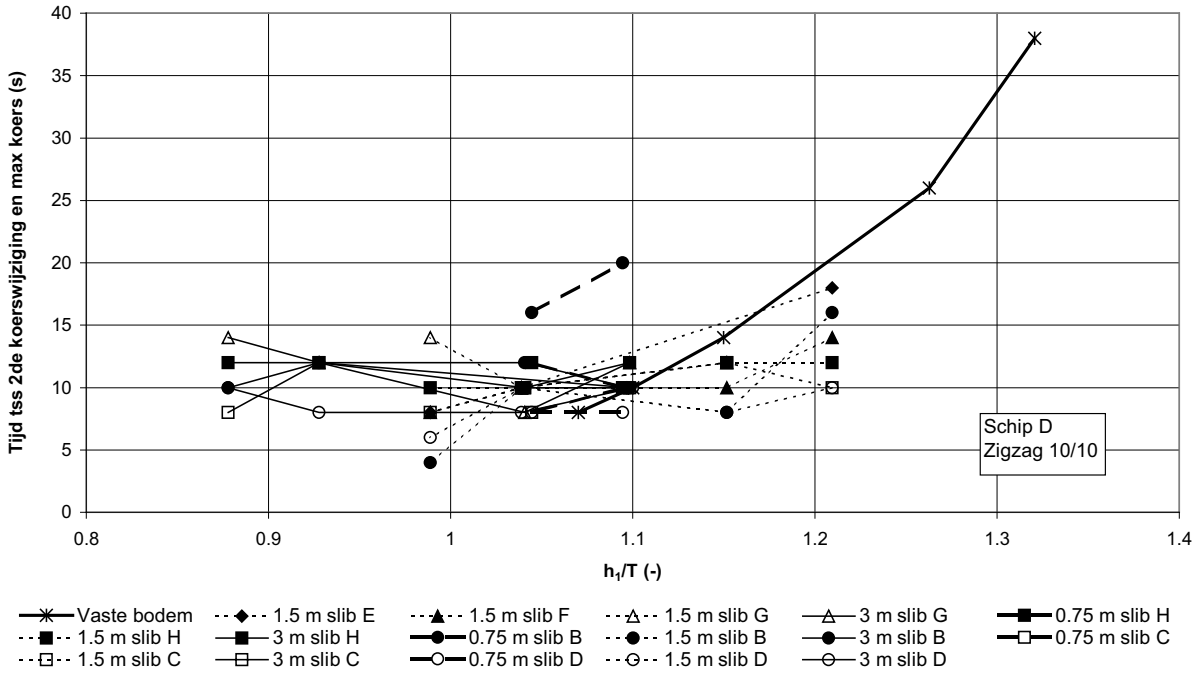
Figuur 8.19b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Tijd tussen de eerste koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



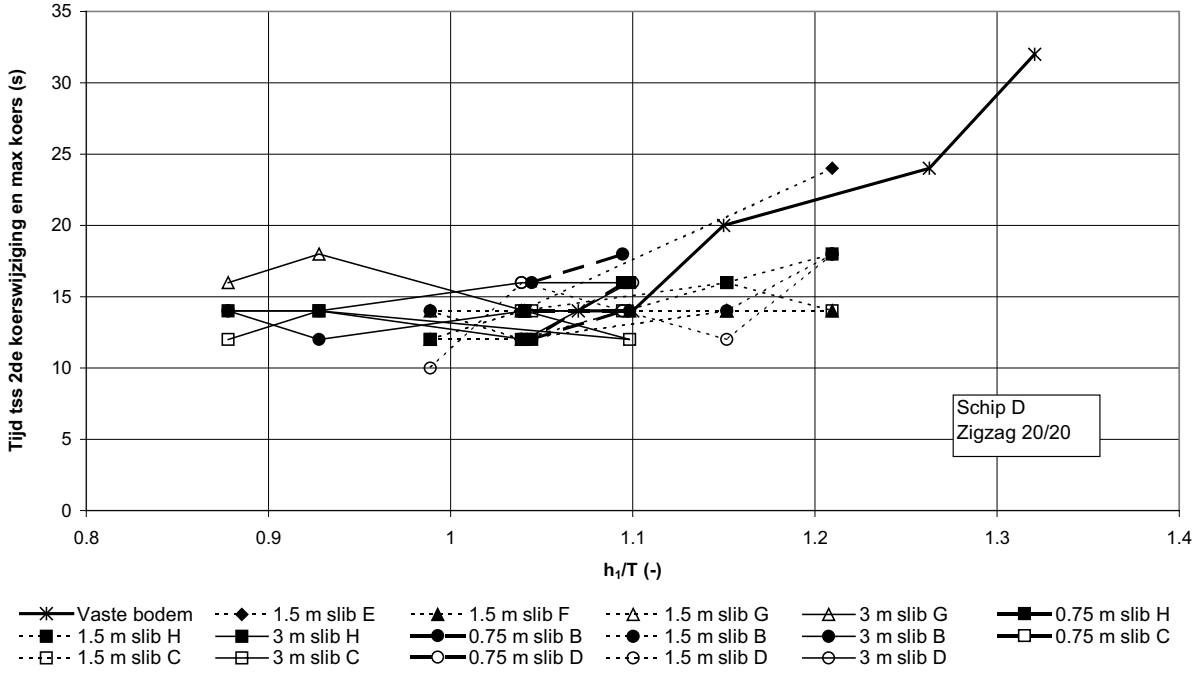
Figuur 8.20a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Afgelegde weg tussen de eerste koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



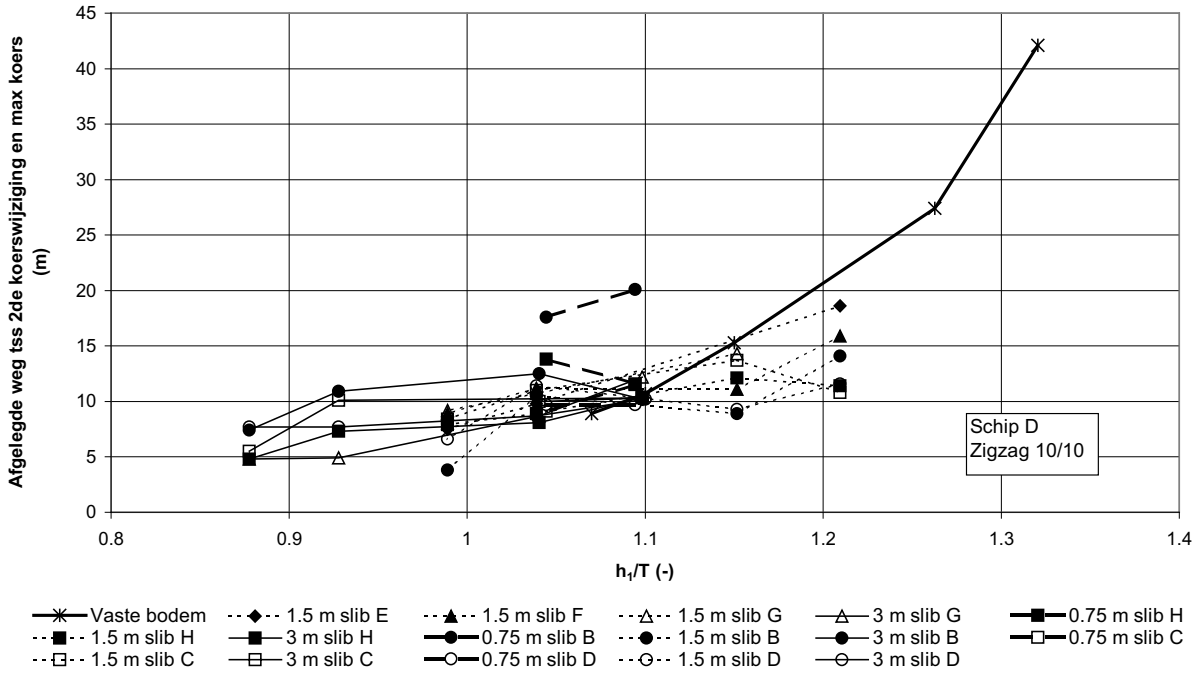
Figuur 8.20b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Afgelegde weg tussen de eerste koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



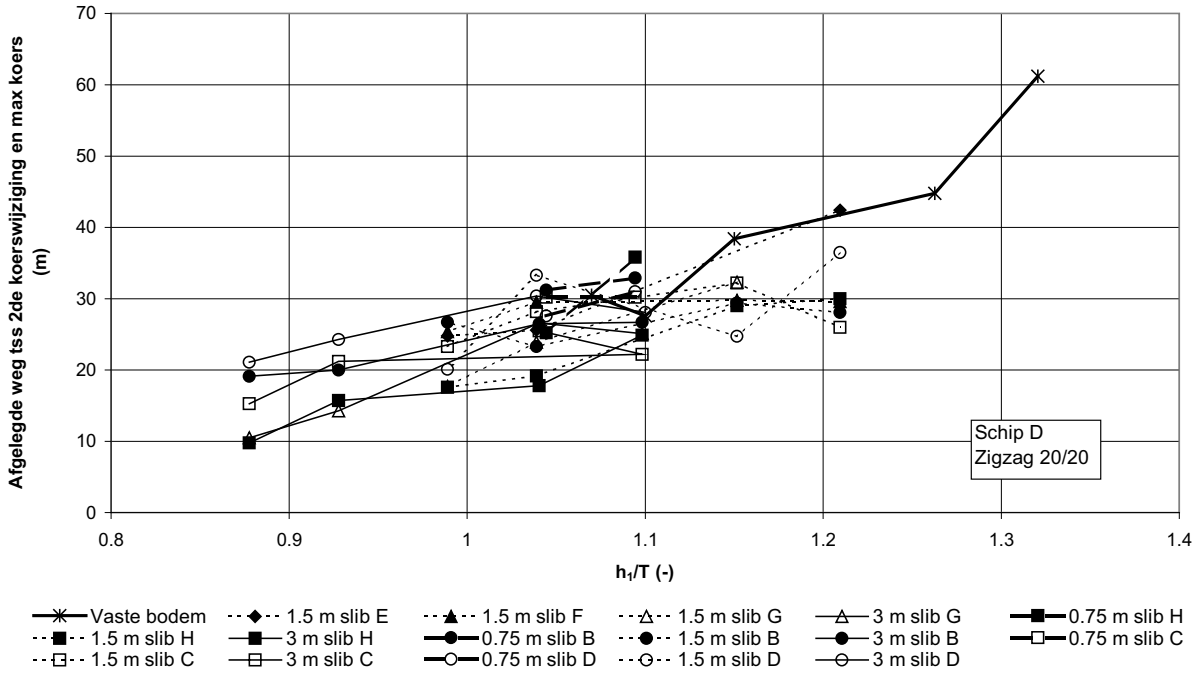
Figuur 8.21a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Tijd tussen de tweede koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



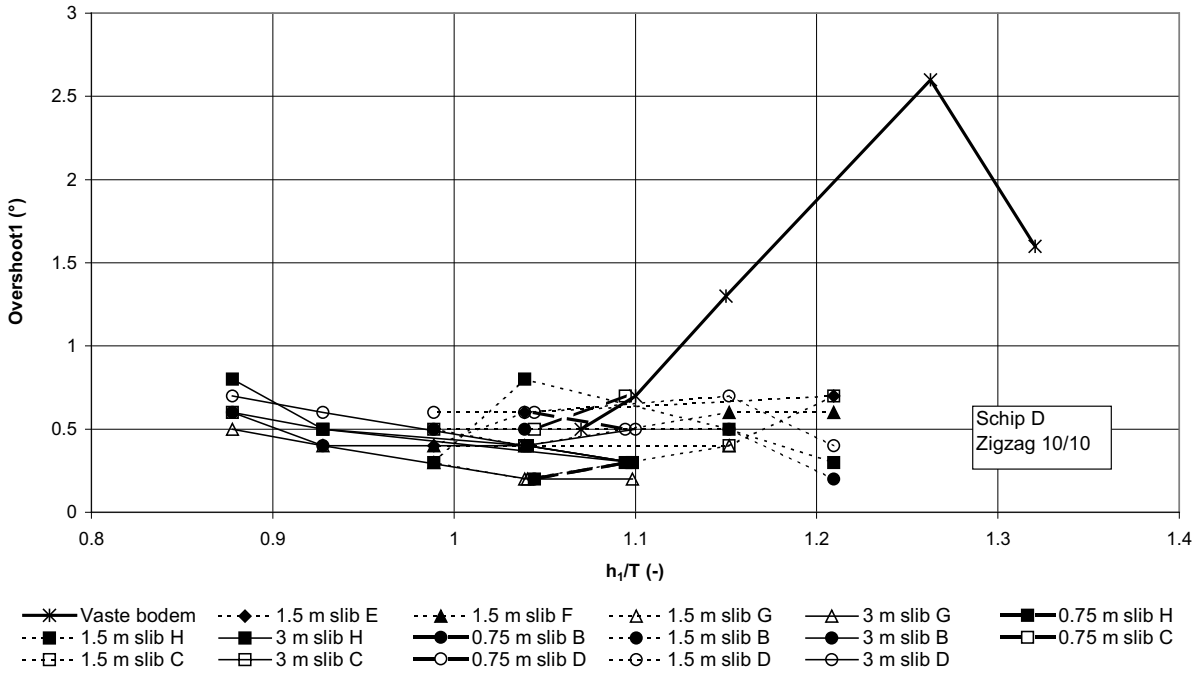
Figuur 8.21b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Tijd tussen de tweede koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



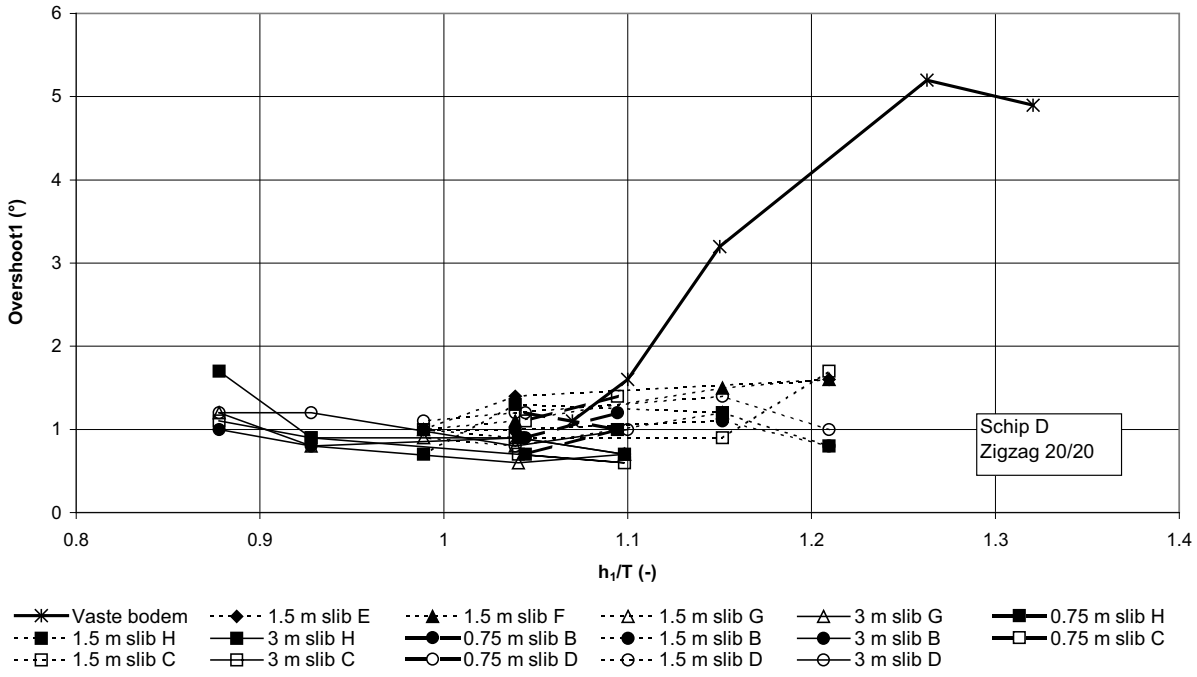
Figuur 8.22a Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Afgelegde weg tussen de tweede koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



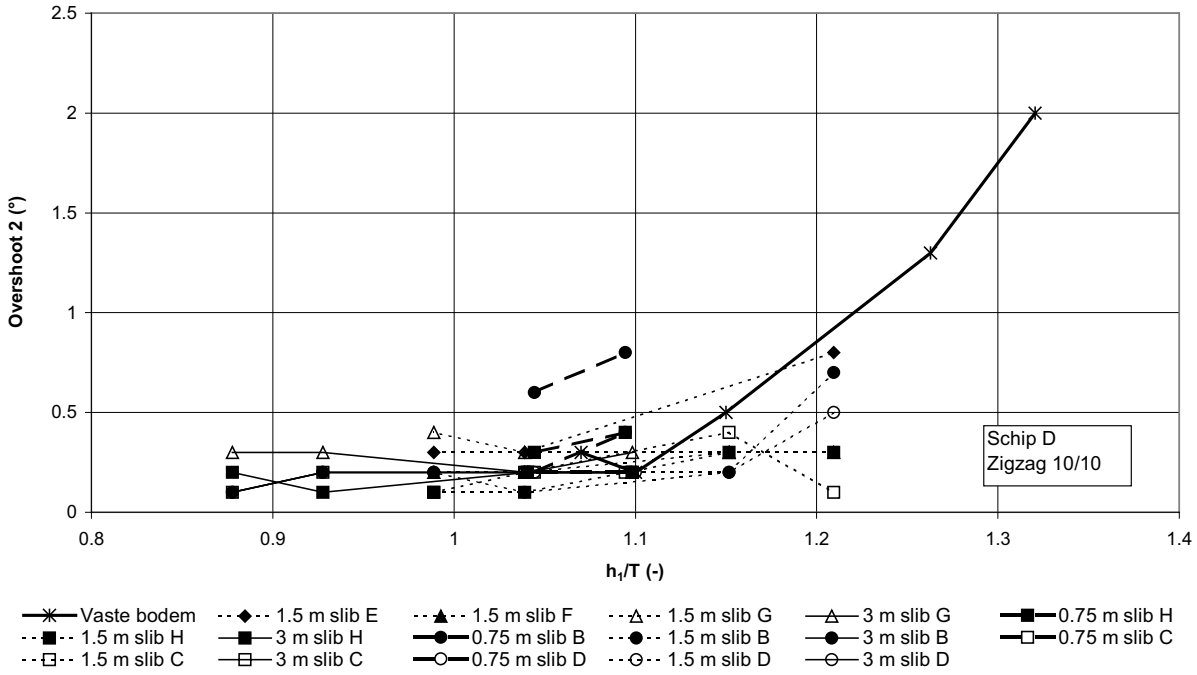
Figuur 8.22b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Afgelegde weg tussen de tweede koerswijziging en de maximale koers in functie van h_1/T, voor verschillende bodemcondities.



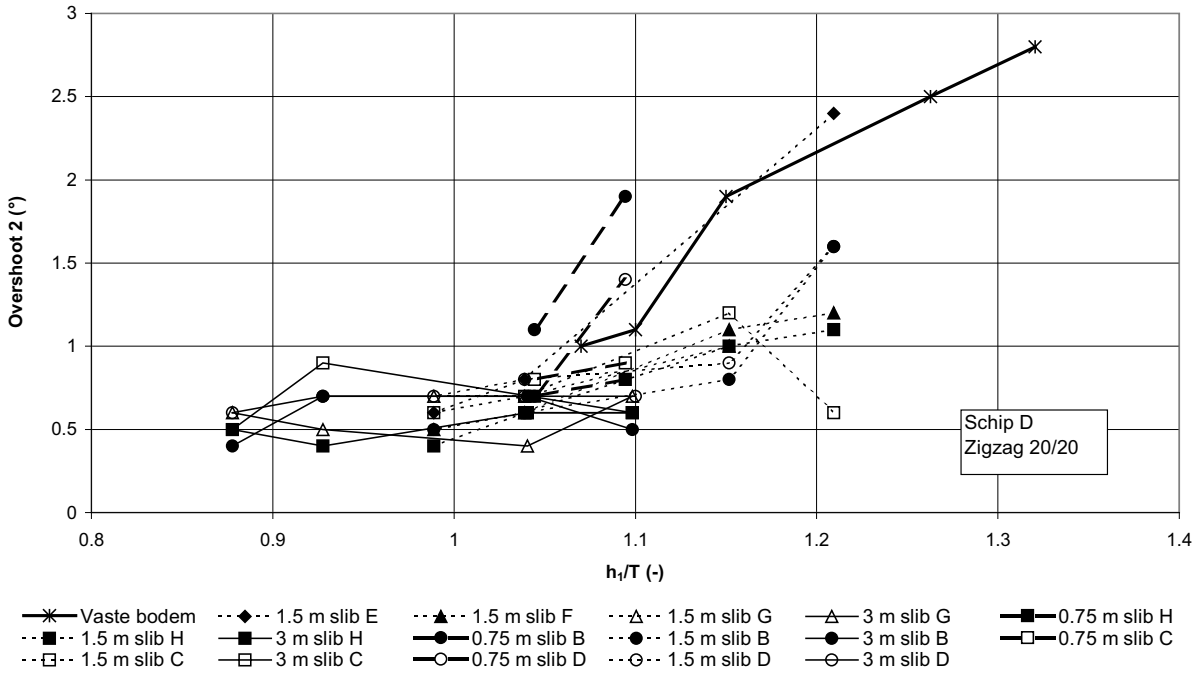
Figuur 8.23a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Grootte van de eerste overshoot bij verschillende bodemcondities.



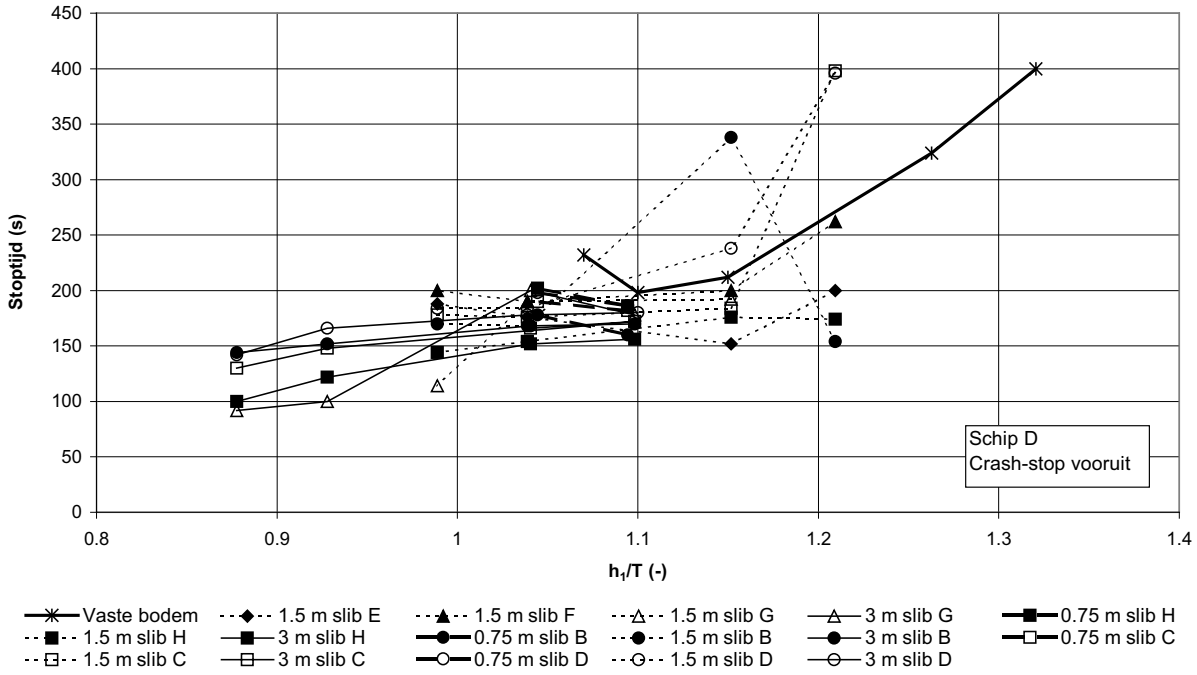
Figuur 8.23b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Grootte van de eerste overshoot bij verschillende bodemcondities.



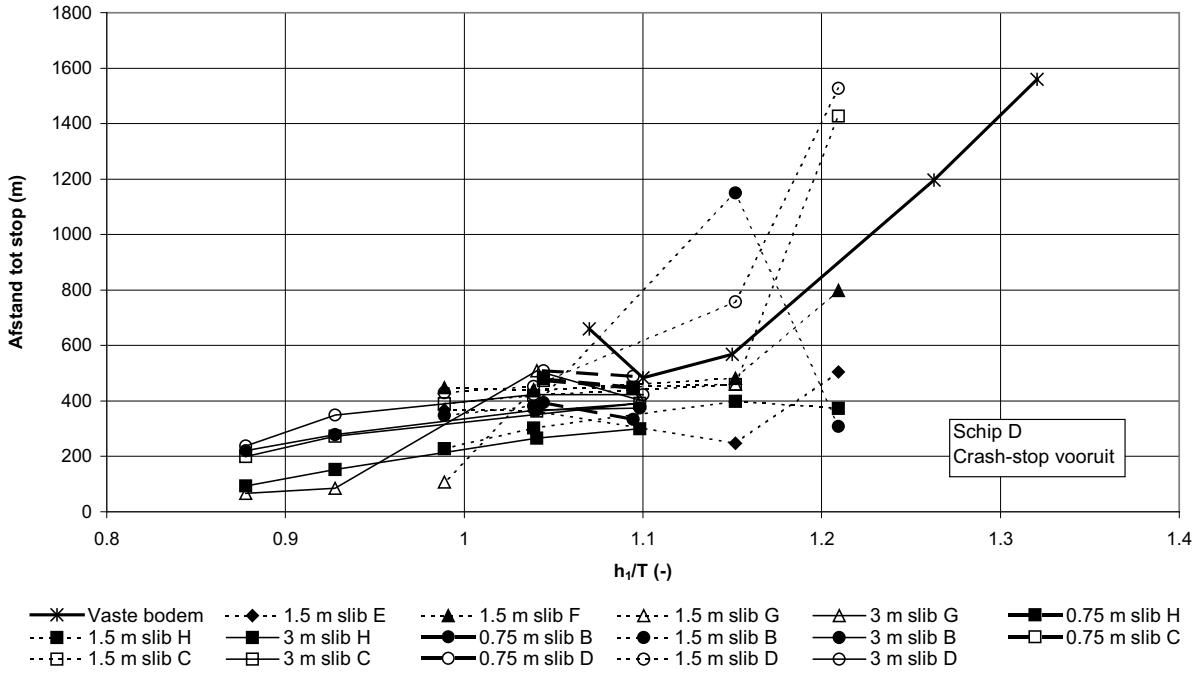
Figuur 8.24a. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 10/10 (66 rpm , harbour full). Grootte van de tweede overshoot bij verschillende bodemcondities.



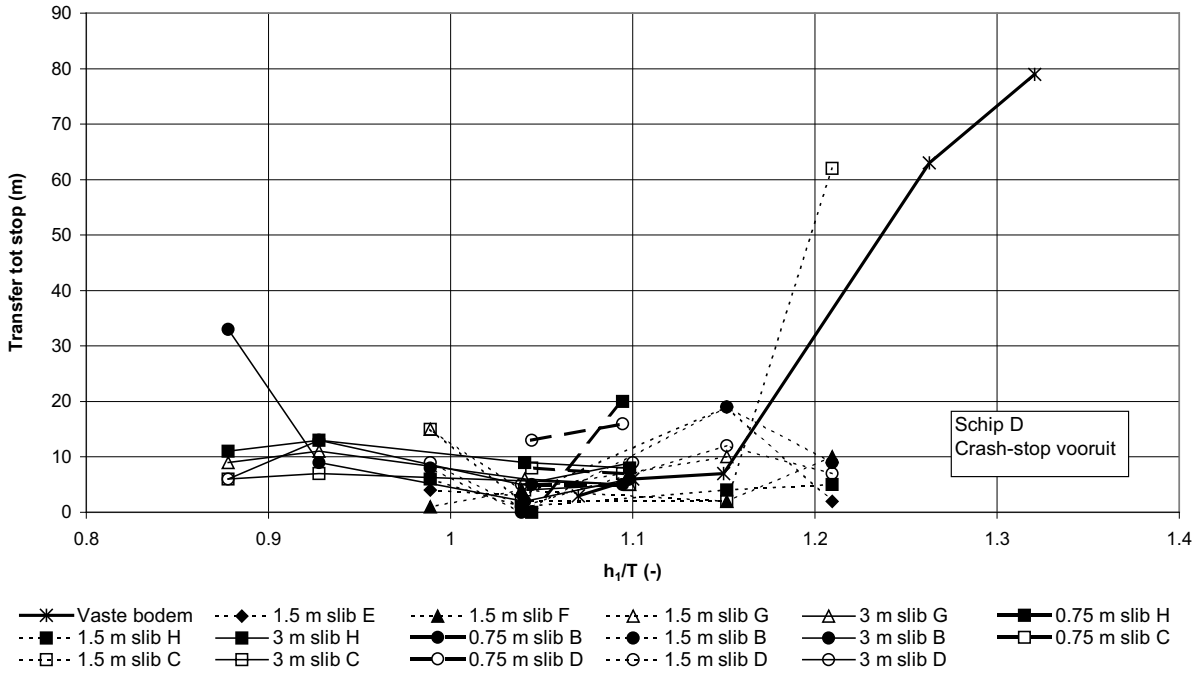
Figuur 8.24b. Schip D – Fast-time simulaties: zigzagproef 20/20 (66 rpm , harbour full). Grootte van de tweede overshoot bij verschillende bodemcondities.



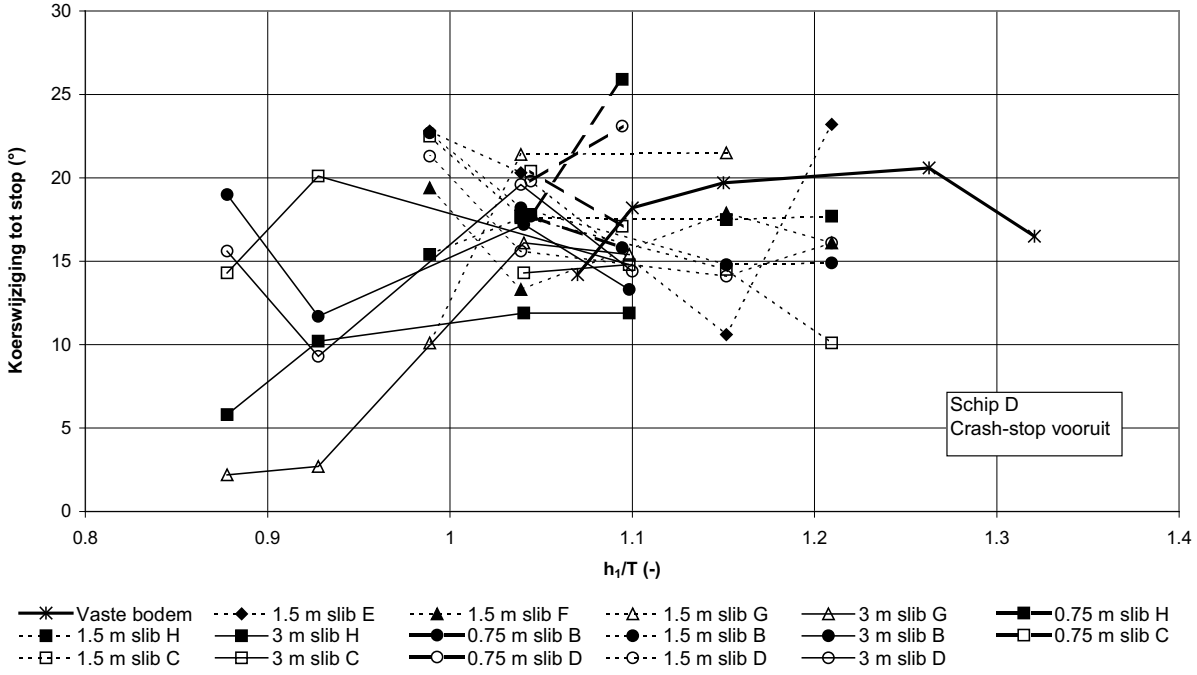
Figuur 8.25a. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef vooruit
De benodigde tijd voor het uitvoeren van een crash-stop, vertrekkende van half ahead, voor verschillende bodemcondities.



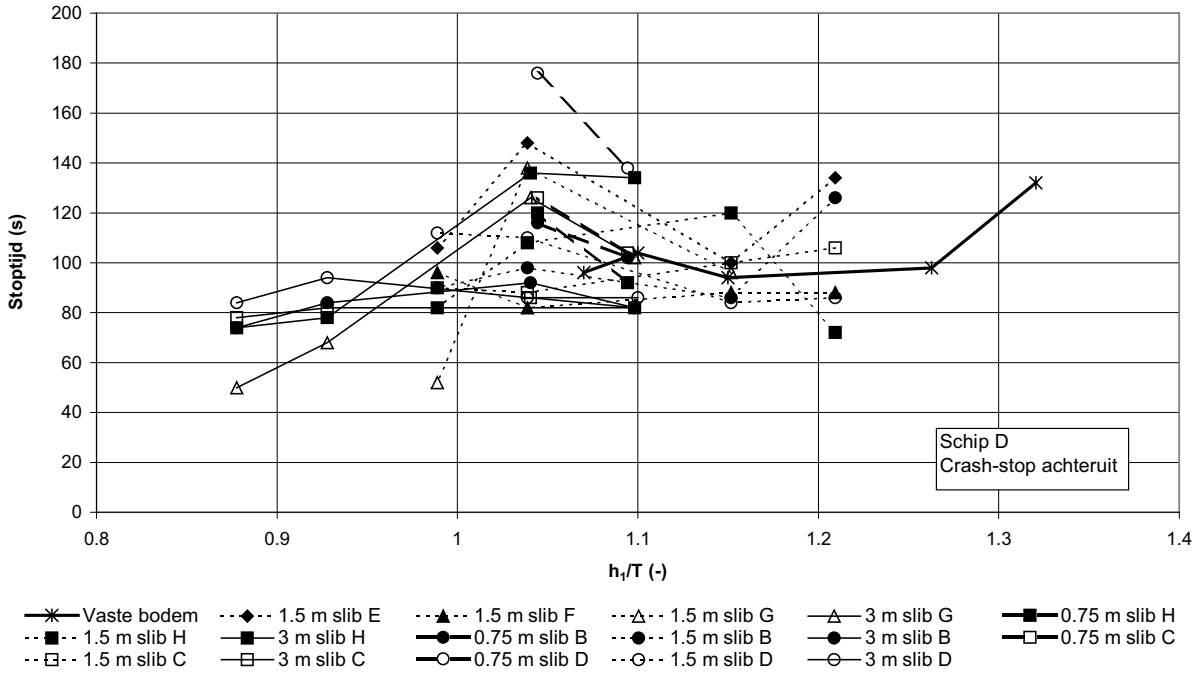
Figuur 8.25b. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef vooruit
De afgelegde weg bij het uitvoeren van een crash-stop, vertrekkende van half ahead, voor verschillende bodemcondities.



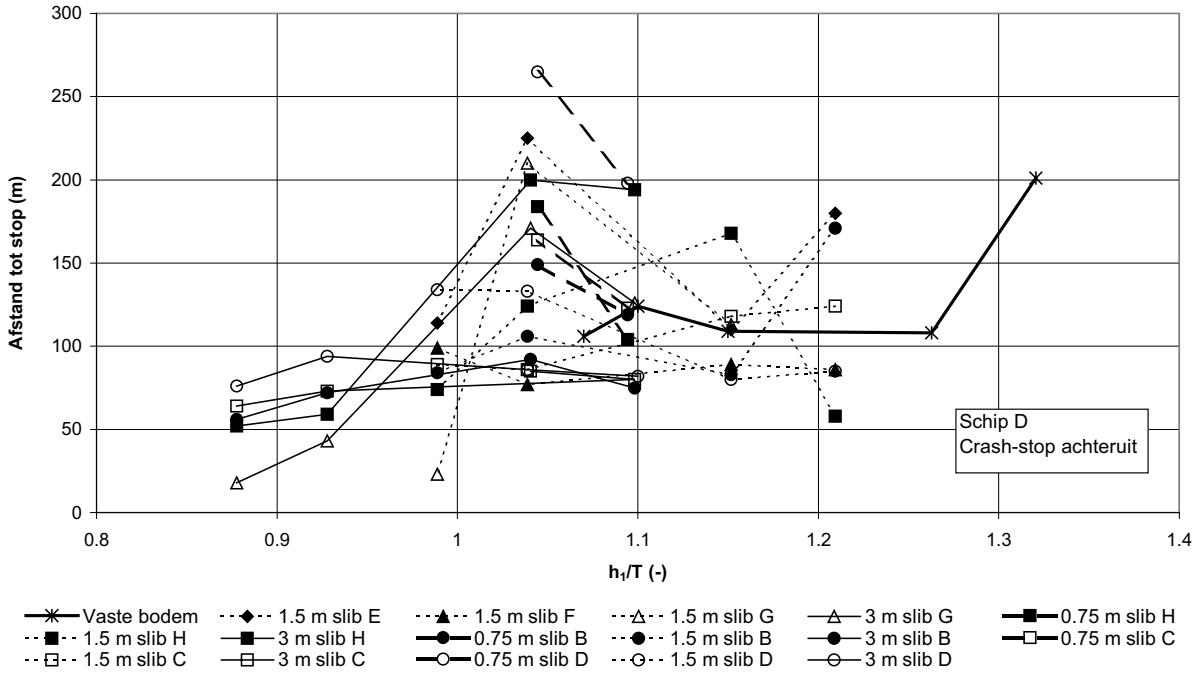
Figuur 8.25c. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef vooruit
Laterale afwijking van het schip ten opzichte van zijn oorspronkelijke positie bij een crash-stop, vertrekkende van half ahead, voor verschillende bodemcondities.



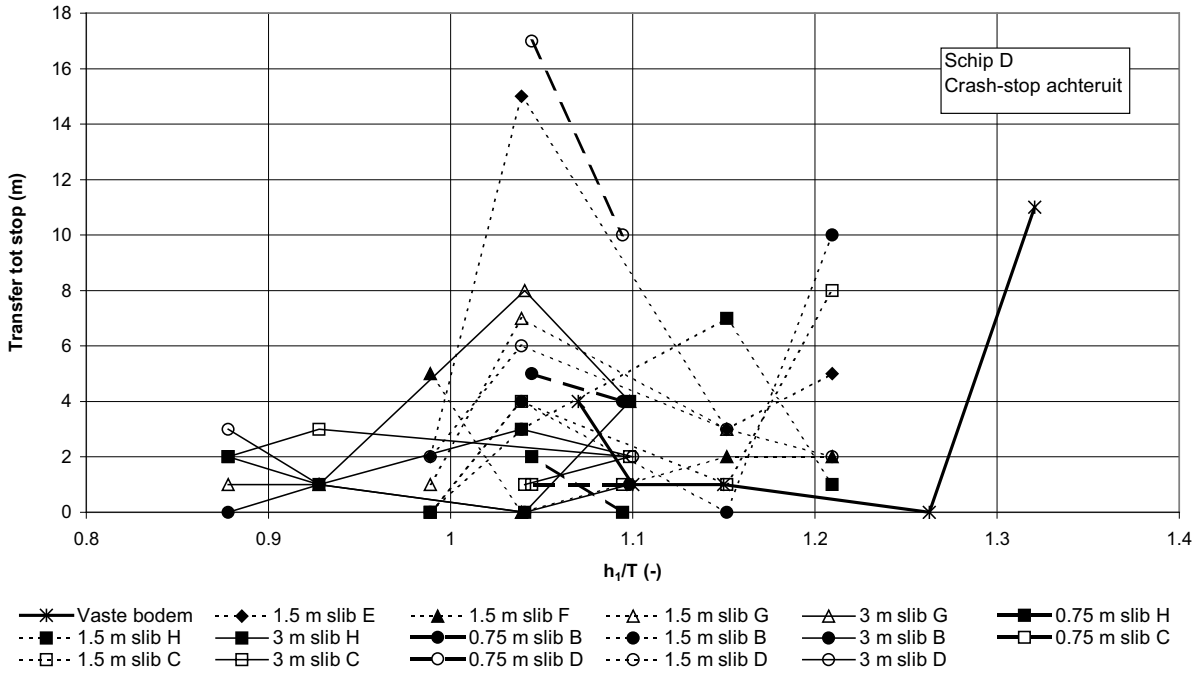
Figuur 8.25d. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef vooruit
Koerswijziging van het schip ten opzichte van zijn oorspronkelijke positie bij een crash-stop, vertrekkende van half ahead, voor verschillende bodemcondities.



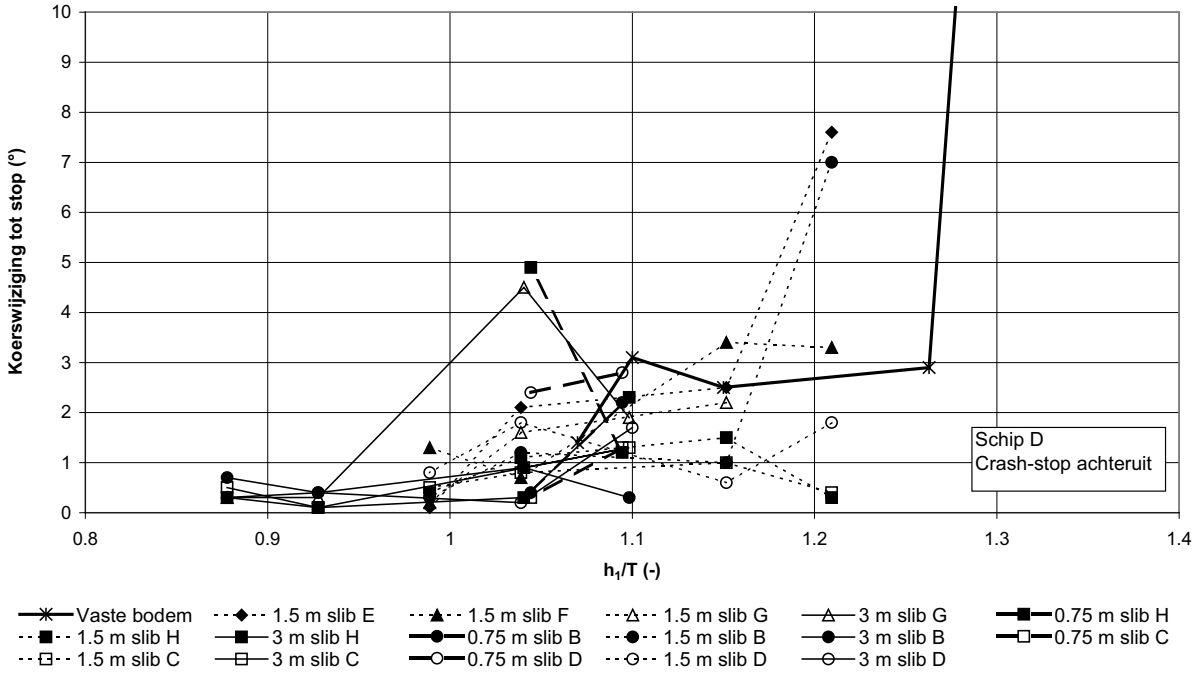
Figuur 8.26a. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef achteruit
Benodigde tijd voor het uitvoeren van een crash-stop, vertrekkende van half astern, voor verschillende bodemcondities.



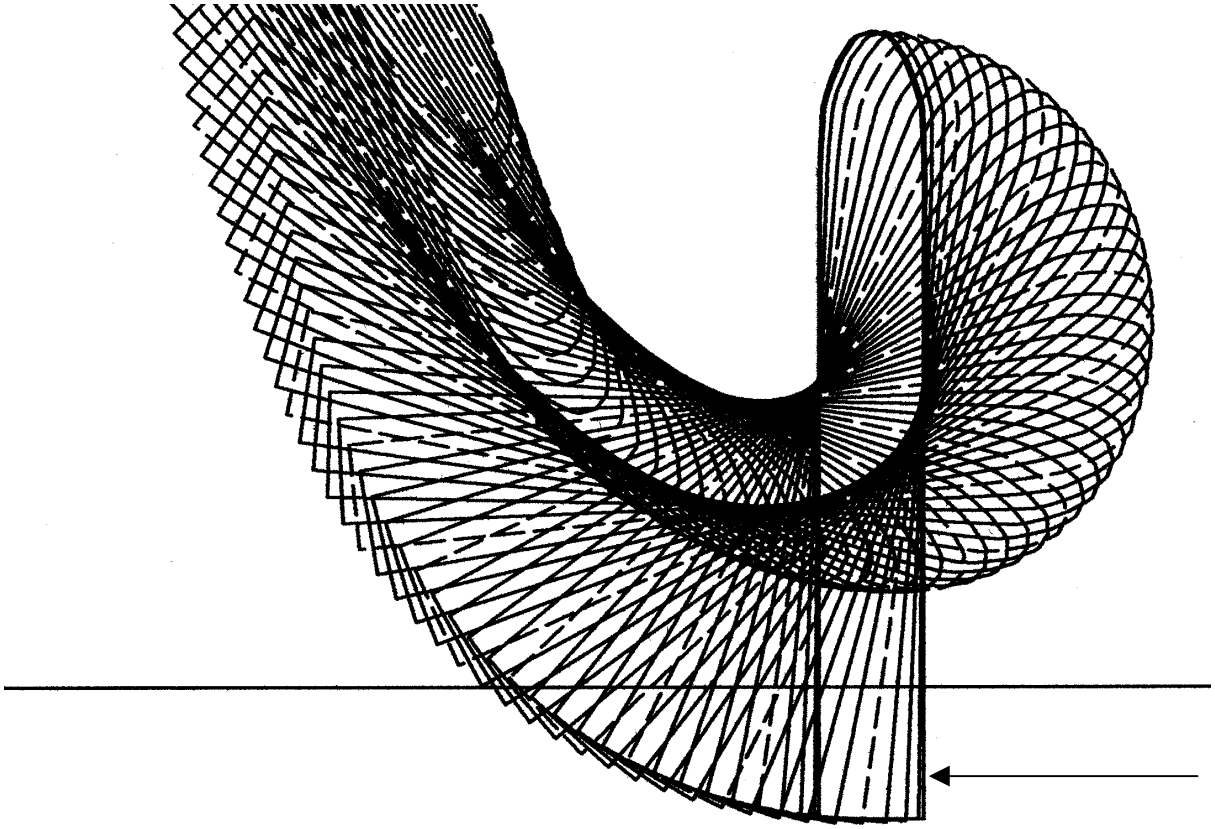
Figuur 8.26b. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef achteruit
Afgelegde weg bij het uitvoeren van een crash-stop, vertrekkende van half astern, voor verschillende bodemcondities.



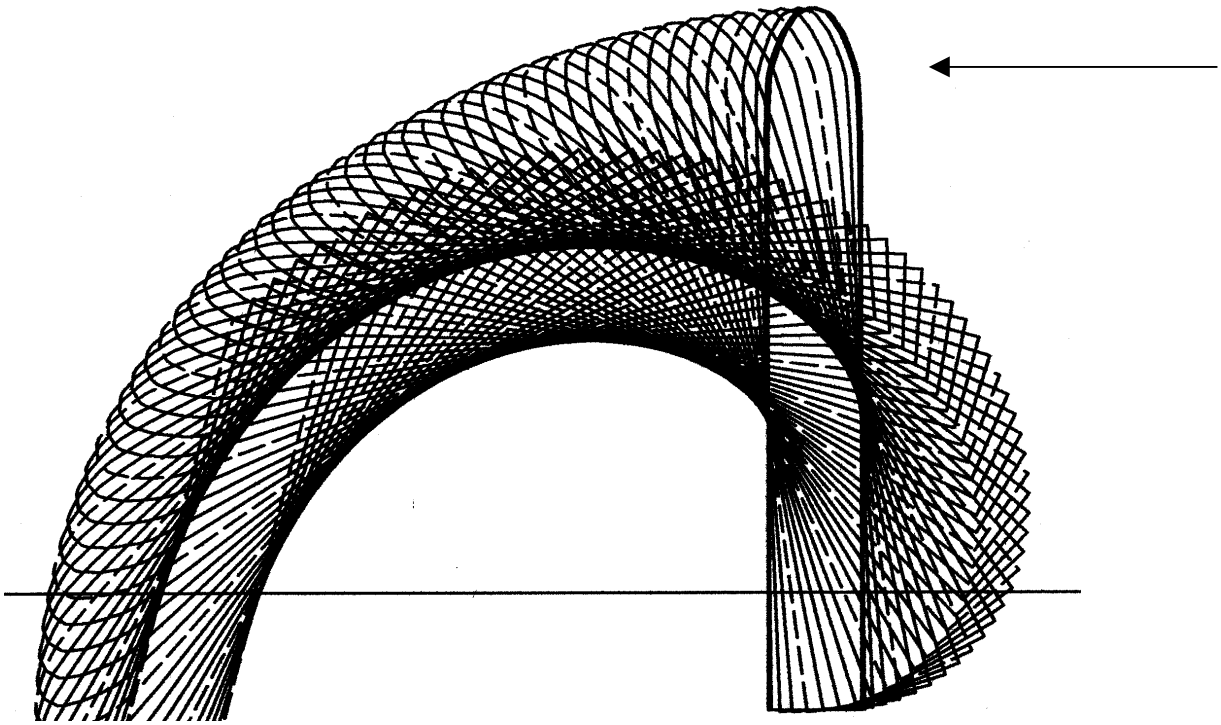
Figuur 8.26c. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef achteruit
Laterale afwijking van het schip ten opzichte van zijn oorspronkelijke positie bij een crash-stop, vertrekkende van half astern, voor verschillende bodemcondities.



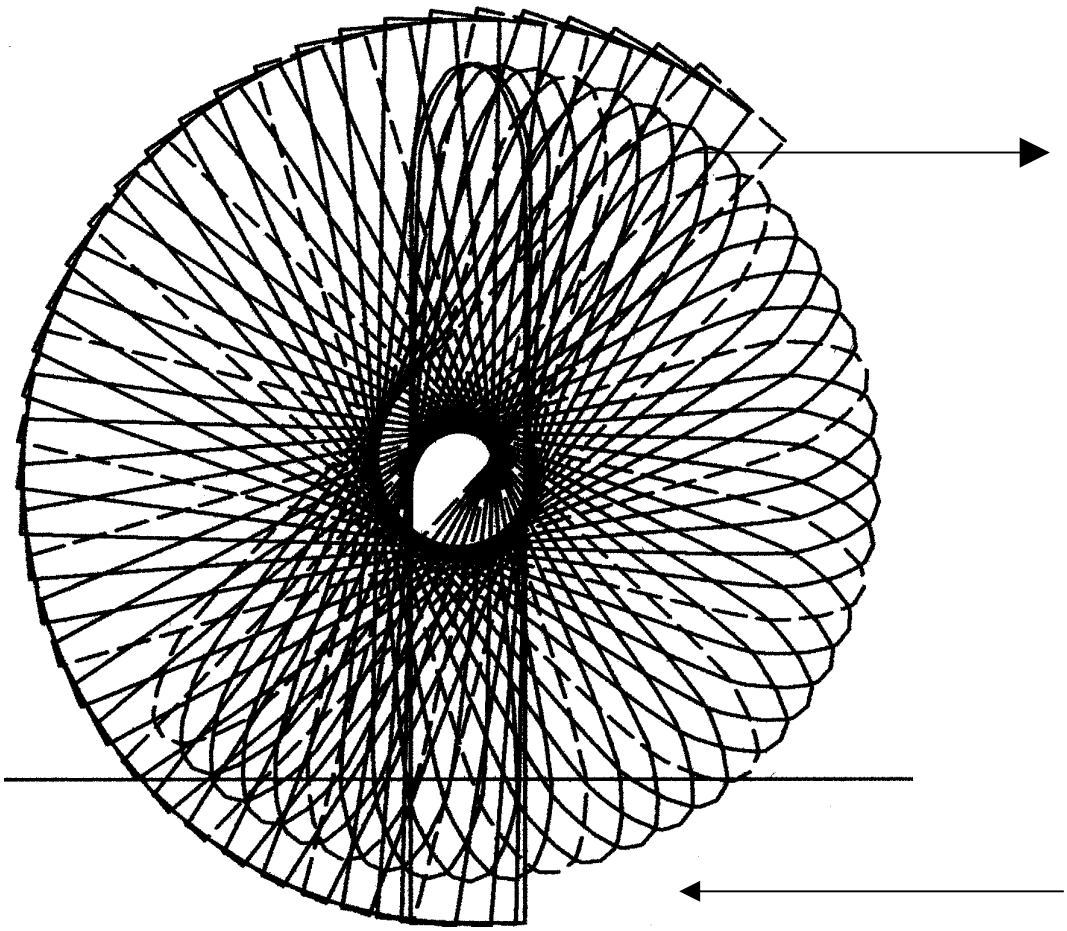
Figuur 8.26d. Schip D – Fast-time simulaties: crash-stop proef achteruit
Koerswijziging van het schip ten opzichte van zijn oorspronkelijke positie bij een crash-stop, vertrekkende van half astern, voor verschillende bodemcondities.



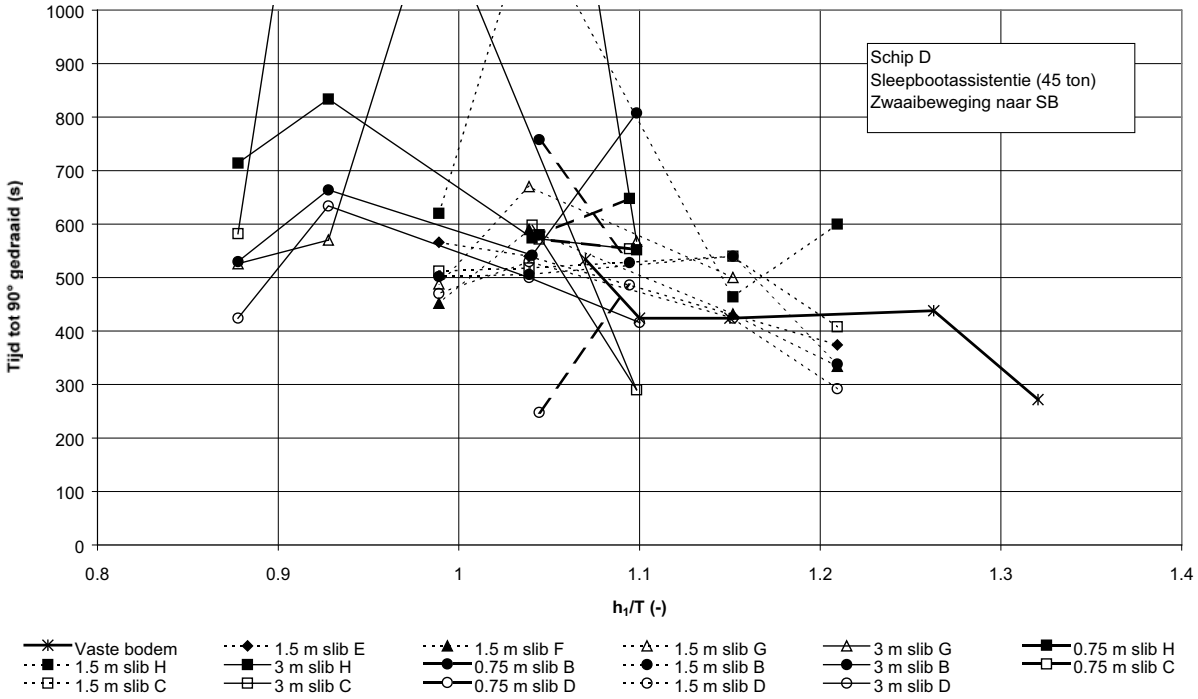
Figuur 8.27. Uitvoeren van een zwaaibeweging naar SB met sleepbootassistentie.



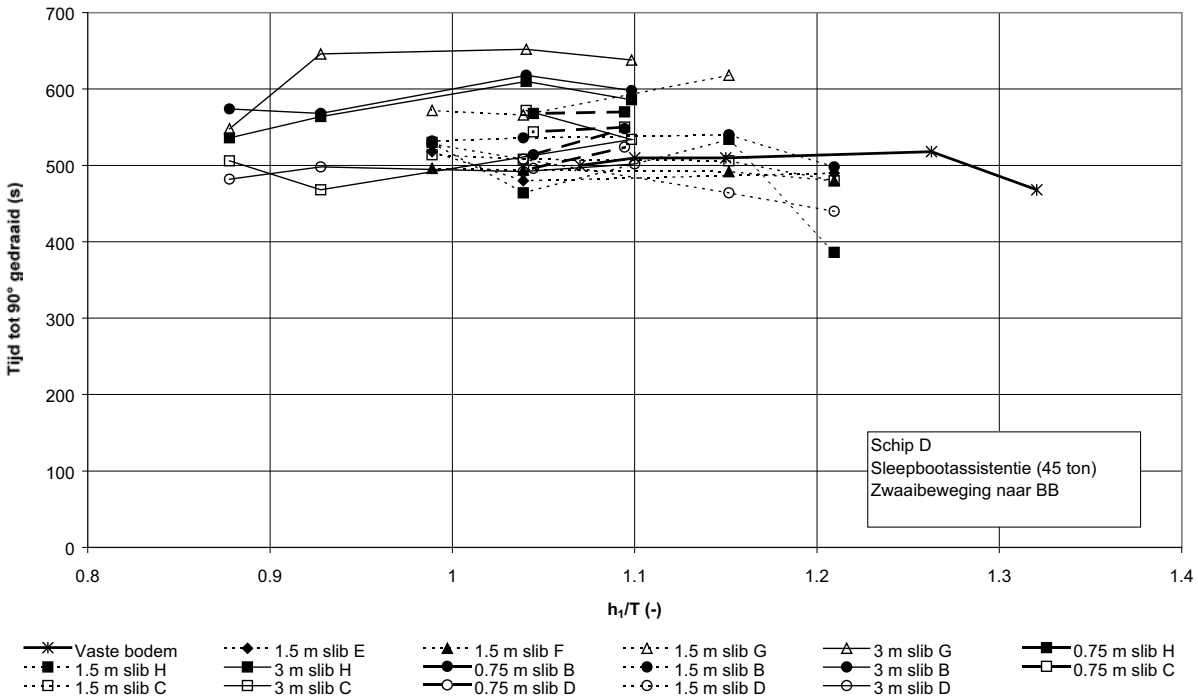
Figuur 8.28. Uitvoeren van een zwaaibeweging naar BB met sleepbootassistentie.



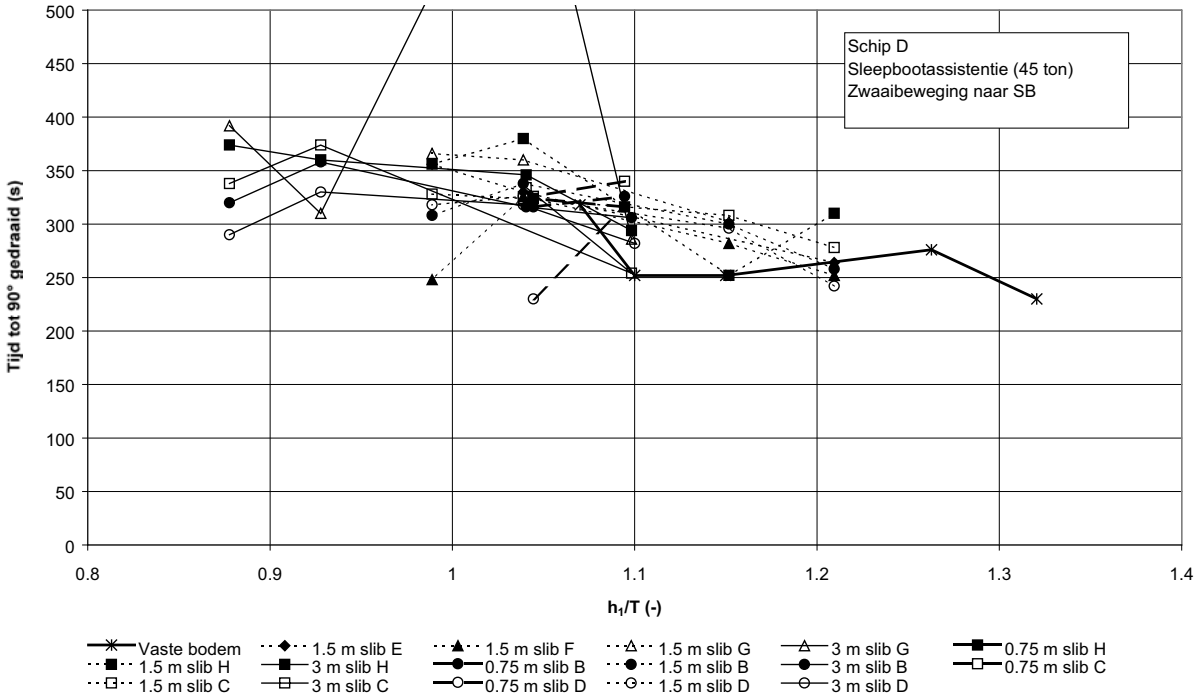
Figuur 8.29. Uitvoeren van een zwaaibeweging naar SB met dubbele sleepboot-assistentie.



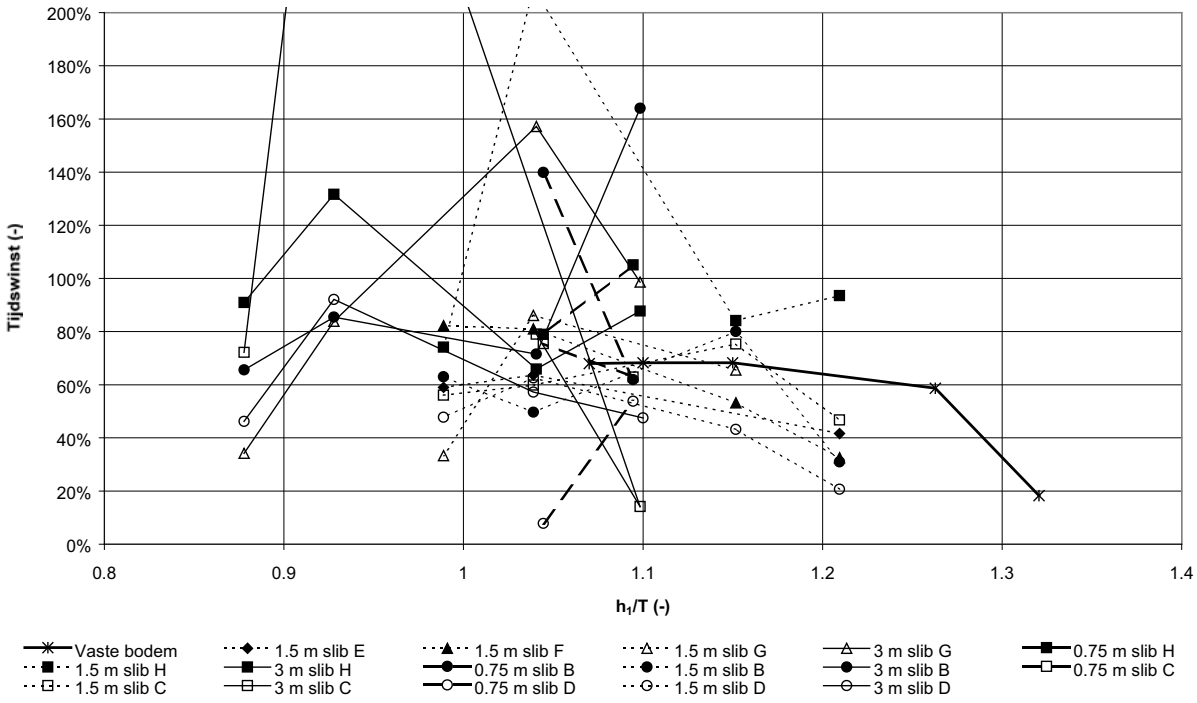
Figuur 8.30a. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Benodigde tijd om het schip 90° te doen zwaaien in functie van h_1/T. Zwaaibeweging naar SB met assistentie van één sleepboot van 45 ton, voor verschillende bodemcondities.



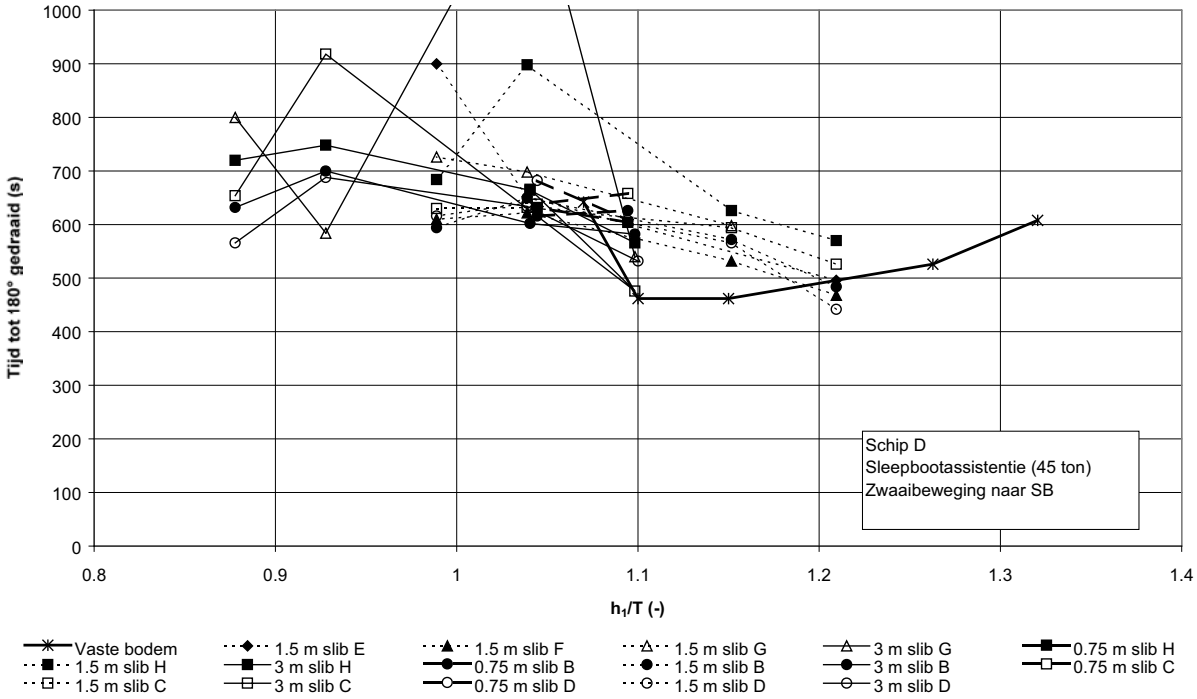
Figuur 8.30b. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Benodigde tijd om het schip 90° te doen zwaaien in functie van h_1/T. Zwaaibeweging naar BB met assistentie van één sleepboot van 45 ton, voor verschillende bodemcondities.



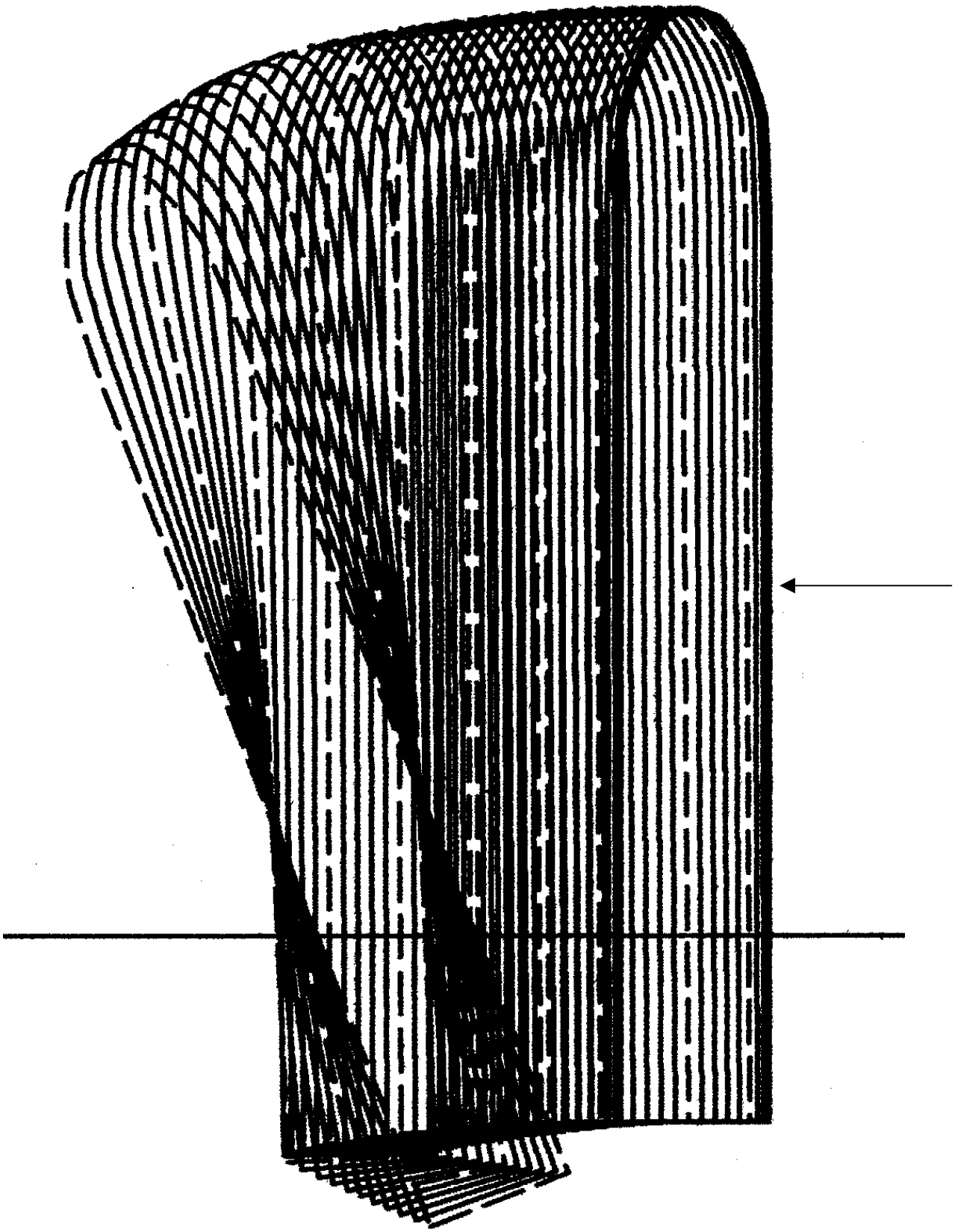
Figuur 8.30c. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Benodigde tijd om het schip 90° te doen zwaaien in functie van h_1/T. Zwaaibeweging naar SB met assistentie van twee sleepboten van 45 ton, voor verschillende bodemcondities.



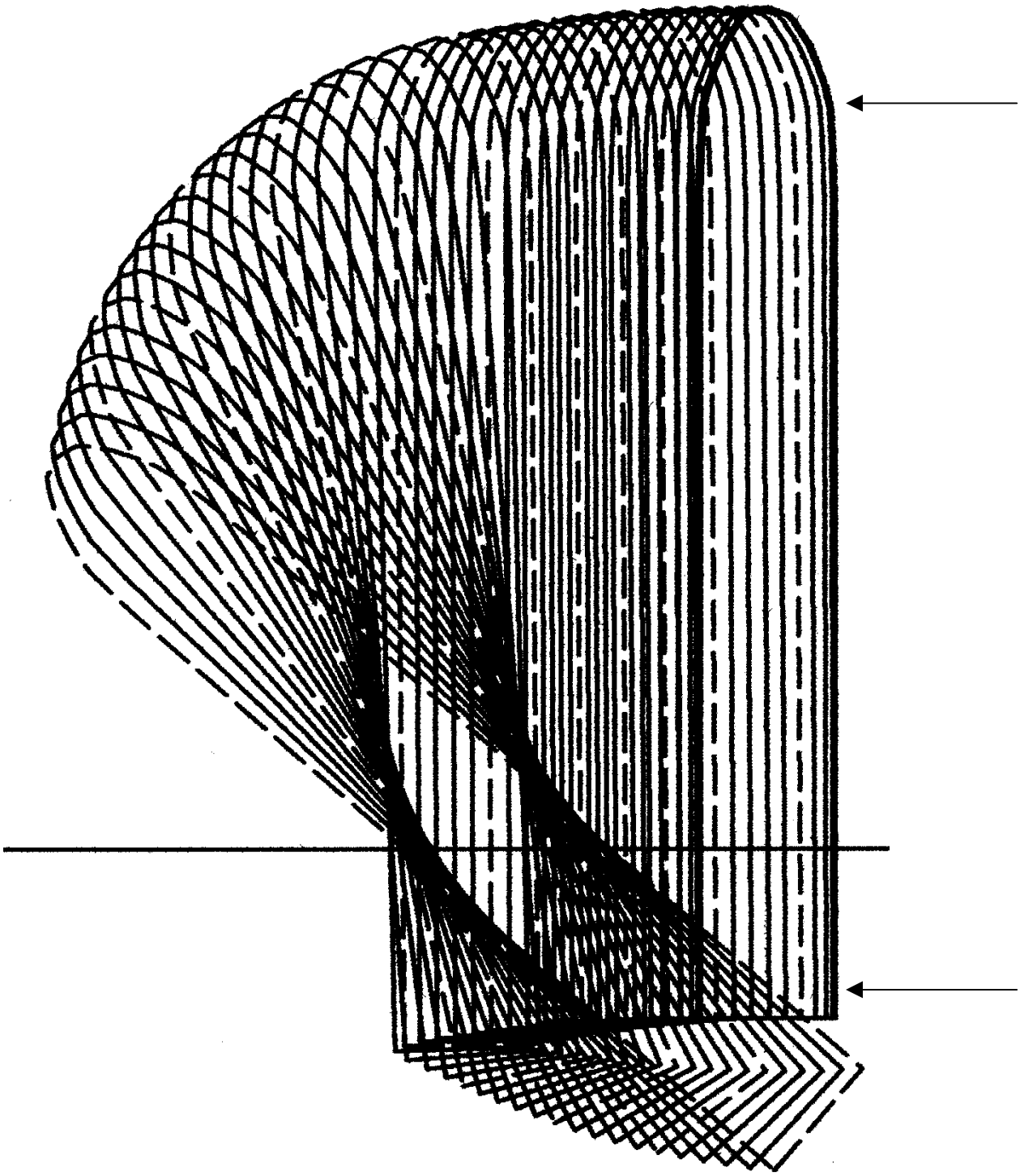
Figuur 8.31. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Tijdswinst wanneer er gebruik gemaakt wordt van 2 sleepboten voor de zwaaibeweging naar SB in functie van h_1/T. Winst vergeleken met het gebruik van 1 sleepboot.



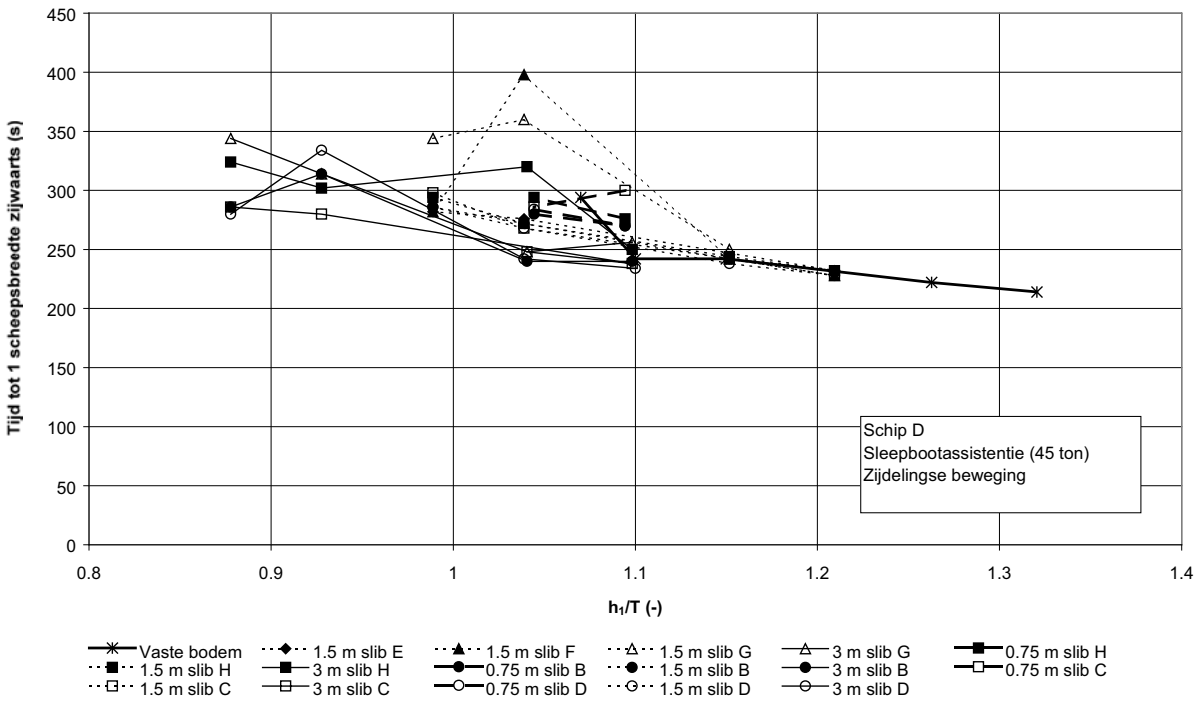
Figuur 8.32. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Benodigde tijd om het schip 180° te doen zwaaien in functie van h_1/T. Zwaaibeweging naar SB met assistentie van twee sleepboten van 45 ton, voor verschillende bodemcondities.



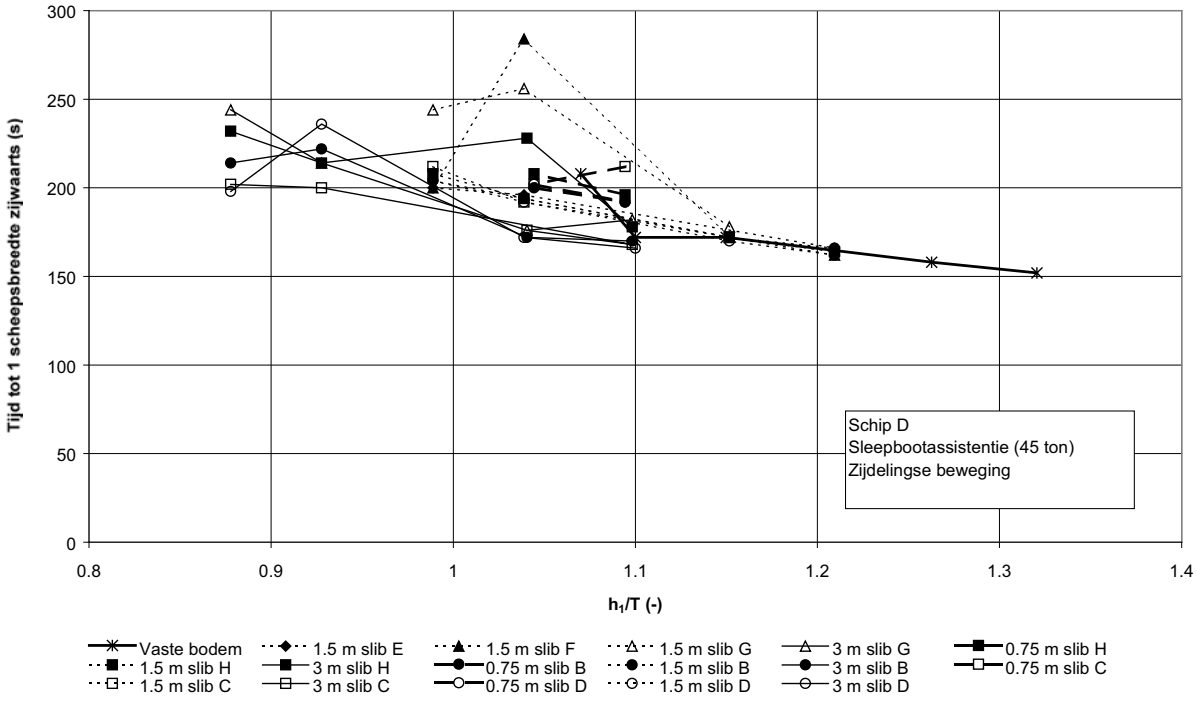
Figuur 8.33. Laterale verplaatsing van het schip naar BB met sleepbootassistentie.



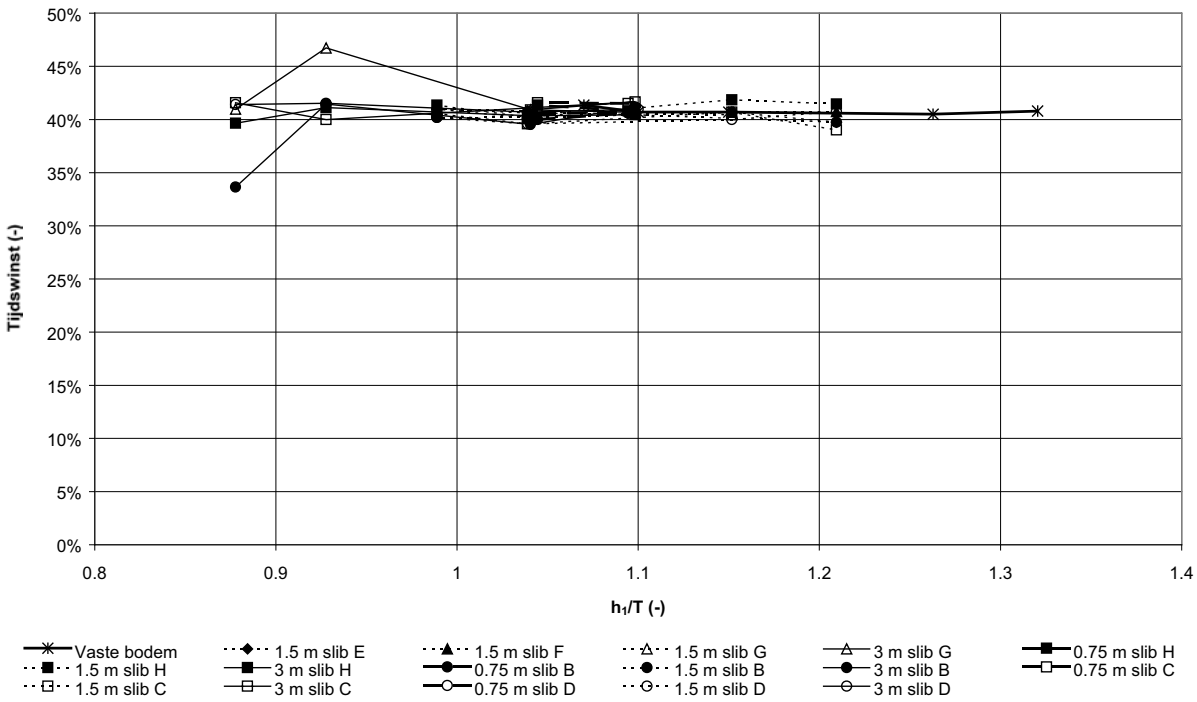
Figuur 8.34. Laterale verplaatsing van het schip naar BB met dubbele sleepboot-assistentie.



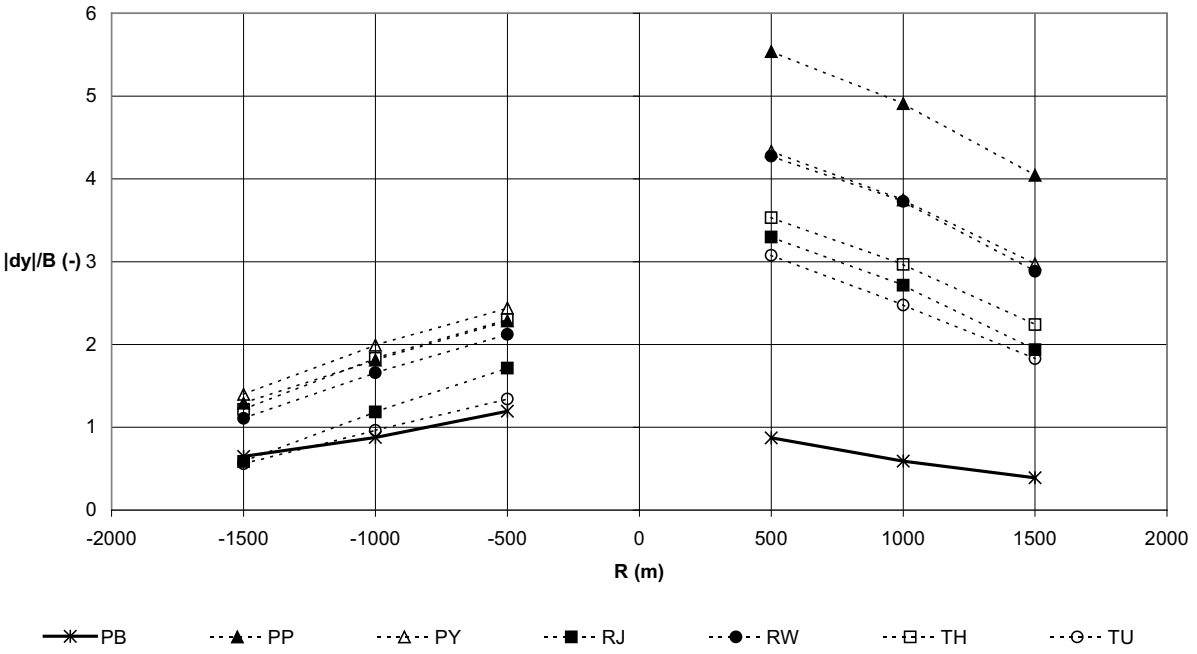
Figuur 8.35a. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Benodigde tijd om het schip zijdelings te verplaatsen over één scheepsbreedte in functie van h_1/T. Assistentie van één sleepboot van 45 ton, voor verschillende bodemcondities.



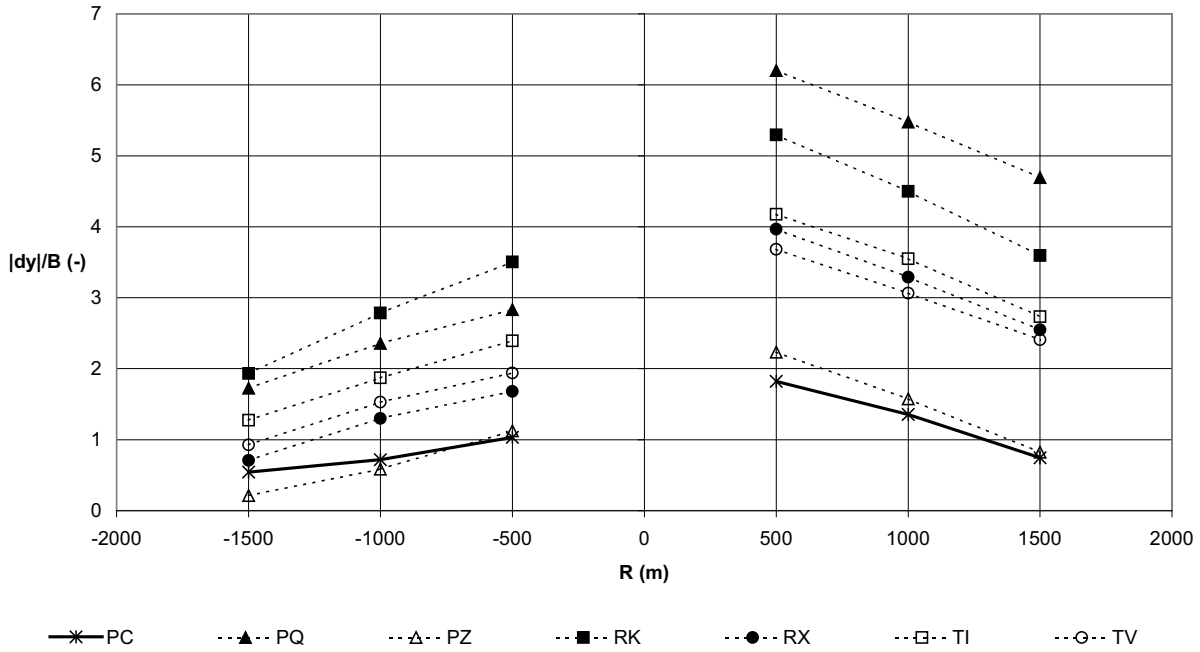
Figuur 8.35b. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie
Benodigde tijd om het schip zijdelings te verplaatsen over één scheepsbreedte in functie van h_1/T. Assistentie van twee sleepboten van 45 ton, voor verschillende bodemcondities.



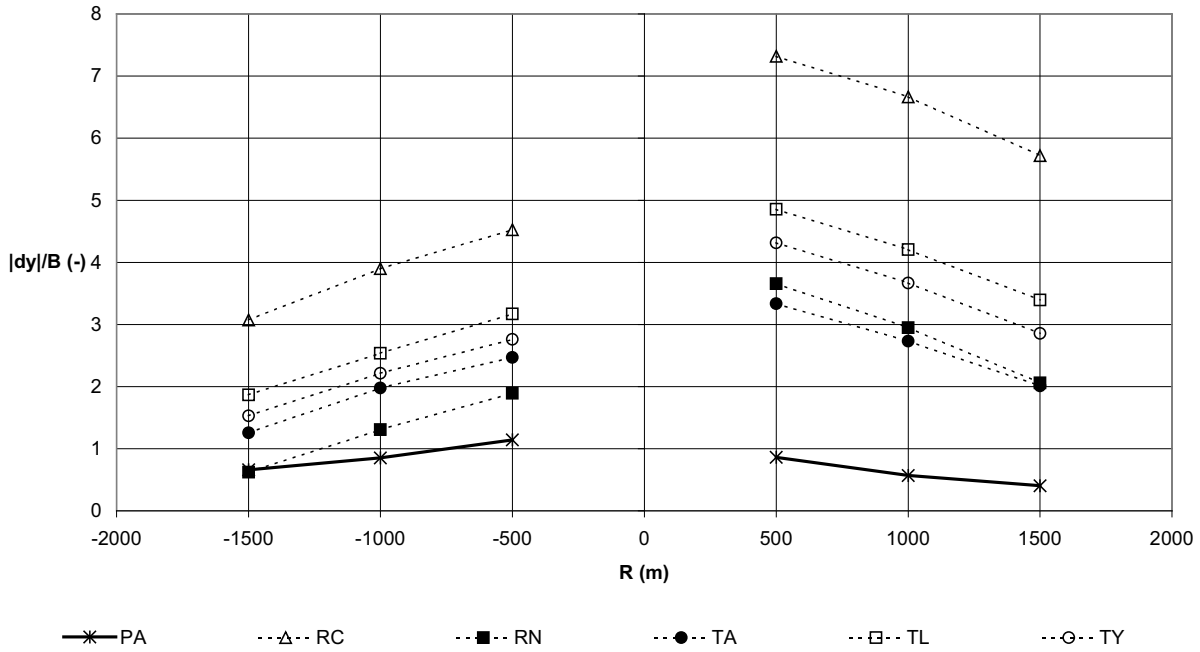
Figuur 8.36. Schip D – Fast-time simulaties: sleepbootassistentie. Tijdswinst wanneer er gebruik gemaakt wordt van 2 sleepboten voor de zijdelingse verplaatsing in functie van h_1/T. Winst vergeleken met het gebruik van 1 sleepboot.



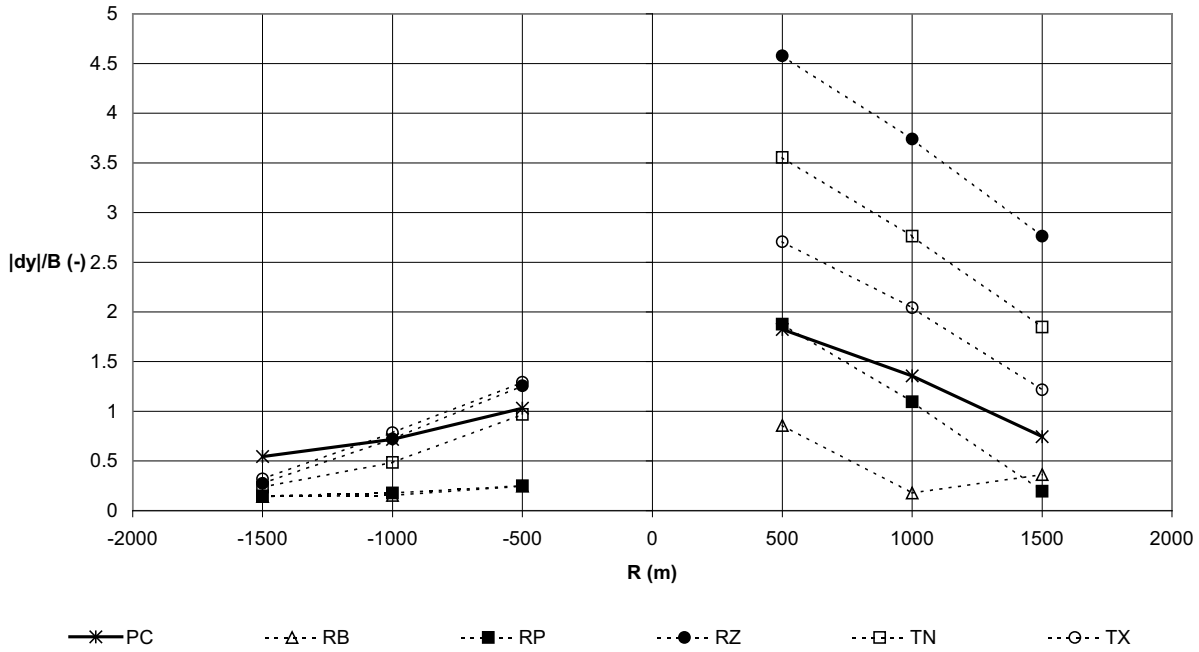
Figuur 8.37a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30° in functie van de kromtestraal (negatief = BB, positief = SB). 3.9% kielspeling t.o.v. top slib. Vaart in “harbour full’ boven 1.5 m slib.



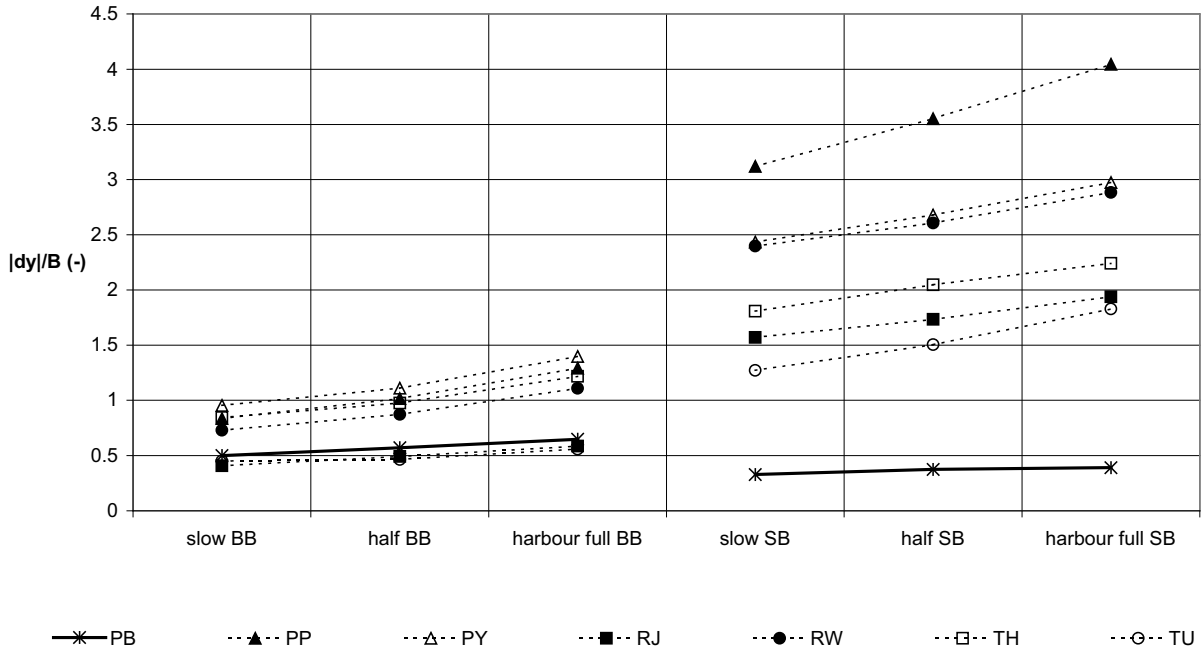
Figuur 8.37b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre.Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de kromtestraal (negatief = BB, positief = SB). -1.1% kielspeling t.o.v. top slib. Vaart in “harbour full’ in contact met 1.5 m slib.



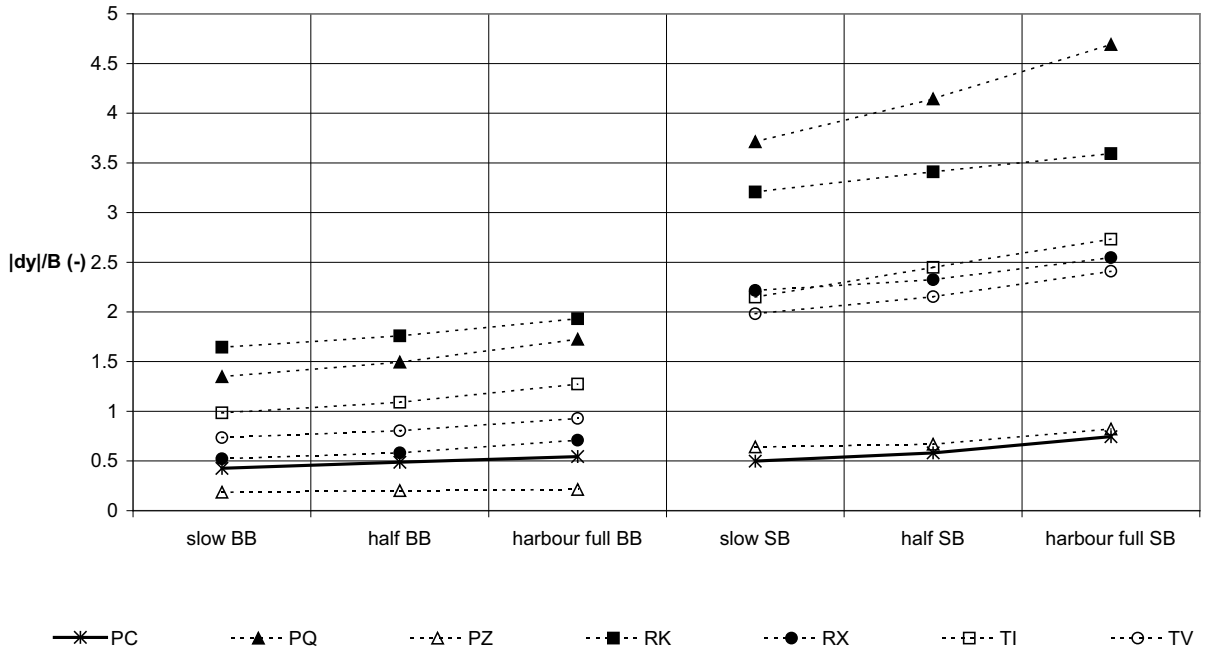
Figuur 8.37c. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre.Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de kromtestraal (negatief = BB, positief = SB). 4.1% kielspeling t.o.v. top slib. Vaart in “harbour full’ boven 3 m slib.



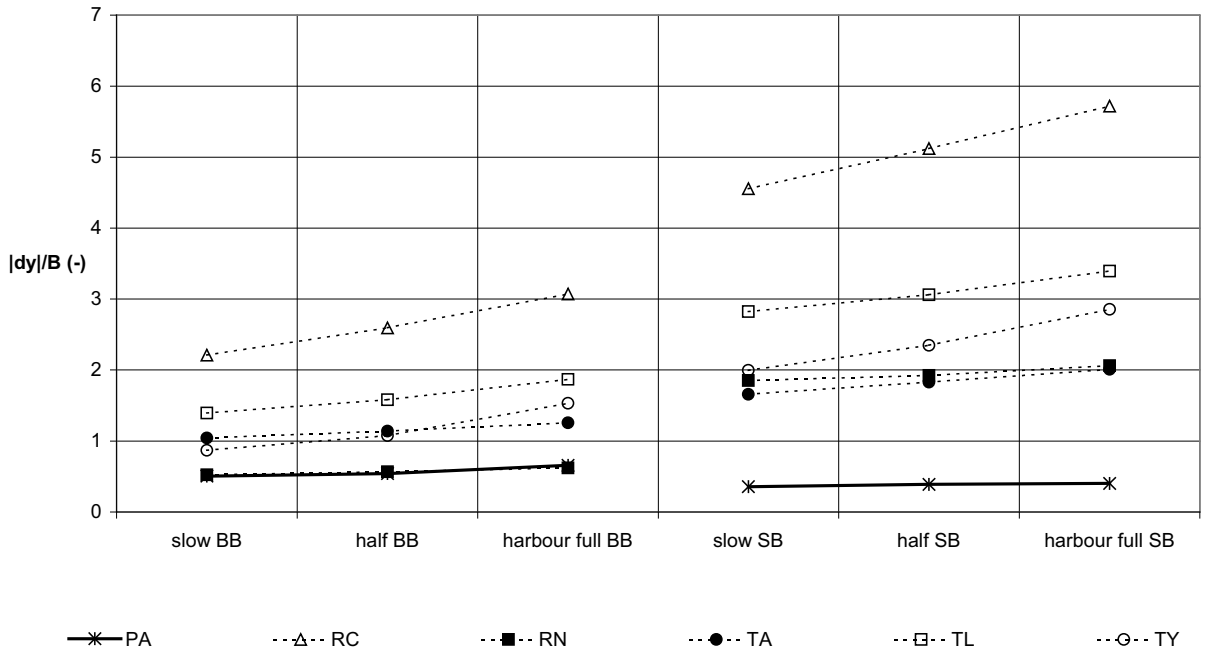
Figuur 8.37d. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de kromtestraal (negatief = BB, positief = SB). - 12.2% kielspeling t.o.v. top slib. Vaart in “harbour full’ in contact met 3 m slib.



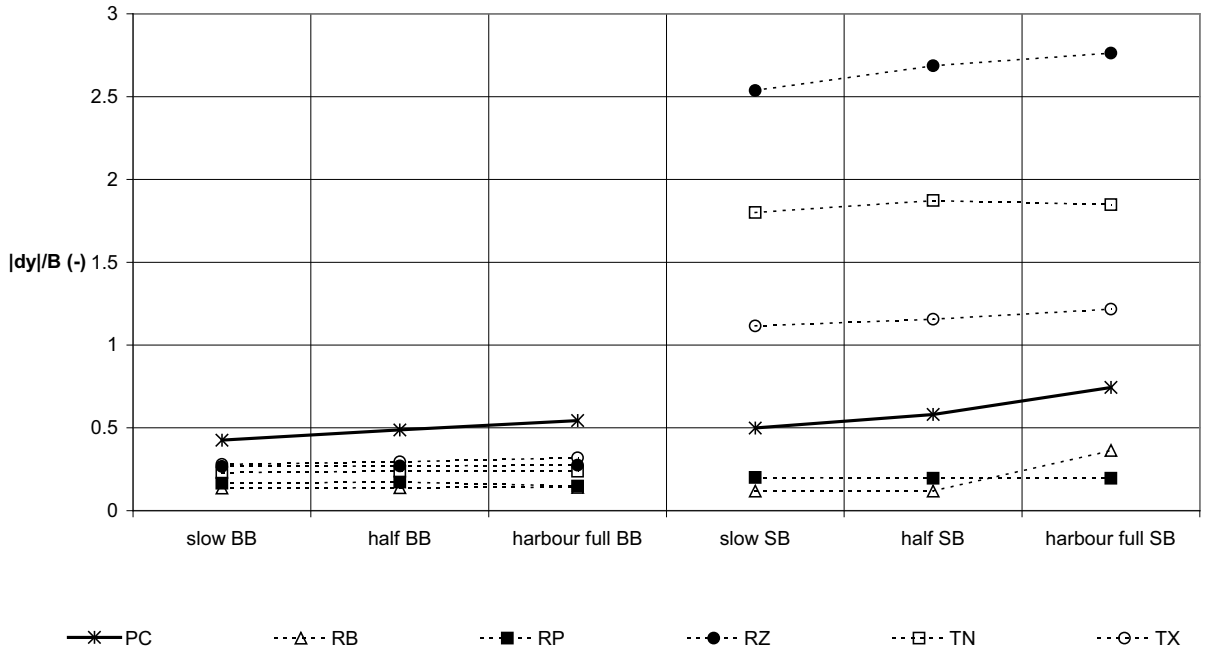
Figuur 8.38a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de motorinstelling. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib. R = 1500 m.



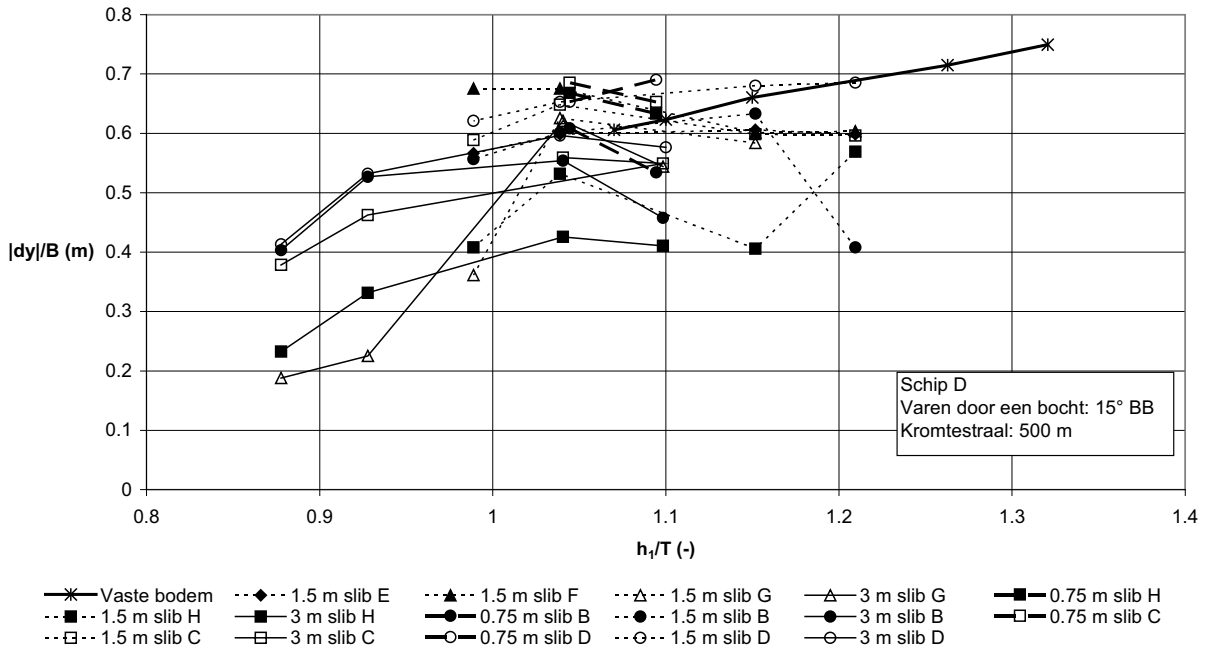
Figuur 8.38b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de motorinstelling. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib. R = 1500 m.



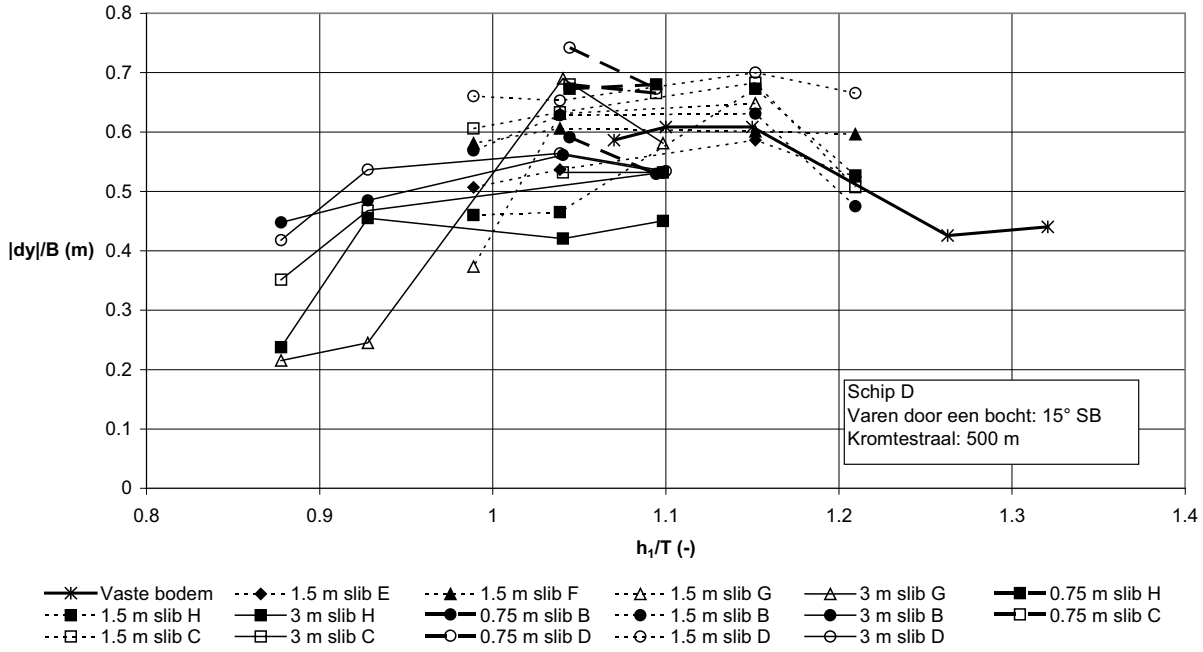
Figuur 8.38c. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de motorinstelling. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib. R = 1500 m.



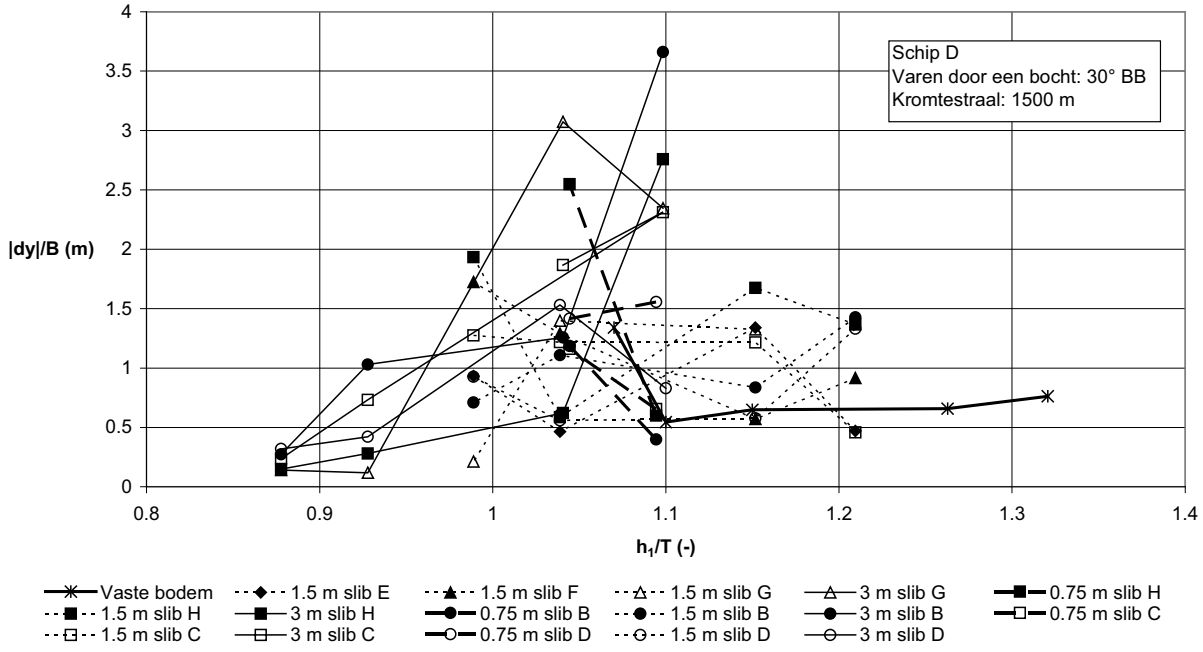
Figuur 8.38d. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30°. Invloed van de motorinstelling. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib. R = 1500 m.



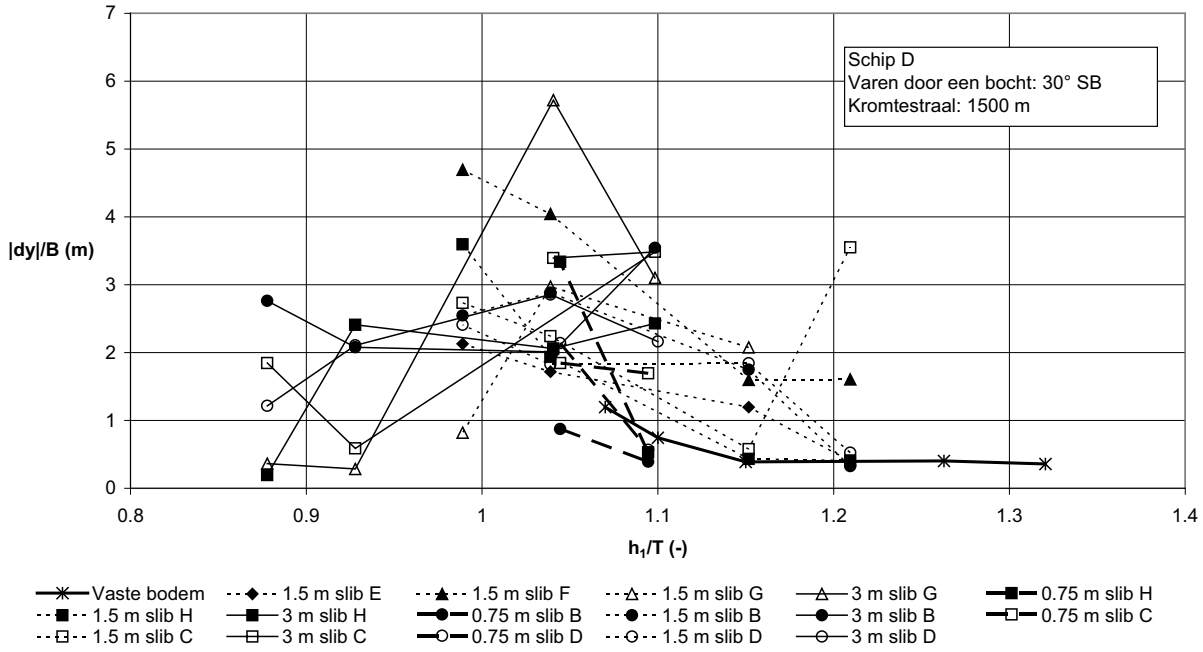
Figuur 8.39a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 15° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 500 m. Invloed van de vaaromgeving.



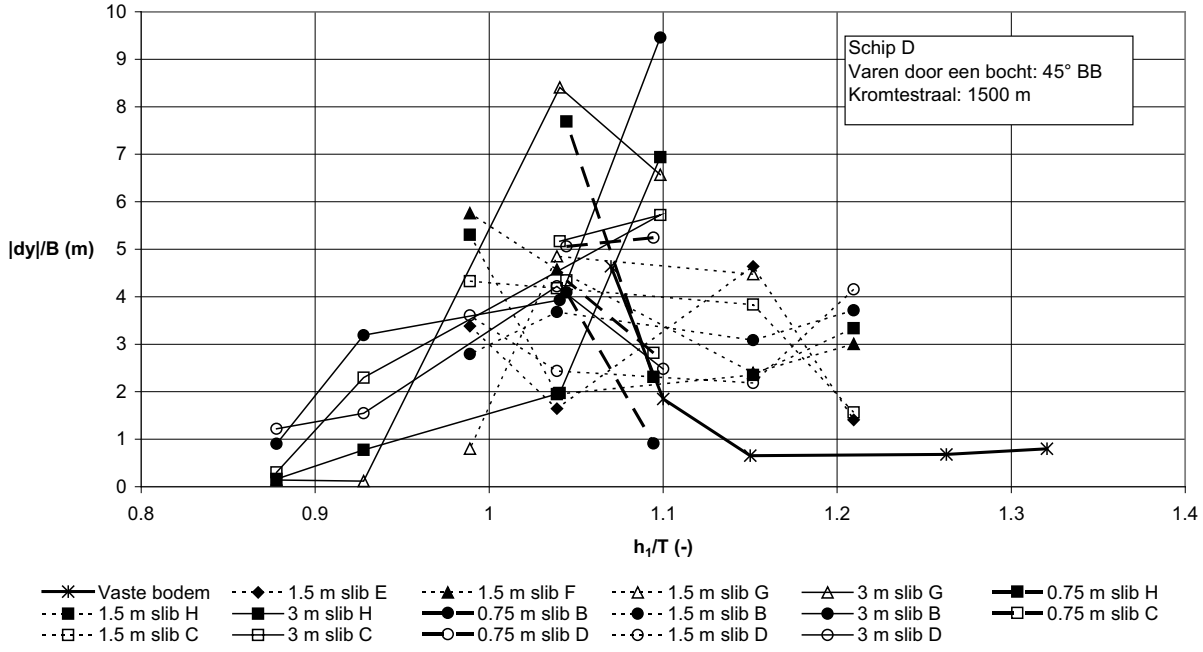
Figuur 8.39b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 15° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 500 m. Invloed van de vaaromgeving.



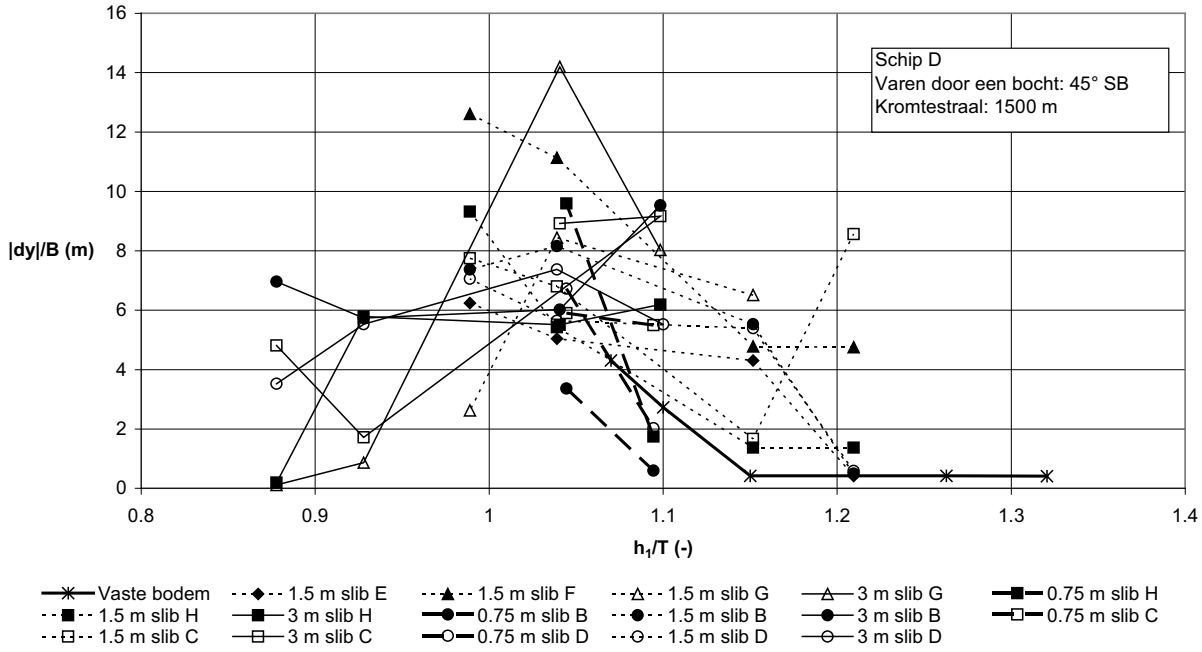
Figuur 8.40a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



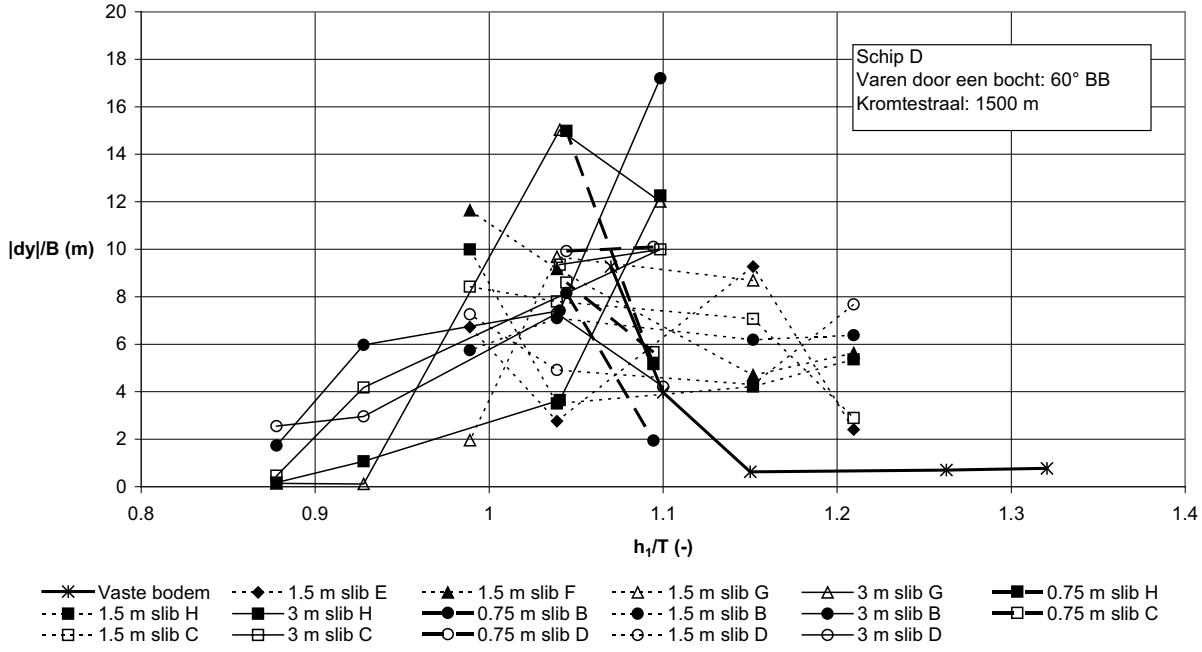
Figuur 8.40b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 30° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



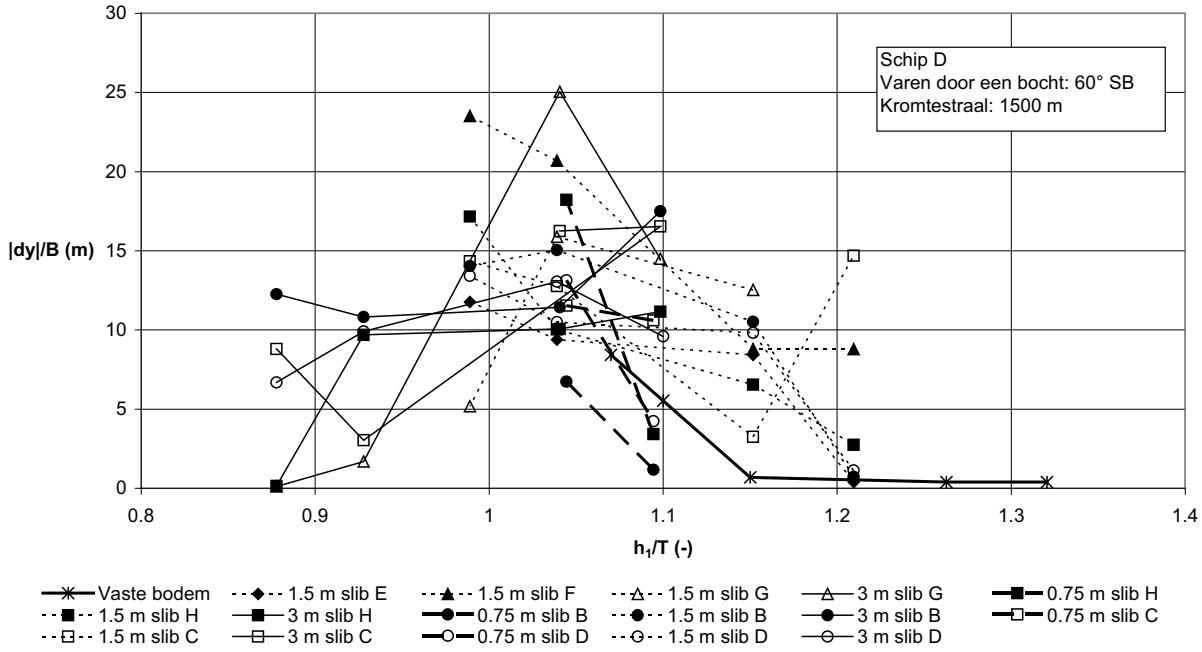
Figuur 8.41a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 45° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



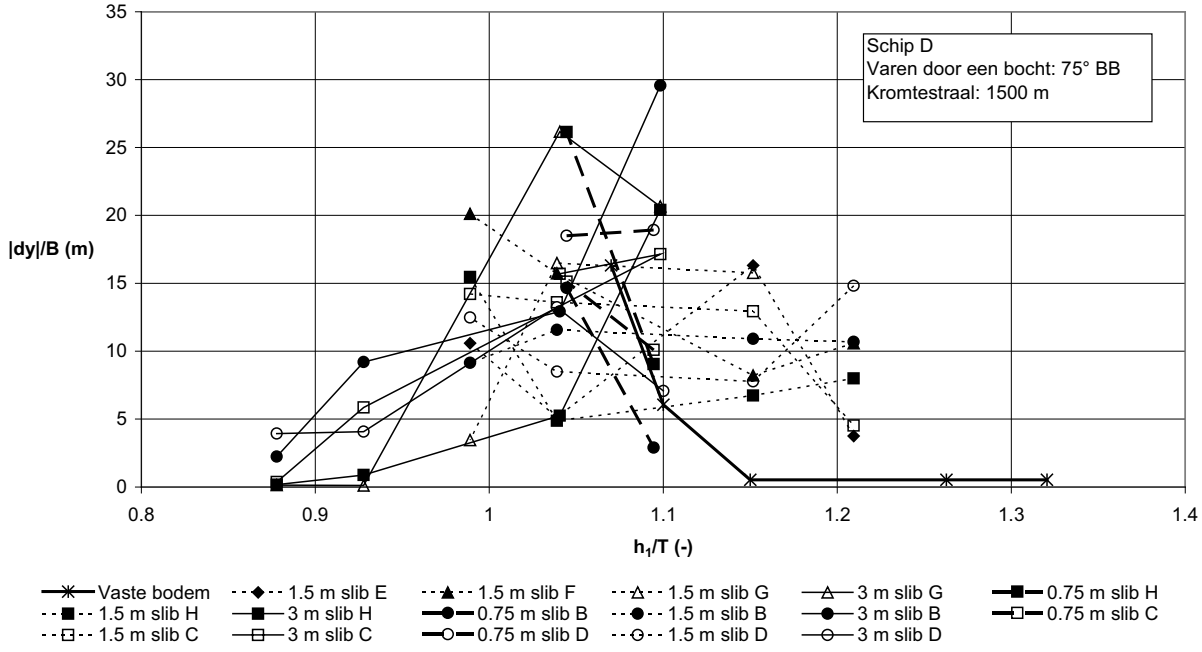
Figuur 8.41b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 45° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



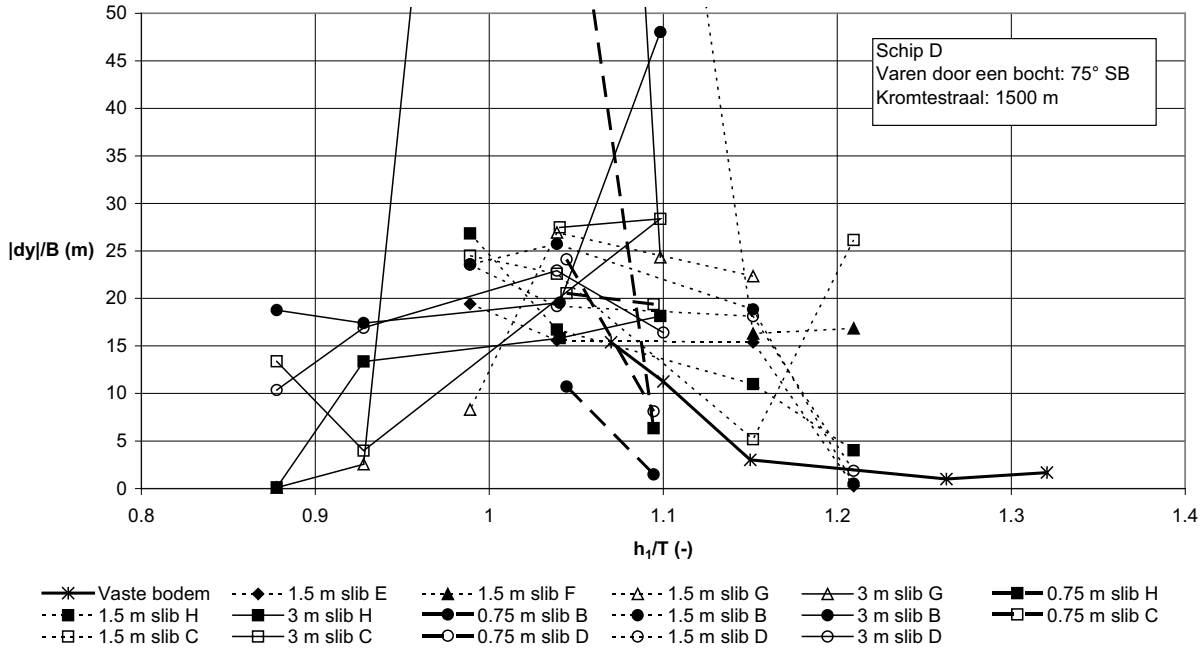
Figuur 8.42a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 60° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



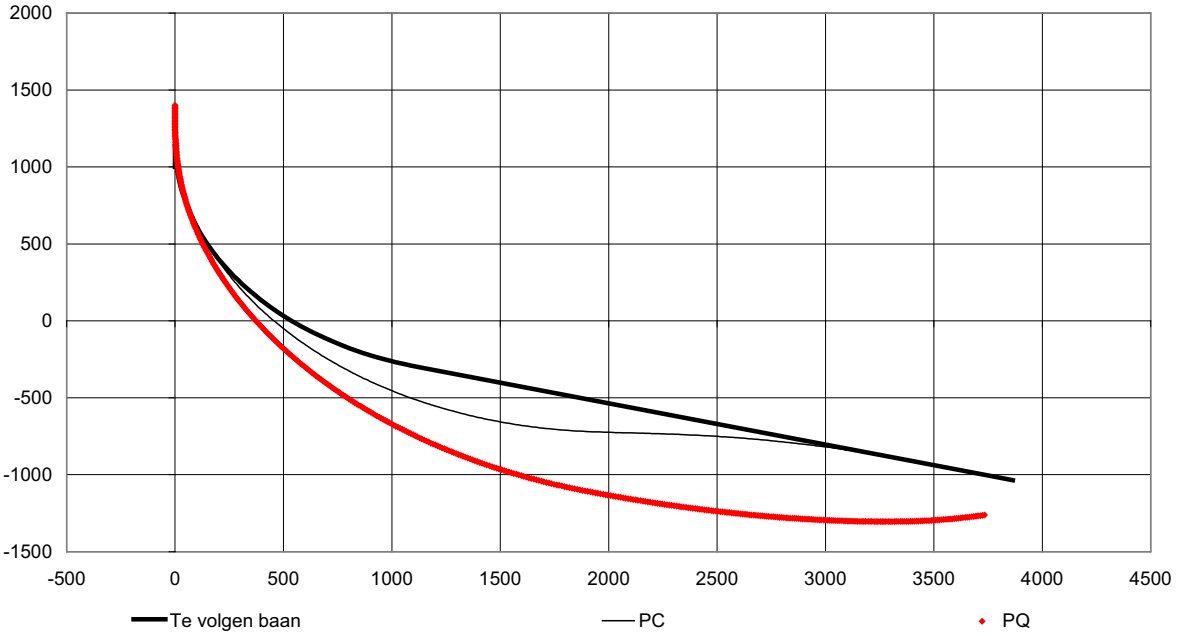
Figuur 8.42b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 60° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



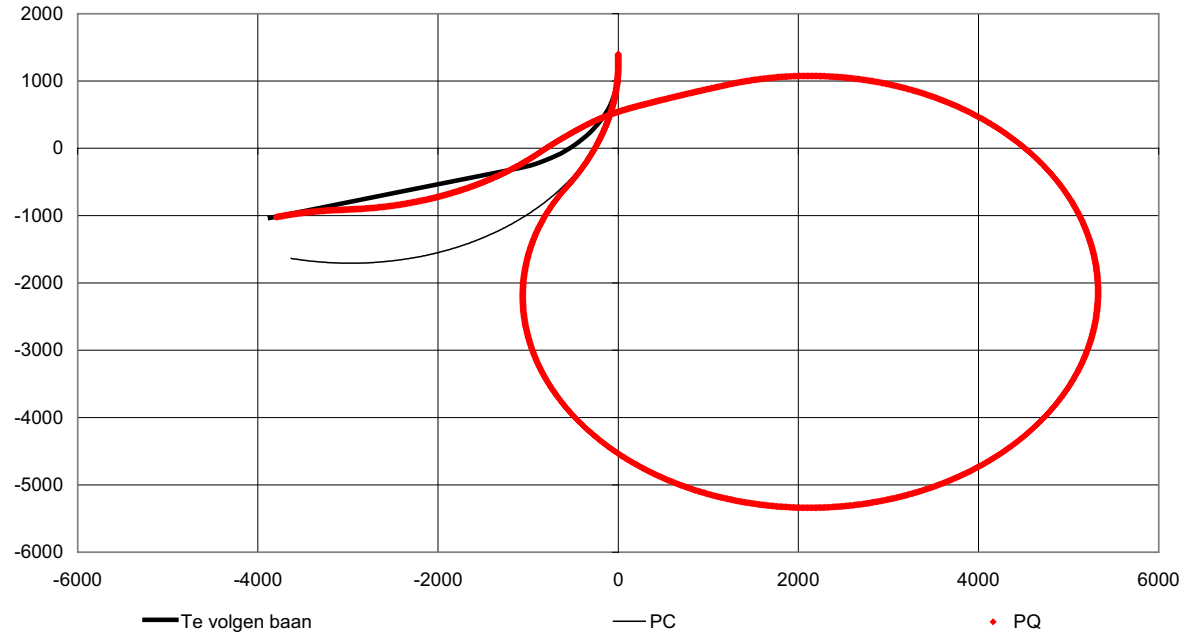
Figuur 8.43a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 75° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



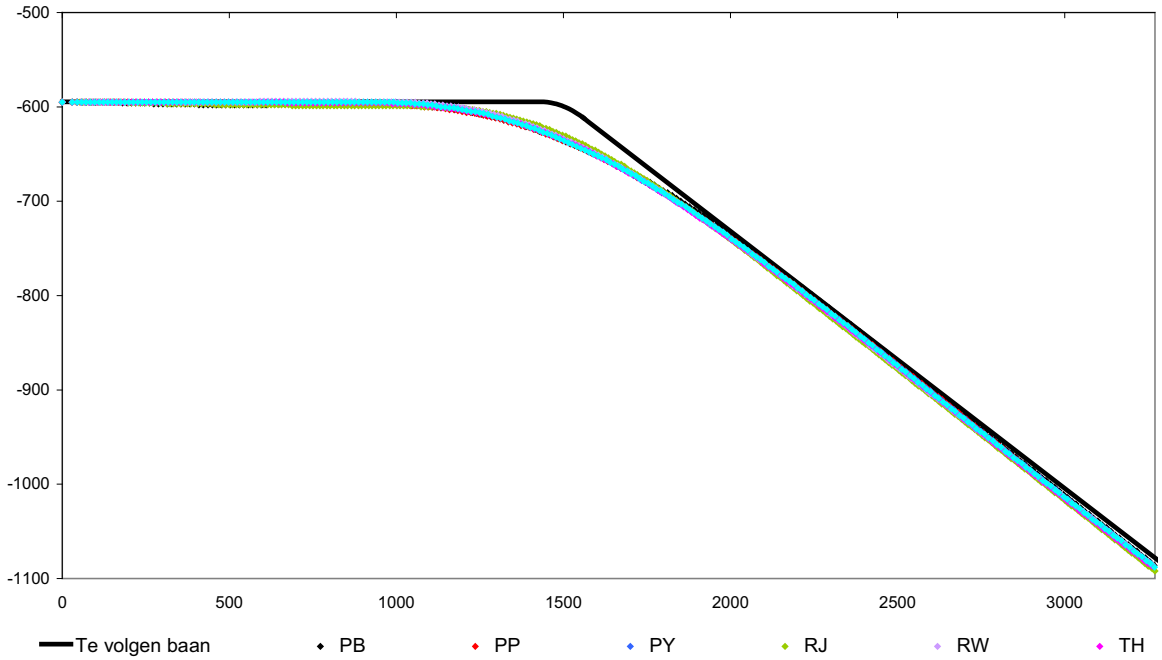
Figuur 8.43b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Maximale afwijking van het schip ten opzichte van de opgelegde baan bij een bocht van 75° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Invloed van de vaaromgeving.



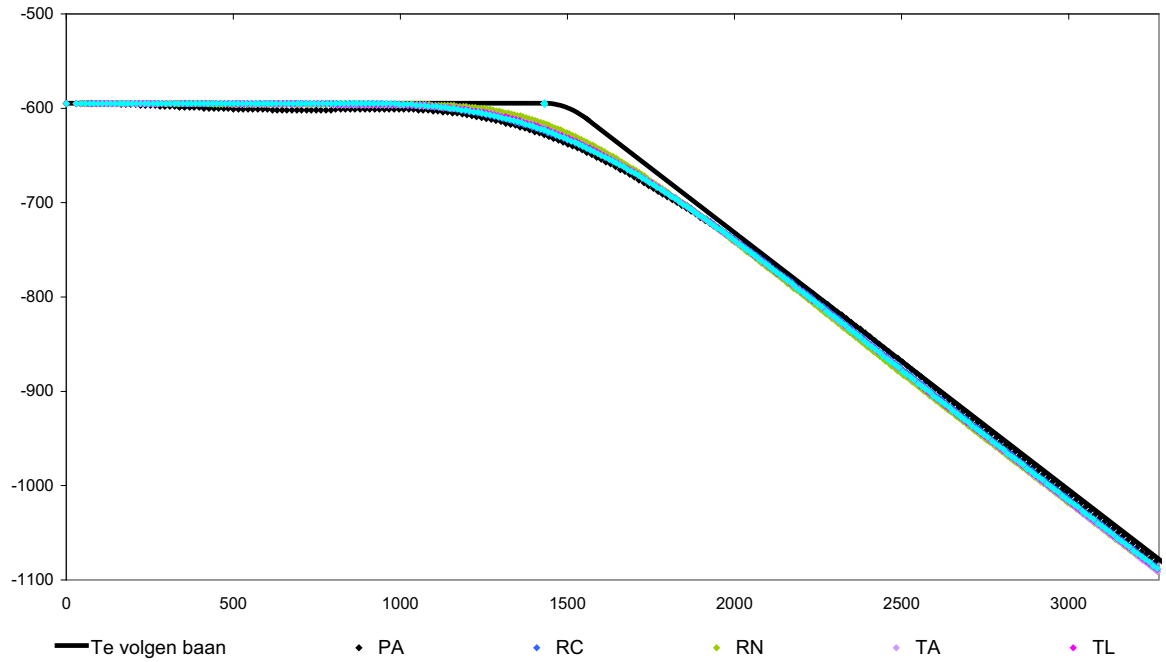
Figuur 8.44a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 75° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Vergelijking tussen de reeksen PC (10% kielspeling boven vaste bodem) en PQ (-1.1% kielspeling ten opzichte van top slib F).



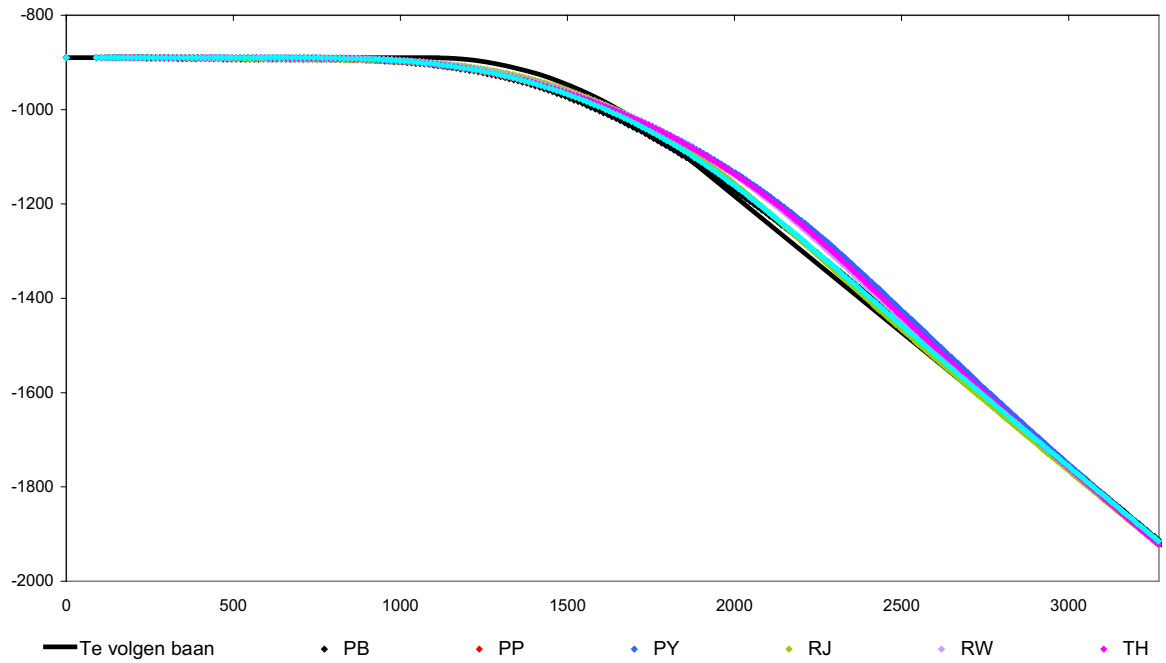
Figuur 8.44b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 75° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. Vergelijking tussen de reeksen PC (10% kielspeling boven vaste bodem) en PQ (-1.1% kielspeling ten opzichte van top slib F).



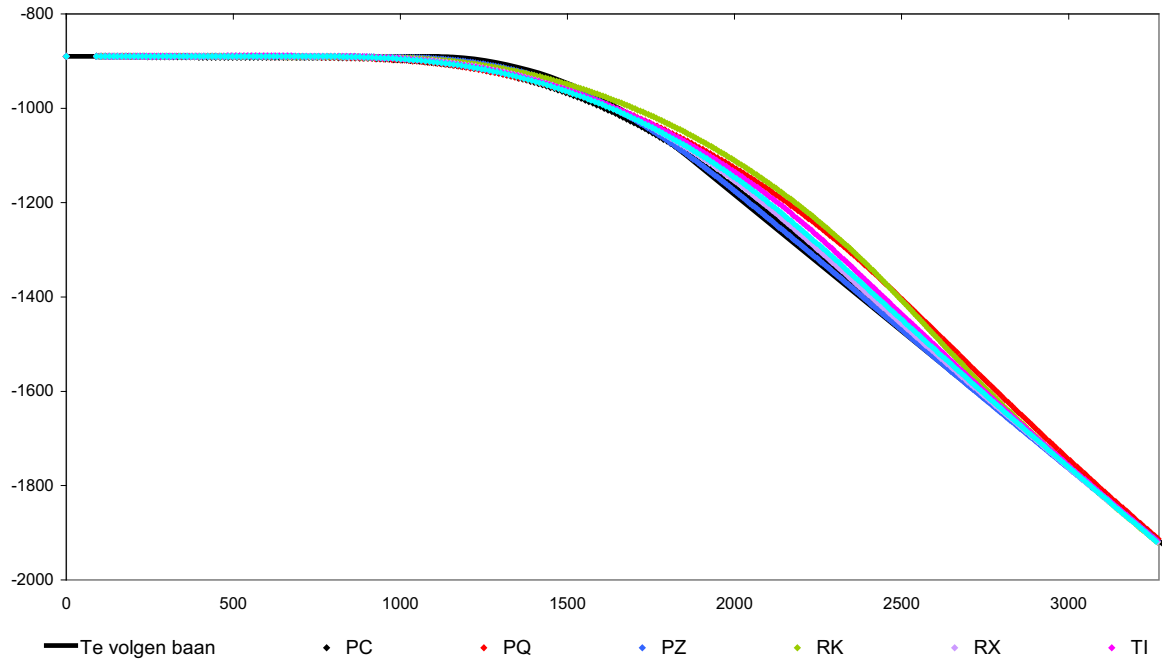
Figuur 8.45a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 15° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 500 m. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



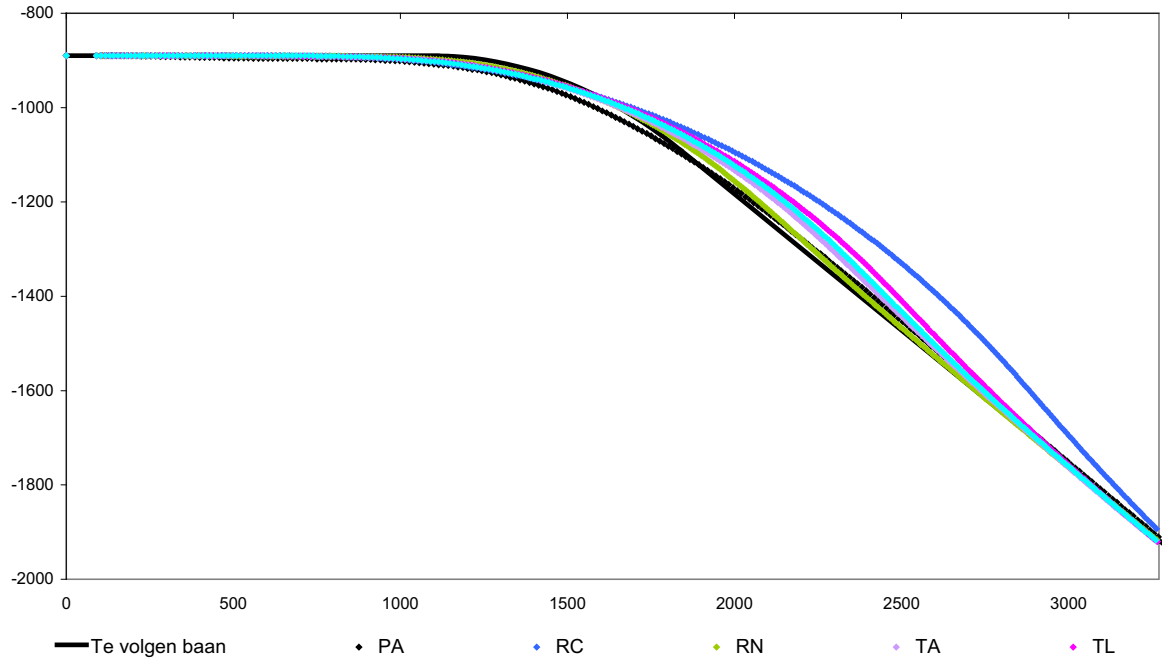
Figuur 8.45b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 15° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 500 m. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



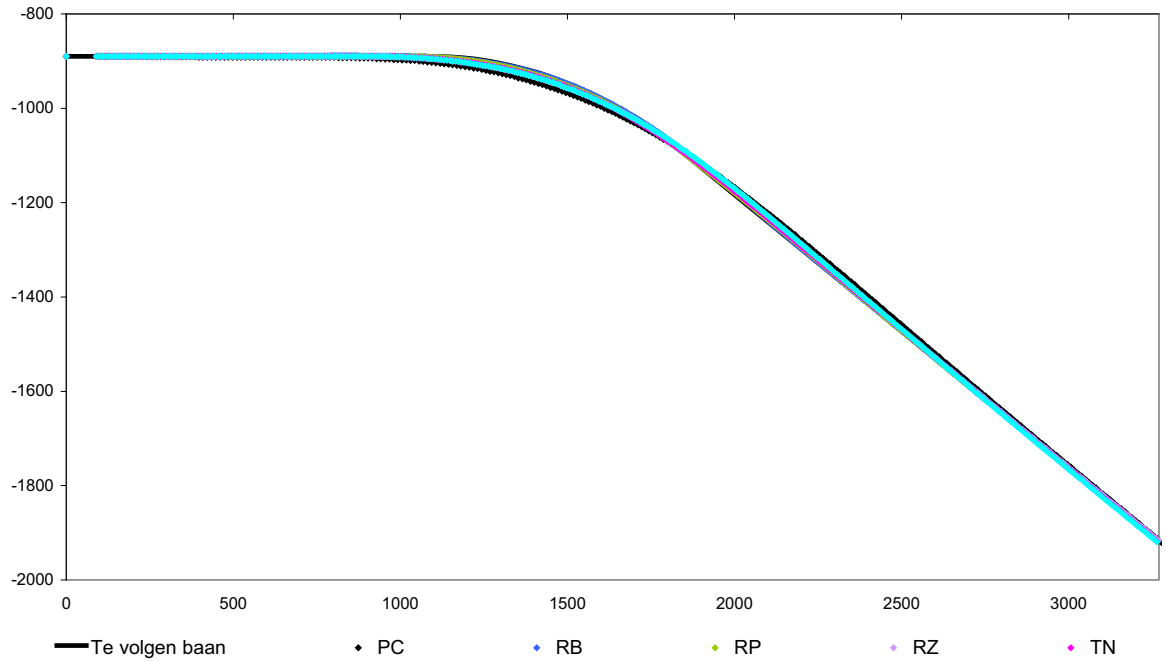
Figuur 8.46a. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



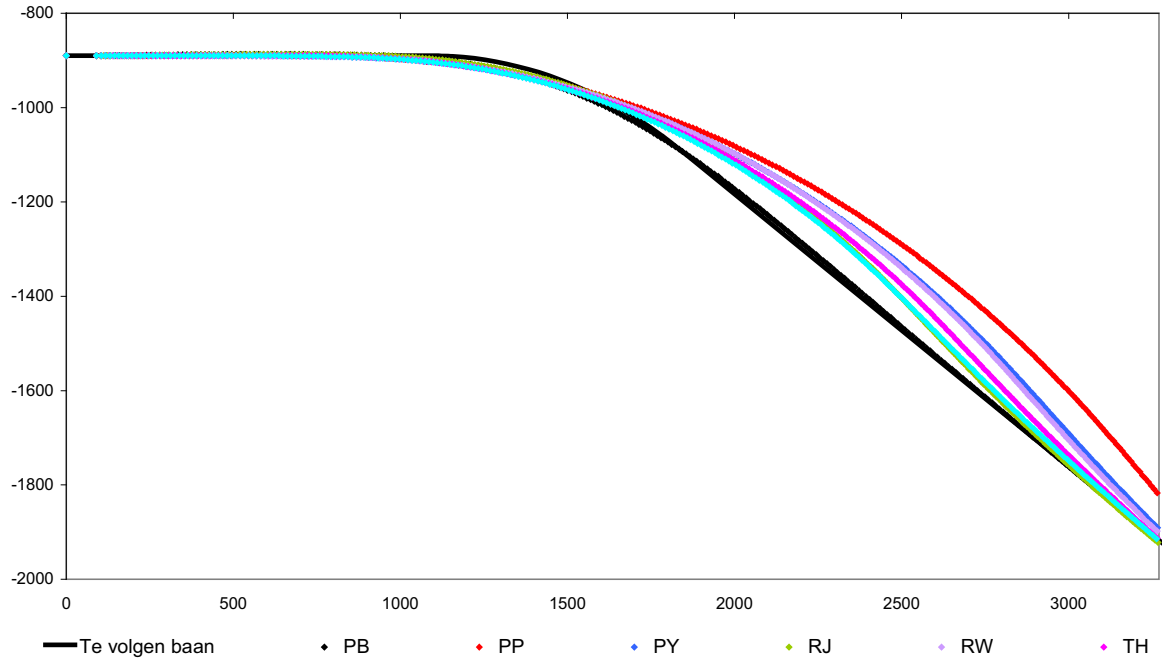
Figuur 8.46b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



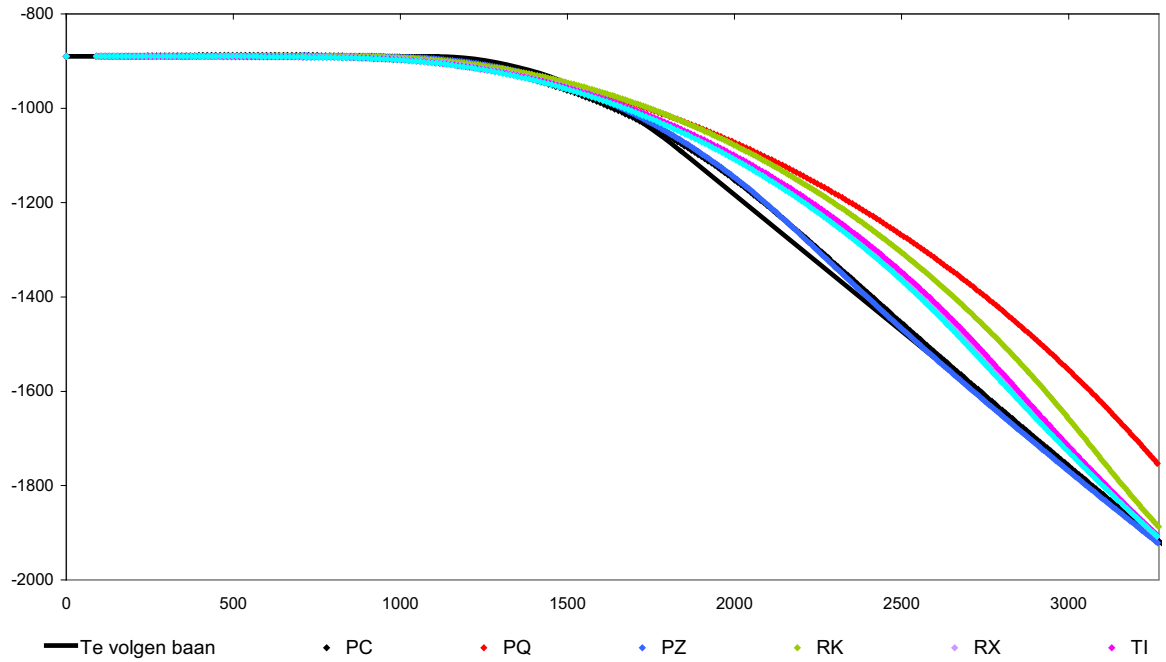
Figuur 8.46c. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



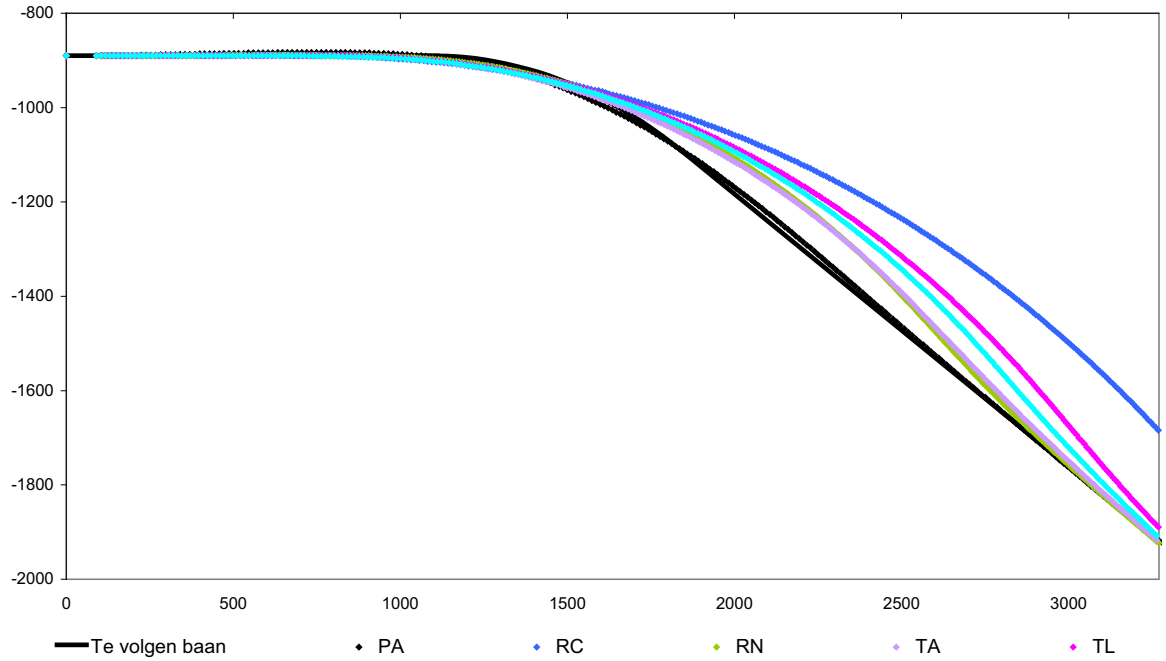
Figuur 8.46d. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar BB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



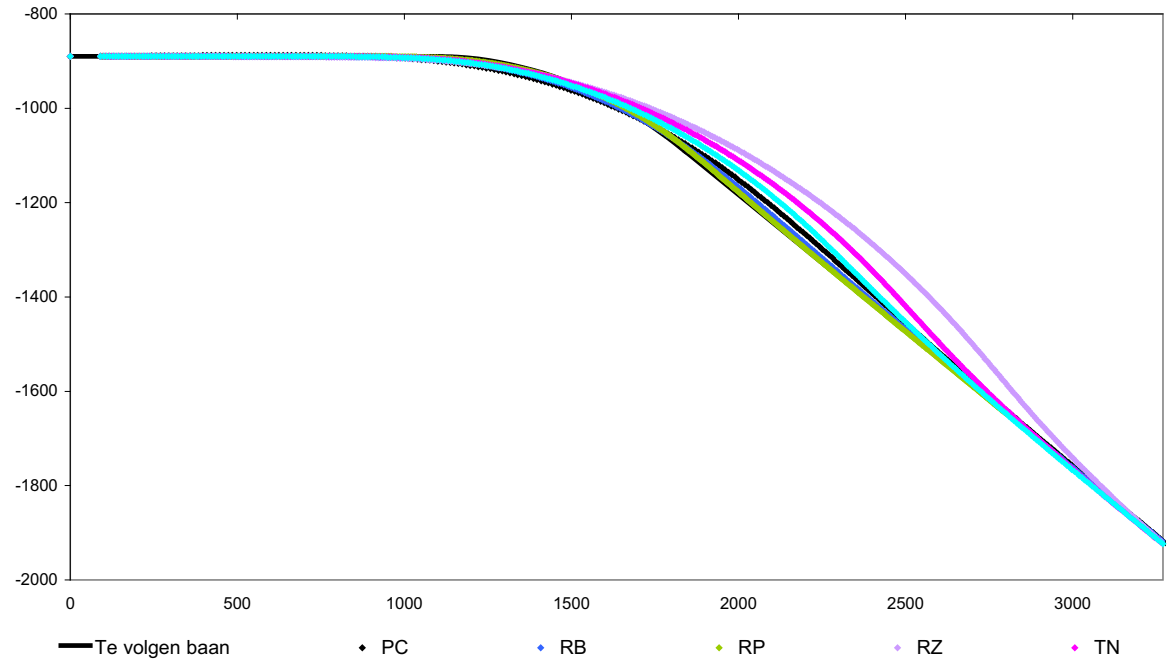
Figuur 8.47a. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. 3.9% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 1.5 m slib.



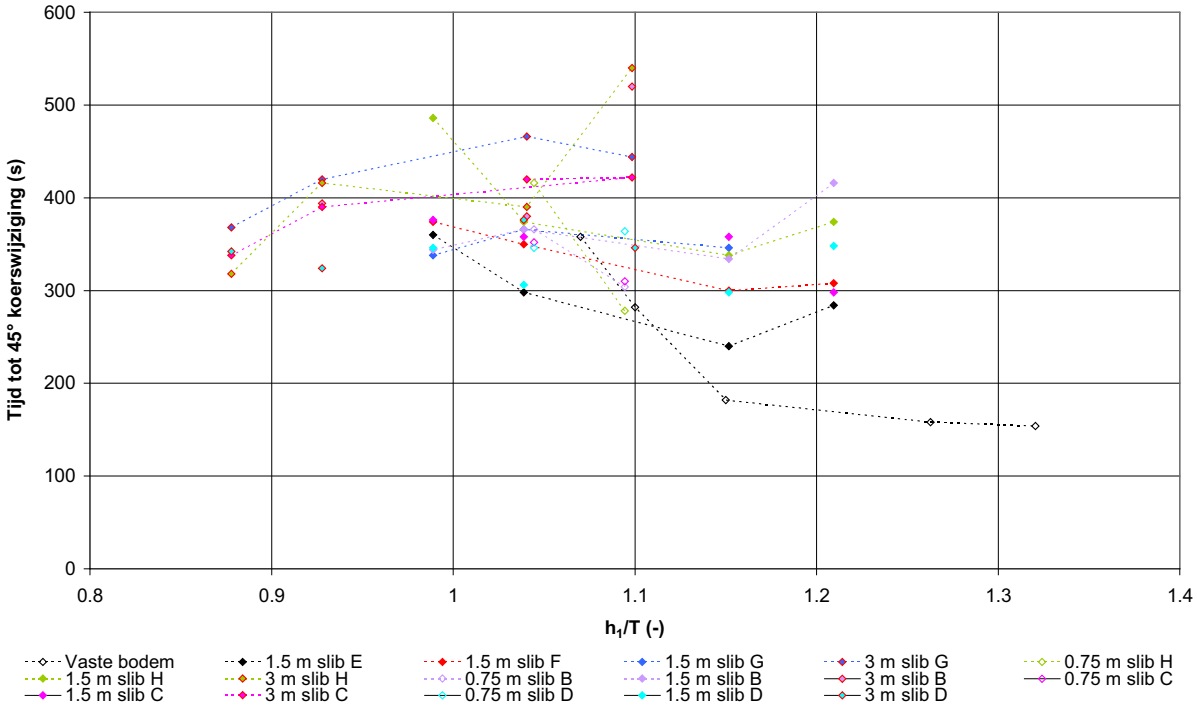
Figuur 8.47b. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. -1.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 1.5 m slib.



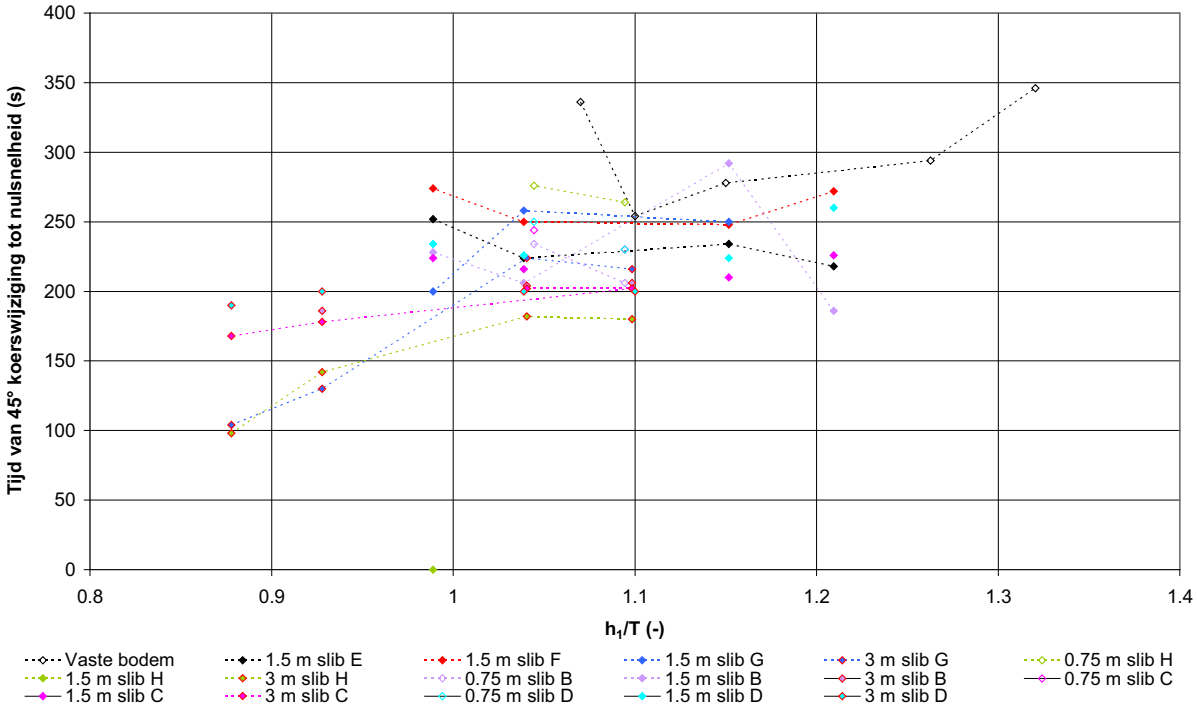
Figuur 8.47c. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. 4.1% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart boven 3 m slib.



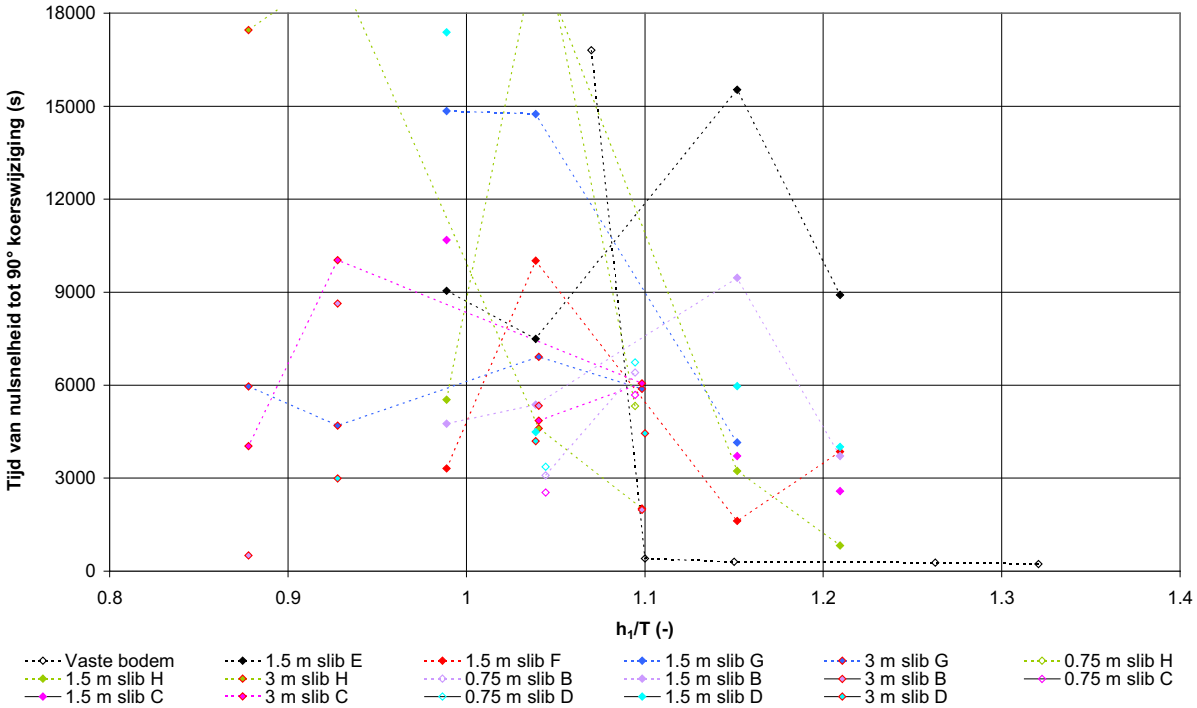
Figuur 8.47d. Schip D – Fast-time simulaties: bochtmanoeuvre. Vergelijking tussen de opgelegde baan en de gevolgde baan bij een bocht van 30° naar SB. Motorinstelling op “harbour full”, R = 1500 m. -12.2% kielspeling ten opzichte van top slib. Vaart in contact met 3 m slib.



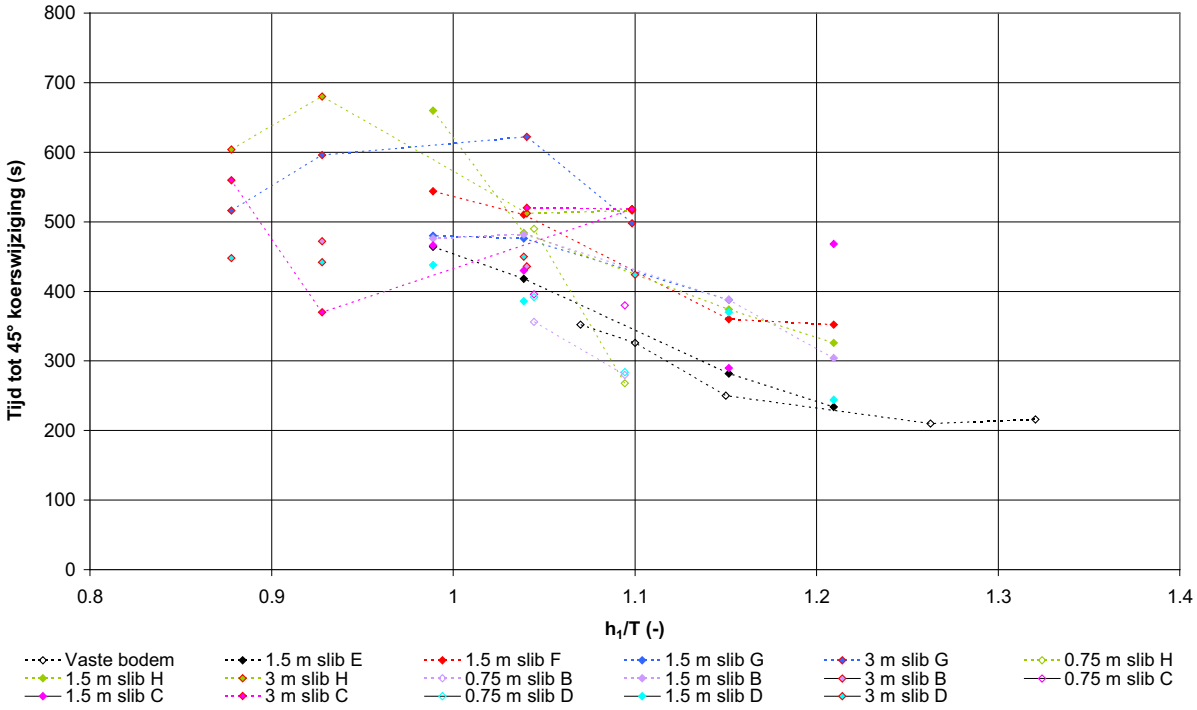
Figuur 8.48a. Schip D – Fast-time simulaties: Fill-first proef, starten met roeruitslag naar BB. Tijd voor het wijzigen van de koers met 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



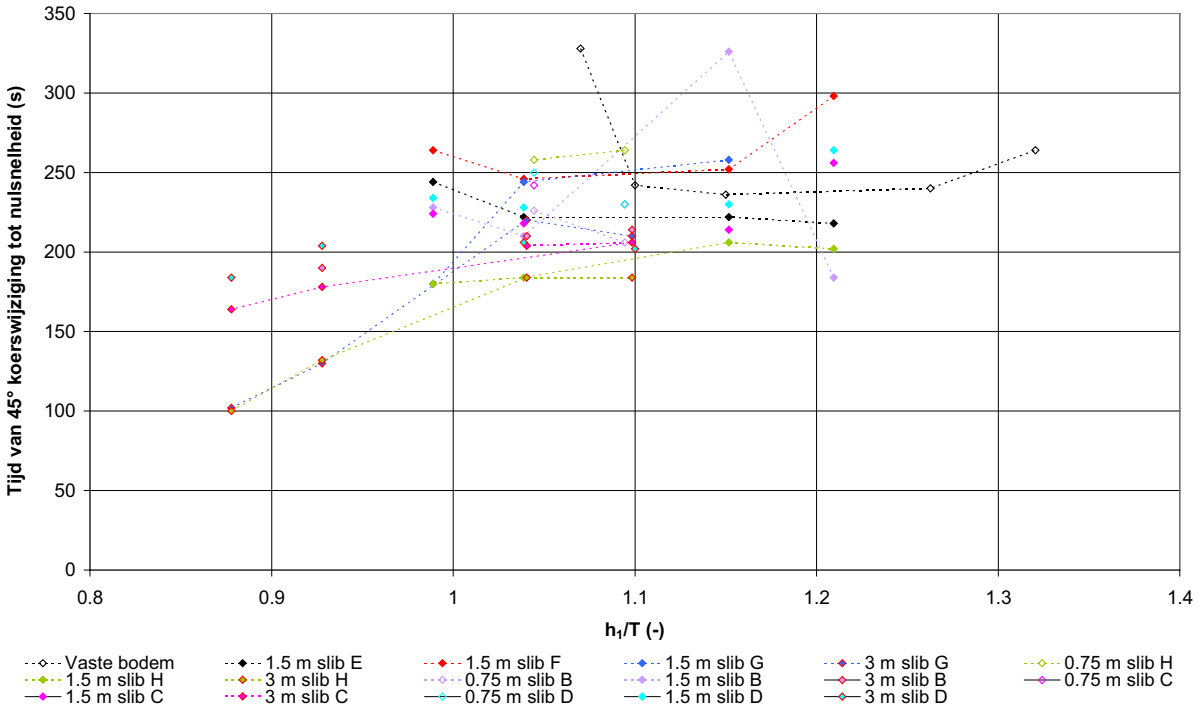
Figuur 8.48b. Schip D – Fast-time simulaties: Fill-first proef, starten met roeruitslag naar BB. Tijd voor het bereiken van de nulsnelheid na een koerswijziging van 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



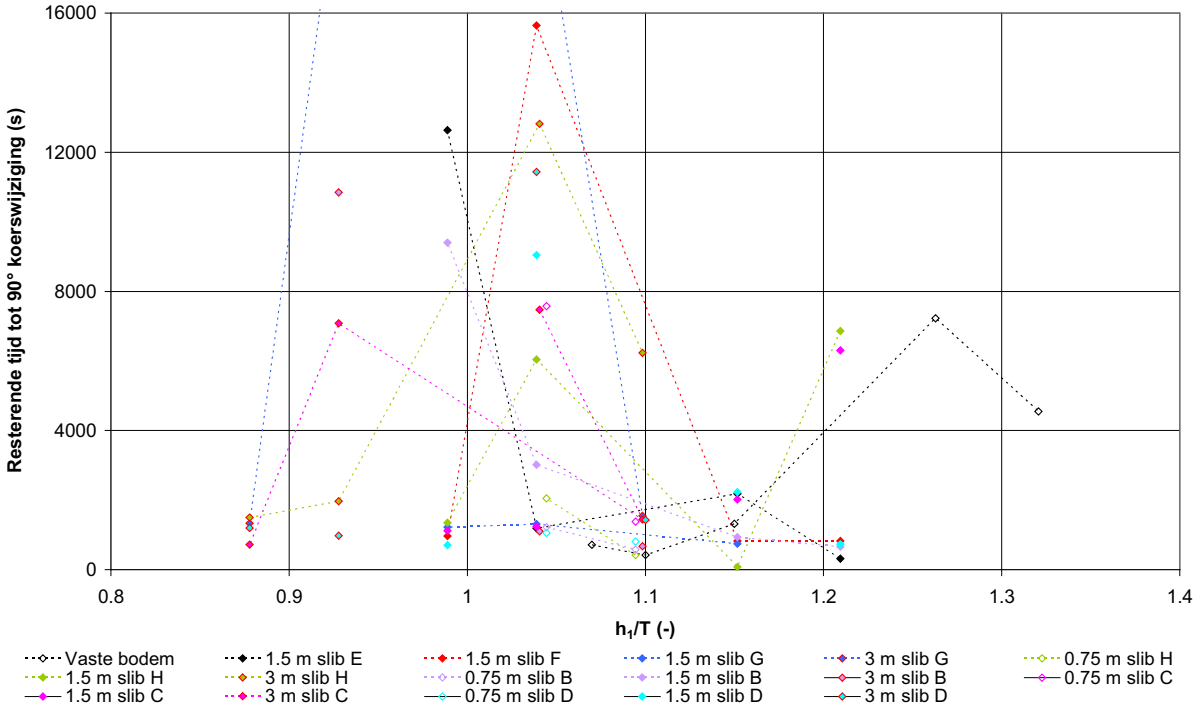
Figuur 8.48c. Schip D – Fast-time simulaties: Fill-first proef, starten met roeruitslag naar BB. Tijd voor het bereiken van een koerswijziging van 90° ten opzichte van de oorspronkelijke koers, na het bereiken van de nulsnelheid, in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



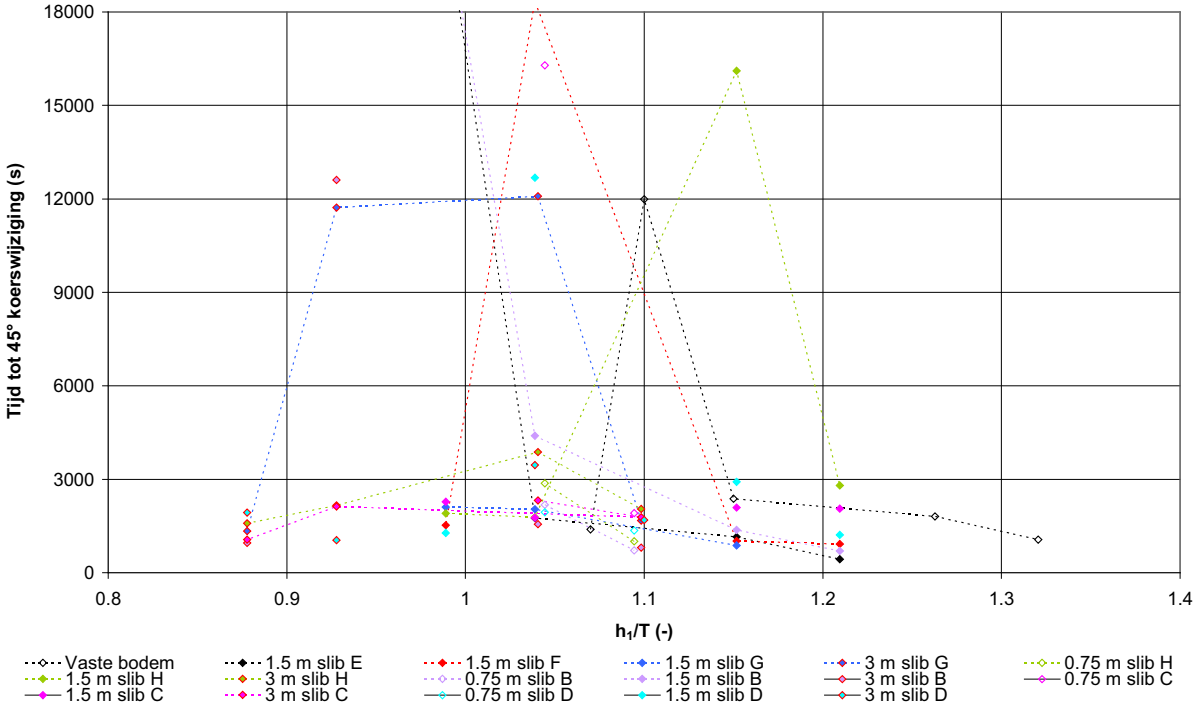
Figuur 8.49a. Schip D – Fast-time simulaties: Fill-first proef, starten met roeruitslag naar SB. Tijd voor het wijzigen van de koers met 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



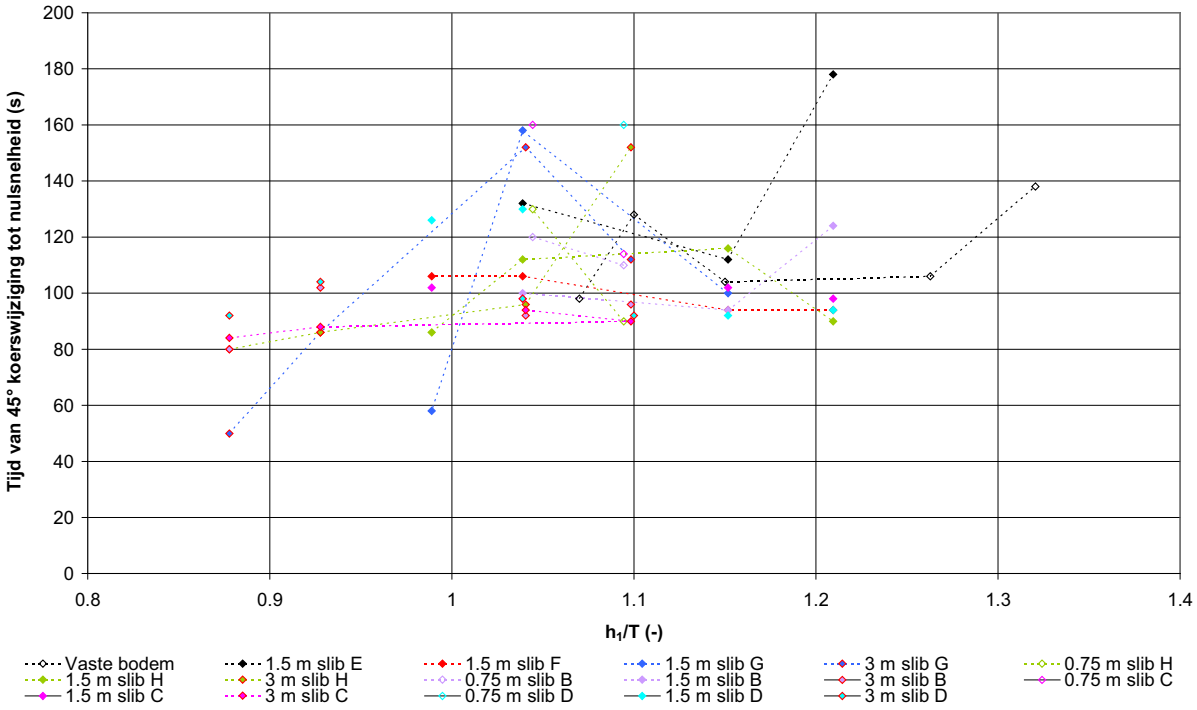
Figuur 8.49b. Schip D – Fast-time simulaties: Fill-first proef, starten met roeruitslag naar SB. Tijd voor het bereiken van de nulsnelheid na een koerswijziging van 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



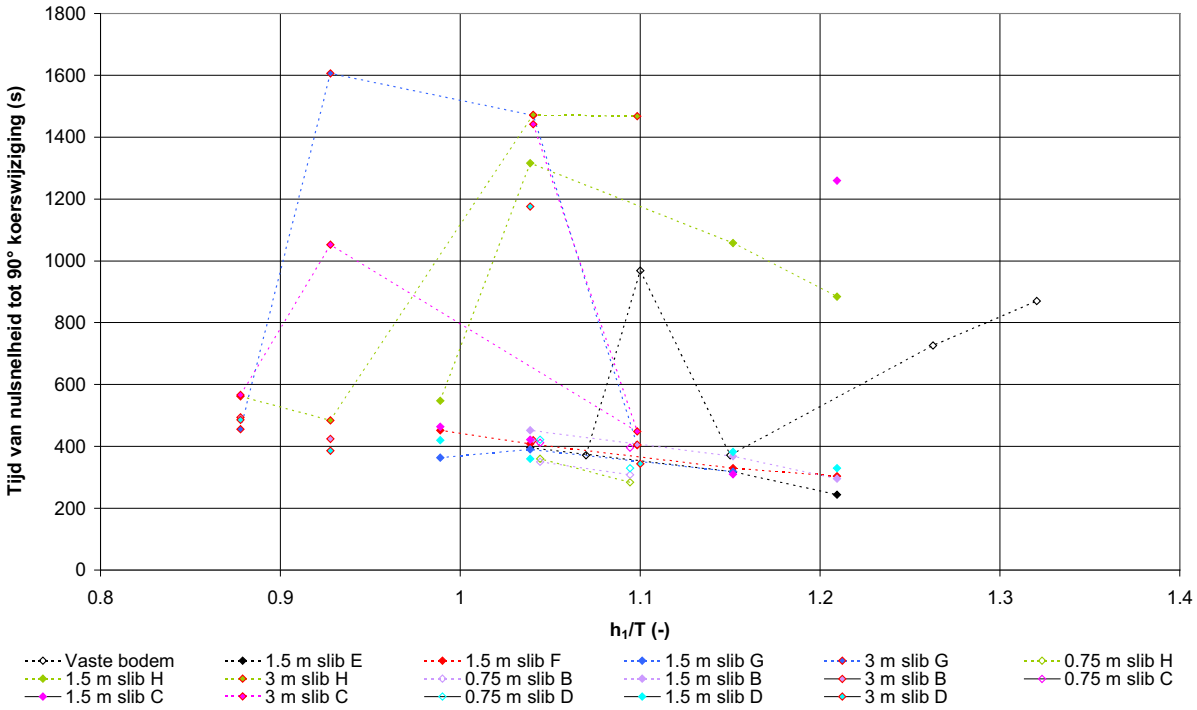
Figuur 8.49c. Schip D – Fast-time simulaties: Fill-first proef, starten met roeruitslag naar SB. Tijd voor het bereiken van een koerswijziging van 90° ten opzichte van de oorspronkelijke koers, na het bereiken van de nul-snelheid, in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



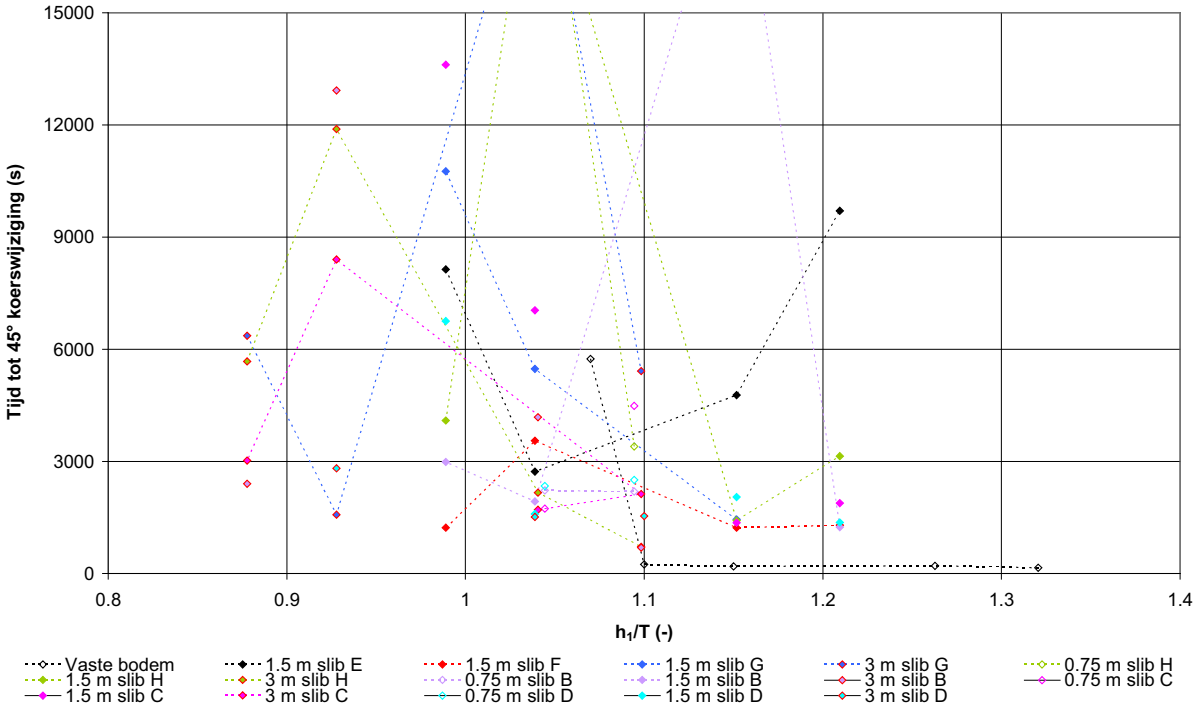
Figuur 8.50a. Schip D – Fast-time simulaties: Back-first proef, starten met roeruitslag naar BB. Tijd voor het wijzigen van de koers met 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



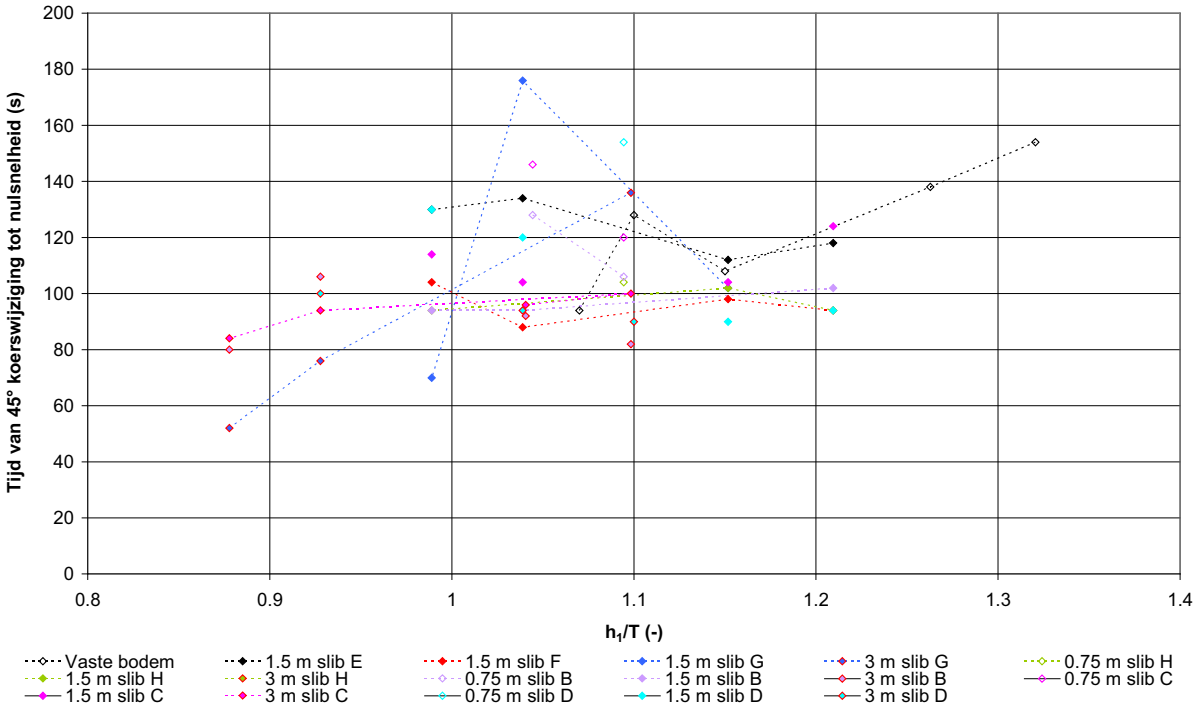
Figuur 8.50b. Schip D – Fast-time simulaties: Back-first proef, starten met roeruitslag naar BB. Tijd voor het bereiken van de nulsnelheid na een koerswijziging van 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



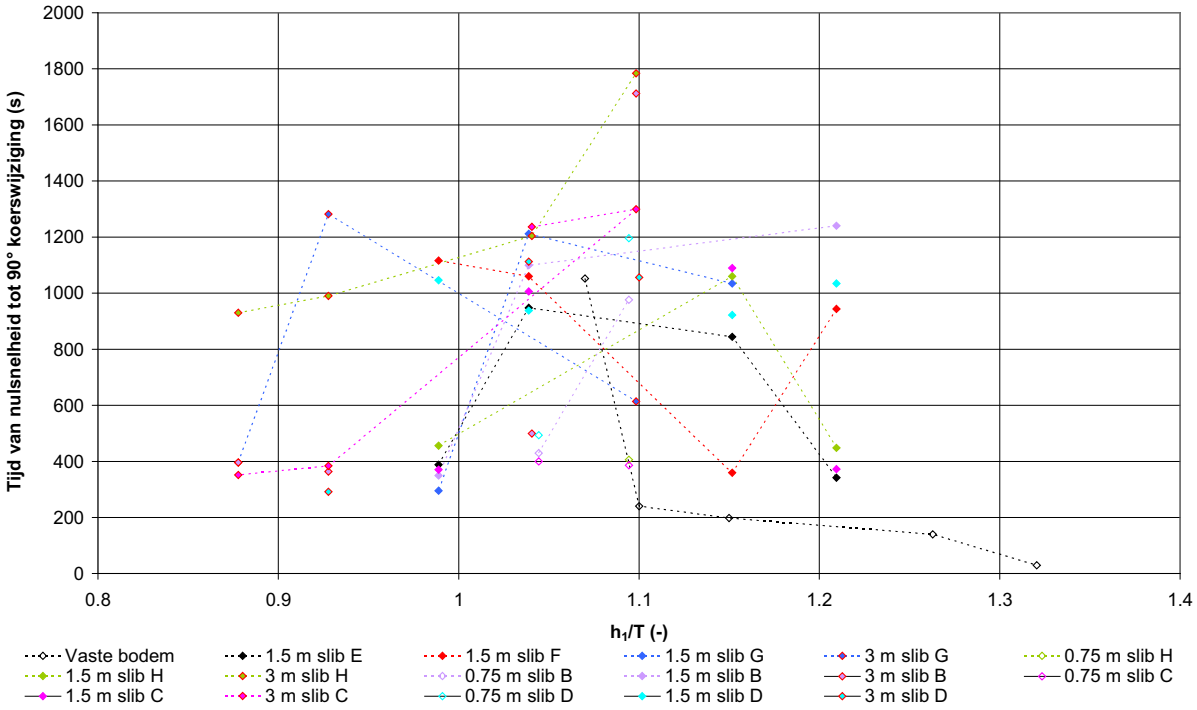
Figuur 8.50c. Schip D – Fast-time simulaties: Back-first proef, starten met roeruitslag naar BB. Tijd voor het bereiken van een koerswijziging van 90° ten opzichte van de oorspronkelijke koers, na het bereiken van de nulsnelheid, in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



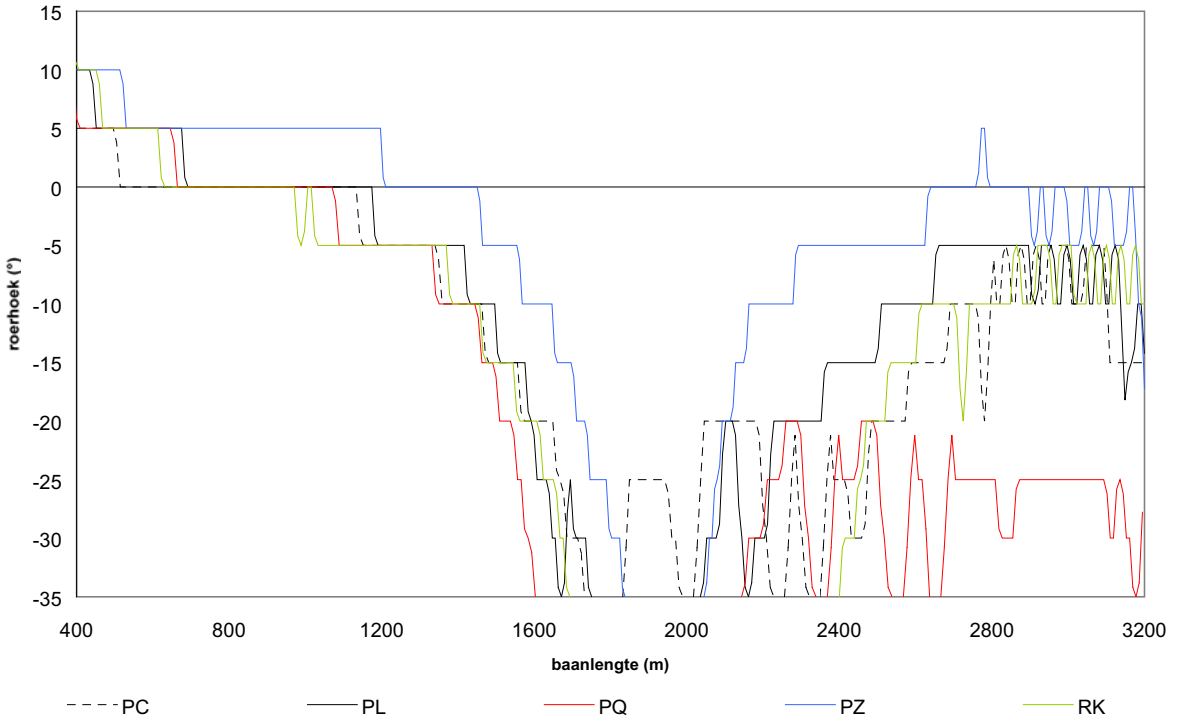
Figuur 8.51a. Schip D – Fast-time simulaties: Back-first proef, starten met roeruitslag naar SB. Tijd voor het wijzigen van de koers met 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



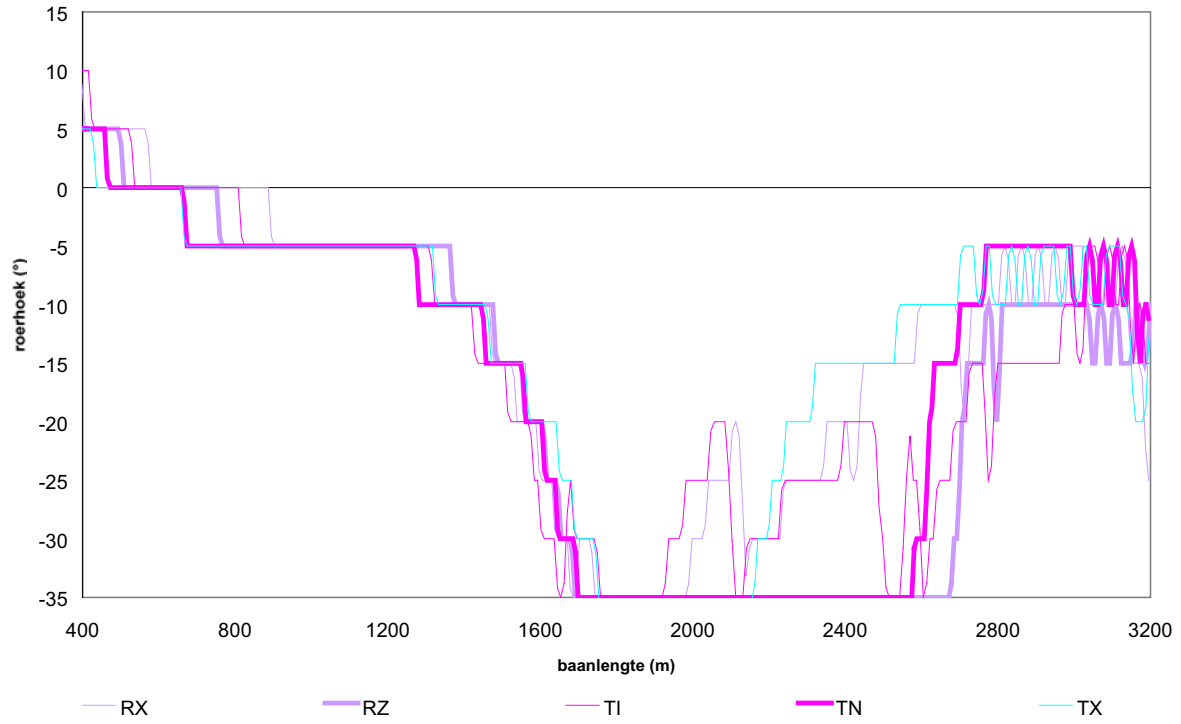
Figuur 8.51b. Schip D – Fast-time simulaties: Back-first proef, starten met roeruitslag naar SB. Tijd voor het bereiken van de nulsnelheid na een koerswijziging van 45° in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



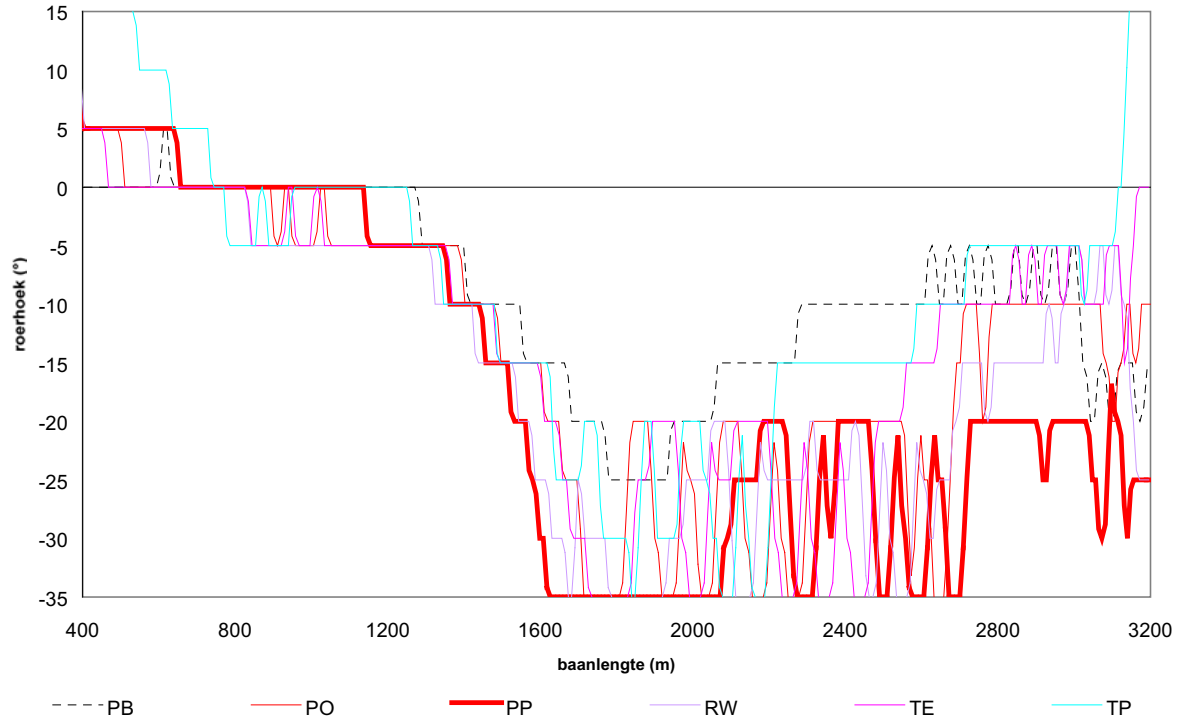
Figuur 8.51c. Schip D – Fast-time simulaties: Back-first proef, starten met roeruitslag naar SB. Tijd voor het bereiken van een koerswijziging van 90° ten opzichte van de oorspronkelijke koers, na het bereiken van de nulsnelheid, in functie van h_1/T. Invloed van de vaaromgeving.



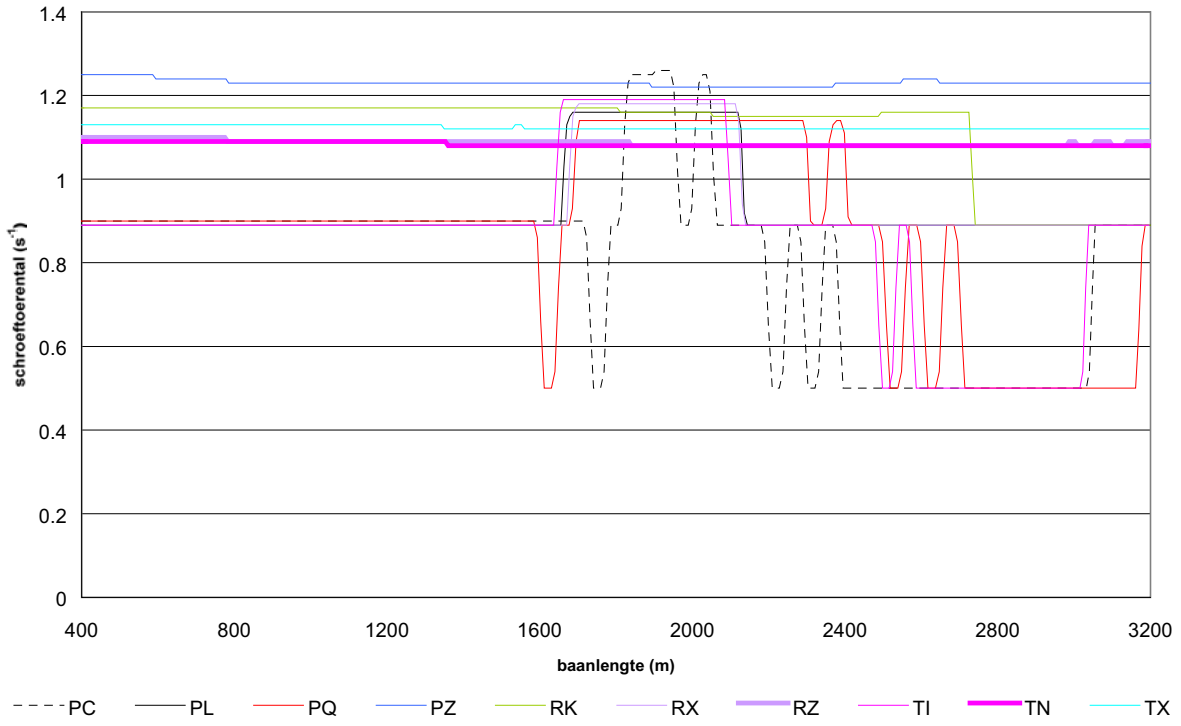
Figuur 8.52a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van het roer tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



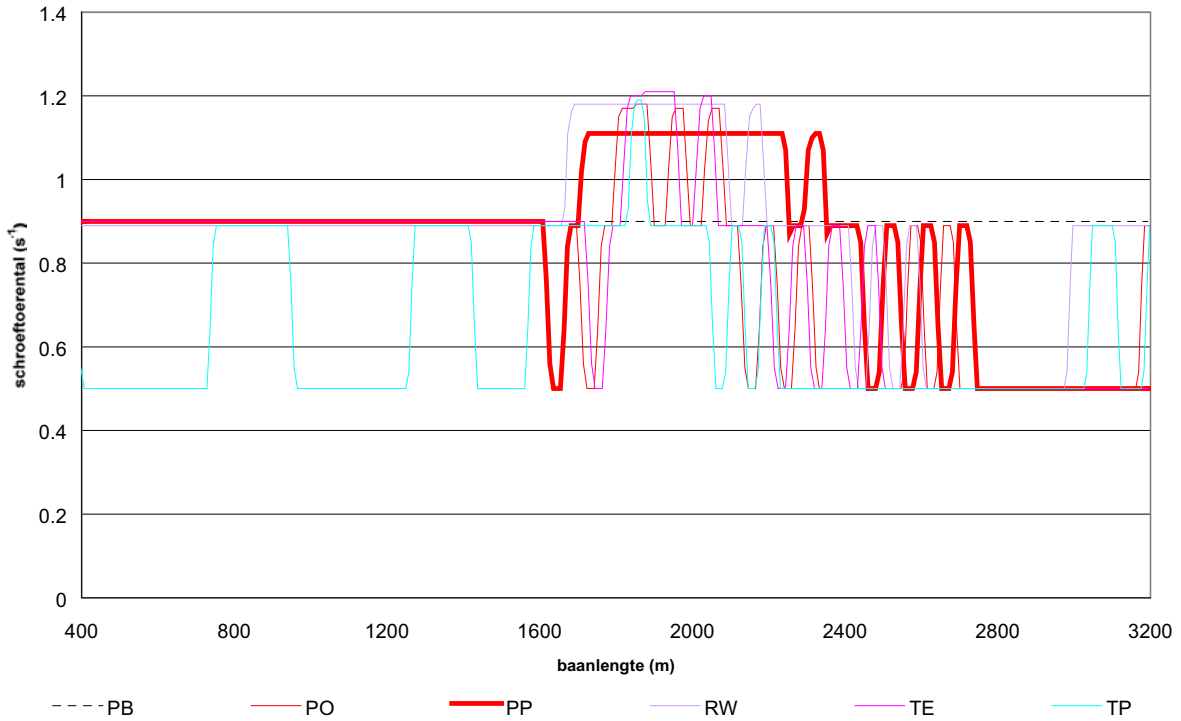
Figuur 8.52b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van het roer tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



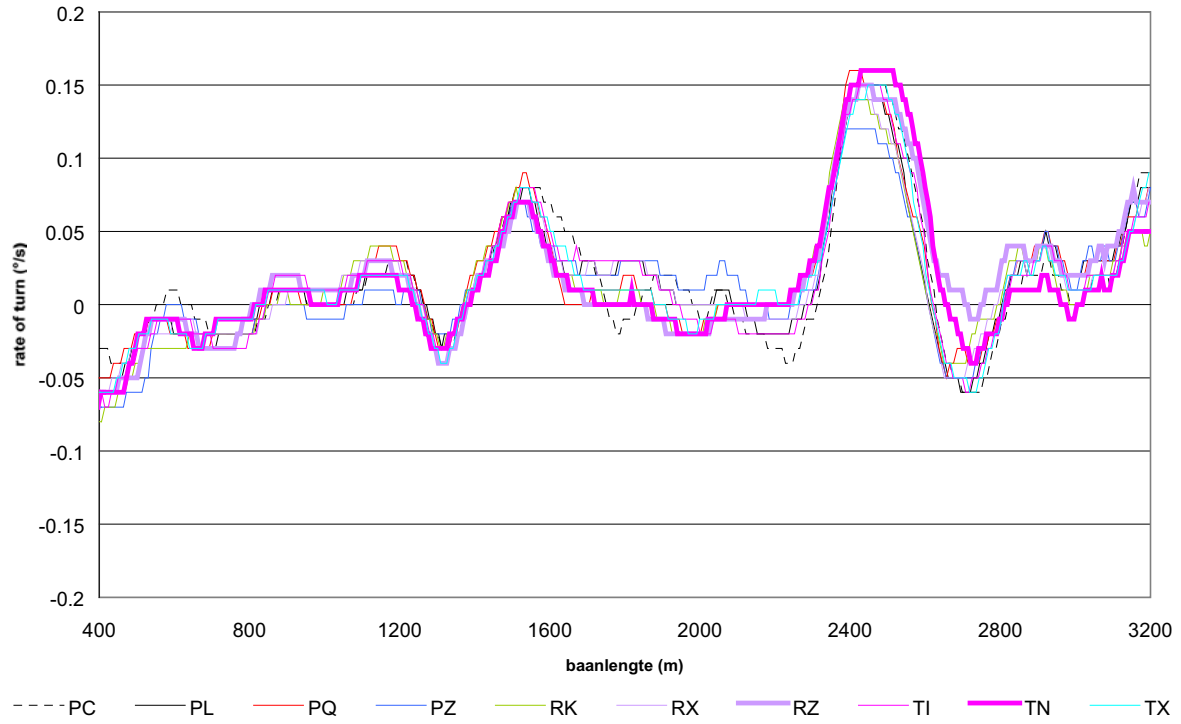
Figuur 8.52c. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van het roer tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



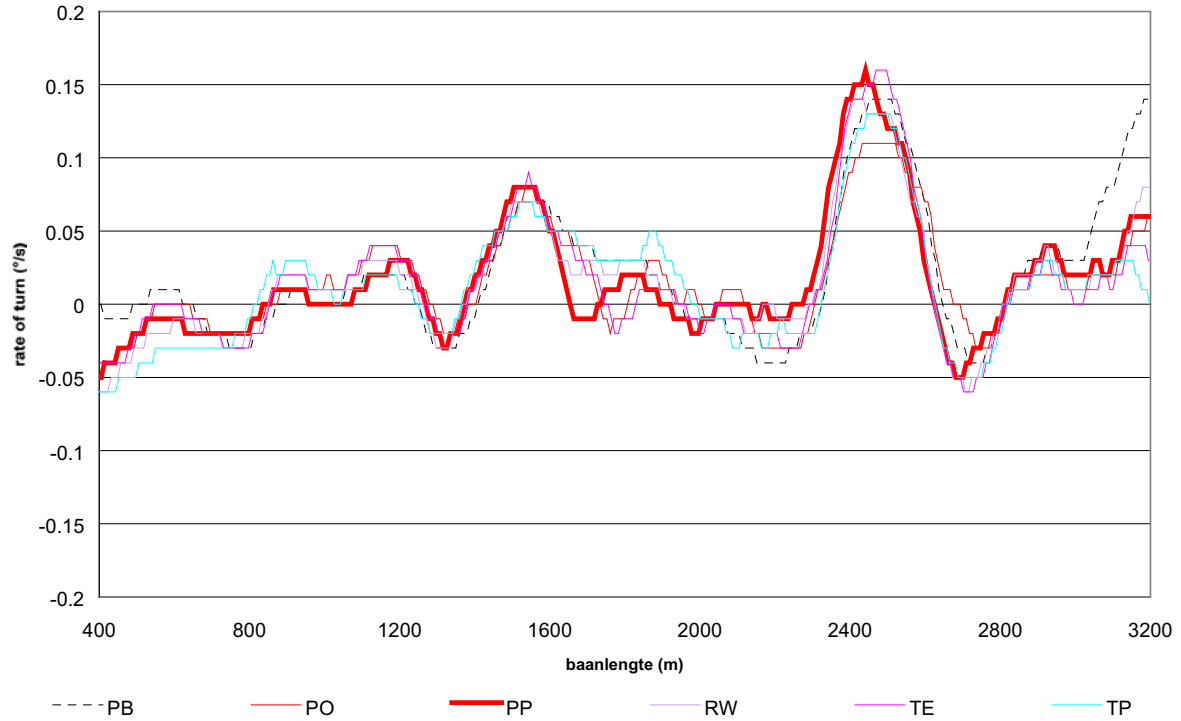
Figuur 8.53a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van de schroef tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



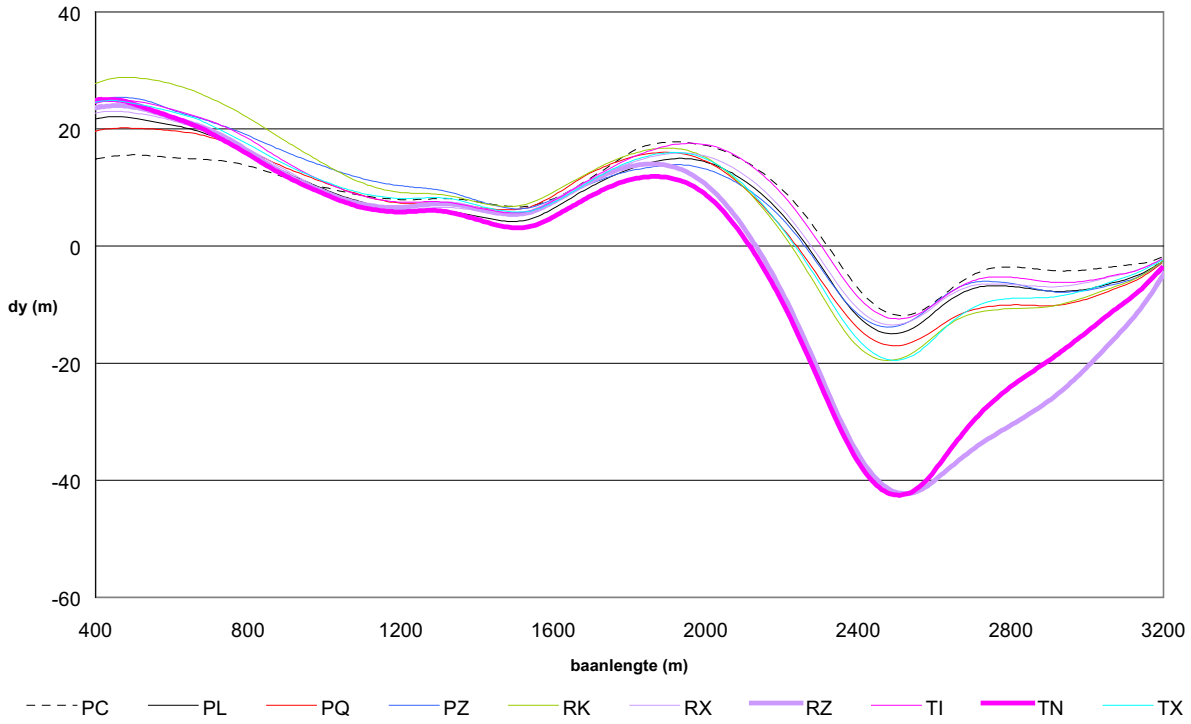
Figuur 8.53b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van de schroef tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



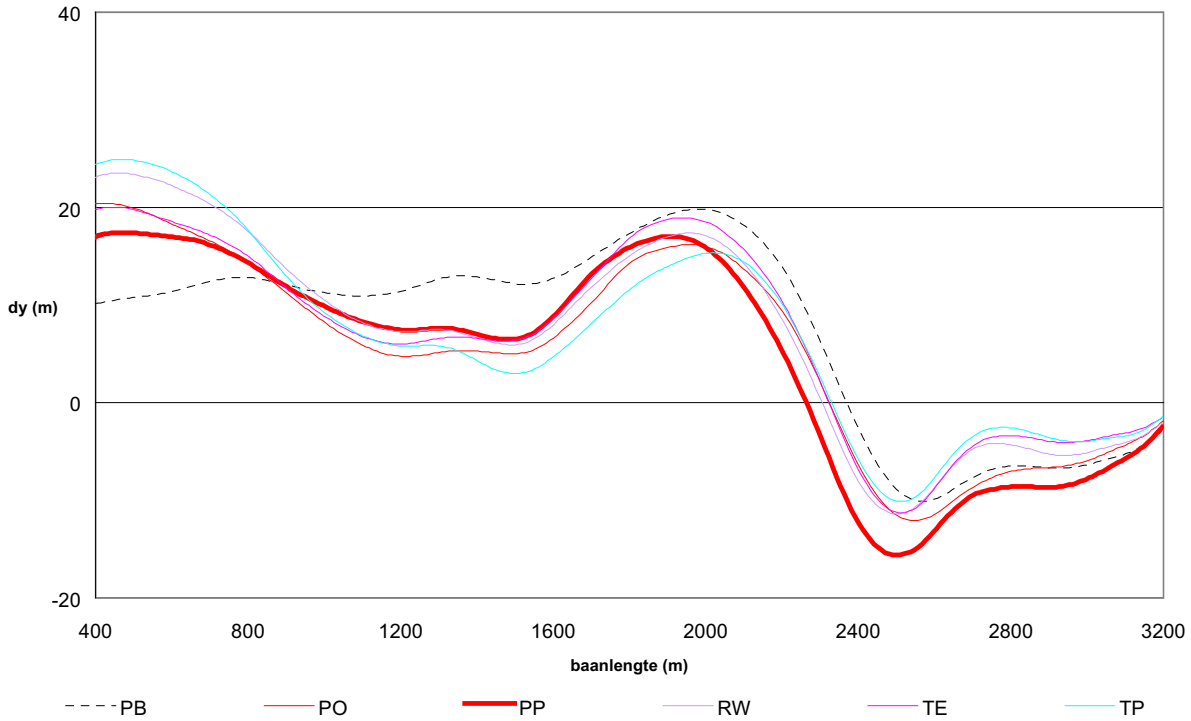
Figuur 8.54a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Giersnelheid van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



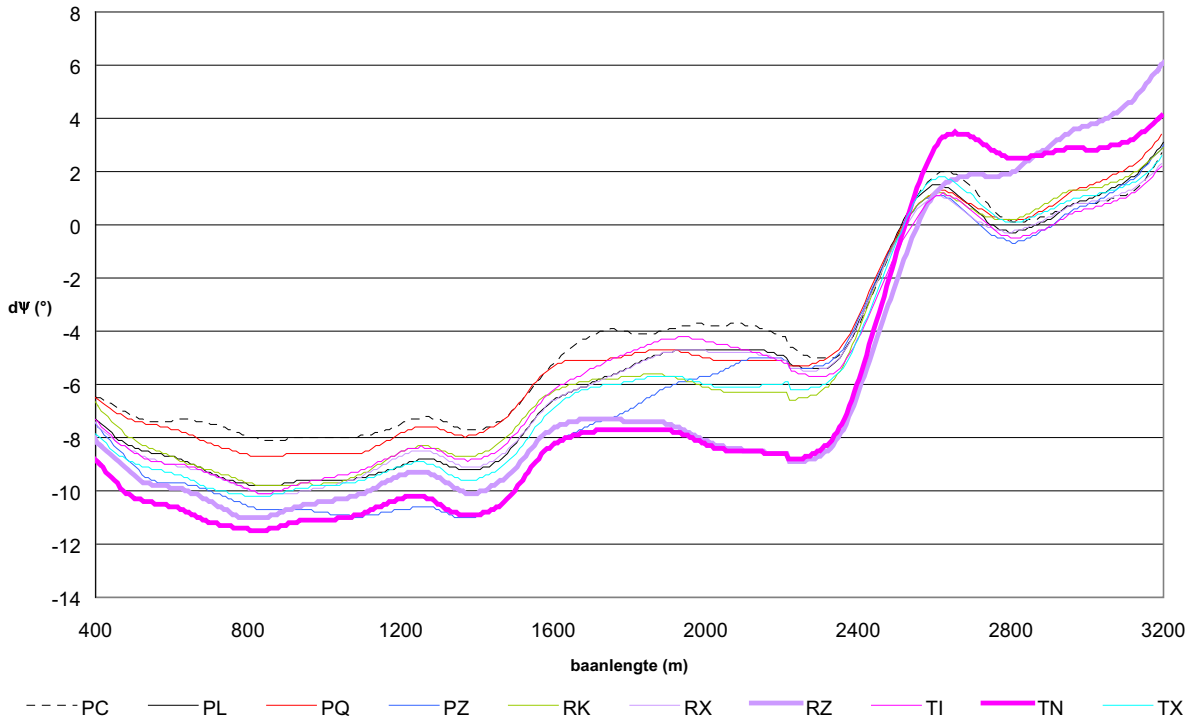
Figuur 8.54b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Giersnelheid van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



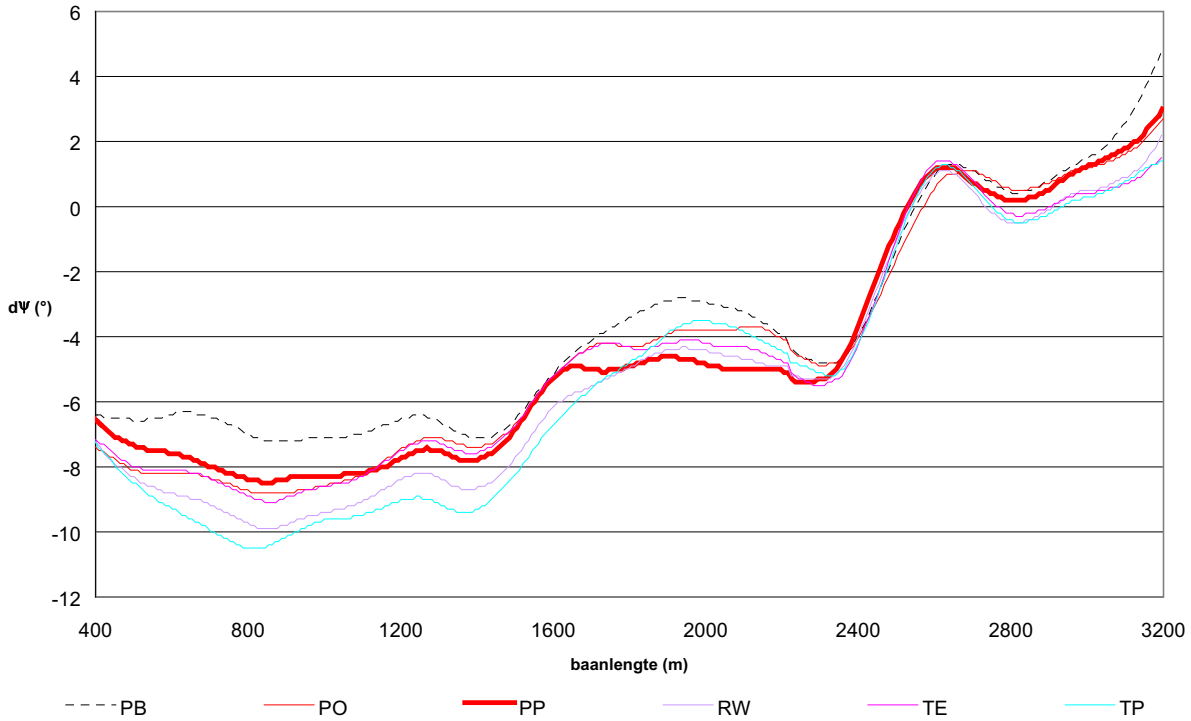
Figuur 8.55a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Laterale deviatie van de optimale baan van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



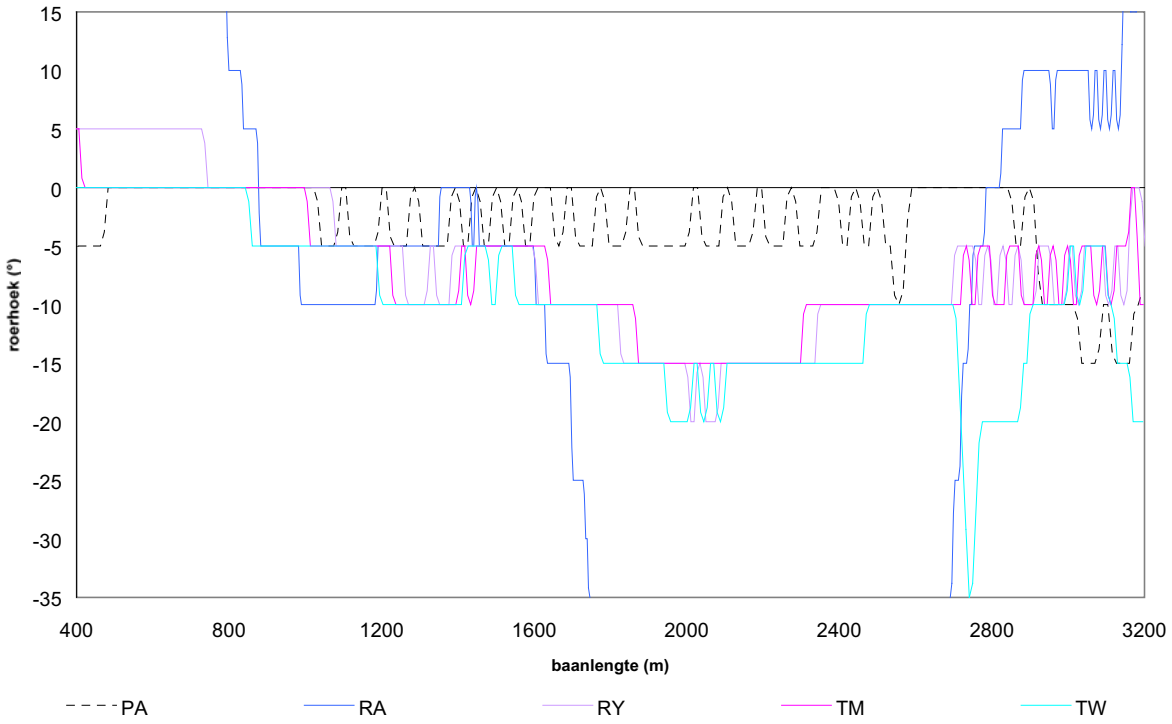
Figuur 8.55b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Laterale deviatie van de optimale baan van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



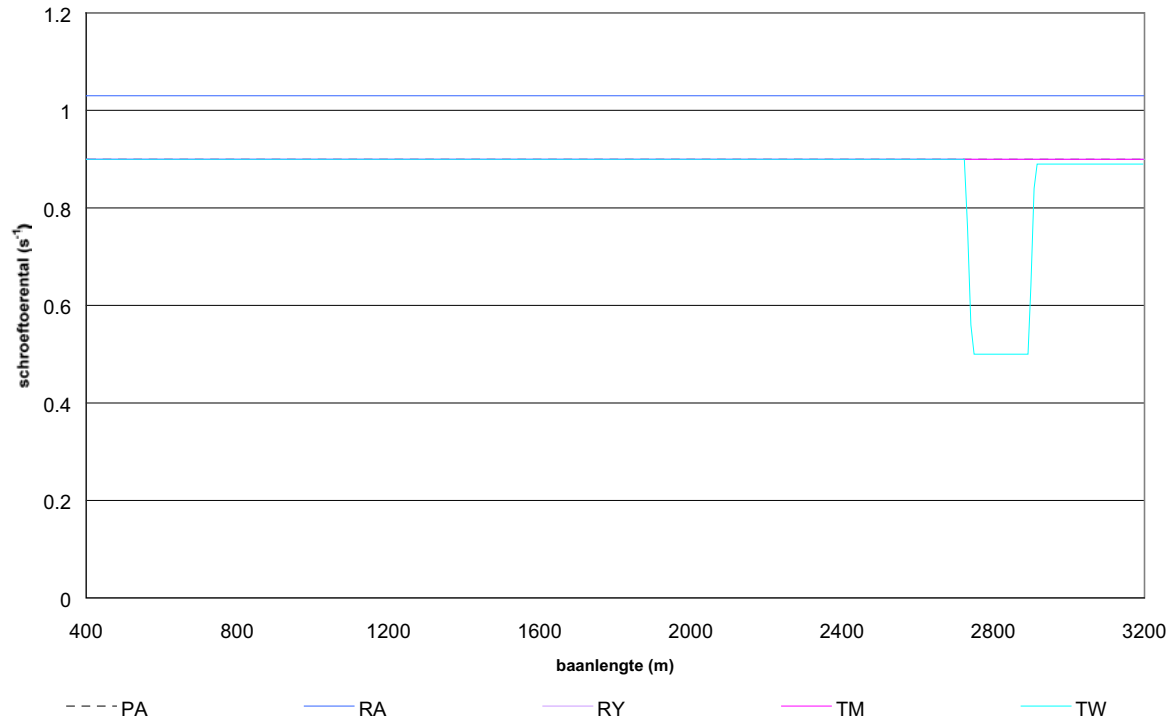
Figuur 8.56a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Afwijking van de optimale koers van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



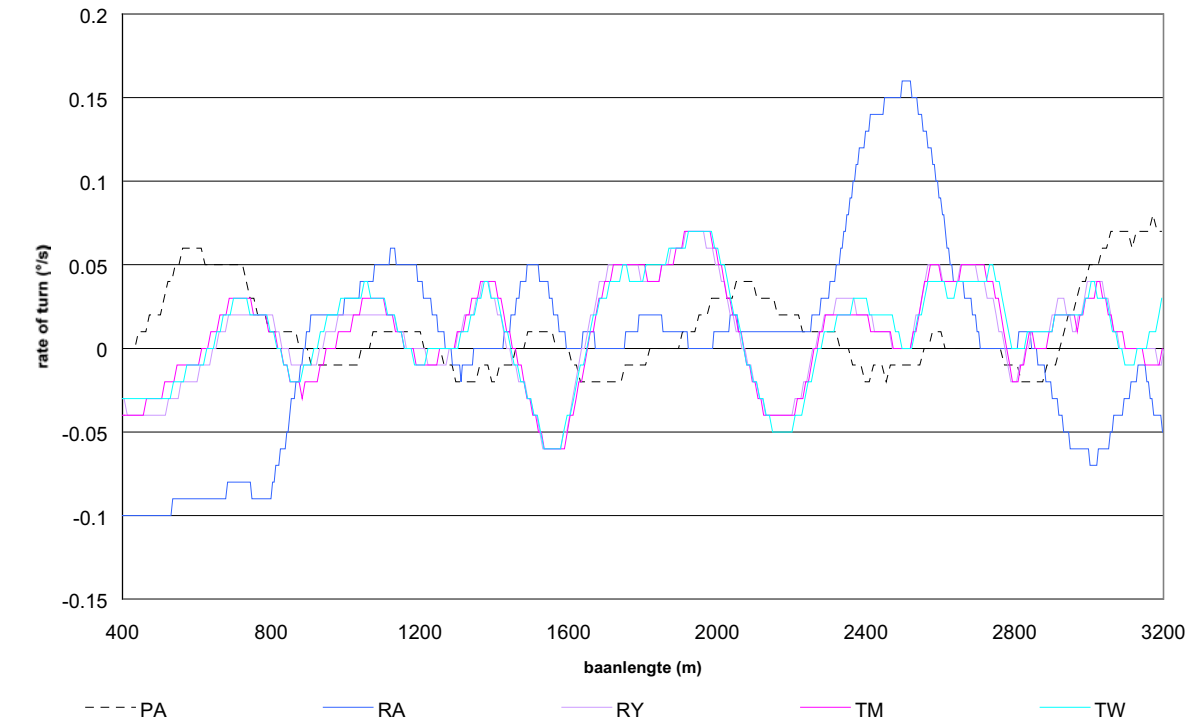
Figuur 8.56b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Afwijking van de optimale koers van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 5h40 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



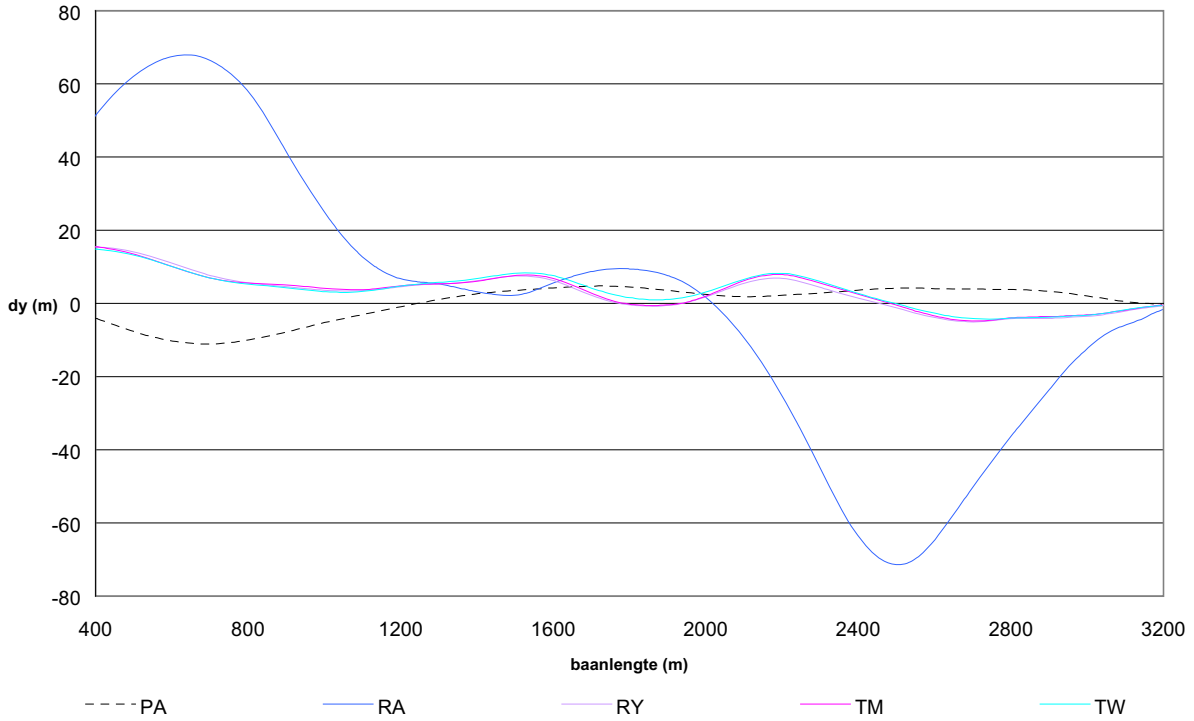
Figuur 8.57a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van het roer tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 4h00 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



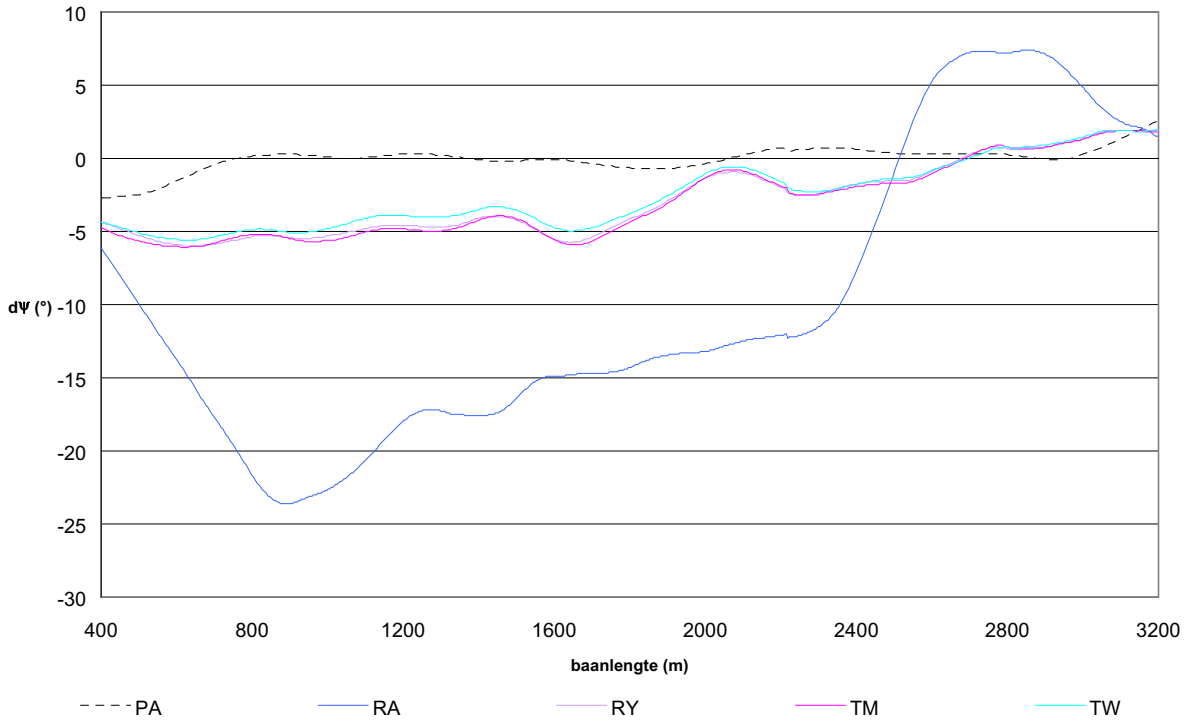
Figuur 8.57b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van de schroef tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 4h00 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



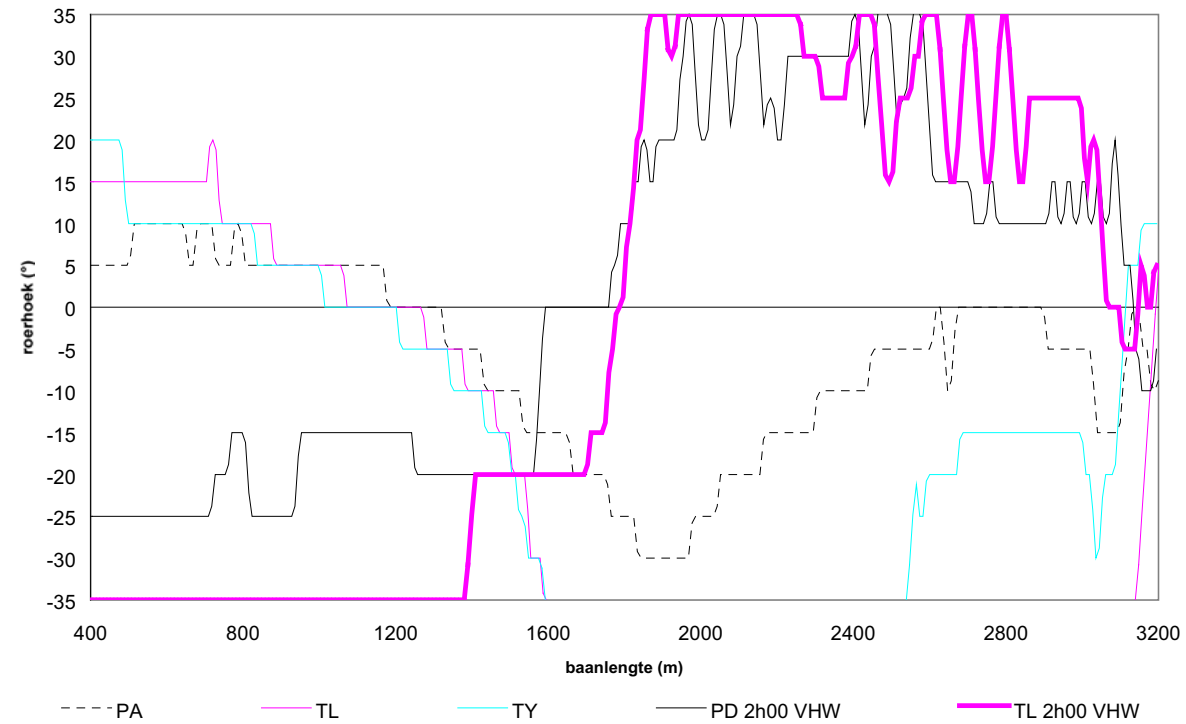
Figuur 8.57c. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Giersnelheid van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 4h00 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



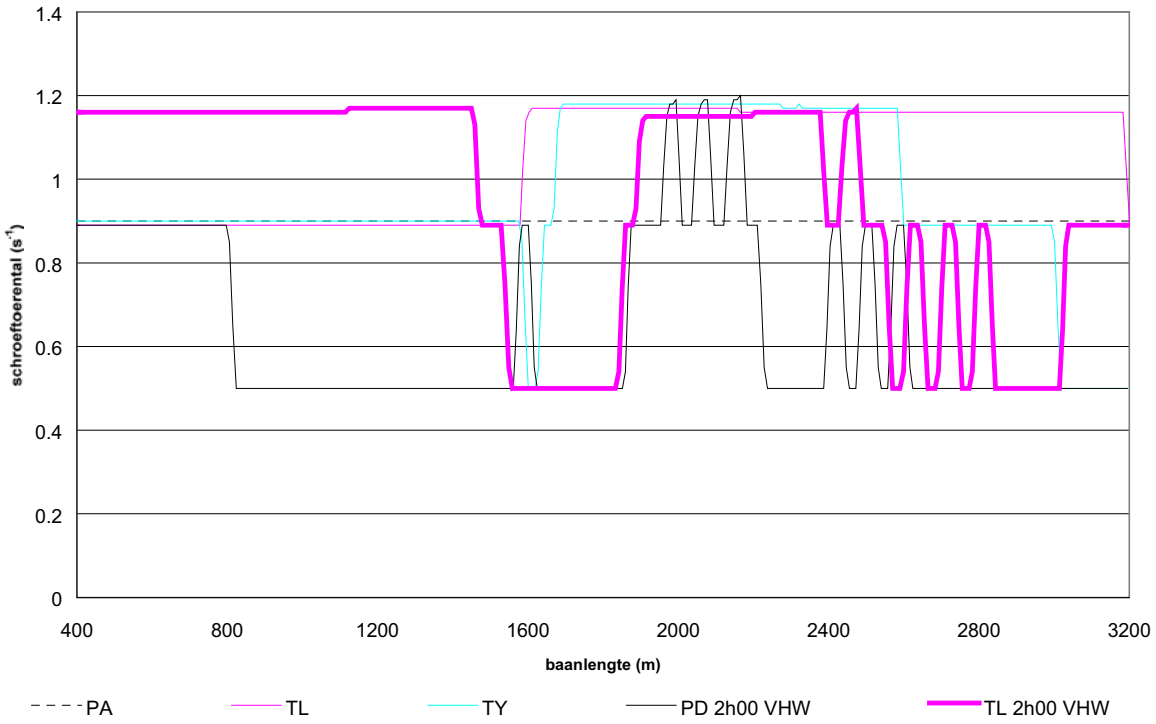
Figuur 8.57d. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Laterale deviatie van de optimale baan van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 4h00 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



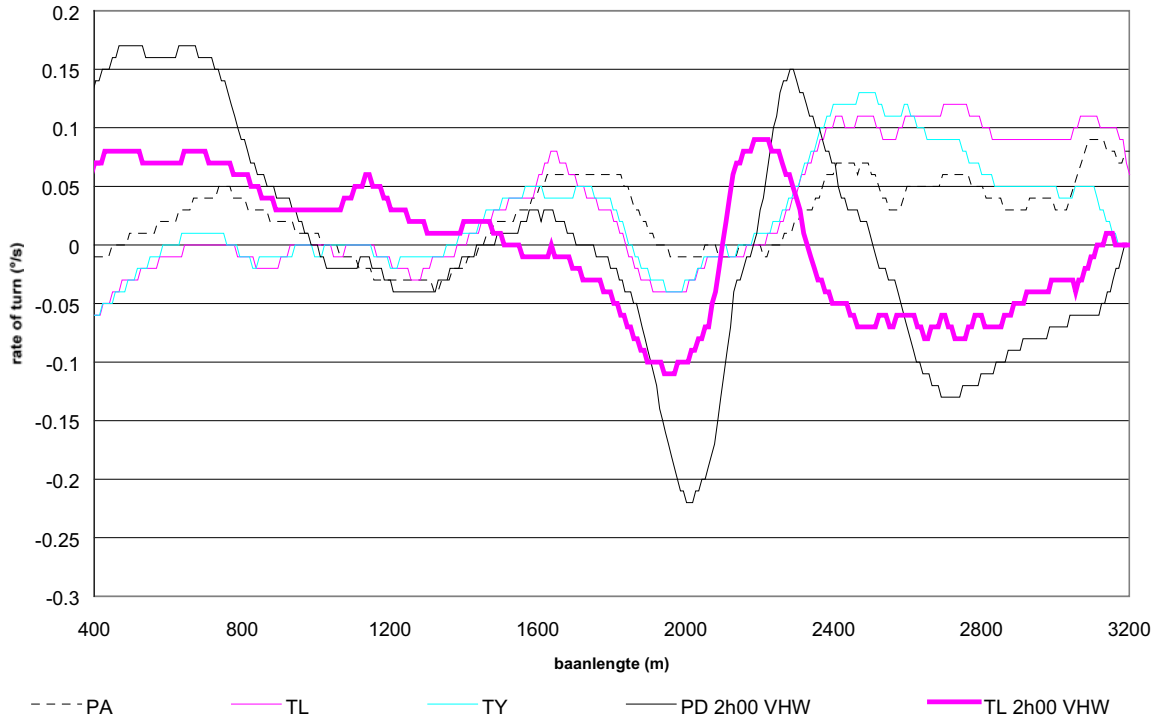
Figuur 8.57e. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Afwijking van de optimale koers van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 4h00 voor hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



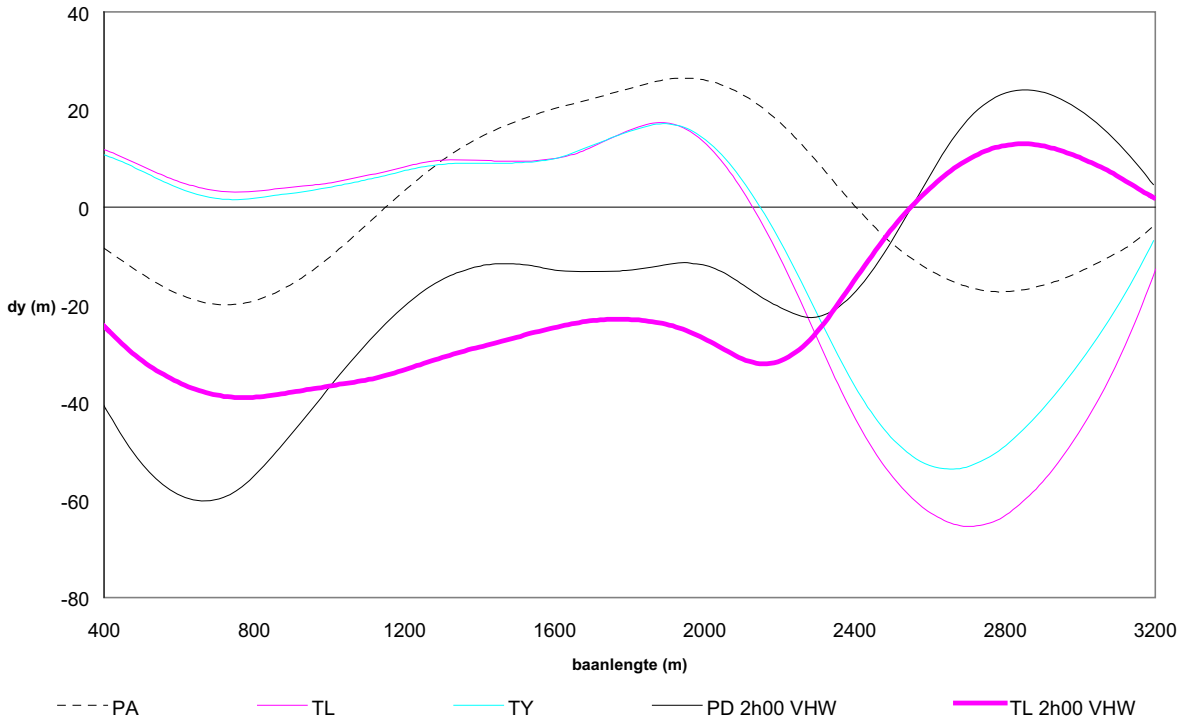
Figuur 8.58a. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van het roer tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 2h00 voor hoog water en 4h00 na hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



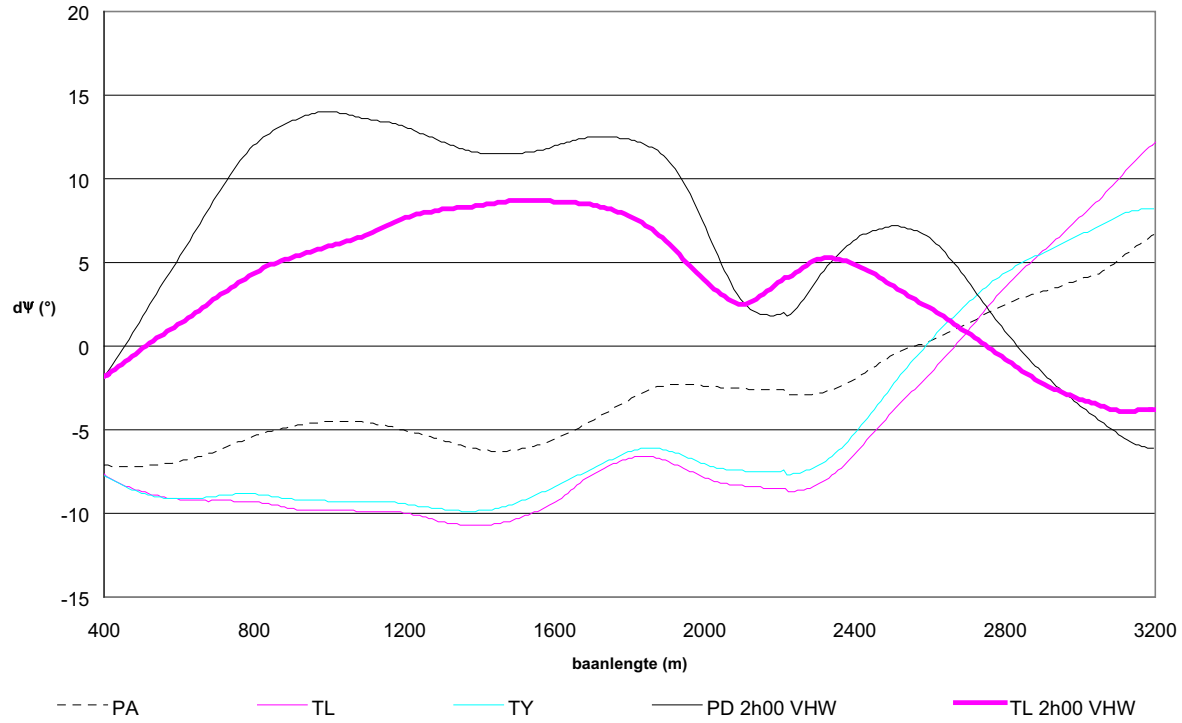
Figuur 8.58b. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Gebruik van de schroef tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 2h00 voor hoog water en 4h00 na hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



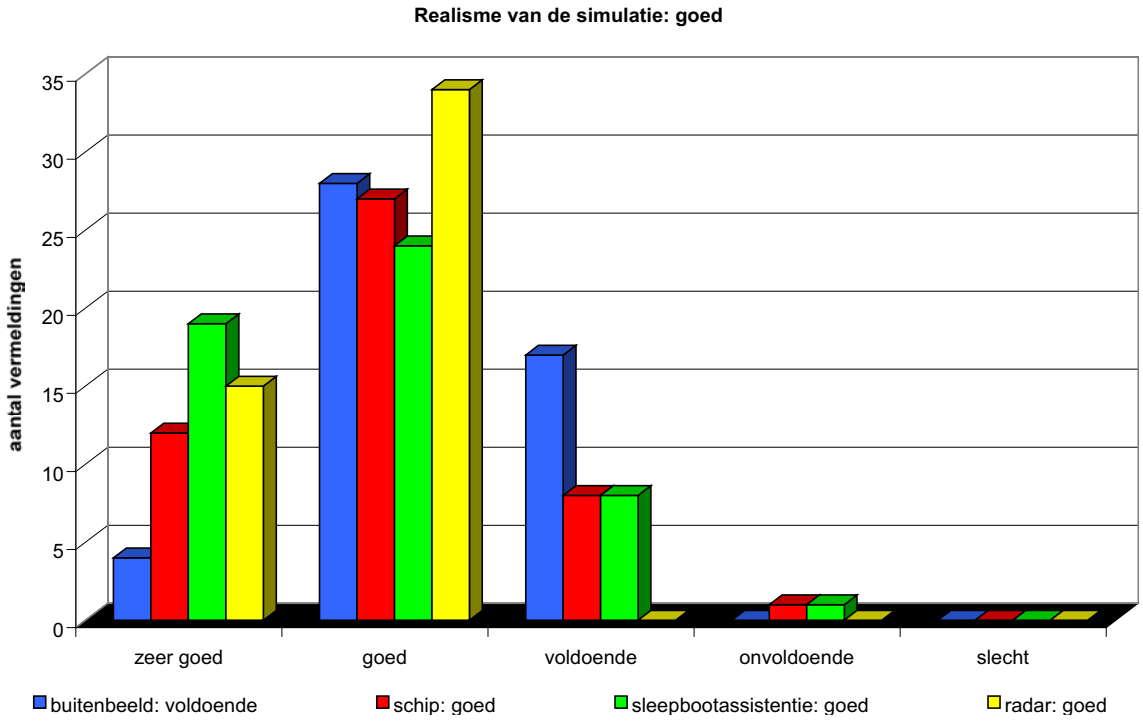
Figuur 8.58c. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Giersnelheid van het schip tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 2h00 voor hoog water en 4h00 na hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



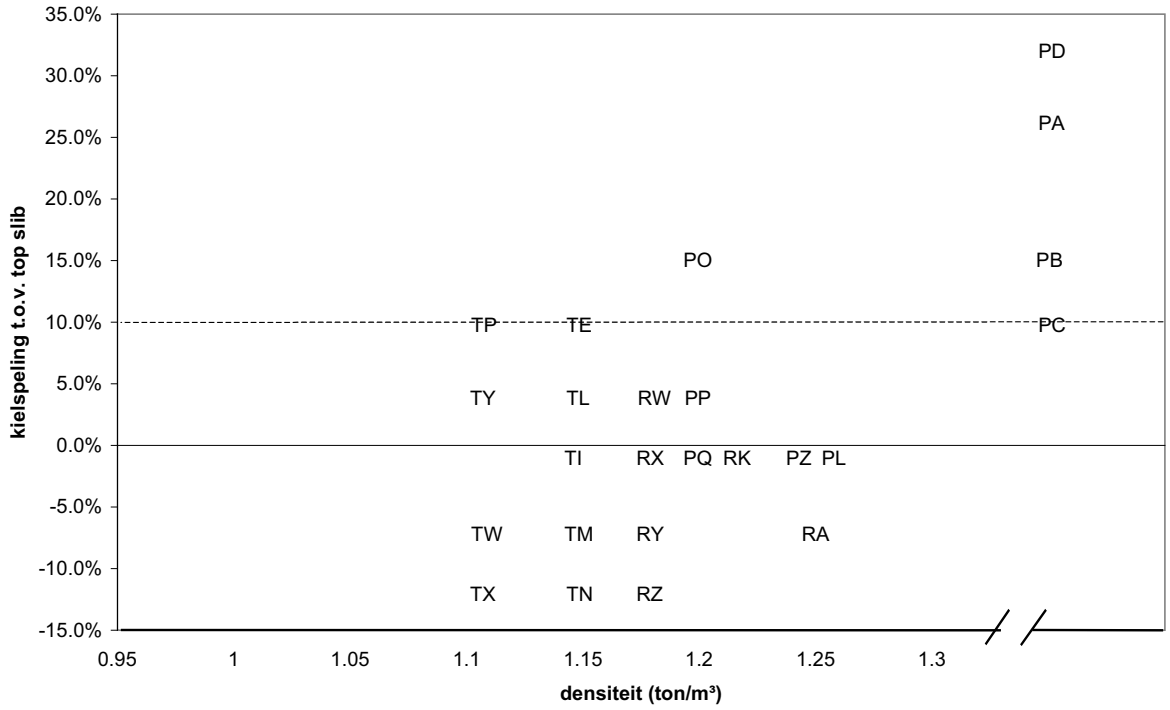
Figuur 8.58d. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Laterale deviatie van het schip ten opzichte van de optimale baan tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 2h00 voor hoog water en 4h00 na hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



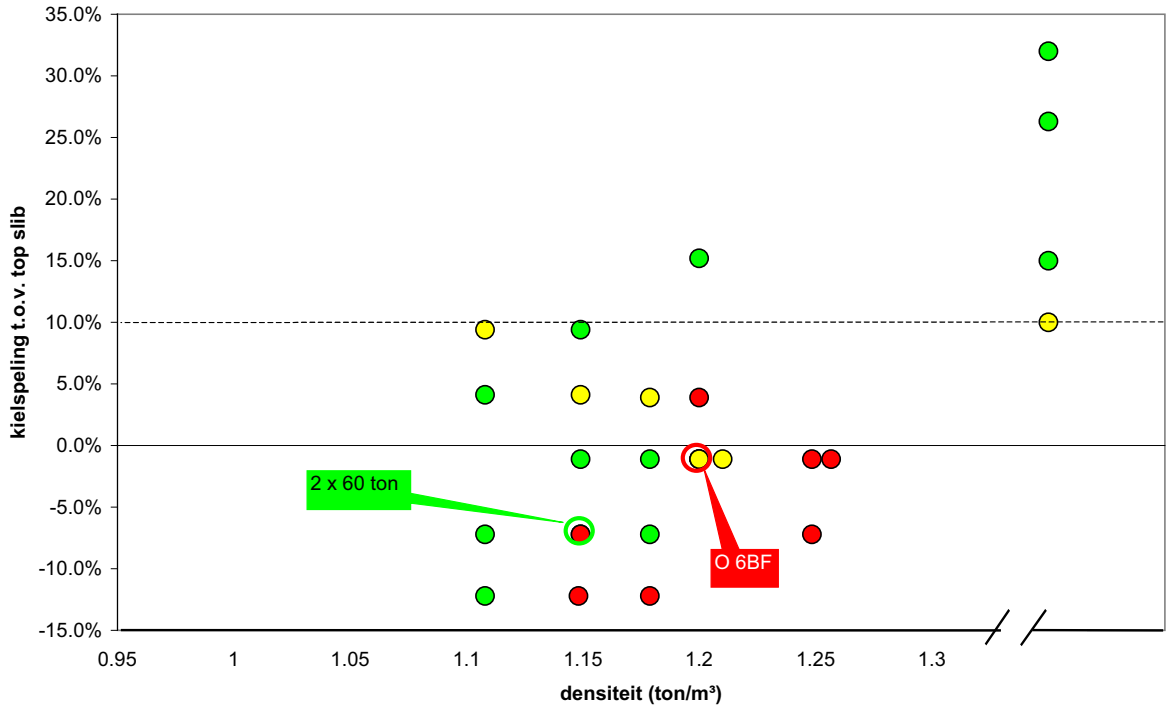
Figuur 8.58e. Schip D – Fast-time simulaties: opvaart Zeebrugge. Afwijking van de koers van het schip ten opzichte van de optimale koers tijdens het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, 2h00 voor hoog water en 4h00 na hoog water (springtij), ZW4BF. Invloed van de vaaromgeving.



Figuur 9.1. Schip D – Real-time simulaties. Beoordeling van de simulaties.



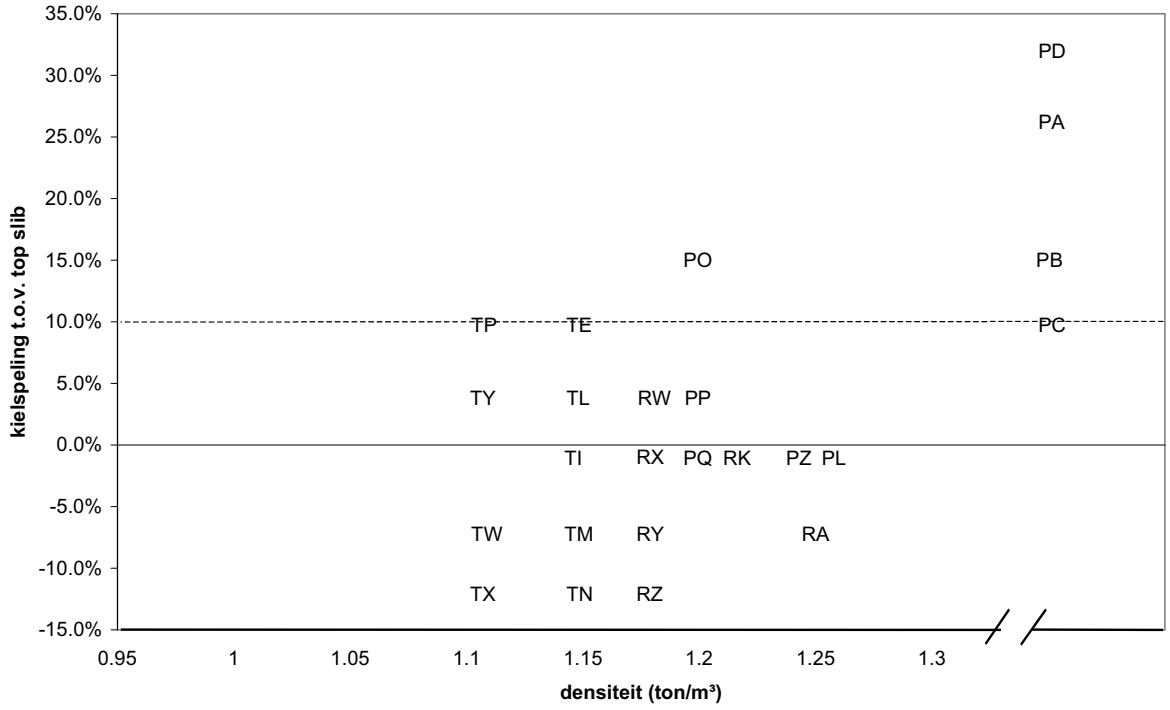
Figuur 9.2a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



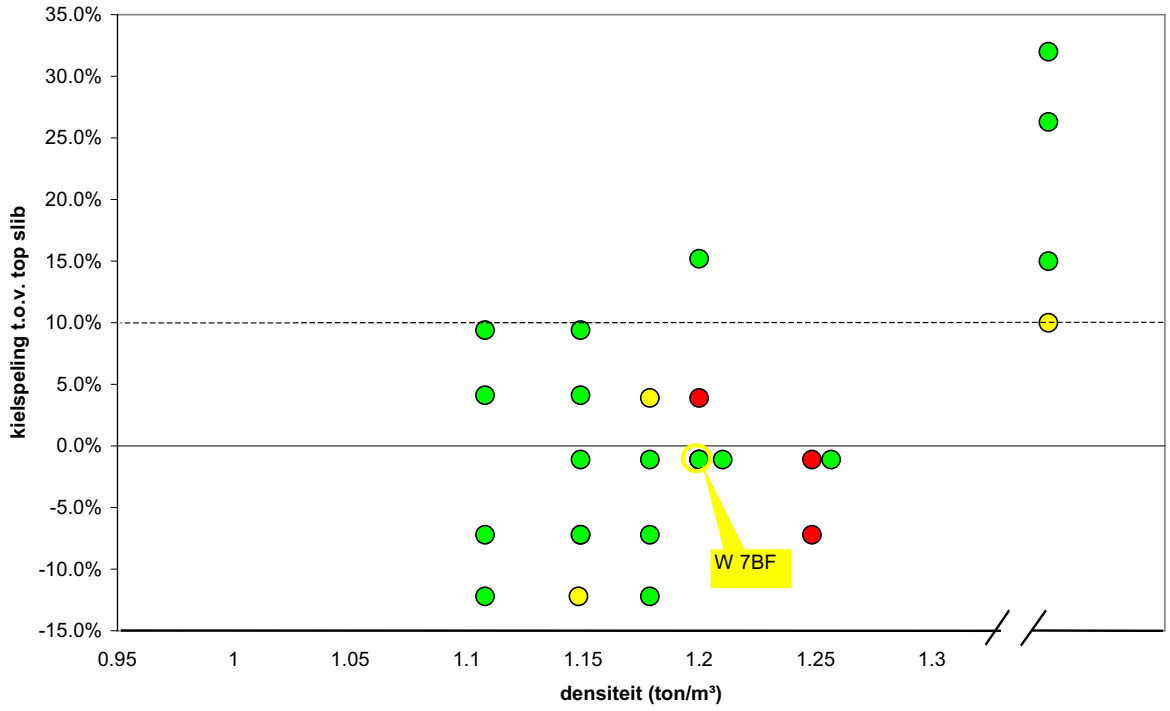
Figuur 9.2b. Schip D – Real-time simulaties. Globale beoordeling van op- en afvaarten op basis van kwalitatieve evaluatie door de betrokken loodsen.

- Groen: normaal uitvoerbaar;
- geel: moeilijk, maar uitvoerbaar;
- rood: riskant, niet uitvoerbaar.

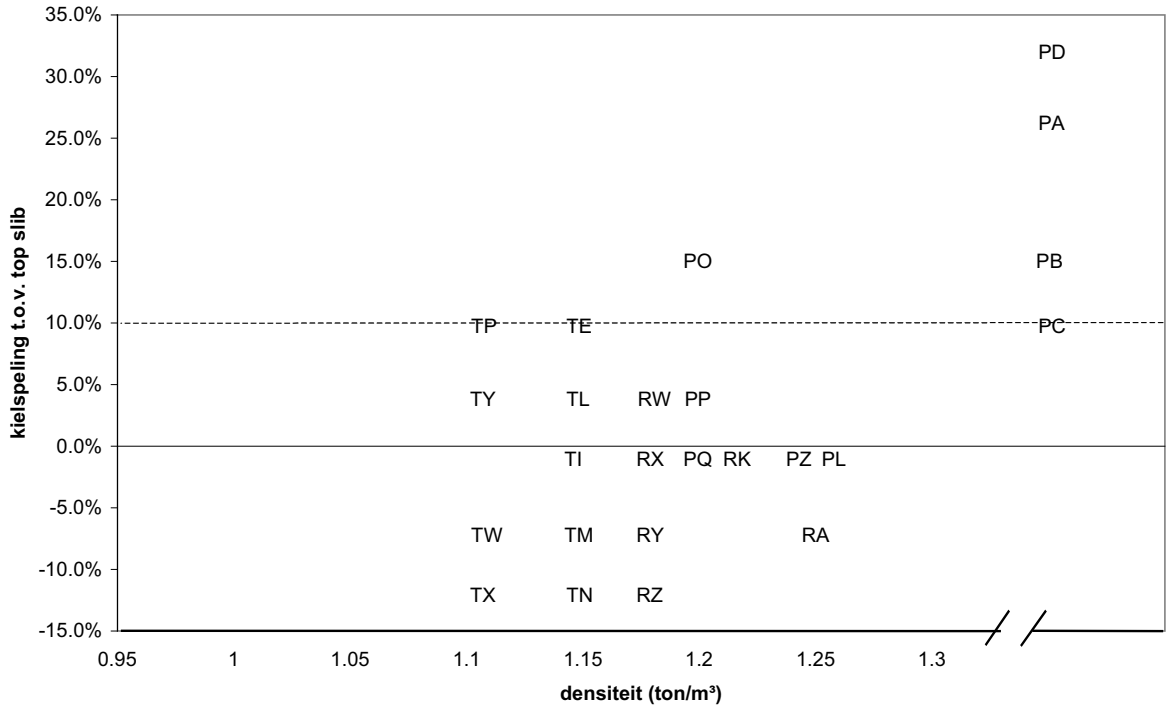
De windconditie bedraagt steeds ZW4Bf en er zijn 2 sleepboten van 45 ton beschikbaar, tenzij anders vermeld.



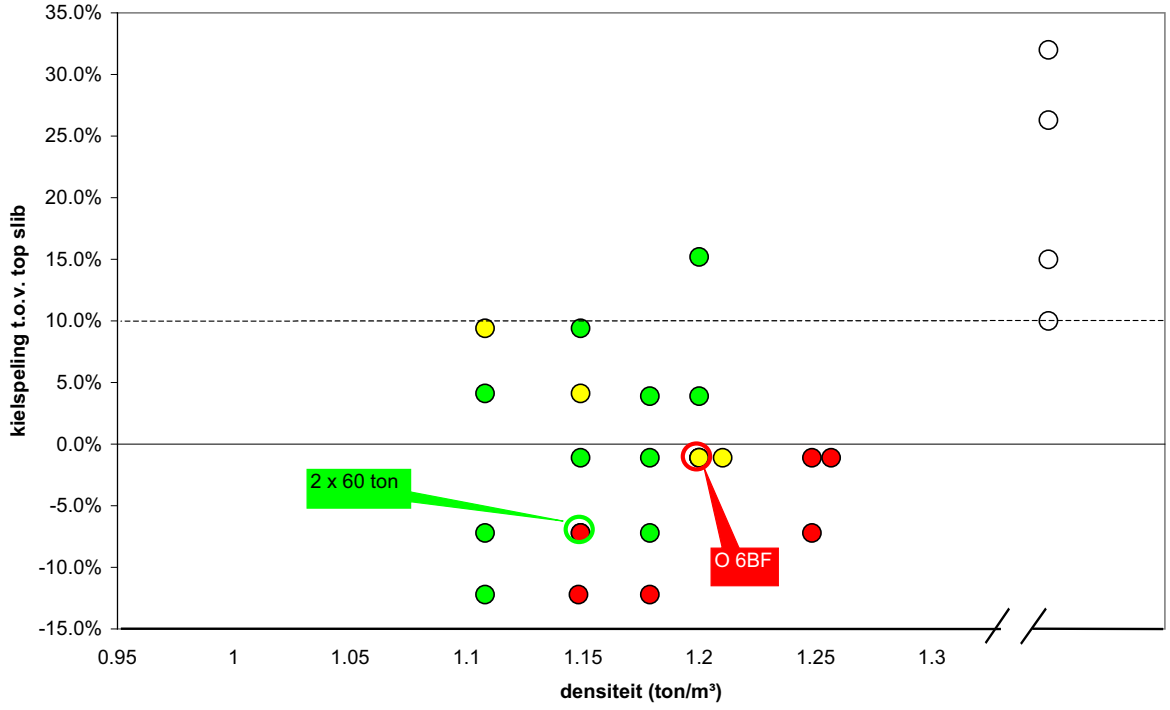
Figuur 9.3a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



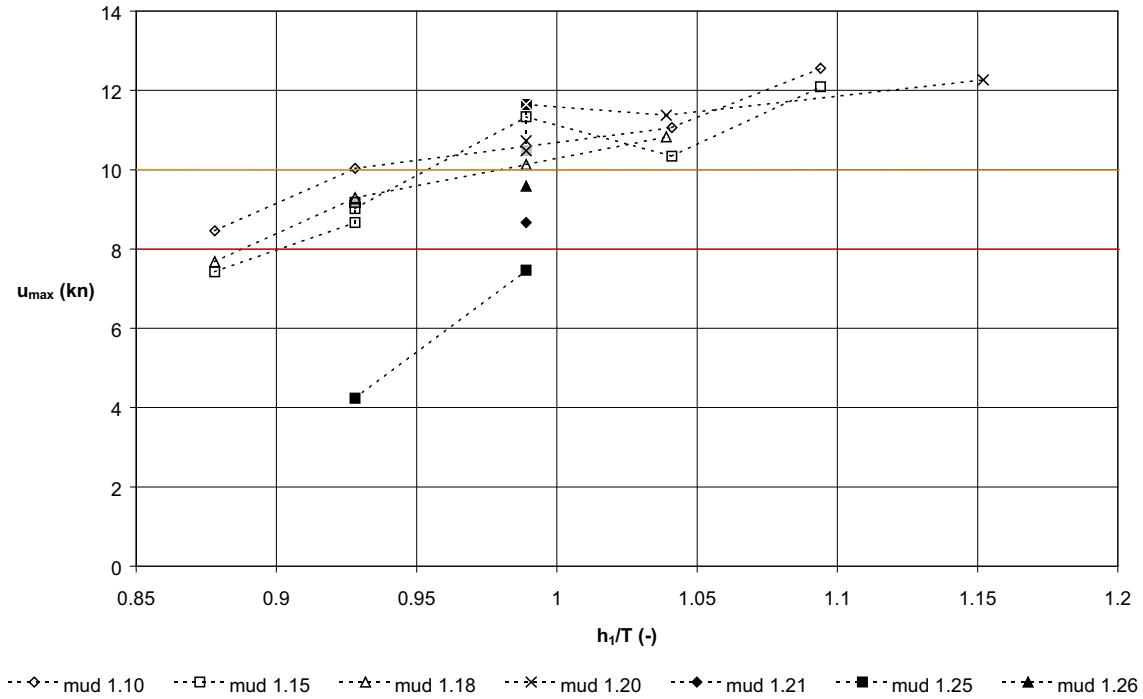
Figuur 9.3b. Schip D – Real-time simulaties. Globale beoordeling van opvaarten op basis van de kwalitatieve evaluatie door de betrokken loodsen. De windconditie bedraagt steeds ZW4BF en er zijn 2 sleepboten van 45 ton beschikbaar, tenzij anders vermeld. Kleurcodes: zie figuur 9.2.



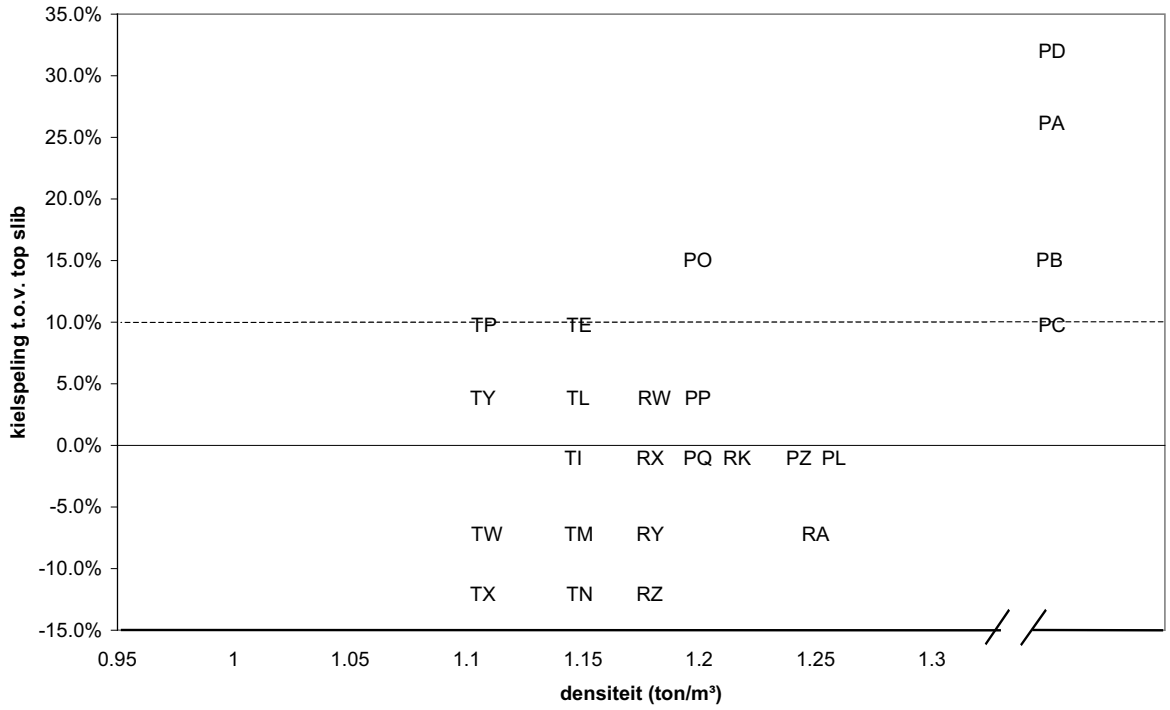
Figuur 9.4a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



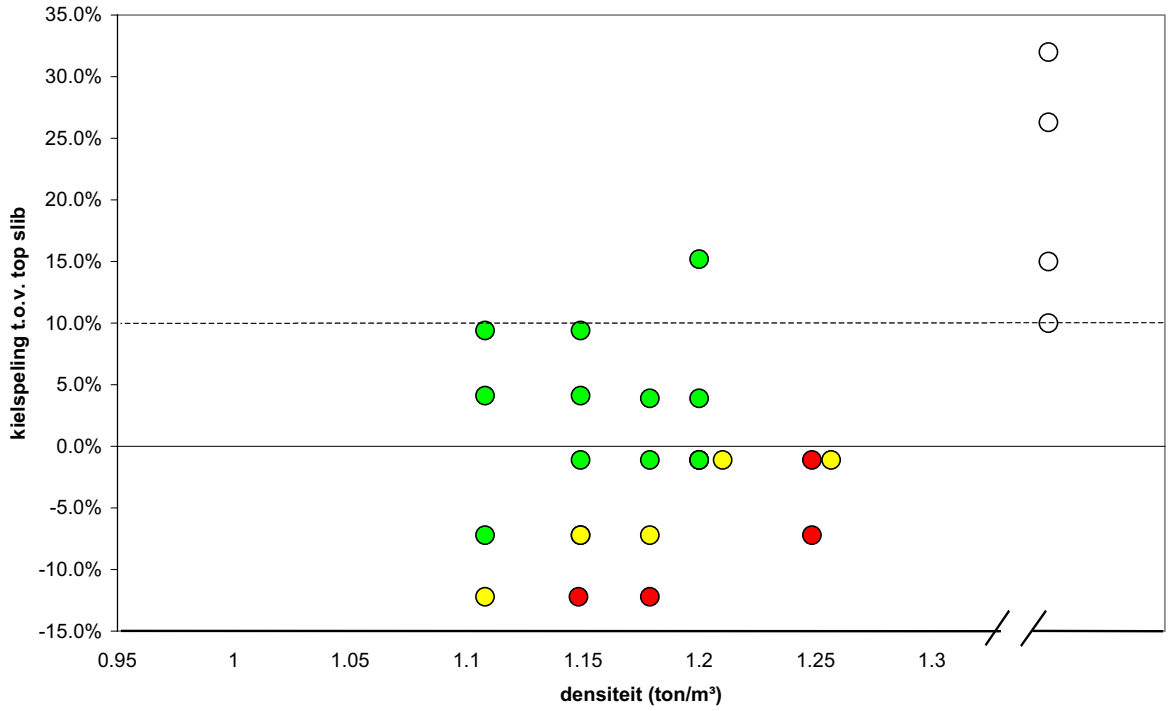
Figuur 9.4b. Schip D – Real-time simulaties. Globale beoordeling van afvaarten op basis van de kwalitatieve evaluatie door de betrokken loodsen. De windconditie bedraagt steeds ZW4BF en er zijn 2 sleepboten van 45 ton beschikbaar, tenzij anders vermeld. Kleurcodes: zie figuur 9.2



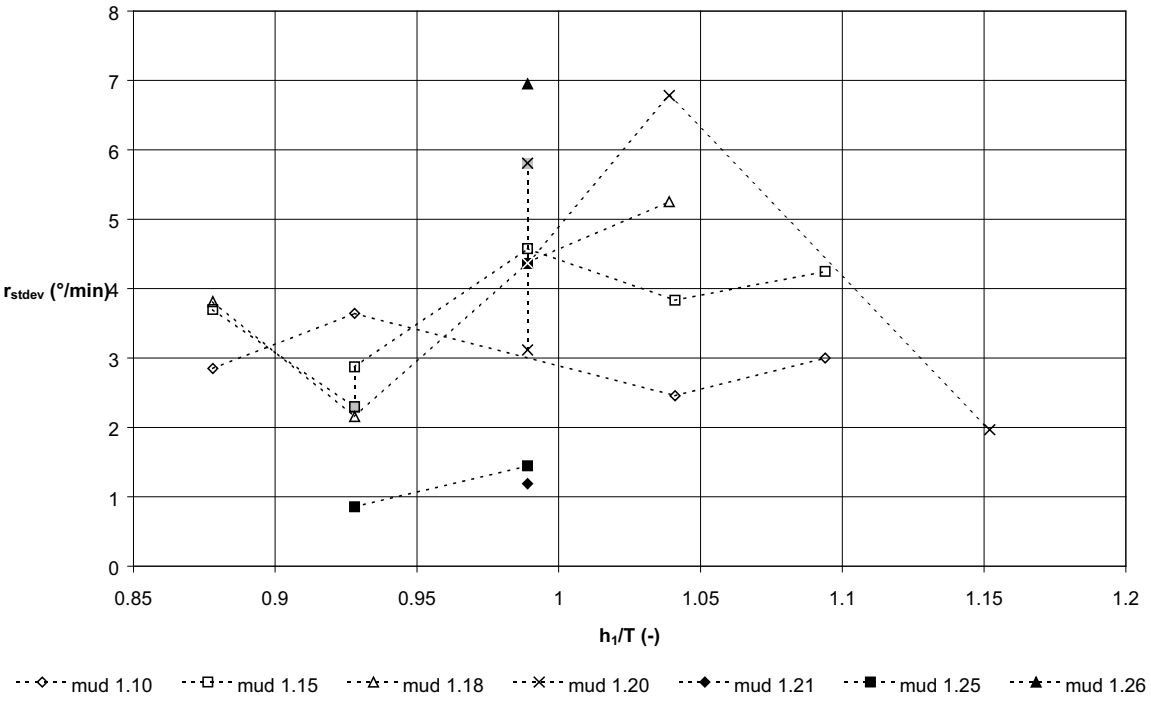
Figuur 9.5. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart: bereikte snelheid bij het buitenvaren van de haven.



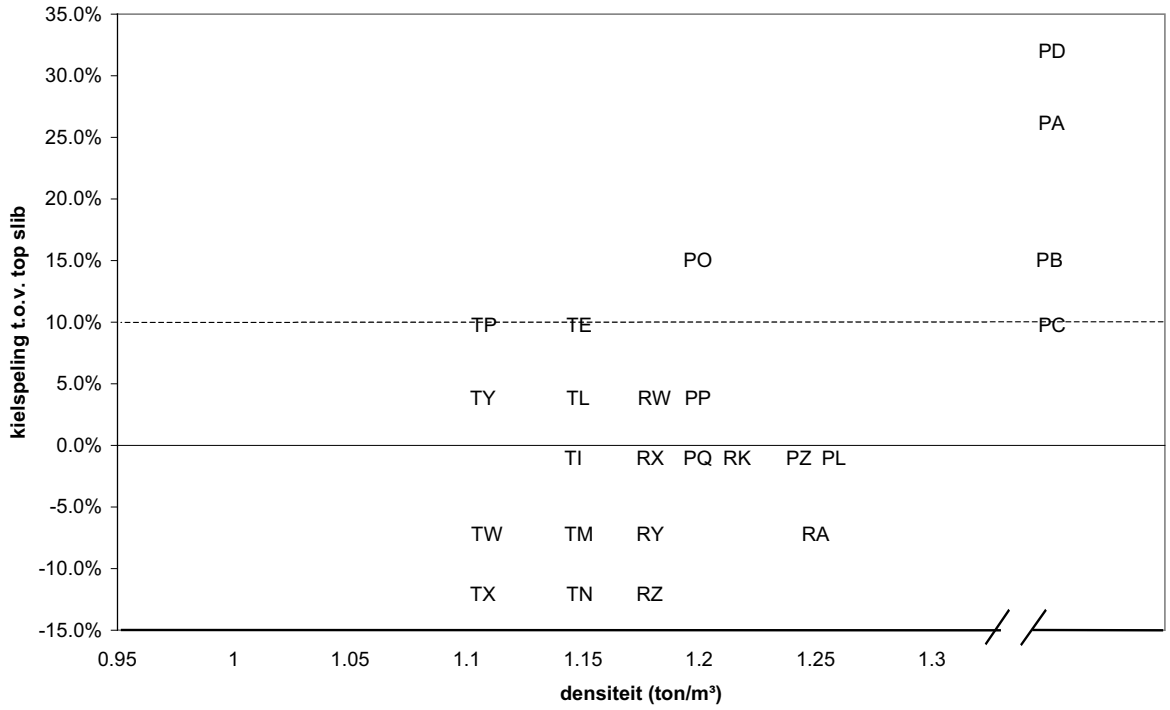
Figuur 9.6a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



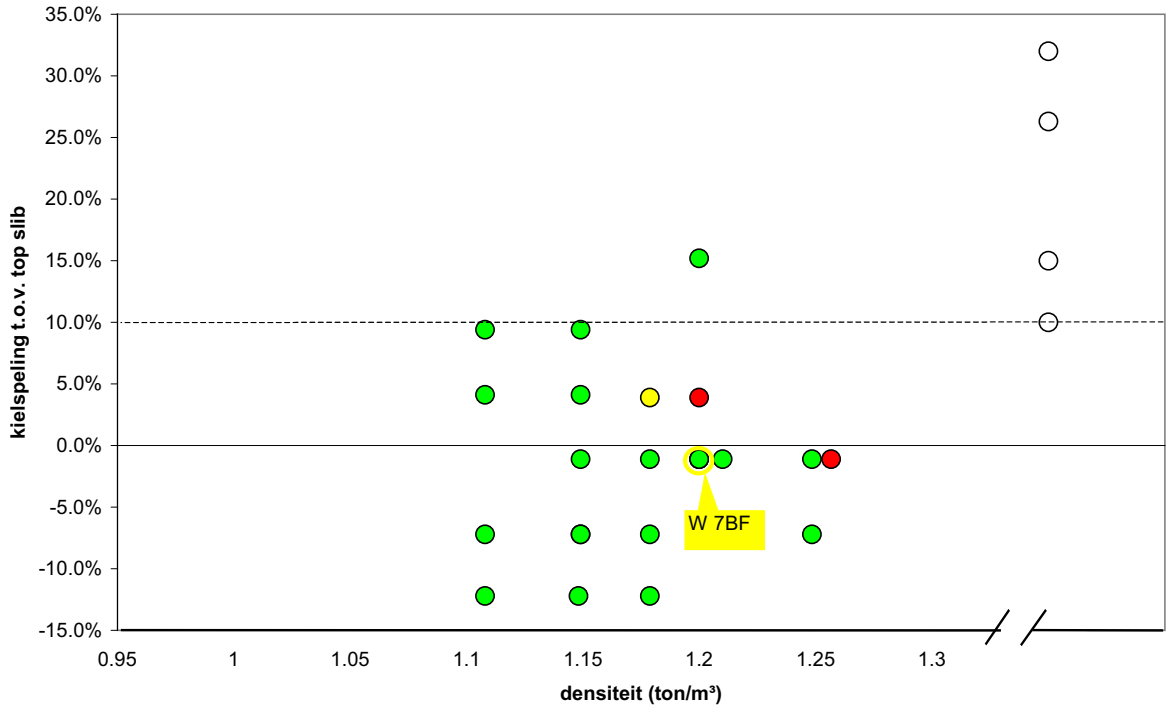
Figuur 9.6b. Schip D – Real-time simulaties. Onaanvaardbare (rood; < 8 knoop) en marginaal aanvaardbare (oranje; tussen 8 en 10 knoop) condities op basis van het snelheidscriterium bij afvaart.



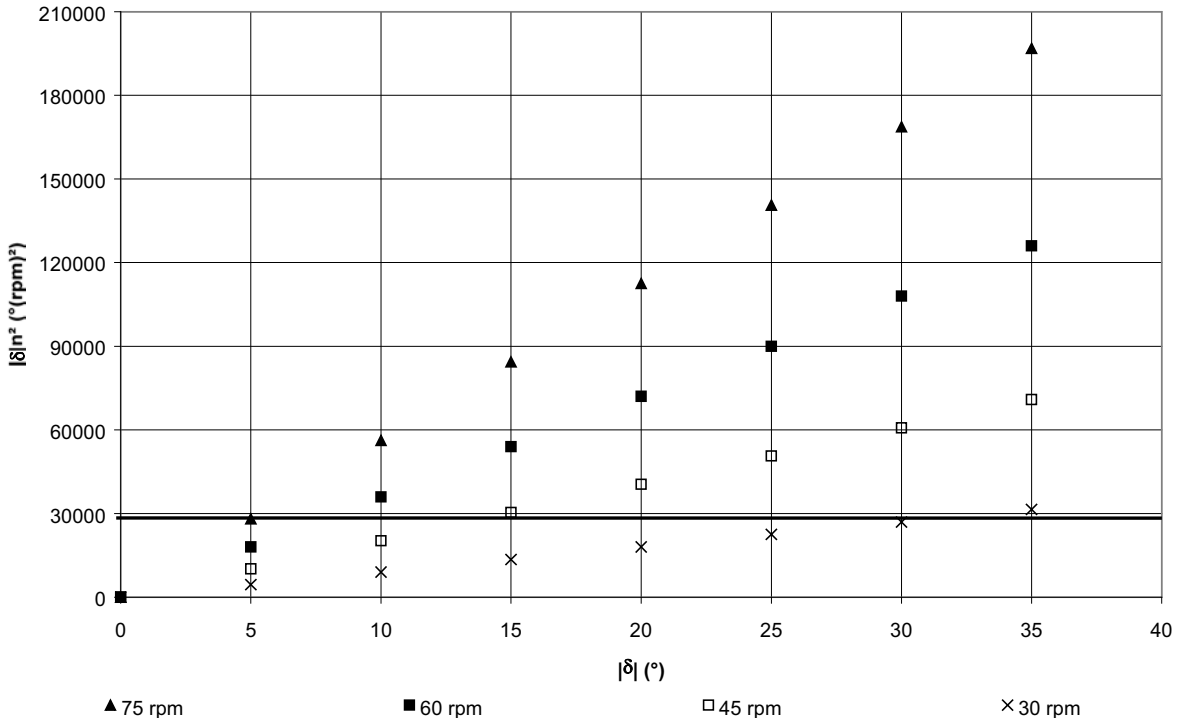
Figuur 9.7. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart: standaarddeviatie van de giersnelheid tijdens het opbouwen van de voorwaartse snelheid.



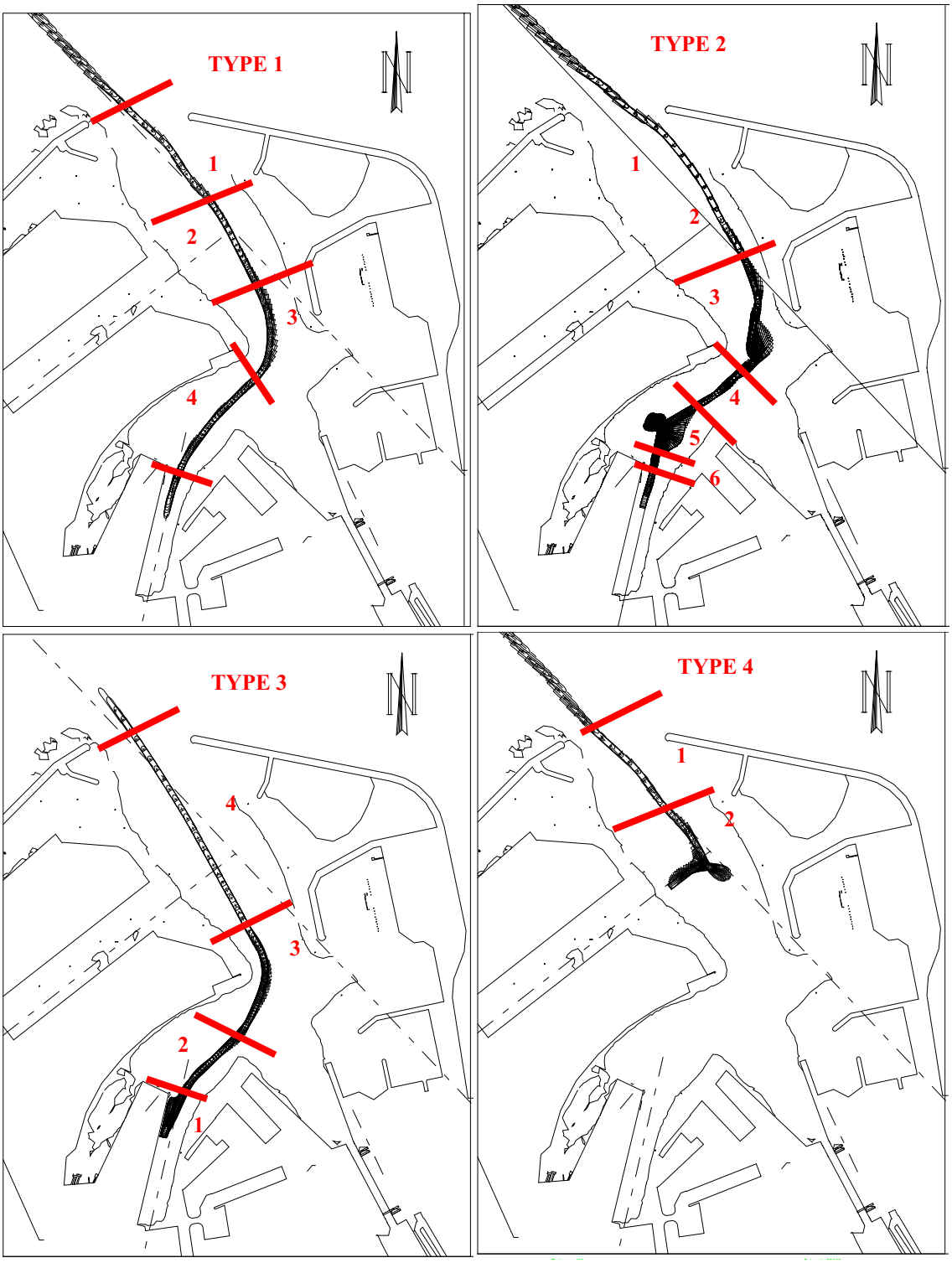
Figuur 9.8a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



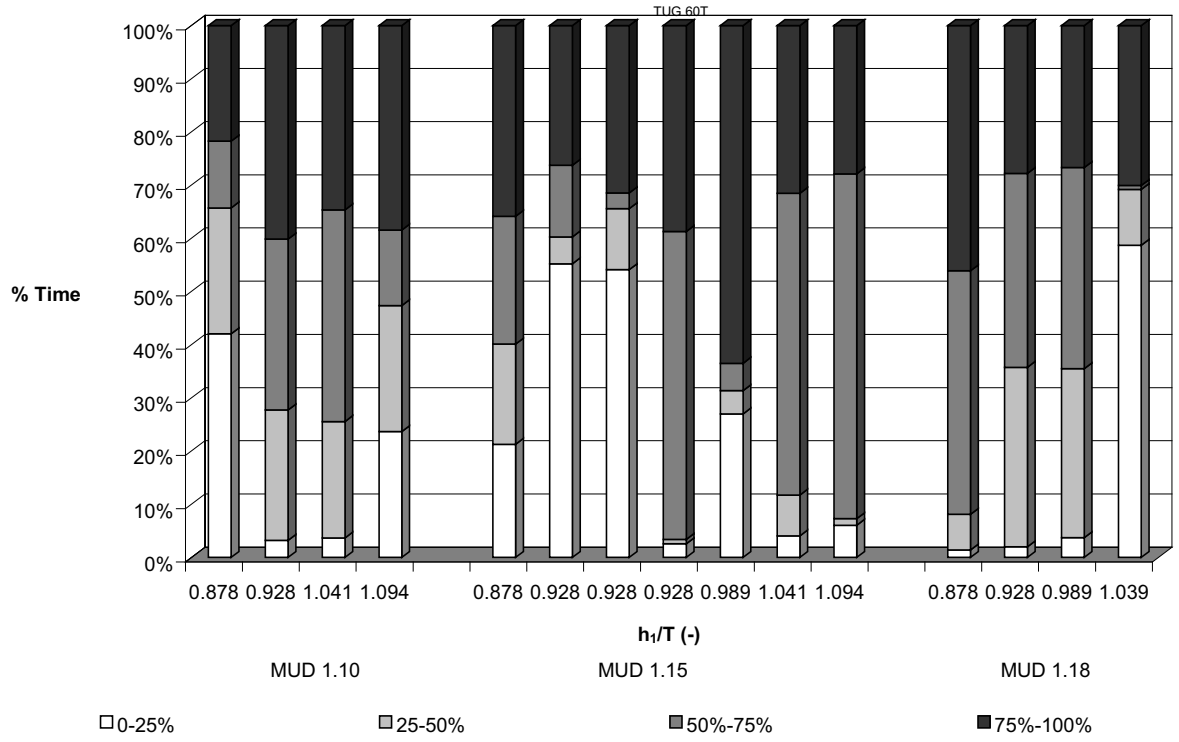
Figuur 9.8b. Schip D – Real-time simulaties. Onaanvaardbare (rood; > 6°/min) en marginaal aanvaardbare (oranje; tussen 5 en 6°/min) condities op basis van de standaarddeviatie van de giersnelheid bij afvaart.



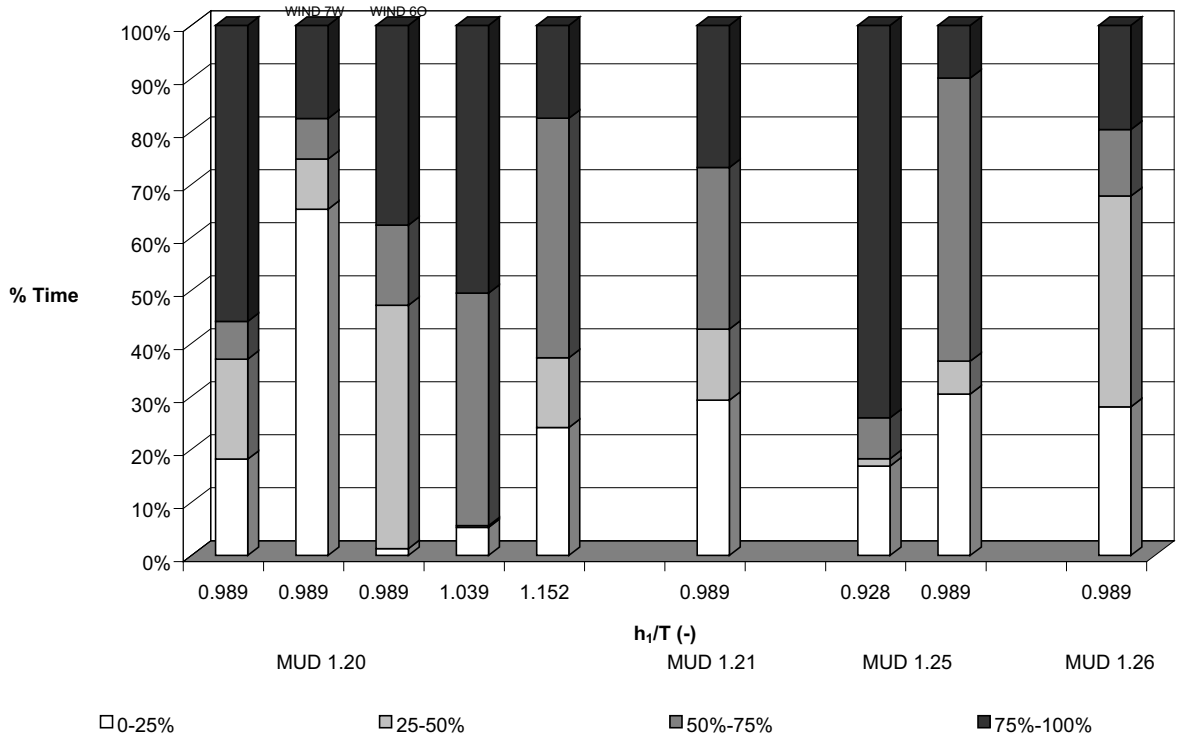
Figuur 9.9. Schip D – Real-time simulaties. Verloop van de parameter $|\delta|n^2$ voor verschillende schroeftoerentallen.



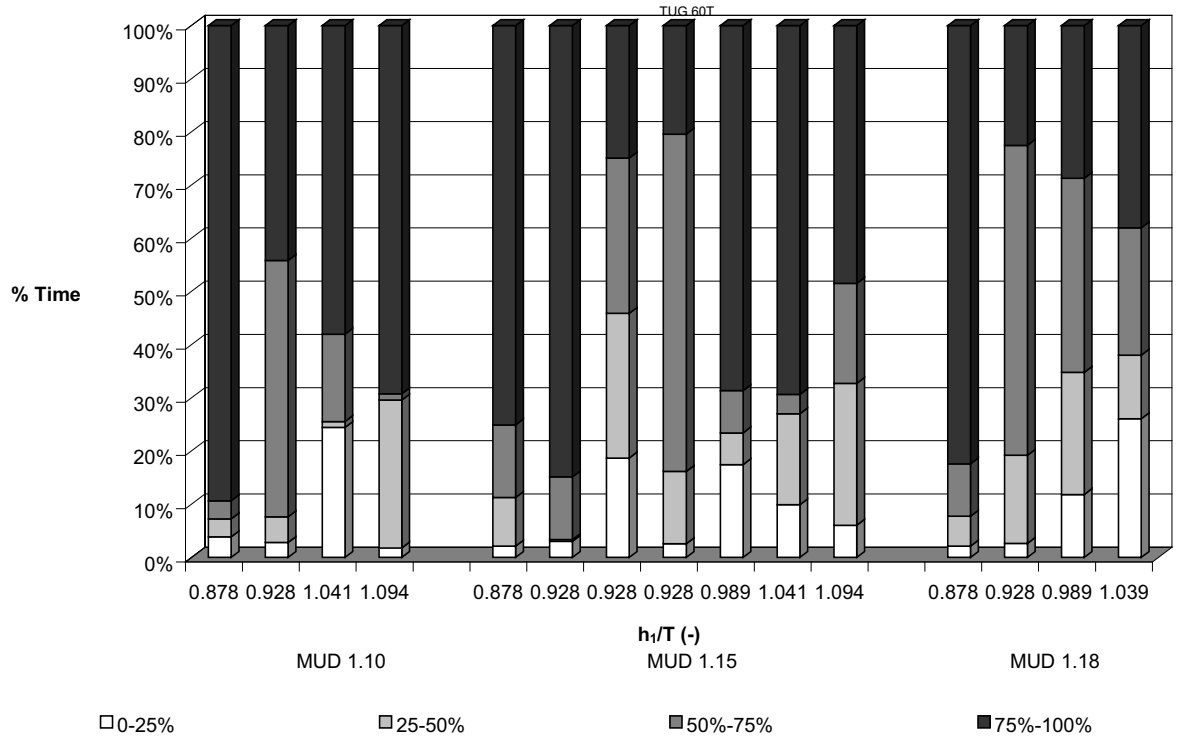
Figuur 9.10. Schip D – Real-time simulaties. Indeling van de runs in deeltrajecten.



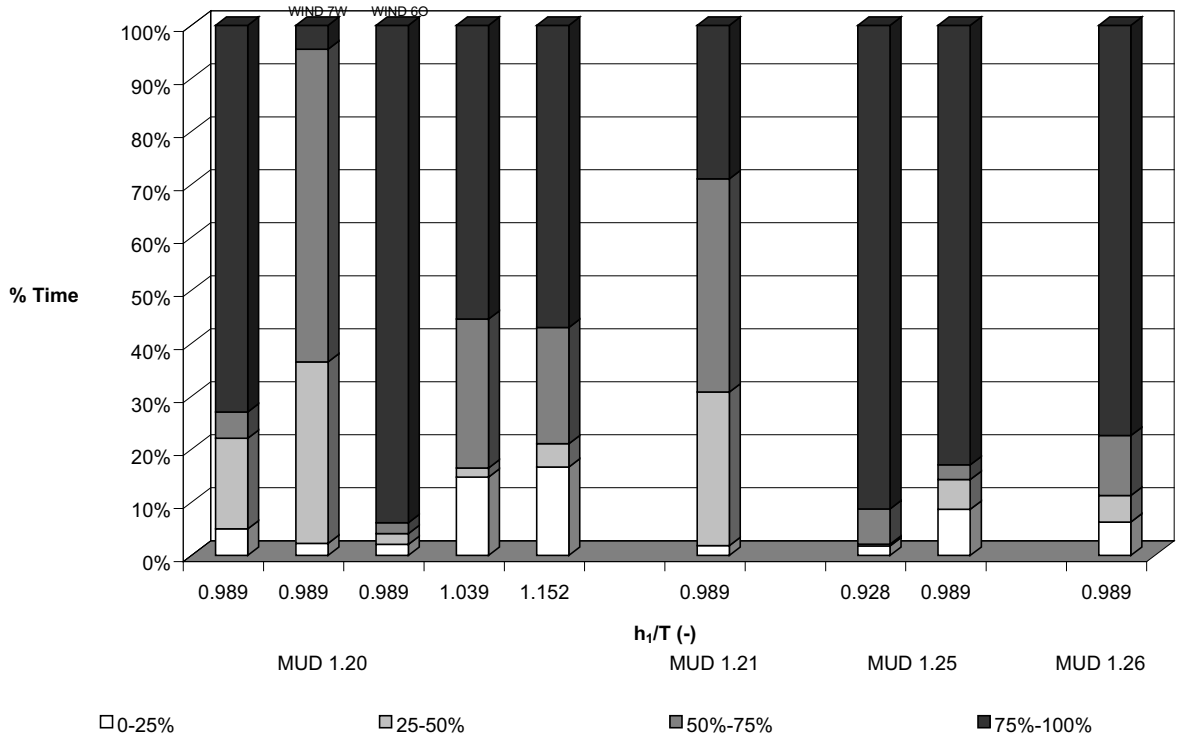
Figuur 9.11a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



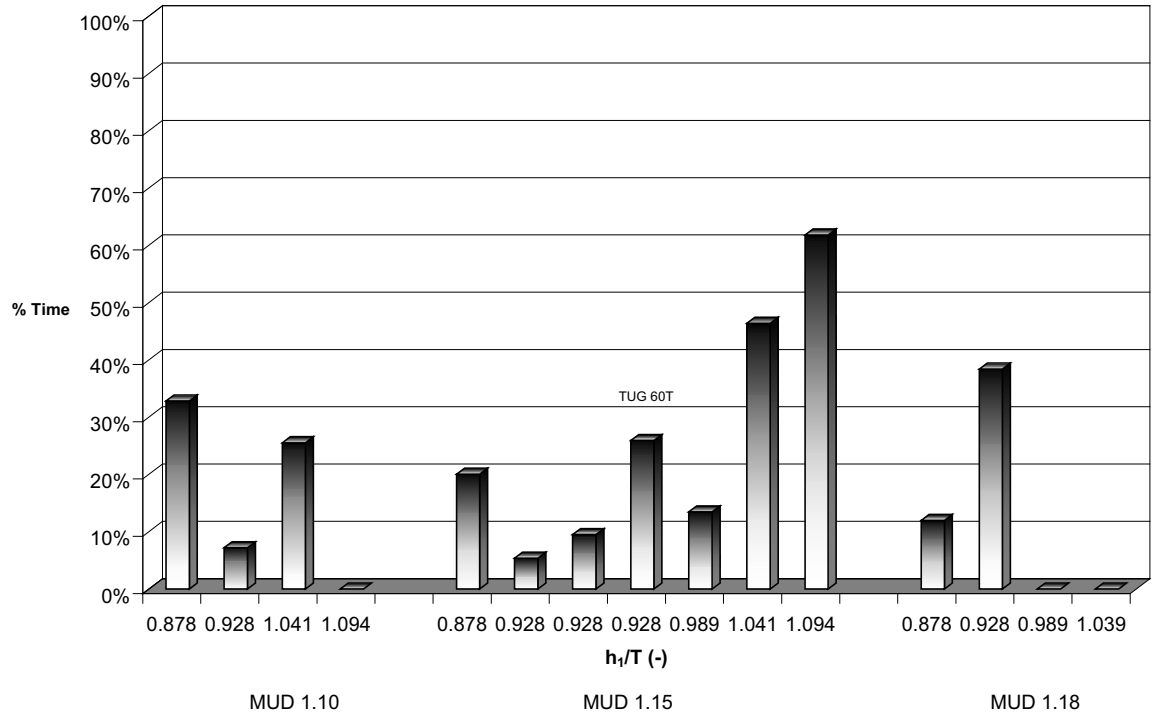
Figuur 9.11b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



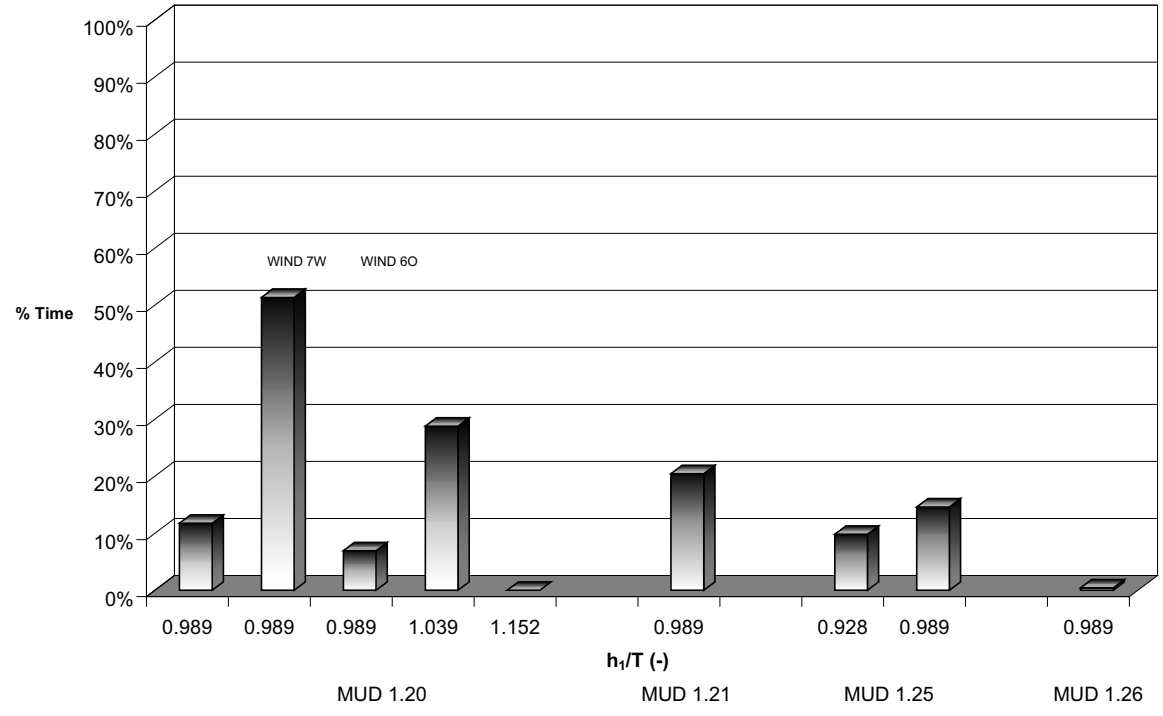
Figuur 9.12a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



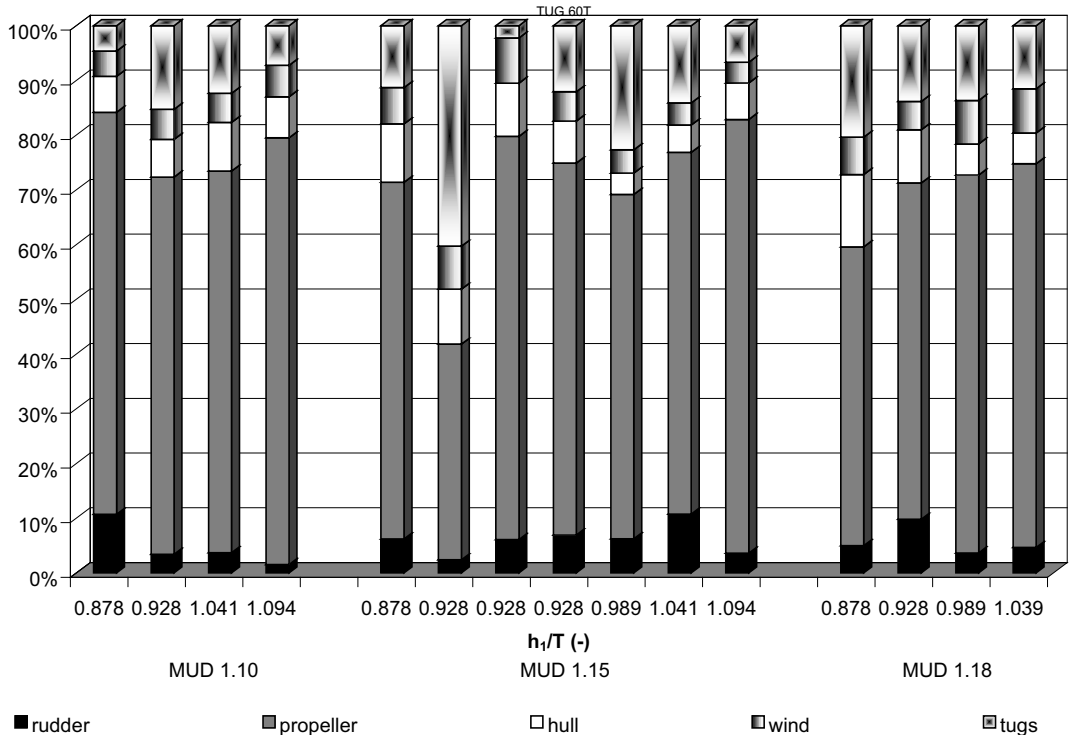
Figuur 9.12b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



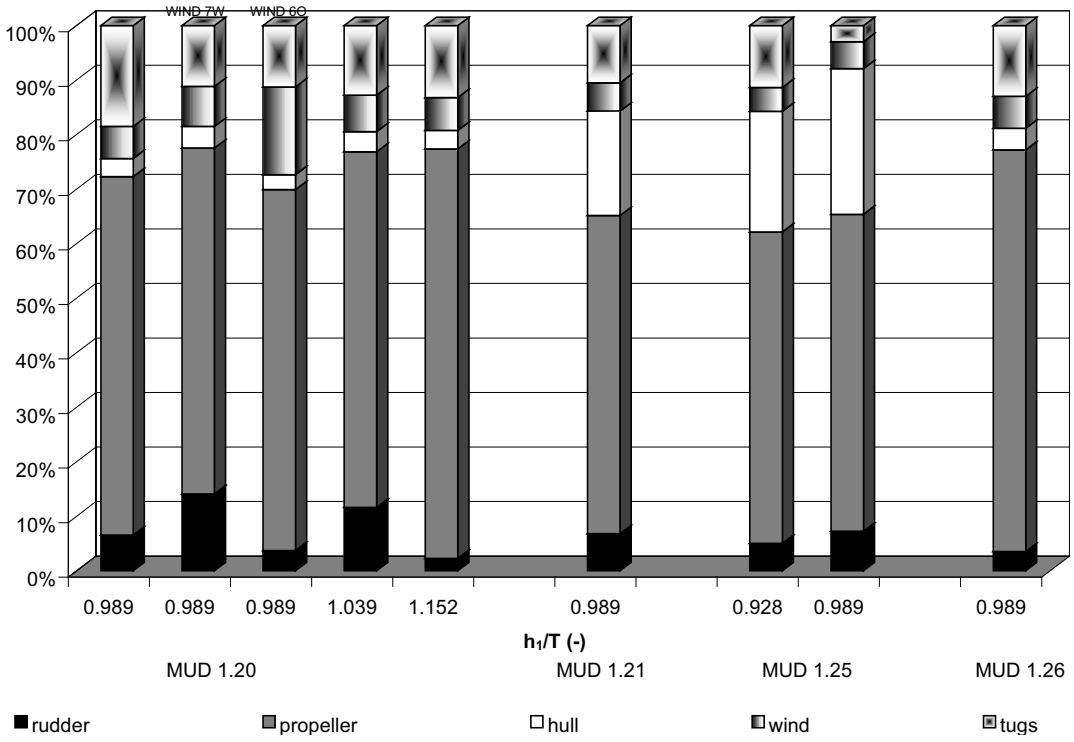
Figuur 9.13a. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



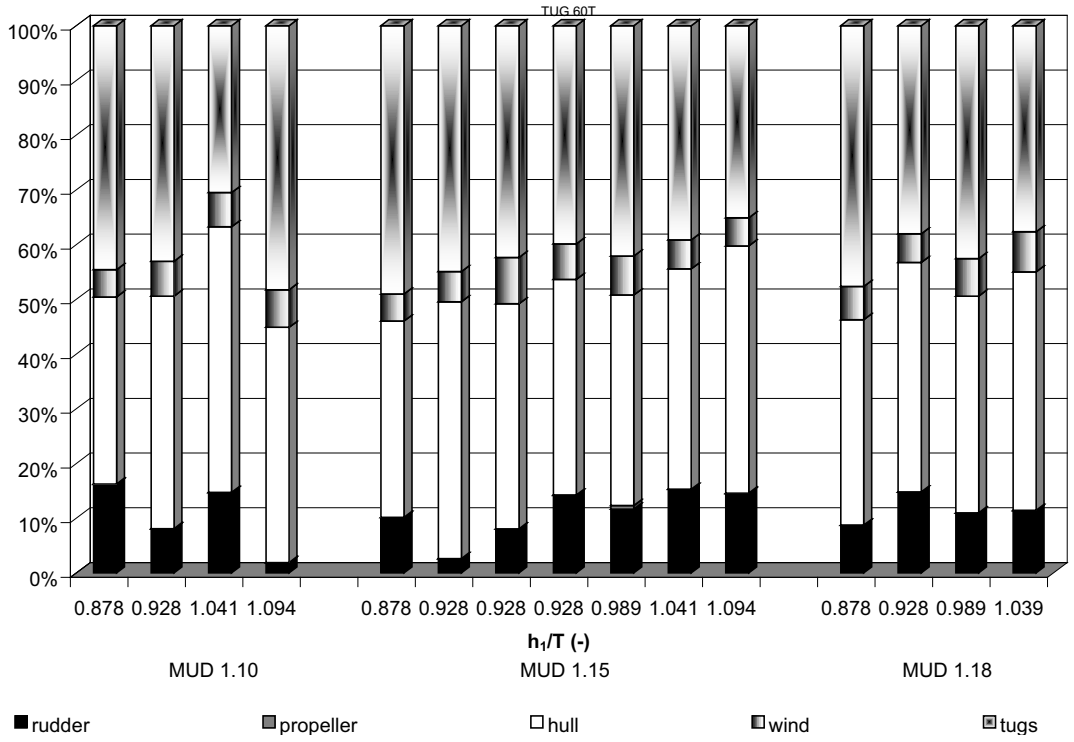
Figuur 9.13b. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



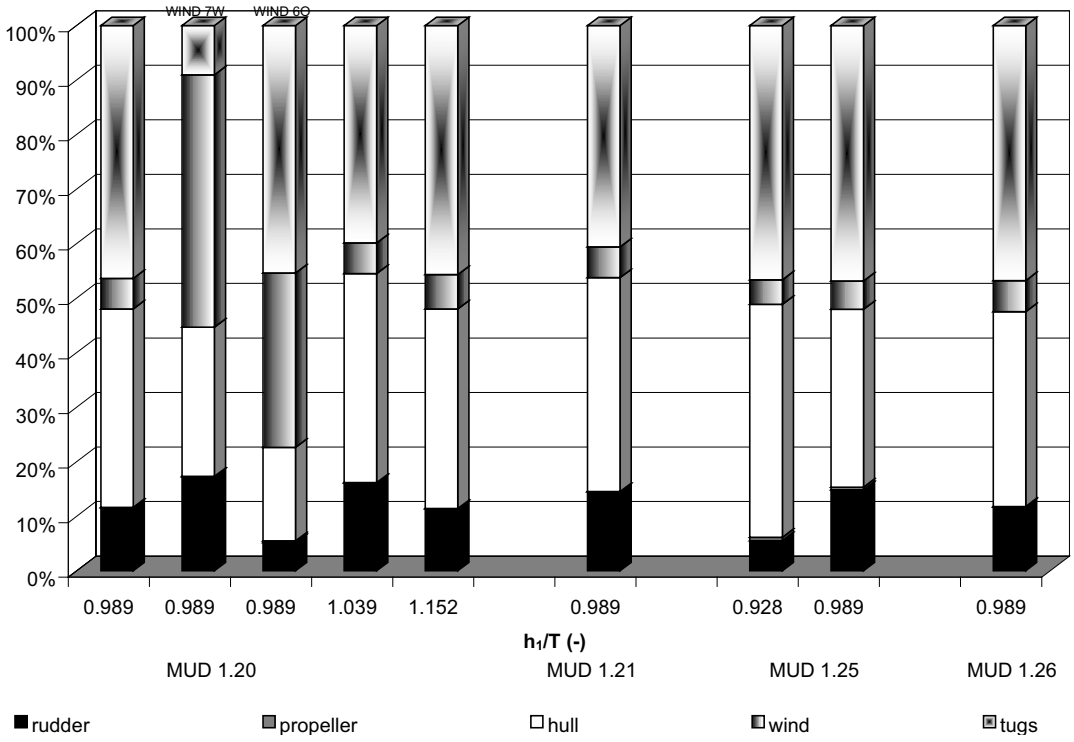
Figuur 9.14a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



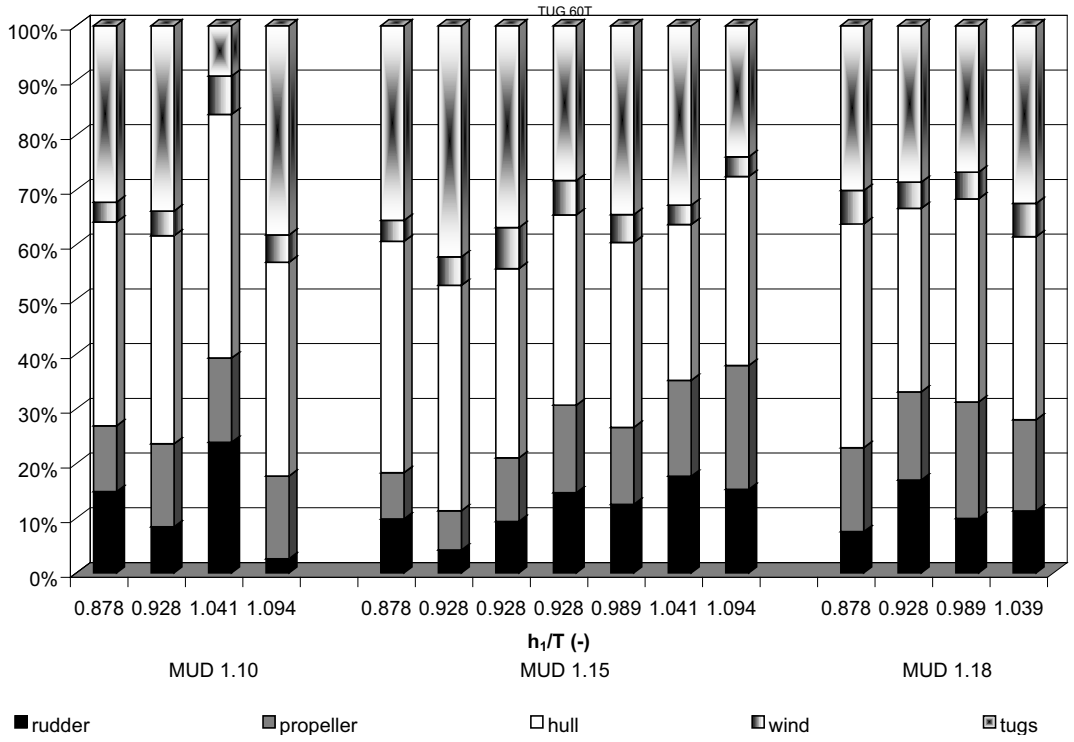
Figuur 9.14b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



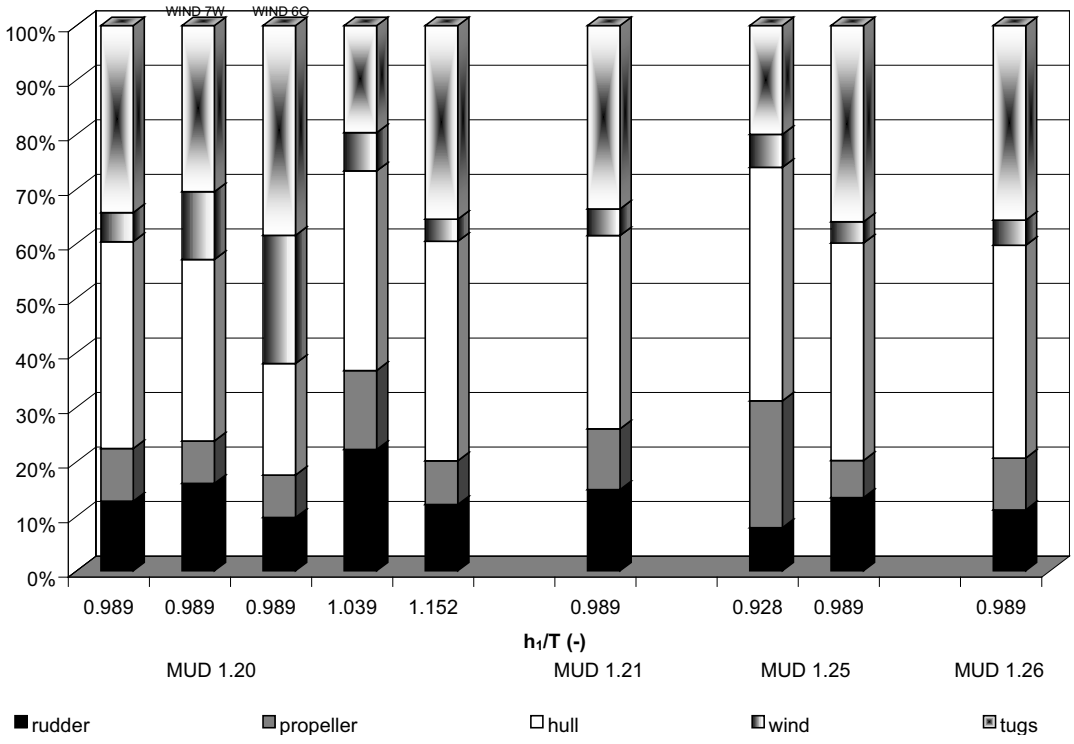
Figuur 9.15a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



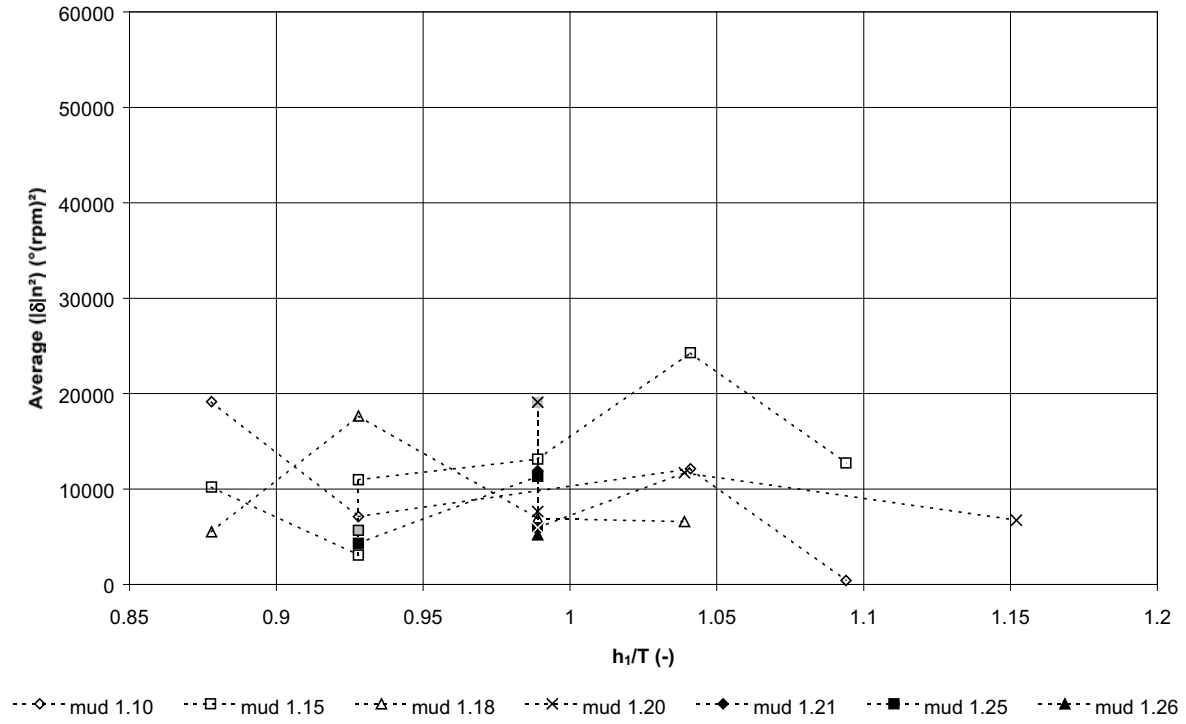
Figuur 9.15b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



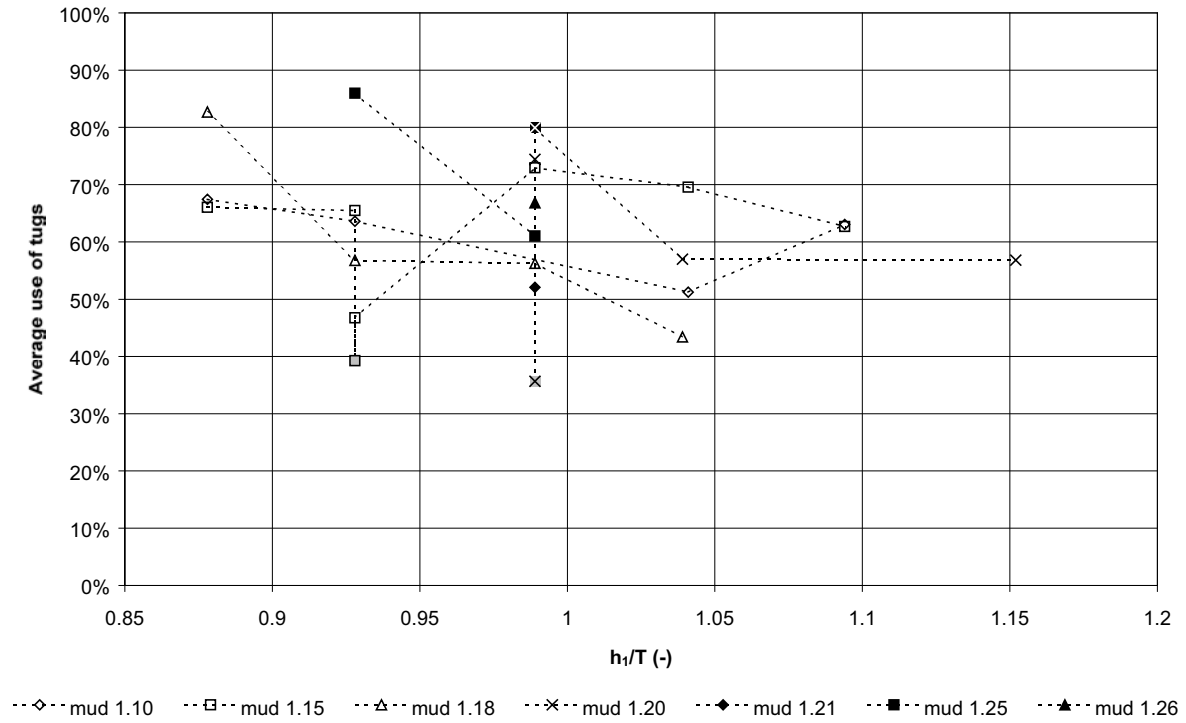
Figuur 9.16a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



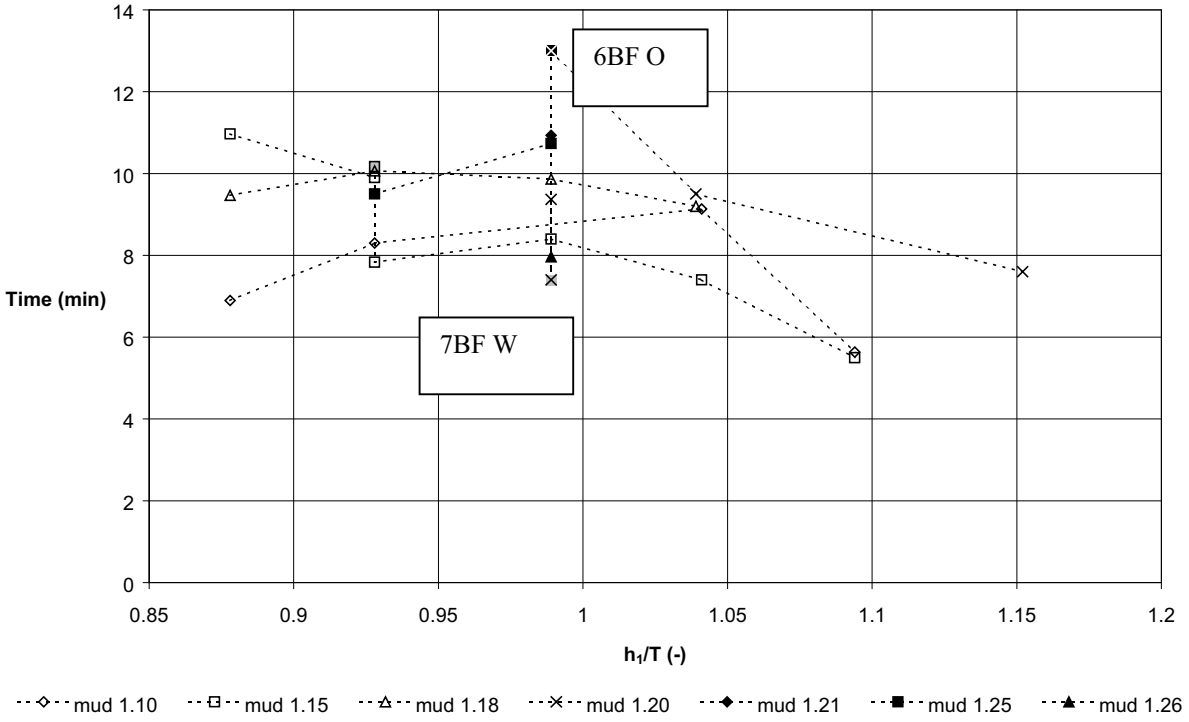
Figuur 9.16b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



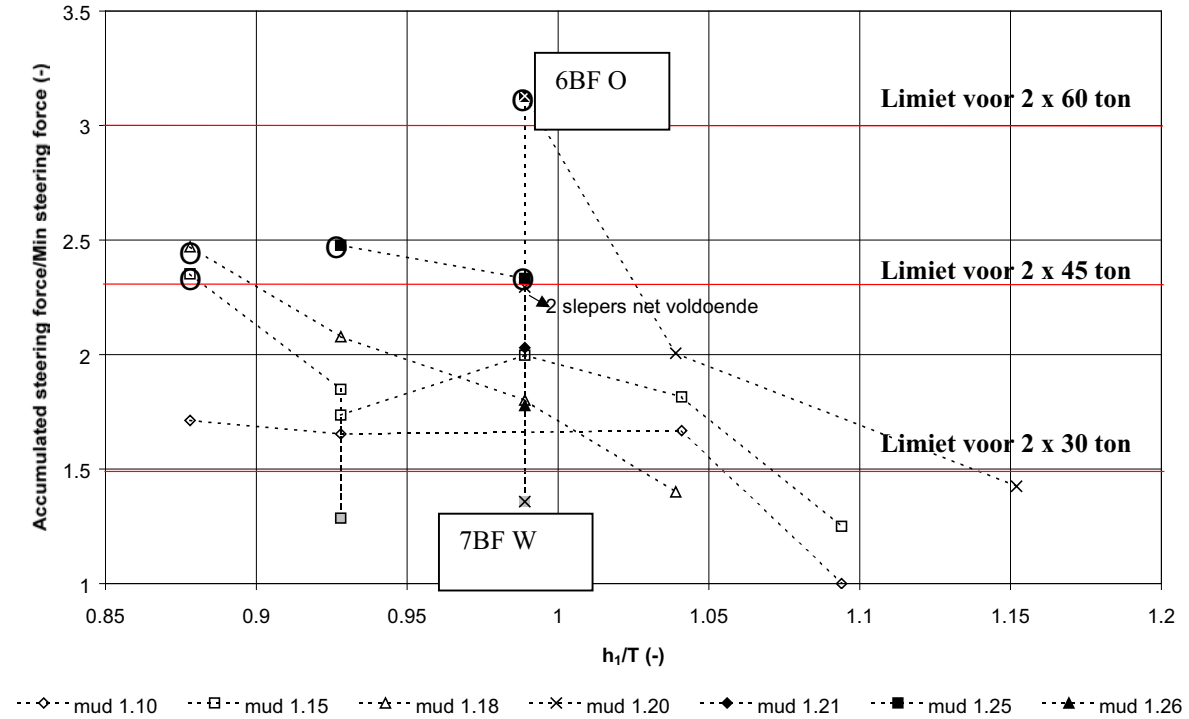
Figuur 9.17. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld schroef- en roergebruik bij het vertrekken van de kaai.



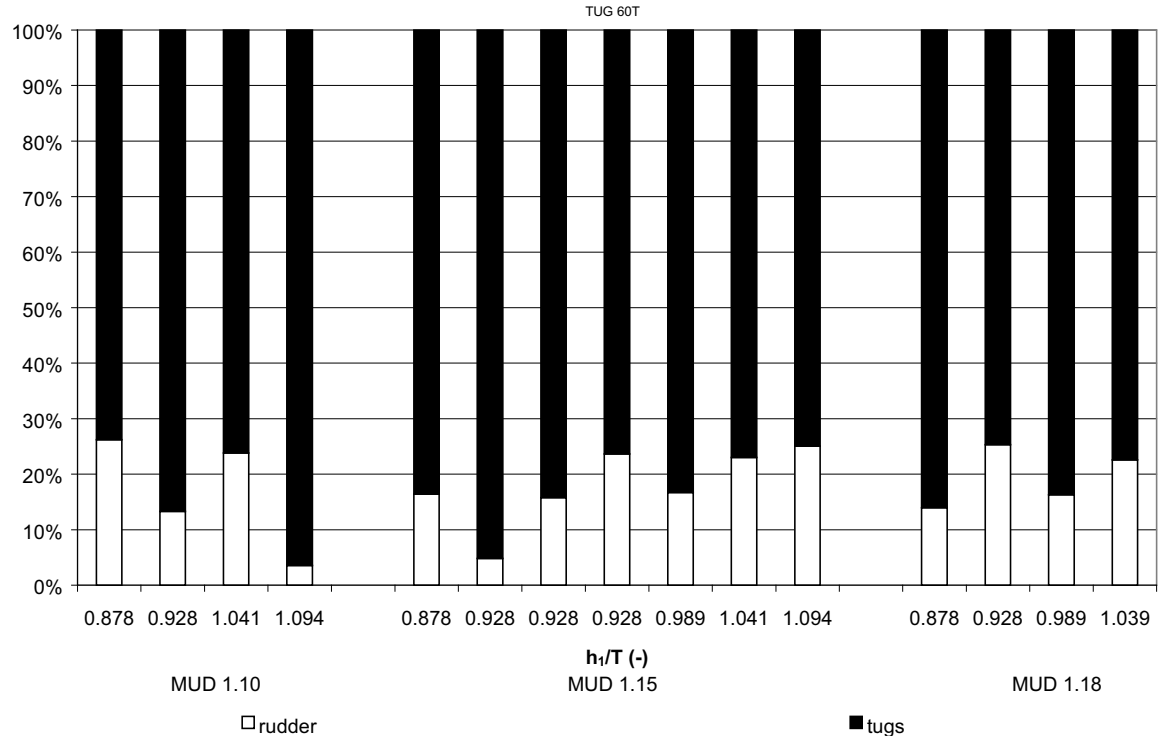
Figuur 9.18. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld gebruik van de sleepboten tijdens het vertrekken van de tijd in % van het totaal beschikbare vermogen.



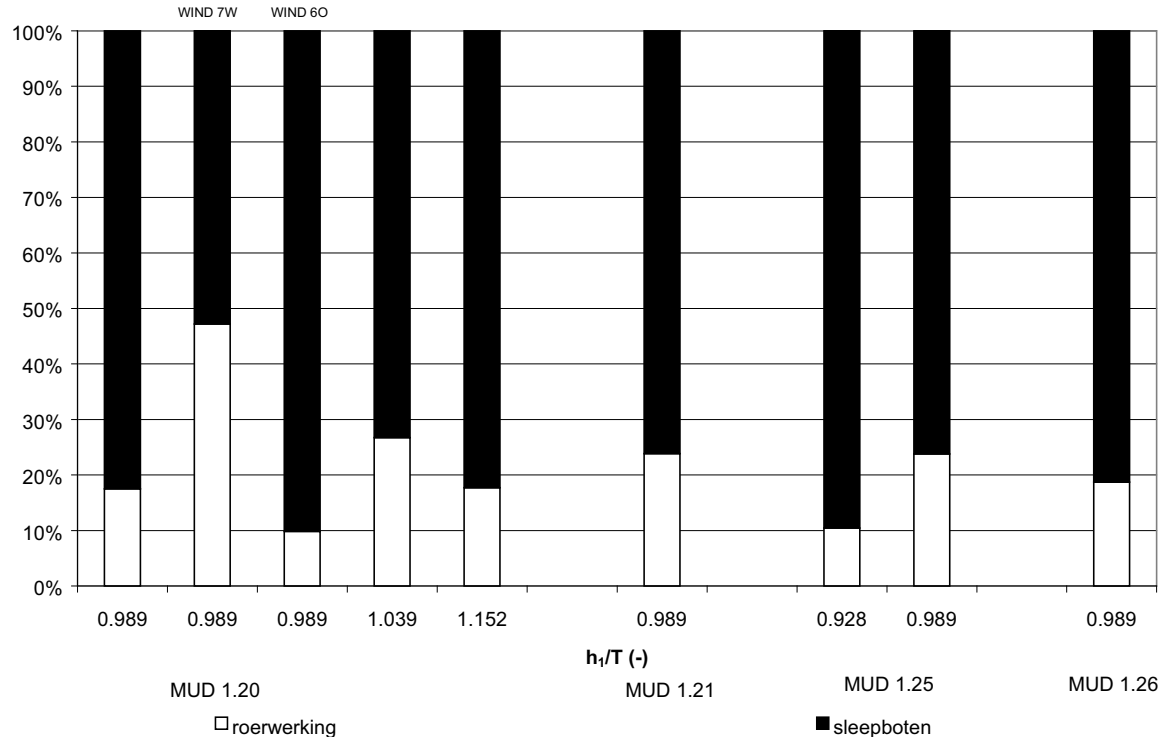
Figuur 9.19. Schip D – Real-time simulaties. Benodigde tijd om van de kaai te vertrekken.



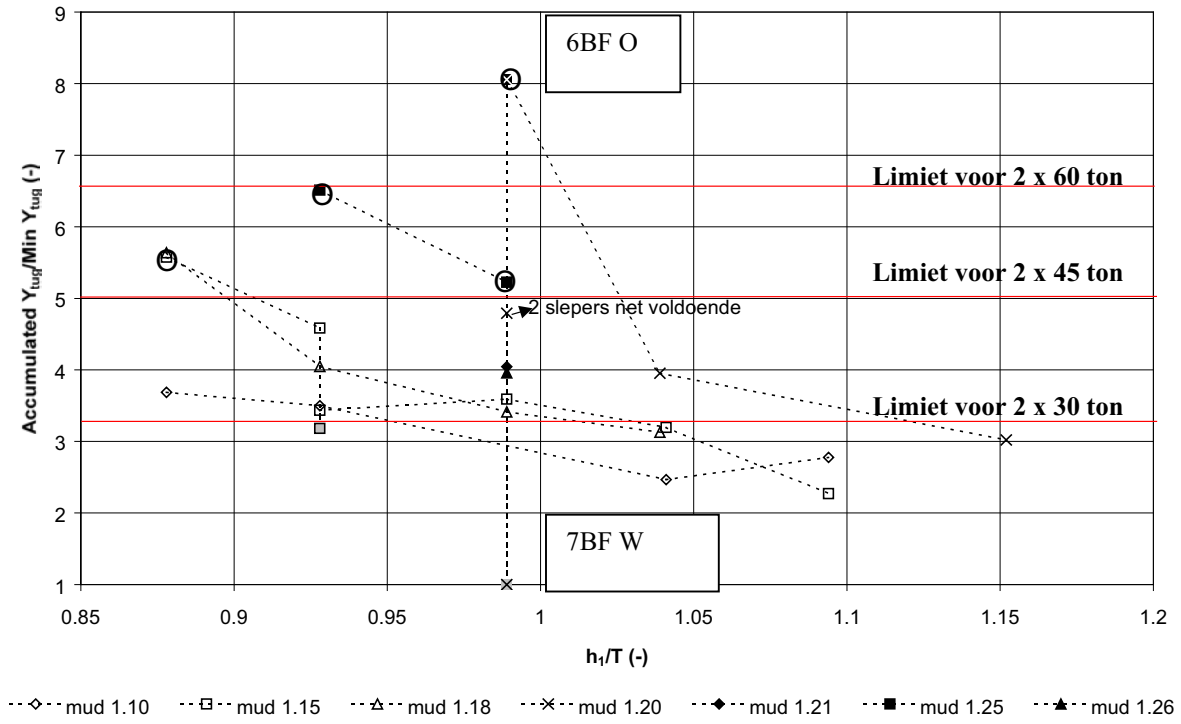
Figuur 9.20. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart: vertrek van de kaai. Geïntegreerde laterale stuurkracht. De omcirkelde condities werden door de loodsen ongunstig beoordeeld omwille van een tekort aan reserve op de slepers.



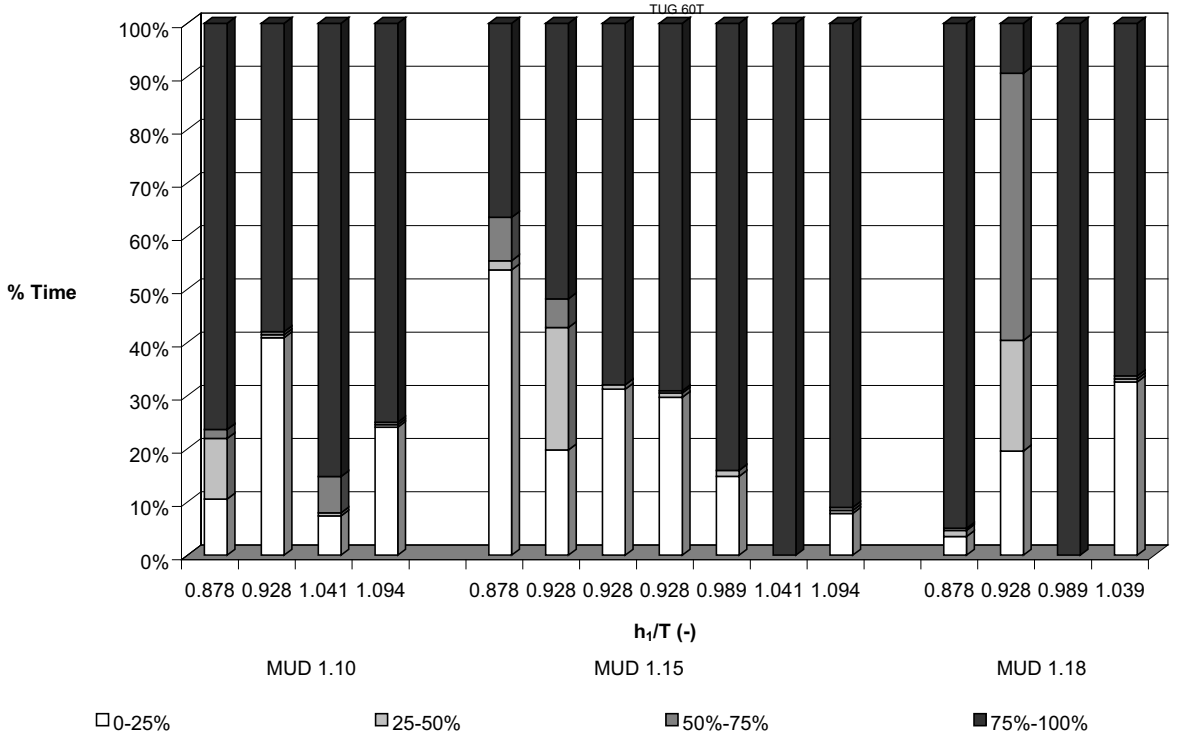
Figuur 9.21a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het vertrekken van de kaai. Lichtere slibsoorten.



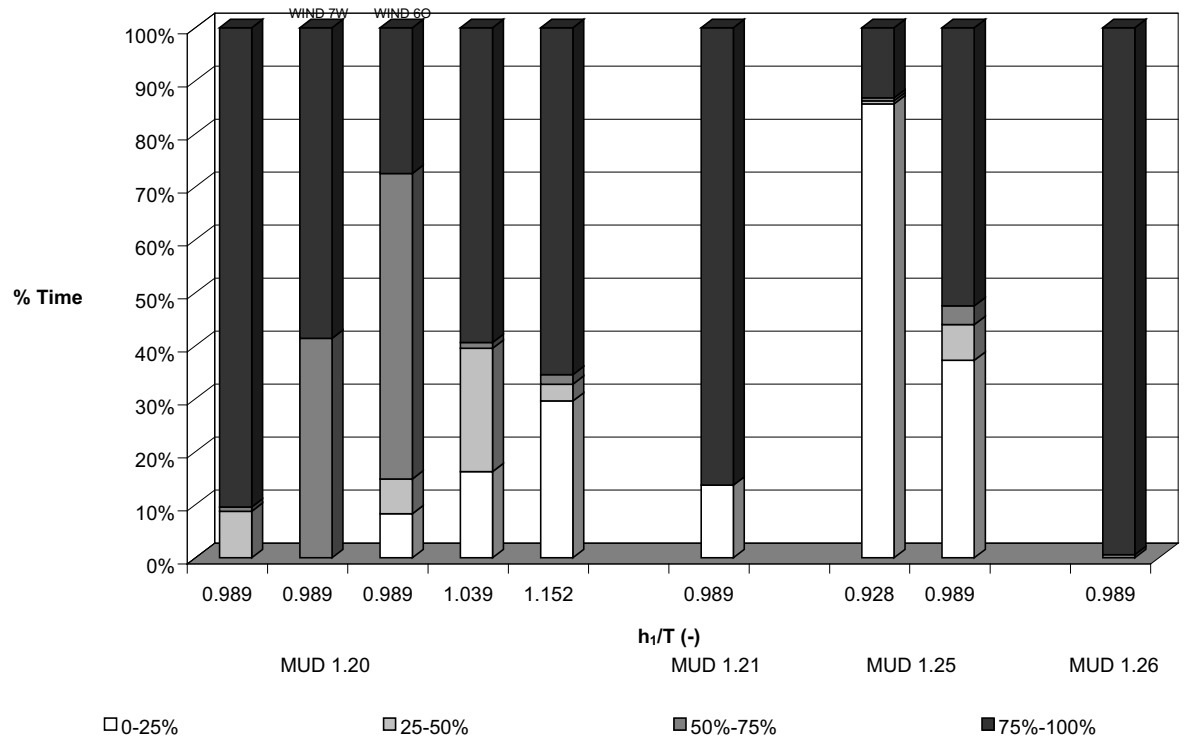
Figuur 9.21b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het vertrekken van de kaai. Zwaardere slibsoorten.



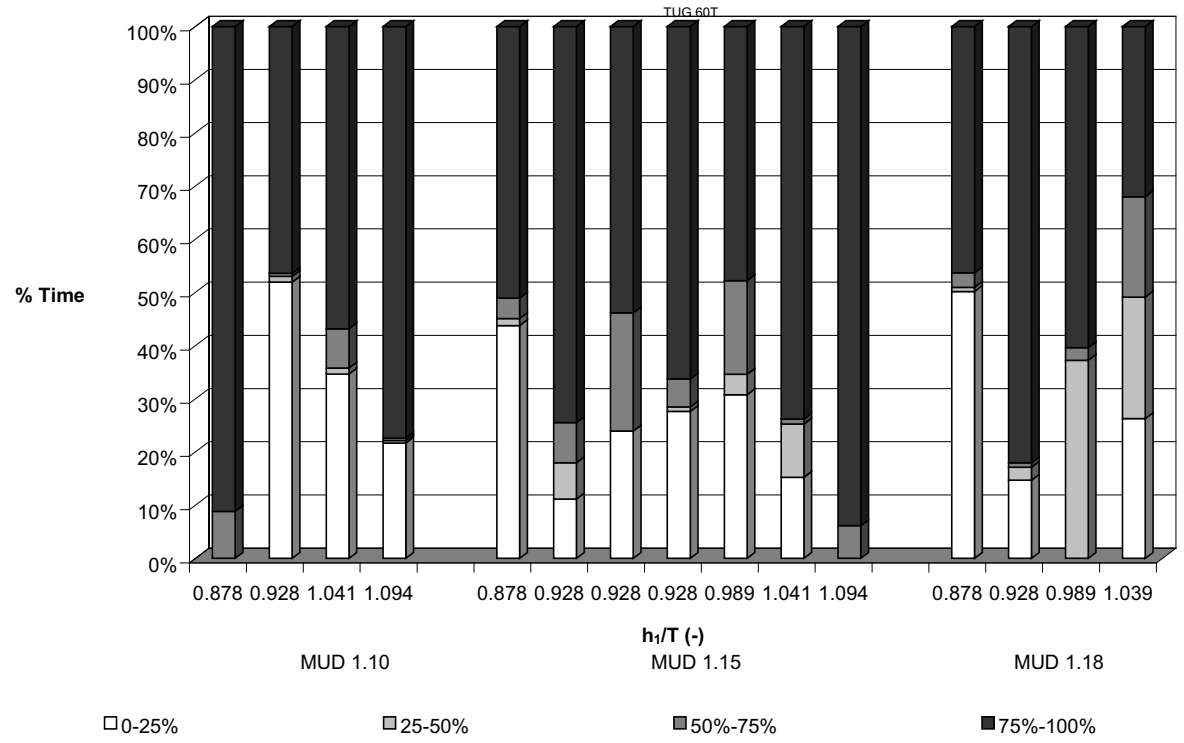
Figuur 9.22. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart: vertrek van de kaai. Geïntegreerde laterale sleepkracht op het schip. De omcirkelde condities werden door de loodsen ongunstig beoordeeld omwille van een tekort aan reserve op de slepers.



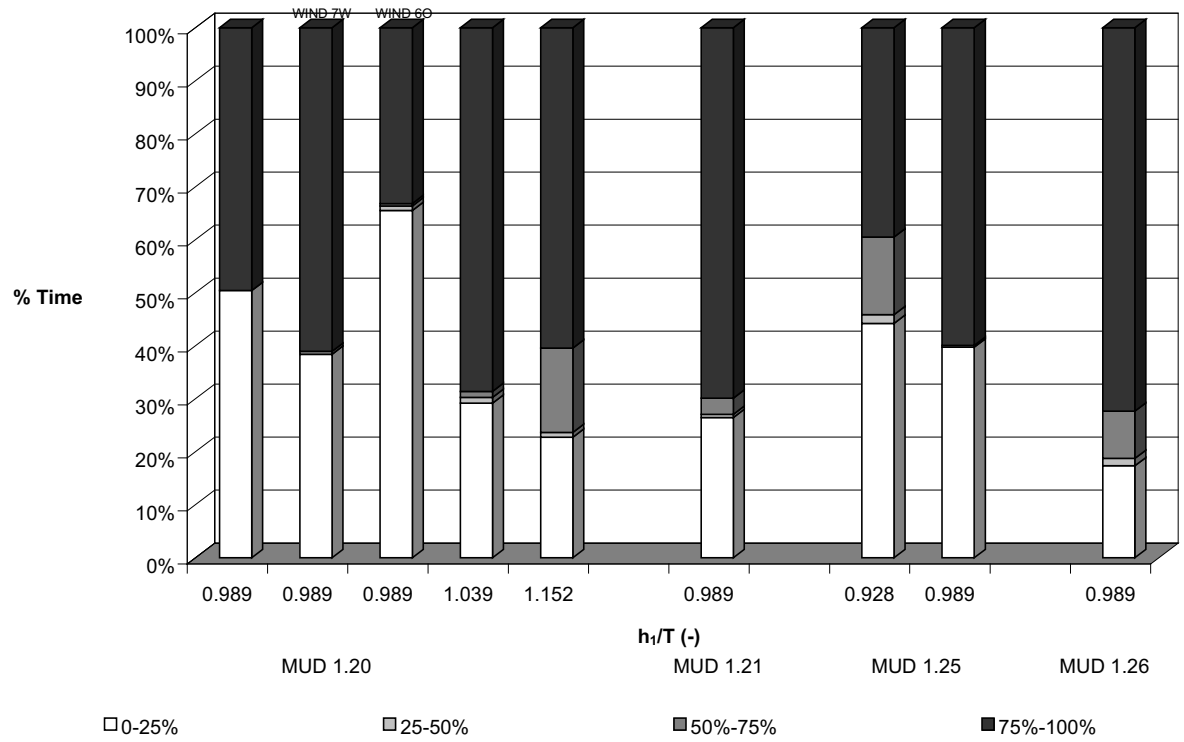
Figuur 9.23a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



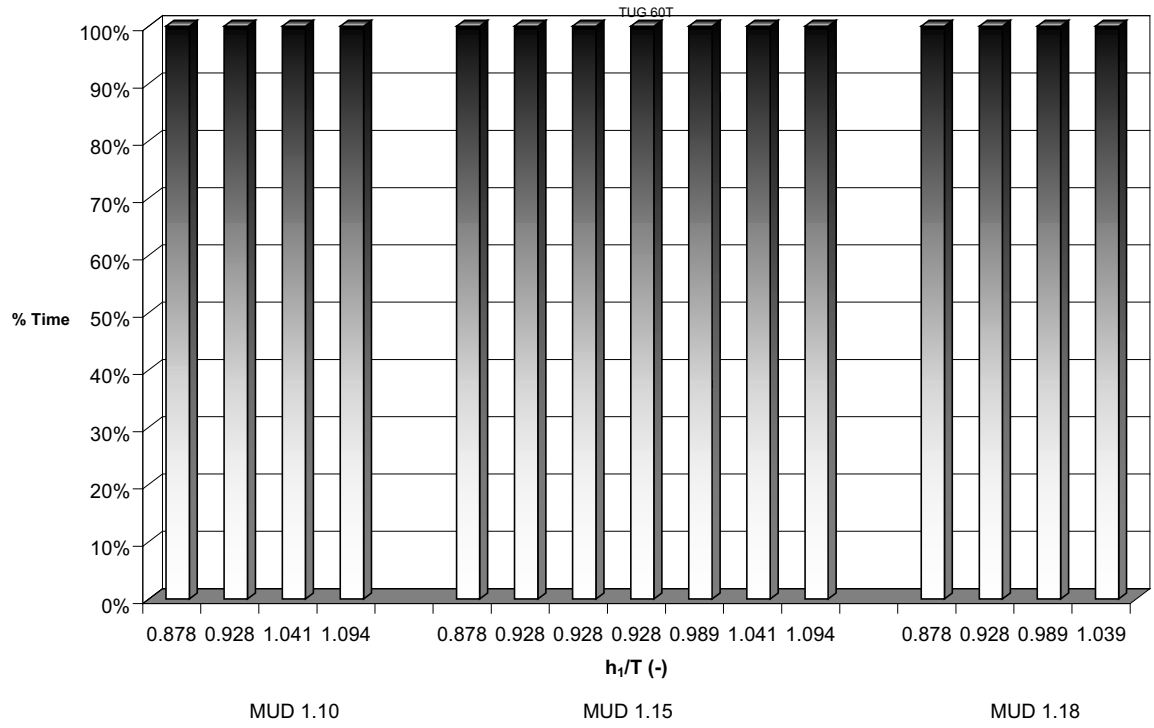
Figuur 9.23b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



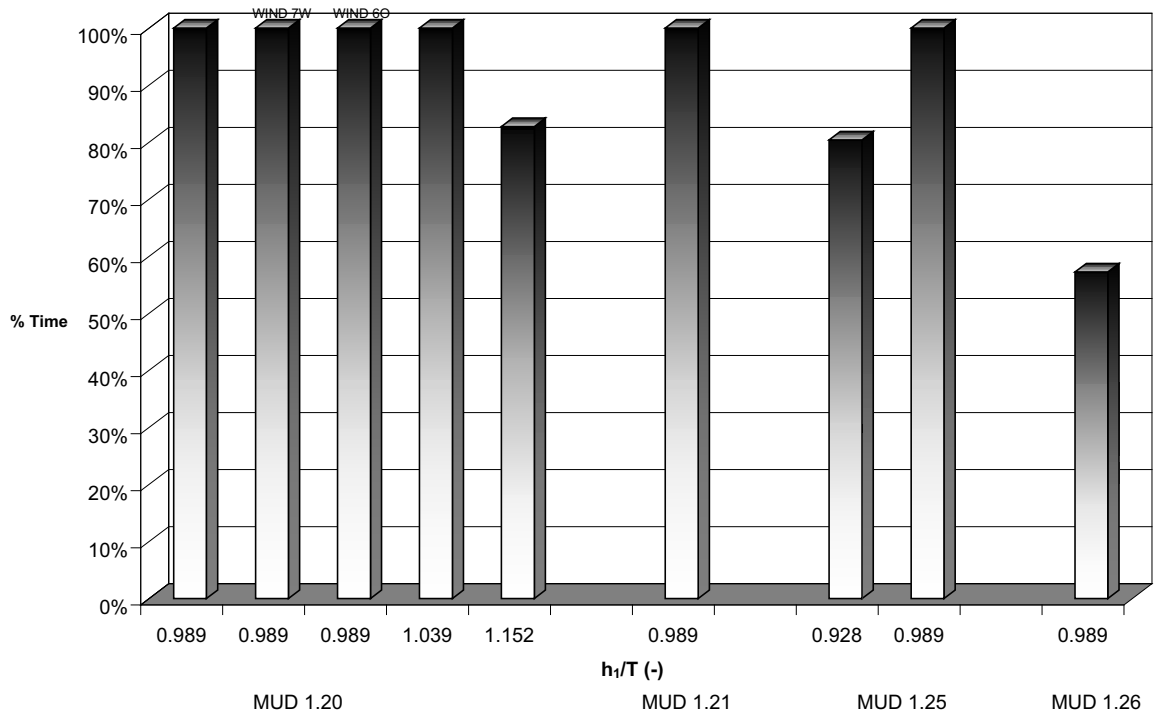
Figuur 9.24a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



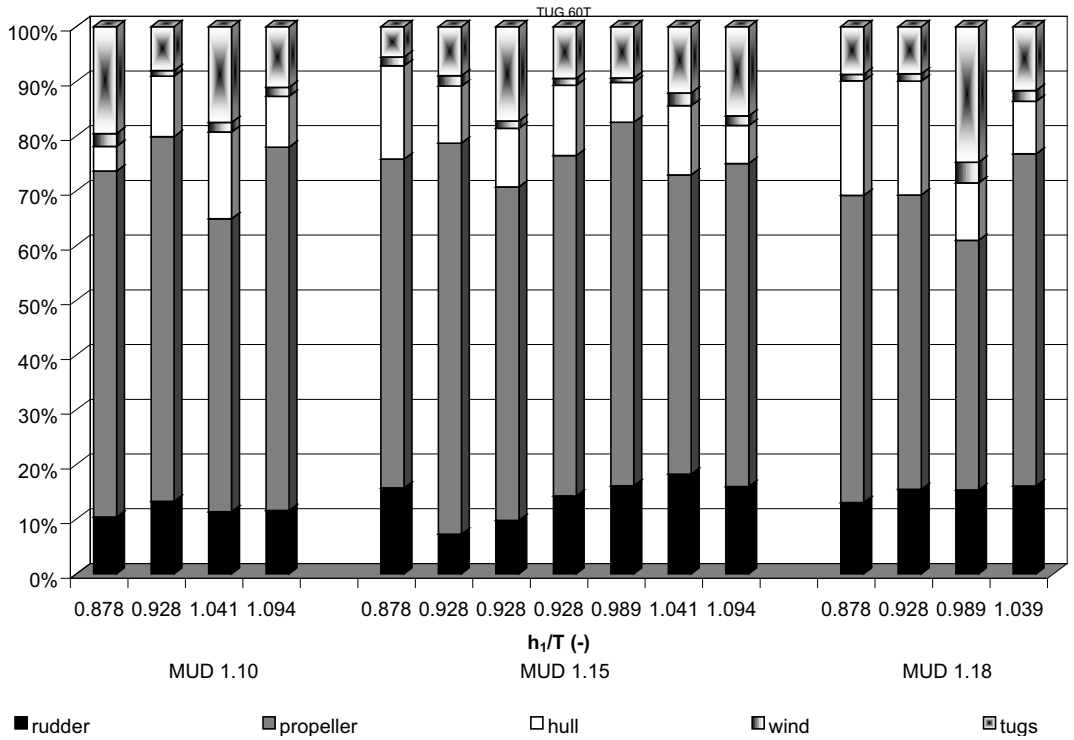
Figuur 9.24b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



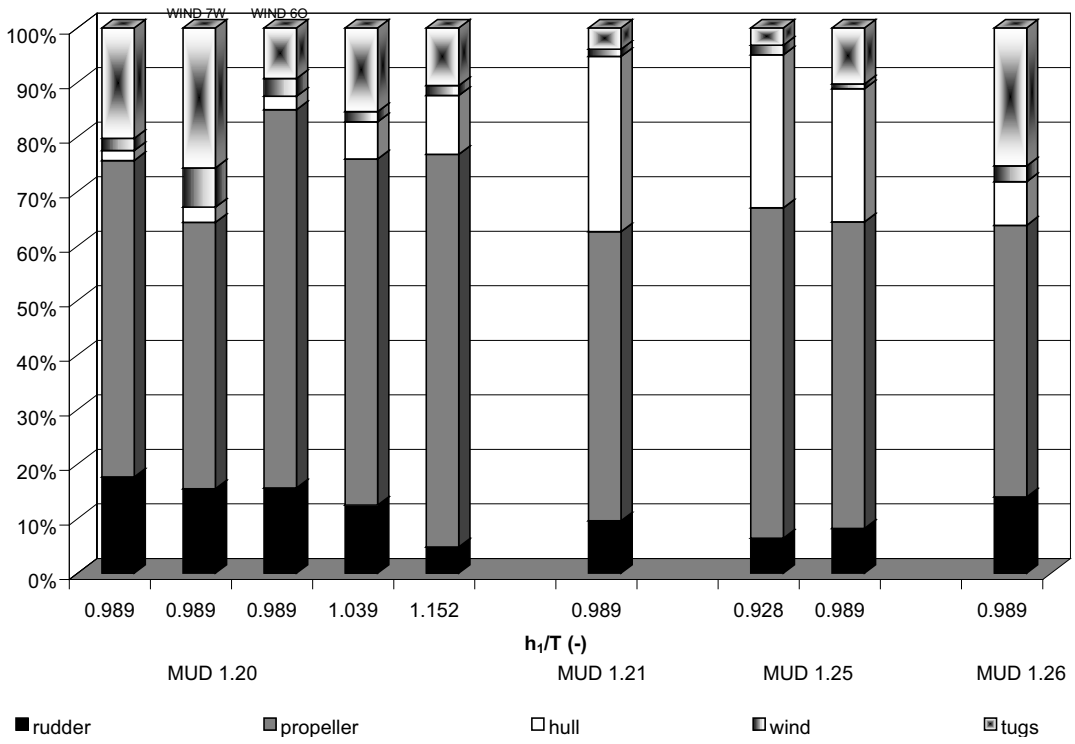
Figuur 9.25a. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



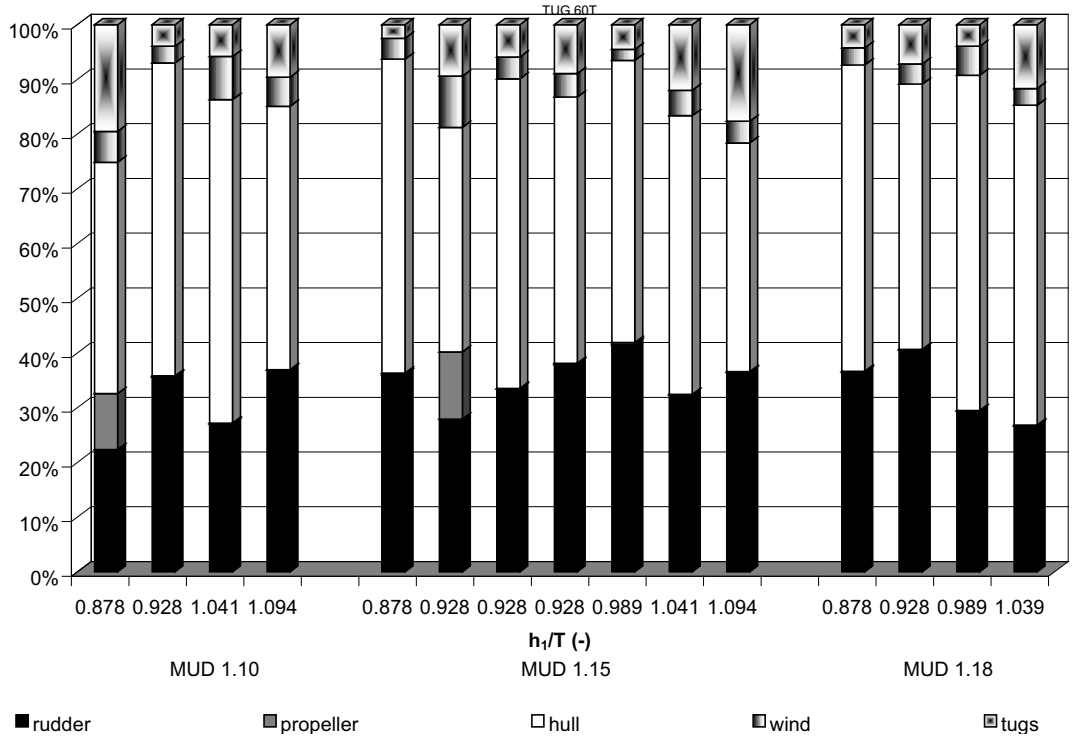
Figuur 9.25b. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



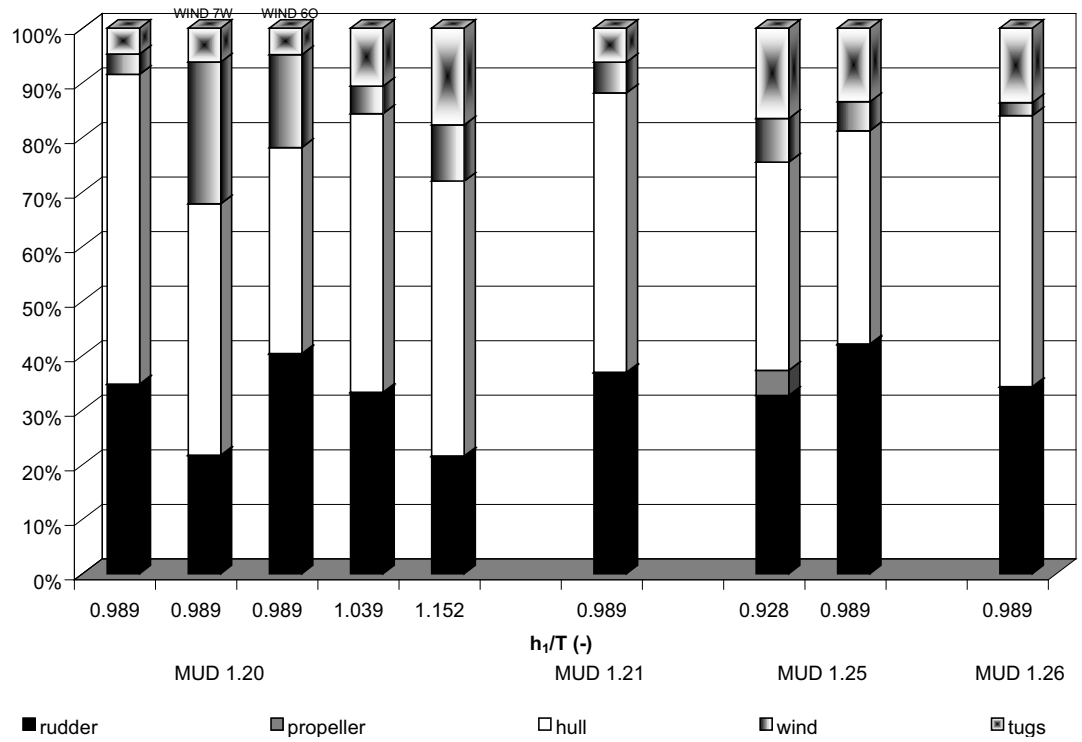
Figuur 9.26a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



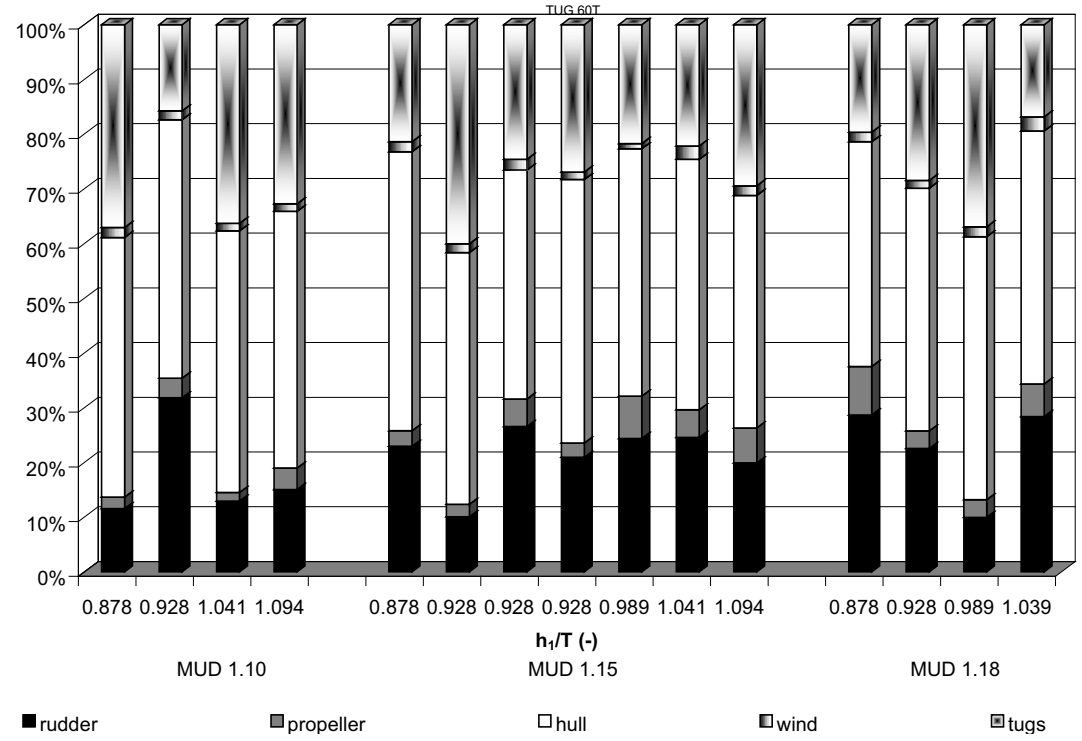
Figuur 9.26b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



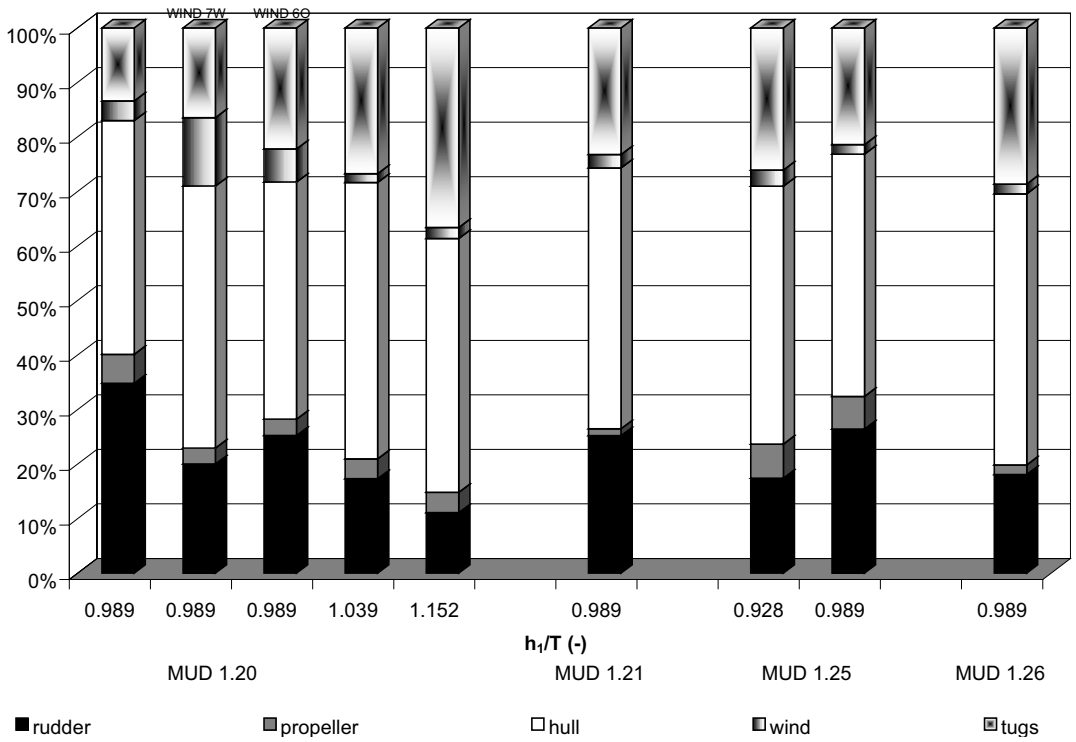
Figuur 9.27a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



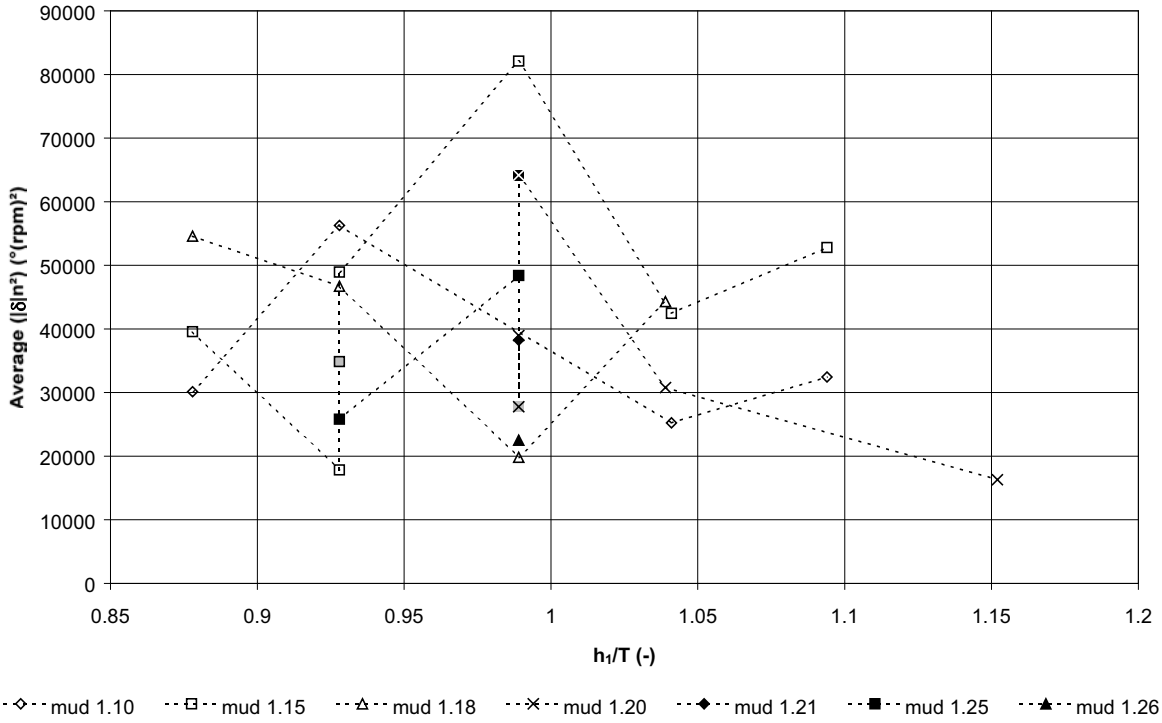
Figuur 9.27b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



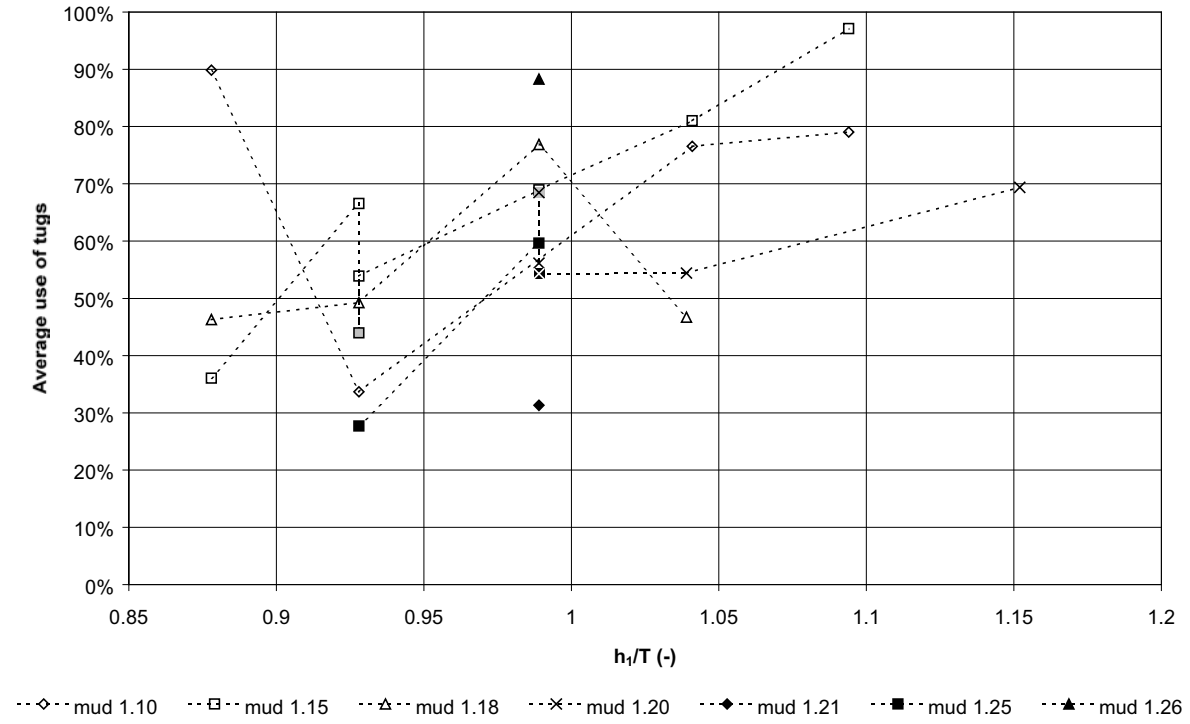
Figuur 9.28a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



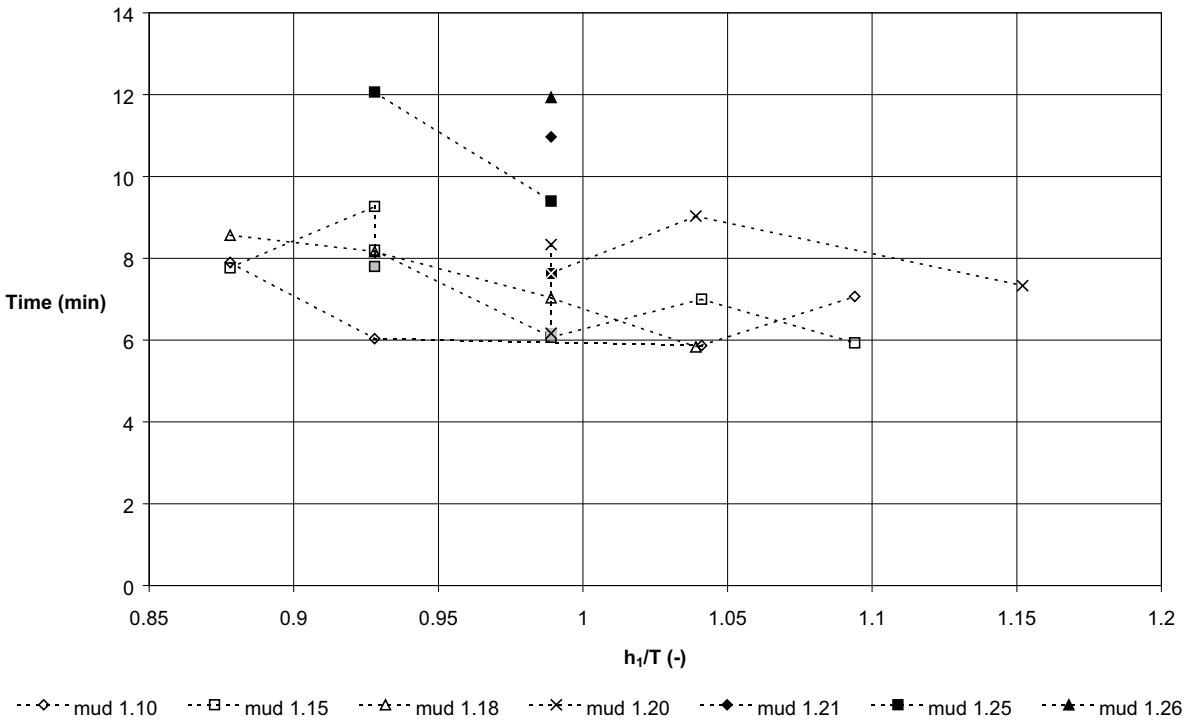
Figuur 9.28b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



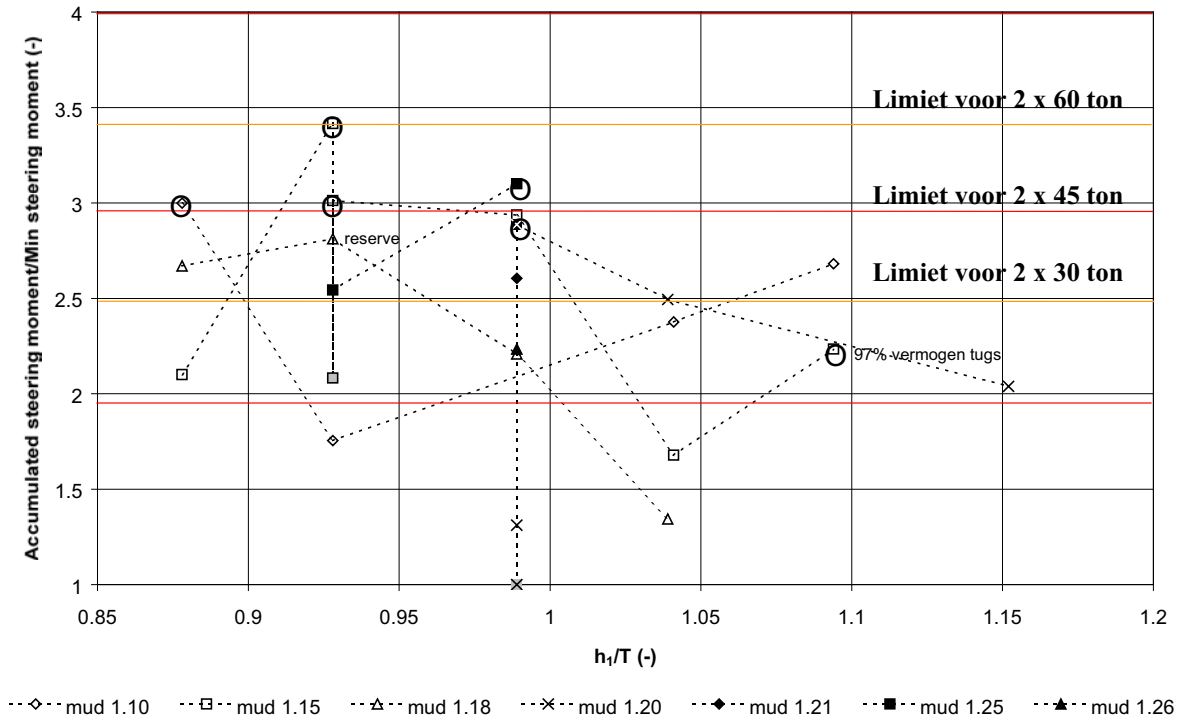
Figuur 9.29. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld schroef- en roergebruik bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart.



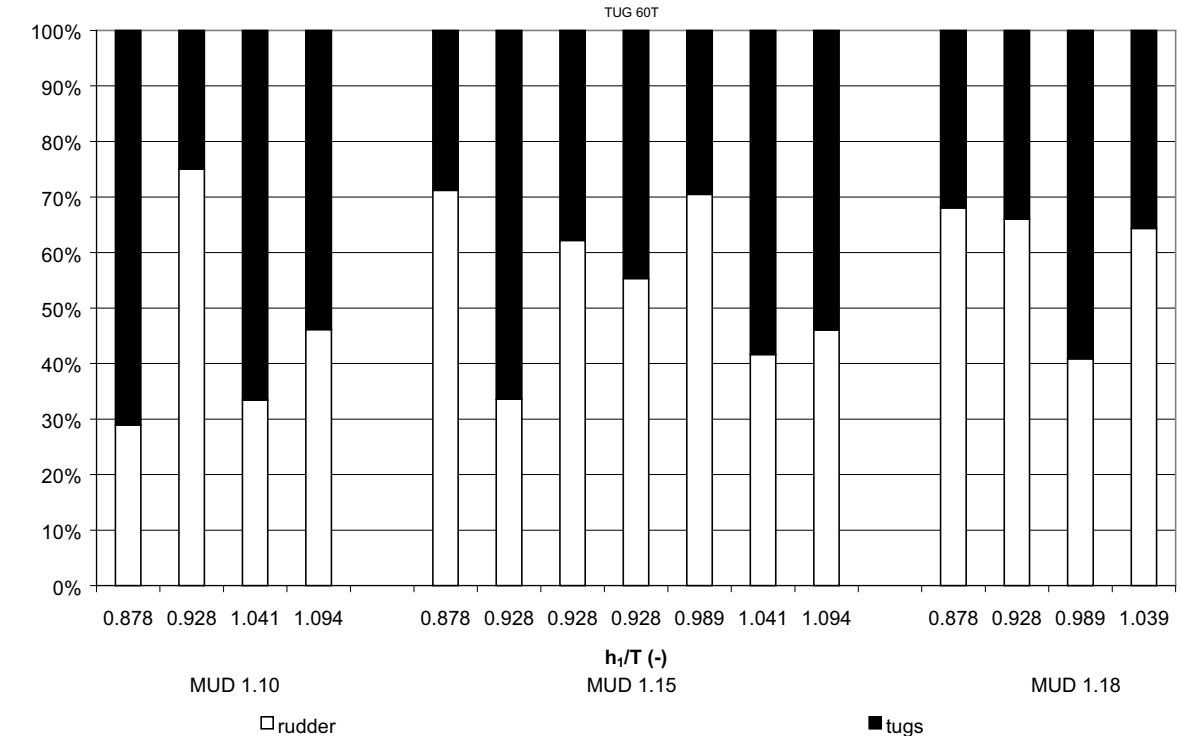
Figuur 9.30. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld gebruik van het beschikbare sleepvermogen bij het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart.



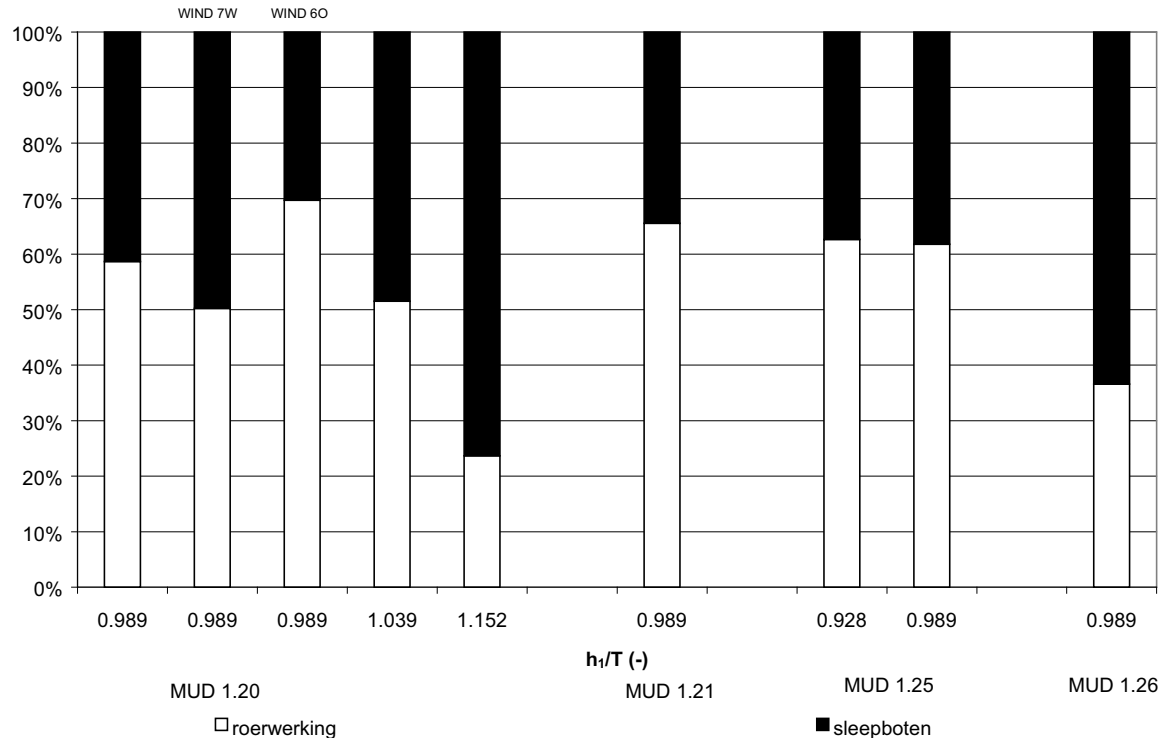
Figuur 9.31. Schip D – Real-time simulaties. Tijdsduur van het ronden van het oude havenhoofd bij afvaart.



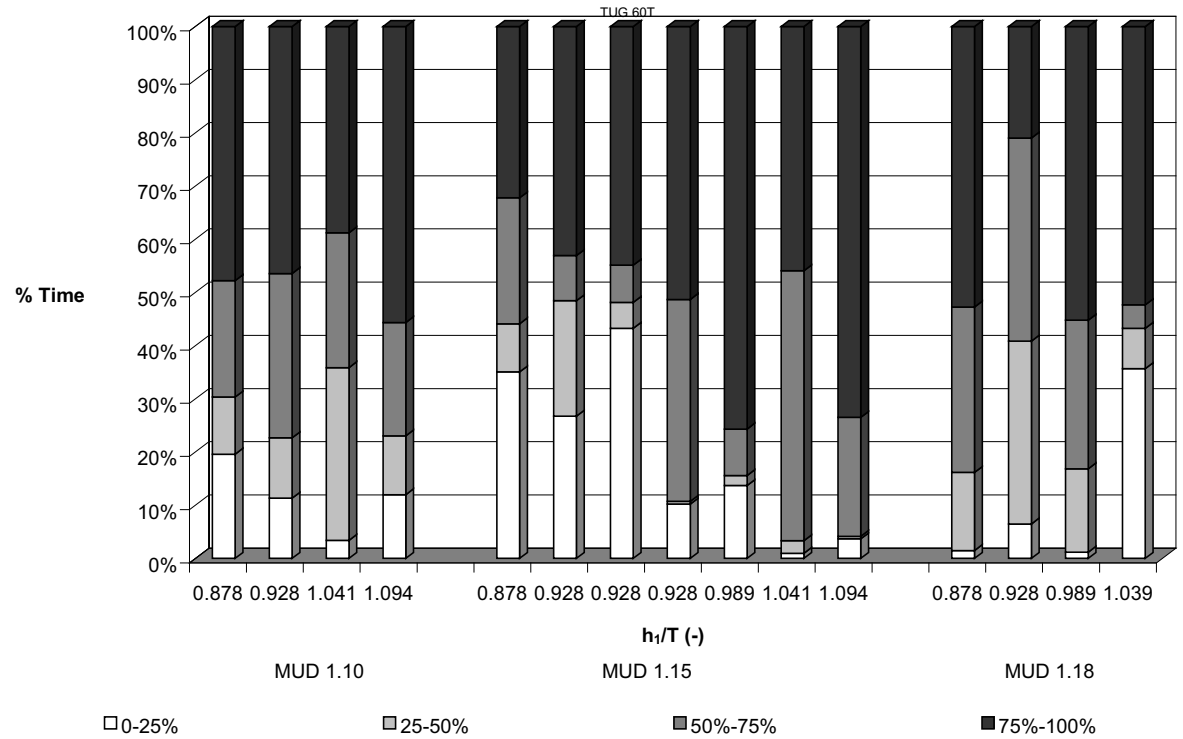
Figuur 9.32. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart: ronden van het oude havenhoofd. Geïntegreerd stuurmoment. De omcirkelde condities werden door de loodsen ongunstig beoordeeld omwille van een tekort aan reserve op de slepers.



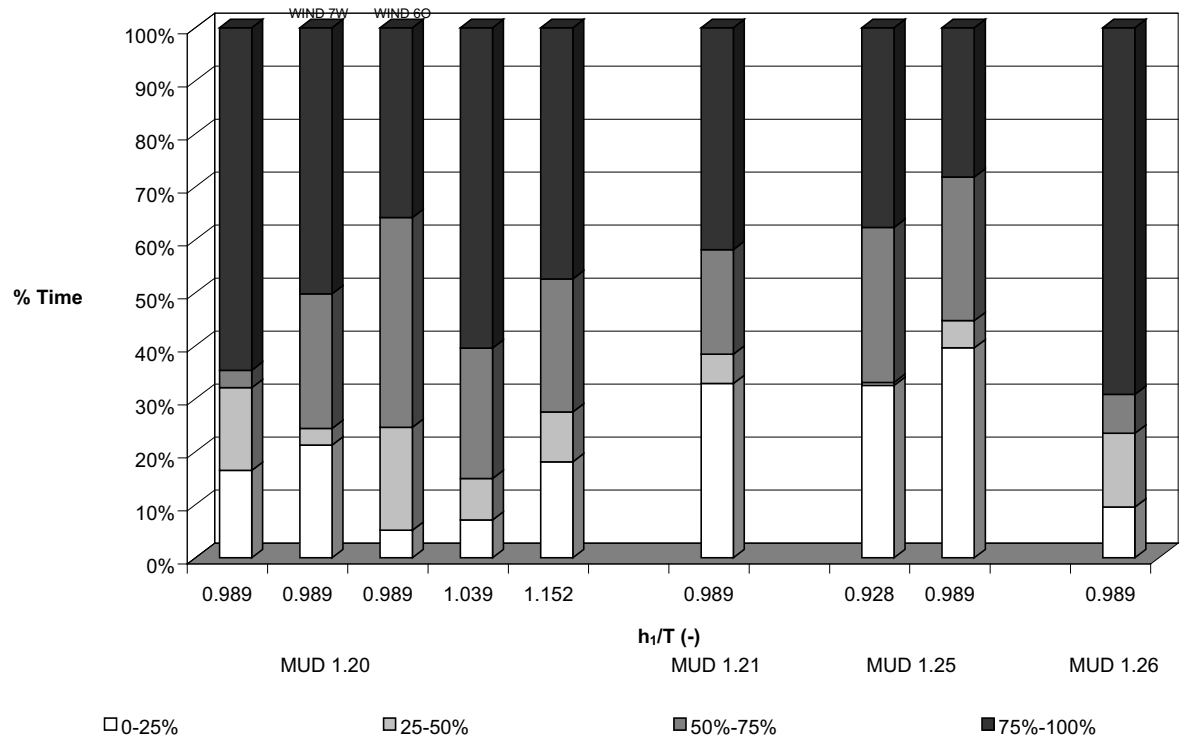
Figuur 9.33a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het ronden van het havenhoofd bij afvaart. Lichtere slibsoorten.



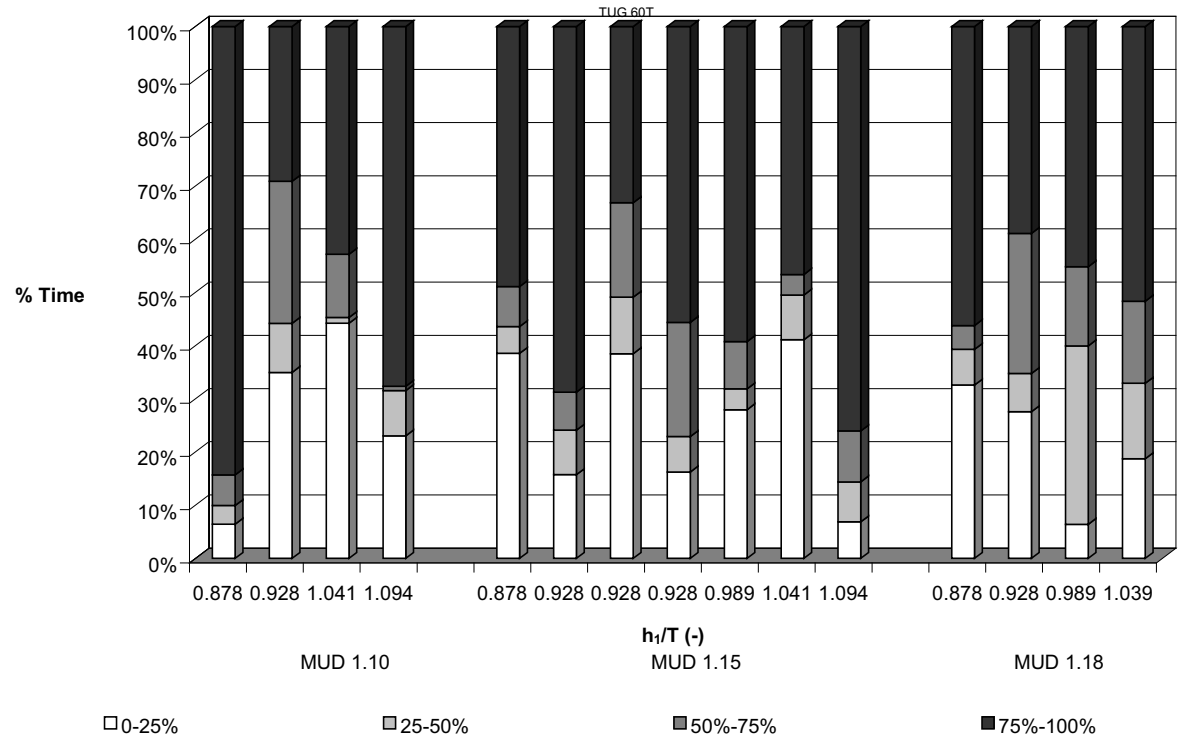
Figuur 9.33b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het ronden van het havenhoofd bij afvaart. Zwaardere slibsoorten.



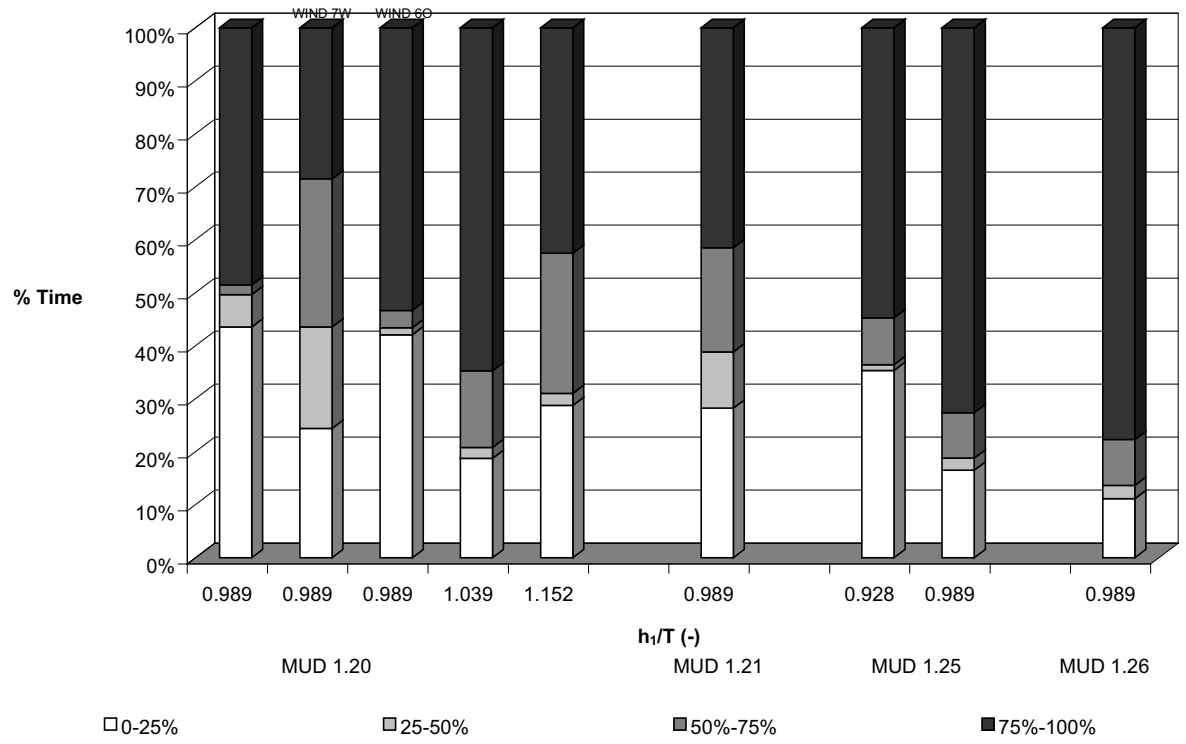
Figuur 9.34a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij afvaart tot lossen sleepboten. Lichtere slibsoorten.



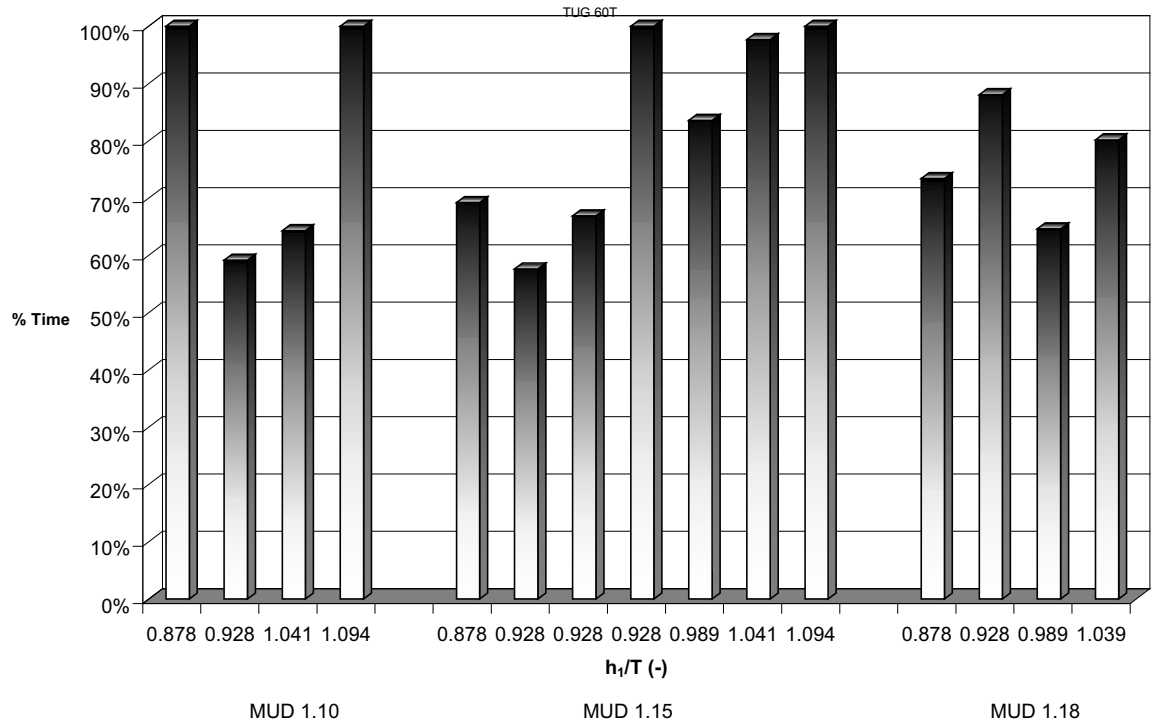
Figuur 9.34b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij afvaart tot lossen sleepboten. Zwaardere slibsoorten.



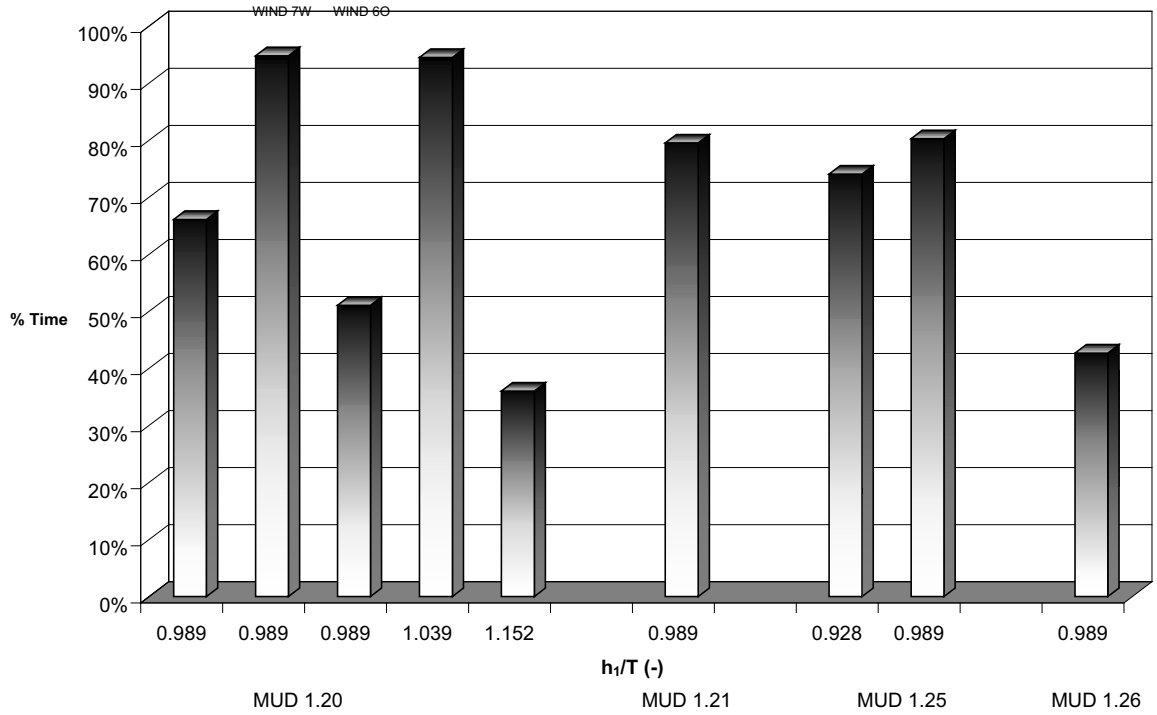
Figuur 9.35a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij afvaart tot lossen sleepboten. Lichtere slibsoorten.



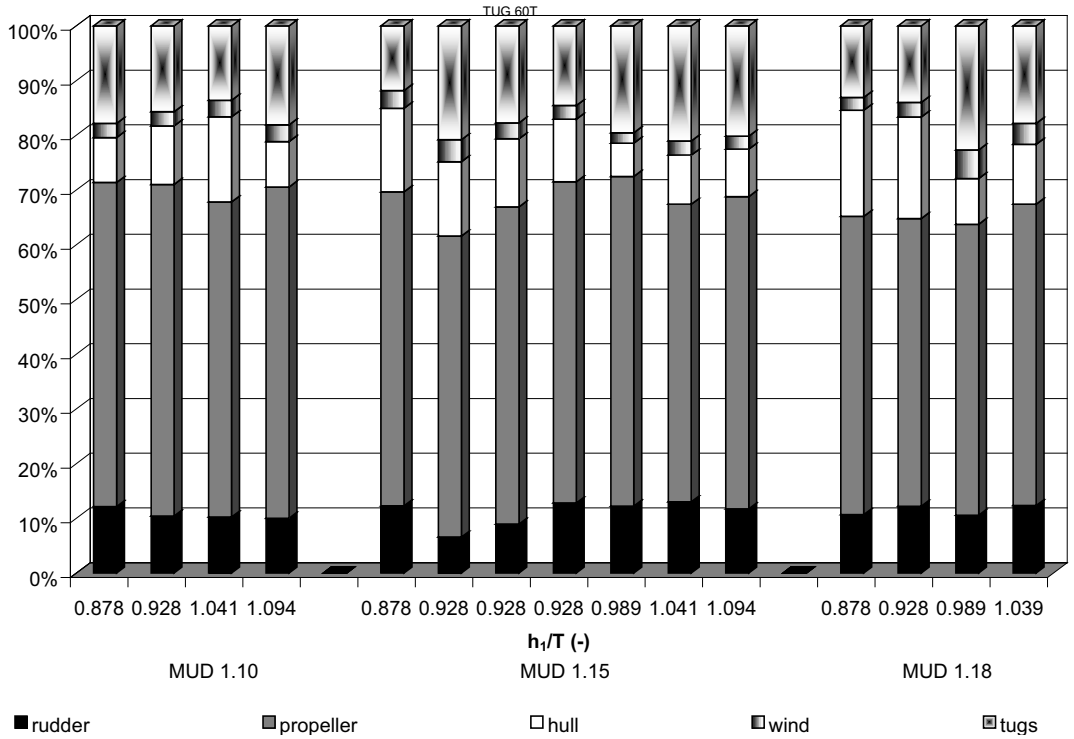
Figuur 9.35b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij afvaart tot lossen sleepboten. Zwaardere slibsoorten.



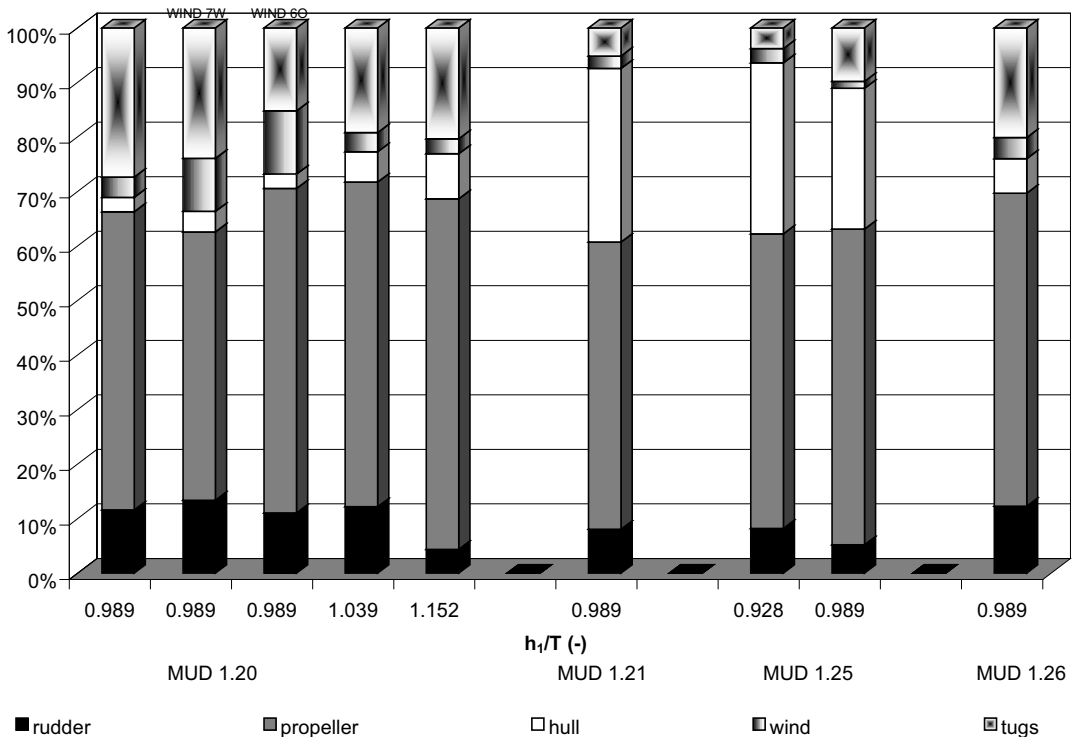
Figuur 9.36a. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij afvaart tot lossen sleepboten. Lichtere slibsoorten.



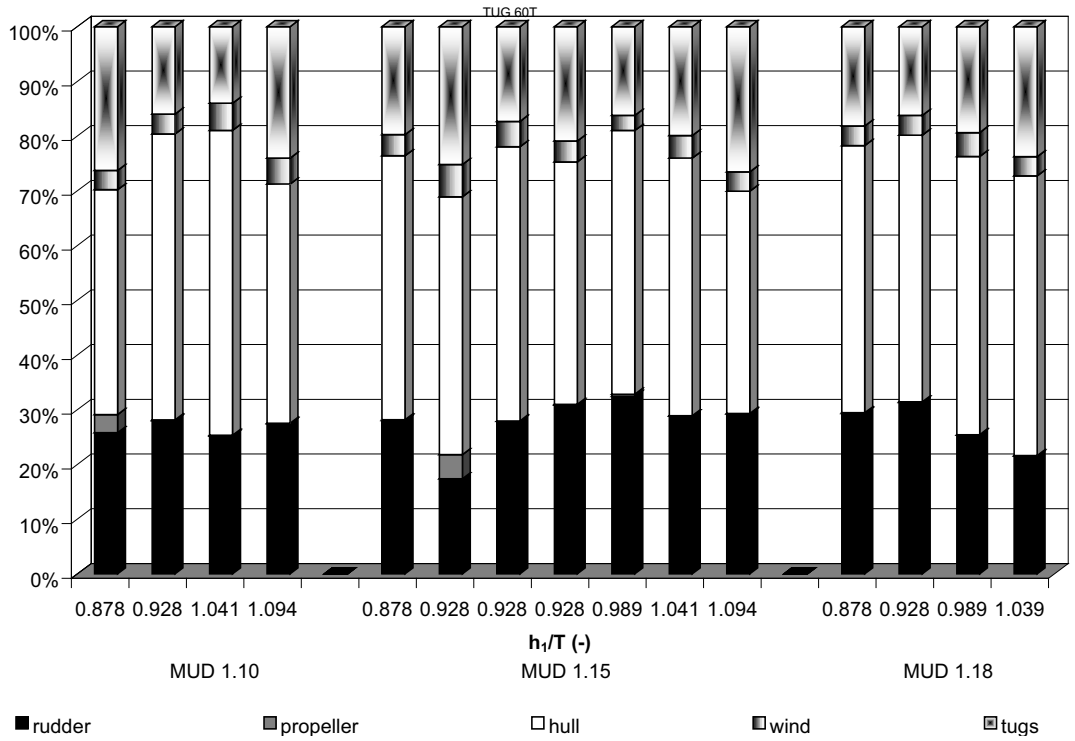
Figuur 9.36b. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij afvaart tot lossen sleepboten. Zwaardere slibsoorten.



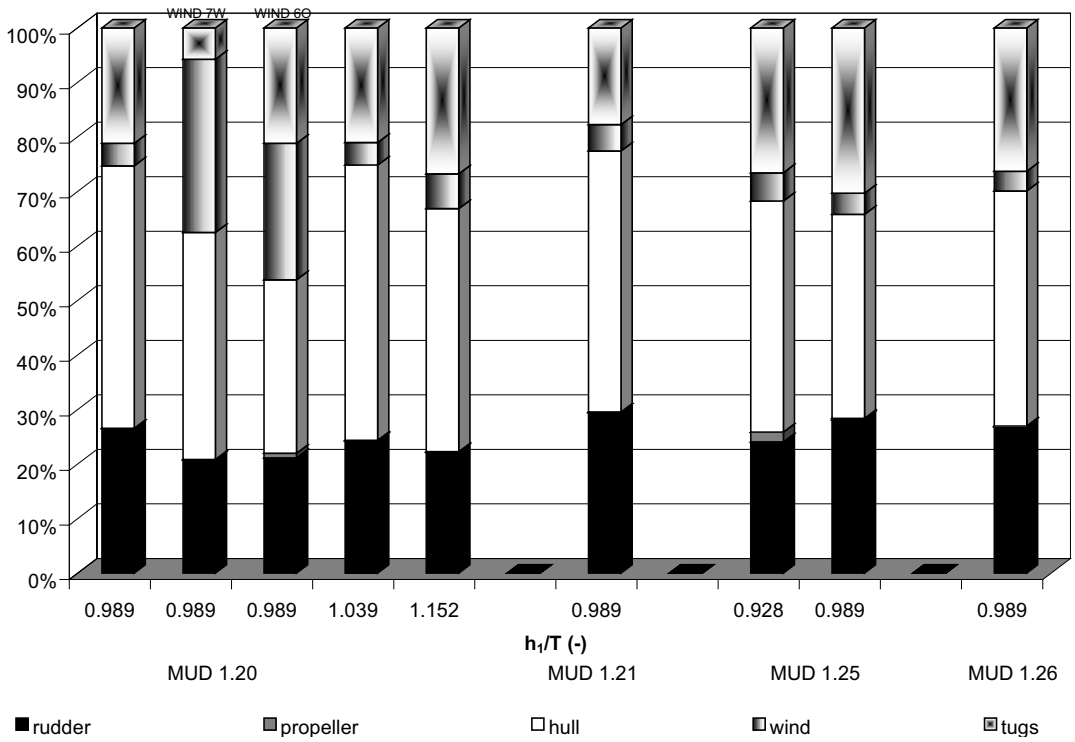
Figuur 9.37a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij afvaart tot lossen sleepboten. Lichtere slibsoorten.



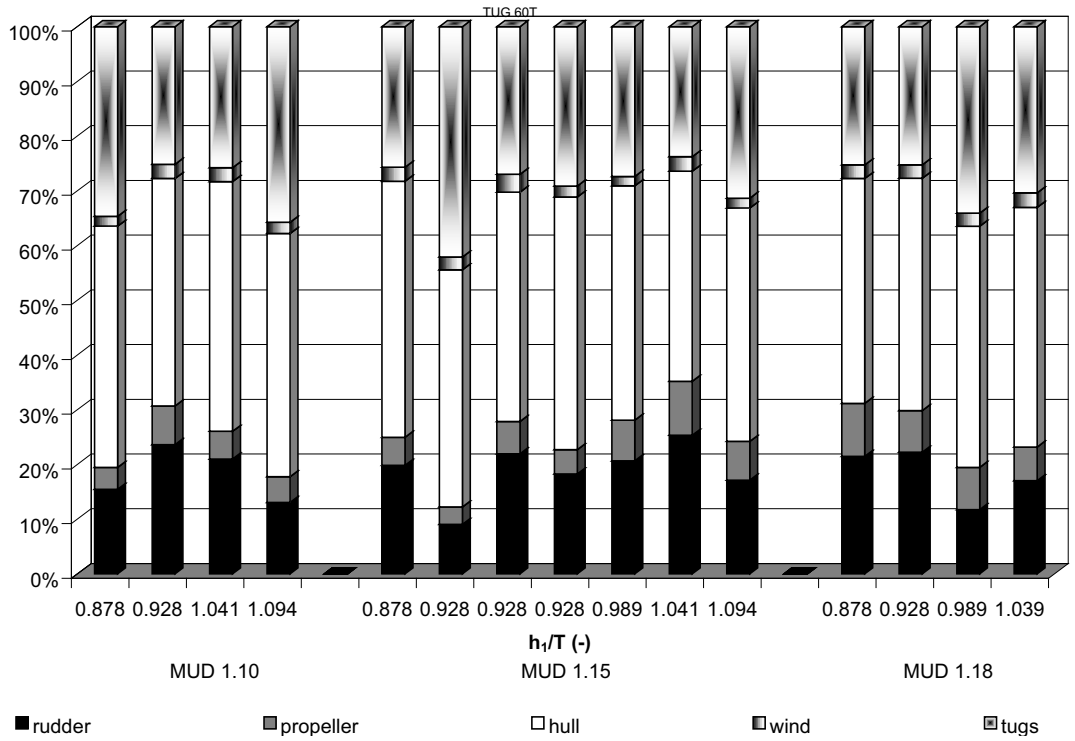
Figuur 9.37b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij afvaart tot lossen sleepboten. Zwaardere slibsoorten.



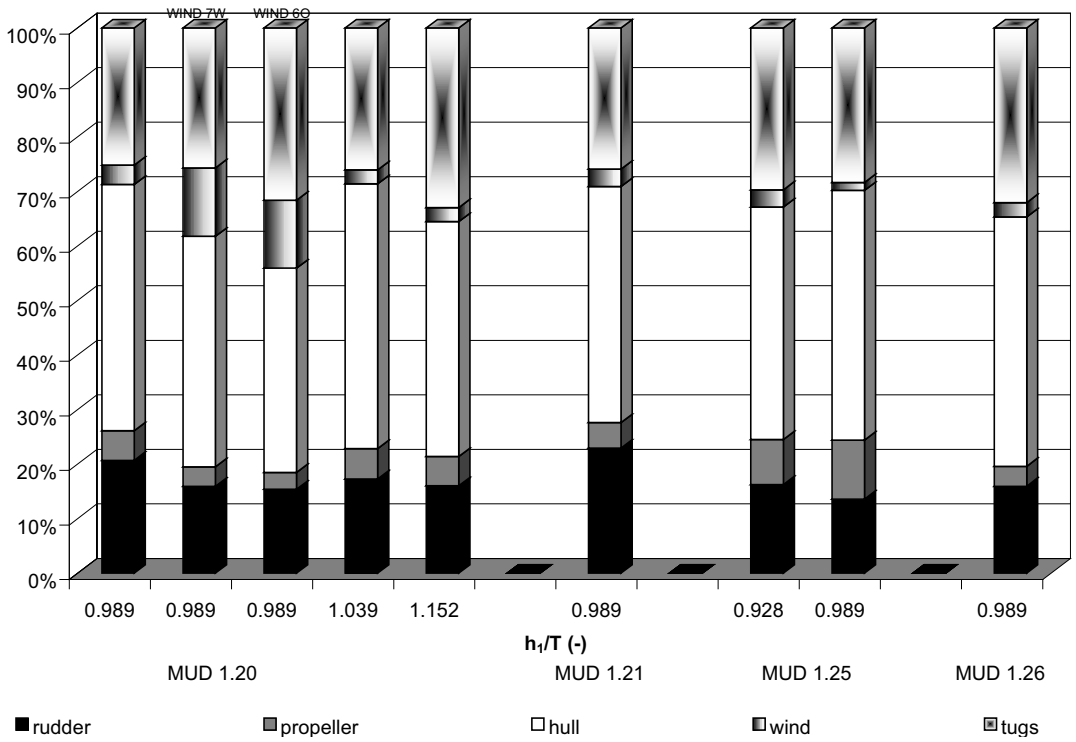
Figuur 9.38a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij afvaart tot lossen sleepboten. Lichtere slibsoorten.



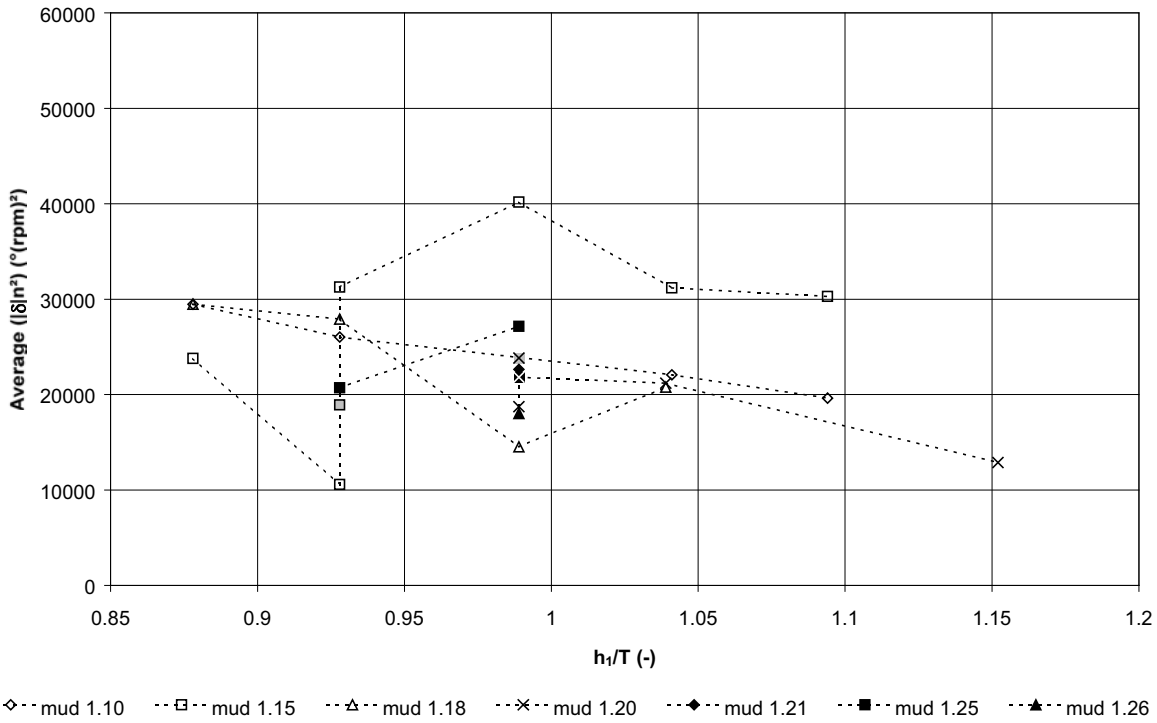
Figuur 9.38b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij afvaart tot lossen sleepboten. Zwaardere slibsoorten.



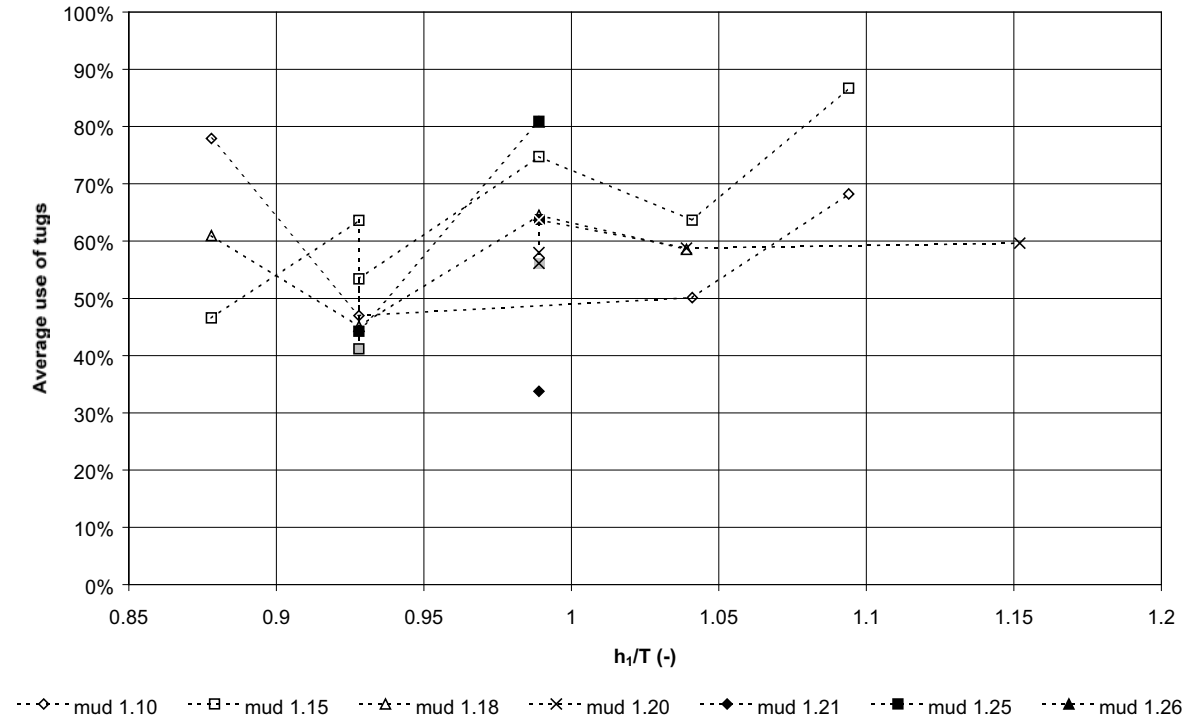
Figuur 9.39a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij afvaart tot lossen sleepboten. Lichtere slibsoorten.



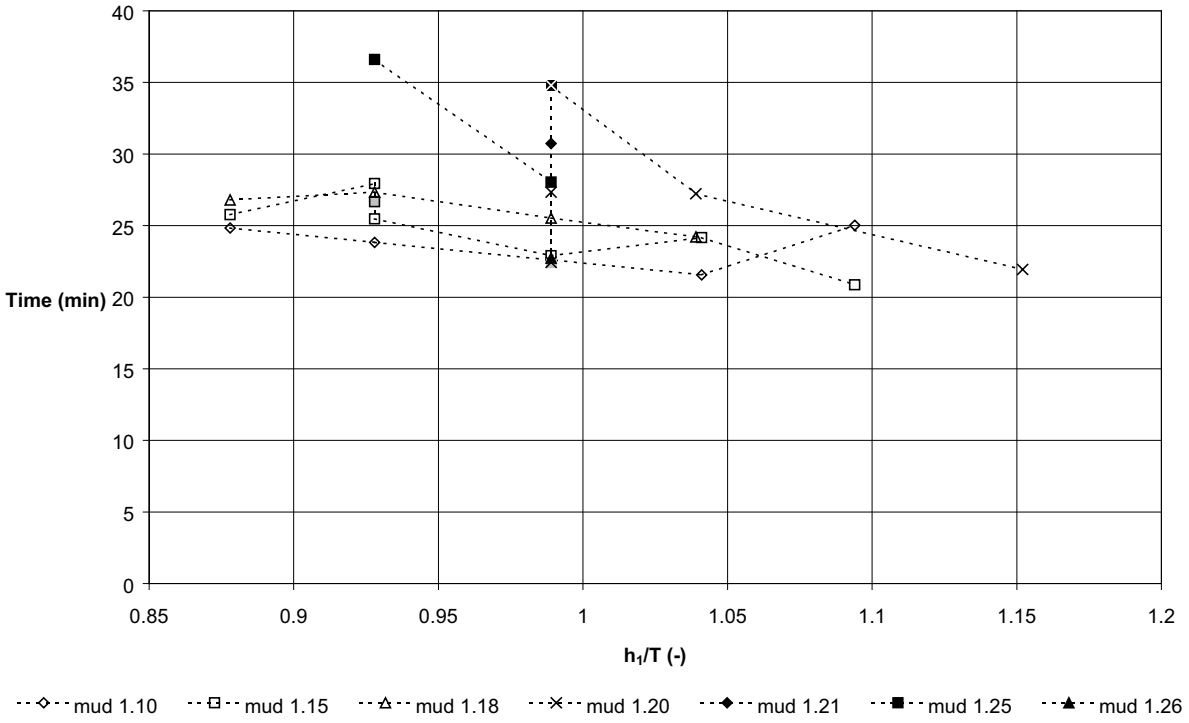
Figuur 9.39b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij afvaart tot lossen sleepboten. Zwaardere slibsoorten.



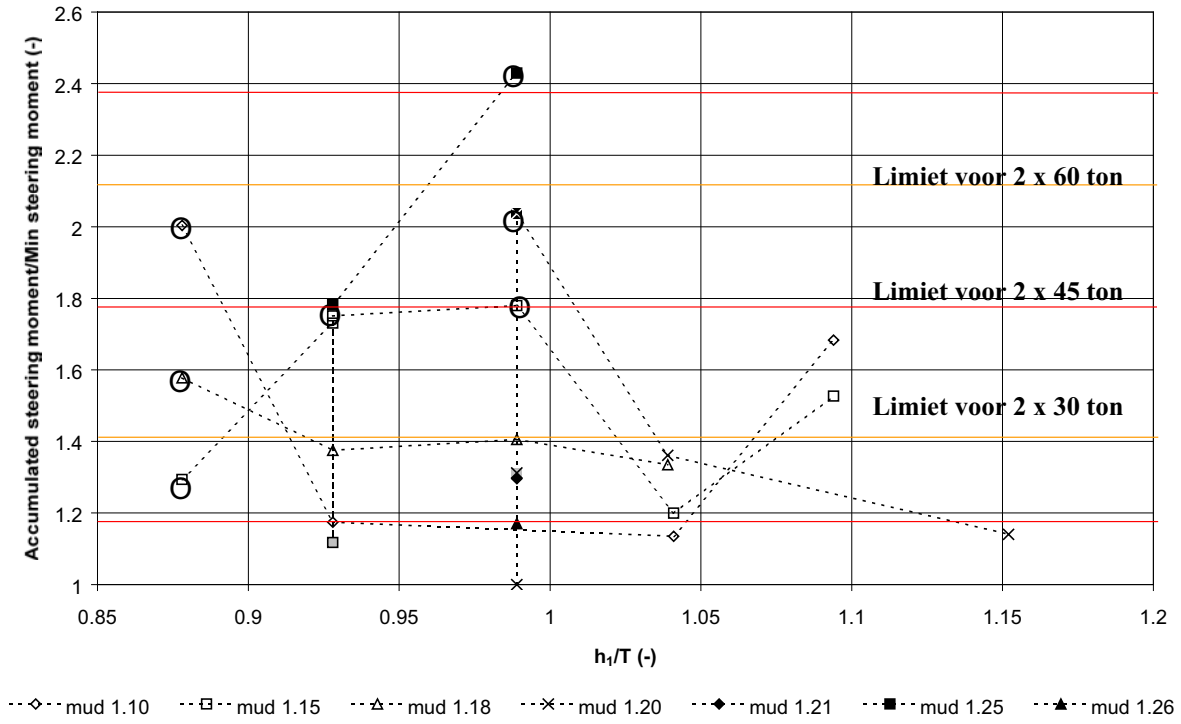
Figuur 9.40. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld schroef- en roergebruik bij afvaart tot lossen sleepboten.



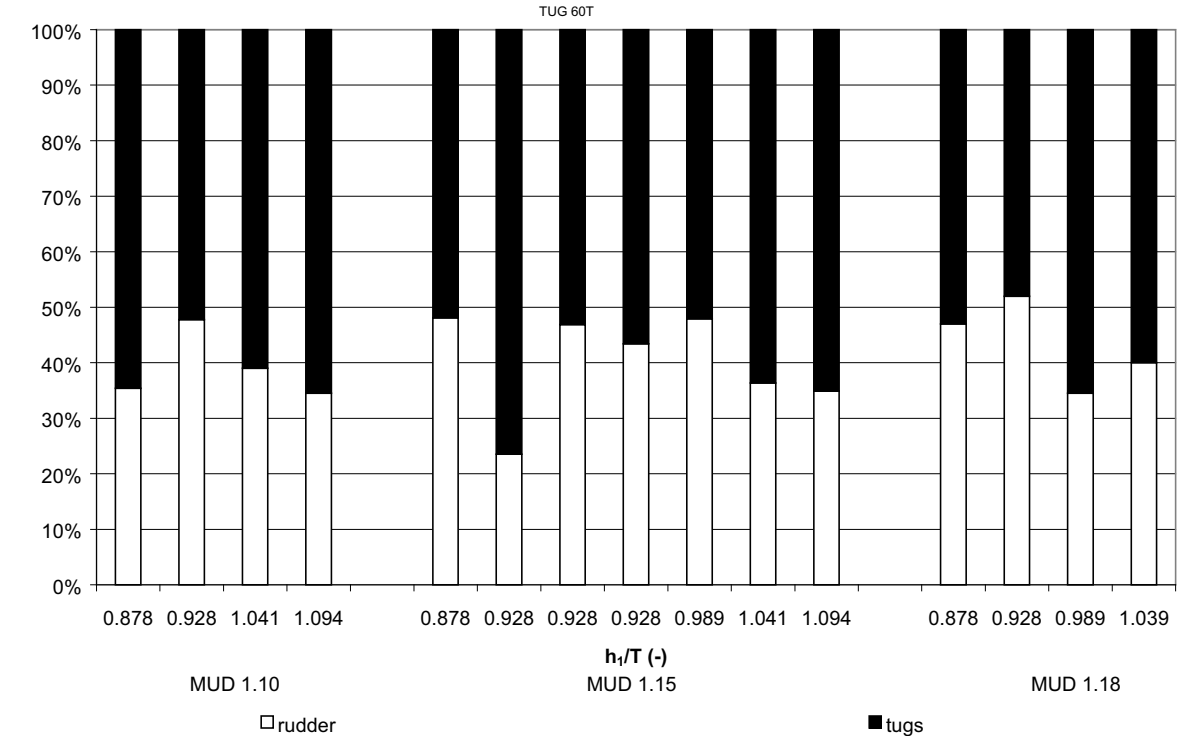
Figuur 9.41. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld sleepbootgebruik bij afvaart tot lossen sleepboten.



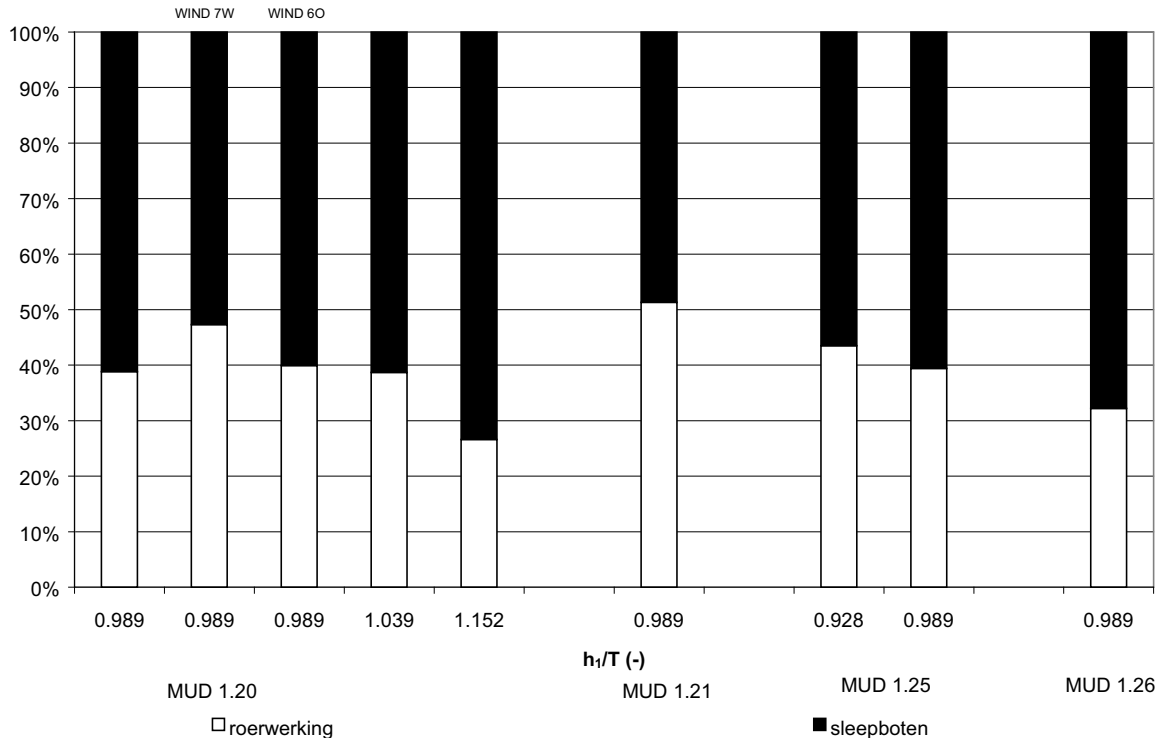
Figuur 9.42. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart tot lossen sleepboten: benodigde tijd.



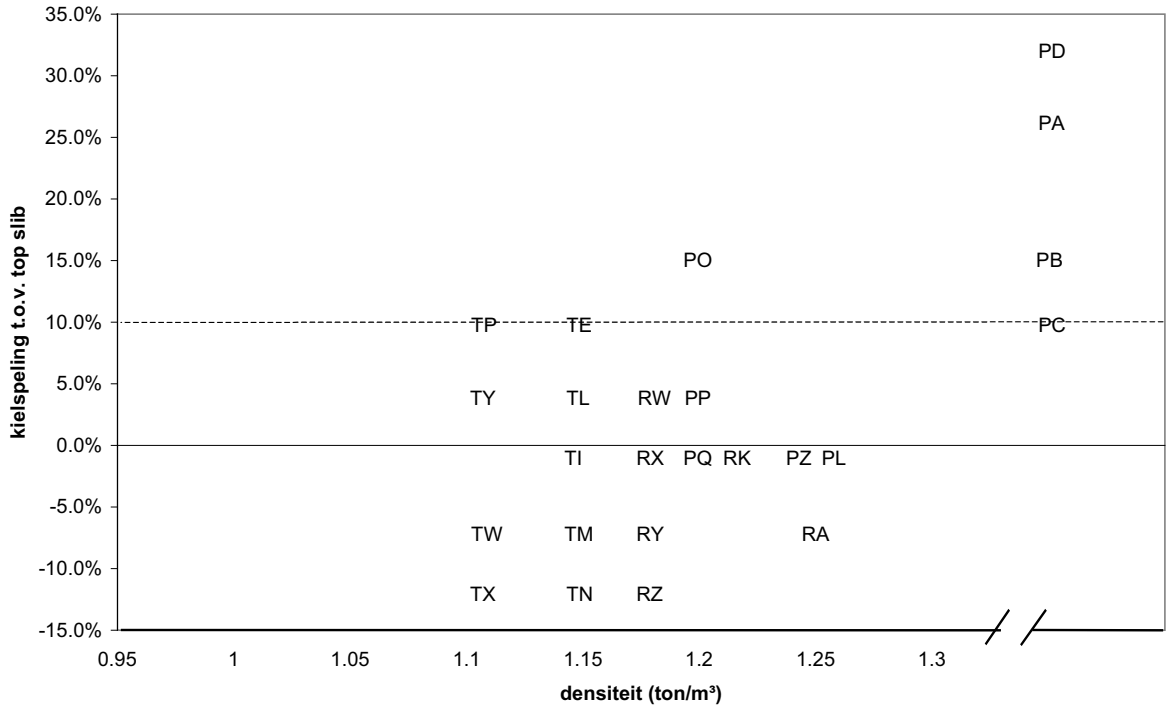
Figuur 9.43. Schip D – Real-time simulaties. Afvaart tot lossen sleepboten. Geïntegreerd stuurmoment. De omcirkelde condities werden door de loodsen ongunstig beoordeeld omwille van een tekort aan reserve op de slepers.



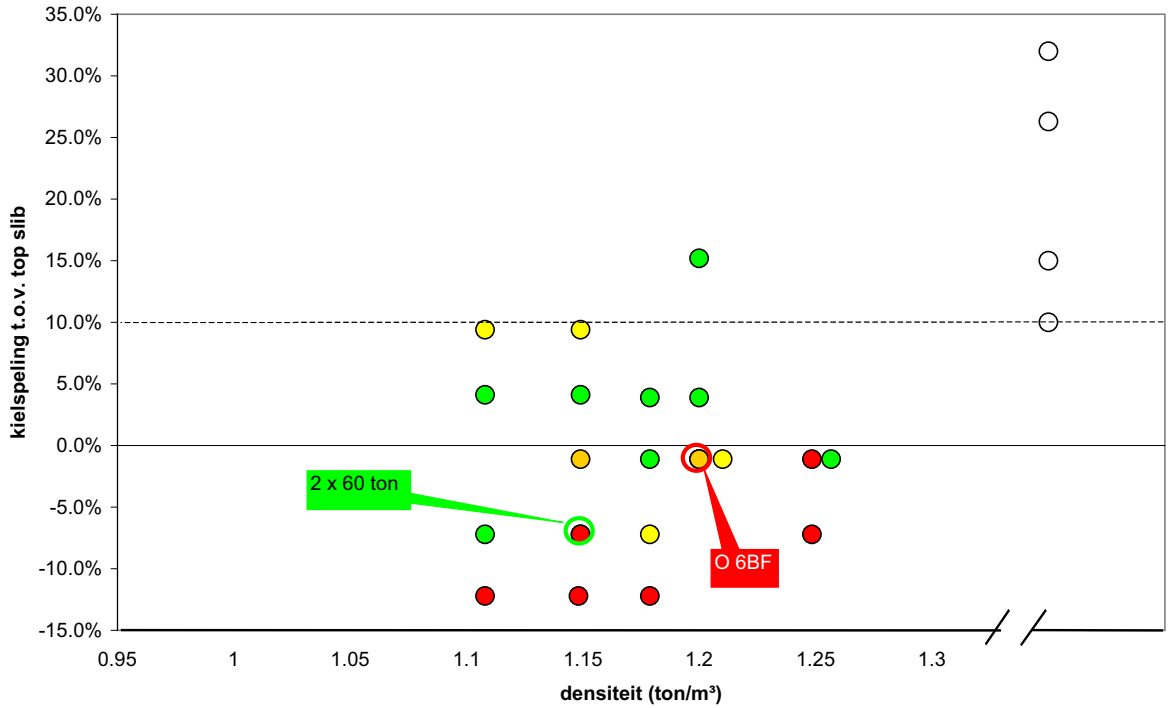
Figuur 9.44a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij de afvaart tot het lossen van de slepers. Lichtere slibsoorten.



Figuur 9.44b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij de afvaart tot het lossen van de slepers. Zwaardere slibsoorten.



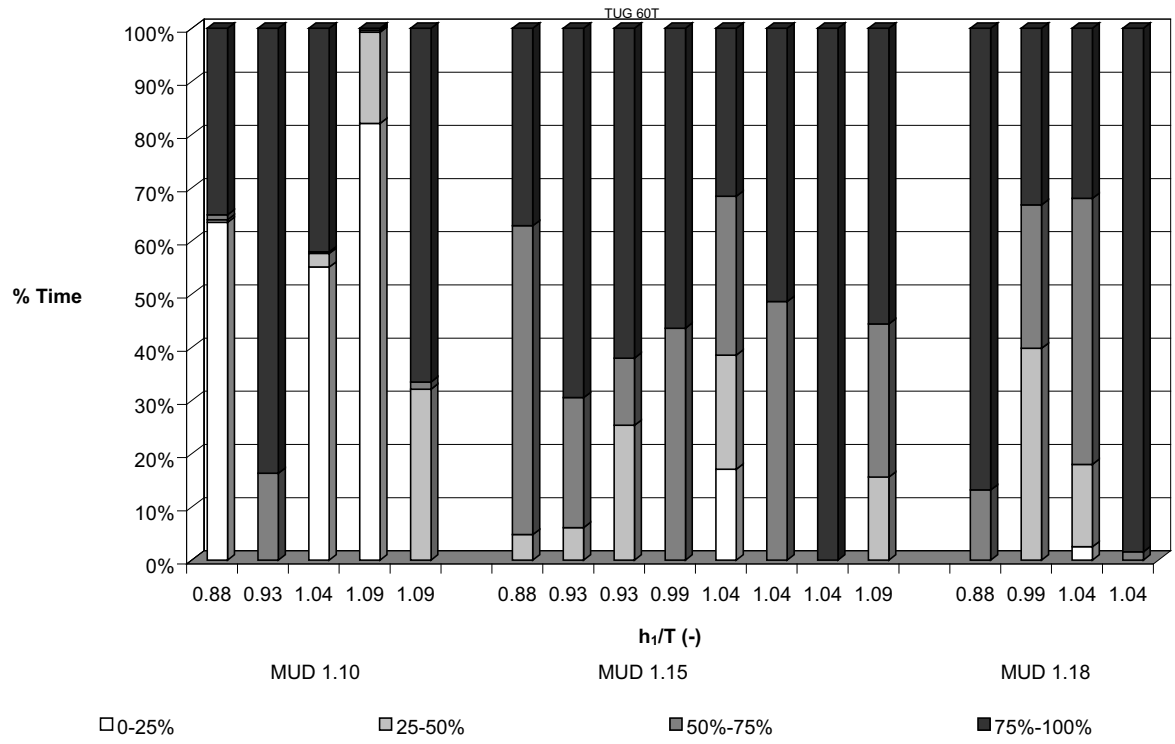
Figuur 9.45a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



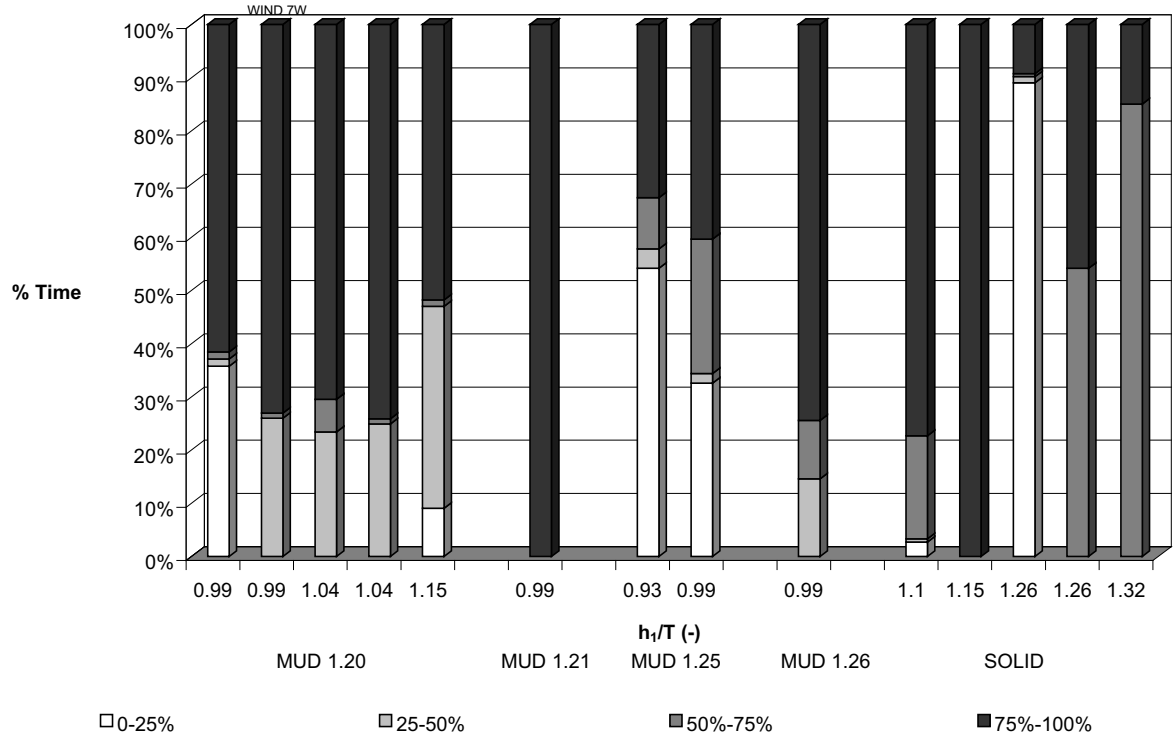
Figuur 9.45b. Schip D – Real-time simulaties. Onaanvaardbare en marginale condities op basis van reserve op de sleepbootassistentie bij afvaart.

- groen: normaal uitvoerbaar;
- geel: moeilijk, maar uitvoerbaar;
- rood: riskant, niet uitvoerbaar.

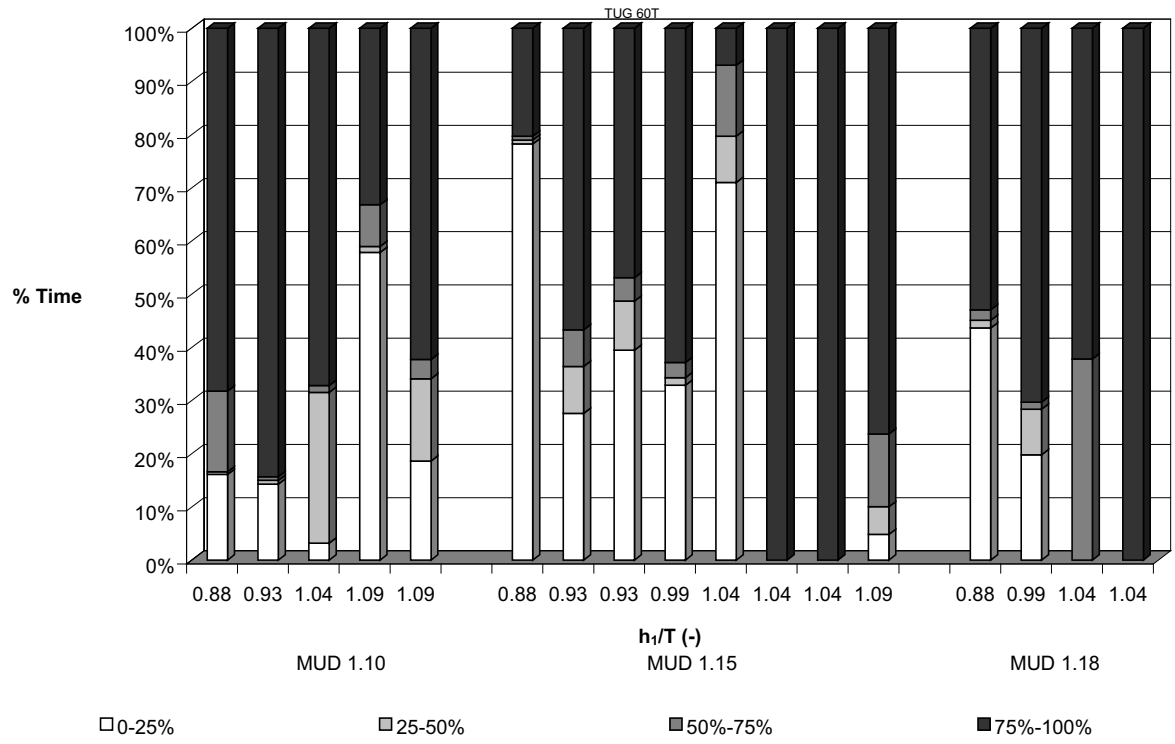
De windconditie bedraagt steeds ZW4Bf en er zijn 2 sleepboten van 45 ton beschikbaar, tenzij anders vermeld.



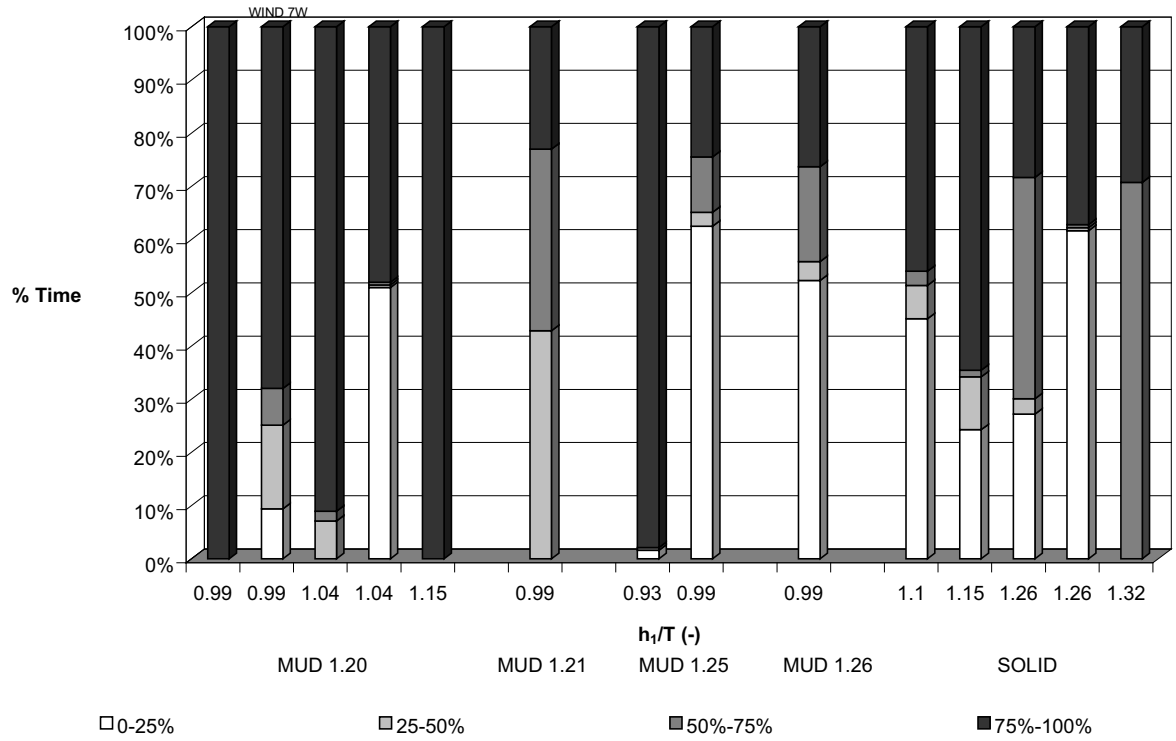
Figuur 9.46a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



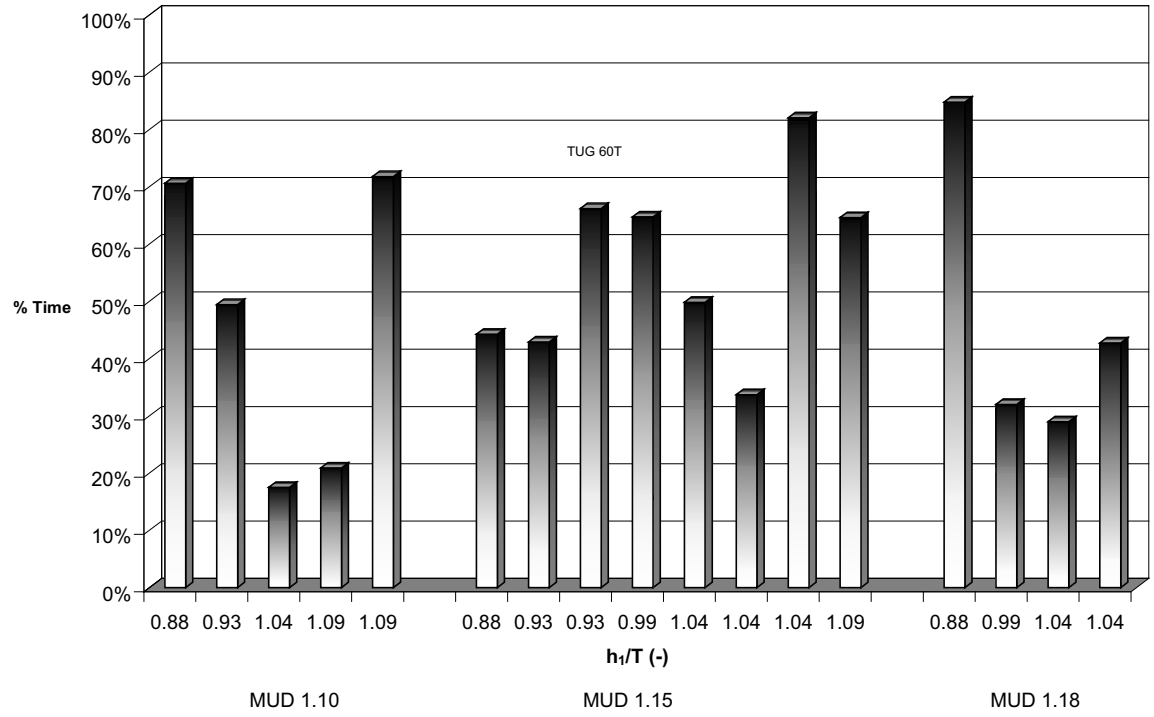
Figuur 9.46b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



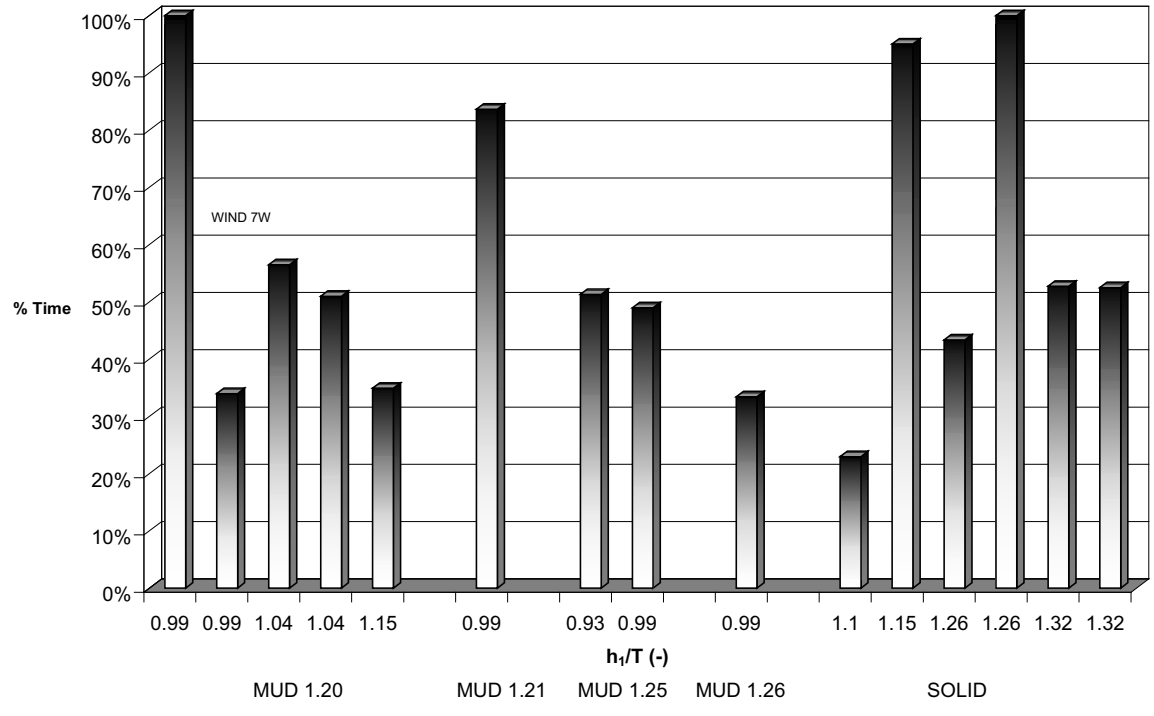
Figuur 9.47a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



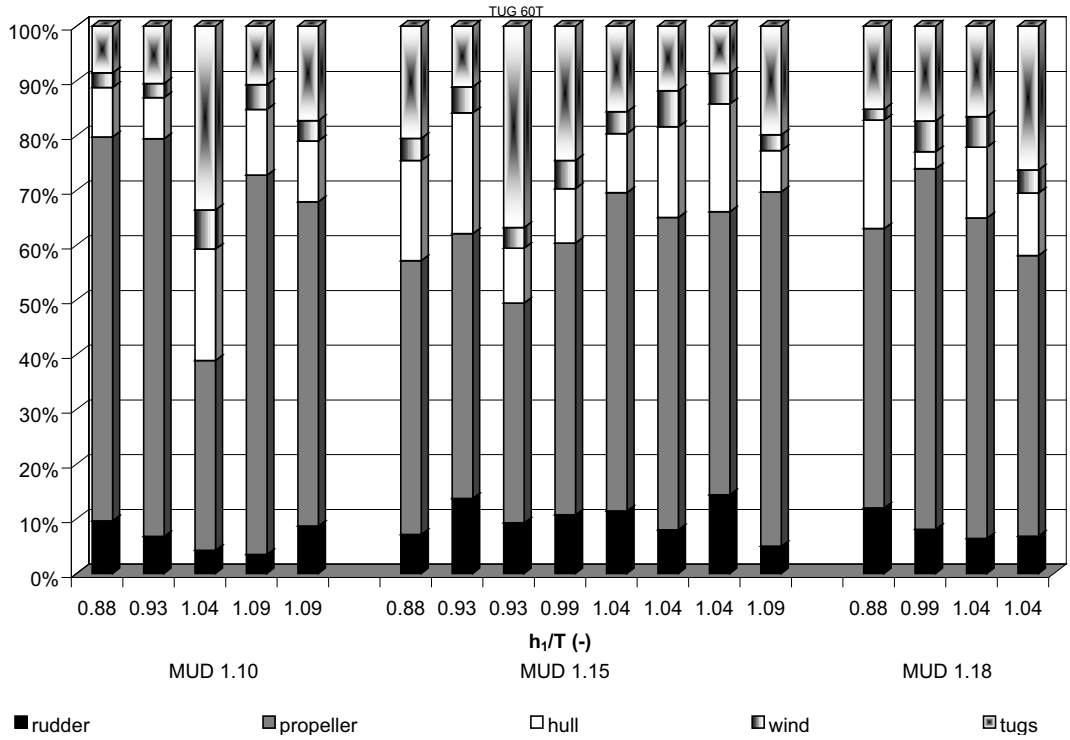
Figuur 9.47b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



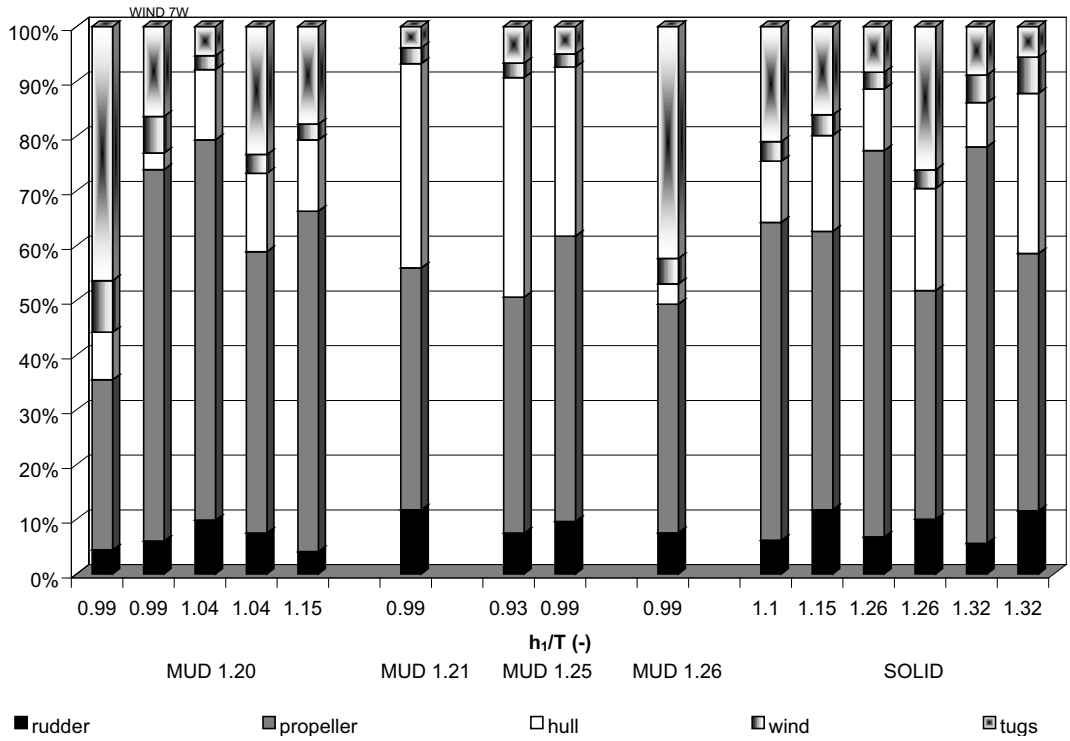
Figuur 9.48a. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



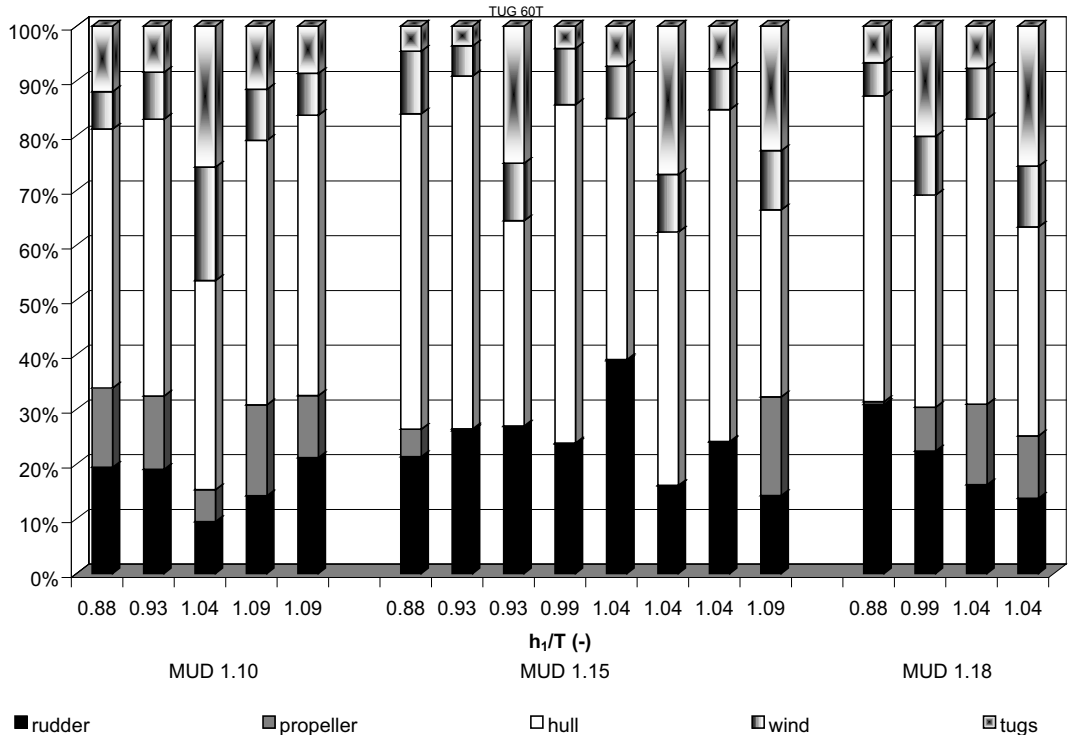
Figuur 9.48b. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



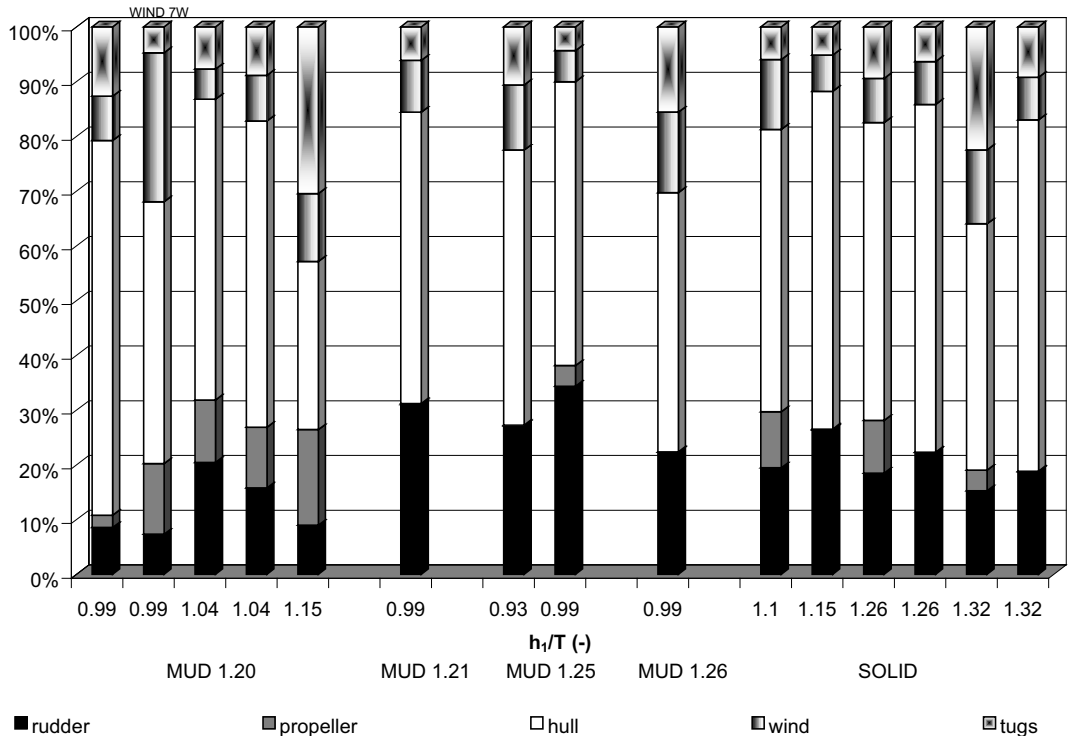
Figuur 9.49a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



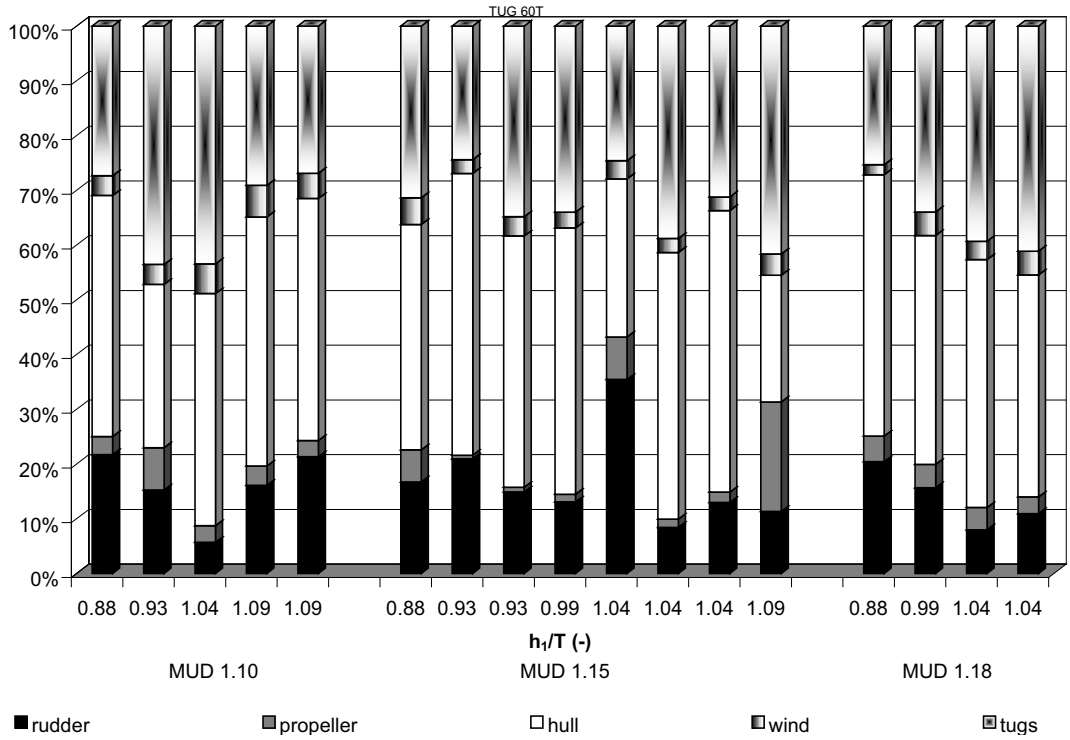
Figuur 9.49b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



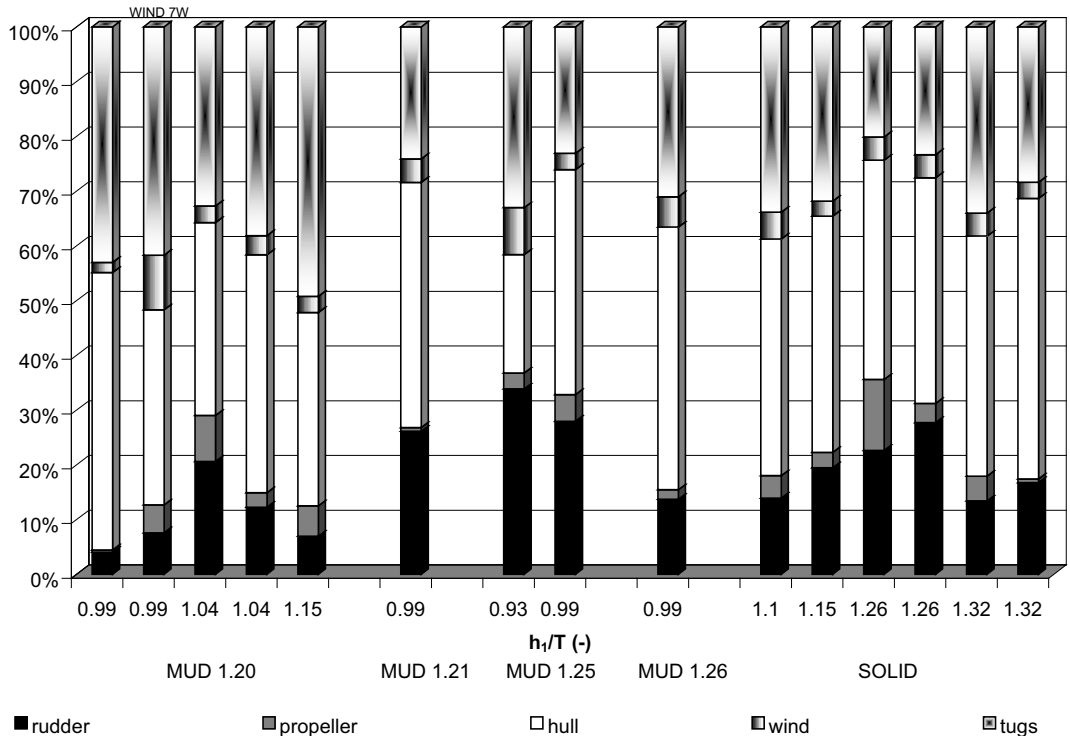
Figuur 9.50a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



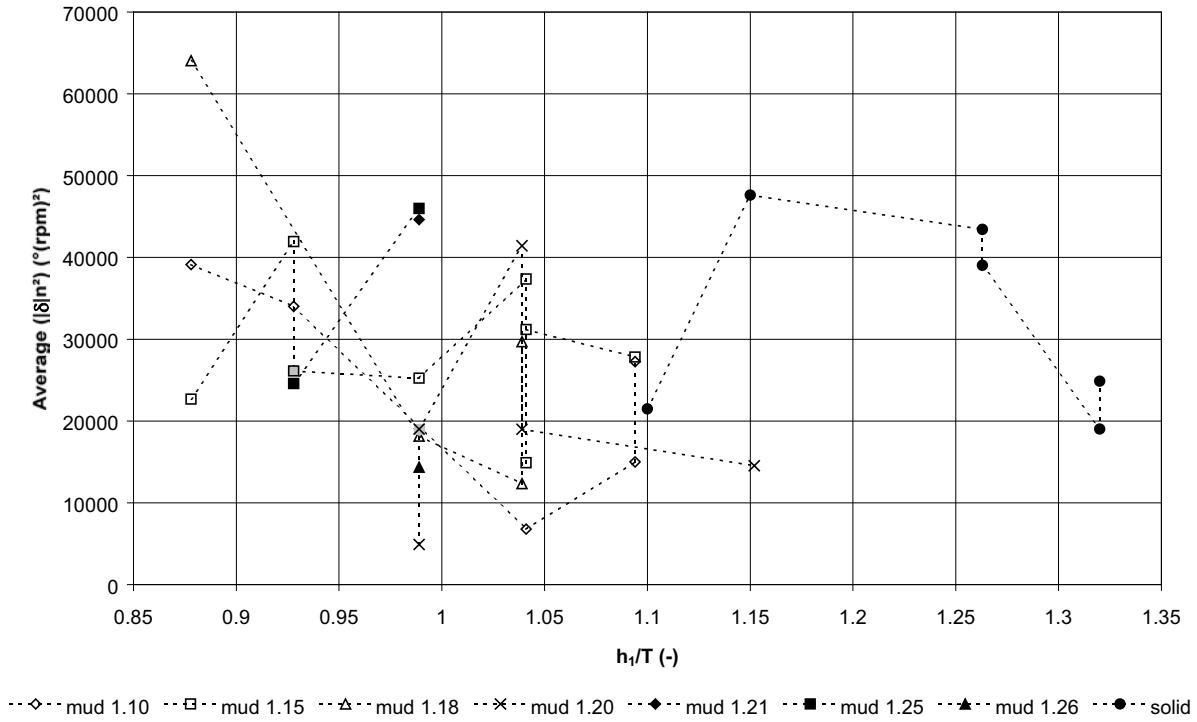
Figuur 9.50b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



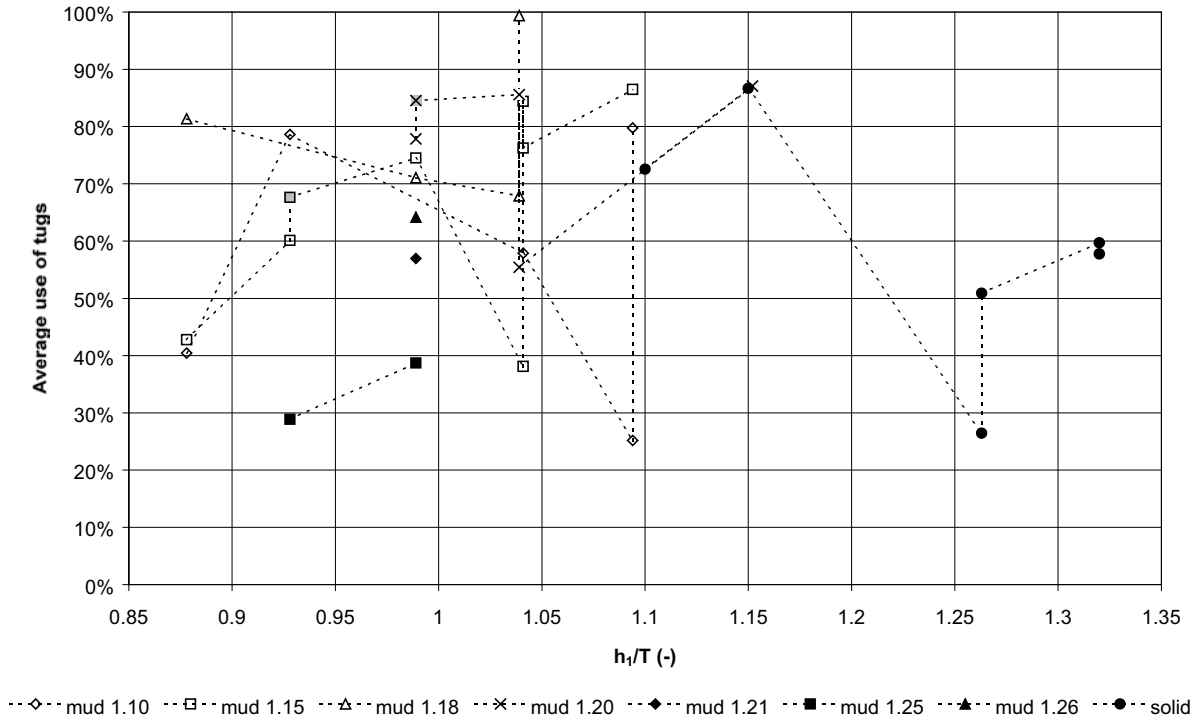
Figuur 9.51a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



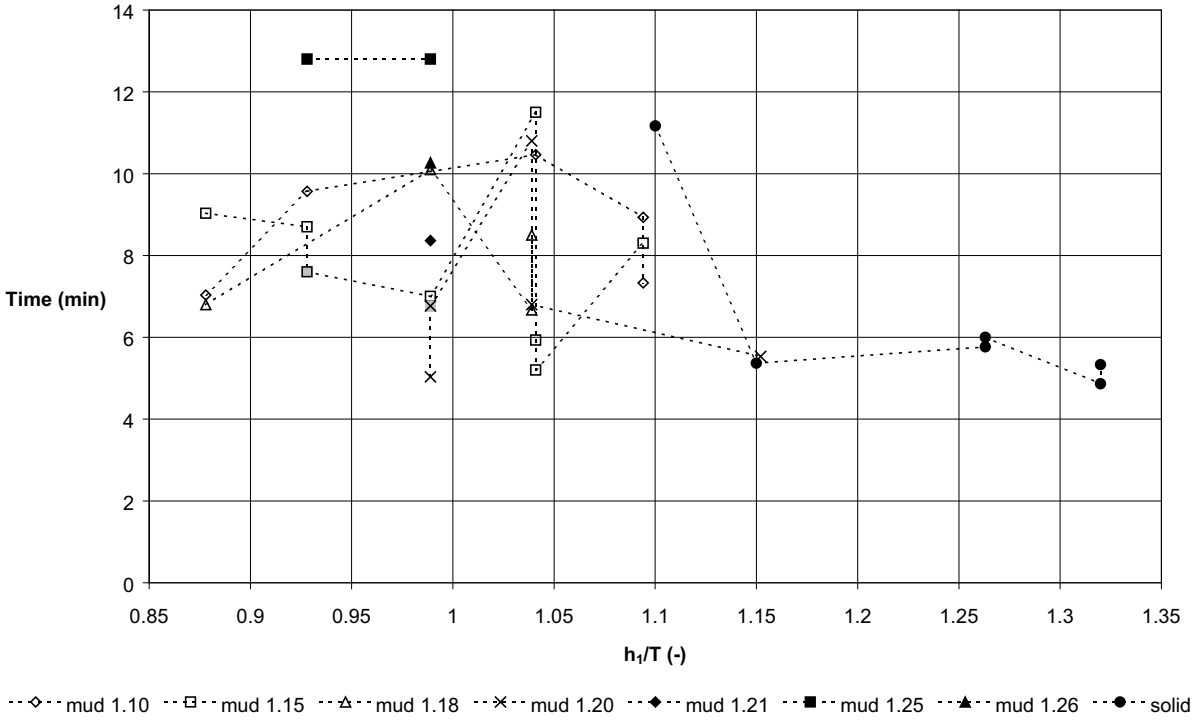
Figuur 9.51b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



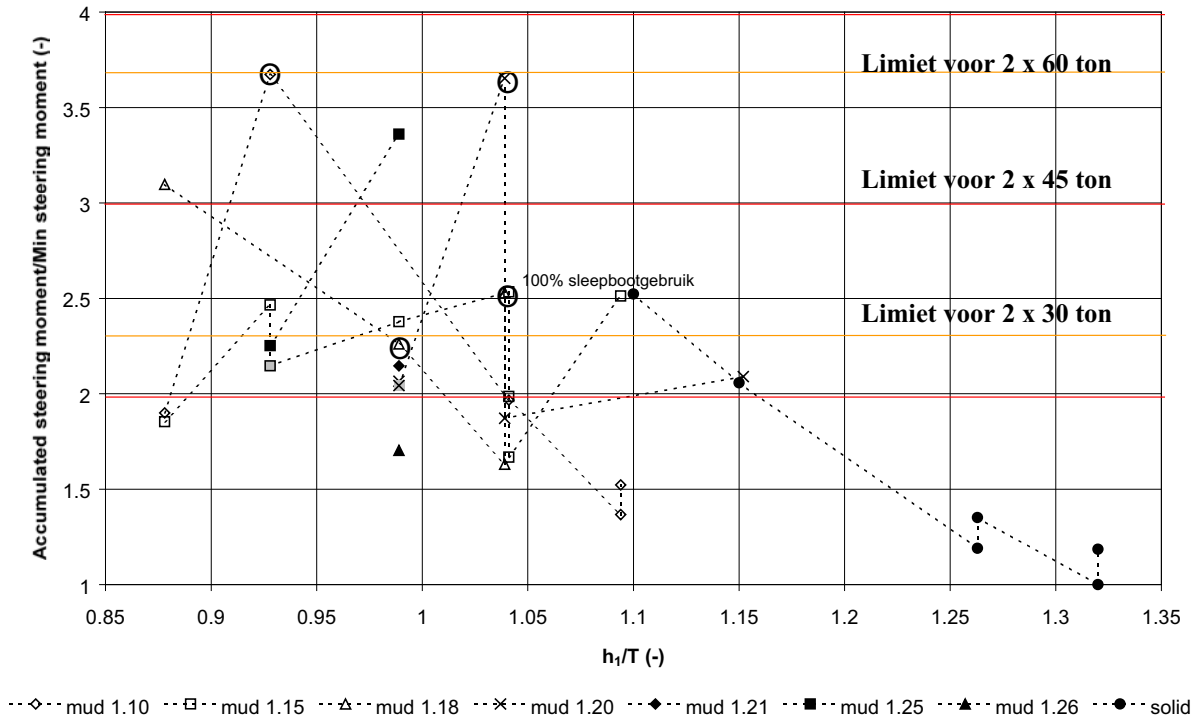
Figuur 9.52. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld roer-schroef-gebruik bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart.



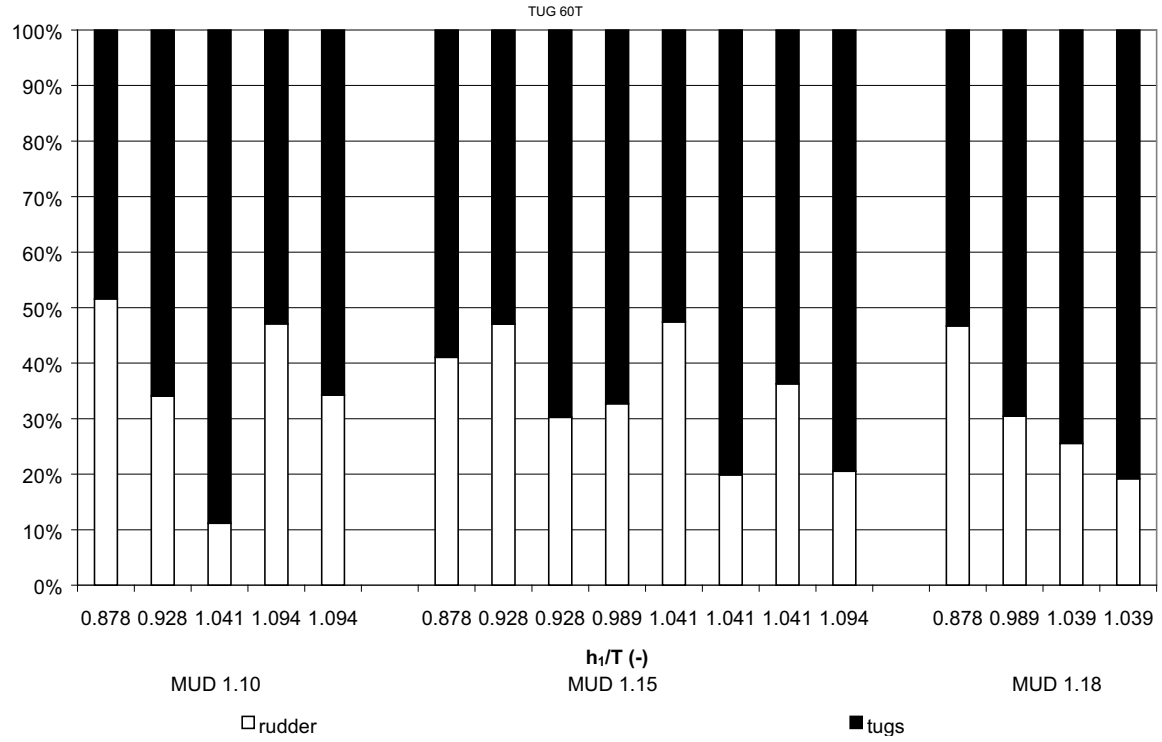
Figuur 9.53. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld gebruik van het beschikbare sleepvermogen bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart.



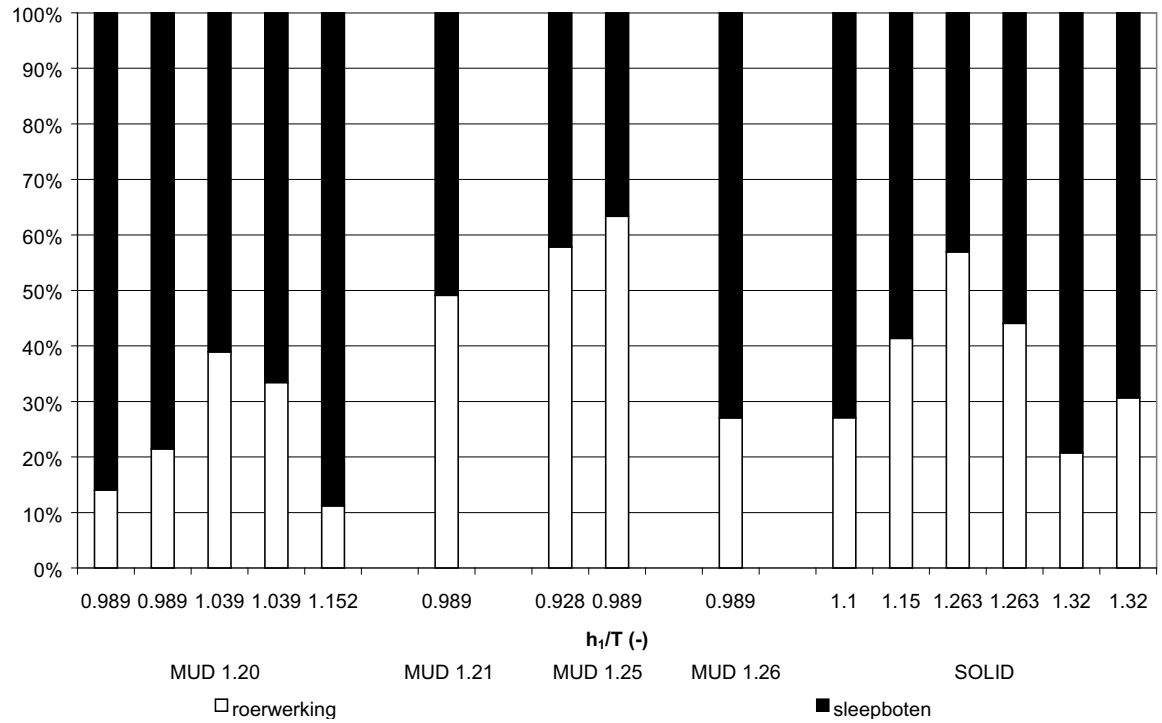
Figuur 9.54. Schip D – Real-time simulaties. Benodigde tijd voor het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart.



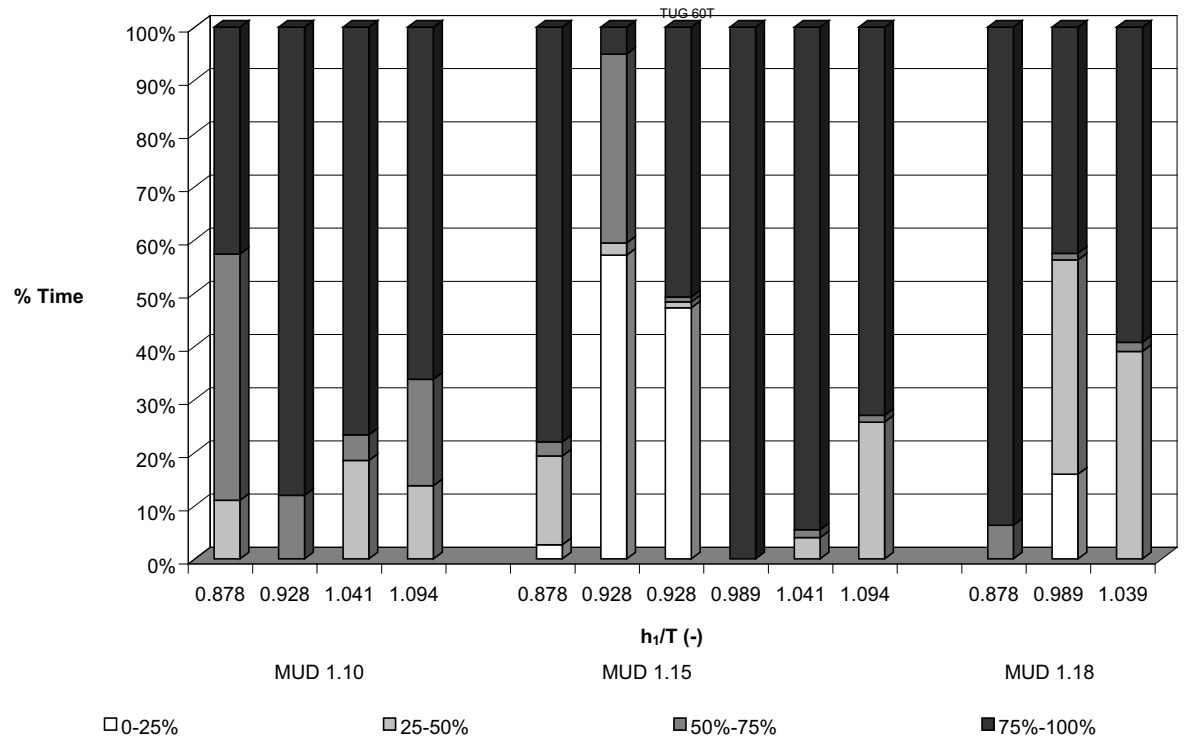
Figuur 9.55. Schip D – Real-time simulaties. Opvaart: ronden van het oude havenhoofd. Geïntegreerd stuurmoment. De omcirkelde condities werden door de loodsen ongunstig beoordeeld omwille van een tekort aan reserve op de slepers.



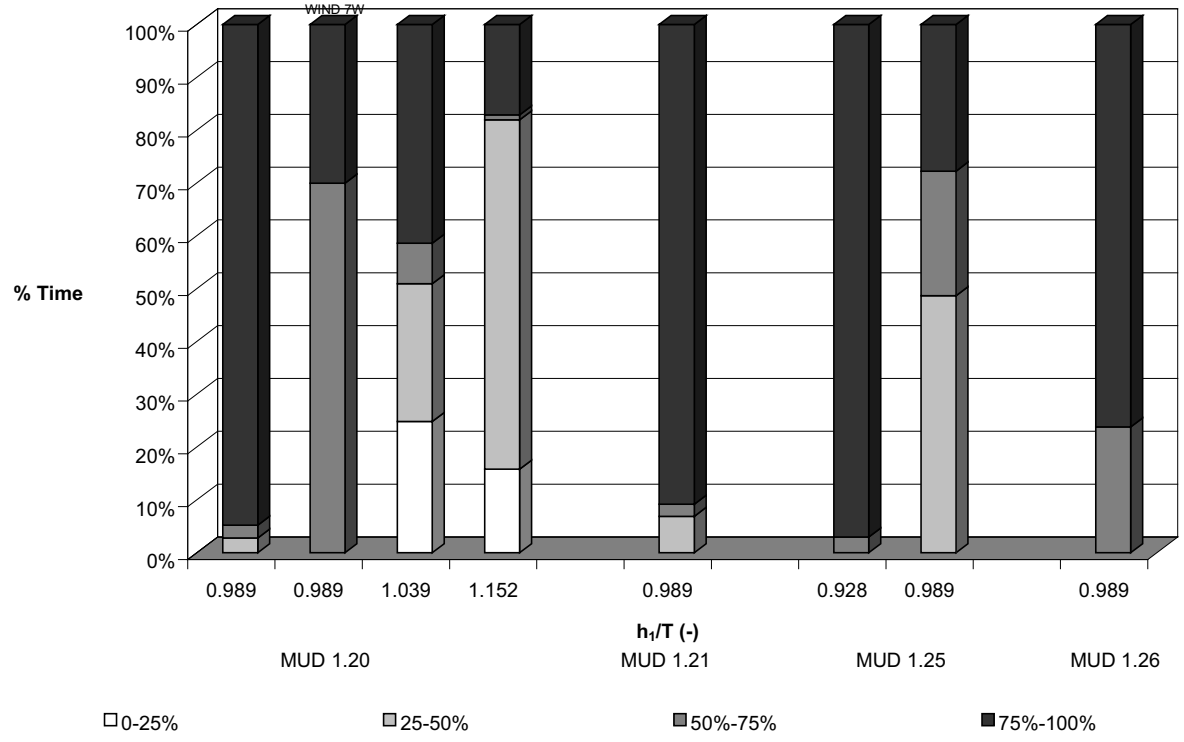
Figuur 9.56a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Lichtere slibsoorten.



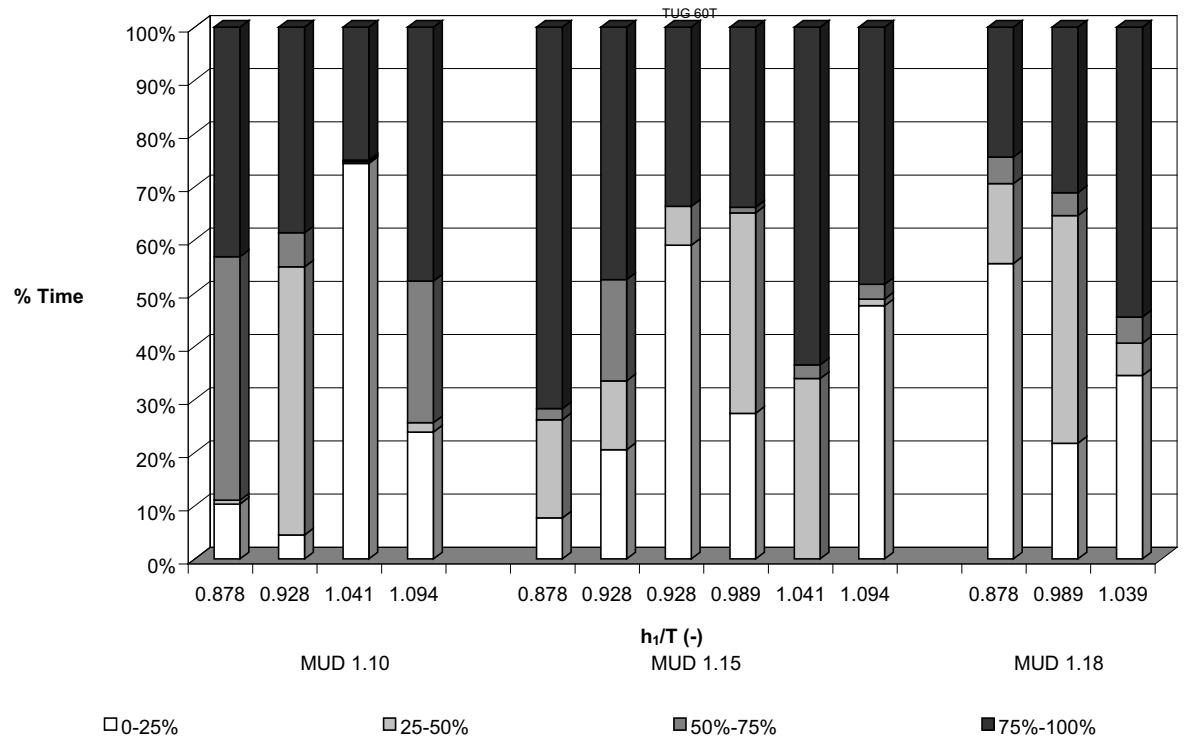
Figuur 9.56b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het ronden van het oude havenhoofd bij opvaart. Zwaardere slibsoorten en vaste bodem.



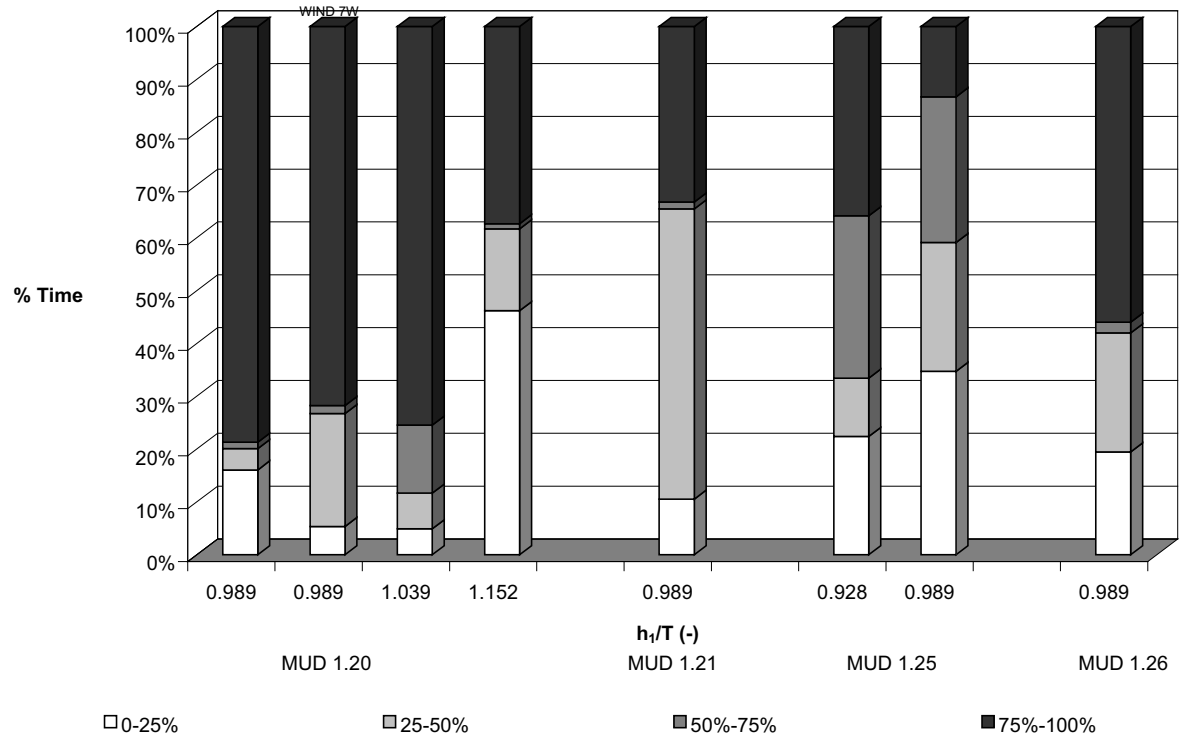
Figuur 9.57a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



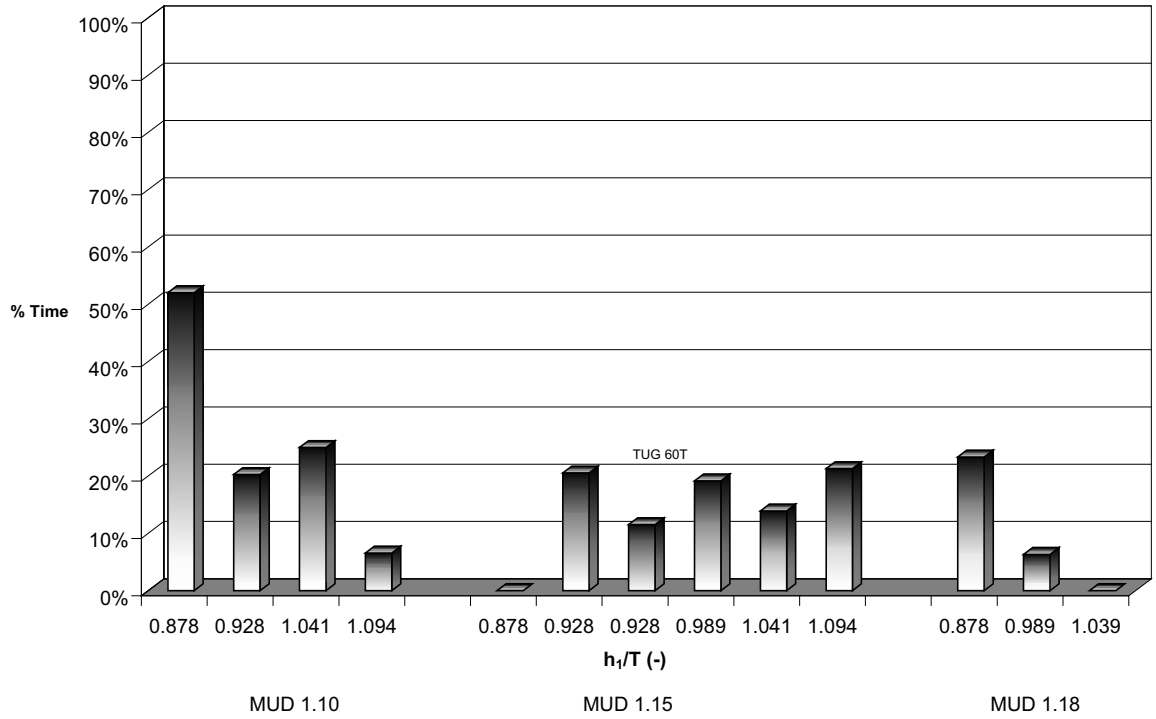
Figuur 9.57b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



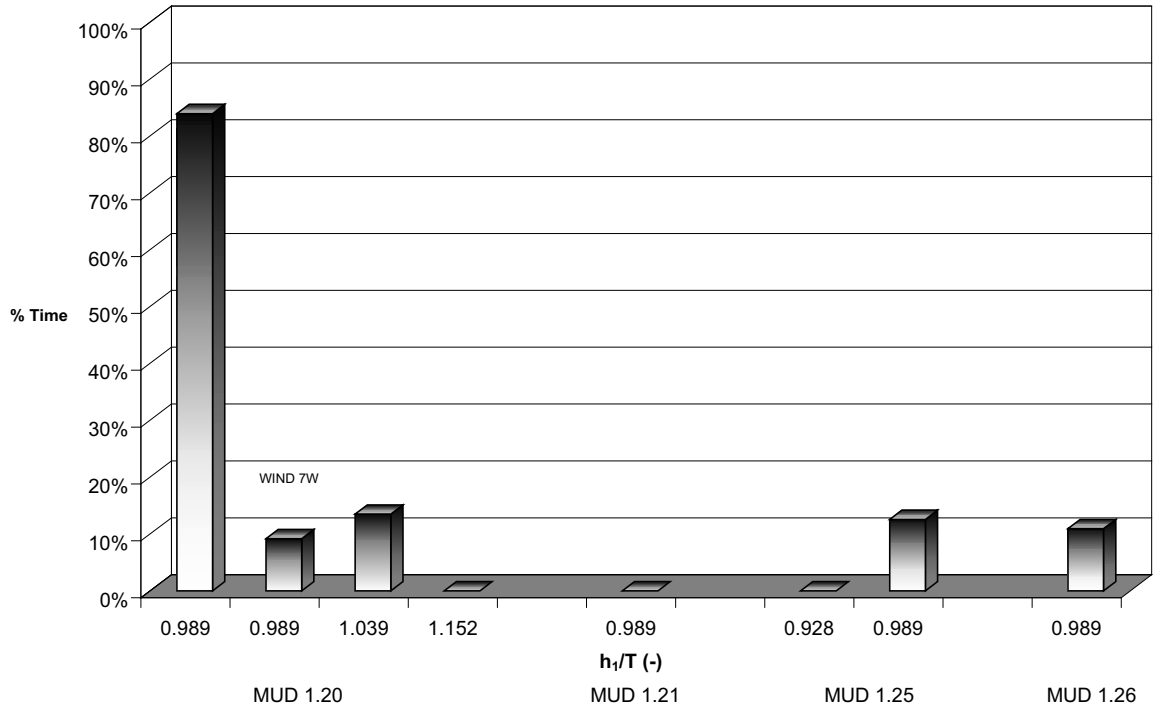
Figuur 9.58a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



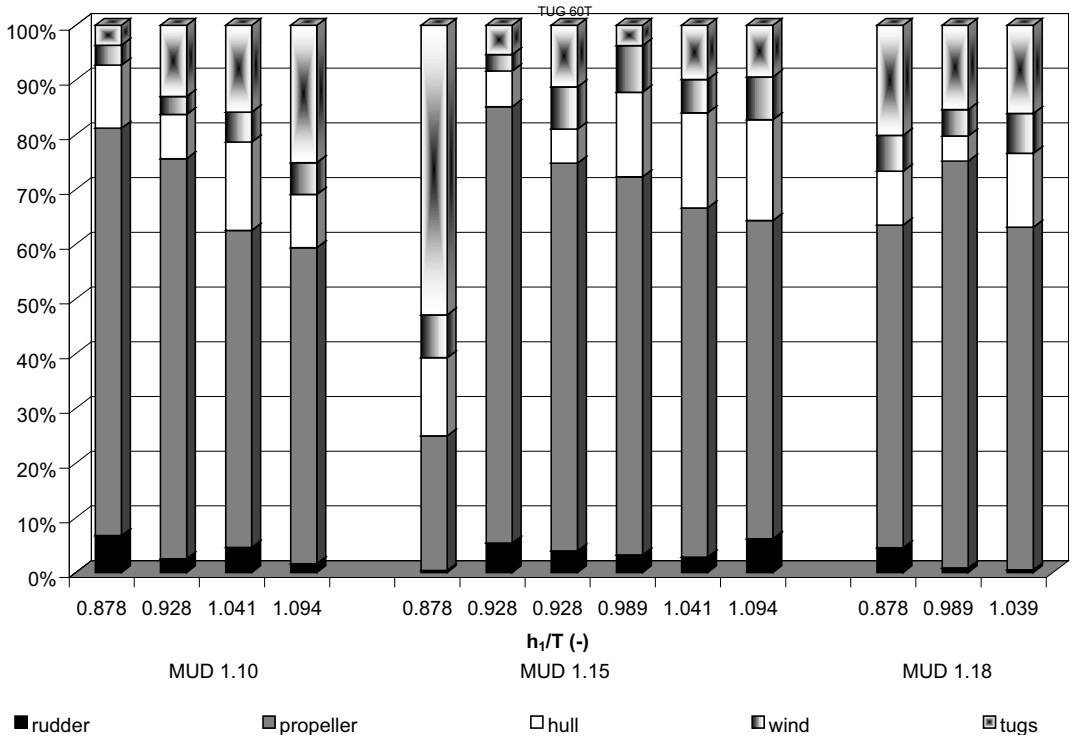
Figuur 9.58b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



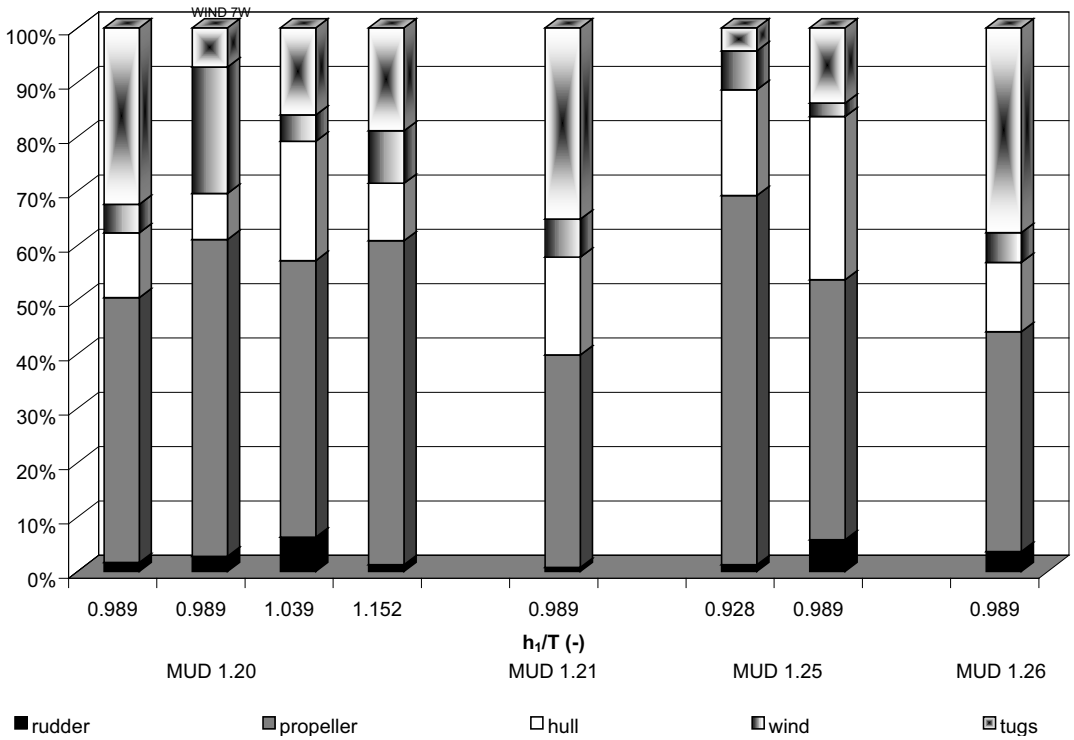
Figuur 9.59a. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



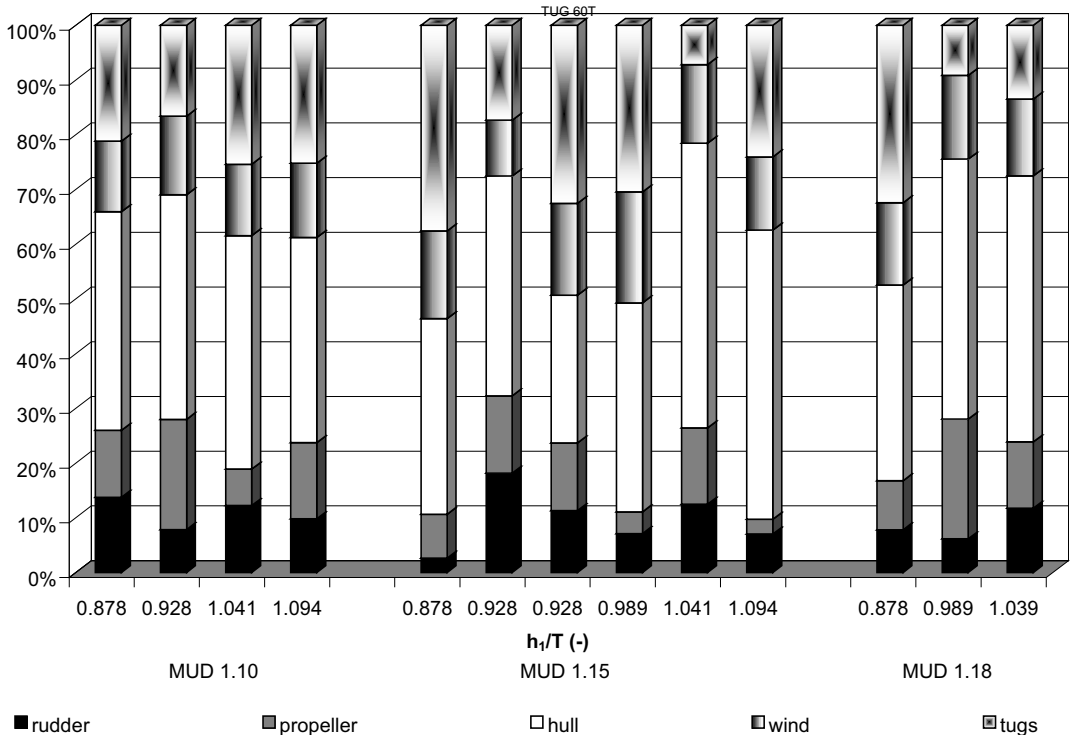
Figuur 9.59b. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



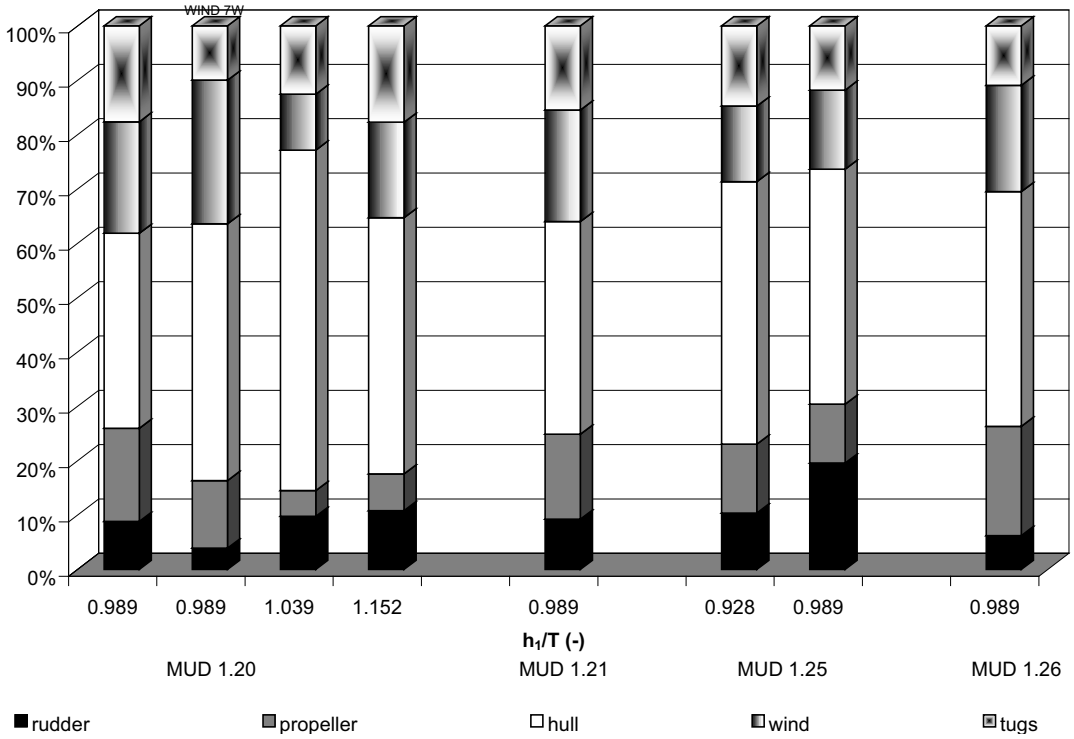
Figuur 9.60a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



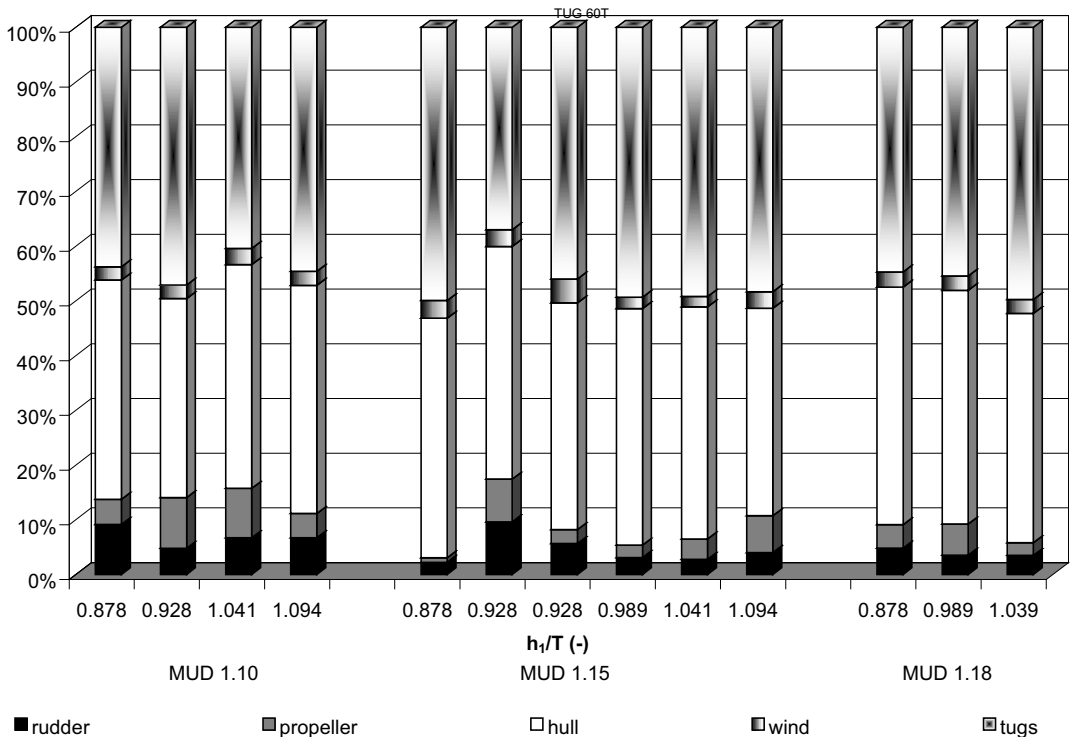
Figuur 9.60b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de langsscheepse kracht waaraan het schip onderworpen is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



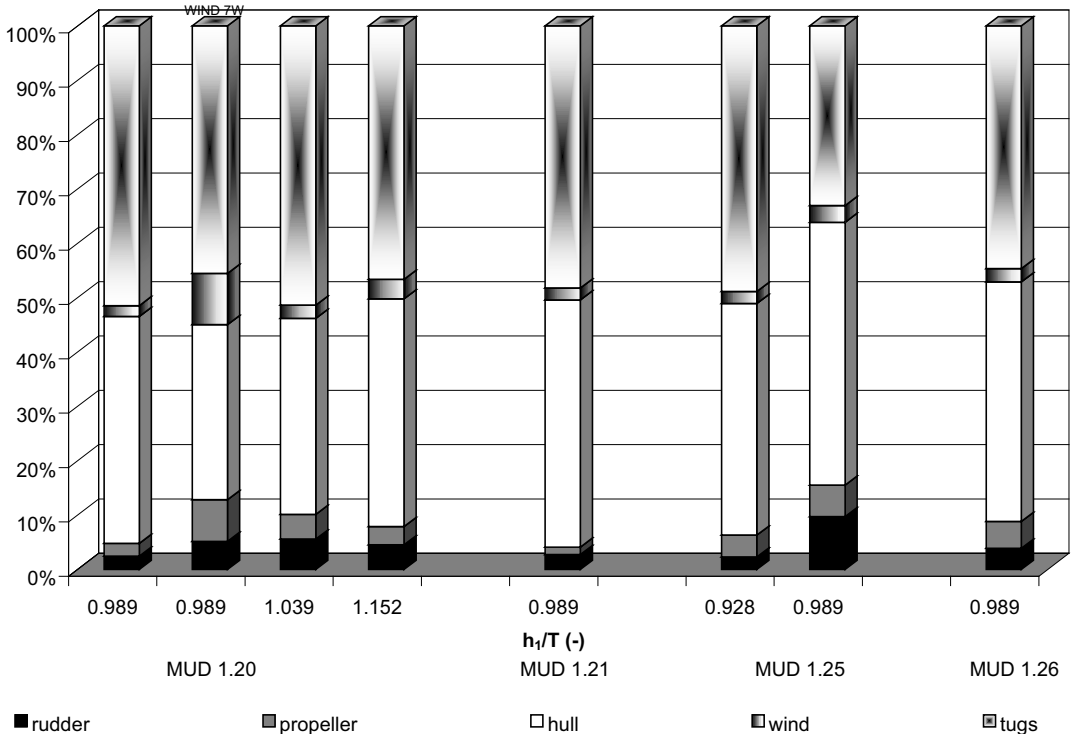
Figuur 9.61a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



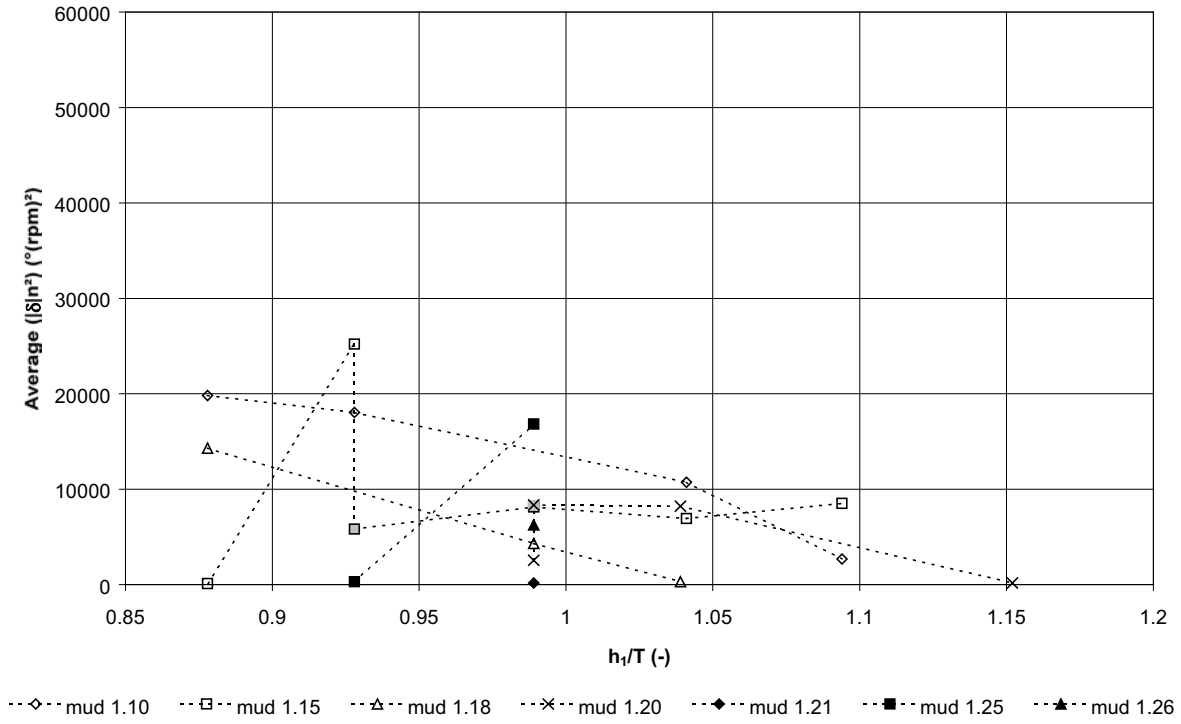
Figuur 9.61b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in de verzetkracht waaraan het schip onderworpen is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



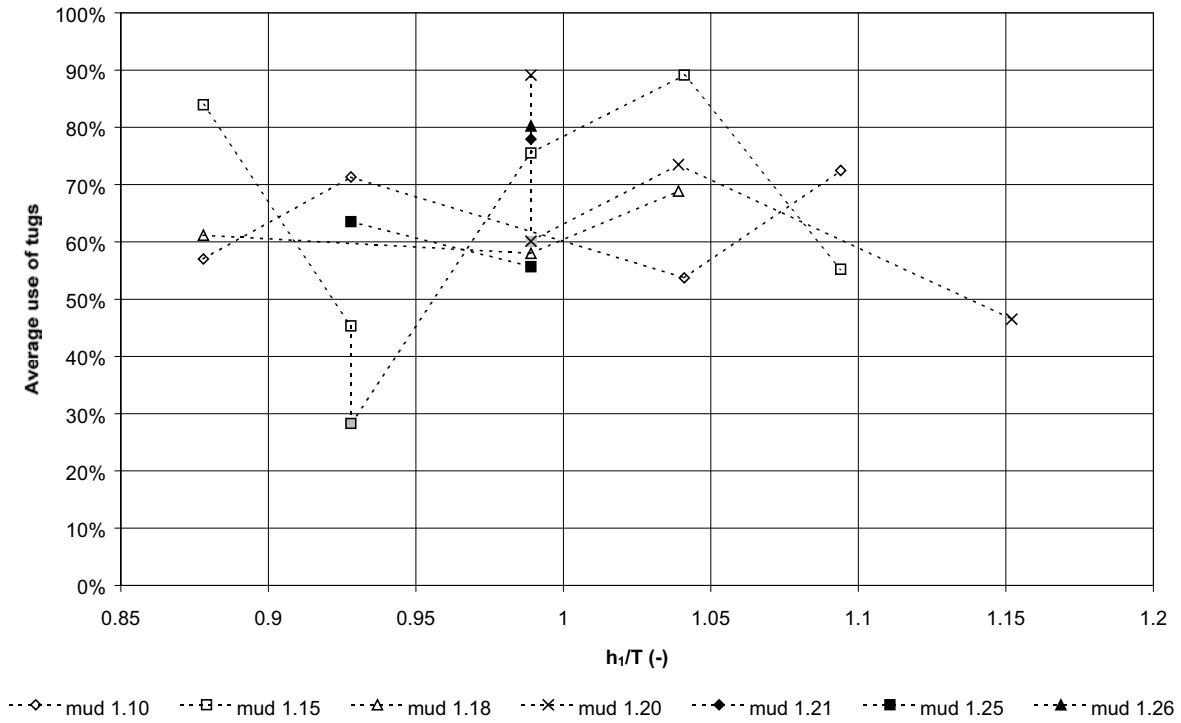
Figuur 9.62a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



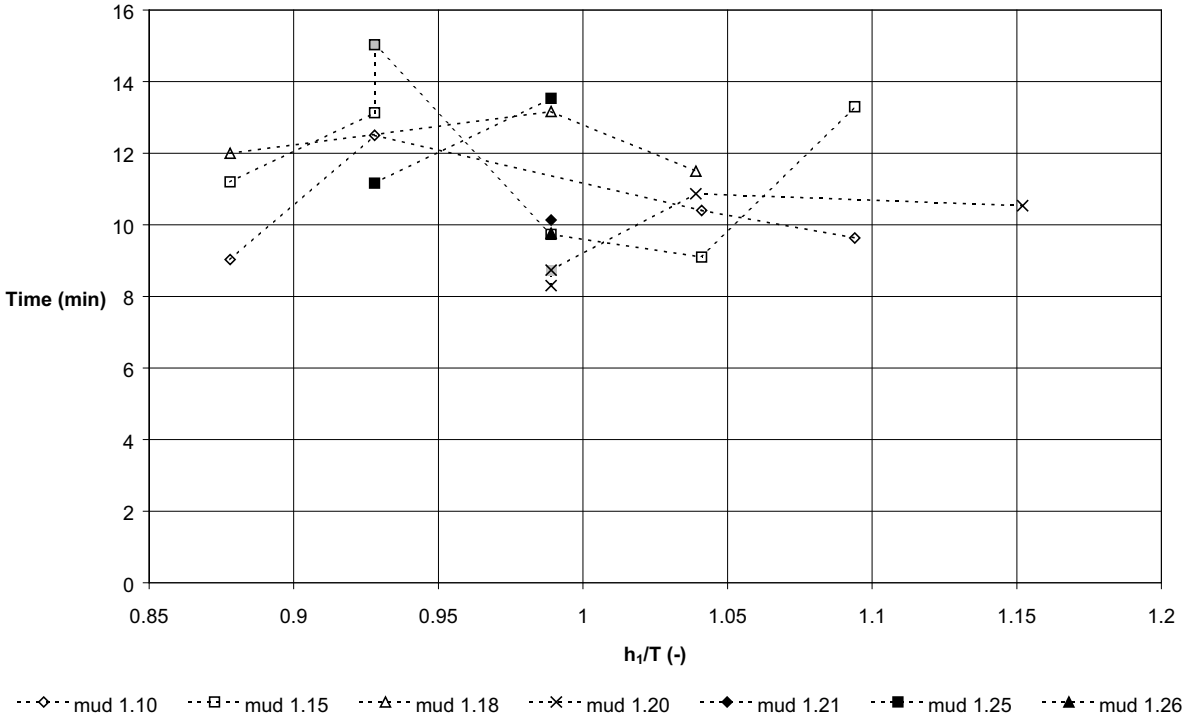
Figuur 9.62b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van elke component in het giermoment waaraan het schip onderworpen is bij zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



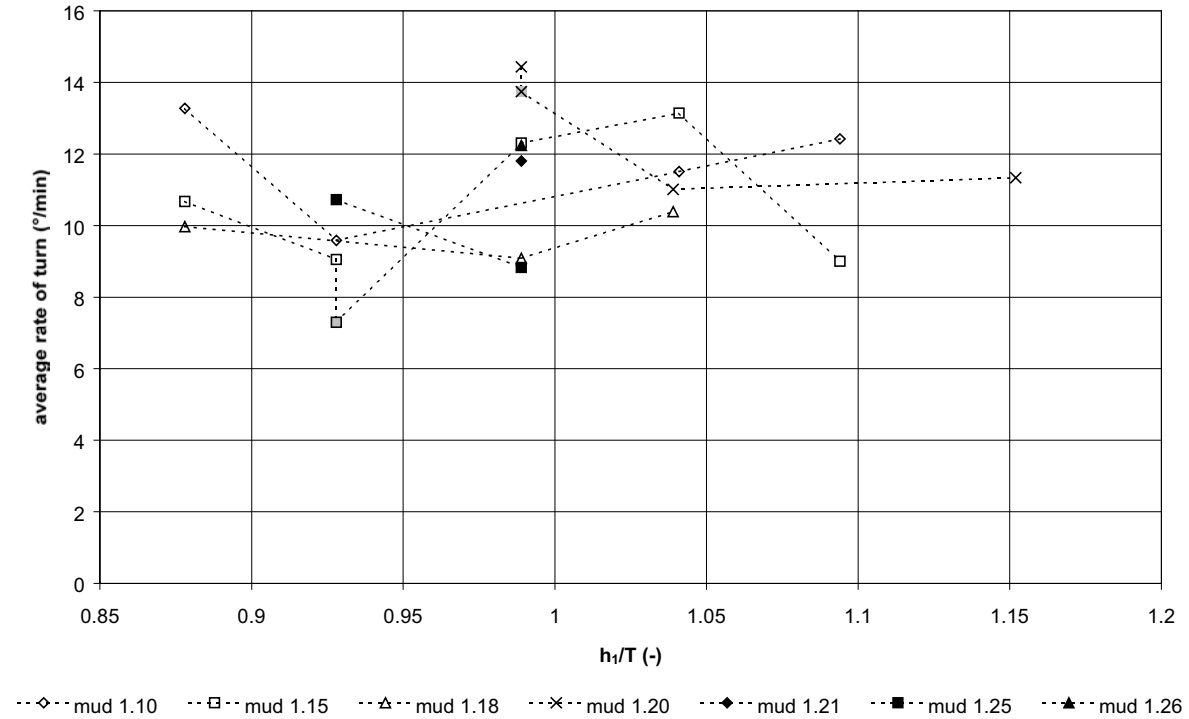
Figuur 9.63. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld roer-schroef-gebruik bij het zwaaien voor de OCHZ-terminal.



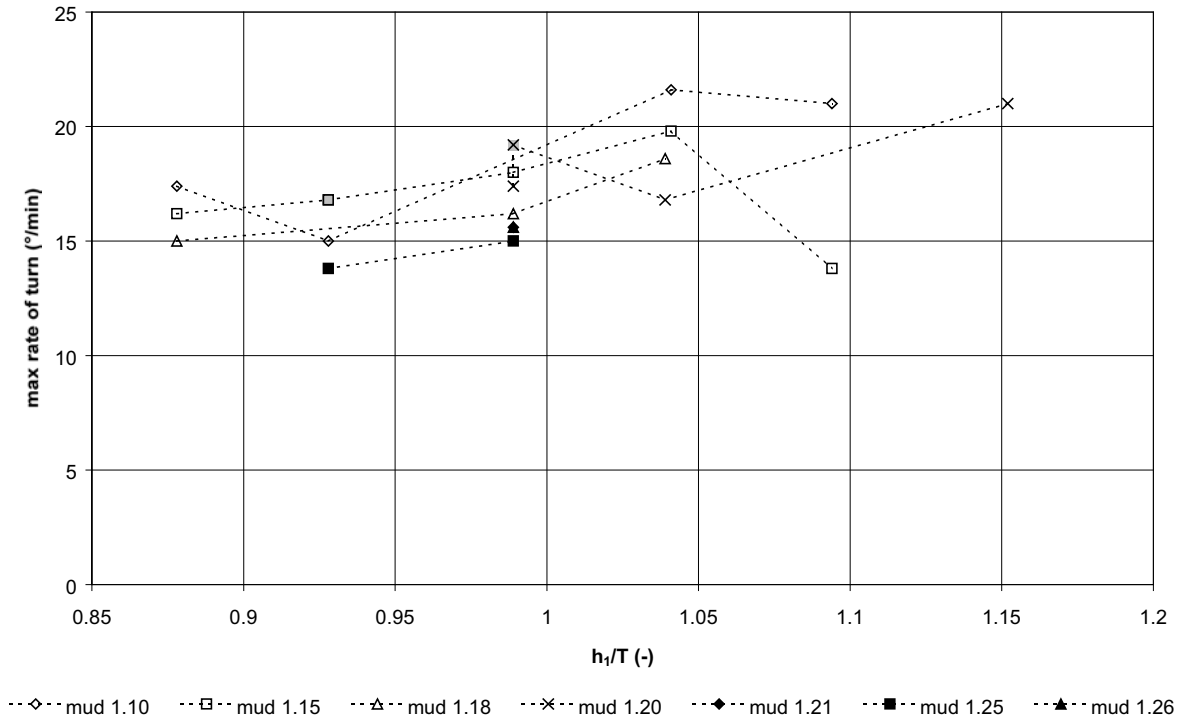
Figuur 9.64. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld vermogengebruik van de sleepboten bij het zwaaien voor de OCHZ-terminal.



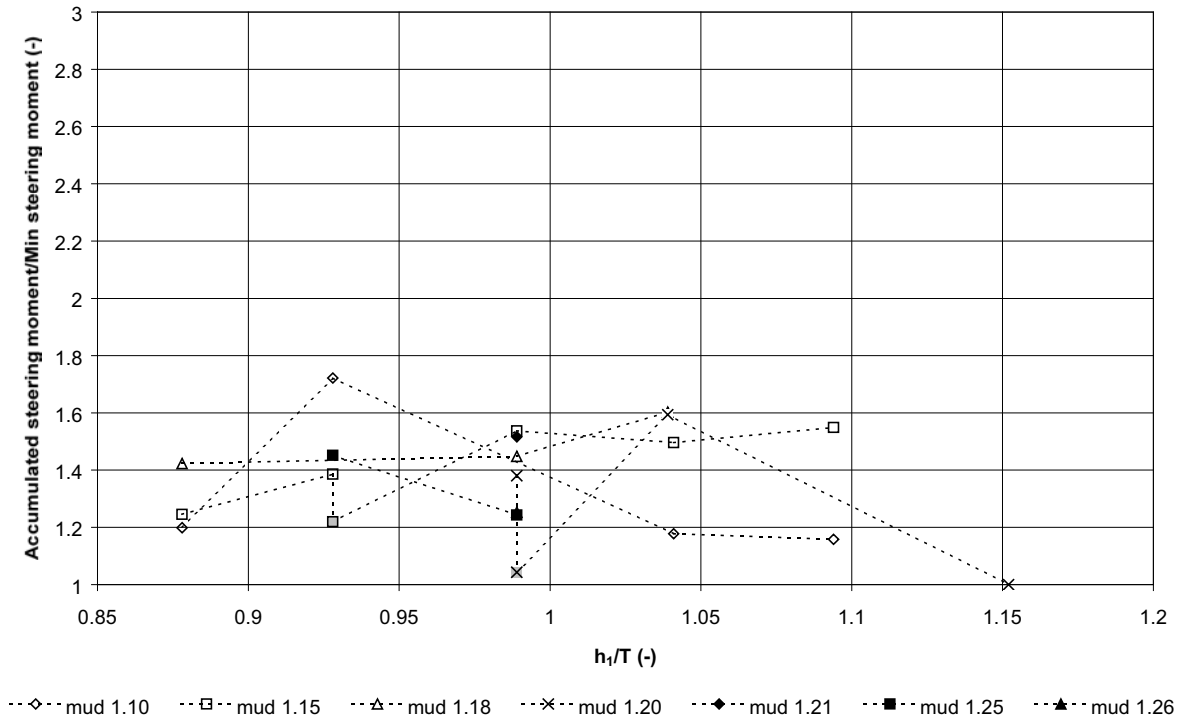
Figuur 9.65. Schip D – Real-time simulaties. Tijdsduur bij het zwaaien voor de OCHZ-terminal.



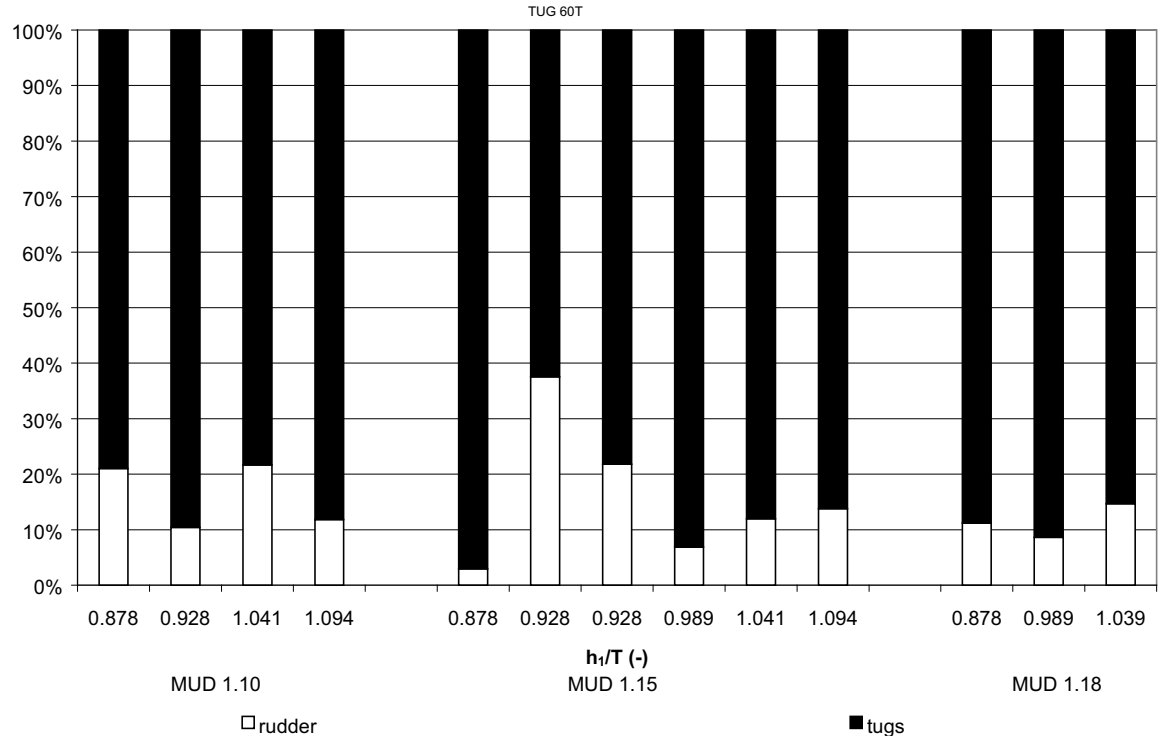
Figuur 9.66a. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddelde giersnelheid waarmee gezwaaid wordt voor de OCHZ-terminal.



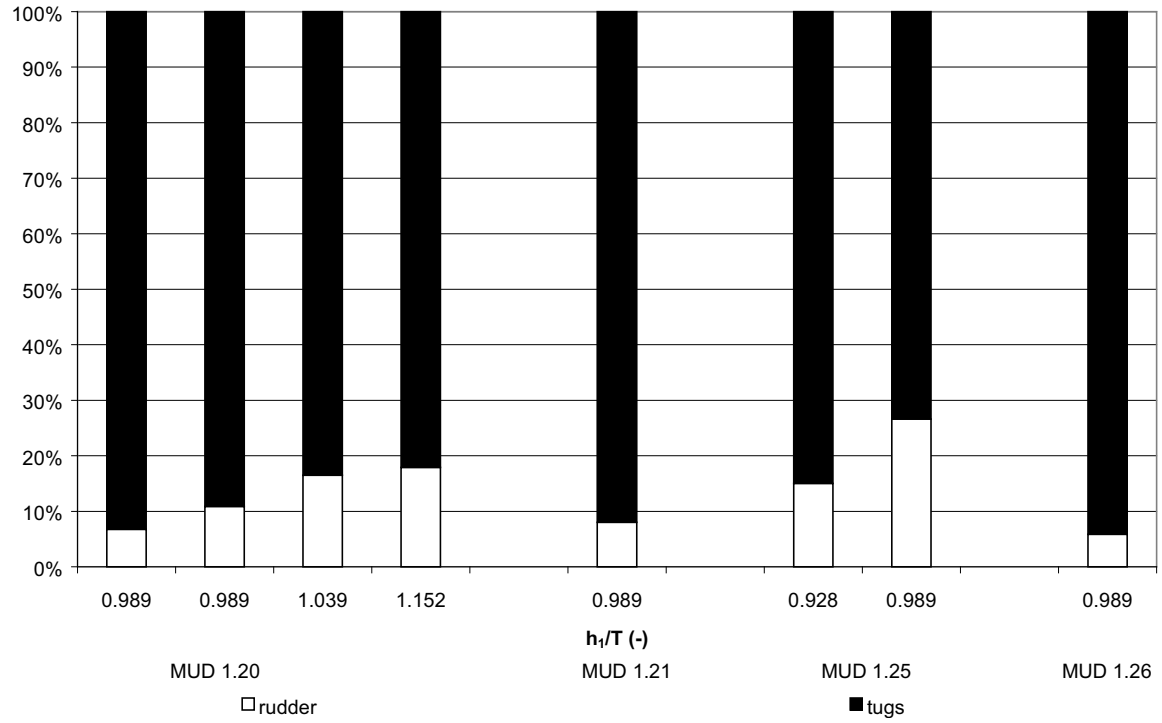
Figuur 9.66b. Schip D – Real-time simulaties. Maximale giersnelheid waarmee gezwaaid wordt voor de OCHZ-terminal.



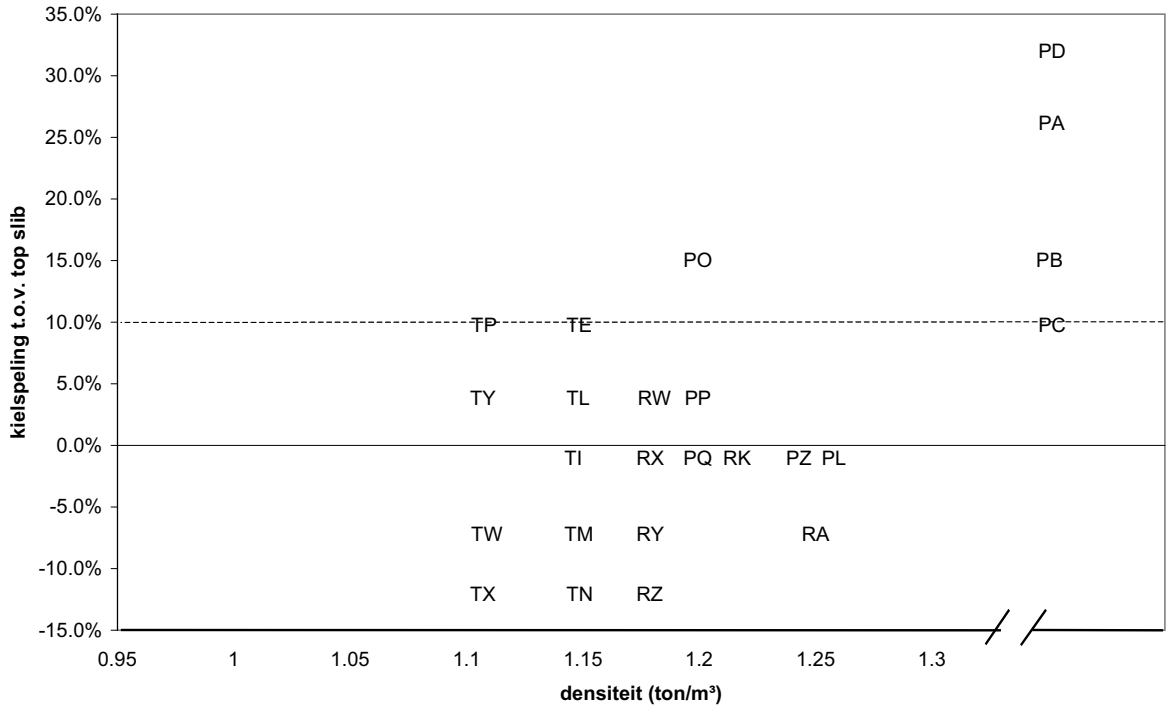
Figuur 9.67. Schip D – Real-time simulaties. Geïntegreerd stuurmoment bij het zwaaien voor de OCHZ-terminal.



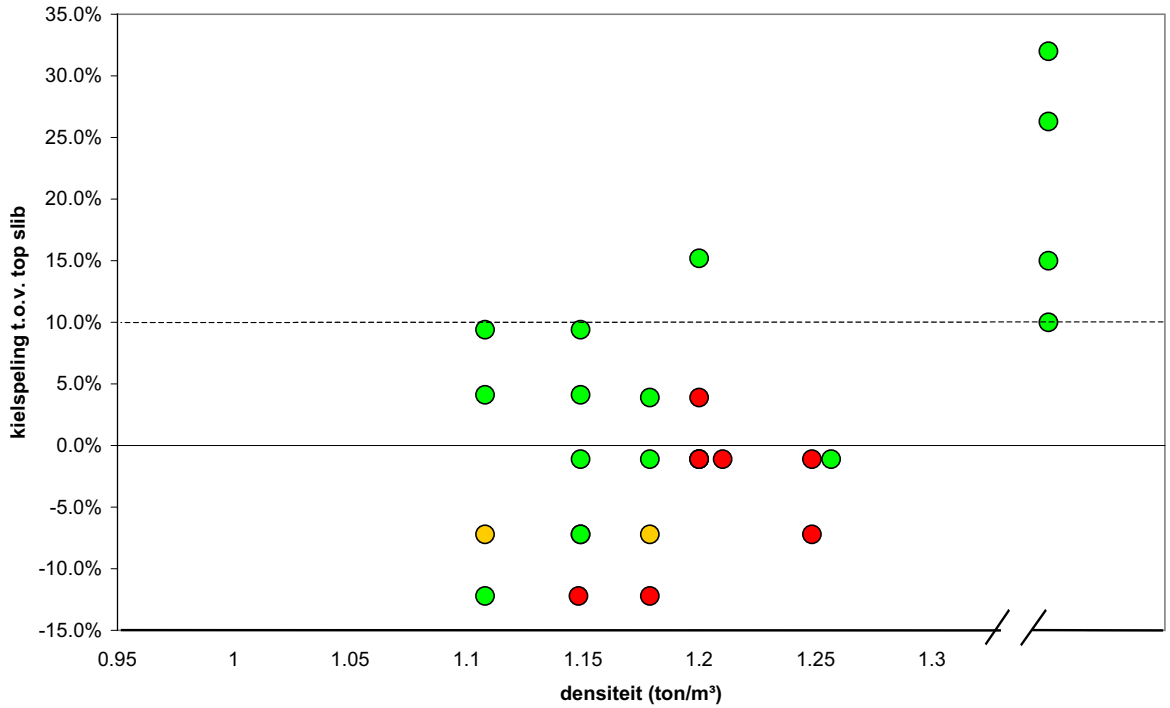
Figuur 9.68a. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het zwaaien voor de OCHZ-terminal. Lichtere slibsoorten.



Figuur 9.68b. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij het zwaaien voor de OCHZ-terminal. Zwaardere slibsoorten.



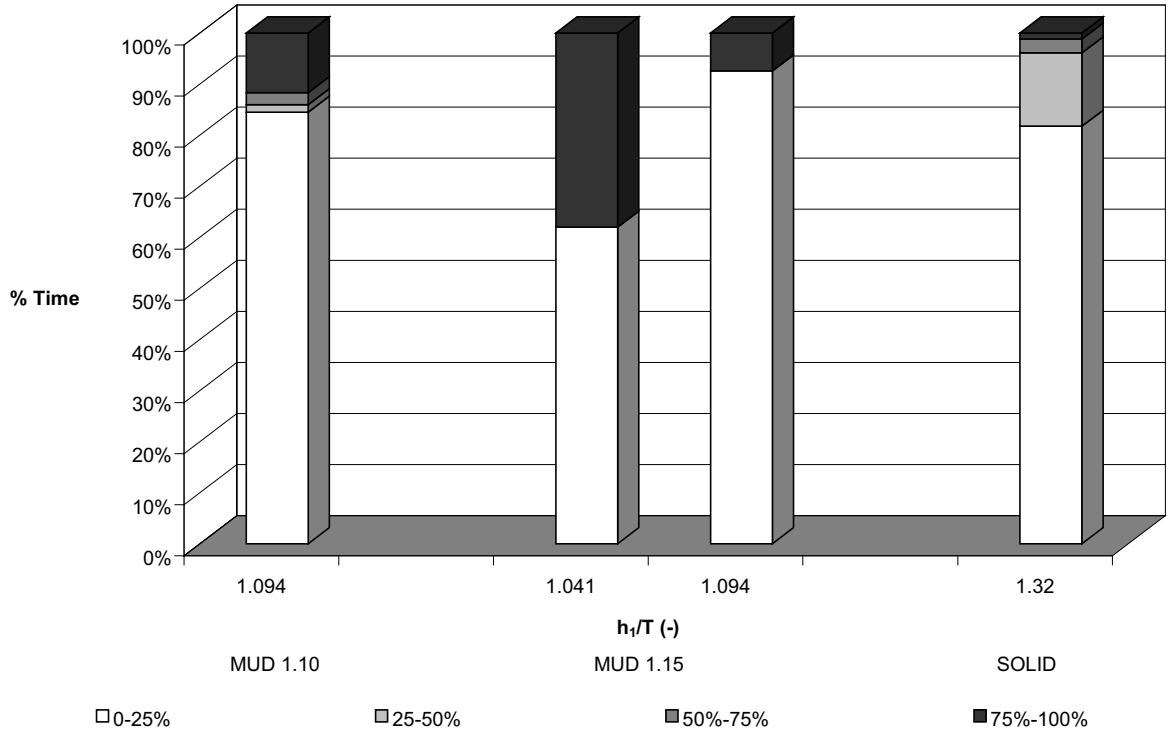
Figuur 9.69a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



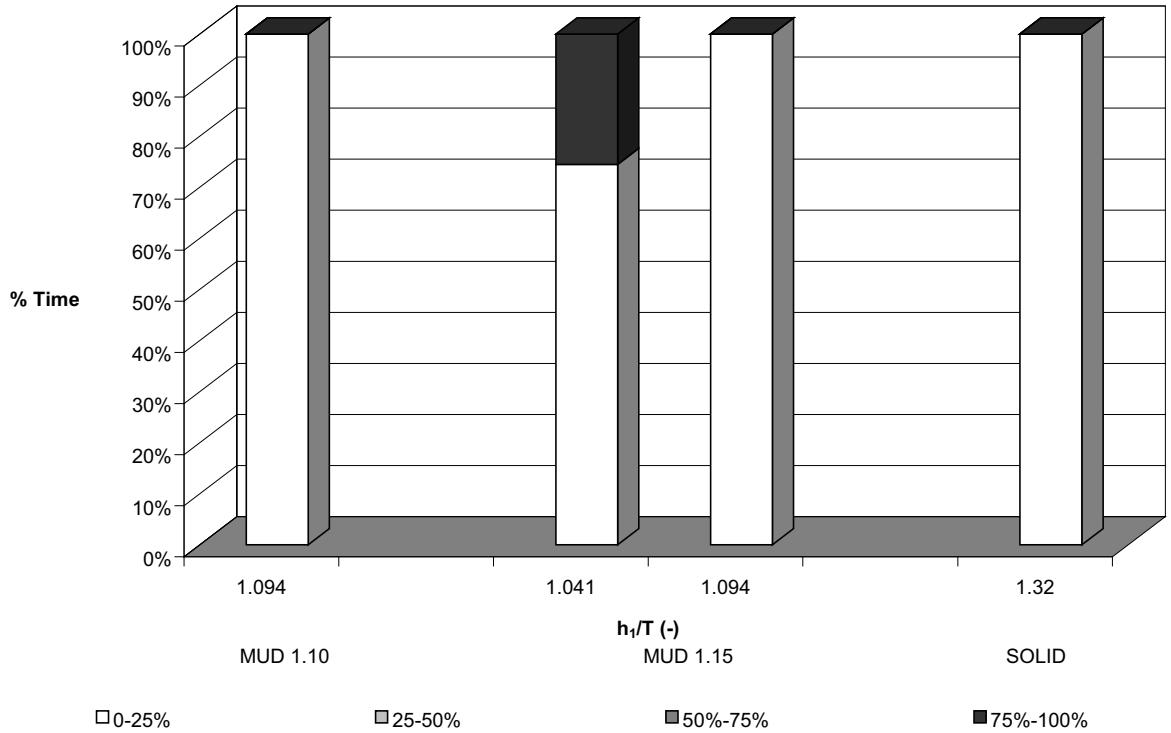
Figuur 9.69b. Schip D – Real-time simulaties. Onaanvaardbare en marginale condities op basis van reserve op de sleepbootassistentie bij opvaart.

- groen: normaal uitvoerbaar;
- geel: moeilijk, maar uitvoerbaar;
- rood: riskant, niet uitvoerbaar.

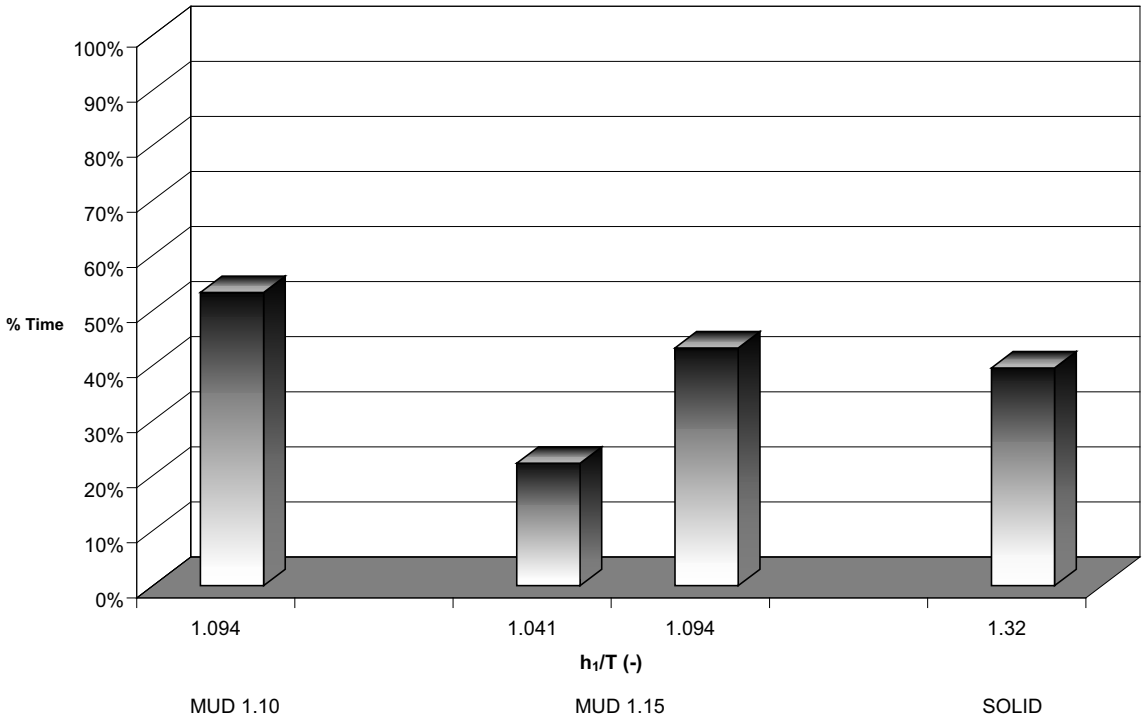
De windconditie bedraagt steeds ZW4Bf en er zijn 2 sleepboten van 45 ton beschikbaar, tenzij anders vermeld.



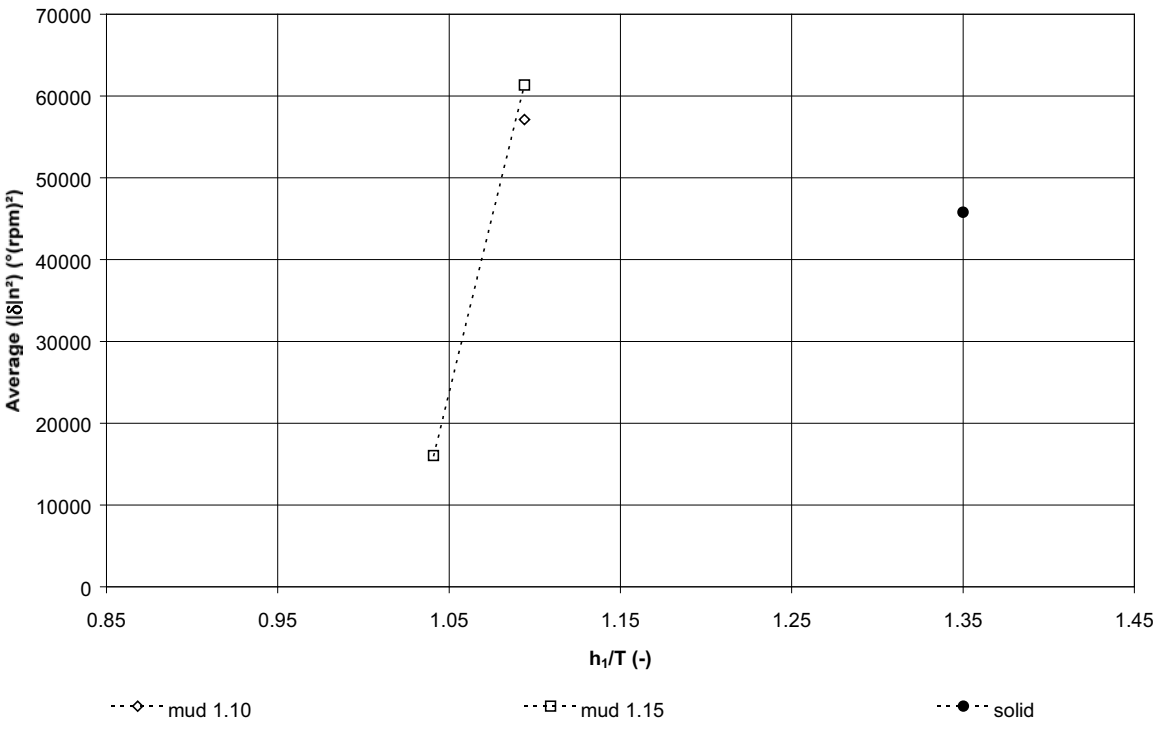
Figuur 9.70a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



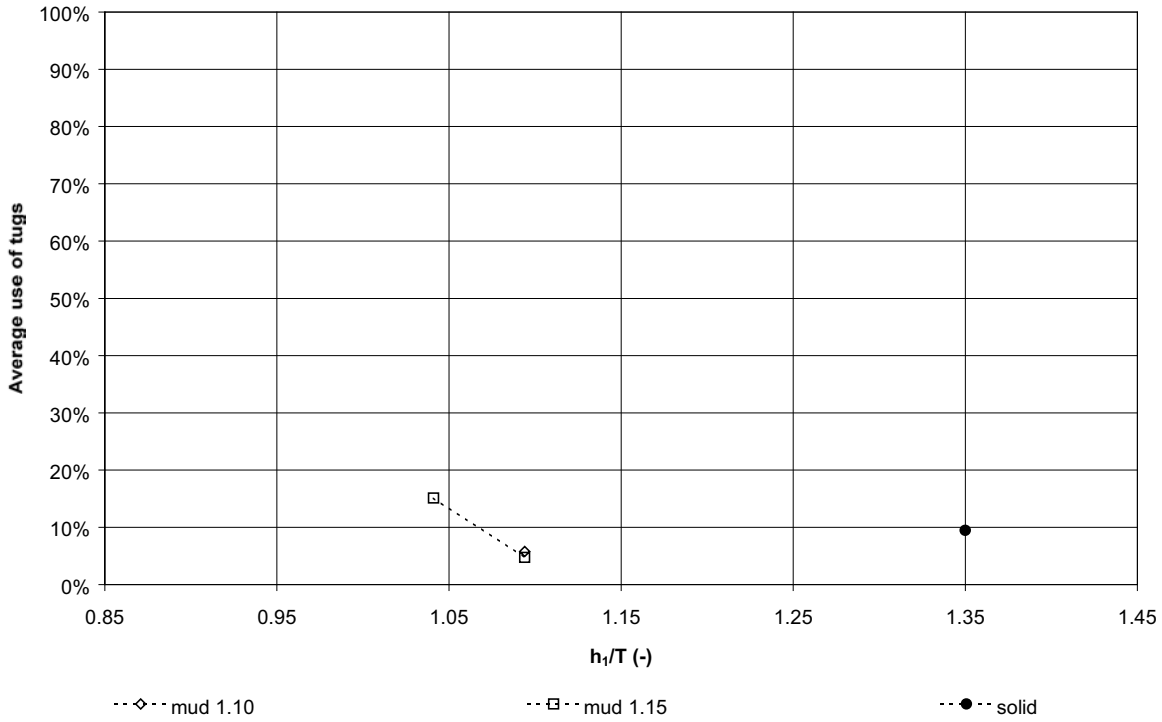
Figuur 9.70b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



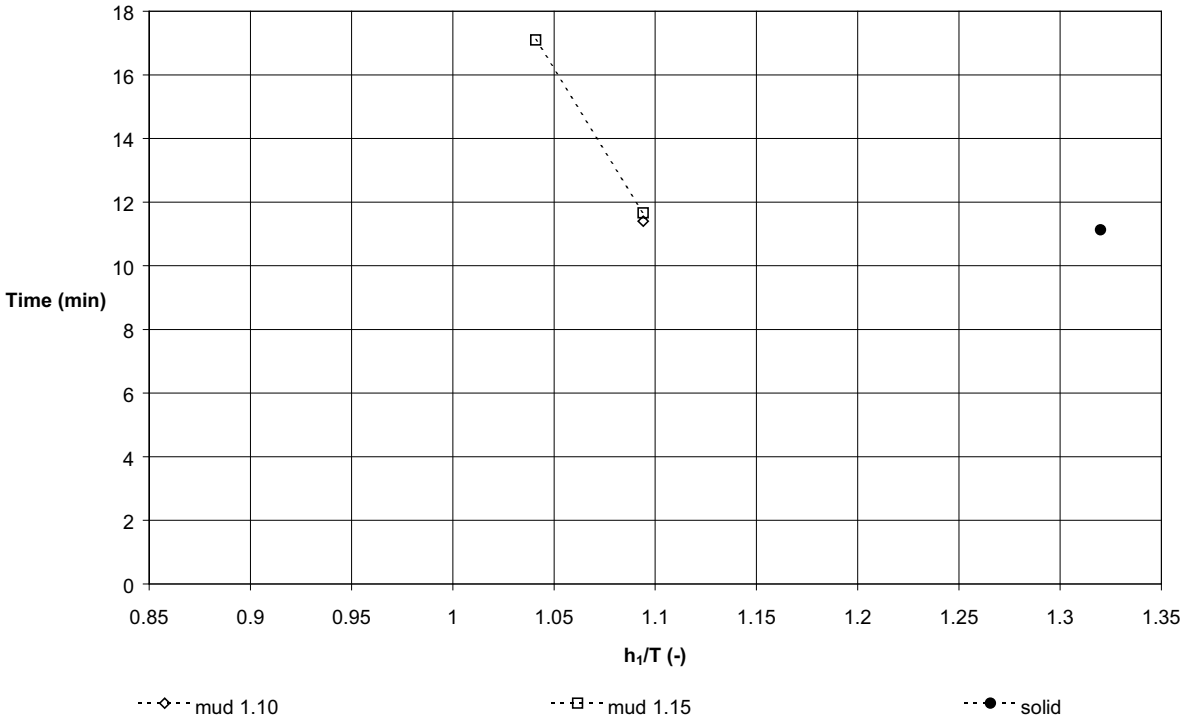
Figuur 9.71. Schip D – Real-time simulaties. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



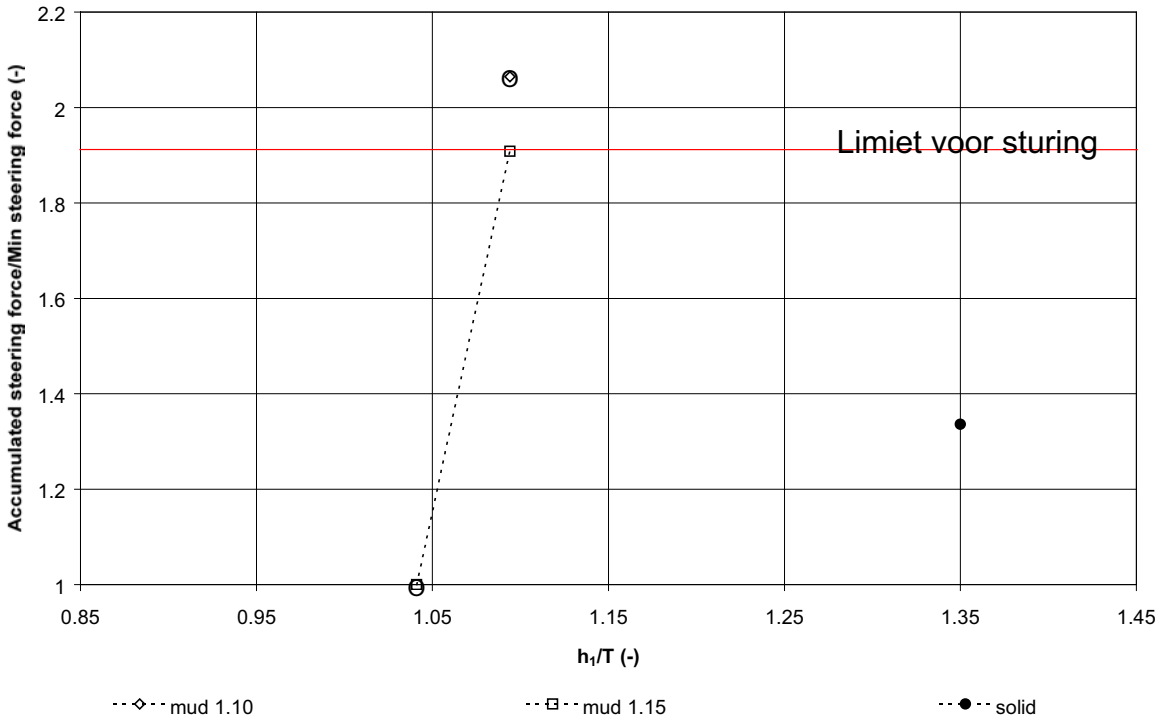
Figuur 9.72. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld roergebruik bij opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



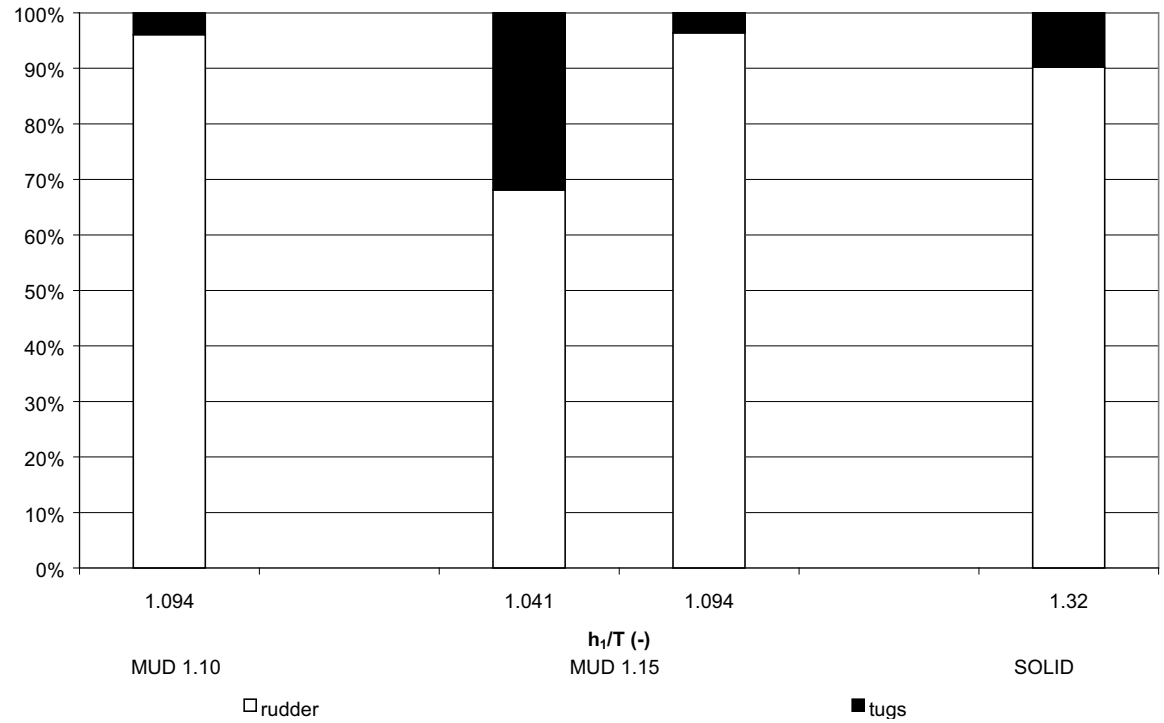
Figuur 9.73. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld gebruik van het beschikbare sleepvermogen bij opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



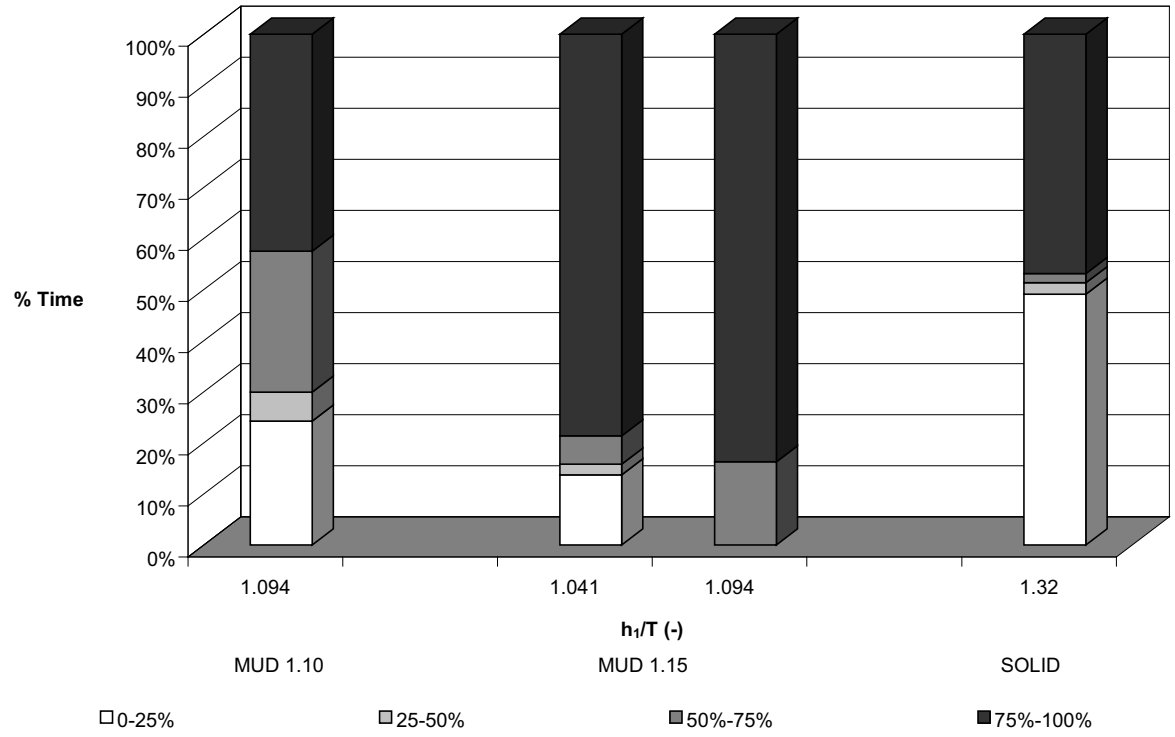
Figuur 9.74. Schip D – Real-time simulaties. Benodigde tijd voor het uitvoeren van het eerste deeltraject van de opvaart naar FCT.



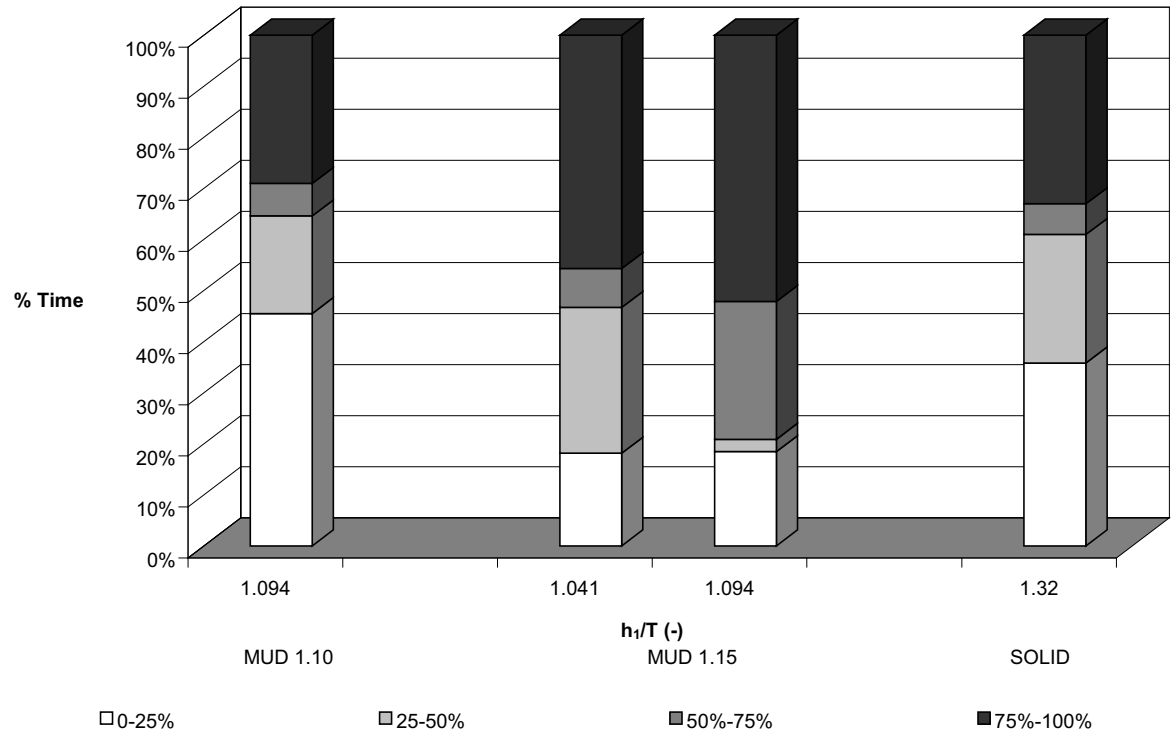
Figuur 9.75. Schip D – Real-time simulaties. Geïntegreerde stuurkracht bij het eerste deeltraject van de opvaart naar FCT. De omcirkelde condities werden door de loodsen negatief beoordeeld.



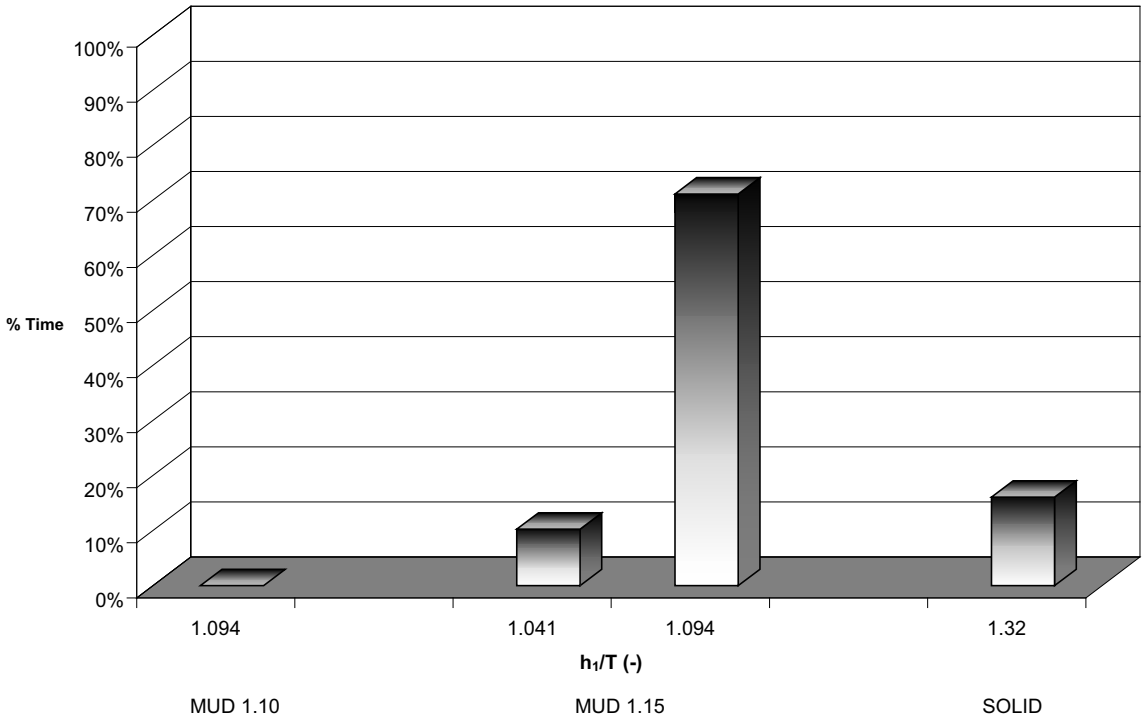
Figuur 9.76. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij de opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



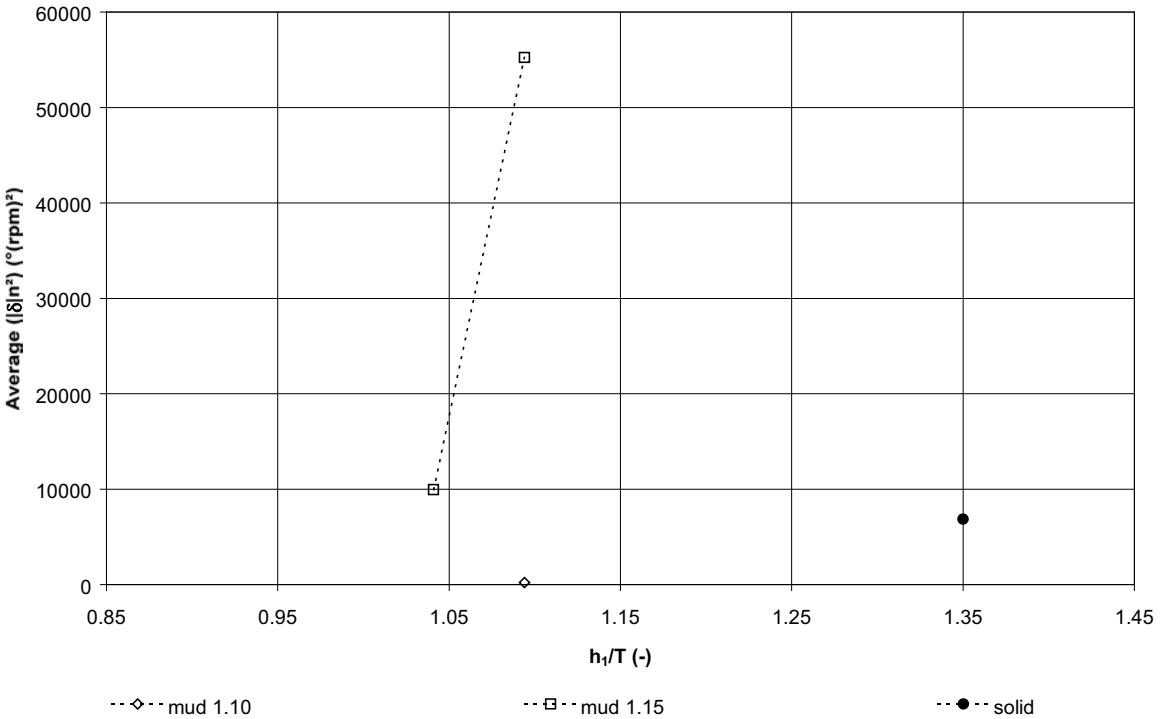
Figuur 9.77a. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de voorste sleepboot bij het zwaaien voor FCT.



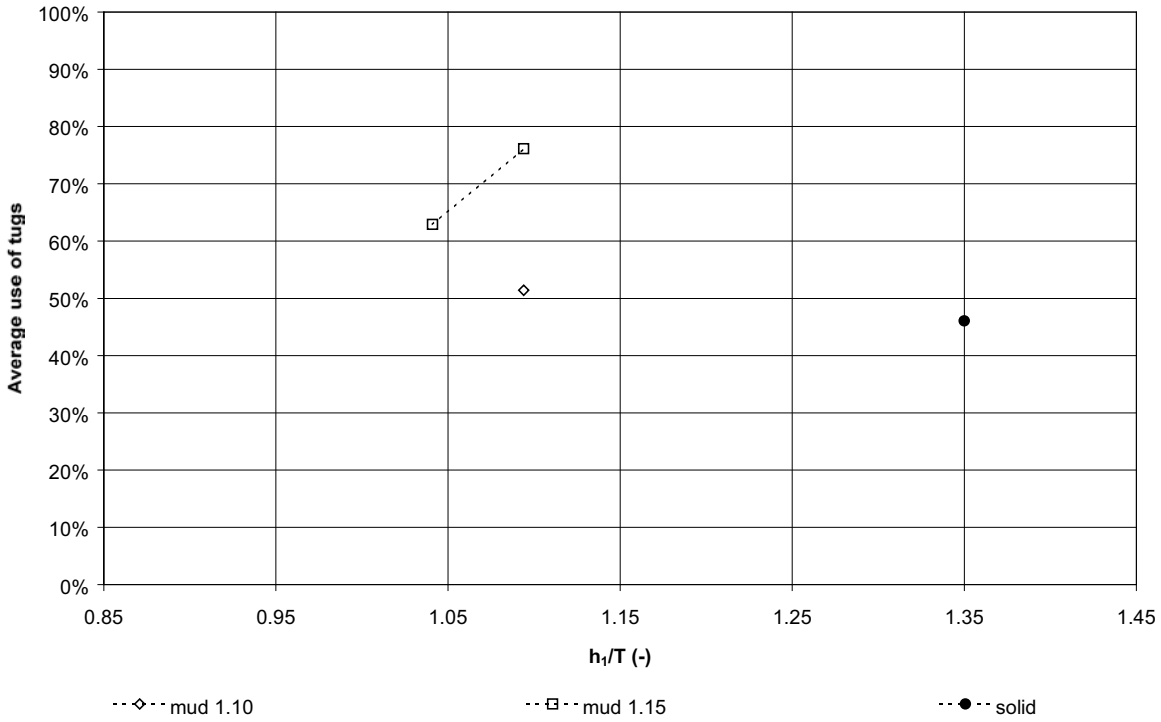
Figuur 9.77b. Schip D – Real-time simulaties. Gebruik (%beschikbaar vermogen versus %tijd) van de achterste sleepboot bij het zwaaien voor FCT.



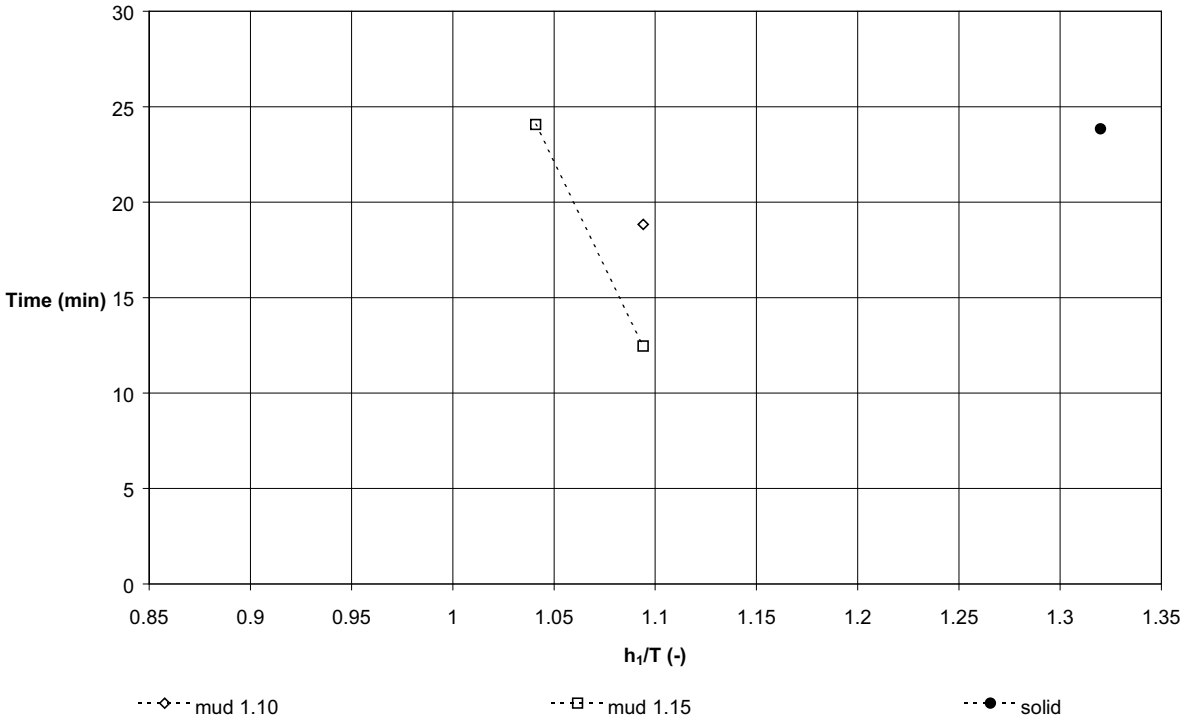
Figuur 9.78. %Tijd waarbij het roer significant gebruikt is bij het zwaaien voor FCT.



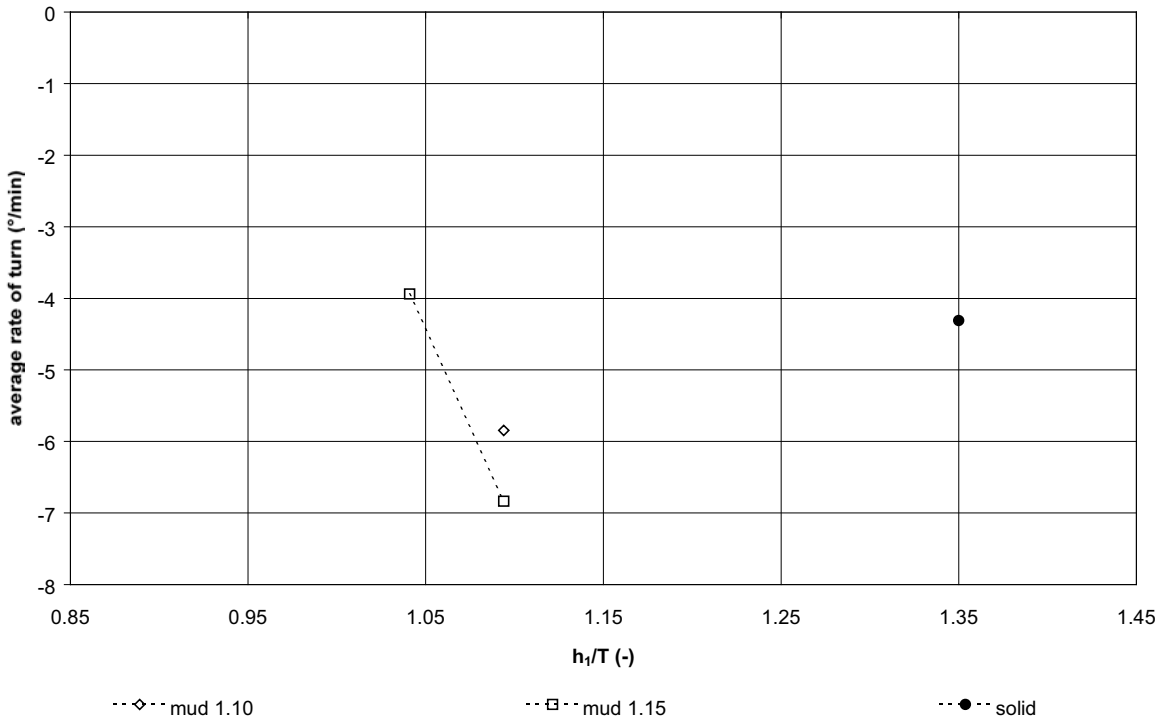
Figuur 9.79. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld roergebruik bij het zwaaien voor FCT.



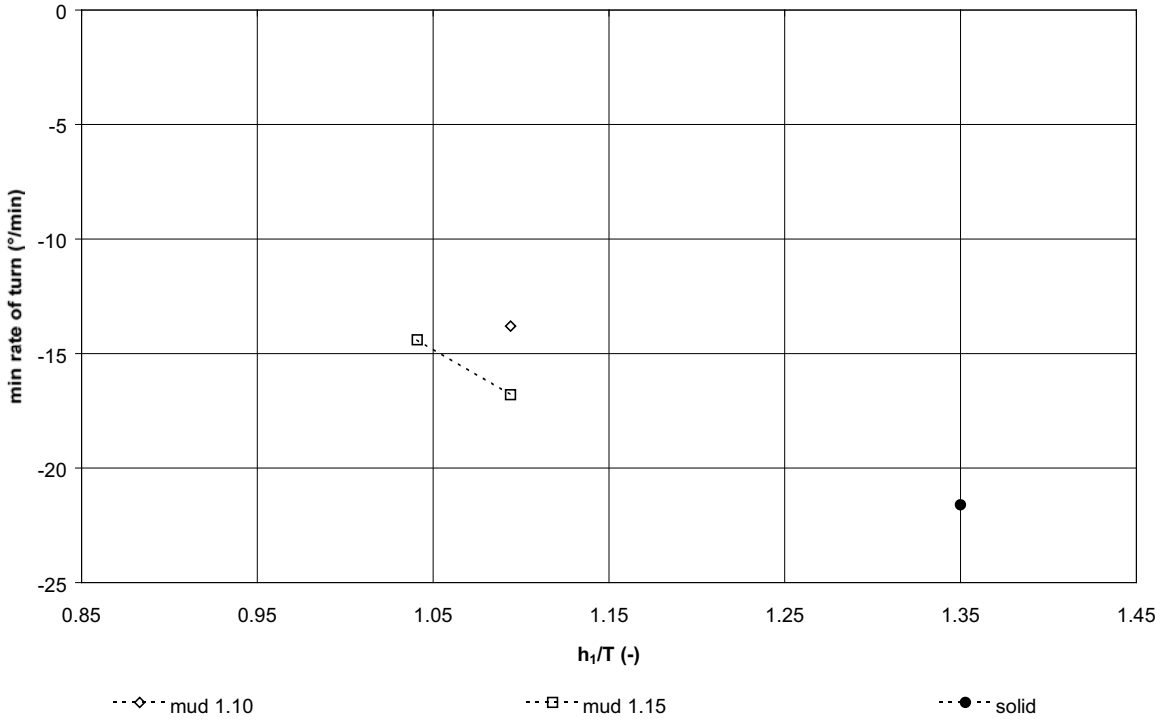
Figuur 9.80. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddeld gebruik van het beschikbare sleepvermogen bij het zwaaien voor FCT.



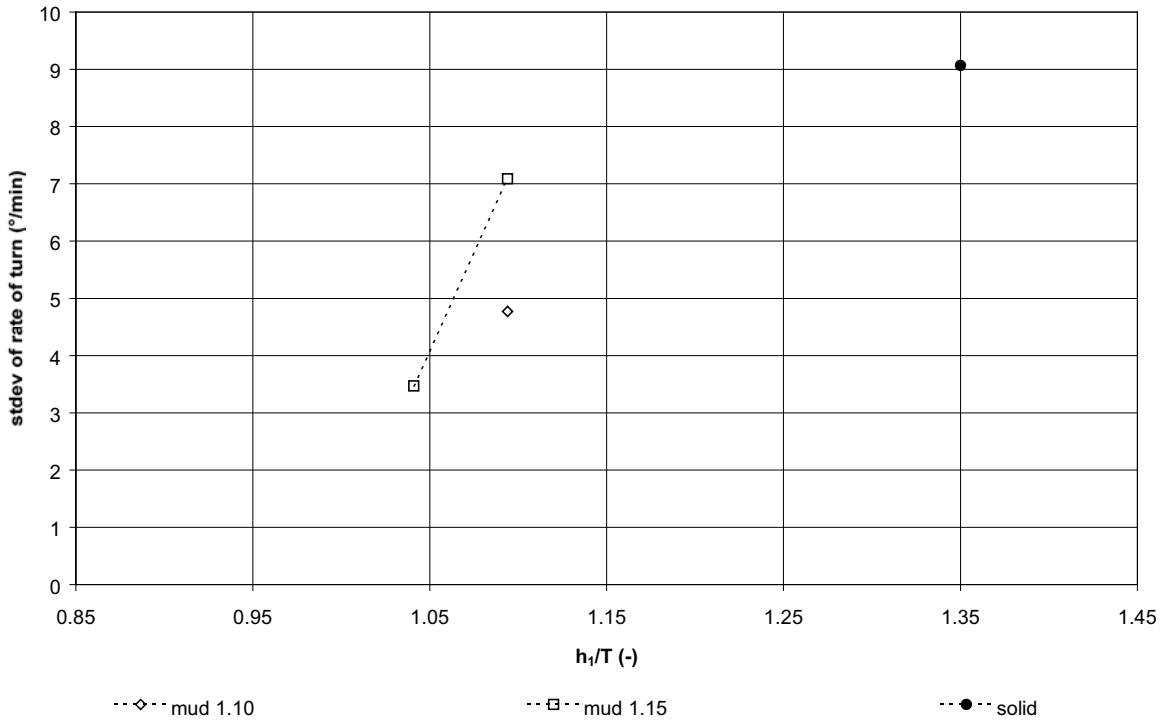
Figuur 9.81. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddelde tijdsduur van het zwaaimanoeuvre voor FCT.



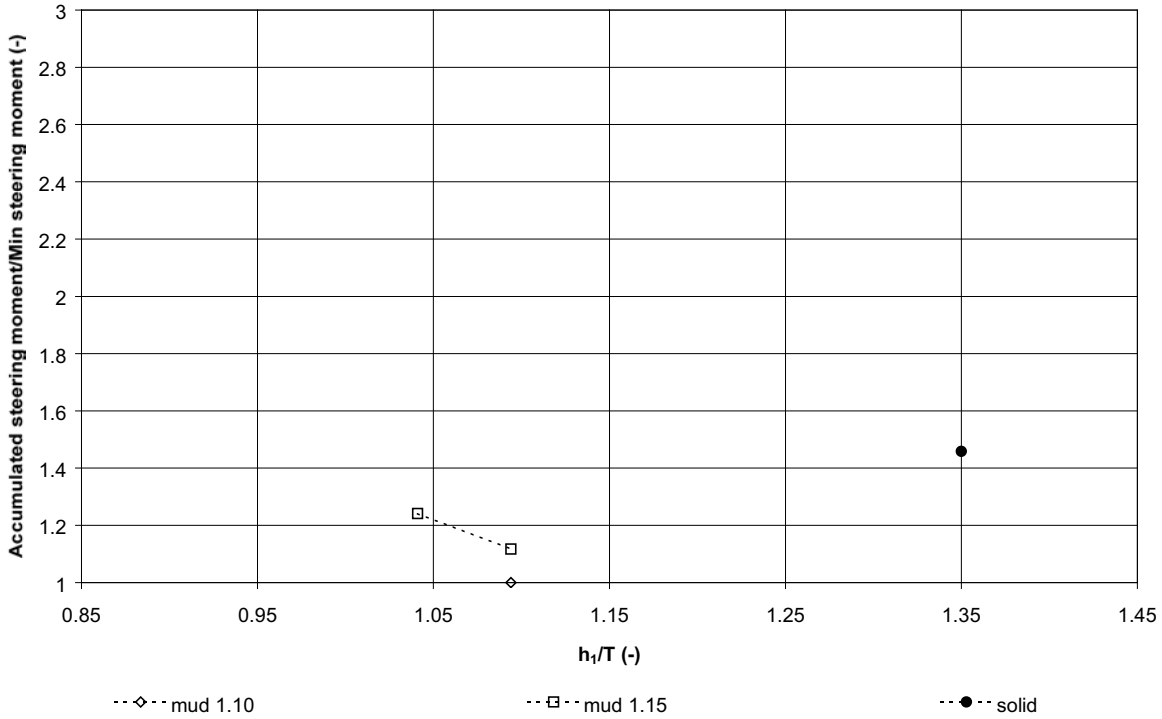
Figuur 9.82a. Schip D – Real-time simulaties. Gemiddelde giersnelheid van het zwaaimanoeuvre voor FCT.



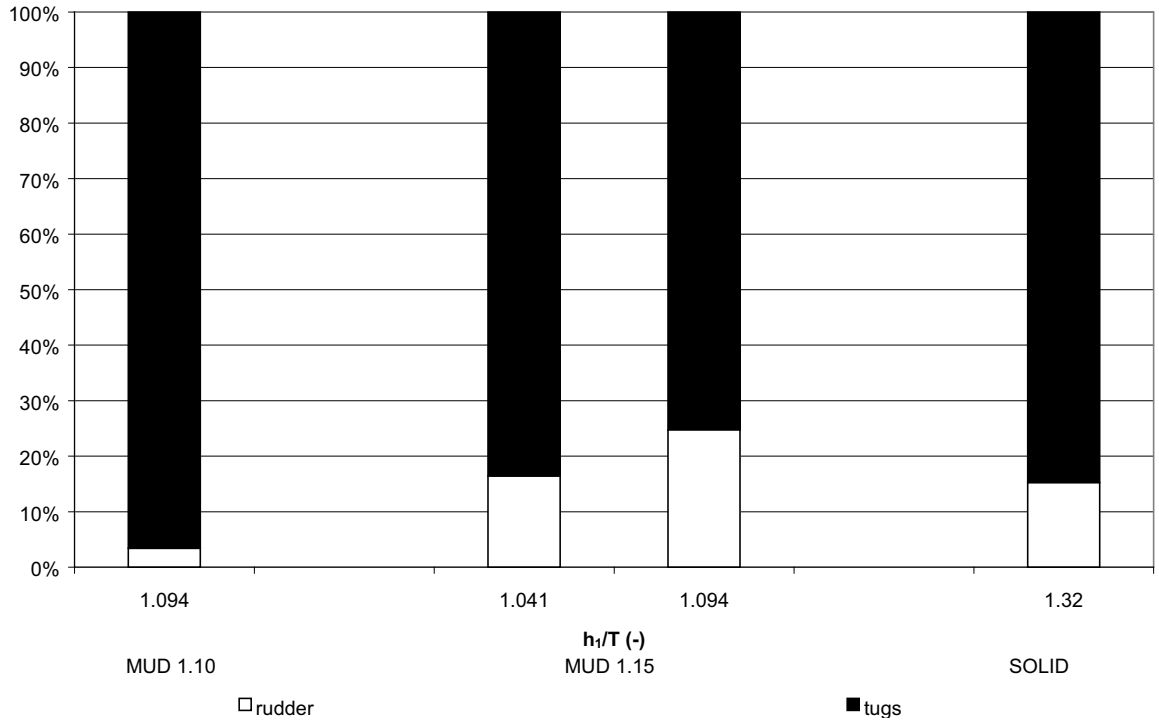
Figuur 9.82b. Schip D – Real-time simulaties. Grootst bereikte giersnelheid tijdens het zwaaimanoeuvre voor FCT.



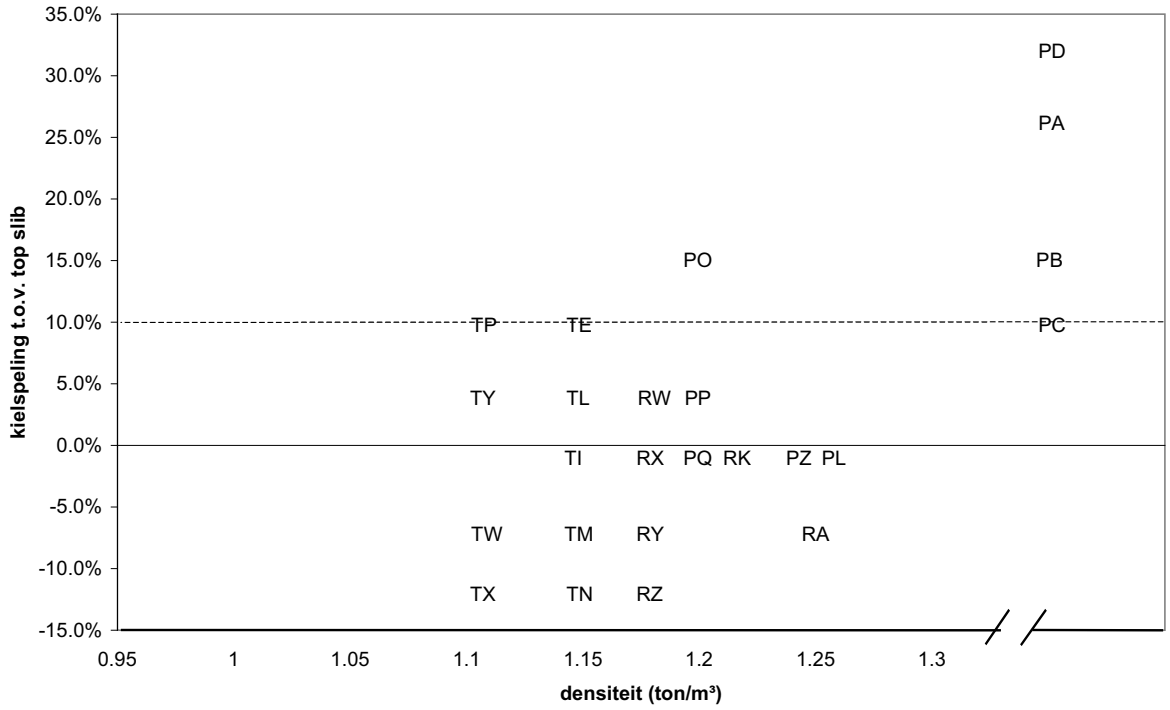
Figuur 9.82c. Schip D – Real-time simulaties. Standaardafwijking op de giersnelheid tijdens het zwaaimanoeuvre voor FCT.



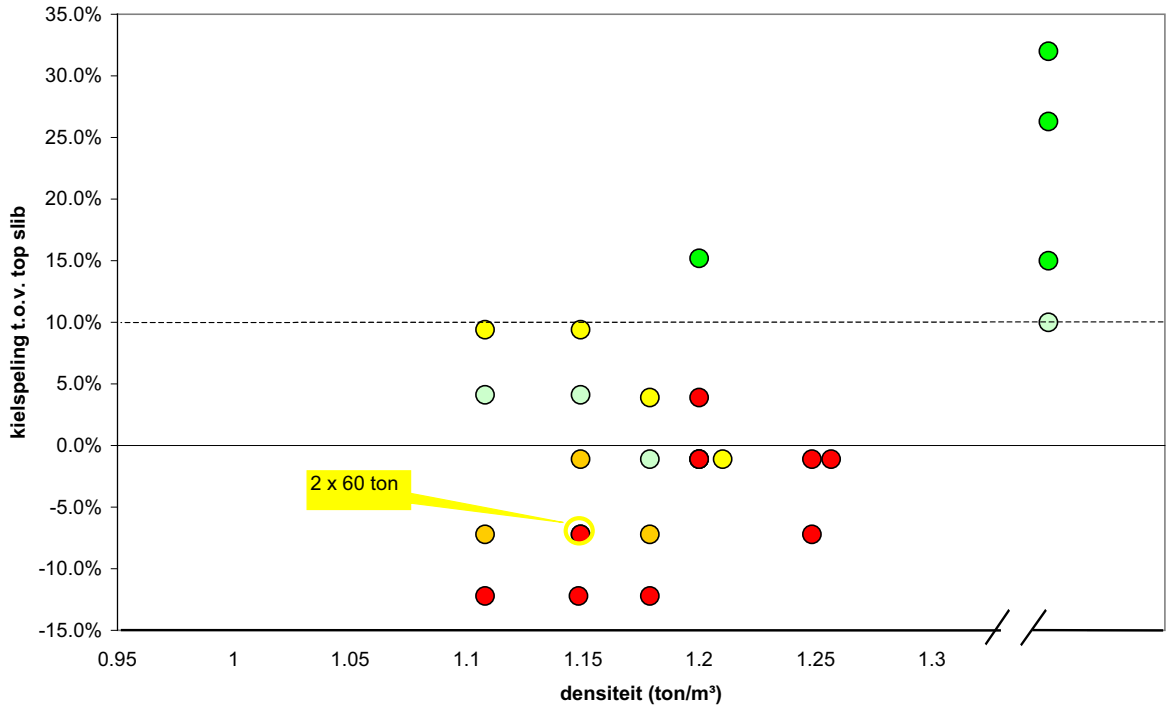
Figuur 9.83. Schip D – Real-time simulaties. Geïntegreerd stuurmoment van het zwaaimanoeuvre voor FCT.



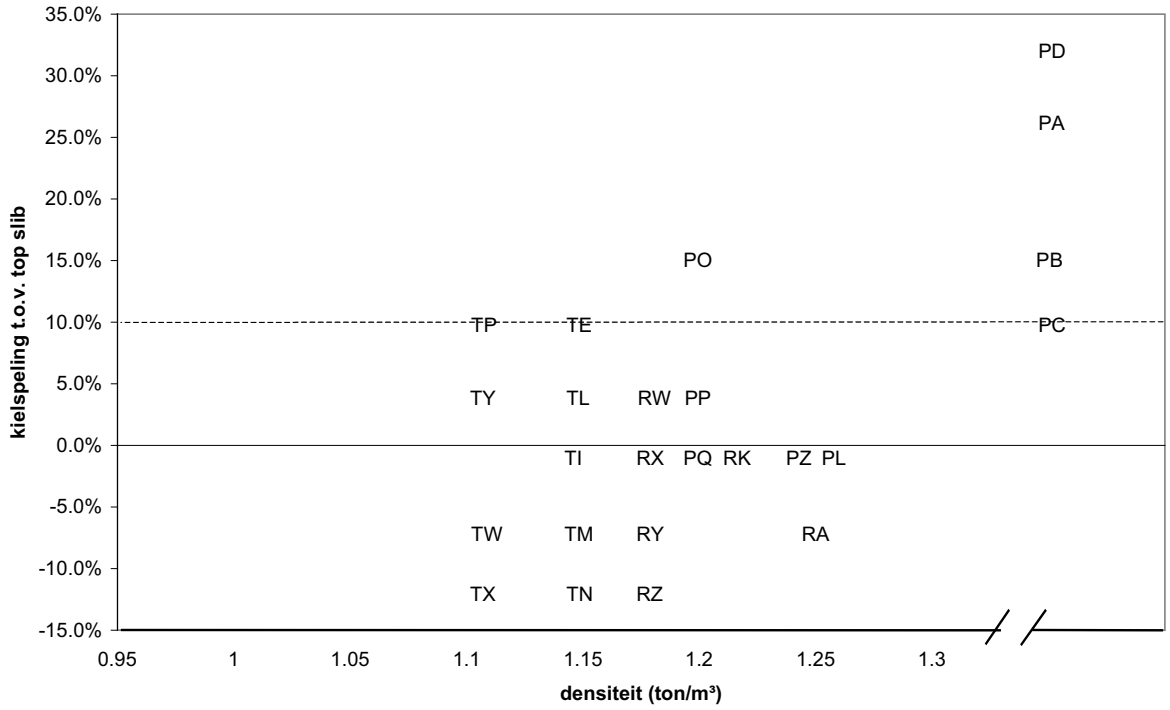
Figuur 9.84. Schip D – Real-time simulaties. Aandeel van het roer en van de sleepboten in de totale sturing bij de opvaart naar FCT (eerste deeltraject).



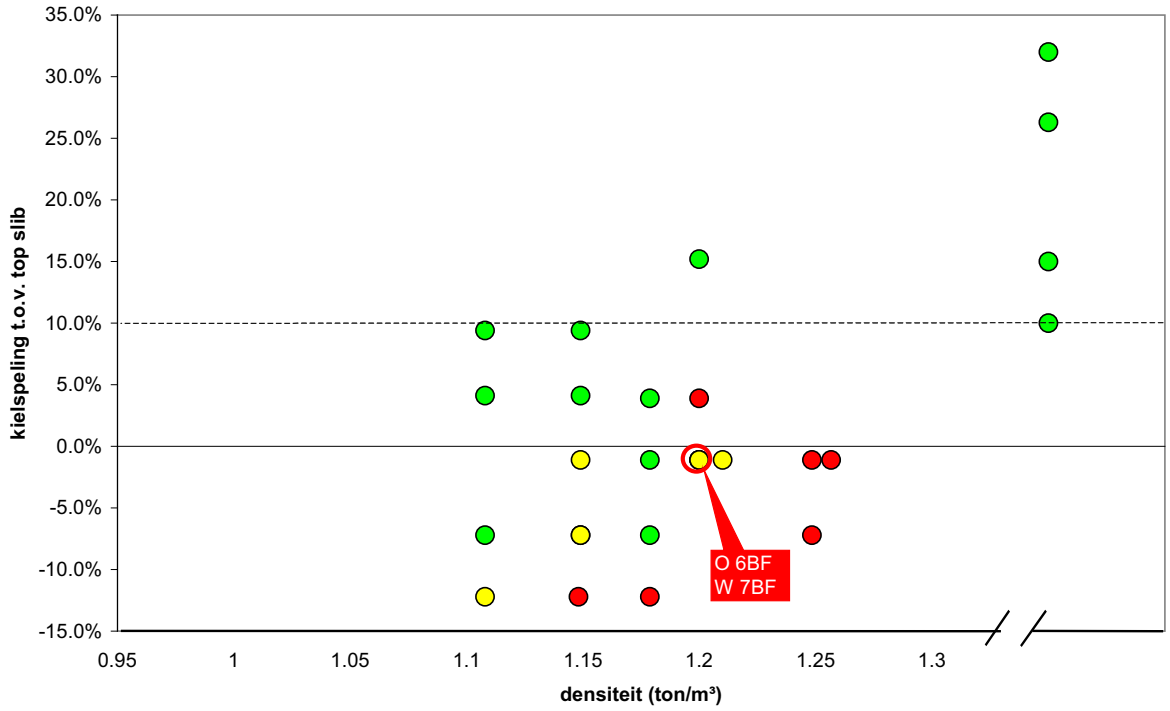
Figuur 9.85a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



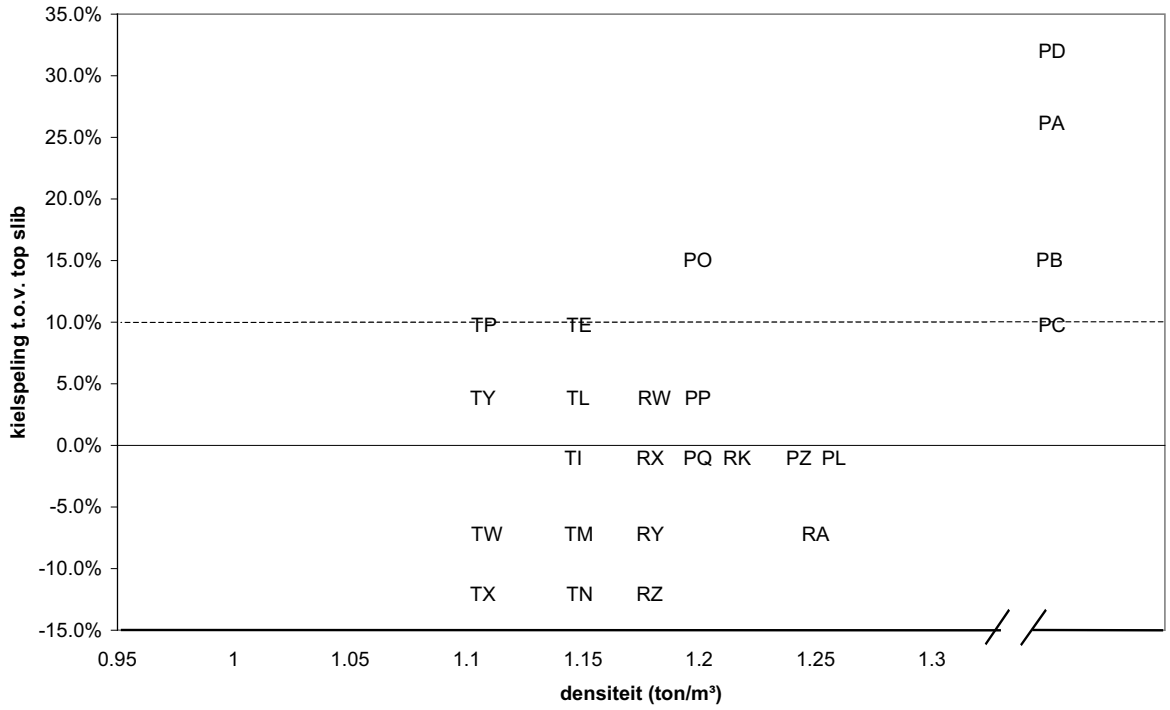
Figuur 9.85b. Schip D – Real-time simulaties. Beoordeling van de condities op basis van alle criteria (op- en afvaart) bij assistentie door 2 sleepboten met 45 ton bollard pull.



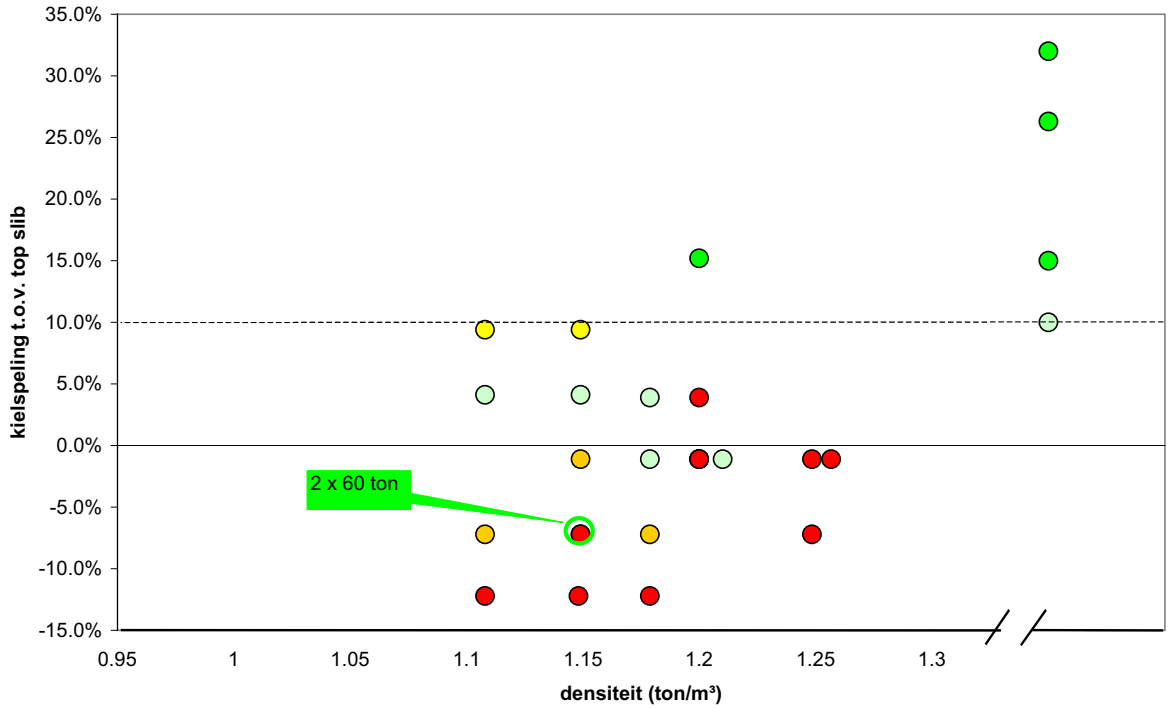
Figuur 9.86a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



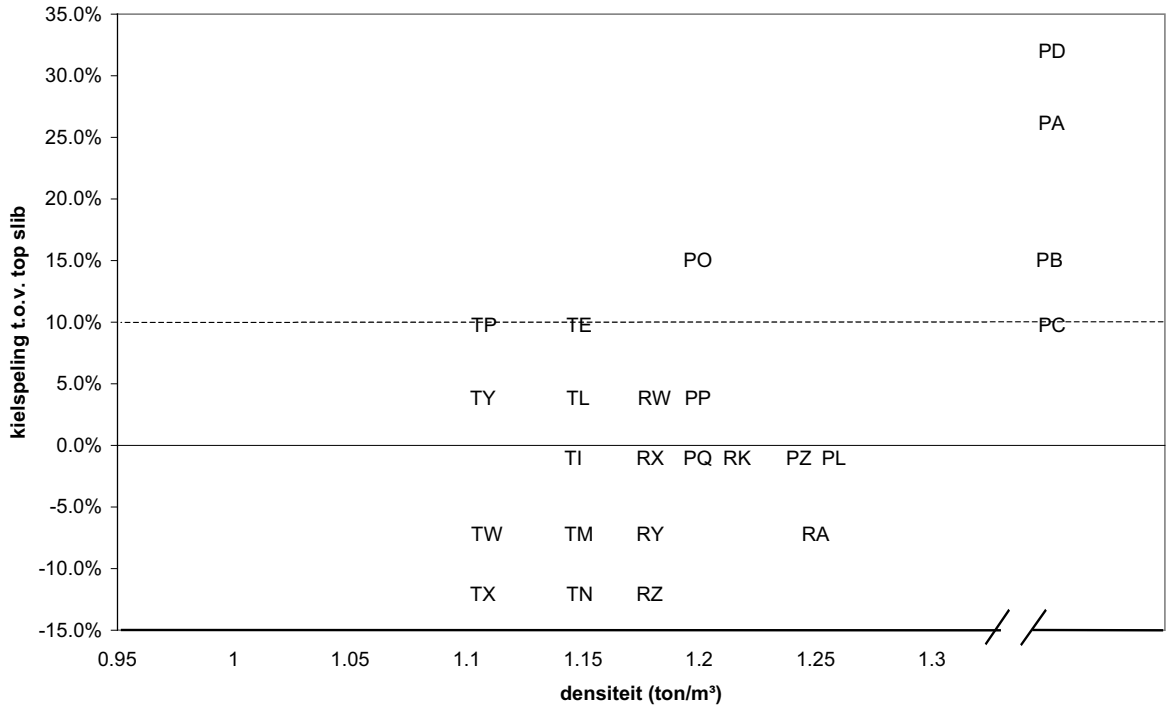
Figuur 9.86b. Schip D – Real-time simulaties. Beoordeling van de condities op basis van alle criteria (op- en afvaart) bij assistentie door 2 sleepboten met 60 ton bollard pull.



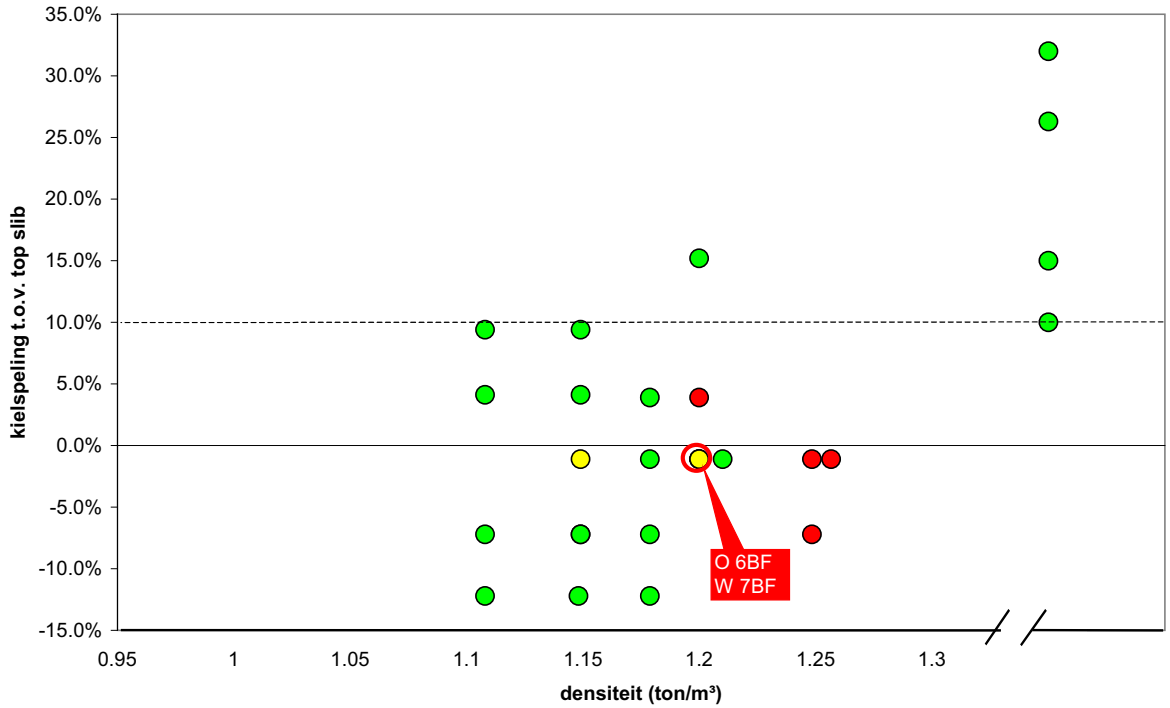
Figuur 9.87a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



Figuur 9.87b. Schip D – Real-time simulaties. Beoordeling van de condities op basis van alle criteria uitgezonderd snelheidsopbouw (op- en afvaart) bij assistentie door 2 sleepboten met 45 ton bollard pull.



Figuur 9.88a. Verband tussen kielspeling, densiteit van de sliblaag en code van de vaaromgeving.



Figuur 9.88b. Schip D – Real-time simulaties. Beoordeling van de condities op basis van alle criteria uitgezonderd snelheidsopbouw (op- en afvaart) bij assistentie door 2 sleepboten met 60 ton bollard pull.

BIJLAGE 0

BEPALING VAN DE NAUTISCHE BODEM IN DE HAVEN VAN ZEEBRUGGE

ONDERZOEK NAUTISCHE IMPLICATIES

BESCHRIJVENDE OPMETINGSSTAAT

BEPALING VAN DE NAUTISCHE BODEM IN DE HAVEN VAN ZEEBRUGGE

ONDERZOEK NAUTISCHE IMPLICATIES

BESCHRIJVENDE OPMETINGSSTAAT

De eigenlijke studiefase (B) van het onderzoek naar de nautische implicaties van de bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge is voorafgegaan door een voorbereidende fase (A), uitgevoerd in de periode 01.10.1998-31.08.1999 door de Afdeling Maritieme Technologie (vakgroep TW04V) van de Universiteit Gent (RUG), in samenwerking met de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (WLH) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen. Hiervoor werd een *Overeenkomst voor het leveren van wetenschappelijke en technische bijstand in het kader van de voorbereiding van het bijkomend onderzoek naar de nautische implicaties van de bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge* afgesloten in het kader van het onderzoeksproject Mobag Bijakte 13 (*Ontwikkeling van een baggerinformatiesysteem ten behoeve van de optimale sturing en monitoring der baggerwerkzaamheden in de vaarpassen van de Noordzee inbegrepen de haven van Zeebrugge*), dat door de TV Noordzee en Kust wordt uitgevoerd in opdracht van het Vlaamse Gewest.

Deze voorbereidende onderzoeksfase is gerapporteerd in [1], en bestond uit

(A.1) Onderzoek en selectie van een geschikt simulatiemateriaal voor de sliblaag

(A.2) Ontwerp van een opslag- en behandelingsinstallatie voor het slibsimulatiemateriaal.

(A.3) Aanvraag van de nodige vergunningen.

De eigenlijke onderzoeksfase (B) omvat volgende onderdelen:

(B.1) Experimenteel programma.

- (B.1.1) Voorbereiding van het experimenteel programma
- (B.1.2) Aanpassingswerken aan sleeptank en instrumentatie.
- (B.1.3) Uitvoering van gedwongen manoeuvreerproeven boven vaste bodem
- (B.1.4) Uitvoering van gedwongen manoeuvreerproeven boven slibbodems
- (B.1.5) Nazorg proefopstelling
- (B.1.6) Rapportering en opslag van resultaten

(B.2) Opstellen van mathematische manoeuvreermodellen.

- (B.2.1) Voorbereiding
- (B.2.2) Verwerking proefresultaten

(B.3) Toepassing van de wiskundige modellen in scheepsmanoeuvreersimulatie

- (B.3.1) Uitvoering
- (B.3.2) Rapportering

---

[1] VANTORRE, M. Bepaling van de nautische bodem in de haven van Zeebrugge. Bijkomend onderzoek: nautische implicaties. Fase A: Voorbereidend onderzoek. Eindverslag. Onderzoeksproject RUG 51R19098, WL Mod. 582. Gent / Antwerpen, oktober 1999.

(B.1) Experimenteel programma.

Opzet

Kader

Het experimentele programma omvat de uitvoering van een aantal systematische reeksen gedwongen manoeuvreerproeven met scheepsmodellen, uit te voeren in de *Manoeuvreersleeptank voor ondiep water (Samenwerking Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout - Universiteit Gent).* Bij het opstellen van het programma zal gesteund worden op de ervaring die beide partners opgebouwd hebben in de periode 1986-1989 op het *pilootmodel nautische bodem* in het Waterbouwkundig Laboratorium.

Scheepsmodellen.

Er wordt voorgesteld twee scheepsmodellen, beschikbaar in het Waterbouwkundig Laboratorium, te beproeven, die representatief worden geacht voor respectievelijk een slanke en een volle scheepsvorm. Volgende scheepsmodellen lijken hiervoor het meest geschikt (zie Tabel 1):

- scheepsmodel D van een vierde generatie containerschip, op schaal 1/75,
- scheepsmodel E van een tanker, op schaal 1/85, dat representatief kan genoemd worden voor een voller scheepstype (waartoe ook bulkcarriers behoren); gezien de te grote breedte (B = 53 m natuur) kan hiervoor een afwijkende schaal gehanteerd worden: een schaal 1/75 levert een scheepsbreedte natuur van 47 m, wat maatgevend is voor de Pierre Vandammesluis.

Voor het volledige proevenprogramma wordt bijgevolg een schaal 1/75 voorgesteld.

De eerste vorm is in zekere zin kritischer, daar containerschepen onafhankelijk van het getij de haven van Zeebrugge moeten kunnen bereiken.

Als representatieve diepgangen worden gekozen:

- voor model D: T = 13.5 m
- voor model E: T = 15.5 m

Bodemcondities

Als slibsimulatiemateriaal wordt een mengsel voorgesteld van:

- twee gechloreerde paraffines:
  - Cloparol52
  - Cloparin50
- een oplosmiddel (vb. benzine 100-140).

Het slibsimulatiemateriaal laat toe de slibbodem na te bootsen door een homogene newtoniaanse vloeistoflaag gekenmerkt door:

- de dikte h_2;
- de densiteit ρ_2;
- de viscositeit η_2.

Voor de laagdikte worden volgende waarden gesuggereerd:

(1) $h_2^{(N)} = 0.75$ m

(2) $h_2^{(N)} = 1.50$ m

(3) $h_2^{(N)} = 3.0$ m

waarbij $^{(N)}$ slaat op natuurwaarde (volle schaal); $^{(M)}$ staat voor modelwaarde.

Daar gewerkt kan worden met een mengsel van twee gechloreerde paraffines met verschillende densiteit en viscositeit, in combinatie met een oplosmiddel, kunnen binnen zekere grenzen viscositeit en densiteit onafhankelijk van elkaar gekozen worden. Uitgaande van een mengsel Cloparol52 + Cloparin50 in een verhouding 1/1, kan een programma samengesteld worden op basis van volgende slibtypes:

type slib	laagdikte natuur (m)	densiteit natuur $\rho_2^{(N)}$ (kg/m³)	densiteit model $\rho_2^{(M)}$ (kg/m³)	dynamische viscositeit bij 15°C η_2 (Pa.s)
E	1.50	1247	1217	0.26
F	1.50	1215	1185	0.12
G	0.75, 1.50, 3.00	1247	1217	0.61
H	0.75, 1.50, 3.00	1215	1185	0.18
B(*)	0.75, 1.50, 3.00	1200	1171	0.14
C(*)	0.75, 1.50, 3.00	1150	1122	0.048
D(*)	0.75, 1.50, 3.00	1100	1073	0.020

waarbij het verschil tussen de densiteiten in natuur en op model te verklaren is door het feit dat tijdens de modelproeven zoet water wordt gebruikt ($\rho_1^{(M)} = 1000$ kg/m³) in plaats van zeewater ($\rho_1^{(N)} = 1025$ kg/m³). Om een correcte verhouding ρ_2/ρ_1 te bekomen, dient de densiteit van de sliblaag bijgevolg aangepast te worden.

Van de drie met een (*) gemarkeerde sliblaagtypes worden er slechts twee uitgevoerd. Op deze wijze ontstaan 14 mogelijke bodemconfiguraties (4 densiteit/viscositeit-combinaties bij 3 laagdiktes; 2 densiteit/viscositeit-combinaties bij slechts één laagdikte). Alhoewel combinaties van de grootste laagdikte met de hogere densiteiten niet realistisch lijken, is het toch aan te bevelen deze condities te beproeven, daar het gedrag van een schip bij een situatie waarbij de densiteit van de sliblaag gradueel varieert tussen 1.025 en 1.25 over een laagdikte van 3 m slechts geëvalueerd kan worden door interpolatie van de scheepskarakteristieken zoals bepaald boven een homogene, dikke laag slibsimulatiemateriaal met diverse densiteiten in het betreffende bereik.

Waterdiepte.

De streefdiepte in de betrokken gedeelten van de haven van Zeebrugge bedraagt 13.5 m; rekening houdend met het getij, varieert de diepte (boven nautische bodem) tussen 13.5 en 18.0 m. Volgende diepten h worden gesuggereerd:

(1) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 14.850$ m

(2) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 15.525$ m

(3) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 17.050$ m

(4) $h^{(N)} = h_1^{(N)} + h_2^{(N)} = 17.825$ m

waarbij rekening wordt gehouden met de voorgestelde diepgangen:

- scheepsmodel D bij waterdiepte (1): 10% kielspeling (t.o.v. harde bodem)

- scheepsmodel D bij waterdiepte (2): 15% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel E bij waterdiepte (3): 10% kielspeling (t.o.v. harde bodem)
- scheepsmodel E bij waterdiepte (4): 15% kielspeling (t.o.v. harde bodem)

De diepte h, voortaan 'totale diepte' genoemd, wordt samengesteld door de hoogte van de waterlaag h_1 (tussen top slib en het wateroppervlak) en de dikte van de sliblaag h_2.

Omgevingen: Combinaties sliblaagdikte, slibdensiteit, totale diepte

Voor de exploitatie van de manoeuvreersleeptank wordt een 'omgeving' een combinatie van een waterdiepte en een ingebouwde constructie genoemd. Bij onderzoek van het gedrag van schepen boven sliblagen wordt een omgeving gedefinieerd door een combinatie van:

- type slib (B, C, D, E, F, G,H)
- sliblaagdikte (1, 2, 3)
- totale diepte (1, 2, 3 ,4)

zodat volgende mogelijke omgevingen ontstaan:

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m) / $h_2^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825	x
0.75	SLIBx11	SLIBx12	SLIBx13	SLIBx14	G,H,B(*),C(*),D(*)
1.50	SLIB**X**21	SLIB**X**22	SLIB**X**23	SLIB**X**24	E,F,G,H,B(*),C(*),D(*)
3.0	SLIBx31	SLIBx32	SLIBx33	SLIBx34	G,H,B(*),C(*),D(*)

Dit resulteert in **56** beschouwde omgevingen.

Kielspelingen

Uit de combinaties van totale waterdiepte, sliblaagdikte en diepgang kunnen de kielspelingen ten opzichte van de harde bodem en ten opzichte van top slib berekend worden.

Voor scheepsmodel D, met een diepgang van 13.5 m, bekomt met volgende kielspelingen

- ten opzichte van de vaste bodem, in m / in % van de diepgang:

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m) / $h_2^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0
1.50	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0
3.0	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0

- ten opzichte van top slib, in m / in % van de diepgang:

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m) / $h_2^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	0.60 / 4.4	1.275 / 9.4	2.80/ 20.7	3.575/ 26.5

1.50	-0.15 / -1.1	0.525 / 3.9	2.05/ 15.2	2.825 / 20.9
3.0	-1.65 / -12.2	-0.975 / -7.2	0.55/ 4.1	1.325 / 9.8

Voor scheepsmodel E, met een diepgang van 15.5 m, bekomt met volgende kielspelingen

- ten opzichte van de vaste bodem, in m / in % van de diepgang:

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m) / $h_2^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0
1.50	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0
3.0	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0

- ten opzichte van top slib, in m / in % van de diepgang:

$h_1^{(N)}+h_2^{(N)}$ (m) / $h_2^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
0.75	-1.40 / -9.0	-0.725 / -4.7	0.80 / 5.2	1.575 / 10.2
1.50	-2.15 / -13.9	-1.475 / -9.5	0.05 / 0.0	0.825 / 5.3
3.0	-3.65 / -23.6	-2.975 / -19.2	-1.45 / -9.4	-0.675 / -4.4

De gearceerde situaties worden niet beschouwd, omdat ze hetzij niet realistisch (E), hetzij niet kritisch (D) zijn. Voor scheepsmodel D resteren 11 condities, voor E 6.

Proeven boven vaste bodem

Om het gedrag van de betrokken schepen boven diverse slibbodems te kunnen beoordelen, dienen als referentie ook een aantal condities met vaste bodem (h_2 = 0) onderzocht te worden. Volgende condities – met uitzondering van de gearceerde - worden beschouwd, met weergave van de kielspeling in m / in % van de diepgang:

omgeving	VAST001	VAST002	VAST003	VAST004
waterdiepte $h_1^{(N)}$ (m)	14.85	15.525	17.05	17.825
model D, $T^{(N)}$ = 13.5 m	1.35 / 10.0	2.025 / 15.0	3.55 / 26.3	4.325 / 32.0
model E, $T^{(N)}$ = 15.5 m	-0.65 / -4.2	0.025 / 0.2	1.55 / 10.0	2.325 / 15.0

Aard van de proeven

Een aangepast programma gedwongen manoeuvreerproeven zal uitgevoerd worden bij elk van de voorgestelde condities. Hiertoe zal per conditie geëvalueerd moeten worden in hoever het gebruikelijke standaardprogramma gewijzigd zal moeten worden.

Een van de belangrijkste parameters van het proevenprogramma betreft het aantal voorwaartse snelheden en hun getalwaarden. Deze getalwaarden dienen realistisch te zijn, bijvoorbeeld tussen

10 knoop vooruit (snelheid model: 0.6 m/s) en 2 knoop achteruit (snelheid model: 0.12 m/s), maar bovendien moet bij de selectie van de getalwaarden rekening gehouden worden met de belangrijke bevindingen inzake snelheidsafhankelijkheid, zoals werd waargenomen tijdens de proeven uitgevoerd in het pilootmodel voor nautische bodem door het Waterbouwkundig Laboratorium en bevestigd door theoretische berekeningen door de Afdeling Maritieme Technologie van de Universiteit Gent. De kritische snelheid, waarbij het propulsie- en manoeuvreergedrag beduidend verandert, is een functie van de densiteitsverhouding en de hoogte van de waterlaag, en varieert voor de beschouwde condities tussen 3 en 6 knoop.

Voor scheepsmodel D worden 4 tot 6 snelheidswaarden vooropgesteld:

- 1 snelheid achteruit (bijvoorbeeld 2 knoop)
- nulsnelheid
- 1 of 2 voorwaartse snelheden onder de kritische snelheid
- 1 of 2 voorwaartse snelheden boven de kritische snelheid

Voor scheepsmodel E worden de achterwaartse snelheid en de nulsnelheid niet beschouwd, zodat het aantal snelheden 2 tot 4 wordt; bovendien wordt de nadruk gelegd op propulsie en sturing, niet op manoeuvreren.

Fase (B.1) kan opgesplitst worden in volgende stappen.

(B.1.1) Voorbereiding van het experimenteel programma

Omschrijving

Dit actiepunt omvat de gedetailleerde opstelling van het proevenprogramma. Hierin is ook het ontwerp van validatieproeven begrepen; dit zijn proeven waarvan geen gebruik zal worden gemaakt voor de opstelling van het wiskundig manoeuvreermodel, maar waarvan de resultaten zullen vergeleken worden met de berekeningen op basis van dit model. Dit laat toe de toepasbaarheid van de wiskundige modellering te evalueren.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 3 maanden, voorafgaand aan de eigenlijke uitvoering van de gedwongen manoeuvreerproeven boven slibbodems (B.1.4).

Uitvoering

Deze voorbereidende actie wordt uitgevoerd door de RUG.

(B.1.2) Aanpassingswerken aan sleeptank en instrumentatie.

Omschrijving

Deze werken omvatten:

(1) de constructie van een reservoir voor slibsimulatiemateriaal op de bodem van de sleeptank, met als functie:
   - de bodem van de sleeptank gedeeltelijk te bedekken met het slibsimulatiemateriaal;
   - de bodem, inclusief voegen en coating, te beschermen tegen slibsimulatiemateriaal;
   - het voorkomen van verontreiniging van het water in de tank en in de ondergrondse reservoirs door het simulatiemateriaal;

(2) de montage en ingebruikstelling van een opslag- en behandelingsinstallatie voor slibsimulatiemateriaal;

(3) de aankoop van slibsimulatiemateriaal;

(4) aanpassingen aan de instrumentatie, waarbij de aandacht in hoofdzaak uitgaat naar de meting en registratie van interne golven op het scheidingsvlak water – slib;

(5) een reeks oriënterende proeven

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 3 maanden. Voor de aanvang dienen de benodigde (milieu)vergunningen afgewacht te worden.

Belangrijke opmerking

Voor de beschreven werken werden begin 2000 een wijziging van de milieuvergunning van het WL en een bouwvergunning aangevraagd. De uiteindelijke uitvoering van het project is bijgevolg geheel afhankelijk van het bekomen van deze vergunningen.

Uitvoering

Actiepunten (1), (2), (3), (4) worden uitgevoerd door WLH, voor rekening van MOBAG Bijakte 13. Actiepunt (5) wordt uitgevoerd door WLH. Alle actiepunten geschieden onder begeleiding van de RUG.

(B.1.3) Uitvoering van proeven boven vaste bodem

Omschrijving

Hiermee wordt de effectieve uitvoering van het onder (B.1) beschreven programma gedwongen manoeuvreerproeven met de scheepsmodellen D en E boven vaste bodem bedoeld, uit te voeren in de *Manoeuvreersleeptank voor ondiep water* in het Waterbouwkundig Laboratorium.

Tabel 2 bevat een overzicht van het voorgestelde proevenprogramma.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 2 maanden, en moet beëindigd zijn vóór de aanvang van (B.1.2).

Uitvoering

Het proevenprogramma wordt uitgevoerd door WLH, onder de wetenschappelijke leiding en het toezicht van de RUG.

(B.1.4) Uitvoering van proeven boven slibbodems

Omschrijving

Hiermee wordt de effectieve uitvoering van het onder (B.1) beschreven programma gedwongen manoeuvreerproeven met scheepsmodellen bedoeld, uit te voeren in de *Manoeuvreersleeptank voor ondiep water* in het Waterbouwkundig Laboratorium.

Een overzicht van het voorgestelde proevenprogramma wordt gegeven in Tabel 3.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 24 maanden, te starten na afloop van (B.1.2). Deze tijdspanne wordt ingedeeld als volgt:

(B.1.4.1) Voorbereidende proevenreeksen: 2 maanden

(B.1.4.2) Eigenlijke proevenreeksen: 22 maanden

Hierbij werd uitgegaan van volgende schattingen voor de verschillende uitvoeringstijden:

- waterstand verhogen/verlagen ..... 1 werkdag
- scheepsmodel wisselen ..... 1 werkdag
- mengsel voorbereiden met vooropgestelde densiteit ..... 1 werkdag
- sliblaag aanbrengen ..... 1 werkdag
- sliblaag verwijderen ..... 1 werkdag
- proevenprogramma scheepsmodel D ..... 5 werkdagen
- proevenprogramma scheepsmodel E ..... 3 werkdagen

Bij de uitvoeringstijd van het proevenprogramma werd ondersteld dat het mogelijk is de proeven onbemand te laten uitvoeren, zodat ook 's nachts het proevenprogramma voortgezet kan worden.

Tabel 4 geeft eveneens een indicatie voor de tijd benodigd voor één bijkomende bodemconditie, waarbij werd uitgegaan van een volledig proevenprogramma (3 laagdiktes, 2 scheepsmodellen).

De vermelde tijden zijn slechts ramingen, die eventueel aangepast kunnen worden; er zal uiteraard vooreerst ervaring moeten opgebouwd worden met het uitvoeren van proeven boven een simulatiesliblaag.

Uitvoering

Het proevenprogramma wordt uitgevoerd door WLH, onder de wetenschappelijke leiding en het toezicht van de RUG.

(B.1.5) Nazorg.

Omschrijving

Hiermee worden alle werkzaamheden bedoeld die noodzakelijk zijn voor het opnieuw gebruiksklaar maken van de sleeptank na afloop van het proevenprogramma:

(1) verwijdering van de specifieke voorzieningen in de sleeptank (bodemreservoir);

(2) verwijdering van het slibsimulatiemateriaal en zuivering of evacuatie van het gecontamineerde water;

(3) demontage van de opslag- en behandelingsinstallatie.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 2 maanden, te starten na afloop van (B.1.4).

Uitvoering

Deze fase wordt uitgevoerd door WLH voor rekening van MOBAG Bijakte 13.

(B.1.6) Rapportering

Omschrijving

Hiermee worden de werkzaamheden bedoeld die leiden tot definitieve opslag en documentatie van de proefresultaten, met inbegrip van het opstellen van het eindrapport van de modelproeven.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 4 maanden, te starten na afloop van (B.1.4).

Uitvoering

De rapportering wordt uitgevoerd door de RUG, in samenwerking met WLH.

(B.2) Opstellen van mathematische manoeuvreermodellen.

De resultaten van de gedwongen manoeuvreerproeven zullen verwerkt worden tot een wiskundige voorstelling van de bewegingsvergelijkingen in het horizontale vlak voor de beproefde schepen in de beschouwde combinaties van bodemcondities en kielspelingen; deze wiskundige modellen zullen in een later stadium geïmplementeerd worden in het mathematische model van de scheepsmanoeuvreersimulator.

De validatie van deze wiskundige modellen zal geschieden aan de hand van een techniek van gedwongen validatieproeven.

Dit actiepunt kan onderverdeeld worden in:

(B.2.1) Voorbereiding

Omschrijving

De voorbereiding omvat:

(1) het verwerken van reeds beschikbare proefresultaten van de betrokken schepen boven vaste bodem,

(2) de aanpassing van het autopilot-model voor de fast-time simulatieprogramma aan de specifieke manoeuvreercondities,

(3) de aanpassing van de algoritmes van de manoeuvreersimulator, waardoor het mogelijk is het scheepsgedrag aan te passen aan de bodemkarakteristieken,

(4) het opmaken van een aantal karakteristieke omgevingen (met aangepaste bodemkarakteristieken) voor gebruik in de simulator.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 4 maanden, te starten 1 maand na aanvang van (B.1.4.2).

Uitvoering

Actiepunten (2) en (3) worden uitgevoerd door de RUG, met bijstand van de applicatiebeheerder WLH. Actiepunt (1) worden uitgevoerd door de RUG. Actiepunt (4) wordt uitgevoerd door WLH.

(B.2.2) Verwerking proefresultaten

Omschrijving

Wanneer de eerste volledige reeksen proefresultaten beschikbaar zijn, kan effectief overgegaan worden tot de het opstellen van mathematische modellen geschikt als basis voor fast- en real-time manoeuvreersimulatie. Dit vergt volgende fasen:

(1) analyse van de proefresultaten

(2) bijsturen van het experimentele programma aan de hand van de proefresultaten

(3) opstellen van wiskundige manoeuvreermodellen

(4) valideren van de wiskundige modellen aan de hand van niet voor de modellering gebruikte proefresultaten (validatieproeven).

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 18 maanden, aansluitend op (B.2.1).

Uitvoering

Deze fase wordt uitgevoerd door de RUG, in samenwerking met WLH.

(B.3) Toepassing van de wiskundige modellen in scheepsmanoeuvreersimulatie.

(B.3.1) Uitvoering

Omschrijving

De onder (B.2) ontwikkelde wiskundige modellen kunnen op twee verschillende wijzen aangewend worden:

- in een fast-time simulatieprogramma, bestuurd door een autopilot;
- in een interactieve real-time simulator, bestuurd door een loods.

In het kader van de gestelde problematiek hebben beide toepassingen hun nut en kunnen zij aanvullend werk :

- het gebruik van een automatische piloot laat toe de invloed van de omgevingsparameters op een 'objectieve' wijze te evalueren, en kan aldus leiden tot het vastleggen van veilige limieten;
- interactieve simulatie leidt tot een ultieme validatie van de ontwikkelde mathematische modellen, en kan in het kader van de loodsenopleiding als trainingsinstrument gebruikt worden.

De voorgestelde studie omvat:

(1) de implementatie van de ontwikkelde mathematische modellen in beide simulatie-systemen;

(2) het uitvoeren van systematische runs met behulp van fast-time simulatie, met als doel een aantal kritische condities te selecteren;

(3) de uitvoering door loodsen van real-time vaarten op de scheepsmanoeuvreersimulator in de hogervermelde kritische omstandigheden, met als doel de ontwikkelde mathematische modellen en de conclusies van de fast-time simulaties te evalueren en valideren; hierbij wordt in eerste instantie uitgegaan van een bezetting van de simulator gedurende 25 werkdagen.

Geraamde tijdsduur

De benodigde tijdsduur wordt geraamd op 9 maanden, te starten 11 maanden na aanvang van fase (B.2.2).

Uitvoering

Actiepunt (1) wordt uitgevoerd door de RUG in samenwerking met de applicatiebeheerder WLH. Actiepunt (2) wordt uitgevoerd door de RUG. Actiepunt (3) wordt uitgevoerd door de afdelingen WLH en Loodswezen, met opvolging door de RUG.

Ter beschikking te stellen door de opdrachtgever

Conclusies in verband met operationele grenzen kunnen slechts opgesteld worden na grondig overleg met alle betrokken partijen in de Begeleidingscommissie, rekening houdend met de resultaten van het rheologische onderzoek, het modelonderzoek, de fast- en real-time simulaties en praktijkervaring.

Dergelijke conclusies kunnen ondersteund worden door nautische data, ter beschikking te stellen door de Afdeling Waterwegen Kust, namelijk:

- systematische beoordeling en rapportering van vaarten met diepstekende schepen (afdeling Loodswezen), met bijzondere aandacht voor situaties waarbij differentieel manoeuvreergedrag waargenomen werd;
- analyse van tij- en bodemconditie tijdens dergelijke kritische vaarten;
- registratie van een tiental meetvaarten (analyse van radar trackplot, registratie van roer- en schroefacties, sleepbootassistentie), teneinde de werkelijk gevaren routes zo accuraat mogelijk te definiëren;

- registratie van interne golfvorming tijdens vaarten met diepstekende schepen, om een vergelijking mogelijk te maken tussen het gedrag van de werkelijke en de op model gesimuleerde sliblagen.

Tevens is voor het uitvoeren van de real-time simulatievaarten de actieve medewerking van loodsen uiteraard een eerste vereiste. De Afdeling Waterwegen Kust zal hiervoor de nodige acties ondernemen.

(B.3.2) Rapportering

Omschrijving

(1) Definitieve opslag en documentatie van de simulatorvaarten

(2) Rapportering van de simulatorvaarten

(3) Formulering van conclusies.

Geraamde tijdsduur

3 maanden, te starten na afloop van (B.3.1).

Uitvoering

Actiepunt (1) wordt uitgevoerd door WLH. Actiepunt (2) wordt gezamenlijk uitgevoerd door RUG en WLH. Actiepunt (3) uitgevoerd door de RUG.

TABEL 1. SCHEEPSMODELLEN D en E

	Scheepsmodel D		Scheepsmodel E		
	Slank scheepstype 4de generatie containerschip		Vol scheepstype tanker / bulkcarrier		
	Schip	Model	Schip	Aangepast schip	Model
Schaal	1	1/75	1		1/85
				1	1/75
Lengte over alles (m)	300.0	4.00	343.0	302.65	4.035
Lengte tussen de loodlijnen (m)	291.13	3.882	325.0	286.76	3.824
Breedte (m)	40.25	0.537	53.0	46.76	0.624
Maximum diepgang (m)	15.0	0.200	21.79	19.23	0.256
Werkelijke diepgang (m)	13.50	0.180	17.57	15.50	0.207
Holte (m)	25.0	0.333	28.3	24.97	0.333
Deplacement bij max. diepgang (m^3)	106 000	0.251	319 400	219 413	0.520
Deplacement bij werk. diepgang (m^3)					
Blokcoëfficiënt bij max. diepgang (-)	0.60	0.60	0.85	0.85	0.85
Blokcoëfficiënt bij werk. diepgang (-)					
Schroef					
Diameter (m)	8.15	0.109	8.76	7.73	0.103
Spoed (m)	7.91	0.106	5.69	5.02	0.067
Spoedverhouding (-)	0.97	0.97	0.650	0.650	0.650
Oppervlakteverhouding (-)	0.80	0.80	0.62	0.62	0.62
Roer					
Oppervlakte (m^2)	60.96	0.0108	126.315	98.342	0.0175

TABEL 2. PROGRAMMA GEDWONGEN MANOEUVREERPROEVEN BOVEN VASTE BODEM

tijd (wd)	omgeving	scheepsmodel	diepgang T (m)	waterdiepte h_1+h_2 (m)	kielspeling (%T)
5	VAST003	D	13.5	17.05	26.3
1	waterstand verlagen				
5	VAST002	D	13.5	15.525	15.0
1	waterstand verlagen				
5	VAST001	D	13.5	14.85	10.0
1	waterstand verhogen				
5	VAST004	D	13.5	17.825	32.0
1	scheepsmodel wisselen				
3	VAST004	E	15.5	17.825	15.0
1	waterstand verlagen				
3	VAST003	E	15.5	17.05	10.0

31

TABEL 3. PROGRAMMA GEDWONGEN MANOEUVREERPROEVEN BOVEN SIMULATIESLIB

tijd	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
(wd)		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
1	waterstand instellen								
1	scheepsmodel monteren								
5	SLIBE23	1.247	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBE22	1.247	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBE21	1.247	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBE24	1.247	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	sliblaag verwijderen								
1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
5	SLIBF24	1.215	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBF23	1.215	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBF22	1.215	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBF21	1.215	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	sliblaag verwijderen								
1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
1	waterstand verhogen								
5	SLIBG11	1.247	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
1	waterstand verhogen								
5	SLIBG12	1.247	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
1	waterstand verhogen								
5	SLIBG13	1.247	D	13.5	16.3	0.75	17.05	26.3	20.7
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBG13	1.247	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
1	waterstand verhogen								
3	SLIBG14	1.247	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verlagen								
3	SLIBG24	1.247	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
1	waterstand verlagen								
3	SLIBG23	1.247	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBG23	1.247	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2

tijd	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
(wd)		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
1	waterstand verhogen								
5	SLIBG24	1.247	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBG22	1.247	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBG21	1.247	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	sliblaagdikte verhogen								
5	SLIBG32	1.247	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBG31	1.247	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
1	waterstand verhogen								
5	SLIBG33	1.247	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBG34	1.247	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBG34	1.247	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
1	waterstand verlagen								
3	SLIBG33	1.247	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4
1	sliblaag verwijderen								

1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
1	waterstand verhogen								
3	SLIBH14	1.215	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
1	waterstand verlagen								
3	SLIBH13	1.215	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBH13	1.215	D	13.5	16.3	0.75	17.05	26.3	20.7
1	waterstand verlagen								
5	SLIBH12	1.215	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
1	waterstand verlagen								
5	SLIBH11	1.215	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verhogen								
5	SLIBH23	1.215	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBH22	1.215	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBH21	1.215	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBH24	1.215	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBH24	1.215	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
1	waterstand verlagen								
3	SLIBH23	1.215	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0

tijd	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
(wd)		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verhogen								
3	SLIBH34	1.215	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
1	waterstand verlagen								
3	SLIBH33	1.215	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBH33	1.215	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBH34	1.215	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
1	waterstand verlagen								
5	SLIBH32	1.215	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBH31	1.215	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
1	sliblaag verwijderen								

1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
1	waterstand verhogen								
5	SLIBB11	1.2	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
1	waterstand verhogen								
5	SLIBB12	1.2	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
1	waterstand verhogen								
5	SLIBB13	1.2	D	13.5	16.3	0.75	17.05	26.3	20.7
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBB13	1.2	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
1	waterstand verhogen								
3	SLIBB14	1.2	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verlagen								
3	SLIBB24	1.2	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
1	waterstand verlagen								
3	SLIBB23	1.2	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBB23	1.2	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
1	waterstand verhogen								
5	SLIBB24	1.2	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBB22	1.2	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBB21	1.2	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	sliblaagdikte verhogen								
5	SLIBB32	1.2	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBB31	1.2	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
1	waterstand verhogen								

tijd	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
(wd)		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
5	SLIBB33	1.2	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBB34	1.2	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBB34	1.2	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
1	waterstand verlagen								
3	SLIBB33	1.2	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4
1	sliblaag verwijderen								
1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
1	waterstand verhogen								
3	SLIBC14	1.15	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
1	waterstand verlagen								
3	SLIBC13	1.15	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBC13	1.15	D	13.5	16.3	0.75	17.05	26.3	20.7
1	waterstand verlagen								
5	SLIBC12	1.15	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
1	waterstand verlagen								
5	SLIBC11	1.15	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verhogen								
5	SLIBC23	1.15	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBC22	1.15	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBC21	1.15	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBC24	1.15	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBC24	1.15	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
1	waterstand verlagen								
3	SLIBC23	1.15	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verhogen								
3	SLIBC34	1.15	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
1	waterstand verlagen								
3	SLIBC33	1.15	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBC33	1.15	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBC34	1.15	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
1	waterstand verlagen								
5	SLIBC32	1.15	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2

tijd	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
(wd)		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
1	waterstand verlagen								
5	SLIBC31	1.15	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
1	sliblaag verwijderen								

432

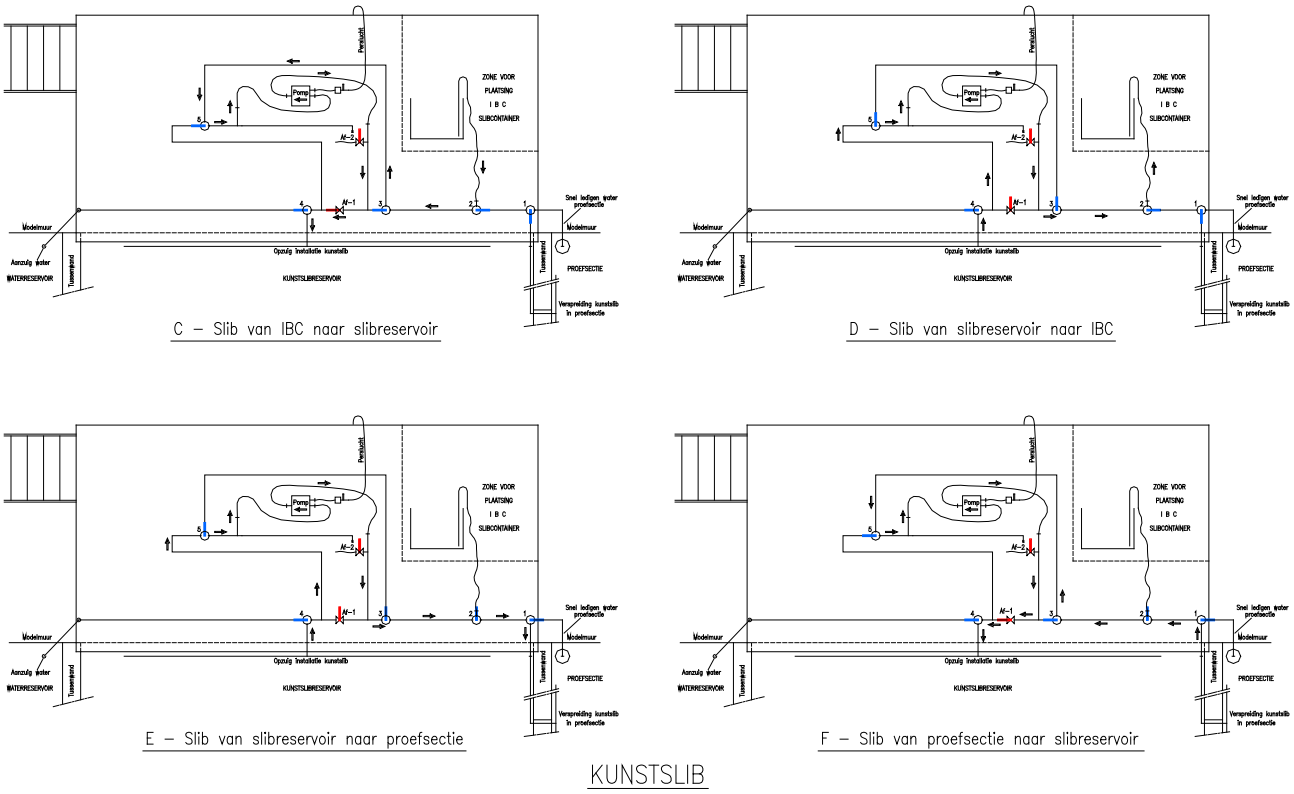
TABEL 4. PROGRAMMA GEDWONGEN MANOEUVREERPROEVEN BOVEN SIMULATIESLIB VOOR EEN BIJKOMENDE BODEMCONDITIE

tijd	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
(wd)		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
1	densiteit instellen								
1	sliblaag aanbrengen								
1	waterstand verhogen								
5	SLIBD11	1.1	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
1	waterstand verhogen								
5	SLIBD12	1.1	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
1	waterstand verhogen								
5	SLIBD13	1.1	D	13.5	16.3	0.75	17.05	26.3	20.7
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBD13	1.1	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
1	waterstand verhogen								
3	SLIBD14	1.1	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
1	sliblaagdikte verhogen								
1	waterstand verlagen								
3	SLIBD24	1.1	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
1	waterstand verlagen								
3	SLIBD23	1.1	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
1	scheepsmodel wisselen								
5	SLIBD23	1.1	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
1	waterstand verhogen								
5	SLIBD24	1.1	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBD22	1.1	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
1	waterstand verlagen								
5	SLIBD21	1.1	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
1	sliblaagdikte verhogen								
5	SLIBD32	1.1	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
1	waterstand verlagen								
5	SLIBD31	1.1	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
1	waterstand verhogen								
5	SLIBD33	1.1	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
1	waterstand verhogen								
5	SLIBD34	1.1	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
1	scheepsmodel wisselen								
3	SLIBD34	1.1	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
1	waterstand verlagen								
3	SLIBD33	1.1	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4
1	sliblaag verwijderen								

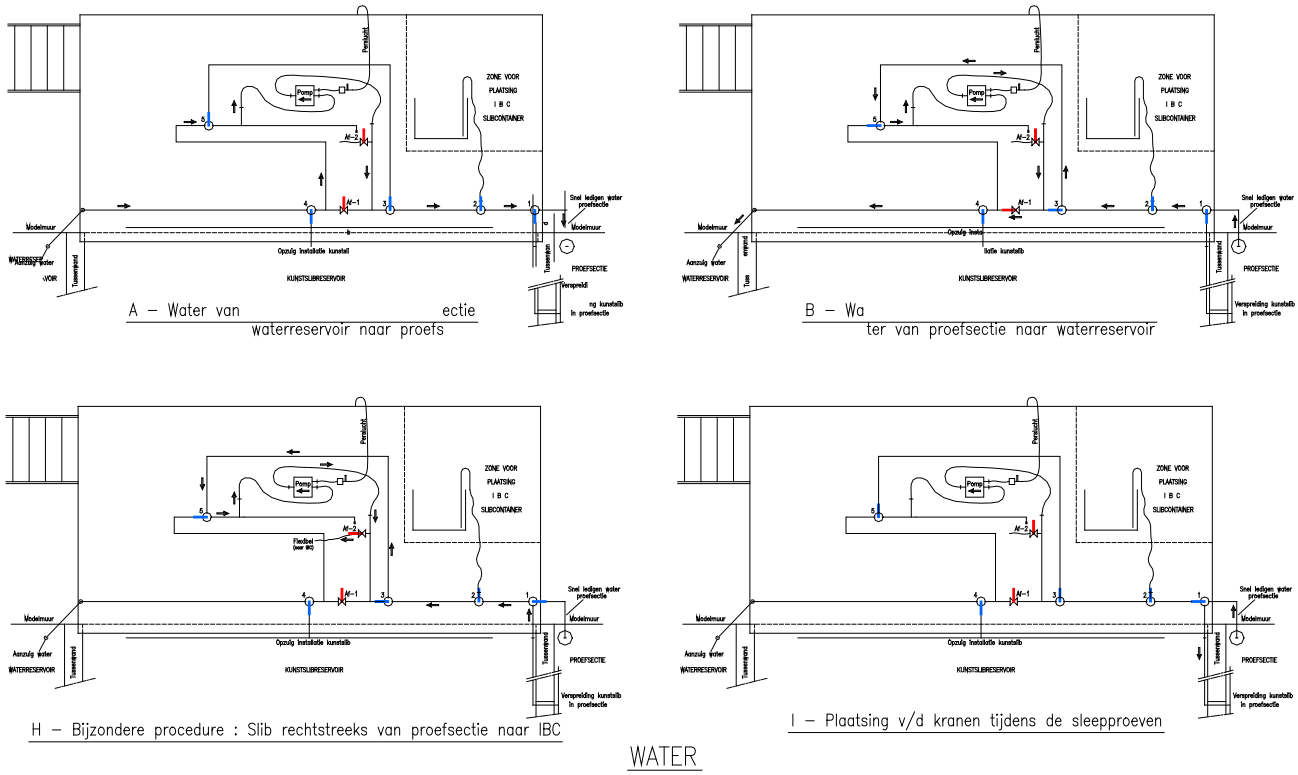
94

BIJLAGE 1

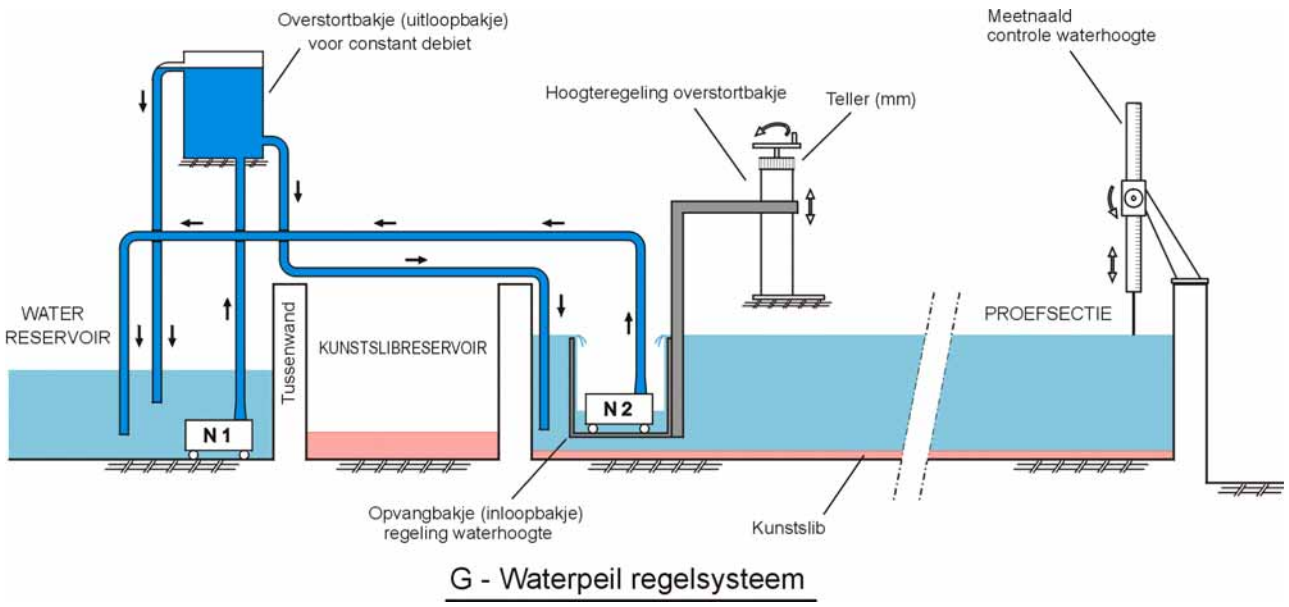
PROCEDURES VOOR HET VERPOMPEN VAN DE VLOEISTOFFEN



Figuur B1.1. Verschillende mogelijkheden voor de vloeistofstromingen, verpompen van het kunstslib, procedures C, D, E en F.



Figuur B1.2. Verschillende mogelijkheden voor de vloeistofstromingen, verpompen van het water, procedures A en B; verpompen van het kunstslib, bijzondere procedure H; Stand-by procedure I tijdens het uitvoeren van de proeven.



Figuur B1.3. Principe van de werking van het waterpeilregelsysteem, procedure G.

BIJLAGE 2

BEKLEDING VAN DE SLEEPTANK: FOTO'S

Figuur B2.1. Zicht op de bulten in de bekleding na plaatsen van een nieuw middenstuk en na een maand proeven met kunstslib.

Figuur B2.2. Zicht op de bulten in de bekleding na plaatsen van een nieuw middenstuk en na een maand proeven met kunstslib.

Figuur B2.3. De bulten worden op hun top opengesneden. Daarna kan het materiaal tot rust komen en wordt het overtollig gedeelte weggesneden. Vervolgens wordt de snede opnieuw toegelast met PE-HD.

Figuur B2.4. Detaïl van het lasprocédé.

Figuur B2.5. Toestand na het wegsnijden van de bulten. Op sommige plaatsen ontstaan er nieuwe (concentraties van) bulten.

Figuur B2.6. Bij een concentratie van bulten op een kleine oppervlakte werd de lap over de volledige breedte weggesneden en is daar een nieuw stuk bekleding gelegd. Evenmin met bevredigend resultaat.

Figuur B2.7. De PE-HD-platen van 3x2 m² worden op de bodem van de tank geplaatst, waarna de lasvoorbereiding plaatsvond.

Figuur B2.8. Het aan elkaar lassen van de platen gebeurt met behulp van een PE-HD-lasdraad.

Figuur B2.9. Detaïl van het lasprocédé.

Figuur B2.10. Bovenaanzicht van de proefsectie met de PE-HD-bodembekleding.

Figuur B2.11. Bovenaanzicht van de proefsectie met de PE-HD-bodembekleding na één jaar proeven.

BIJLAGE 3

GEG-FILES VAN HET UITGEVOERDE PROEVENPROGRAMMA

1 Paaltrekproeven

```
TYPE PAAL
BTCWACHT 10
BTCNAAM QXAA
TWACHT   1000
TIJK     10
TCOND    40  40  40  40  40  40  40  40  40
TV1     -40 -30 -20 -10   0  10  20  30  40
TV2       0
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       10
*
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXAA00.tra   0         0         70      -      -       TV1     20.0     +
@  QXAA01.tra   0         0        100      -      -       TV1     20.0     +
@  QXAA02.tra   0         0        -70      -      -       TV2     20.0     +
@  QXAA03.tra   0         0       -100      -      -       TV2     20.0     +

TYPE PAAL
BTCWACHT 1500
BTCNAAM QXAA1
TWACHT   1
TIJK     10
TCOND    40
TV1     -40
TV2     -30
TV3     -20
TV4     -10
TV5       0
TV6      10
TV7      20
TV8      30
TV9      40
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
*
DTIJD    0.05
*
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXAA04.tra   0         0         70      -      -       TV1     20.0     +
@  QXAA05.tra   0         0         70      -      -       TV2     20.0     +
@  QXAA06.tra   0         0         70      -      -       TV3     20.0     +
@  QXAA07.tra   0         0         70      -      -       TV4     20.0     +
@  QXAA09.tra   0         0         70      -      -       TV5     20.0     +
@  QXAA10.tra   0         0         70      -      -       TV6     20.0     +
@  QXAA11.tra   0         0         70      -      -       TV7     20.0     +
@  QXAA12.tra   0         0         70      -      -       TV8     20.0     +
@  QXAA13.tra   0         0         70      -      -       TV9     20.0     +
@  QXAA14.tra   0         0        100      -      -       TV1     20.0     +
@  QXAA15.tra   0         0        100      -      -       TV2     20.0     +
@  QXAA16.tra   0         0        100      -      -       TV3     20.0     +
@  QXAA17.tra   0         0        100      -      -       TV4     20.0     +
@  QXAA18.tra   0         0        100      -      -       TV5     20.0     +
@  QXAA19.tra   0         0        100      -      -       TV6     20.0     +
@  QXAA20.tra   0         0        100      -      -       TV7     20.0     +
@  QXAA21.tra   0         0        100      -      -       TV8     20.0     +
@  QXAA22.tra   0         0        100      -      -       TV9     20.0     +
@  QXAA23.tra   0         0        -70      -      -       TV5     20.0     +
@  QXAA24.tra   0         0       -100      -      -       TV5     20.0     +
*
```

2 STATX$_0$-proeven

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCA
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     9
VX       0.6
LCOND    10.5 10.5
TV1        60  100
AFREM     M     9
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCA00.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCA1
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     9
VX       0.6
LCOND    21.5
TV1      60
TV2     100
AFREM     M     9
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCA10.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
@  QXCA11.tra   0         0        TV2      -      -         0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCB
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND      14    14
TV1        60   100
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCB00.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
@  QXCB01.tra   0         0        TV1      -      -       2.5         0     +
@  QXCB02.tra   0         0        TV1      -      -      -2.5         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCB1
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND    28
TV1      60
TV2     100
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCB10.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
@  QXCB11.tra   0         0        TV1      -      -       2.5         0     +
@  QXCB12.tra   0         0        TV1      -      -      -2.5         0     +
@  QXCB13.tra   0         0        TV2      -      -         0         0     +
@  QXCB14.tra   0         0        TV2      -      -       2.5         0     +
@  QXCB15.tra   0         0        TV2      -      -      -2.5         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCC
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    15   15
TV1      60  100
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCC00.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCC1
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    30
TV1      60
TV2     100
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCC10.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
@  QXCC11.tra   0         0        TV2      -      -         0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCD
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    4.5
VX       0.12
LCOND    15   15
TV1     -60 -100
AFREM     M    5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCD00.tra   0         0        TV1      -      -         0      39.5     -
@  QXCD01.tra   0         0        TV1      -      -        30      39.5     -
@  QXCD02.tra   0         0        TV1      -      -       -30      39.5     -
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCD1
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    4.5
VX       0.12
LCOND    30
TV1     -60
TV2     -100
AFREM     M    5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCD10.tra   0         0        TV1      -      -         0      39.5     -
@  QXCD11.tra   0         0        TV1      -      -        30      39.5     -
@  QXCD12.tra   0         0        TV1      -      -       -30      39.5     -
@  QXCD13.tra   0         0        TV2      -      -         0      39.5     -
@  QXCD14.tra   0         0        TV2      -      -        30      39.5     -
@  QXCD15.tra   0         0        TV2      -      -       -30      39.5     -
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCE
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    4.5
VX       0.12
LCOND    30
TV1      75
TV2     100
AFREM     M    5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCE00.tra   0          0        TV1      -      -         0      39.5     -
@  QXCE01.tra   0          0        TV1      -      -        35      39.5     -
@  QXCE02.tra   0          0        TV1      -      -        25      39.5     -
@  QXCE03.tra   0          0        TV1      -      -        15      39.5     -
@  QXCE04.tra   0          0        TV1      -      -       -15      39.5     -
@  QXCE05.tra   0          0        TV1      -      -       -25      39.5     -
@  QXCE06.tra   0          0        TV1      -      -       -35      39.5     -
@  QXCE07.tra   0          0        TV2      -      -         0      39.5     -
@  QXCE08.tra   0          0        TV2      -      -        35      39.5     -
@  QXCE09.tra   0          0        TV2      -      -        25      39.5     -
@  QXCE10.tra   0          0        TV2      -      -        15      39.5     -
@  QXCE11.tra   0          0        TV2      -      -       -15      39.5     -
@  QXCE12.tra   0          0        TV2      -      -       -25      39.5     -
@  QXCE13.tra   0          0        TV2      -      -       -35      39.5     -
@  QXCE14.tra   0        2.5        TV2      -      -        35      39.5     -
@  QXCE15.tra   0        2.5        TV2      -      -        15      39.5     -
@  QXCE16.tra   0        2.5        TV2      -      -       -15      39.5     -
@  QXCE17.tra   0        2.5        TV2      -      -       -35      39.5     -
@  QXCE18.tra   0          5        TV2      -      -        35      39.5     -
@  QXCE19.tra   0          5        TV2      -      -        15      39.5     -
@  QXCE20.tra   0          5        TV2      -      -       -15      39.5     -
@  QXCE21.tra   0          5        TV2      -      -       -35      39.5     -

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND    28
TV1      -75
TV2     -100
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCF00.tra   0          0        TV1      -      -         0         0     +
@  QXCF01.tra   0          0        TV2      -      -         0         0     +
@  QXCF06.tra   0          0        TV1      -      -        30         0     +
@  QXCF07.tra   0          0        TV2      -      -        30         0     +
@  QXCF08.tra   0          0        TV1      -      -       -30         0     +
@  QXCF09.tra   0          0        TV2      -      -       -30         0     +
@  QXCF04.tra   0        2.5        TV1      -      -         0         0     +
@  QXCF05.tra   0        2.5        TV2      -      -         0         0     +
@  QXCF10.tra   0          5        TV2      -      -         0         0     +
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    30
TV1      -75
TV2     -100
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2    ROER   XBEGIN  ZIN
*
@  QXCG00.tra   0         0        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCG01.tra   0         0        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCG06.tra   0         0        TV1      -      -      30       0     +
@  QXCG03.tra   0         0        TV2      -      -      30       0     +
@  QXCG07.tra   0         0        TV1      -      -     -30       0     +
@  QXCG08.tra   0         0        TV2      -      -     -30       0     +
@  QXCG04.tra   0         5        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCG05.tra   0         5        TV2      -      -       0       0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCH
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.12
LCOND    30
TV1      0
TV2     -100
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2    ROER   XBEGIN  ZIN
*
@  QXCH00.tra   0        10        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCH01.tra   0        25        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCH02.tra   0        40        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCH03.tra   0        55        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCH04.tra   0        70        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCH05.tra   0         0        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCH06.tra   0        90        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCH07.tra   0       125        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCH08.tra   0       155        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCH09.tra   0       170        TV1      -      -       0       0     +
*
```

3 PMMY-proeven

```
TYPE PMMY2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXFA
TWACHT   0.1
TIJK     8
OPTREK    M     5.4
VX       0.18
AFREM     M     5.3
TNAMEET  0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y     Y      Y    aantal per   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*              gem   ampl periode per1   per2
*              [m]   [m]    [s]               [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@  QXFA00.tra   0     0.2   100    1.5    0    0     0    0    0      0     +
@  QXFA01.tra   0     0.2    80      2    0    0     0    0    0      0     +
@  QXFA02.tra   0     0.2    60    2.5    0    0     0    0    0      0     +
@  QXFA03.tra   0     0.2    40      4    0    0     0    0    0      0     +
@  QXFA04.tra   0     0.2    30      5    0    0     0    0    0      0     +
*
```

```
TYPE PMMY2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXFA1
TWACHT   0.1
TIJK     8
OPTREK    M     5.4
VX       0.18
AFREM     M     5.3
TNAMEET  0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y     Y      Y    aantal per   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*              gem   ampl periode per1   per2
*              [m]   [m]    [s]               [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@  QXFA10.tra   0     0.2   100    1.5    0    0   100    0    0      0     +
@  QXFA11.tra   0     0.2    80      2    0    0   100    0    0      0     +
@  QXFA12.tra   0     0.2    60    2.5    0    0   100    0    0      0     +
@  QXFA13.tra   0     0.2    40      4    0    0   100    0    0      0     +
@  QXFA14.tra   0     0.2    30      5    0    0   100    0    0      0     +
*
```

```
TYPE PMMY2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXFB
TWACHT   0.1
TIJK     8
OPTREK    M     5.4
VX       0.36
AFREM     M     5.4
TNAMEET  0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam       Y     Y      Y    aantal per   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*              gem   ampl periode per1   per2
*              [m]   [m]    [s]               [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@  QXFB00.tra   0     0.2    60      1    0    0     0    0    0      0     +
@  QXFB01.tra   0     0.2    50    1.5    0    0     0    0    0      0     +
@  QXFB02.tra   0     0.2    27    2.5    0    0     0    0    0      0     +
*
```

```
TYPE PMMY2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXFB1
TWACHT   0.1
TIJK     8
OPTREK    M     5.4
VX       0.36
AFREM     M     5.4
TNAMEET  0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam       Y     Y      Y    aantal per   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*              gem   ampl periode per1   per2
*              [m]   [m]    [s]               [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@  QXFB11.tra   0     0.2    50    1.5    0    0   100    0    0      0     +
@  QXFB12.tra   0     0.2    27    2.5    0    0   100    0    0      0     +
*
```

```
TYPE PMMY2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXFC
TWACHT   0.1
TIJK     8
OPTREK    M     4.5
VX       0.12
AFREM     M     5
TNAMEET  0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y     Y      Y    aantal per   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*              gem   ampl periode per1   per2
*              [m]   [m]    [s]               [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@  QXFC00.tra   0     0.2   100    2.5    0    0     0    0    0    39.5    -
@  QXFC01.tra   0     0.2    70    3.5    0    0     0    0    0    39.5    -
*
```

```
TYPE PMMY2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXFC1
TWACHT   0.1
TIJK     8
OPTREK    M     4.5
VX       0.12
AFREM     M     5
TNAMEET  0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y     Y      Y    aantal per   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*              gem   ampl periode per1   per2
*              [m]   [m]    [s]               [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@  QXFC10.tra   0     0.2   100    2.5    0    0   100    0    0    39.5    -
@  QXFC11.tra   0     0.2    70    3.5    0    0   100    0    0    39.5    -
*
```

4 PMMPSI-proeven

```
TYPE PMMPSI2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXGA
TWACHT   0.05
TIJK     10
VX       0.12
TNAMEET  0.05
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y    PSI          aantal   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*               gem  ampl periode perioden
*               [m]  [ø]    [s]             [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@ QXGA00.tra     0     15     70  3.5   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA01.tra     0     25     70  3.5   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA02.tra     0     35     70  3.5   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA03.tra     0     25     70  3.5   0  2.5     0    0    0    0     +
@ QXGA04.tra     0     25     70  3.5   0    5     0    0    0    0     +
@ QXGA05.tra     0     25     70  3.5   0   10     0    0    0    0     +
@ QXGA06.tra     0     25     70  3.5   0 -2.5     0    0    0    0     +
@ QXGA07.tra     0     25     70  3.5   0   -5     0    0    0    0     +
@ QXGA08.tra     0     25     70  3.5   0  -10     0    0    0    0     +
@ QXGA09.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0  -40    0     +
@ QXGA10.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0  -20    0     +
@ QXGA11.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0    0    0     +
@ QXGA12.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0   20    0     +
@ QXGA13.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0   40    0     +
@ QXGA14.tra     0     25     70  3.5   0    5   100    0    0    0     +
@ QXGA15.tra     0     25     70  3.5   0    5   100    0  -40    0     +
@ QXGA16.tra     0     25     70  3.5   0    5   100    0   40    0     +
@ QXGA17.tra     0     25     70  3.5   0    0  -100    0    0    0     +
@ QXGA18.tra     0      5     70  3.5   0    0     0    0    0 39.5     -
@ QXGA19.tra     0     15     70  3.5   0    0     0    0    0 39.5     -
@ QXGA20.tra     0     25     70  3.5   0    0     0    0    0 39.5     -
@ QXGA21.tra     0     15     70  3.5   0  2.5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA22.tra     0     15     70  3.5   0    5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA23.tra     0     15     70  3.5   0 -2.5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA24.tra     0     15     70  3.5   0   -5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA25.tra     0     15     70  3.5   0    0   100    0  -40 39.5     -
@ QXGA26.tra     0     15     70  3.5   0    0   100    0  -20 39.5     -
@ QXGA27.tra     0     15     70  3.5   0    0   100    0    0 39.5     -
@ QXGA28.tra     0     15     70  3.5   0    0   100    0   20 39.5     -
@ QXGA29.tra     0     15     70  3.5   0    0   100    0   40 39.5     -
@ QXGA30.tra     0     15     70  3.5   0    0  -100    0    0 39.5     -
@ QXGA31.tra     0     35     70  3.5   0    0     0    0    0 39.5     -
@ QXGA32.tra     0     25     70  3.5   0  2.5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA33.tra     0     25     70  3.5   0    5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA34.tra     0     25     70  3.5   0 -2.5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA35.tra     0     25     70  3.5   0   -5     0    0    0 39.5     -
@ QXGA36.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0  -40 39.5     -
@ QXGA37.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0  -20 39.5     -
@ QXGA38.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0    0 39.5     -
@ QXGA39.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0   20 39.5     -
@ QXGA40.tra     0     25     70  3.5   0    0   100    0   40 39.5     -
@ QXGA41.tra     0     25     70  3.5   0    0  -100    0    0 39.5     -
*
```

```
TYPE PMMPSI2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXGA1
TWACHT   0.05
TIJK     10
VX       0.12
TNAMEET  0.05
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam       Y    PSI          aantal   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*               gem  ampl periode perioden
*               [m]  [ø]    [s]            [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@ QXGA51.tra     0     25     70  3.5   0    0    50    0    0    0     +
@ QXGA60.tra     0     15    100    2   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA61.tra     0     25    100    2   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA62.tra     0     35    100    2   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA71.tra     0     25    100    2   0    0   100    0    0    0     +
@ QXGA80.tra     0     15     40    7   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA81.tra     0     25     40    7   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA82.tra     0     35     40    7   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGA91.tra     0     25     40    7   0    0   100    0    0    0     +
*
```

```
TYPE PMMPSI2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXGB
TWACHT   0.05
TIJK     10
VX       0.36
TNAMEET  0.05
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam       Y    PSI          aantal   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*               gem  ampl periode perioden
*               [m]  [ø]    [s]             [ø]    %    %  [ø]    [m]   +/-
*
@ QXGB00.tra     0      5     40  1.5   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGB01.tra     0   12.5     40  1.5   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGB02.tra     0     20     40  1.5   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGB03.tra     0     20     40  1.5   0  2.5     0    0    0    0     +
@ QXGB04.tra     0     20     40  1.5   0    5     0    0    0    0     +
@ QXGB05.tra     0     20     40  1.5   0   10     0    0    0    0     +
@ QXGB06.tra     0     20     40  1.5   0 -2.5     0    0    0    0     +
@ QXGB07.tra     0     20     40  1.5   0   -5     0    0    0    0     +
@ QXGB08.tra     0     20     40  1.5   0  -10     0    0    0    0     +
@ QXGB09.tra     0     20     40  1.5   0    5   100    0    0    0     +
@ QXGB10.tra     0     20     40  1.5   0    0   100    0  -40    0     +
@ QXGB11.tra     0     20     40  1.5   0    0   100    0  -20    0     +
@ QXGB12.tra     0     20     40  1.5   0    0   100    0    0    0     +
@ QXGB13.tra     0     20     40  1.5   0    0   100    0   20    0     +
@ QXGB14.tra     0     20     40  1.5   0    0   100    0   40    0     +
@ QXGB15.tra     0     20     40  1.5   0    5   100    0  -40    0     +
@ QXGB16.tra     0     20     40  1.5   0    5   100    0   40    0     +
@ QXGB17.tra     0     20     40  1.5   0    0  -100    0    0    0     +
*
@ QXGB20.tra     0     15     27    3   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGB21.tra     0     25     27    3   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGB22.tra     0     35     27    3   0    0     0    0    0    0     +
@ QXGB23.tra     0     25     27    3   0  2.5     0    0    0    0     +
@ QXGB24.tra     0     25     27    3   0    5     0    0    0    0     +
@ QXGB25.tra     0     25     27    3   0   10     0    0    0    0     +
@ QXGB26.tra     0     25     27    3   0 -2.5     0    0    0    0     +
@ QXGB27.tra     0     25     27    3   0   -5     0    0    0    0     +
@ QXGB28.tra     0     25     27    3   0  -10     0    0    0    0     +
@ QXGB29.tra     0     25     27    3   0    5   100    0    0    0     +
@ QXGB30.tra     0     25     27    3   0    0   100    0  -40    0     +
@ QXGB31.tra     0     25     27    3   0    0   100    0  -20    0     +
@ QXGB32.tra     0     25     27    3   0    0   100    0    0    0     +
@ QXGB33.tra     0     25     27    3   0    0   100    0   20    0     +
@ QXGB34.tra     0     25     27    3   0    0   100    0   40    0     +
@ QXGB35.tra     0     25     27    3   0    5   100    0  -40    0     +
@ QXGB36.tra     0     25     27    3   0    5   100    0   40    0     +
@ QXGB37.tra     0     25     27    3   0    0  -100    0    0    0     +
*
```

```
TYPE PMMPSI2
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXGB1
TWACHT   0.05
TIJK     10
VX       0.36
TNAMEET  0.05
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam       Y    PSI          aantal   PSI   N1   N2 ROER  XBEGIN  ZIN
*               gem  ampl periode perioden
*               [m]  [ø]    [s]             [ø]    %    %  [ø]     [m]   +/-
*
@ QXGB38.tra     0     25     36    2   0    0    50    0    0     0     +
@ QXGB40.tra     0     15     36    2   0    0     0    0    0     0     +
@ QXGB41.tra     0     25     36    2   0    0     0    0    0     0     +
@ QXGB42.tra     0     35     36    2   0    0     0    0    0     0     +
@ QXGB52.tra     0     25     36    2   0    0   100    0    0     0     +
@ QXGB60.tra     0     15     22    4   0    0     0    0    0     0     +
@ QXGB61.tra     0     25     22    4   0    0     0    0    0     0     +
@ QXGB62.tra     0     35     22    4   0    0     0    0    0     0     +
@ QXGB72.tra     0     25     22    4   0    0   100    0    0     0     +
*
```

5 Multi-modale proeven

```
TYPE MULTI1
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMA
TWACHT    5
TIJK     10
TOPTREK  40
TAFREM   30
TREGIME 360
TNAMEET   1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*   naam       x    y   psi           u                   v                   r              N1              N2              ROER
*            begin gem  gem   gem  amp  per  fas   gem  amp  per  fas   gem  amp  per  fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m]  [m]  [ø]  [m/s][m/s] [s]  [ø]   [m/s][m/s] [s]  [ø]  [ø/s][ø/s] [s]  [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]
@ QXMA00.tra  0    0    90    0    0.1  720   90    0    0.1  720 180     0.5  0    10    0    0   0  10  0    0   0  10  0    0   0  10   0
@ QXMA01.tra  0    0    90    0    0.1  720  -90    0    0.1  720 180    -0.5  0    10    0    0   0  10  0    0   0  10  0    0   0  10   0
*
```

```
TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMB
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  80
TAFREM   50
TREGIME 255
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam             Y                PSI               N1               N2              ROER              U0        Xbegin
*               gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*               [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@  QXMB00.tra  0   0    10   0    0   0  10   0    0   0  10   0    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.1 0.1 200  90 39.5
@  QXMB18.tra  0   0    10   0    0   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB19.tra  0   0    10   0  2.5   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB20.tra  0   0    10   0    5   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB01.tra  0   0    10   0   10   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB02.tra  0   0    10   0   25   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB03.tra  0   0    10   0   40   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB04.tra  0   0    10   0   55   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB05.tra  0   0    10   0   70   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB06.tra  0   0    10   0   90   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB07.tra  0   0    10   0   10   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB08.tra  0   0    10   0   25   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB09.tra  0   0    10   0   40   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB10.tra  0   0    10   0   55   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB11.tra  0   0    10   0   70   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB21.tra  0   0    10   0    0   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB22.tra  0   0    10   0   90   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB23.tra  0   0    10   0  125   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB24.tra  0   0    10   0  155   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB25.tra  0   0    10   0  170   0  10   0   50  50 255 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB26.tra  0   0    10   0    0   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB12.tra  0   0    10   0   10   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB13.tra  0   0    10   0   25   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB14.tra  0   0    10   0   40   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB15.tra  0   0    10   0   55   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB16.tra  0   0    10   0   70   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB17.tra  0   0    10   0   90   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB27.tra  0   0    10   0  125   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB28.tra  0   0    10   0  155   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
@  QXMB29.tra  0   0    10   0  170   0  10   0  -50  50 255  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5
```

```
TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMB1
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  80
TAFREM   50
TREGIME 255
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam             Y                PSI               N1               N2              ROER              U0        Xbegin
*              gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@  QXMB51.tra  0   0    10   0   10   0  10   0   50  50 400 -90    0   0  10   0    0   0  10   0  0.12  0 200   0    0
@  QXMB62.tra  0   0    10   0   10   0  10   0  -50  50 400  90    0   0  10   0    0   0  10   0 -0.12  0 200   0 39.5

TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMC
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  50
TAFREM   25
TREGIME 180
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam             Y                PSI               N1               N2              ROER              U0        Xbegin
*              gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@  QXMC00.tra  0   0    10   0    0   0  10   0   55   0  10   0    0   0  10   0    0  40  60   0 0.18  0  200   0 0
@  QXMC01.tra  0   0    10   0    0   0  10   0  100   0  10   0    0   0  10   0    0  40  60   0 0.18  0  200   0 0
@  QXMC02.tra  0   0    10   0  2.5   0  10   0  100   0  10   0    0   0  10   0    0  40  60   0 0.18  0  200   0 0
@  QXMC03.tra  0   0    10   0   10   0  10   0  100   0  10   0    0   0  10   0    0  40  60   0 0.18  0  200   0 0
@  QXMC04.tra  0   0    10   0   25   0  10   0  100   0  10   0    0   0  10   0    0  40  60   0 0.18  0  200   0 0
@  QXMC05.tra  0   0    10   0   40   0  10   0  100   0  10   0    0   0  10   0    0  40  60   0 0.18  0  200   0 0
```

```
TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMD
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  30
TAFREM   25
TREGIME  80
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam             Y                PSI               N1                N2               ROER              U0        Xbegin
*              gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]   [ø] [ø] [s] [ø]   [%] [%] [s] [ø]   [%] [%] [s] [ø]   [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]   [m]
*
@  QXMD05.tra  0   0    10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD06.tra  0   0    10   0     5   0  10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD07.tra  0   0    10   0    10   0  10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD00.tra  0   0    10   0     0   0  10   0    55   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD01.tra  0   0    10   0     0   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD02.tra  0   0    10   0   2.5   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD03.tra  0   0    10   0     5   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
@  QXMD04.tra  0   0    10   0    10   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0 0.36  0  200   0 0
*
```

```
TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXME
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  25
TAFREM   25
TREGIME  40
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam             Y                PSI               N1                N2               ROER              U0        Xbegin
*              gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas   gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]   [ø] [ø] [s] [ø]   [%] [%] [s] [ø]   [%] [%] [s] [ø]   [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]   [m]
*
@  QXME00.tra  0   0    10   0     0   0  10   0    55   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
@  QXME01.tra  0   0    10   0     0   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
@  QXME02.tra  0   0    10   0   2.5   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
@  QXME03.tra  0   0    10   0     5   0  10   0   100   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
@  QXME04.tra  0   0    10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
@  QXME05.tra  0   0    10   0   2.5   0  10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
@  QXME06.tra  0   0    10   0     5   0  10   0     0   0  10   0     0   0  10   0     0  40  40   0  0.6  0  200   0 0
```

```
TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMF
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  30
TAFREM   30
TREGIME 100
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam             Y               PSI              N1              N2              ROER             U0       Xbegin
*              gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@  QXMF00.tra  0   0    10   0    0   0  10   0    0   0  10   0    0   0  10   0    0   0  10   0  0.3 0.3 100 -90  0

TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMG
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  30
TAFREM   30
TREGIME 100
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*    naam             Y               PSI              N1              N2              ROER             U0       Xbegin
*              gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@  QXMG00.tra  0   0    10   0    0   0  10   0   50  50  30 -90   0   0  10   0    0  40  40   0 0.3  0.3  100 -90  0
@  QXMG01.tra  0   0    10   0   10   0  10   0   50  50  30 -90   0   0  10   0    0  40  40   0 0.18 0.18 100 -90  0
@  QXMG02.tra  0   0    10   0  -10   0  10   0   50  50  30 -90   0   0  10   0    0  40  40   0 0.18 0.18 100 -90  0
@  QXMG03.tra  0   0    10   0    0  20 100 -90   50   0  30 -90   0   0  10   0    0   0  40   0 0.18 0.18  50 -90  0
```

```
TYPE MULTI1
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMH
TWACHT   0.1
TIJK     9
TOPTREK  20
TAFREM   20
TREGIME 280
TNAMEET   1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*
*   naam       x    y   psi           u                   v                   r              N1              N2              ROER
*            begin gem  gem   gem  amp  per  fas   gem  amp  per  fas   gem  amp  per  fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m]  [m]  [ø]  [m/s][m/s] [s]  [ø]  [m/s][m/s] [s]  [ø]  [ø/s][ø/s] [s]  [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]
@ QXMH00.tra  0    0     0    0.12 0    720   90    0    0    720 180     0    2.25 70   90   50  50 280 180    0   0  80 270    0  40  45  0
@ QXMH01.tra  0    0     0    0.12 0.12 140   90    0    0    720 180     0    2.25 70   90   50  50 280 180    0   0  80 270    0  40  45  0


TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXMI
TWACHT    0.1
TIJK      9
TOPTREK  50
TAFREM   45
TREGIME 170
TNAMEET 0.1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.1
DTIJD    0.1
*
*    naam            Y               PSI              N1              N2              ROER              U0       Xbegin
*              gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@  QXMI21.tra  0   0    10   0    0   0  10   0   50  50 170 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 0.18  0  200   0   0
@  QXMI22.tra  0   0    10   0  2.5   0  10   0   50  50 170 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 0.18  0  200   0   0
@  QXMI23.tra  0   0    10   0    5   0  10   0   50  50 170 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 0.18  0  200   0   0
@  QXMI24.tra  0   0    10   0   10   0  10   0   50  50 170 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 0.18  0  200   0   0
@  QXMI25.tra  0   0    10   0   25   0  10   0   50  50 170 -90    0   0  10   0    0   0  10   0 0.18  0  200   0   0
```

6 IJkproeven

```
TYPE MULTI0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXijkk
TWACHT    1
TIJK     10
TOPTREK  10
TAFREM   10
TREGIME  70
TNAMEET   1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.OMG
DT       0.025
DTIJD    0.025
*
*    naam            Y              PSI              N1              N2              ROER             U0       Xbegin
*              gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas  gem amp per fas
*              [m] [m] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [%] [%] [s] [ø]  [ø] [ø] [s] [ø]   [m/s]  [s] [ø]  [m]
*
@ QXijkk.tra    0   .4  70   0   0  6.28 70  90   0  100 140  0     0   0  10   0    0  40  40   0   .4  0   10   0   0

TYPE STATX0
BTCWACHT 3500
BTCNAAM QXijkr
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     2
VX       0.03
LCOND    35.5
TV1       0
AFREM     M     2
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.5
DTIJD    0.5
*    naam       Y      PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXijkr.tra   0       0       TV1      -      -        0         0     +
*
```

7 GOLFMETINGEN

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCAG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     9
VX       0.6
LCOND    21.5
TV1       0
AFREM     M     9
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCAG0.tra   0         0        TV1      -      -         0         0     +
*

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCBG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND    28
TV1       0
TV2       -60
TV3       60
TV4       100
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCBG0.tra   0         0       TV1       -      -         0         0     +
@  QXCBG1.tra   0         0       TV2       -      -         0         0     +
@  QXCBG2.tra   0         0       TV3       -      -         0         0     +
@  QXCBG3.tra   0         0       TV4       -      -         0         0     +
*

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCCG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCCG0.tra   0         0        TV1       -      -         0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCDG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.12
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam        Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCDG0.tra   0         0        TV1       -      -         0       39.5    -
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCGG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    30
TV1      60
TV2     100
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam        Y        PSI        N       N1     N2    ROER   XBEGIN  ZIN
*
@  QXCGG0.tra     0       0        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCGG1.tra -0.13      -5        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCGG2.tra -0.13       5        TV1      -      -       0       0     +
@  QXCGG3.tra     0       0        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCGG4.tra -0.13      -5        TV2      -      -     -30       0     +
@  QXCGG5.tra -0.13      -5        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCGG6.tra -0.13      -5        TV2      -      -      30       0     +
@  QXCGG7.tra -0.13       5        TV2      -      -     -30       0     +
@  QXCGG8.tra -0.13       5        TV2      -      -       0       0     +
@  QXCGG9.tra -0.13       5        TV2      -      -      30       0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCHG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.12
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCHG0.tra   0         0       TV1        -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCIG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    8.1
VX       0.54
LCOND    23.3
TV1       0
AFREM     M    8.1
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCIG0.tra   0         0         TV1     -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCJG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    7.2
VX       0.48
LCOND    25.1
TV1       0
AFREM     M    7.2
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCJG0.tra   0         0       TV1       -      -         0       0      +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCKG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    6.3
VX       0.42
LCOND    26.9
TV1       0
AFREM     M    6.3
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCKG0.tra   0         0        TV1      -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCLG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.30
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCLG0.tra   0         0        TV1      -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCMG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.24
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCMG0.tra   0         0        TV1      -      -         0       0      +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCOG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND    28
TV1       0
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI      N     N1    N2   ROER   XBEGIN  ZIN
*
@  QXCOG0.tra   -0.13    -5      TV1    -     -      0       0     +
@  QXCOG1.tra   -0.13    -2.5    TV1    -     -      0       0     +
@  QXCOG2.tra   -0.13     2.5    TV1    -     -      0       0     +
@  QXCOG3.tra   -0.13     5      TV1    -     -      0       0     +
*

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCPG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND    28
TV1    -60
TV2     60
TV3      0
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI      N     N1    N2   ROER   XBEGIN  ZIN
*
@  QXCPG0.tra   0         0      TV1    -     -      0       39    -
@  QXCPG1.tra   0         0      TV2    -     -      0       39    -
@  QXCPG2.tra   0         0      TV3    -     -      0       39    -
*

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCQG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     5
VX       0.15
LCOND    21.5
TV1       0
AFREM     M     4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCQG0.tra   0      0      TV1      -      -        0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCRG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     5
VX       0.21
LCOND    21.5
TV1       0
AFREM     M     4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCRG0.tra   0      0      TV1      -      -        0         0     +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCSG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     5
VX       0.27
LCOND    21.5
TV1       0
AFREM     M     4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCSG0.tra   0      0      TV1      -      -        0         0     +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCTG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     5
VX       0.33
LCOND    21
TV1       0
AFREM     M     5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCTG0.tra   0      0      TV1      -      -        0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCUG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    6
VX       0.39
LCOND    27
TV1       0
AFREM     M    6
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N     N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCUG0.tra   0      0      TV1    -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCVG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    7
VX       0.45
LCOND    25
TV1       0
AFREM     M    7
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI     N      N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCVG0.tra   0      0     TV1      -      -        0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCWG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    8
VX       0.51
LCOND    23
TV1       0
AFREM     M    8
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCWG0.tra   0      0      TV1      -      -         0       0      +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCXG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     9
VX       0.57
LCOND    21.5
TV1       0
AFREM     M     9
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCXG0.tra   0      0      TV1      -      -        0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCYG
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     9.5
VX       0.63
LCOND    20
TV1       0
AFREM     M     9.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y     PSI      N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCYG0.tra   0      0      TV1      -      -        0         0     +
*
```

8 VISUALISATIEPROEVEN

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCAF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M     9
VX       0.6
LCOND    21.5
TV1       0
AFREM     M     9
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCAF0.tra   2         0        TV1      -      -         0         0     +
*

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCBF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5.4
VX       0.36
LCOND    28
TV1       0
TV2       -60
TV3       60
TV4       100
AFREM     M    5.4
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCBF0.tra   2         0       TV1       -      -         0         0     +
@  QXCBF1.tra   2         0       TV2       -      -         0         0     +
@  QXCBF2.tra   2         0       TV3       -      -         0         0     +
@  QXCBF3.tra   2         0       TV4       -      -         0         0     +
*

TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCCF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCCF0.tra   2         0        TV1       -      -         0         0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCDF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.12
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam        Y      PSI         N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCDF0.tra   2      0        TV1       -      -         0       39.5    -
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCGF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.18
LCOND    30
TV1      60
TV2     100
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam        Y        PSI         N       N1     N2     ROER   XBEGIN  ZIN
*
@  QXCGF0.tra     2        0        TV1       -      -        0       0     +
@  QXCGF1.tra  1.97       -5        TV1       -      -        0       0     +
@  QXCGF2.tra  1.97        5        TV1       -      -        0       0     +
@  QXCGF3.tra     2        0        TV2       -      -        0       0     +
@  QXCGF4.tra  1.97       -5        TV2       -      -      -30       0     +
@  QXCGF5.tra  1.97       -5        TV2       -      -        0       0     +
@  QXCGF6.tra  1.97       -5        TV2       -      -       30       0     +
@  QXCGF7.tra  1.97        5        TV2       -      -      -30       0     +
@  QXCGF8.tra  1.97        5        TV2       -      -        0       0     +
@  QXCGF9.tra  1.97        5        TV2       -      -       30       0     +
*
```

```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCHF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.12
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.1
DTIJD    0.1
*    naam       Y      PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCHF0.tra   2       0       TV1        -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCIF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    8.1
VX       0.54
LCOND    23.3
TV1       0
AFREM     M    8.1
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCIF0.tra   2         0         TV1     -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCJF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    7.2
VX       0.48
LCOND    25.1
TV1       0
AFREM     M    7.2
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCJF0.tra   2         0       TV1       -      -         0       0      +
*
```

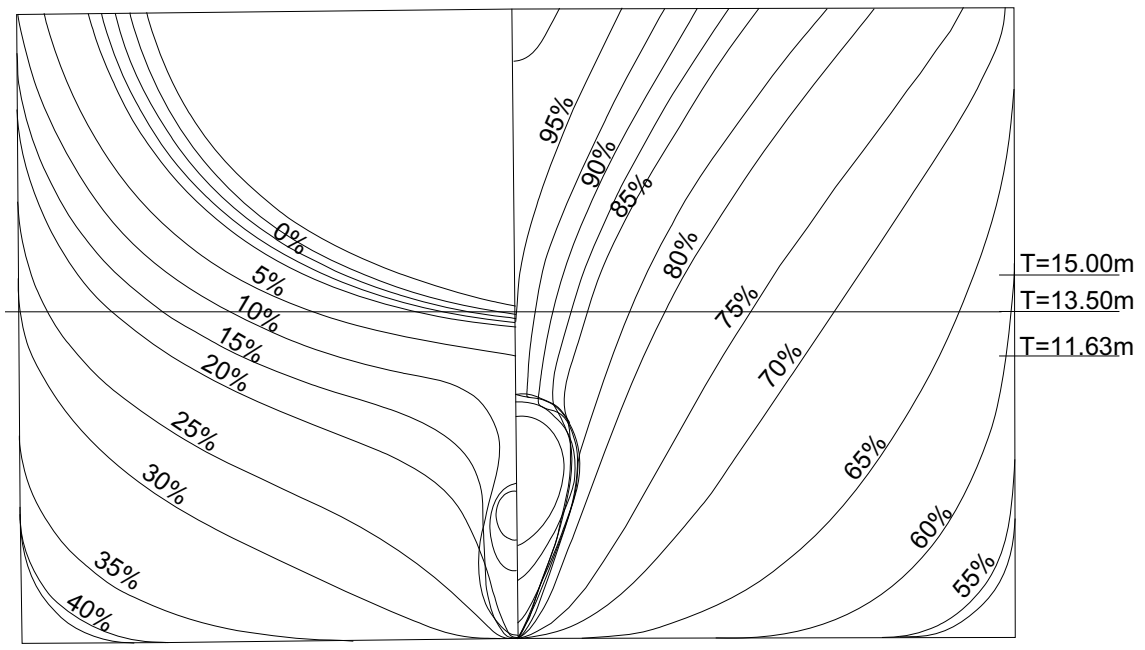
```
TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCKF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    6.3
VX       0.42
LCOND    26.9
TV1       0
AFREM     M    6.3
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCKF0.tra   2         0        TV1      -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCLF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.30
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCLF0.tra   2         0        TV1      -      -         0       0      +
*


TYPE STATX0
BTCWACHT 2000
BTCNAAM QXCMF
TWACHT   1
TIJK     10
OPTREK    M    5
VX       0.24
LCOND    30
TV1       0
AFREM     M    4.5
TNAMEET  1
SCHIP       g:\sleept\resource\shp\schip.SHP
OMGEVING    g:\sleept\resource\omg\SLIBX00.omg
DT       0.05
DTIJD    0.05
*    naam       Y        PSI        N       N1     N2      ROER    XBEGIN  ZIN
*
@  QXCMF0.tra   2         0        TV1      -      -         0       0      +
*
```

BIJLAGE 4

KARAKTERISTIEKEN VAN DE SCHEEPSMODELLEN D EN E

SCHIP D: containerschip 4e generatie

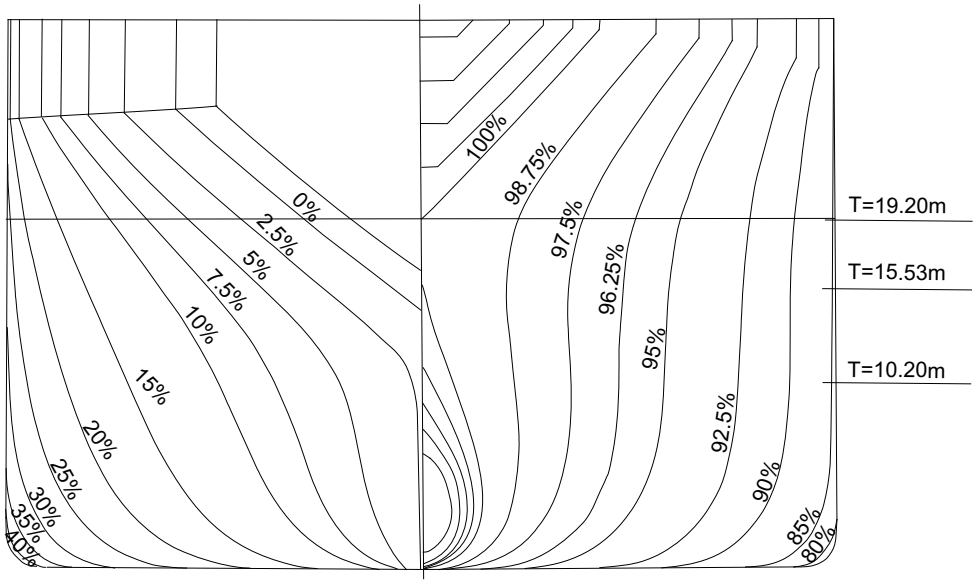
Grootheid	***Natuurwaarden***	***Modelwaarden*** (schaal 1/75)
Scheepsafmetingen		
L_{OA}	291.333 m	3.884 m
L_{PP}	289.804 m	3.864 m
B	40.252 m	0.537 m
D	22.8 m	0.304 m
T_{FP}	13.5 m	0.18 m
T_{AP}	13.5 m	0.18 m
T_M	13.5 m	0.18 m
Aanvullende scheepsgegevens		
x_G	-7.633 m	-0.090 m
z_G	0 m	0 m
∇	94 165 m³	0.223 m³
C_B	0.5979	0.5979
I_{xx}	-	6.3097 kgm²
I_{yy}	-	222.1374 kgm²
I_{zz}	-	238.9599 kgm²
Schroefgegevens		
n_0	100 rpm	866 rpm
D_P	8.145 m	0.1086 m
spoedverhouding	0.9696	0.9696
Opp.verhouding	0.8	0.8
Roergegevens		
A_R	60.964 m²	0.011 m²



Figuur B4.1. Spantenplan containermodel D.

SCHIP E: tankermodel Esso Osaka

Grootheid	***Natuurwaarden*** (75/85)	***Modelwaarden*** (schaal 1/75)
	Scheepsafmetingen	
L_{OA}	302.647 m	
L_{PP}	286.765 m	3.824 m
B	46.765 m	0.624 m
D	30 m	0.400 m
T_{FP}	15.5 m	0.207 m
T_{AP}	15.5 m	0.207 m
T_M	15.5 m	0.207 m
	Aanvullende scheepsgegevens	
x_G	9.7147 m	0.1295 m
z_G	0.744 m	0.010 m
∇	169 649 m³	0.4021 m³
C_B	0.816	0.816
I_{xx}	-	19.169 kgm²
I_{yy}	-	321.8138 kgm²
I_{zz}	-	347.1201 kgm²
	Schroefgegevens	
n_0	100 rpm	866 rpm
D_P	7.7325 m	0.1031 m
spoedverhouding	0.6499	0.6499
Opp.verhouding	0.62	0.62
	Roergegevens	
A_R	98.342 m²	0.0175 m²



Figuur B4.2. Spantenplan Esso Osaka.

BIJLAGE 5

PROEVENPROGRAMMA

TABEL 1. PROGRAMMA GEDWONGEN MANOEUVREERPROEVEN BOVEN VASTE BODEM

proef	omgeving	scheeps-model	diepgang	water-diepte	kiel-speling
			T (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)
Maart 2001					
PA	VAST003	D	13.5	17.05	26.3
PB	VAST002	D	13.5	15.525	15.0
PC	VAST001	D	13.5	14.85	10.0
PI[1]	VAST000	D	13.5	14.445	7.0
PD	VAST004	D	13.5	17.825	32.0
QD	VAST004	E	15.5	17.825	15.0
QA	VAST003	E	15.5	17.05	10.0

TABEL 2. PROGRAMMA GEDWONGEN MANOEUVREERPROEVEN BOVEN SIMULATIESLIB

proef	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
Januari 2002									
PJ	SLIBE23	1.257	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
PK	SLIBE22	1.257	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
PL	SLIBE21	1.257	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
PM	SLIBE24	1.257	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
Maart 2002									
PN	SLIBF24	1.206	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
PO	SLIBF23	1.206	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
PP	SLIBF22	1.206	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
PQ	SLIBF21	1.206	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
Mei 2002									
PR*	SLIBG11	1.248	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
PS*	SLIBG12	1.248	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
	Juni 2002								
QT*	SLIBG13	1.248	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
QU*	SLIBG14	1.248	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
	Juni 2002								
QV	SLIBG24	1.248	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
QW	SLIBG23	1.248	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
	Oktober 2002								
PW	SLIBG23	1.248	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
PY	SLIBG22	1.248	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
PZ	SLIBG21	1.248	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
	September 2002								
RA	SLIBG32	1.248	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2

[1] Werd uitgevoerd in november 2003.

*Enkel metingen van de interface verricht.

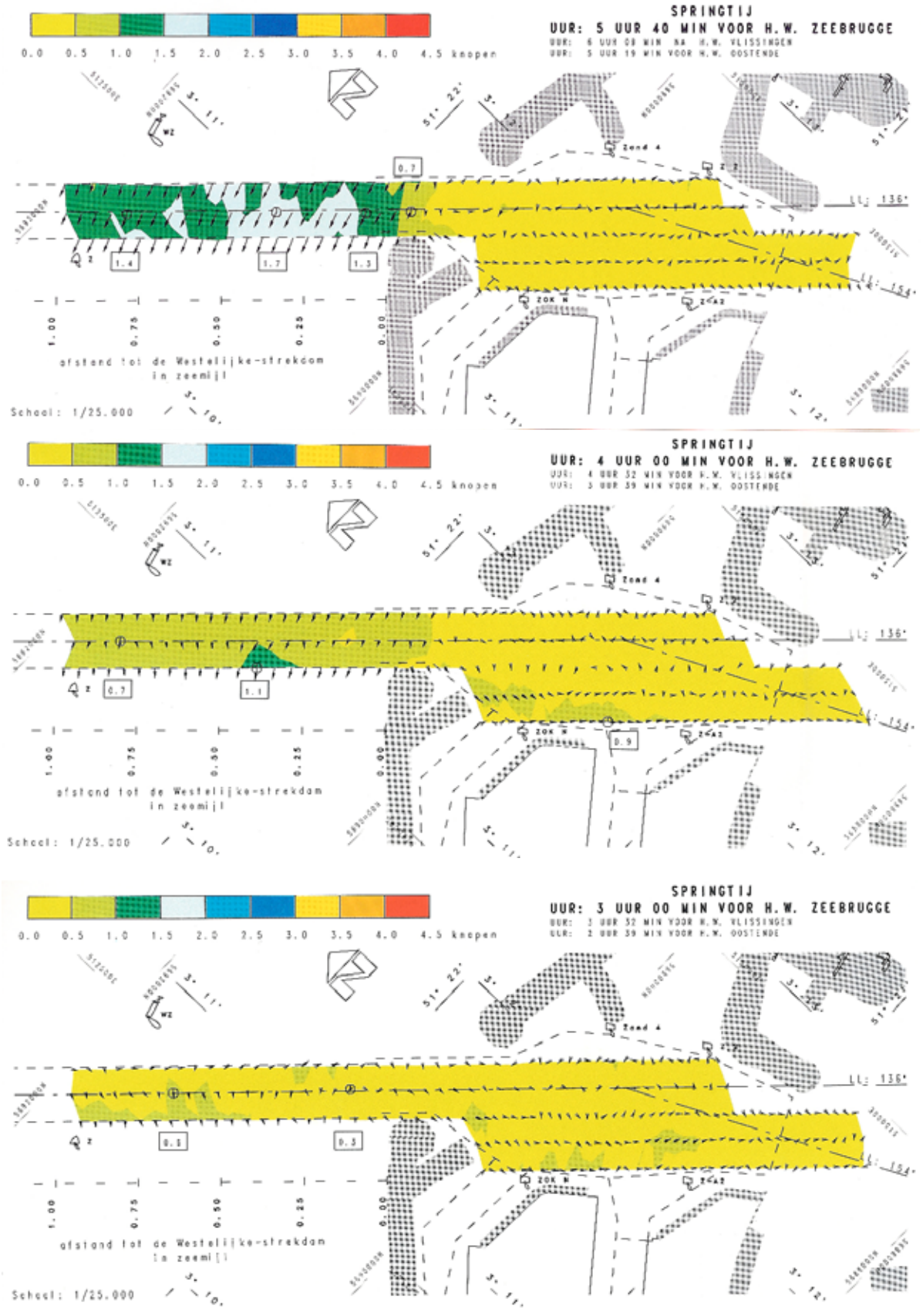
proef	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
RB	SLIBG31	1.248	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
RC	SLIBG33	1.248	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
RD	SLIBG34	1.248	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
	Augustus 2002								
SD	SLIBG34	1.248	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
SC	SLIBG33	1.248	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4
	November 2002								
SE	SLIBH14	1.207	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
SF	SLIBH13	1.207	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
	November 2002								
RG	SLIBH12	1.207	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
RH	SLIBH11	1.207	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
	December 2002								
RI	SLIBH23	1.207	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
RJ	SLIBH22	1.207	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
RK	SLIBH21	1.207	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
RL	SLIBH24	1.207	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
	December 2002								
SL	SLIBH24	1.207	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
SI	SLIBH23	1.207	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
	Februari 2003								
RN	SLIBH33	1.207	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
RM	SLIBH34	1.207	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
RO	SLIBH32	1.207	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
RP	SLIBH31	1.207	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
	April 2003								
RQ	SLIBB11	1.179	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
RR	SLIBB12	1.179	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
	Mei 2003								
RV	SLIBB23	1.179	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
RU	SLIBB24	1.179	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
RW	SLIBB22	1.179	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
RX	SLIBB21	1.179	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
	Augustus 2003								
RY	SLIBB32	1.179	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
RZ	SLIBB31	1.179	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
TA	SLIBB33	1.179	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
TB	SLIBB34	1.179	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
	November 2003								
TE	SLIBC12	1.149	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
TF	SLIBC11	1.149	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
	September 2003								
TG	SLIBC23	1.149	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
TH	SLIBC22	1.149	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
TJ	SLIBC24	1.149	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9

proef	omgeving	densiteit sliblaag	scheeps-model	diepgang	hoogte waterlaag	dikte sliblaag	totale diepte	kielspeling t.o.v.	
								bodem	top slib
		$\rho_2^{(N)}$ (t/m³)		T (m)	$h_1^{(N)}$ (m)	$h_2^{(N)}$ (m)	h_1+h_2 (m)	(%T)	(%T)
TI	SLIBC21	1.149	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
	Oktober 2003								
TL	SLIBC33	1.149	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
TK	SLIBC34	1.149	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
TM	SLIBC32	1.149	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
TN	SLIBC31	1.149	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
	December 2003								
TO	SLIBD11	1.108	D	13.5	14.10	0.75	14.85	10.0	4.4
TP	SLIBD12	1.108	D	13.5	14.775	0.75	15.525	15.0	9.4
	Maart 2004								
SQ	SLIBD13	1.108	E	15.5	16.3	0.75	17.05	10.0	5.2
SR	SLIBD14	1.108	E	15.5	17.075	0.75	17.825	15.0	10.2
	April 2004								
SS	SLIBD24	1.108	E	15.5	16.325	1.50	17.825	15.0	5.3
ST	SLIBD23	1.108	E	15.5	15.55	1.50	17.05	10.0	0.0
	Januari 2004								
TT	SLIBD23	1.108	D	13.5	15.55	1.50	17.05	26.3	15.2
TS	SLIBD24	1.108	D	13.5	16.325	1.50	17.825	32.0	20.9
TU	SLIBD22	1.108	D	13.5	14.025	1.50	15.525	15.0	3.9
TV	SLIBD21	1.108	D	13.5	13.35	1.50	14.85	10.0	-1.1
	Februari 2004								
TW	SLIBD32	1.108	D	13.5	12.525	3	15.525	15.0	-7.2
TX	SLIBD31	1.108	D	13.5	11.85	3	14.85	10.0	-12.2
TY	SLIBD33	1.108	D	13.5	14.05	3	17.05	26.3	4.1
TZ	SLIBD34	1.108	D	13.5	14.825	3	17.825	32.0	9.8
	April 2004								
SZ	SLIBD34	1.108	E	15.5	14.825	3	17.825	15.0	-4.4
SY	SLIBD33	1.108	E	15.5	14.05	3	17.05	10.0	-9.4

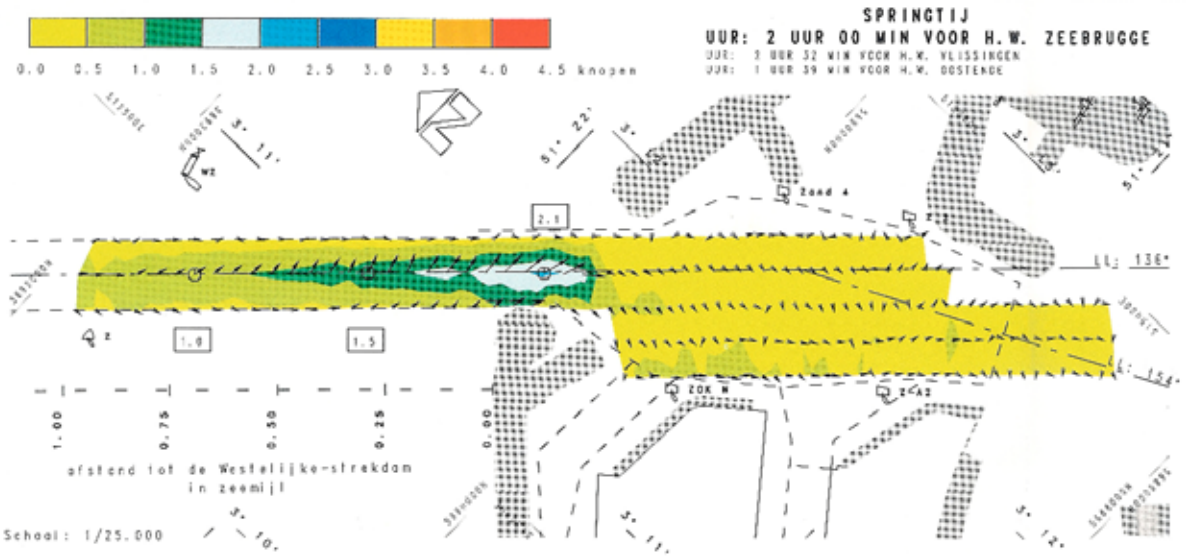
BIJLAGE 6

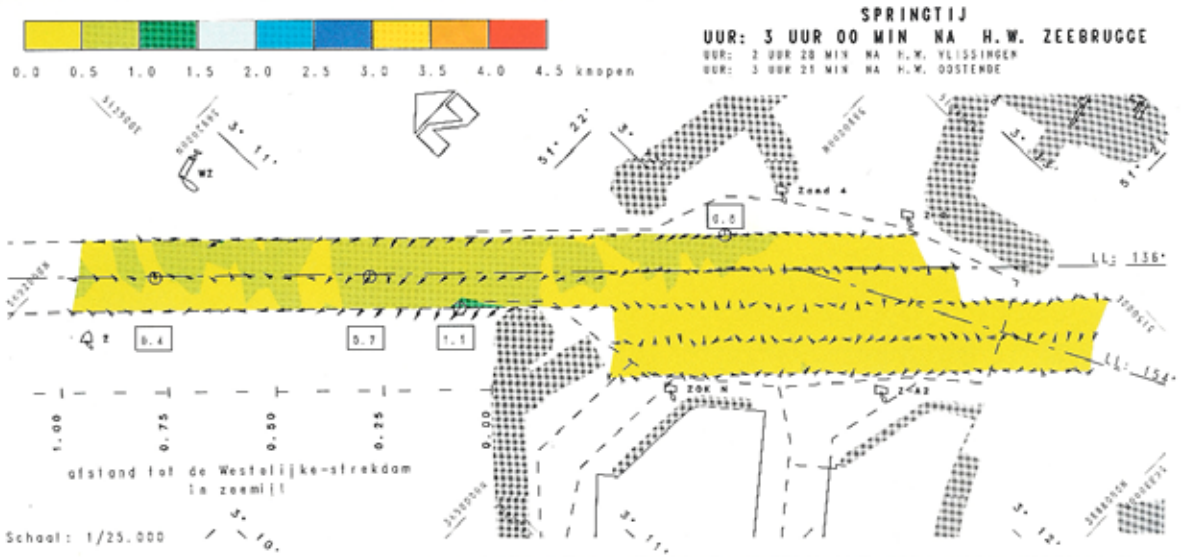
STROMINGSPATRONEN HAVEN VAN ZEEBRUGGE

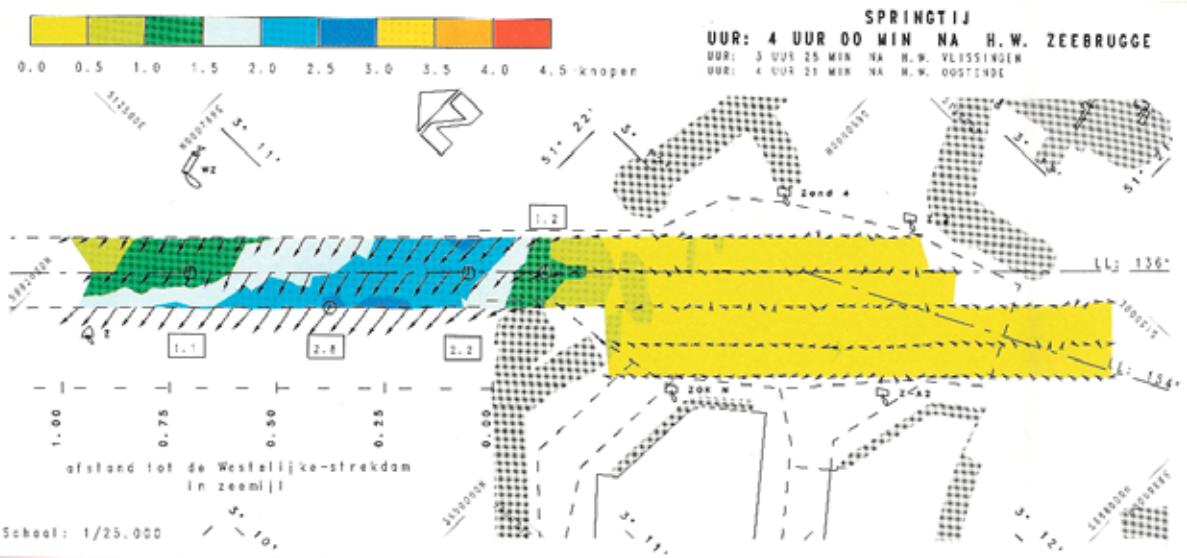
STROMINGSPATRONEN HAVEN VAN ZEEBRUGGE BIJ SPRINGTIJ[1]

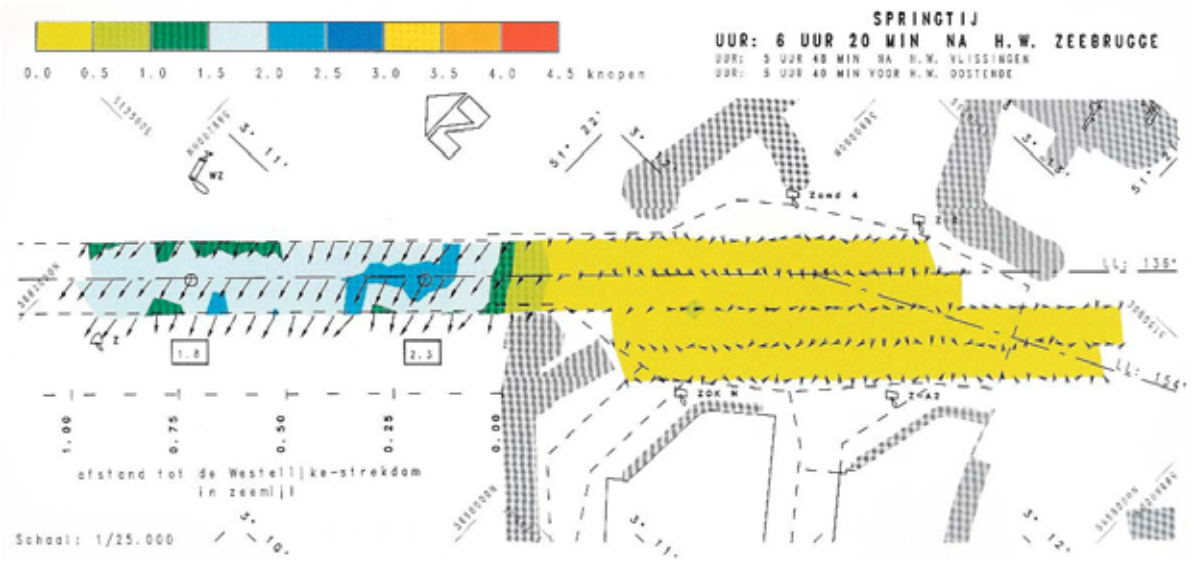


[1] Stroomatlas, Haven van Zeebrugge, 1998, MVG, LIN, AWZ, WWK, Hydrografie.


SPRINGTIJ
UUR: 2 UUR 00 MIN VOOR H.W. ZEEBRUGGE
UUR: 3 UUR 32 MIN VOOR H.W. VLISSINGEN
UUR: 1 UUR 39 MIN VOOR H.W. OOSTENDE
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 knopen
Zand 4
ZOK N
LL: 136°
LL: 154°
afstand tot de Westelijke-strekdam in zeemijl
Schaal: 1/25.000


SPRINGTIJ
UUR: 3 UUR 00 MIN NA H.W. ZEEBRUGGE
UUR: 3 UUR 28 MIN NA H.W. VLISSINGEN
UUR: 3 UUR 21 MIN NA H.W. OOSTENDE
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 knopen
Zand 4
ZOK N
LL: 136°
LL: 154°
afstand tot de Westelijke-strekdam in zeemijl
Schaal: 1/25.000


SPRINGTIJ
UUR: 4 UUR 00 MIN NA H.W. ZEEBRUGGE
UUR: 3 UUR 25 MIN NA H.W. VLISSINGEN
UUR: 4 UUR 21 MIN NA H.W. OOSTENDE
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 knopen
Zand 4
ZOK N
LL: 136°
LL: 154°
afstand tot de Westelijke-strekdam in zeemijl
Schaal: 1/25.000


SPRINGTIJ
UUR: 6 UUR 20 MIN NA H.W. ZEEBRUGGE
UUR: 5 UUR 40 MIN NA H.W. VLISSINGEN
UUR: 5 UUR 40 MIN VOOR H.W. OOSTENDE
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 knopen
Zand 4
ZOK N
afstand tot de Westelijke-strekdam in zeemijl
1.00 0.75 0.50 0.25 0.00
Schaal: 1/25.000

BIJLAGE 7

VRAGENLIJST REAL-TIME SIMULATIES

EVALUATIE PER VAART

Naam loods	Gewenningsvaart		Reeks
	JA	NEEN	

Conditie

Opvaart	Zwaaien		Aanmeren		Vertrekpositie:	Afvaart	Opvaart naar FCT
	JA	NEEN	JA	NEEN			

Vooraf: hoe gaat U het manoeuvre uitvoeren?

A. Beoordeling resultaat

Wat vond u van het manoeuvre? Werd de opdracht uitgevoerd zoals gepland? Zo niet: waarom niet?

1.gelukt met veel reserve ☐	Commentaar:
2.gelukt met voldoende reserve ☐	
3.gelukt met weinig reserve ☐	
4.ten einde gebracht met incidenten (geen schade) ☐	
5.niet gelukt met schade ☐	
6.niet gelukt / opgegeven ☐	

B. Beoordeling moeilijkheidsgraad van de vaart (op de simulator)

1. vlot uitvoerbaar	☐	4. het was moeilijk	☐
2. normaal uitvoerbaar	☐	5. het was uiterst moeilijk, riskant	☐
3. meer dan normale moeilijkheid	☐	6. onuitvoerbaar	☐

C. Beoordeling uitvoerbaarheid manoeuvre in Zeebrugge

Is dit manoeuvre - zoals u het op de simulator uitvoerde - ook veilig uitvoerbaar in Zeebrugge?

JA ☐ ga verder met **D**

NEE ☐ indien het een gewenningsvaart is ga naar **E,** anders ga naar **F**

D. Wat is er belangrijk voor dit manoeuvre

Welke van volgende parameters is het meest kritisch en zou bij verslechtering het manoeuvre onuitvoerbaar maken? Nummer de onderdelen in volgorde van belangrijkheid (1=belangrijkst)

onderdeel	nummer belang	Was er op dit onderdeel nog voldoende reserve?
wind (kracht, richting)		
tijstroming		
waterdiepte (sliblaag, tijstand)		
schip (uitrusting, diepgang)		
sleepboten (aantal, type, trekkracht)		
andere		

Ga verder naar **G**

E. Waarom zou U dit manoeuvre in Zeebrugge niet zo uitvoeren?

Heeft dit wat te maken met een verschil tussen werkelijkheid en simulatie?

NEE ☐ ga naar **F**

JA ☐ ga naar **H**

F. Wat moet er gebeuren om het toch mogelijk te maken?

Zijn hierbij bijzondere voorwaarden te vervullen op gebied van sleepboten, schip (roer/schroef/boegschroef), tijstroming, wind, waterpeil, baggerwerken,… om het manoeuvre wel mogelijk te maken? **Nummer** uw opmerkingen in volgorde van belangrijkheid, en leg uit.

onderdeel	nummer	Welke voorwaarde voor dit onderdeel opdat het manoeuvre uitvoerbaar zou zijn?
wind (kracht, richting)		
tijstroming		
waterdiepte (sliblaag, tijstand)		
schip (uitrusting, diepgang)		
Sleepboten (aantal, type, trekkracht)		
andere		

G. Commentaar op het onderzoek

Zijn er andere situaties die u nog zou onderzoeken?

Ga verder naar **I**

H. Kwaliteit van de simulatie / simulator

Hebt u opmerkingen over de simulator en de simulatie?

Quotering van A = zeer goed, B = goed, C = voldoende, D = onvoldoende, E = ronduit slecht

onderdeel	quotering	Waarom geeft u deze quotering? Wat vindt u hieraan goed of slecht?
realisme buitenbeeld		
realisme scheepsgedrag		
realisme sleepboot-assistentie		
realisme radar		
andere		

I. Ander commentaar

BEDANKT VOOR UW MEDEWERKING!

BIJLAGE 8

VRAGENLIJST REAL-TIME SIMULATIES: ANTWOORDEN LOODSEN

TABEL B8.1 LOODSEN DIE DEELNAMEN AAN HET REAL-TIME SIMULATIEPROGRAMMA

- Beyen M.
- Callebout R.
- Chesterman W.
- Defurne H.
- Ducheyne A.
- Duquet S.
- Mahieu P.
- Pollen E.
- Reynders D.
- Reyns A.
- Snykers F.
- Soete C.
- Van Laere J.P.
- Van Wezemael P.
- Verlinde I.

TABEL B8.2 ANTWOORDEN LOODSEN OP VRAGEN ENQUETEFORMULIER

Loods	Vaart	A	B	C	D						E	F						H				
					wind	tij	diepte	schip	slepers	andere		wind	tij	diepte	schip	slepers	andere	beeld	schip	slepers	radar	andere
B	18	2	2	J	4	5	2	1	3	-	?	-	-	-	-	-	-	B	C	C	B	-
C	19	2	4	J	-	2	1	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	A	B	-
B	20	2	3	J	5	4	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	B	-
B	21	3	3	J	5	4	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	C	B	B	-
C	22	2	3	J	-	-	1	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-	A	B	A	B	-
C	23	3	5	N	-	-	1	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	B	B	A	B	-
B	24	3	3	J	5	4	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	C	B	B	-

Loods	Vaart	A	B	C	D						E	F						H				
					wind	tij	diepte	schip	slepers	andere		wind	tij	diepte	schip	slepers	andere	beeld	schip	slepers	radar	andere
A	25	2	2	J	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	A	B - C	A	A	-
D	26	2	2	J	5	4	2	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	A	B	B
E	27	3	2	J	5	1	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	C	D - A	B	B	-
D	28	4	4	J	5	4	1	2	3	-	J	-	-	-	-	-	-	B	D	D	B	-
E	32	4	6	N	-	-	-	-	-	-	-	4	1	2	3	5	-	C	B	B-C	B	-
A	33	2	4	N	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	1	-	A	B	A	A	-
D	29	4	5	N	-	-	-	-	-	-	-	5	4	1	3	2	-	B	B	C	B	-
E	30	2	2	J	-	-	3	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	34	2	2	J	4	5	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	35	3	3	J	2	4	3	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	C	B	-
G	36	3	2	J	2	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	A	-
F	37	3	3	J	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	C	B	-
G	38	3	4	J	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	A	-
F	39	5	4	N	-	-	-	-	-	-	N	3	-	1	-	2	-	B	B	B-C	B	-
G	40	2	2	J	-	-	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	A	-
A	41	3	5	N	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	3	1	-	A	A	A	B	-
F	43	2	2	J	1	-	2	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B-C	B	-
H	44	1	2	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-
I	45	3	4	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	B	B	-
A	46	3	4	N	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2	3	1	-	B	A	A	A	-
H	47	3	5	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	48	3	3	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	-	-	-	-	-	-
H	49	2	2	J	2	-	1	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	50	2	2	J	-	-	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	51	2	3	J	-	3	3	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	B	-
J	52	1	2	J	3	1	2	5	4	6	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	B	-
K	53	3	5	N	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
J	54	2	2	J	4	3	1	5	2	6	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	B	-
K	56	2	2	J	3	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	57	2	3	J	2	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	B	-
J	58	1	1	J	1	4	3	5	2	6	-	-	-	-	-	-	-	B	A	B	B	B

Loods	Vaart	A	B	C	D						E	F						H				
					wind	tij	diepte	schip	slepers	andere		wind	tij	diepte	schip	slepers	andere	beeld	schip	slepers	radar	andere
K	59	3	2	J	2	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	60	2	2	J	2	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	B	-
J	61	3	5	N	-	-	-	-	-	-	-	4	3	1	5	2	6	B	A	A	B	-
A	62	1	1	J	2	1	5	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	63	2	4	J	4	4	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	A	-
L	64	2	2	J	4	5	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	65	4	3	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-
L	66	2	2	J	-	-	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	67	3	4	J	5	1	2	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	A	-
L	68	3	4	J	-	-	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	B	-
A	69	5	5	N	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-	B	A	A	A	-
M	70	2	1	J	2	3	1	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	A	A	-
A	71	2	3	J	5	1	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	A	-
N	74	2	2	J	3	2	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	A	A	-
M	75	2	2	J	2	5	1	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	A	-
M	76	2	2	J	3	2	1	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	A	-
N	77	3	5	N	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	B	-
M	78	2	2	J	1	-	2	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	A	-
N	79	6	6	N	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	-	-	-	C	B	B	B	-
O	80	2	1	J	4	-	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	B	-
B	81	2	2	J	5	4	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	B	-
O	82	2	2	J	4	-	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	B	-
O	83	1	1	J	2	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C	B	B	B	-
B	85	3	3	J	2	5	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	B	B	B	B	-
O	87	3	3	J	2	-	3	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	88	3	4	J	1	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	B	-

TABEL B8.3 BIJKOMEND COMMENTAAR OP ENQUETEFORMULIER

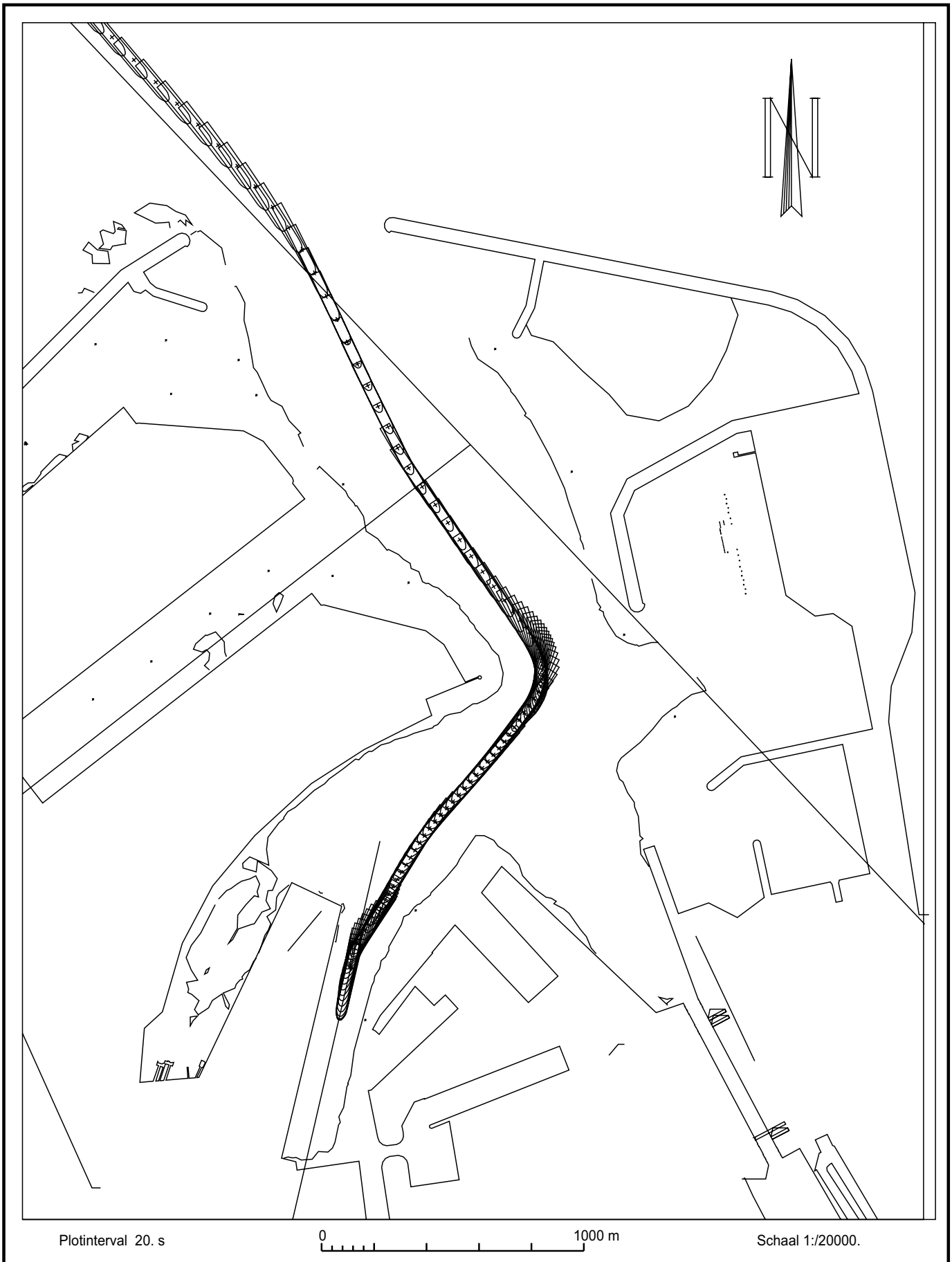
Loods	Vaart	Commentaar
B	18	manoeuvre uitgevoerd zoals gepland, best met boegschroef, graag effect van aantal en kracht sleepboten
C	19	binnenlopen te moeilijke sturing, gemakkelijker met boegschroef, schip zou beter moeten sturen
B	20	geen reserve op waterdiepte en sleepboten, met boegschroef beter
B	21	enkel mogelijk bij goed weer, geen reserve op omgeving en sleepboten, boegschroef zou nuttig zijn, stuurgedrag anders dan in werkelijkheid ter hoogte van dammen
C	22	manoeuvre is mogelijk, met bijkomende moeilijkheid (wind, schepen) wordt het zeer moeilijk en zeer traag manoeuvre
C	23	voorste sleepboot bijna constant 100%, zwaardere sleepboten nodig, andere aangemeerde schepen ware onmogelijk
B	24	machine moest half achteruit gezet worden en de sleepboten volle kracht om de oude kop te ronden, dus geen reserve op waterdiepte of sleepboten, stuurgedrag niet 100% reëel, boegschroef?
A	25	minimaal 2 sleepboten nodig
D	26	loods wordt ziek bij het naar beneden draaien van het beeld, niet realistisch dat je direct van vol vooruit naar vol achteruit kan, groene boeien worden rood bij het verdraaien van het beeld
E	27	schip stuurt niet goed bij het binnenvaren van de geul, realisme schip krijgt D voor invaren geul
D	28	te weinig vermogen sleepboten in vergelijking met werkelijkheid, schip is te zwaar en kan niet afgeremd worden
E	32	teveel stroming, sleepbootassistentie eigenlijk te goed en te rap van SB naar BB, schip deint in de haven en is tekenfilmachtig
A	33	dwarse beweging naar kaai is problematisch, zeker als er nog andere schepen liggen, drie sleepboten nodig, aanloop pas van het zand?; boegschroef effect? Het schip begint laat te driften, maar valt dit nog te stutten?
D	29	geen opbouw van snelheid, kan nooit veilig uit de haven geraken om de stroom te compenseren
E	30	bijna geen reserve op de sleepboten, invaren van de haven bij verschillende weersomstandigheden?
D	34	vaart niet beëindigd wegens tijdsgebrek
F	35	sleepboten bijna continu op volle kracht, invaren pas van het Zand niet zo goed als in werkelijkheid, is de stroom voor de haven goed gesimuleerd?
G	36	volle vermogen van de sleepboten is nodig
F	37	minimum twee sleepboten nodig om uit te varen, staat er zo lang stroom op de boeg bij het uitvaren van de nieuwe havendammen?
G	38	schip heeft weinig koersstabiliteit en is weinig voorspelbaar, twee sleepboten zeker nodig
F	39	reeds draaimanoeuvre volledig eruit moeten halen om te draaien; uit het oog verloren dat vaart achteruit kreeg, zwaaimanoeuvre OK, maar achteruit naar kaai schip onvoorspelbaar en niet meer te controleren, meer sleepkracht nodig, sterke neiging om boeg naar BB te duwen
G	40	geen schroefeffect wanneer machine op achteruit staat, minder water zou het manoeuvreergedrag onbetrouwbaarder maken
A	41	manoeuvre ligt in handen van de sleepboten, wat als de tros breekt? Minimum 2 krachtige sleepboten nodig, bij sterkere wind, drie of vier. Bij koplast van het schip onmogelijk; dieptezicht in realiteit beter
F	43	vlot manoeuvre, nog een klein beetje reserve met achterste sleepboot
H	44	overal voldoende reserve, dieptezicht niet goed

Loods	Vaart	Commentaar
I	45	schip stuurt zeer slecht, we moeten te veel vaart aanhouden om goed te kunnen sturen, moeilijk manoeuvreerbaar, kleinere sliblaag en boegschroef zouden beter zijn, snellere reacties in wekelijkheid, slecht dieptezicht
A	46	schip reageert onvoorspelbaar, manoeuvre duurt zeer lang, blijven sturen en afremmen met twee slepers achter aangewezen, sowieso derde sleepboot vereist, meer waterstand vereist voor loodsen, boeg- en hekschroef nodig, schip zelf niet manoeuvreerbaar
H	47	maximum gevergd van de sleepboten, 3 of 4 nodig, zeer gevaarlijk manoeuvre indien andere schepen aangemeerd, schip moeilijk te stoppen en te controleren, heel riskant, wat indien veel wind?
I	48	vaartuig manoeuvreert zeer moeilijk, zeer moeilijk om snelheid op te bouwen om de stroming op te vangen, boegschroef en meer waterdiepte nodig
H	49	loods heeft last met dieptezicht op de simulator, uit een verloren positie heeft hij zich kunnen redden, dus voldoende reserve op alle vlakken
I	50	manoeuvre kan normaal uitgevoerd worden, met enige vertraging qua rondzwaaien ter hoogte van oude strekdam, 2 sleepboten voldoende, boegschroef zou positief effect hebben, dikker slib verhoogt de traagheid
A	51	snelheid bij ronden oude havendam is faliekant, uitvaarsnelheid beperkt bij volle vloed, beter wachten tot 20 min na hoog water, waterdiepte beperkt de snelheidsopbouw, manoeuvre is tijdrovend, wel reserve op kracht, in realiteit betere stuureigenschappen in Pas van Zand
J	52	voldoende reserve op alle onderdelen, sim weinig detail, donker beeld, zeer log manoeuvrerend schip, sleepboten reageren te vlug
K	53	zwaai van de stroom aan de kop praktisch niet op te vangen in deze situatie
J	54	geen reserve op waterdiepte
K	56	weinig reserve op de diepte, geen reserve op de sleepboten, manoeuvre zeer traag en tijdrovend
A	57	schip is weinig koersstabiel bij snelheid opvoeren, snelheidsopbouw net voldoende, twee sterke sleepboten nodig, wat is het effect van de wind?
J	58	in deze conditie kan het schip aanvaardbaar snel gezwaaid worden, ook het stuurgedrag is aanvaardbaar, op alle onderdelen voldoende reserve
K	59	volle kracht van de slepers nodig bij ronden kop, weinig reserve op slepers en waterdiepte
A	60	snelheid schip langzaam, 2 sleepboten nodig, tenzij krachtige boegschroef
J	61	als er een sleeptros breekt wordt dit een incident, te weinig snelheid aan de nieuwe dammen, meer kielspeling, minder stroom en krachtiger sleepboten nodig
A	62	indien boegschroef geen tweede sleepboot nodig, dieptezicht sim kan beter
A	63	afremmen voor zwaaimanoeuvre noodzakelijk, 2 krachtige sleepboten nodig
L	64	twee krachtige sleepboten
A	65	men heeft niet de indruk dat het schip geloodst wordt
L	66	boegschroef niet overbodig, 2 sterke sleepboten nodig
A	67	snelheid aan de nieuwe havendammen ligt op het randje, risico dat men buiten Pas van het Zand drijft is er groot, in de haven is er voldoende reserve. 2 krachtige sleepboten nodig, manoeuvre verloopt traag. Goede stuureigenschappen, slechte snelheidsontwikkeling
L	68	achteruit is het gedrag onstabiel, krachtige boegschroef en krachtige sleepboten nodig, het buitenbeeld van de sim vergt enige gewenning
A	69	schip haalt onvoldoende snelheid en strandt, niet koersvast bij lage snelheid, minder tij en krachtiger sleepboten nodig
M	70	overal voldoende reserve, graag meer wind

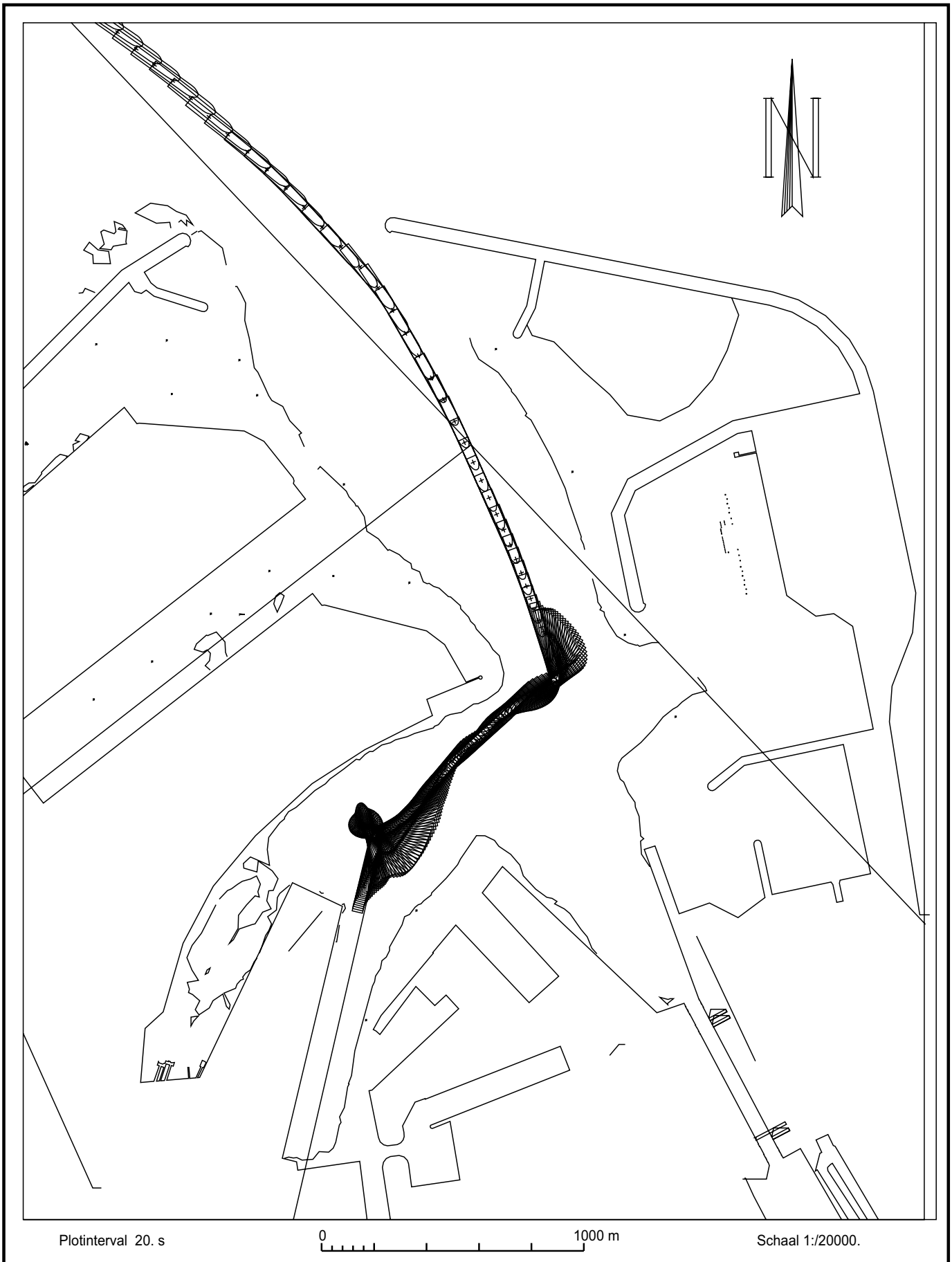
Loods	Vaart	Commentaar
A	71	stroming aan havenhoofd bijna niet op te vangen, er moet zeker een stroomvenster toegepast worden, het schip moet betere vaareigenschappen hebben en krachtige sleepboten zijn nodig voor het zwaaimanoeuvre
N	74	vaartuig moeilijk manoeuvreerbaar, gebruik boegschroef zou simulatie iets realistischer maken, moeilijk om afstanden in te schatten op buitenbeeld, vaartuig geweldig log, sleepbootassistentie en radar voortreffelijk
M	75	schip bouwt zeer moeilijk snelheid af, meer wind komt frequent voor, zwaardere sleeboten zouden manoeuvre vereenvoudigen, 3-D buitenbeeld?
M	76	schip moet voldoende snelheid kunnen opbouwen om de stroom op te vangen
N	77	vaartuig slecht te besturen, reageert traag op roerbevelen, te weinig kielspeling, boegschroef zou welkom zijn, SIM: afstanden slecht in te schatten, sleepboten reageren in werkelijkheid trager
M	78	manoeuvre duurt ontzettend lang, zwaardere sleepboten welkom
N	79	snelheid kan niet vlug genoeg opgebouwd worden, bij grotere wind geraakt men niet van de kaai
O	80	graag meer wind
B	81	geen reserve op waterdiepte of sleepboten
O	82	sleepbootcommunicatie is primordiaal, graag meer wind
O	83	graag meer wind
B	85	een derde sleepboot duwt na zwaaimanoeuvre, geen reserve op wind
O	87	gebruik gemaakt van 2 45 ton sleepboten, wat wel de limiet is om het manoeuvre uit te voeren, wordt normaal met drie slepers uitgevoerd, sim: slepers te vlug aan- of afgekoppeld
A	88	vrijkomen van kade vereist supplementaire sterke boegschroef of derde sleper, randgeval om met twee slepers van 45 ton uit te voeren

BIJLAGE 9

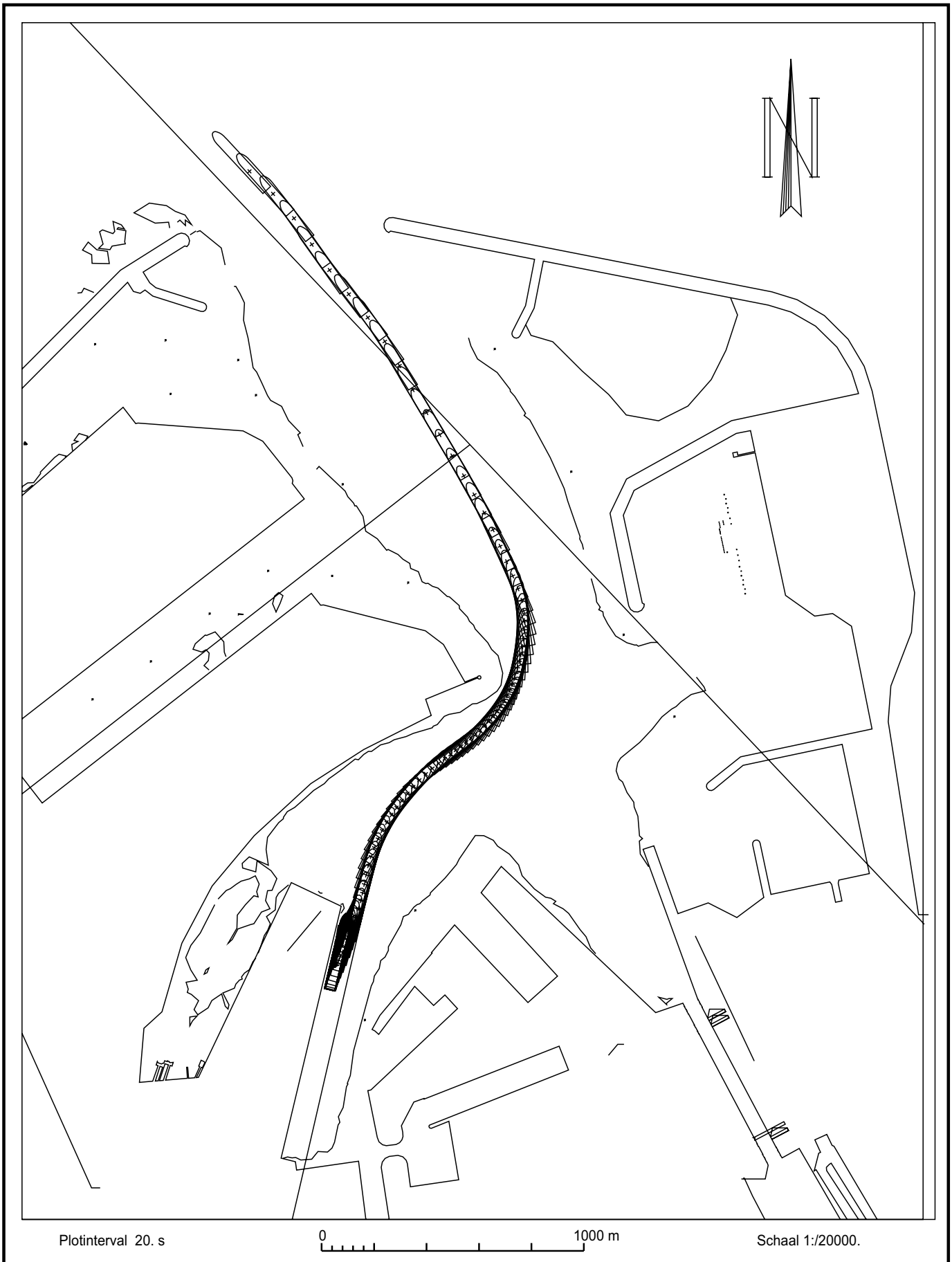
REAL-TIME SIMULATIES: PLOTS VAN DE UITGEVOERDE VAARTEN



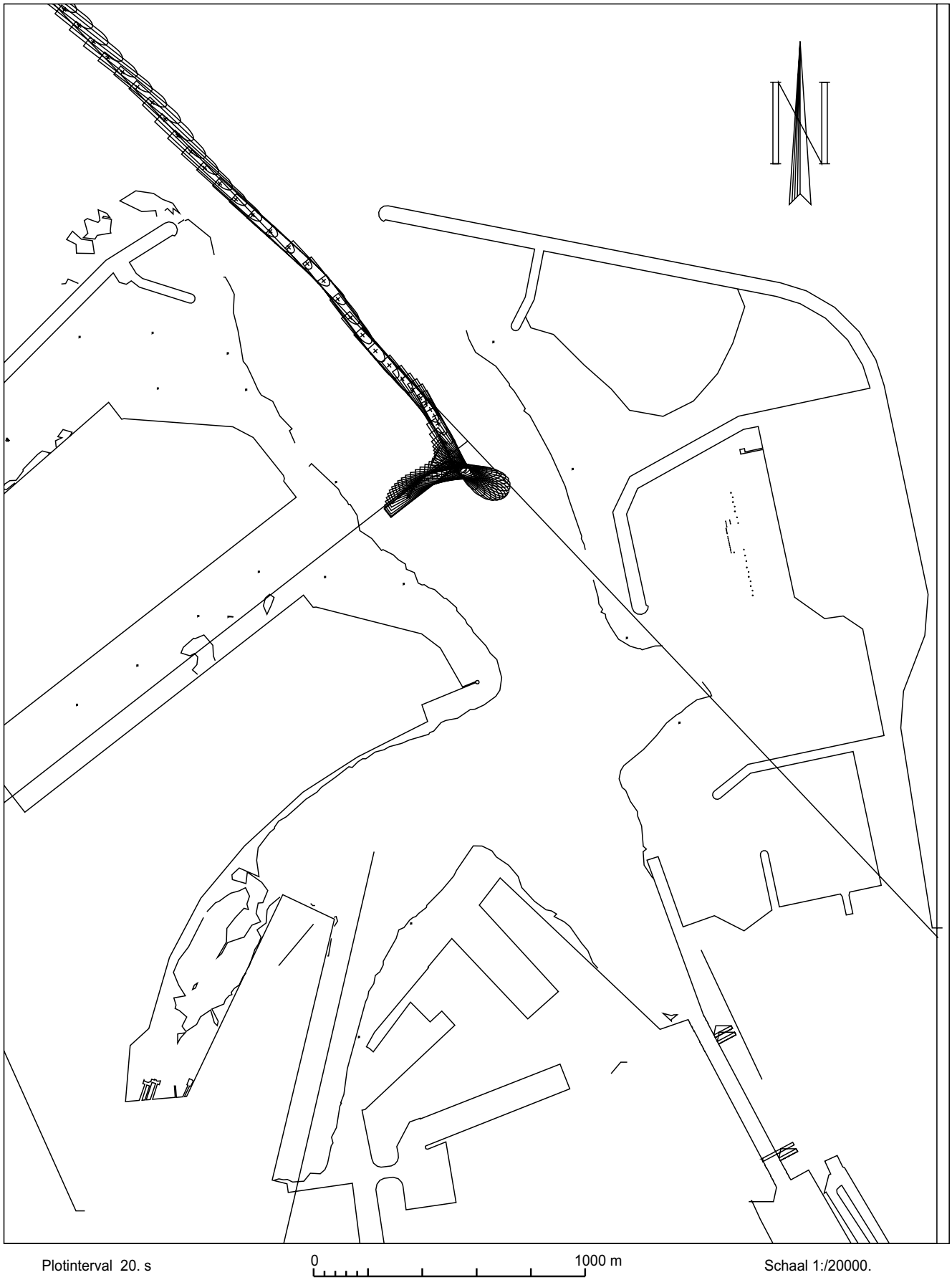
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 207	ZW4BF 2h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 018 Datum :2004-04-19 vaste bodem 32%ksp



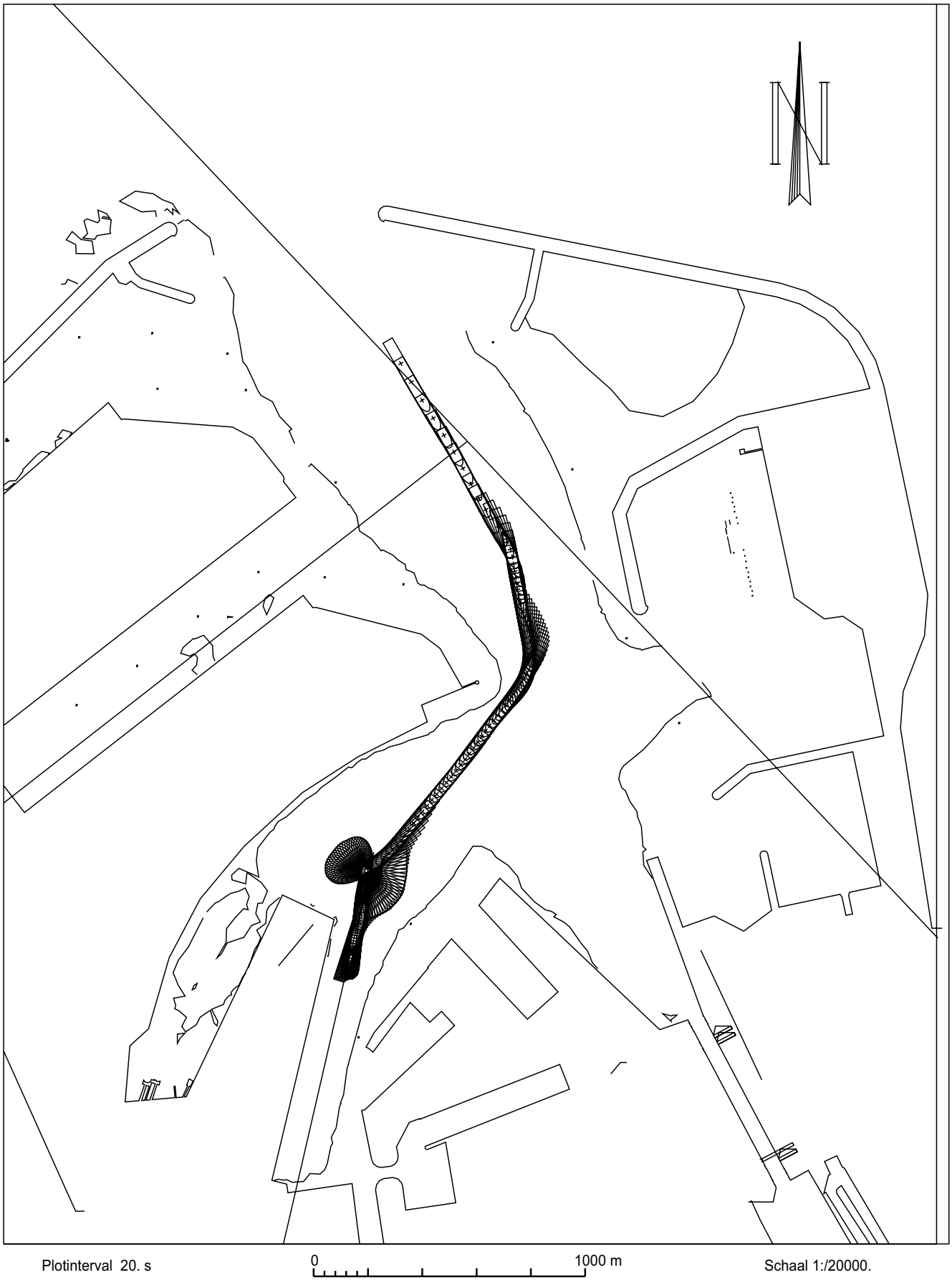
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 207	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 019 Datum :2004-04-19 slibC 15%ksp 9.4%top slib



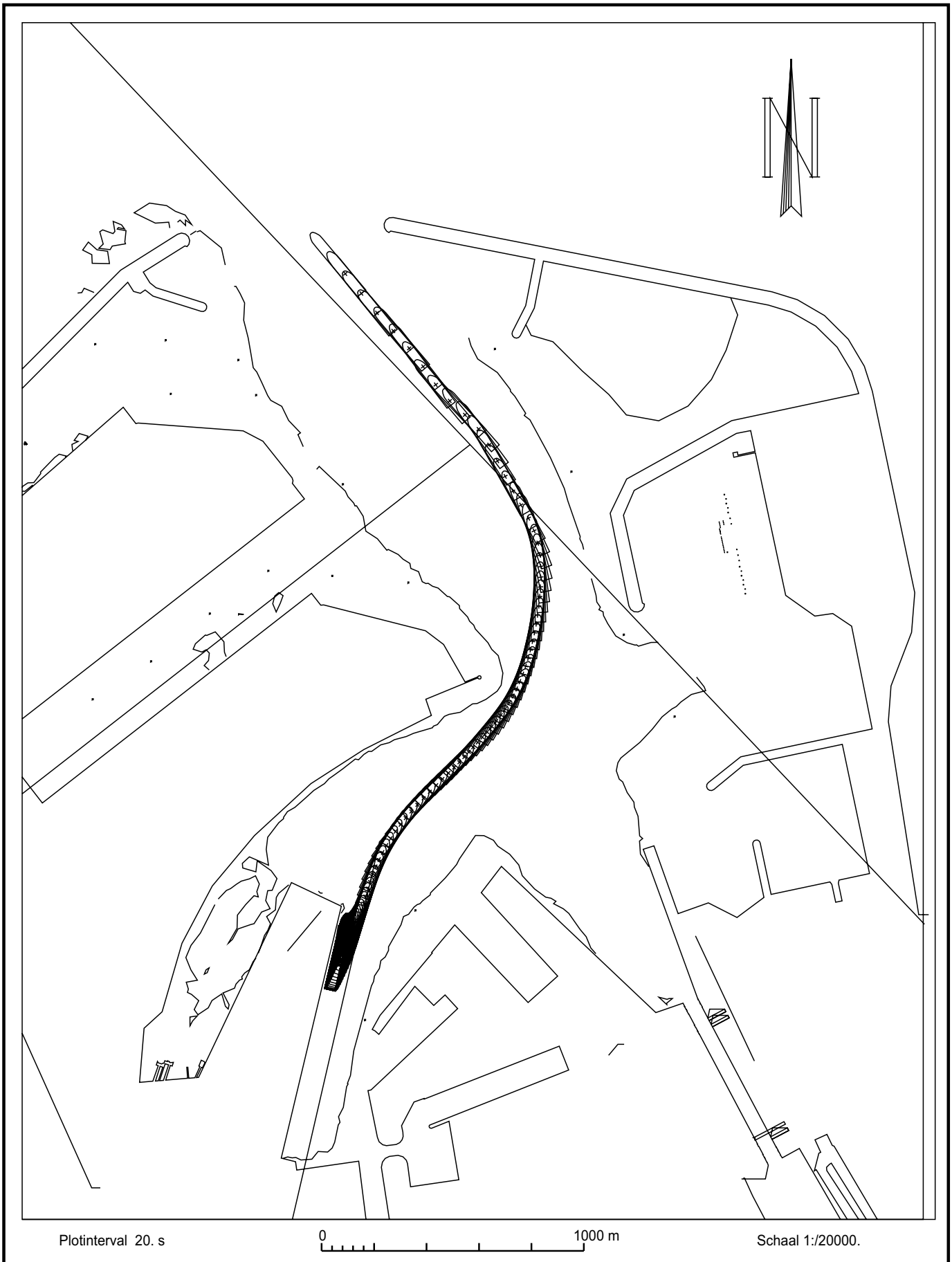
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2X45 Vaart nr.: 020 Datum :2004-04-19 slibC 15%ksp 9.4%top slib



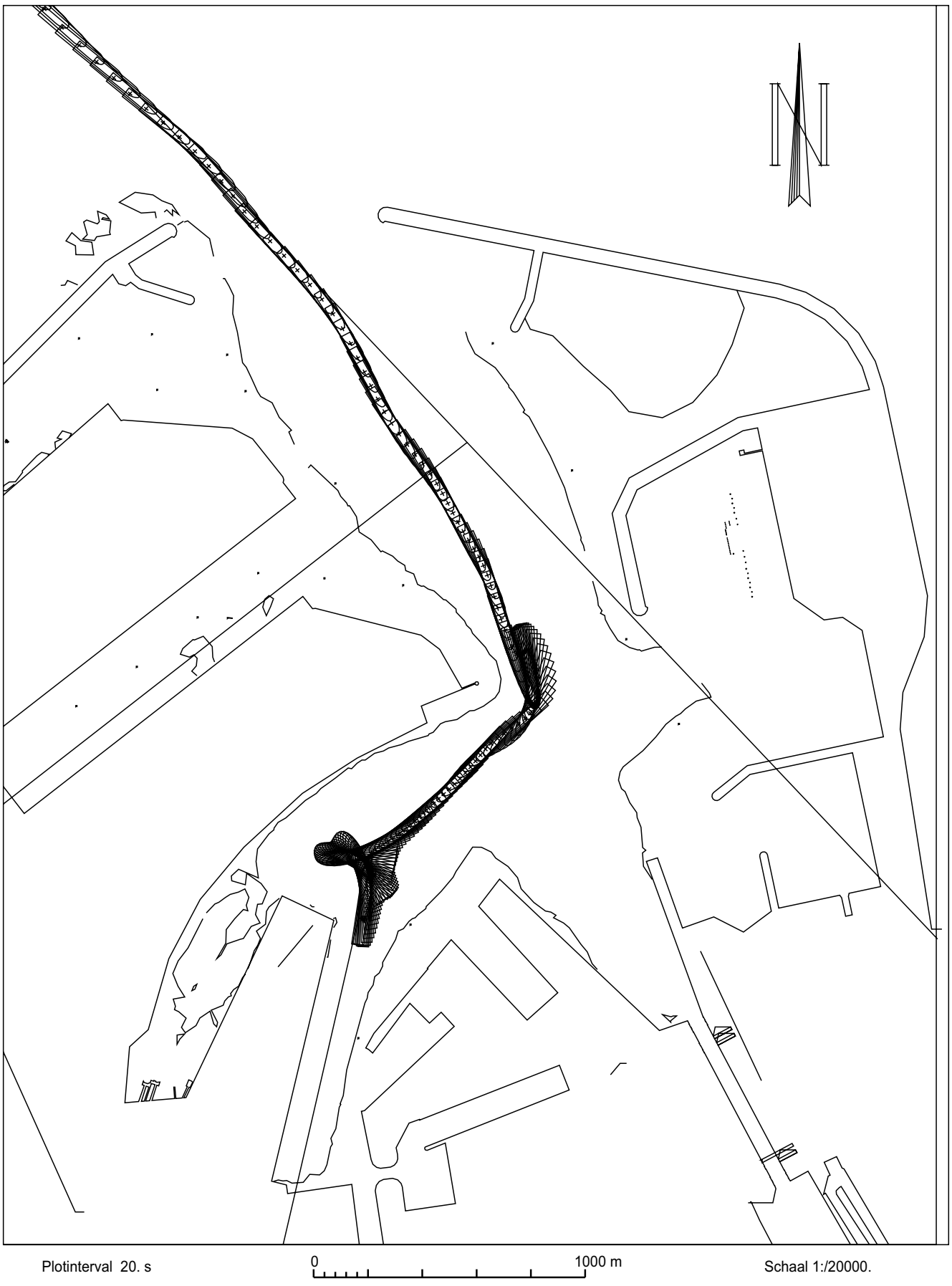
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 207	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 021 Datum :2004-04-19 slibC 15%ksp 9.4%top slib



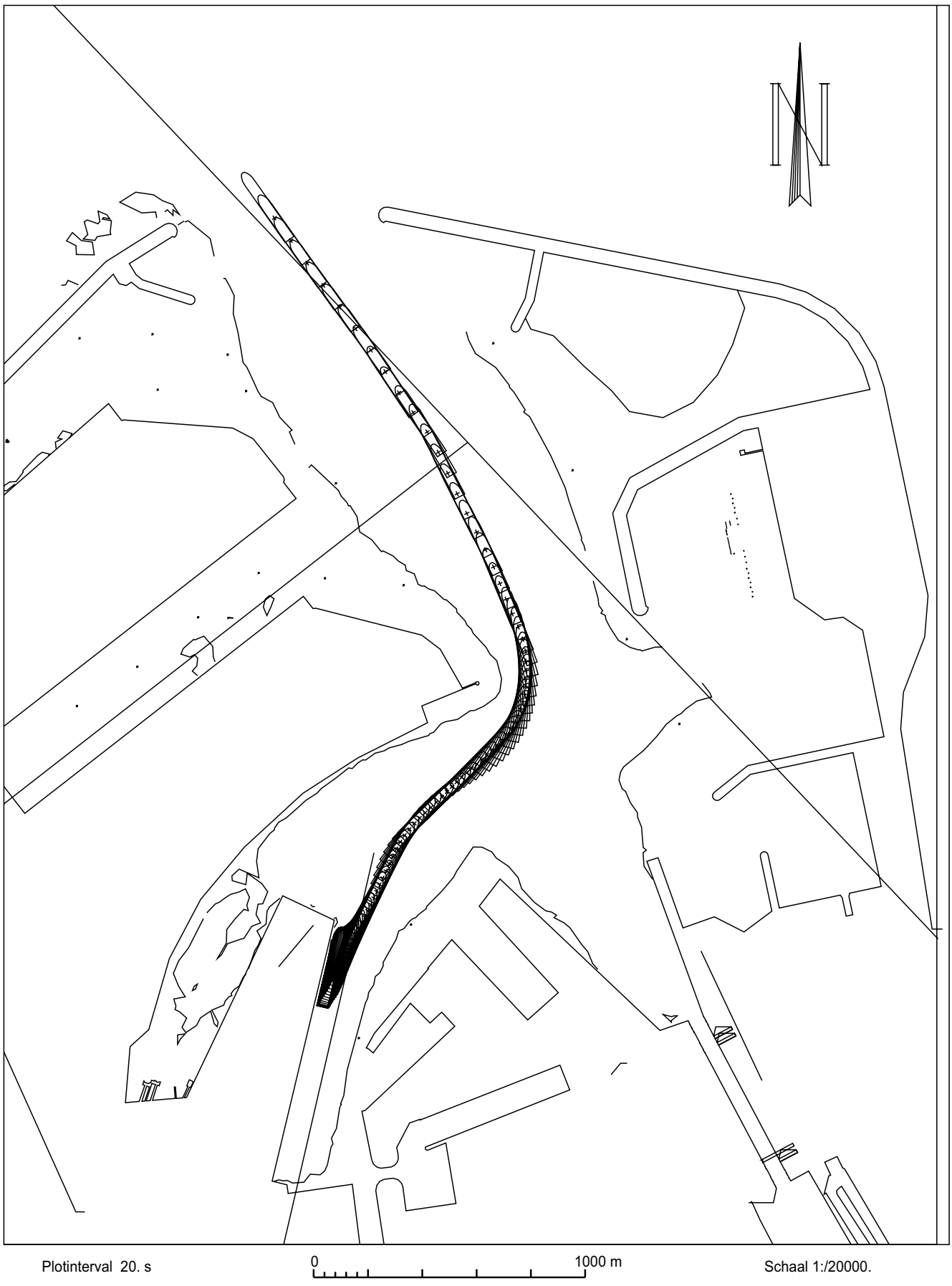
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 022 Datum :2004-04-19 slibE 10%ksp -1.1%top slib



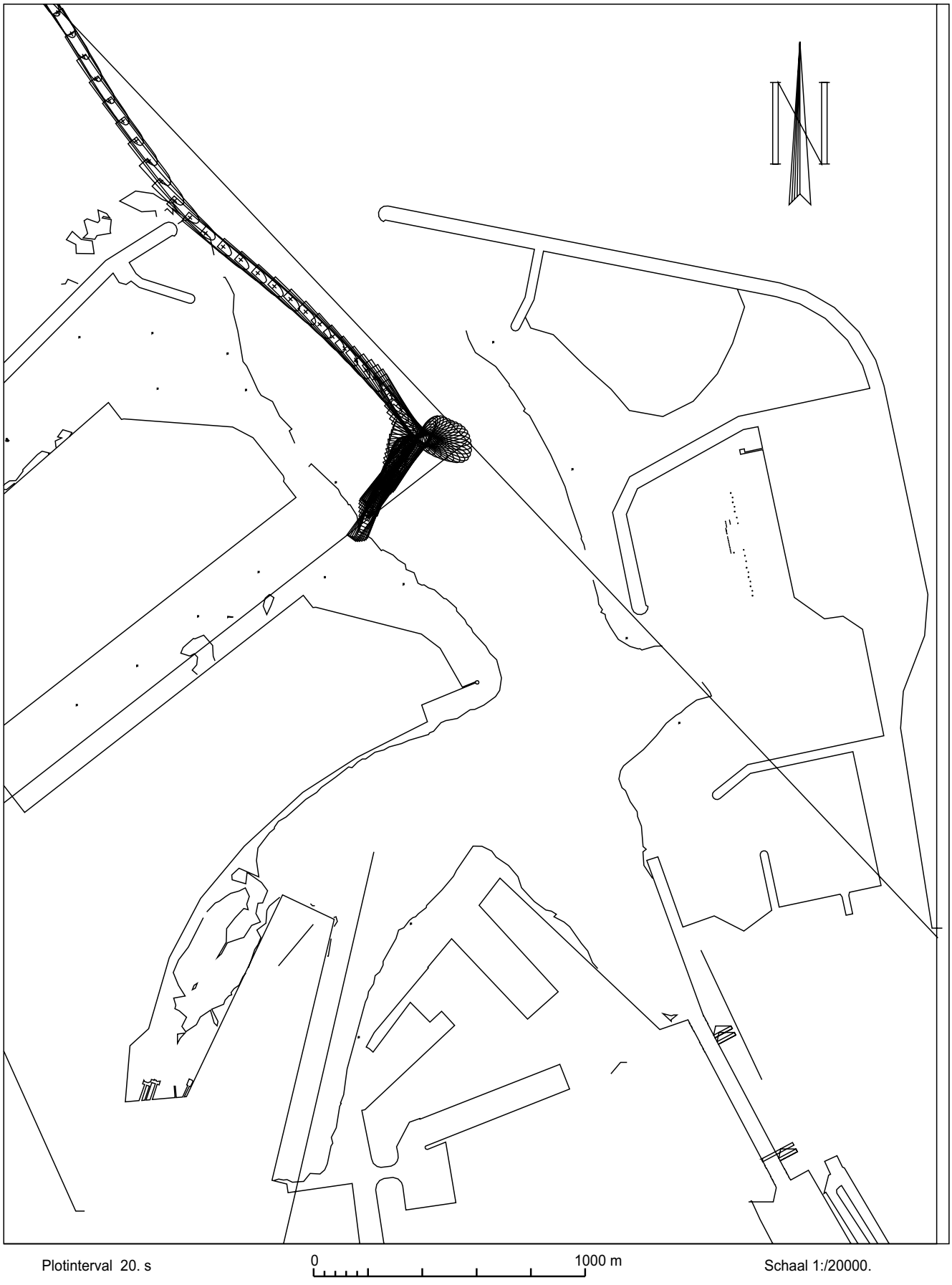
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 023 Datum :2004-04-19 slibE 10%ksp -1.1%top slib



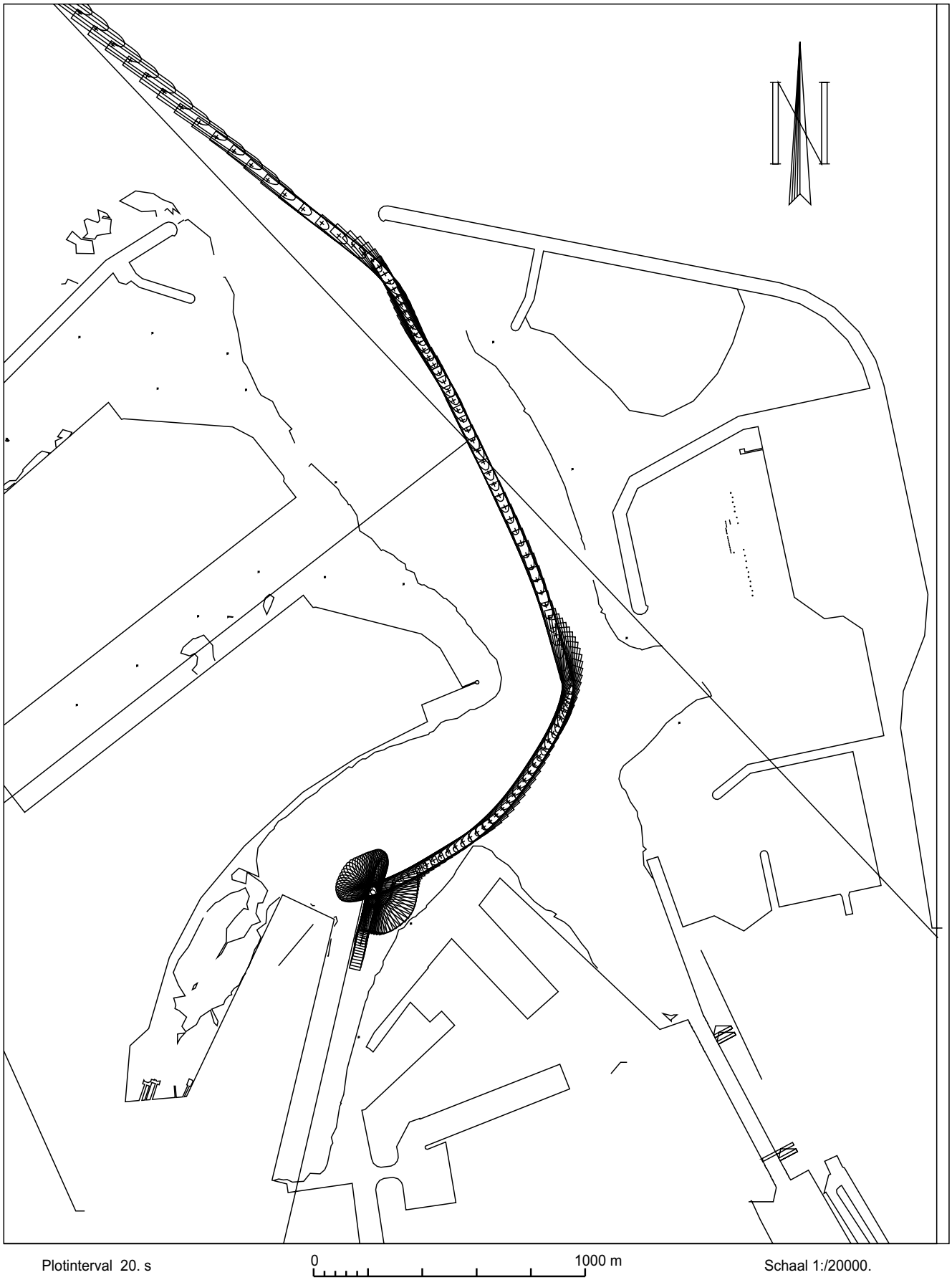
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 024 Datum :2004-04-19 slibD 15%ksp -7.2%top slib



RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 025 Datum :2004-04-19 slibD 15%ksp -7.2 top slib

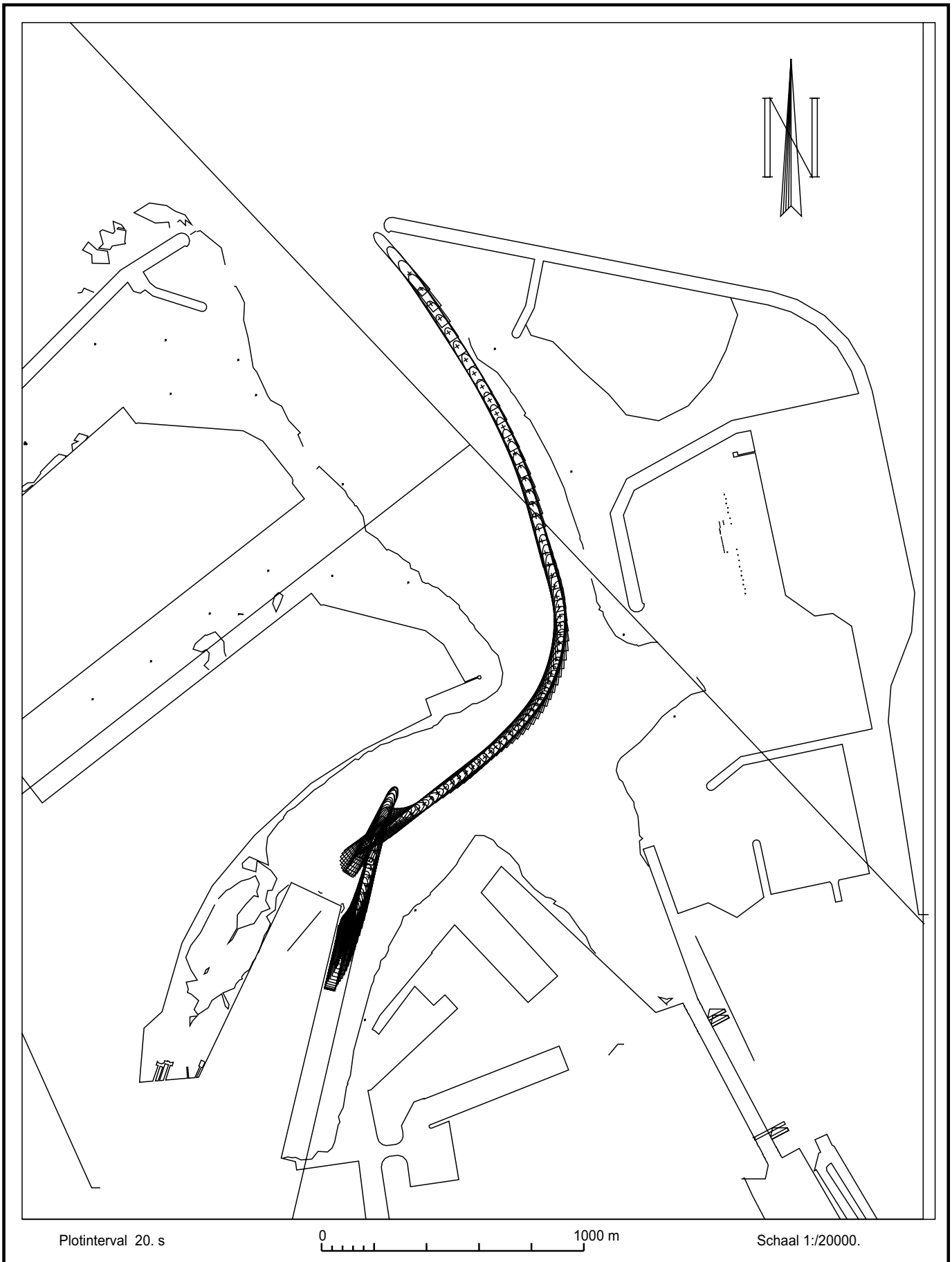


RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 3h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 026 Datum :2004-04-20 vaste bodem 32%ksp

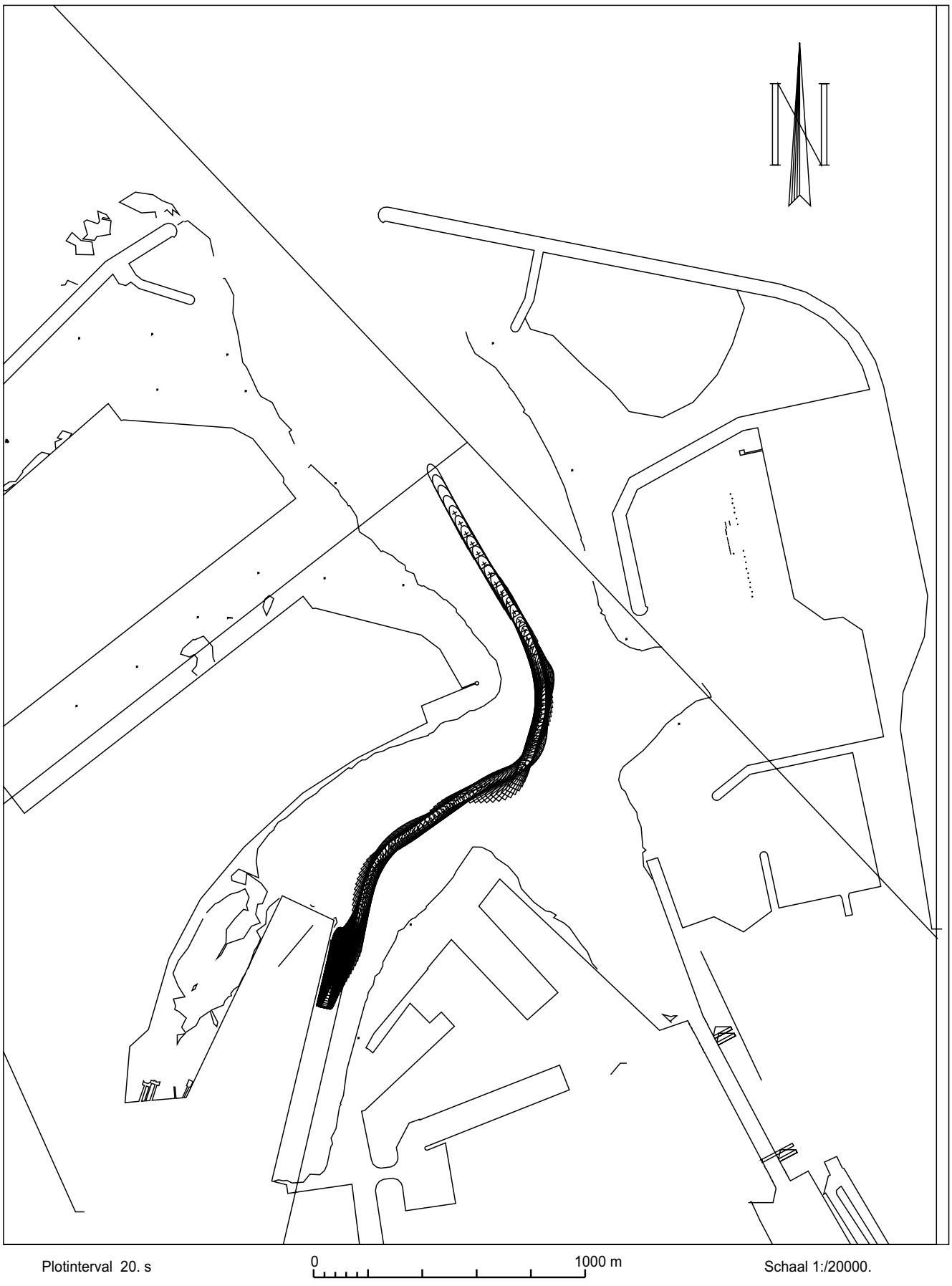


RealTime Simulatie
Opvaart Scheur naar kaai 205

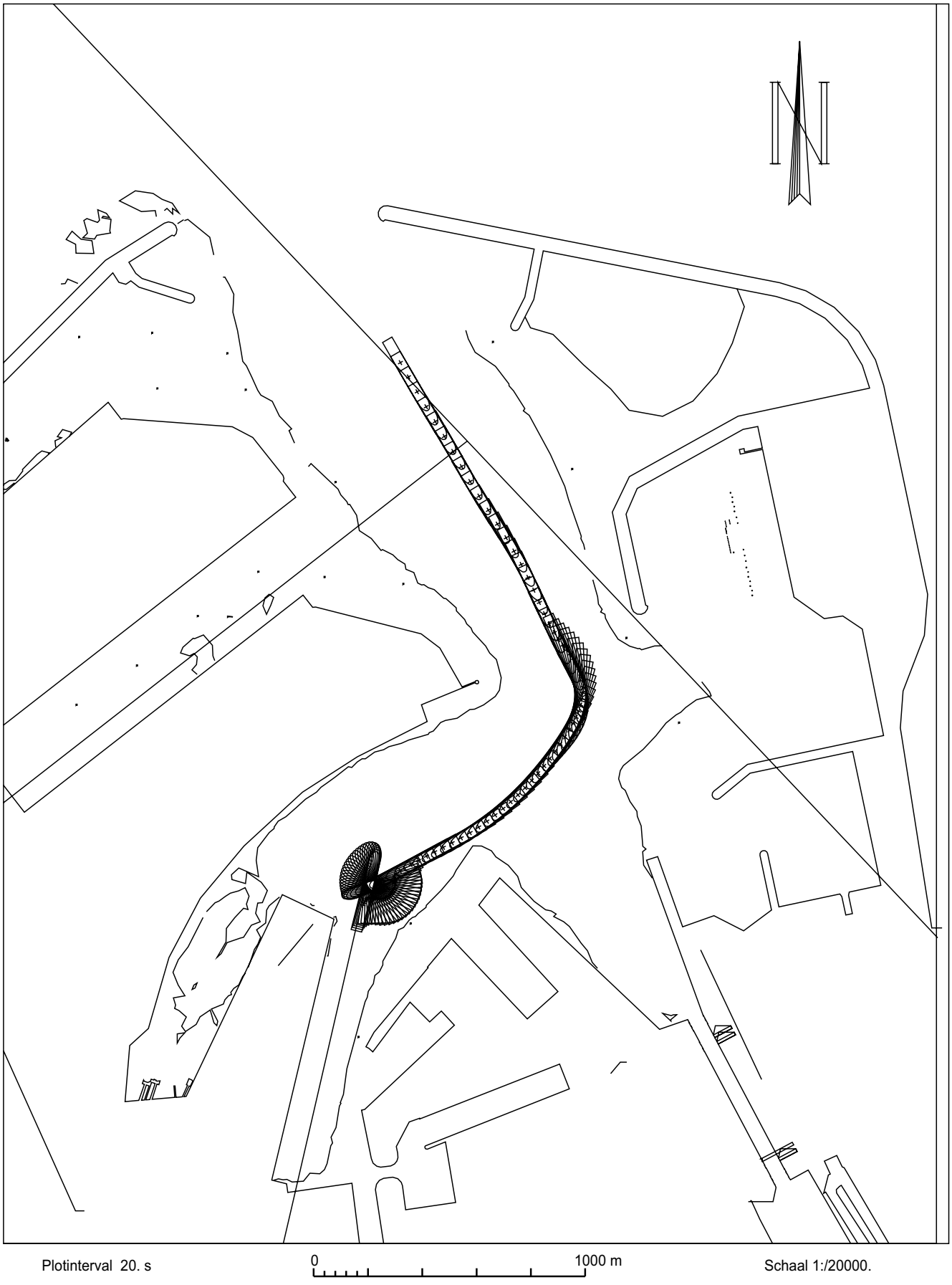
ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton
Vaart nr.: 027
Datum :2004-04-20
slibD 15%ksp 9.4%top slib



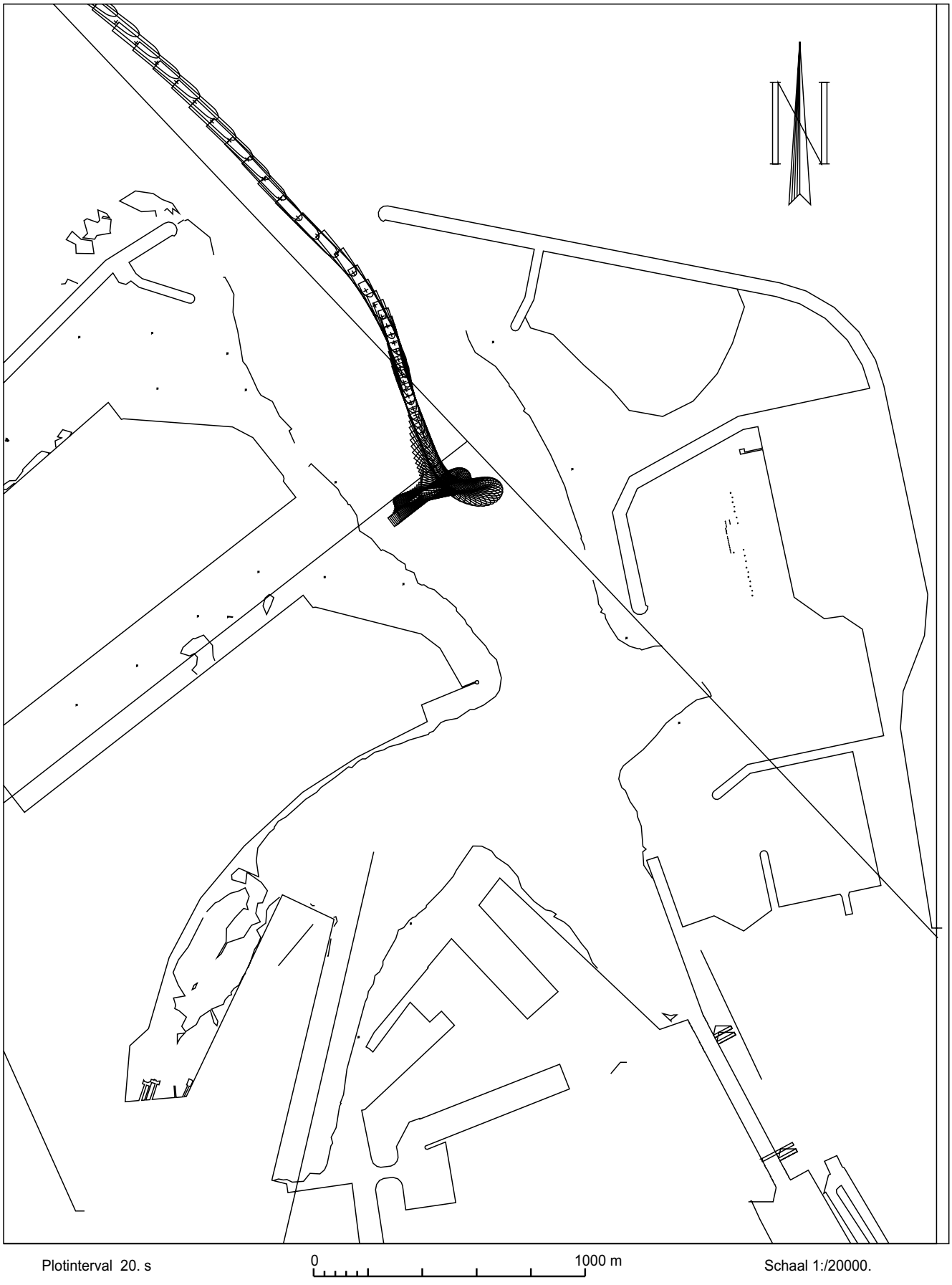
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 028 Datum :2004-04-20 slibD 15%ksp 9.4%top slib



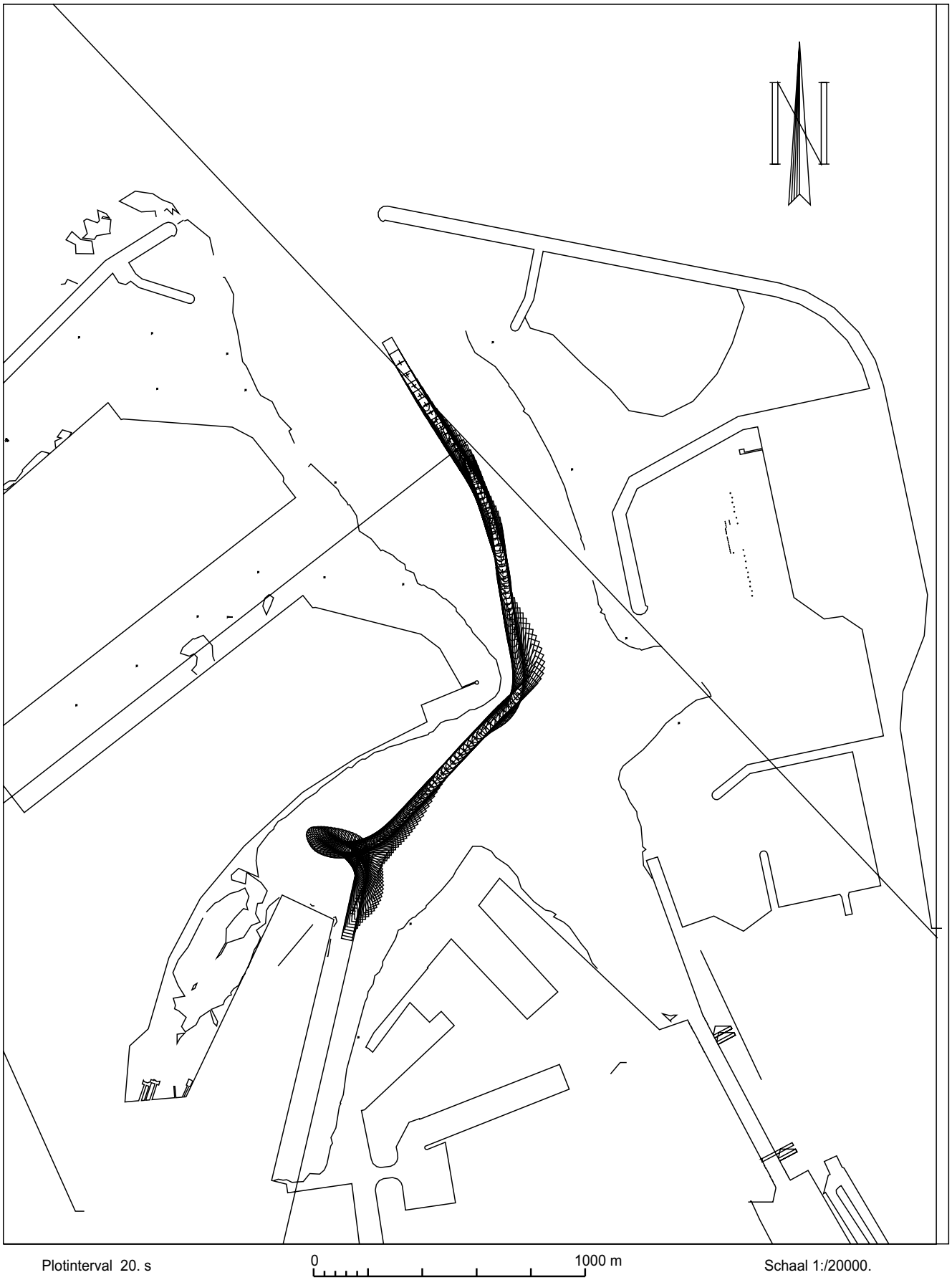
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 029 Datum :2004-04-20 slibG 15%ksp -7.2%top slib



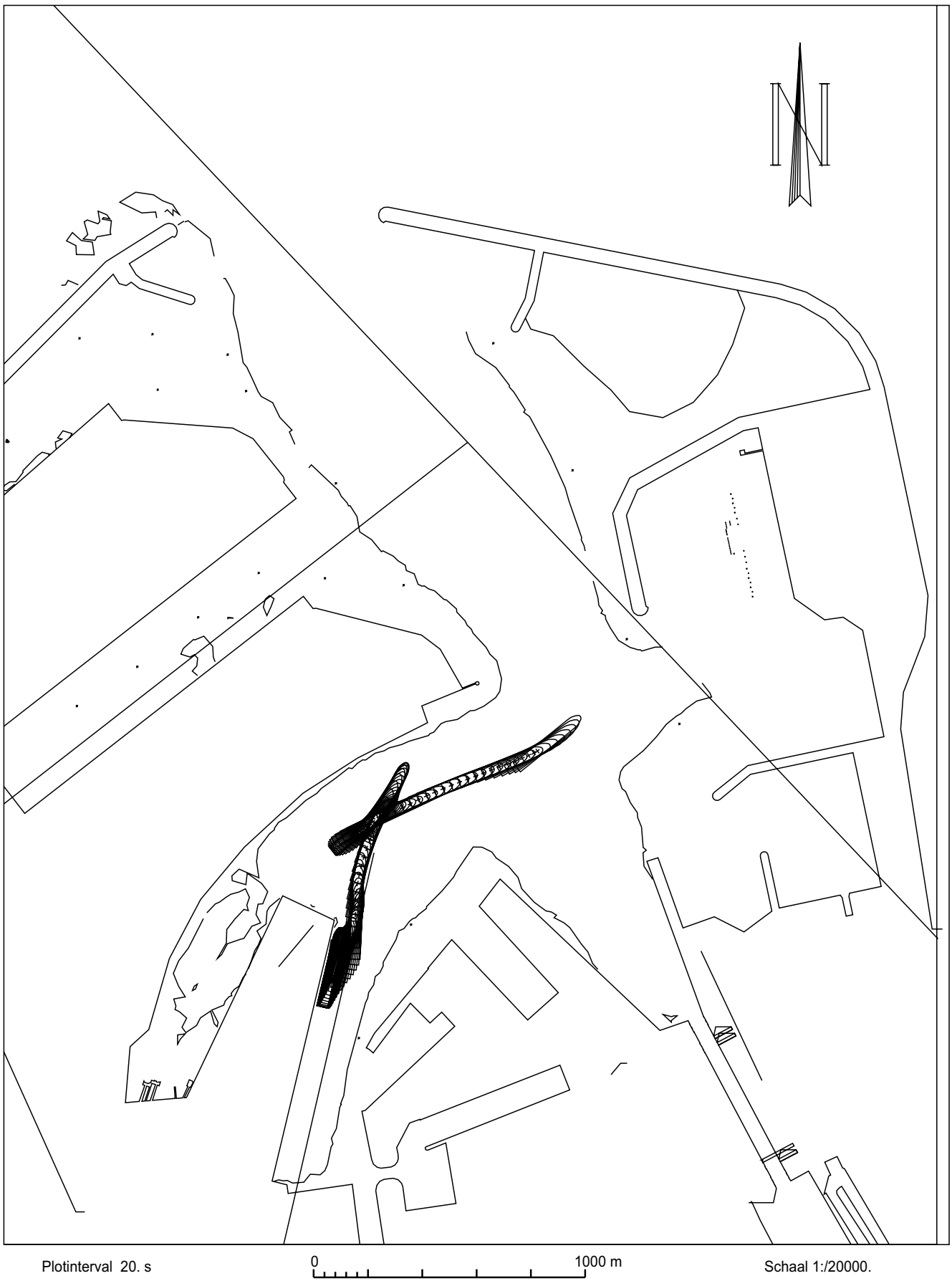
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 030 Datum :2004-04-20 slibF 10%ksp -1.1%top slib



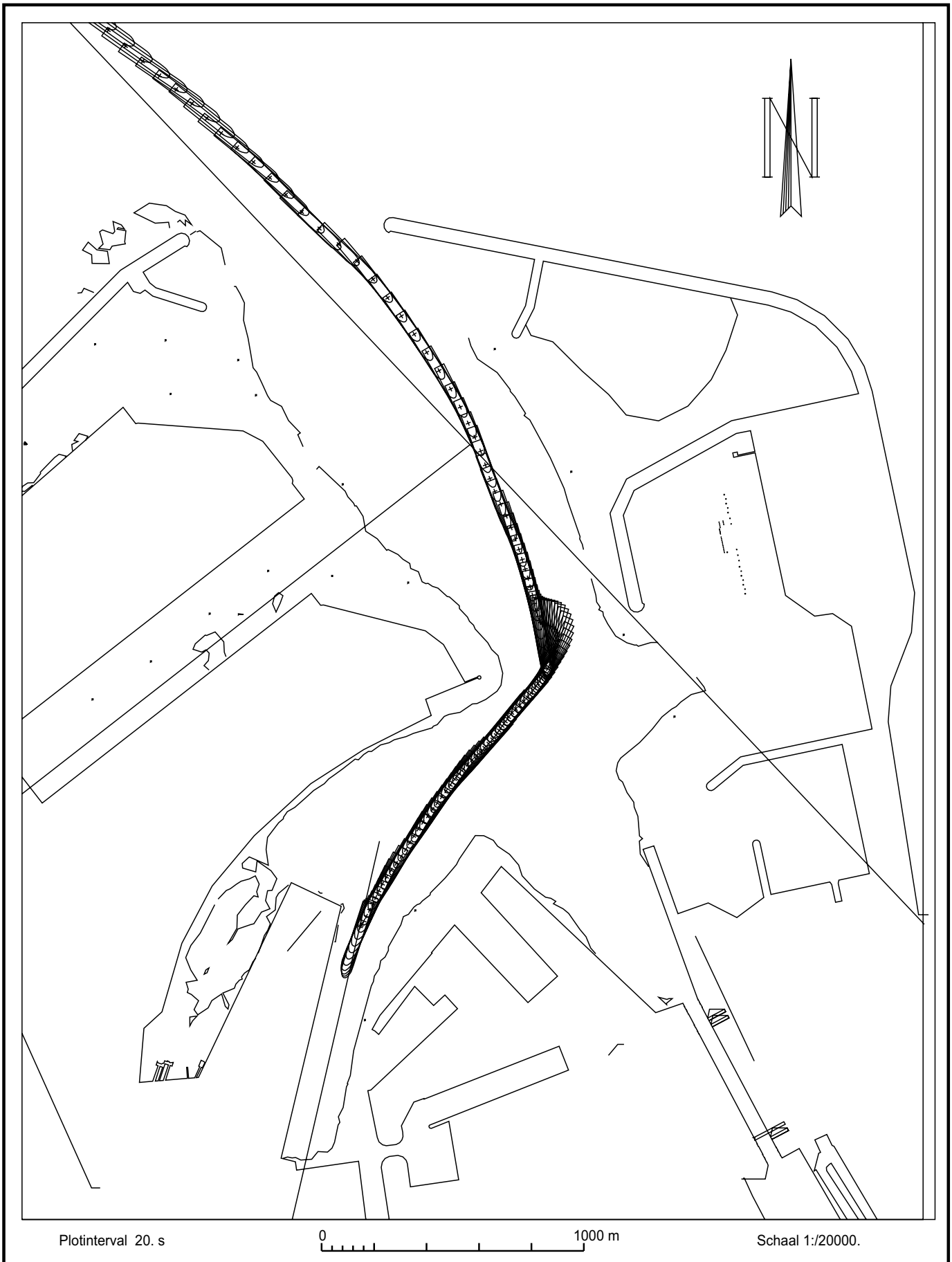
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 032 Datum :2004-04-20 slibD 15%ksp 9.4%top slib



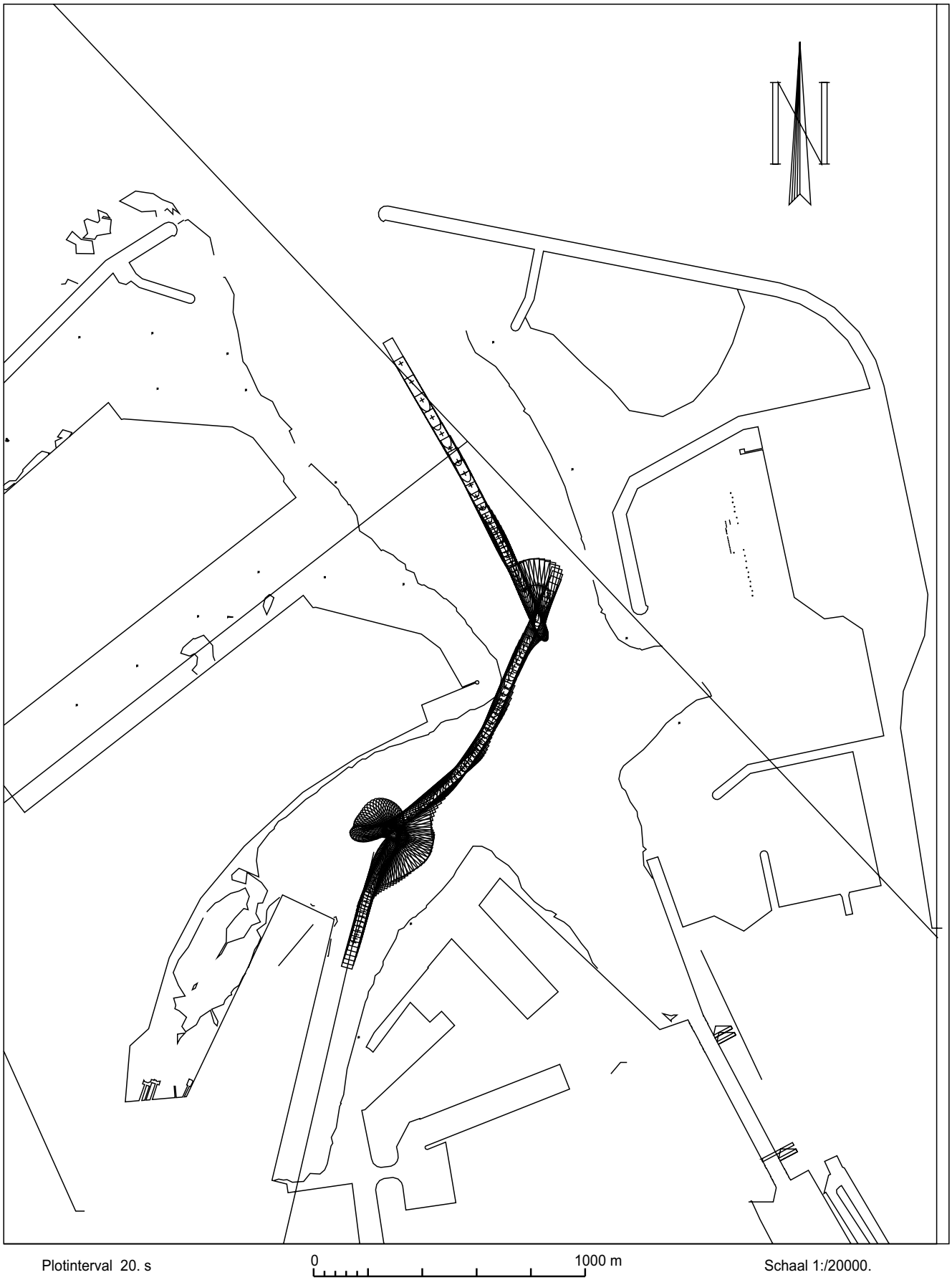
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 033 Datum :2004-04-20 slibG 15%ksp -7.2%top slib



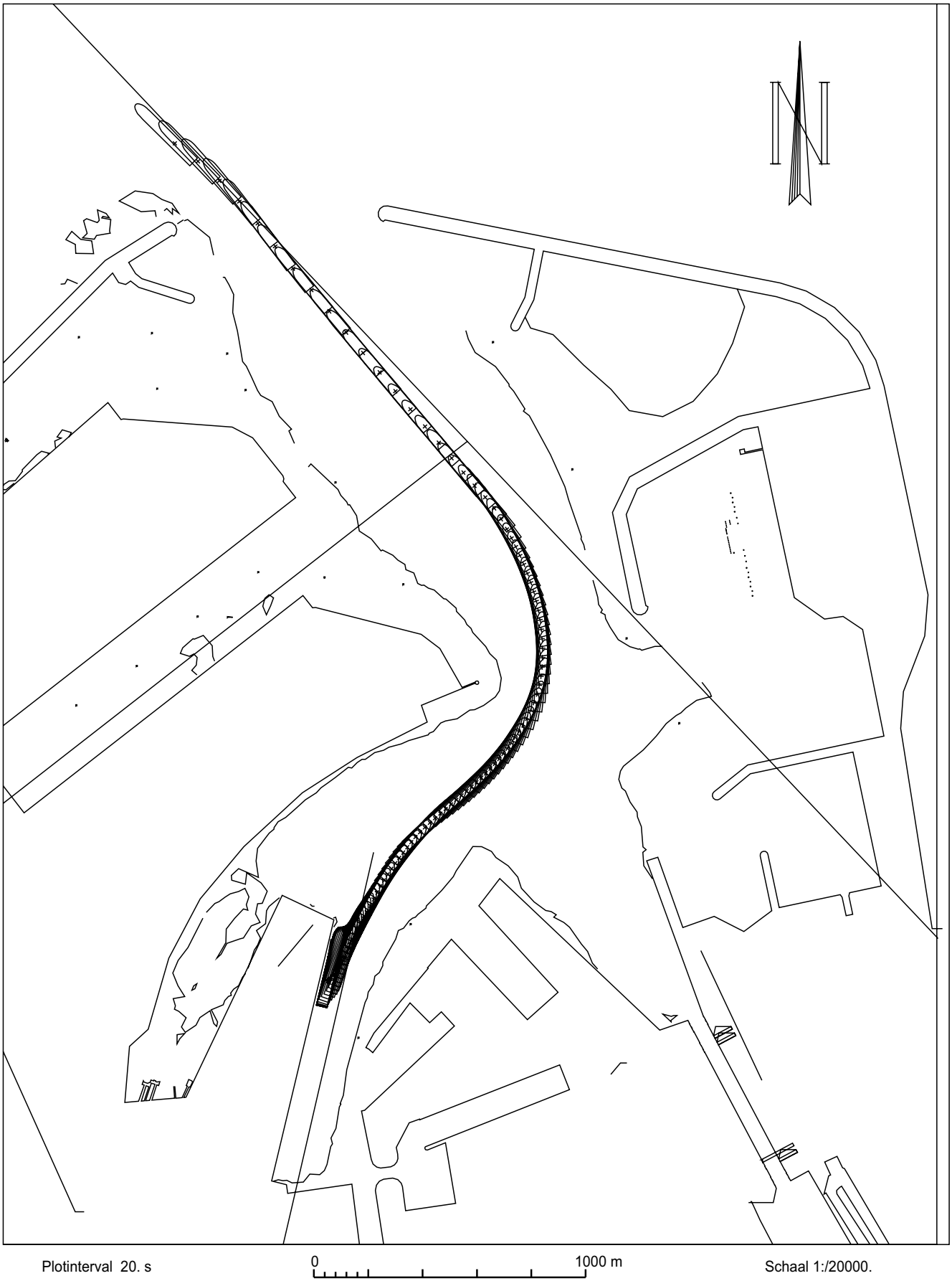
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 034 Datum :2004-04-20 slibF 10%ksp -1.1%top slib



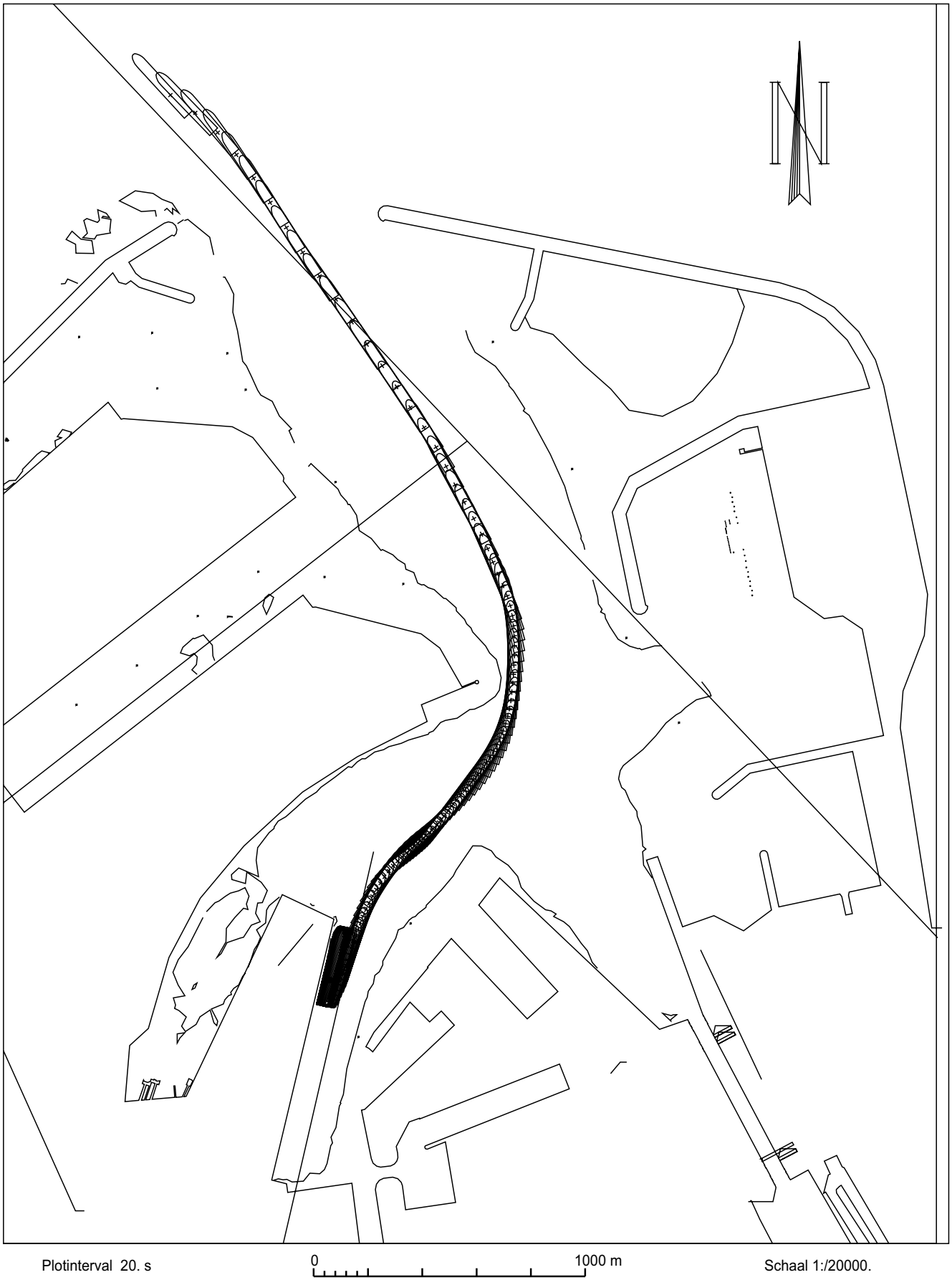
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 035 Datum :2004-04-21 vaste bodem 10%ksp



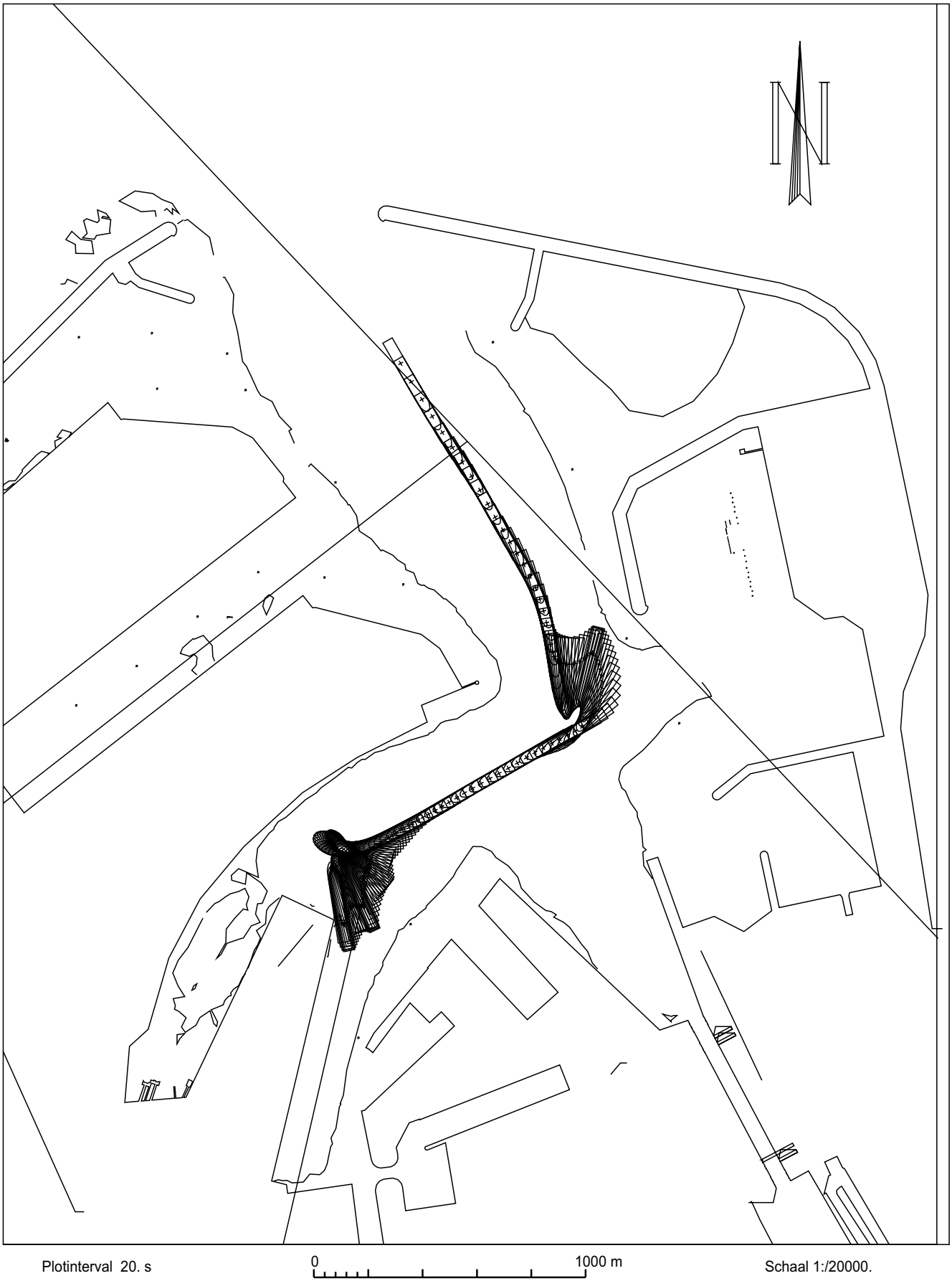
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 036 Datum :2004-04-21 slibC 26%ksp 4.1%top slib



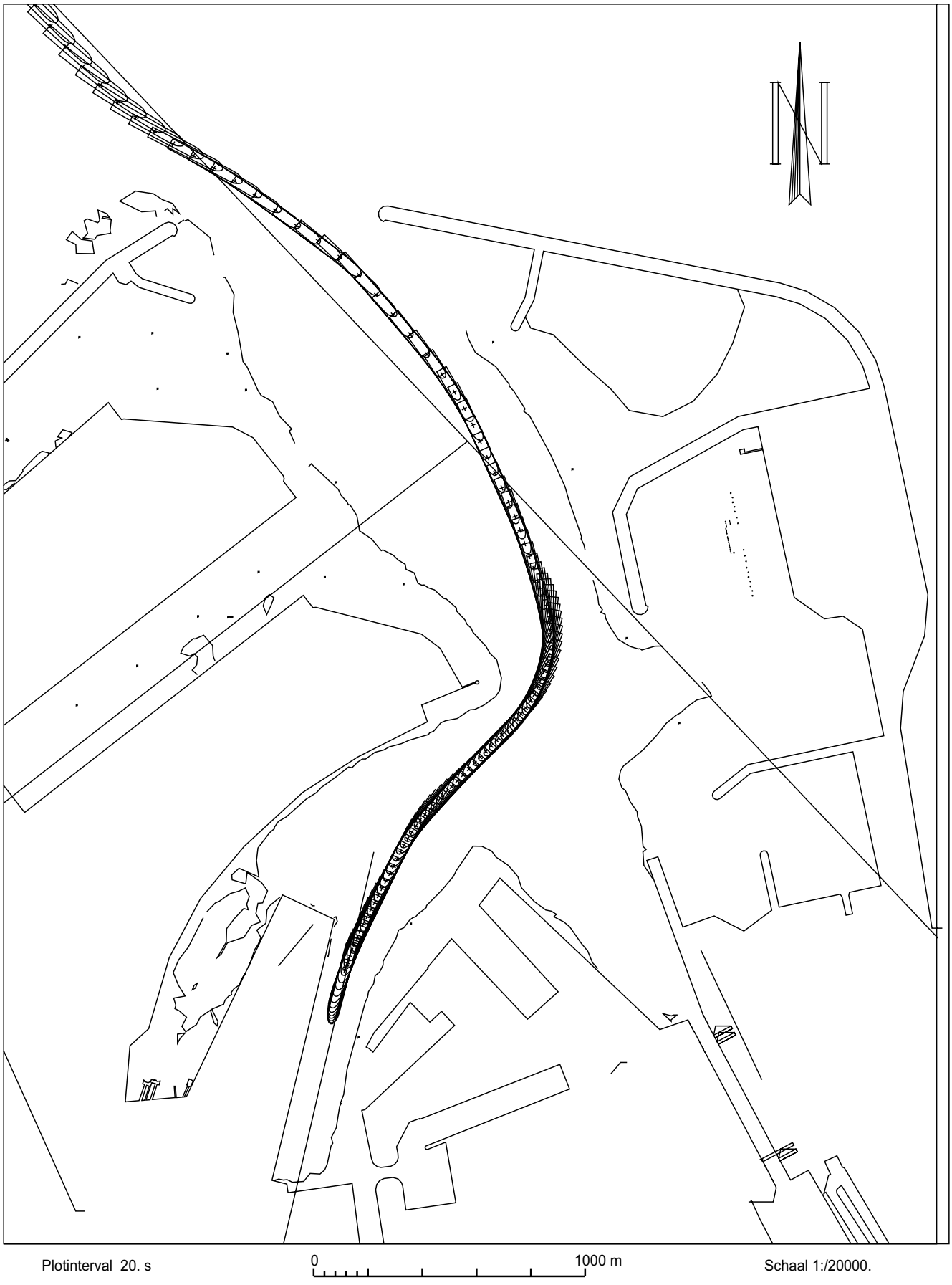
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 4h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 037 Datum :2004-04-21 slibC 26%ksp 4.1%top slib



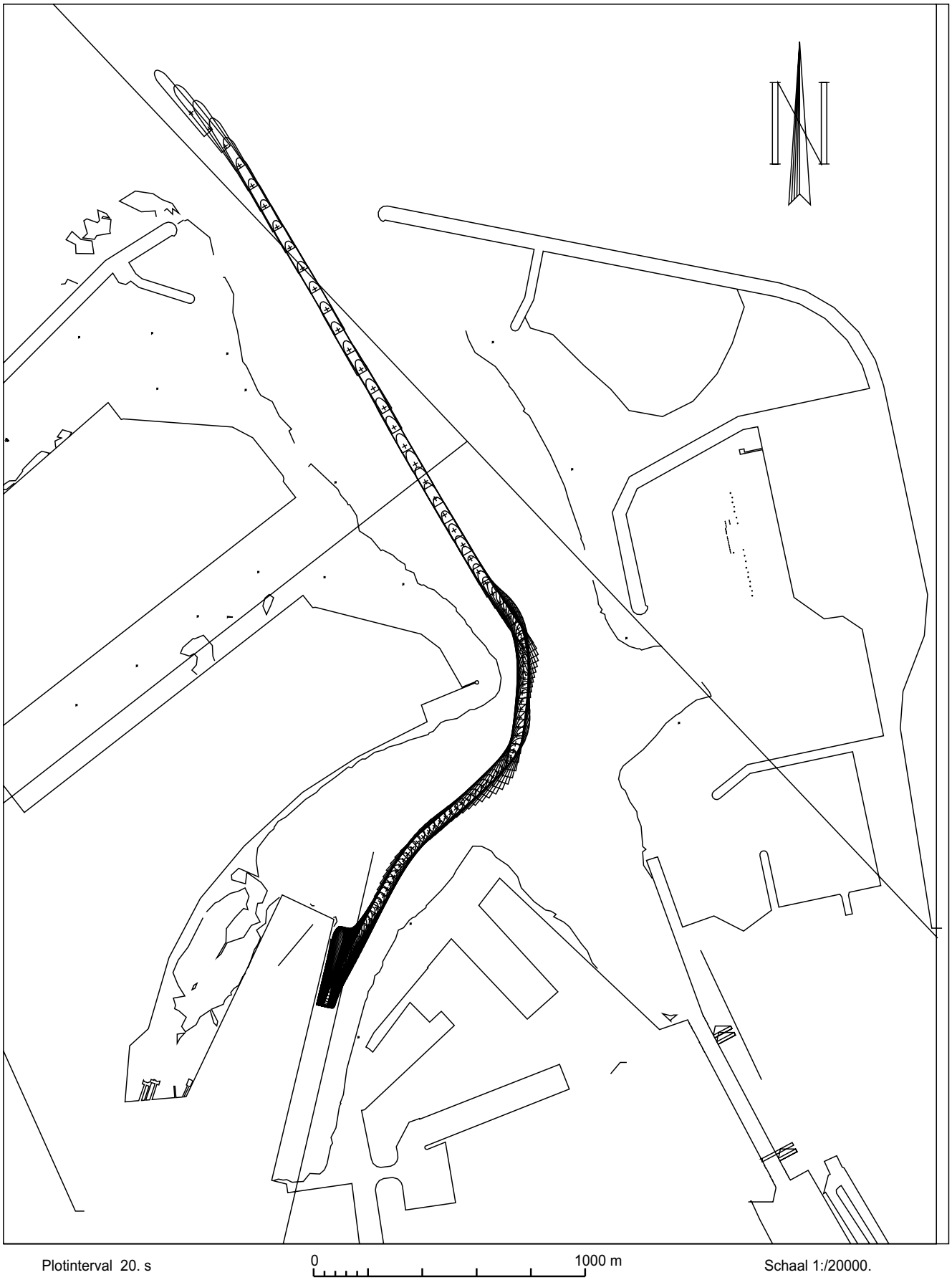
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 038 Datum :2004-04-21 slibF 10%ksp -1.1%top slib



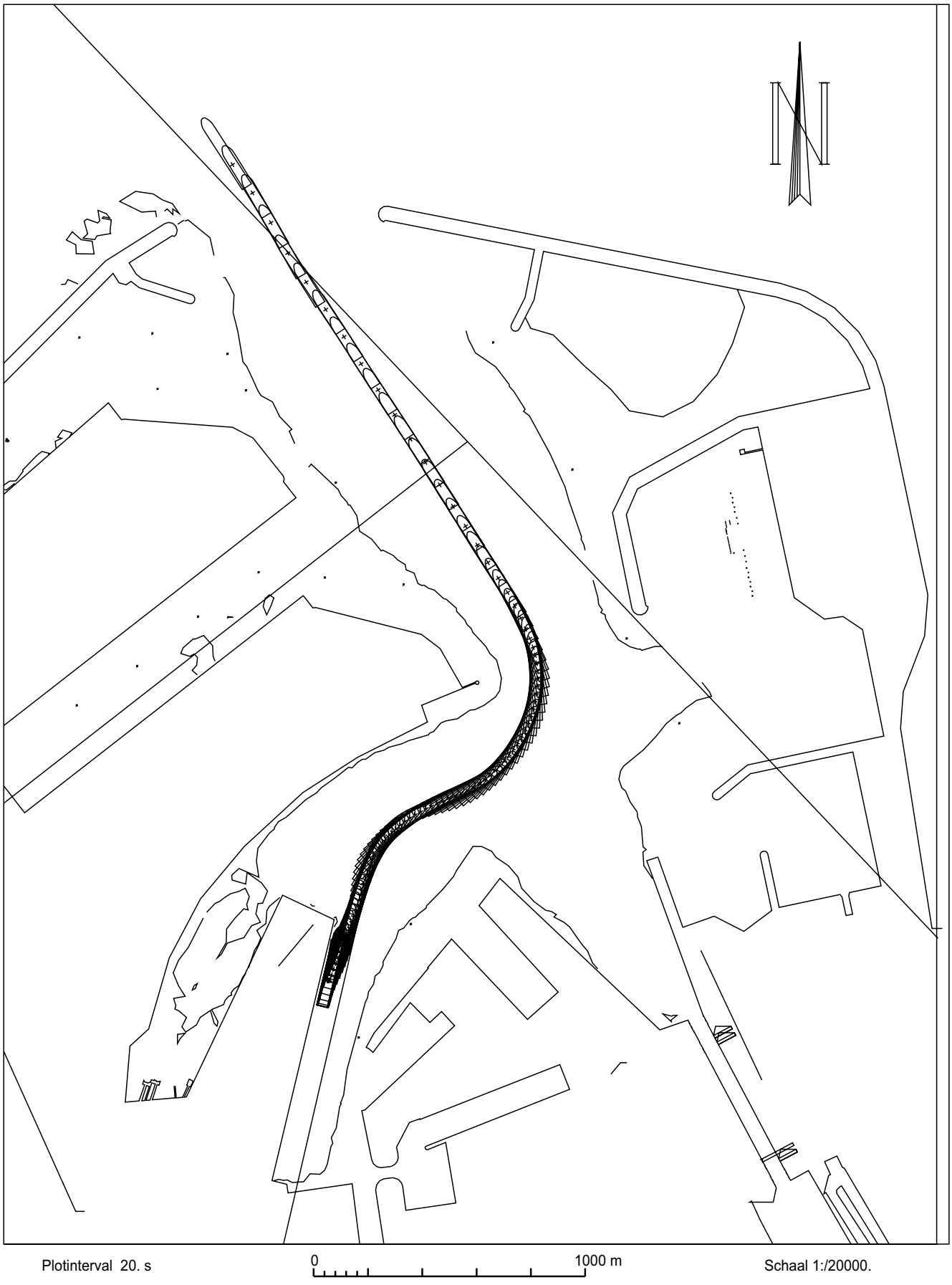
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 039 Datum :2004-04-21 slibC 15%ksp -7.2%top slib



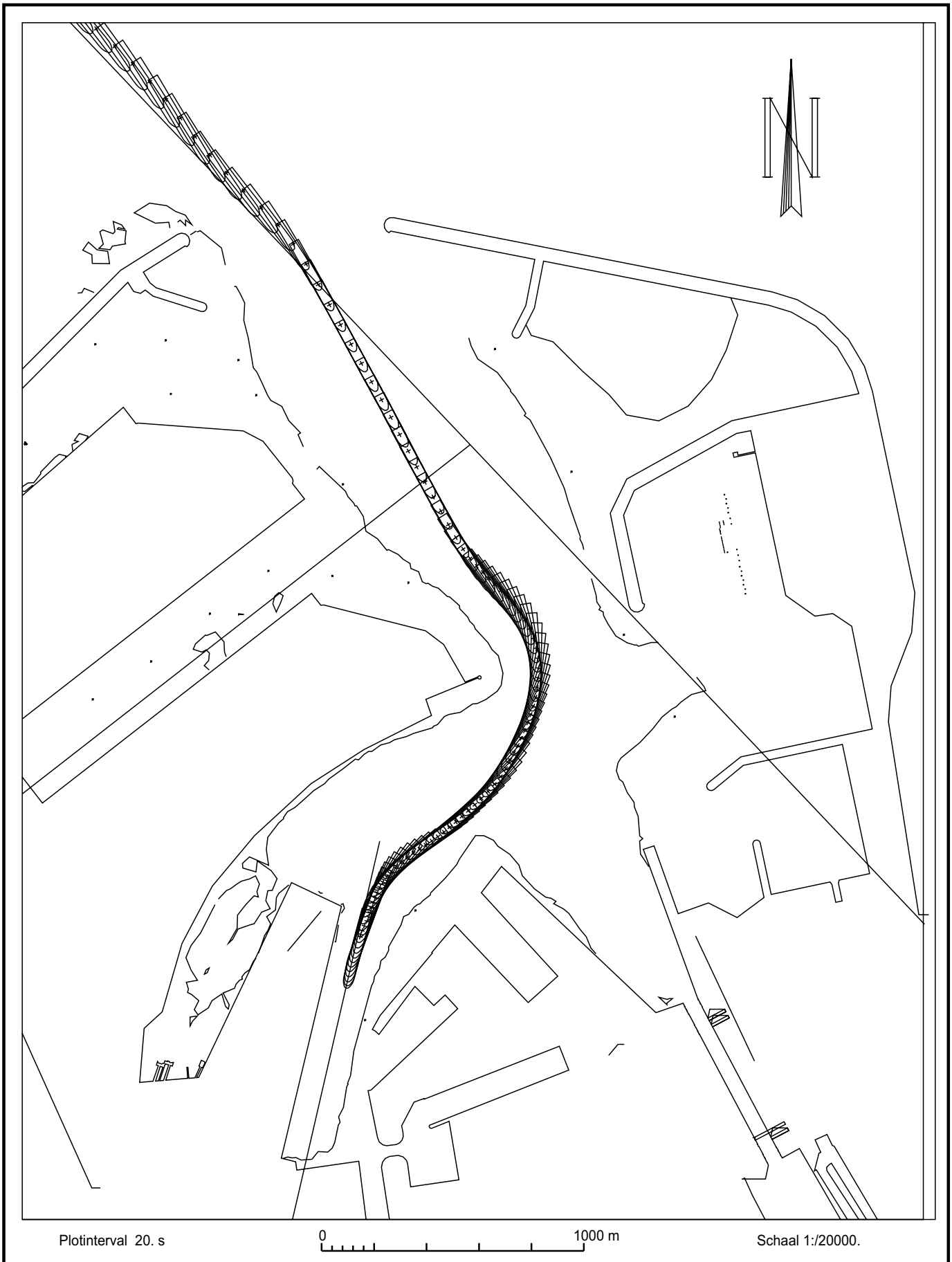
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 040 Datum :2004-04-21 slibD 15%ksp 9.4%top slib



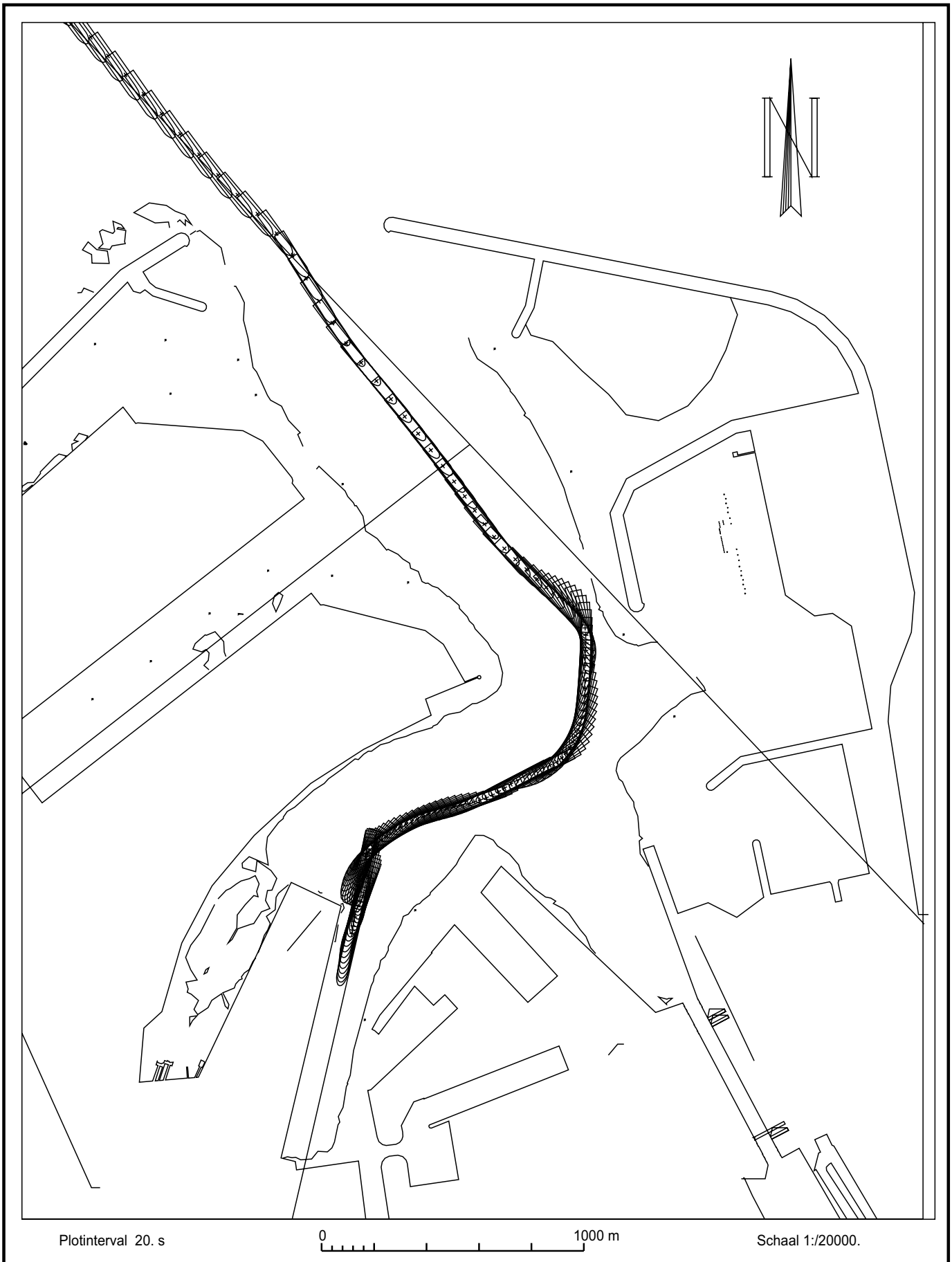
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 041 Datum :2004-04-21 slibC 15%ksp -7.2%top slib



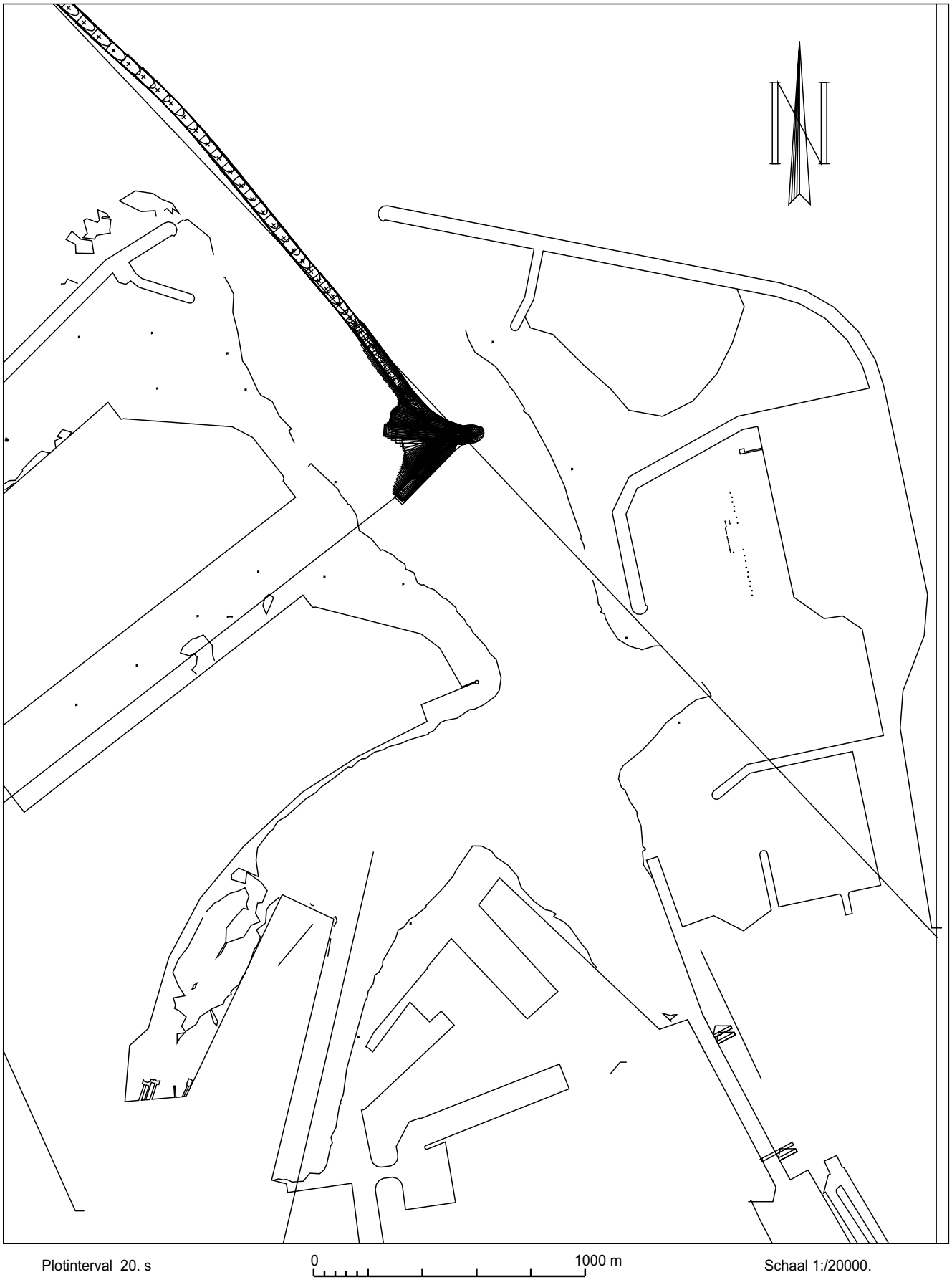
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 043 Datum :2004-04-21 slibD 15%ksp 9.4%top slib



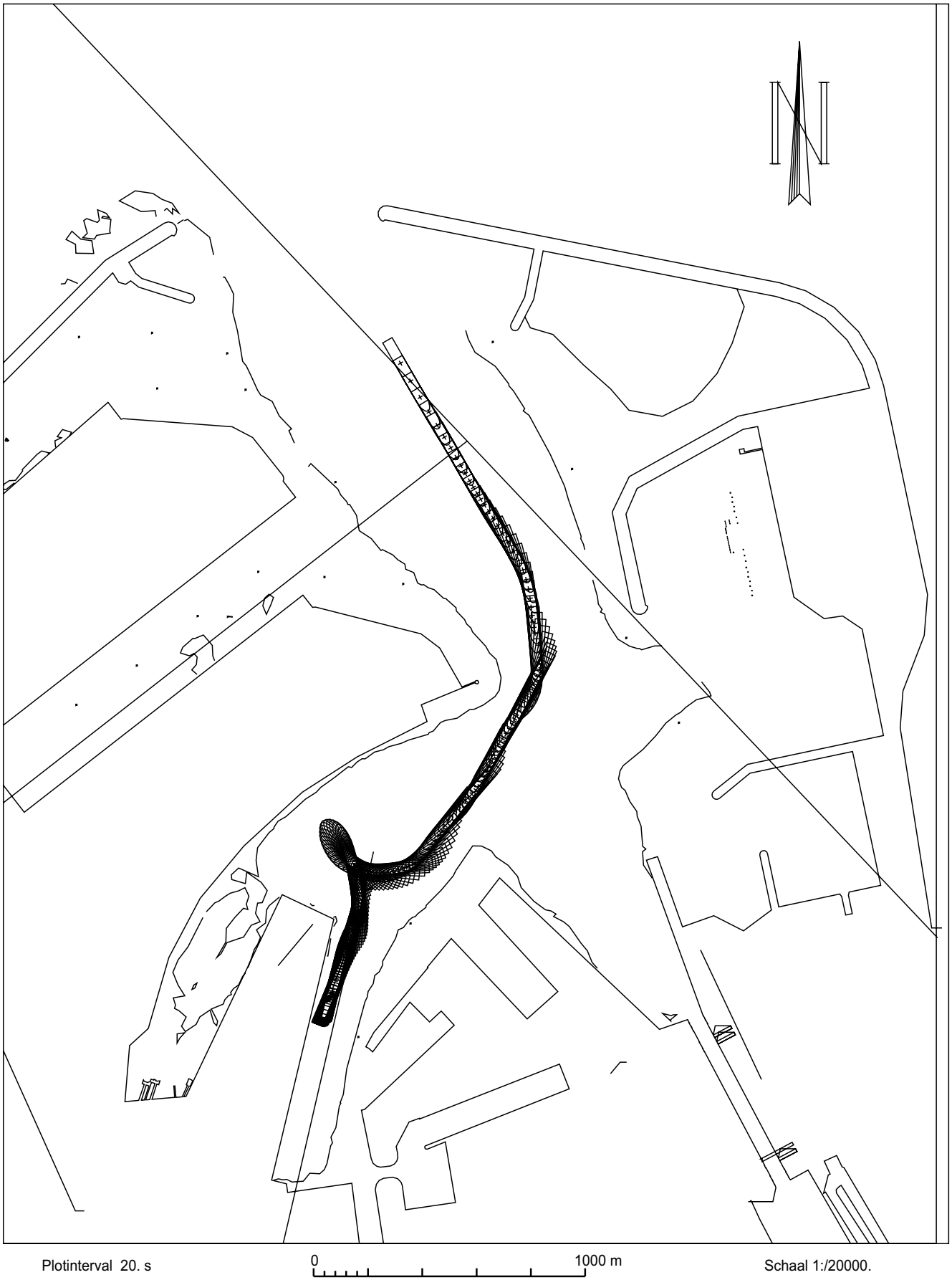
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 2h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 044 Datum :2004-04-22 vaste bodem 32%ksp



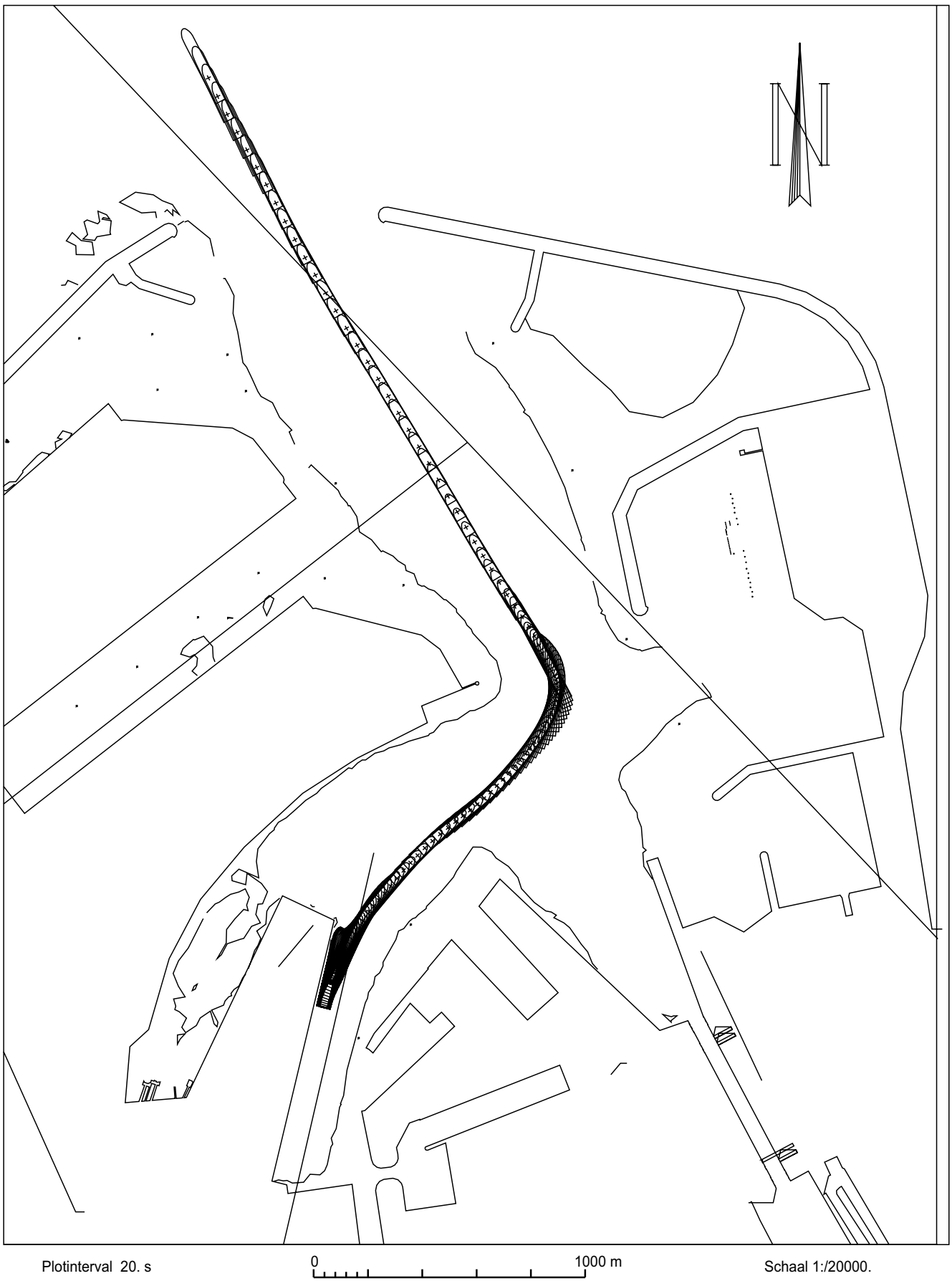
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 2h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 045 Datum :2004-04-22 slibC 26%ksp 4.1%top slib



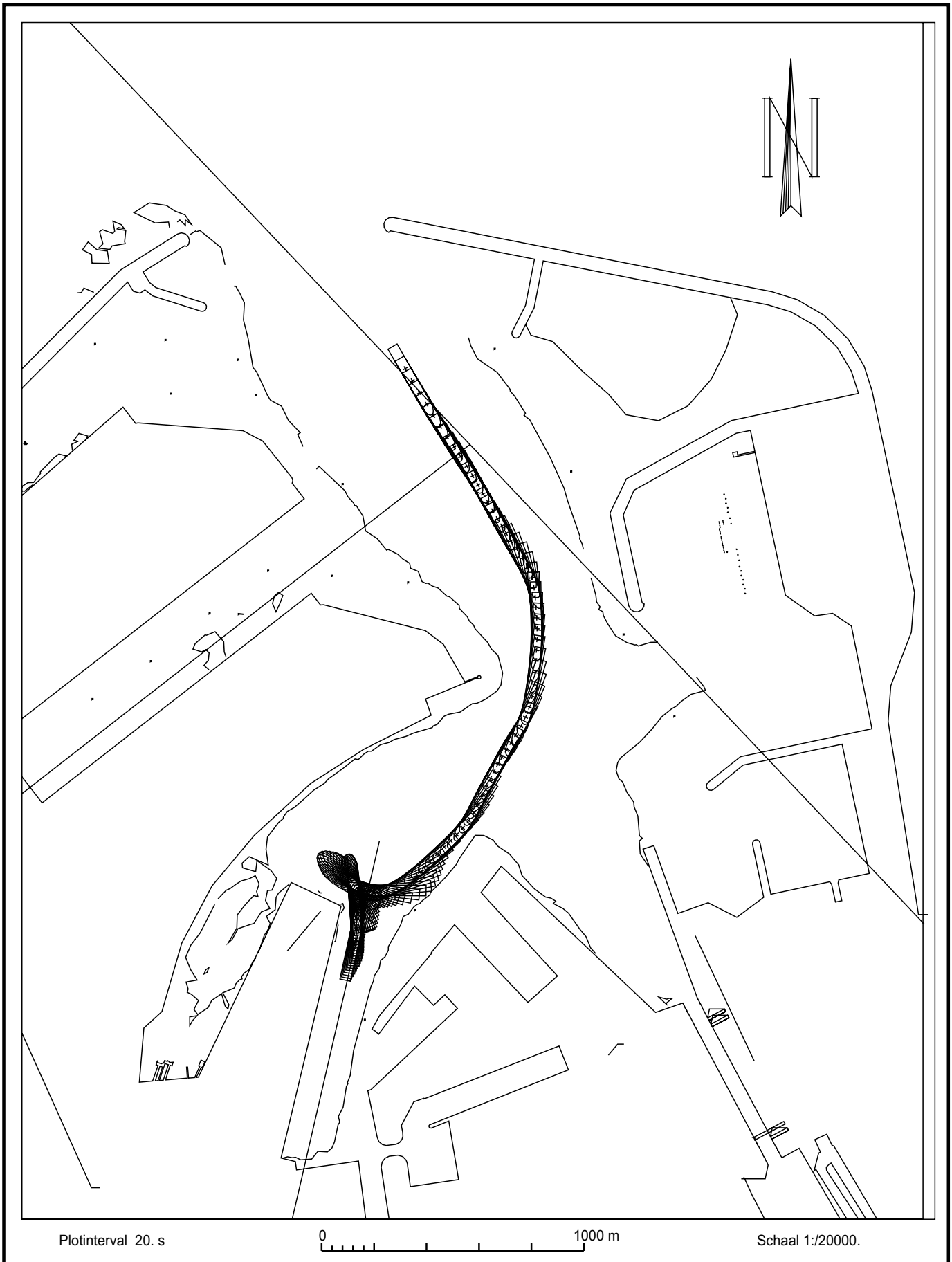
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 3h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 046 Datum :2004-04-22 slibC 26%ksp 4.1%top slib



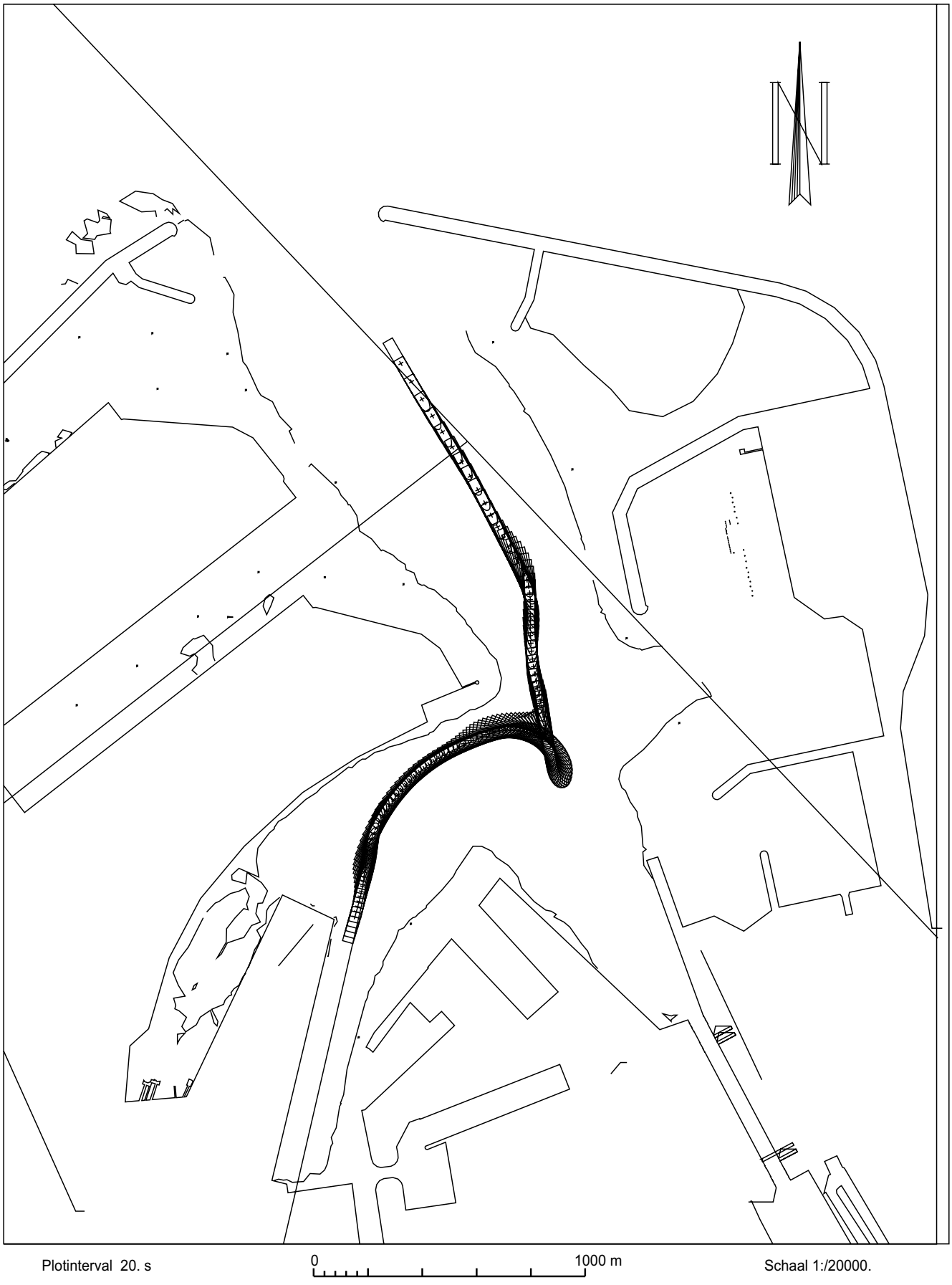
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 047 Datum :2004-04-22 slibG 10%ksp -1.1%top slib



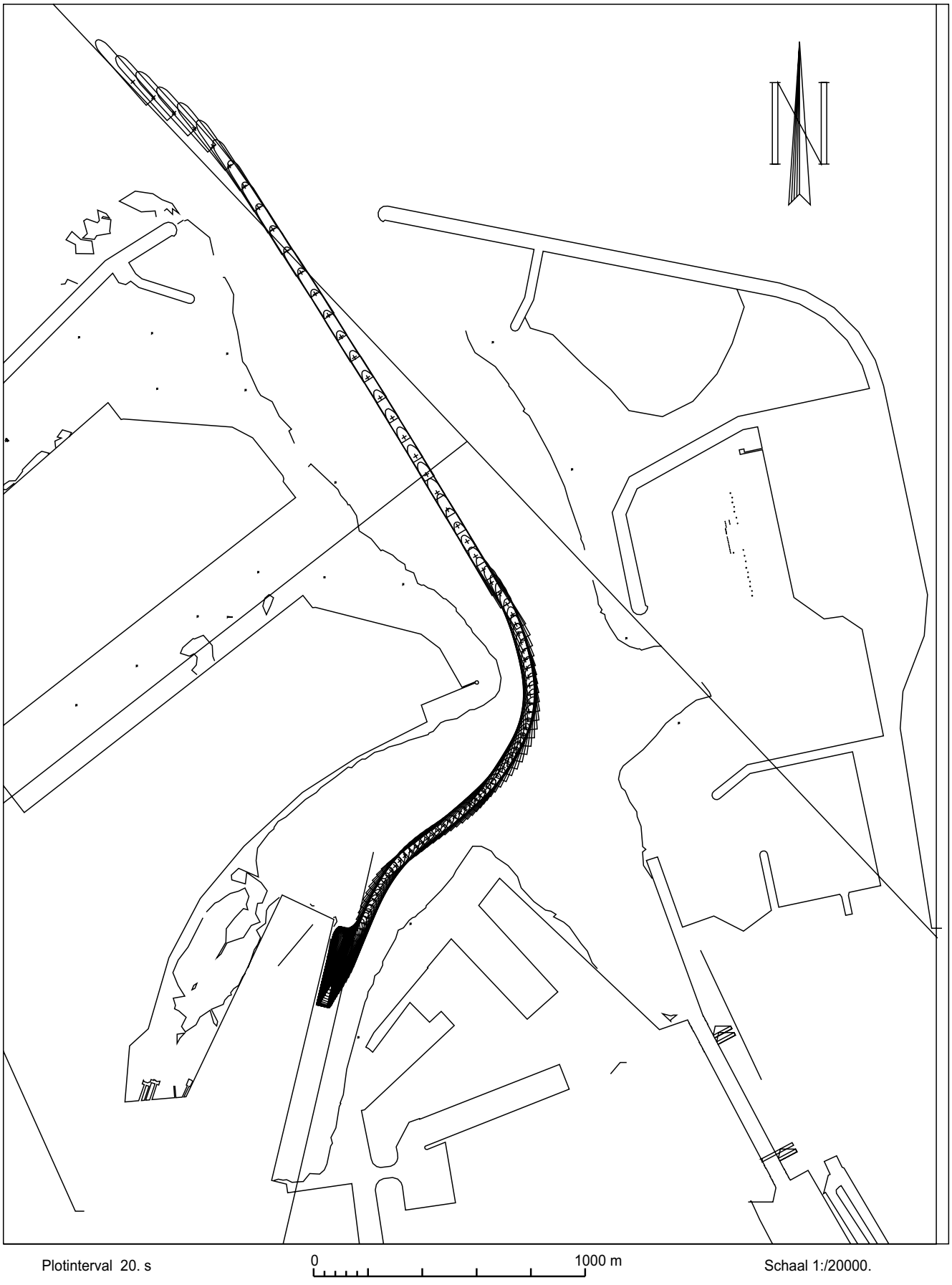
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 048 Datum :2004-04-22 slibG 10%ksp -1.1%top slib



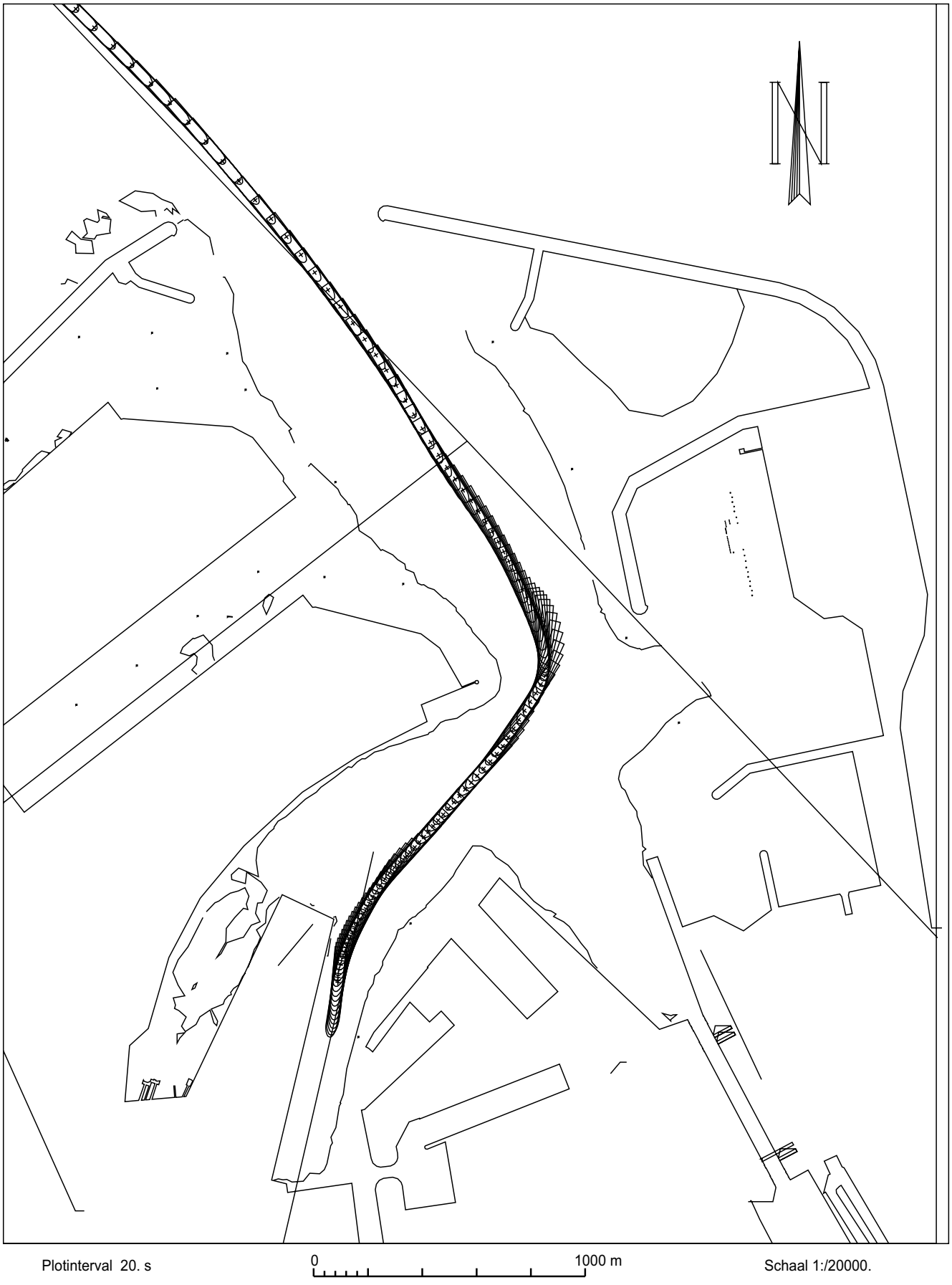
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 049 Datum :2004-04-22 slibC 15%ksp -7.2%top slib



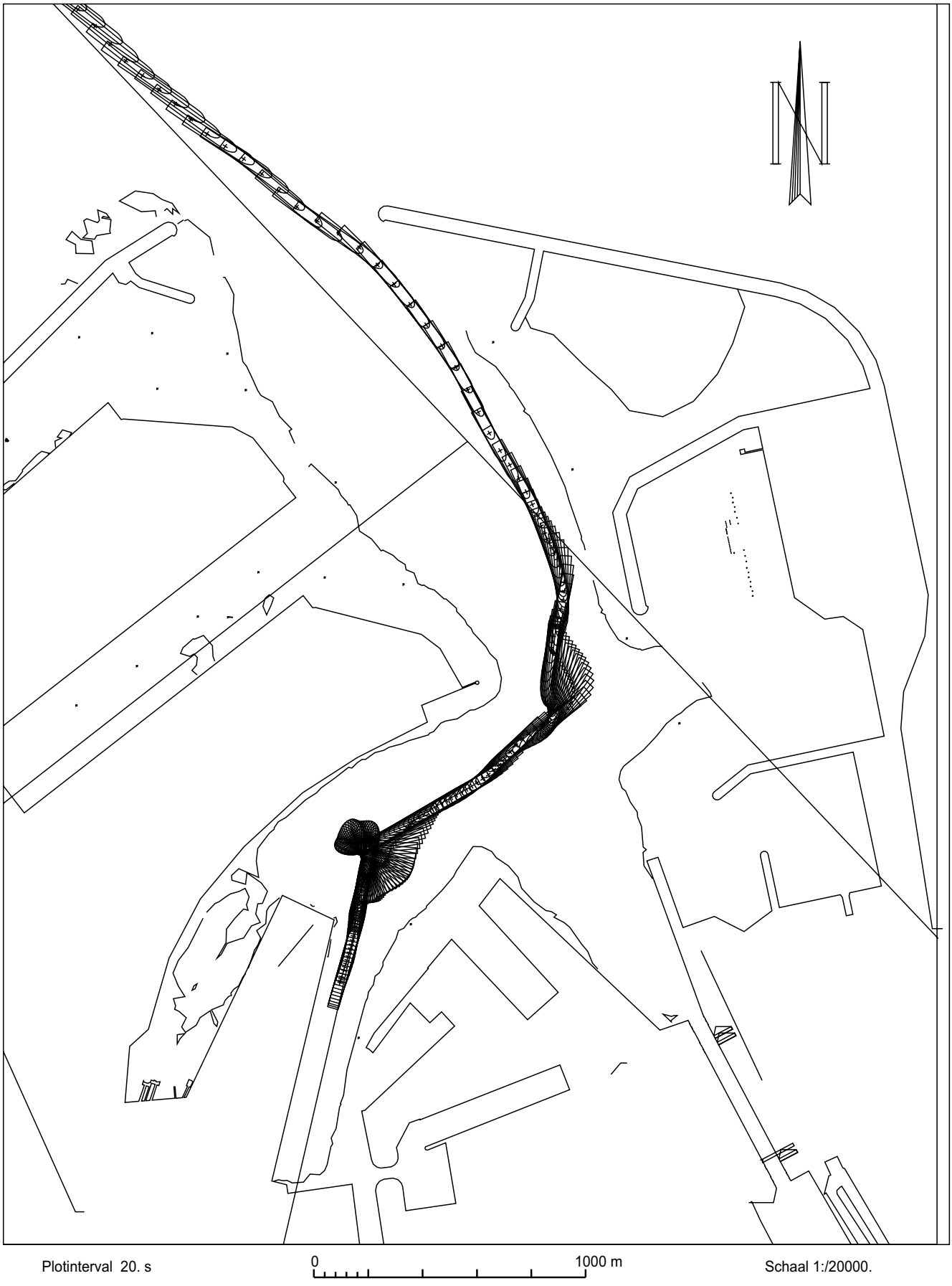
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 050 Datum :2004-04-22 slibB 15%ksp -7.2%top slib



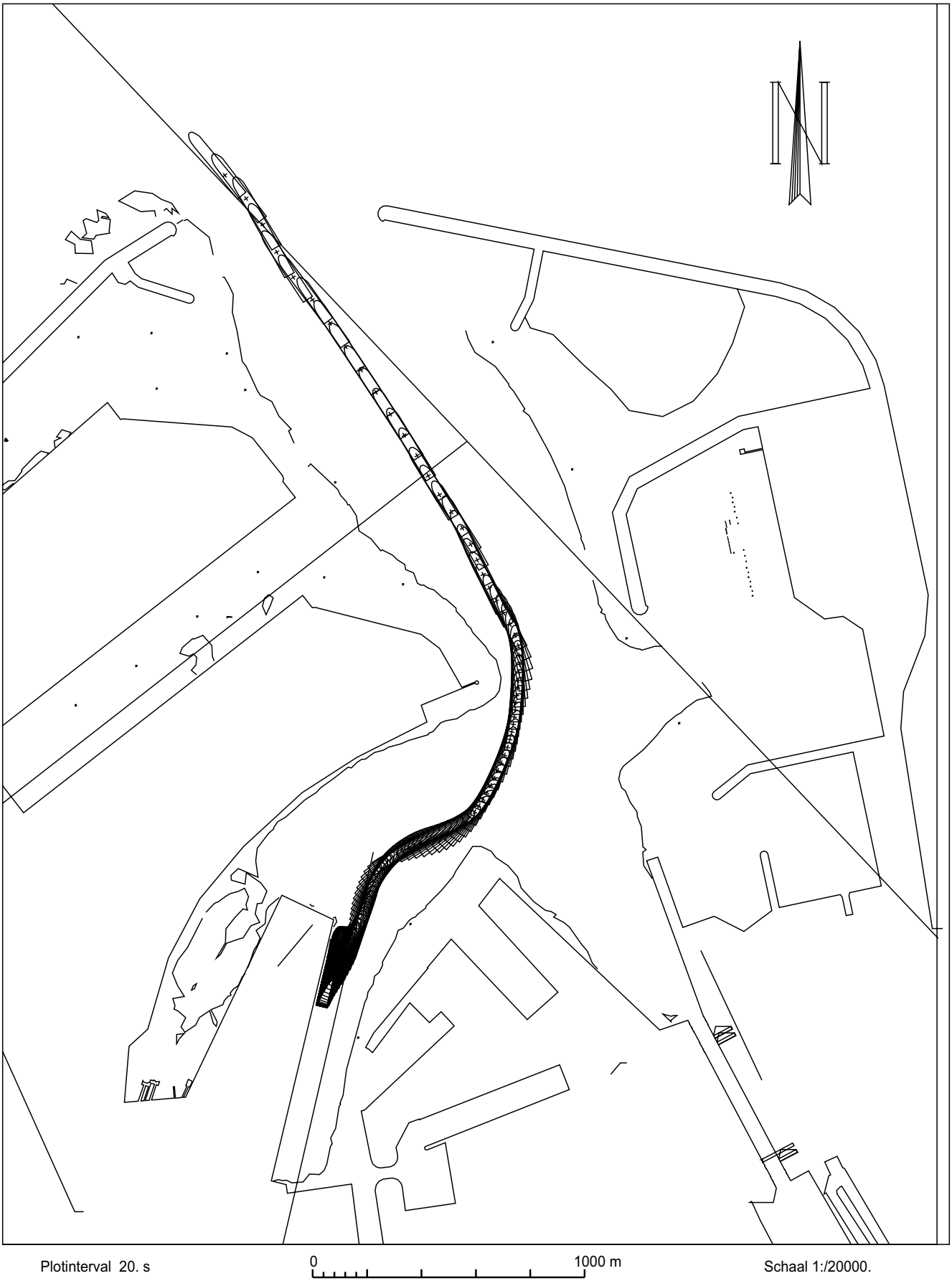
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 051 Datum :2004-04-22 slibB 15%ksp -7.2%top slib



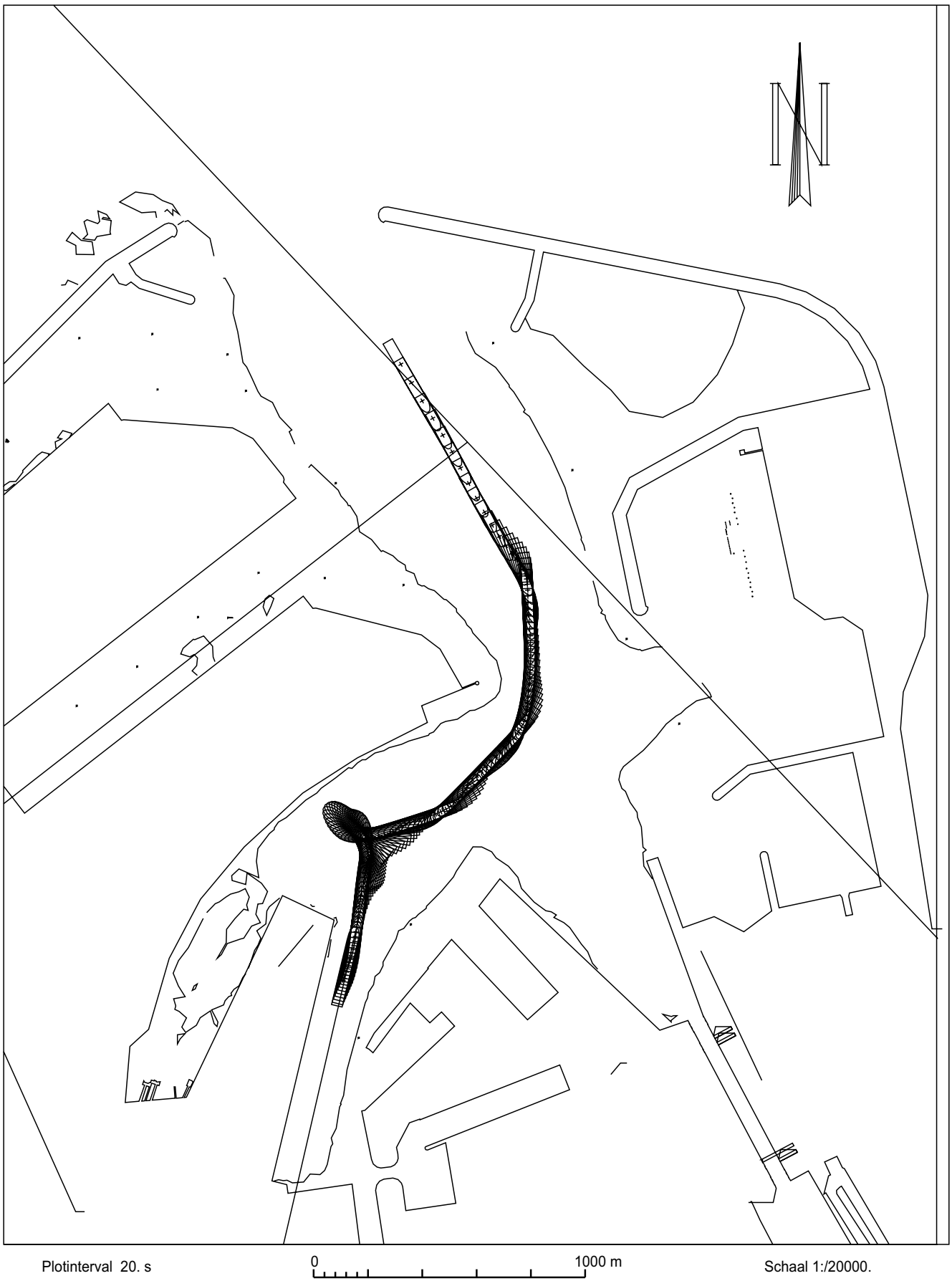
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 3h00 VHW 2x45ton Vaart nr.: 052 Datum :2004-04-26 vaste bodem 26%ksp



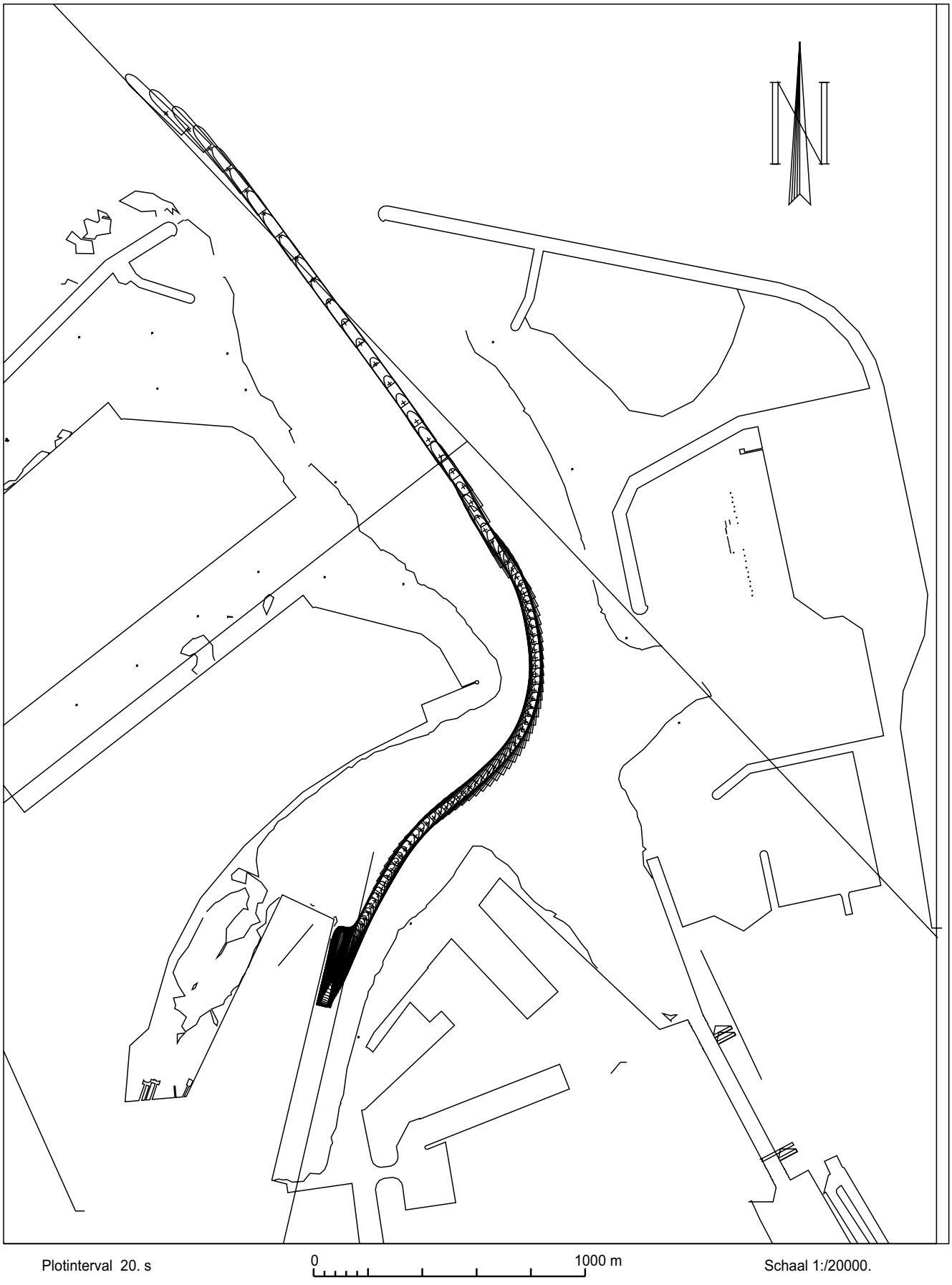
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 053 Datum :2004-04-26 slibF 15%ksp 3.9%top slib



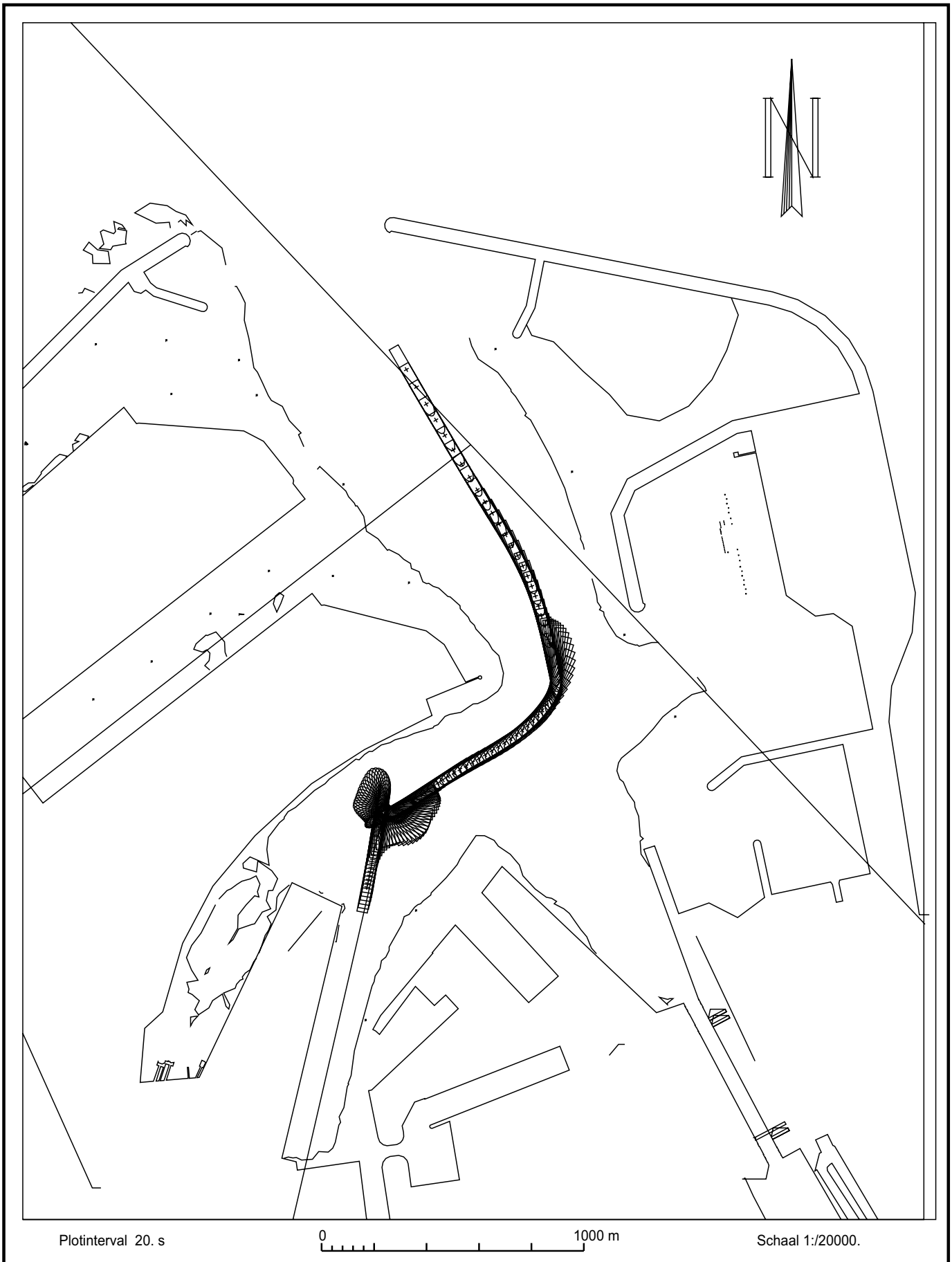
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 054 Datum :2004-04-26 slibF 15%ksp 3.9%top slib



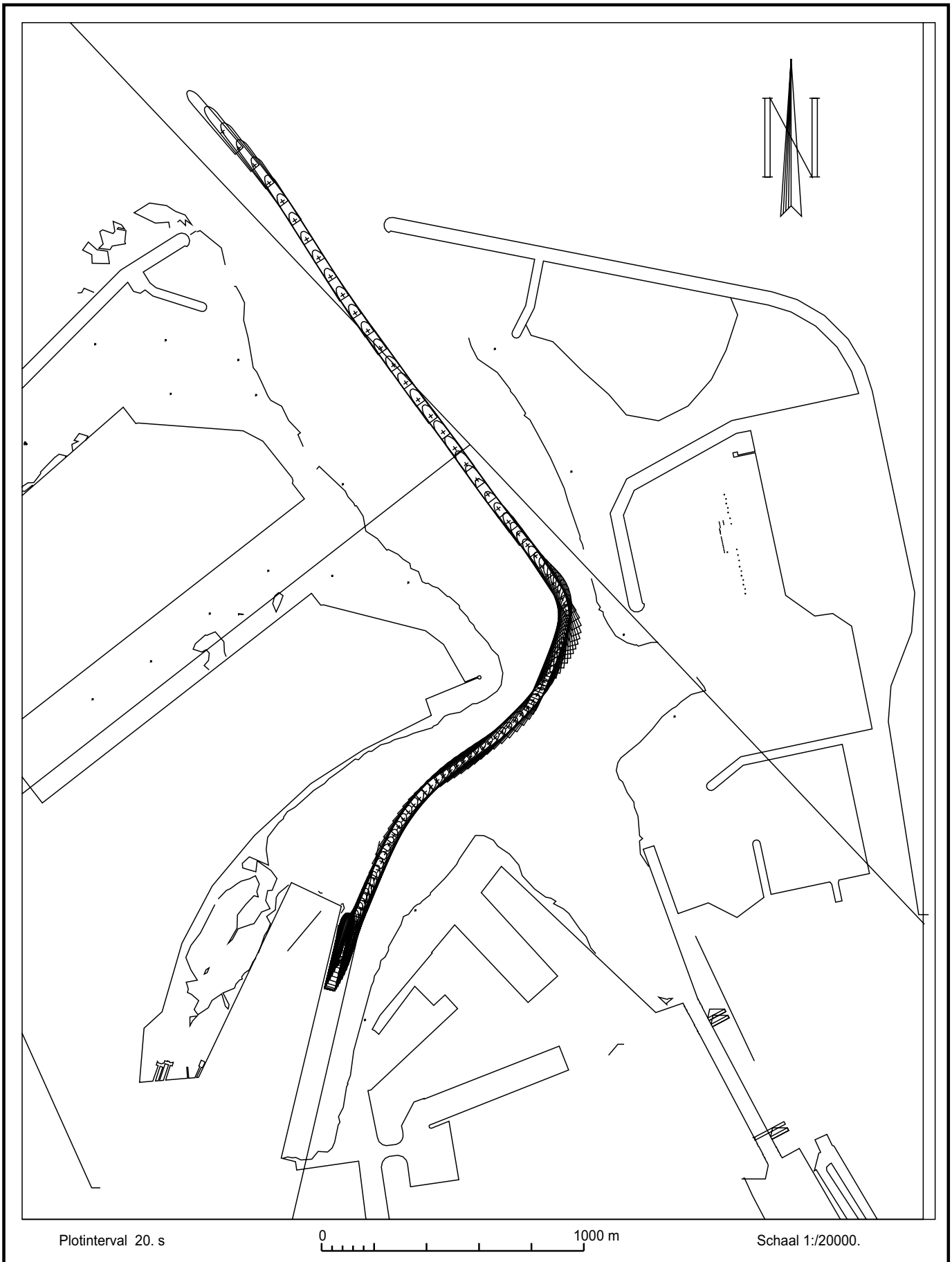
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 056 Datum :2004-04-26 slibB 10%ksp -1.1%top slib



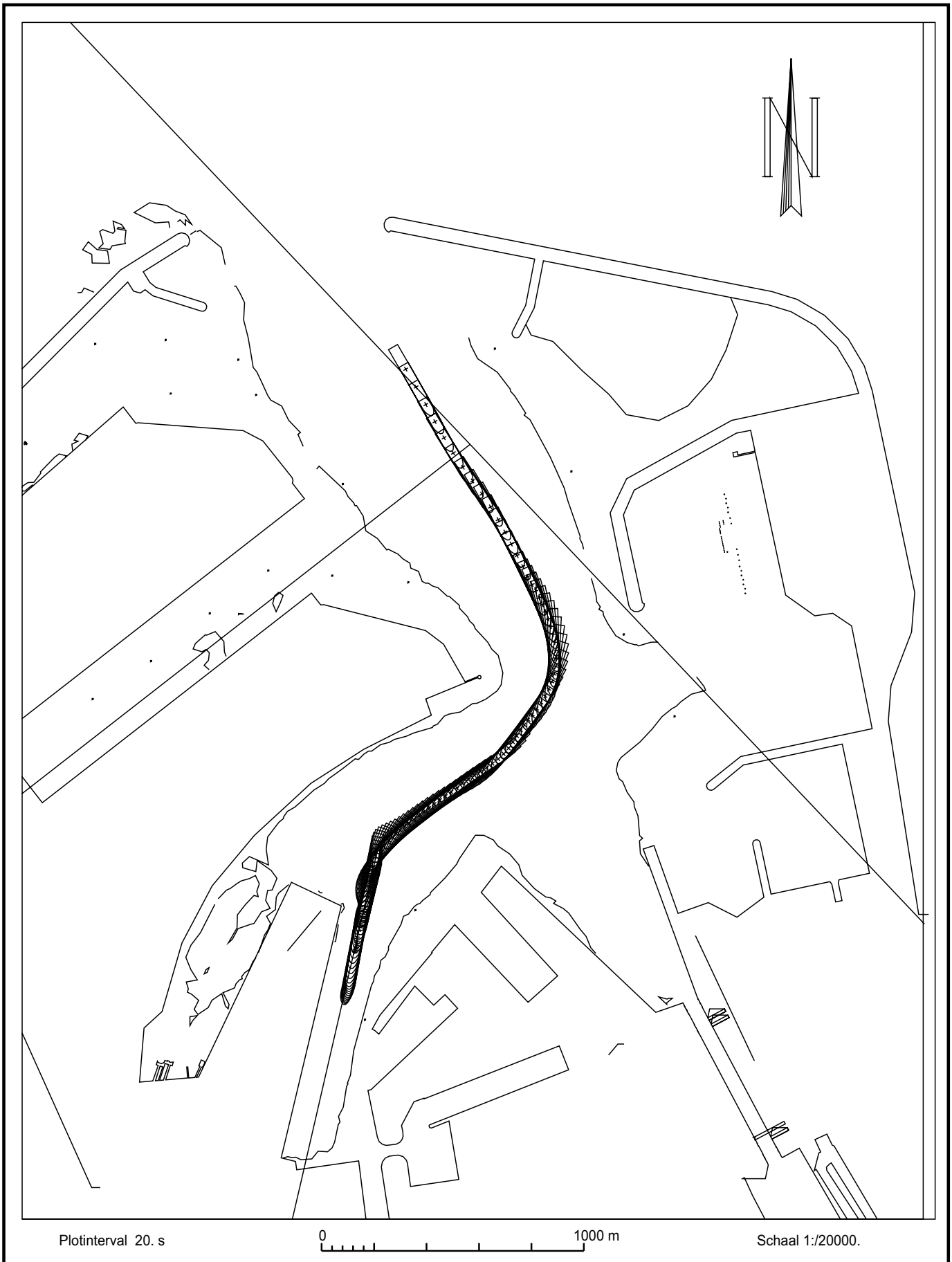
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 057 Datum :2004-04-26 slibB 10%ksp -1.1%top slib



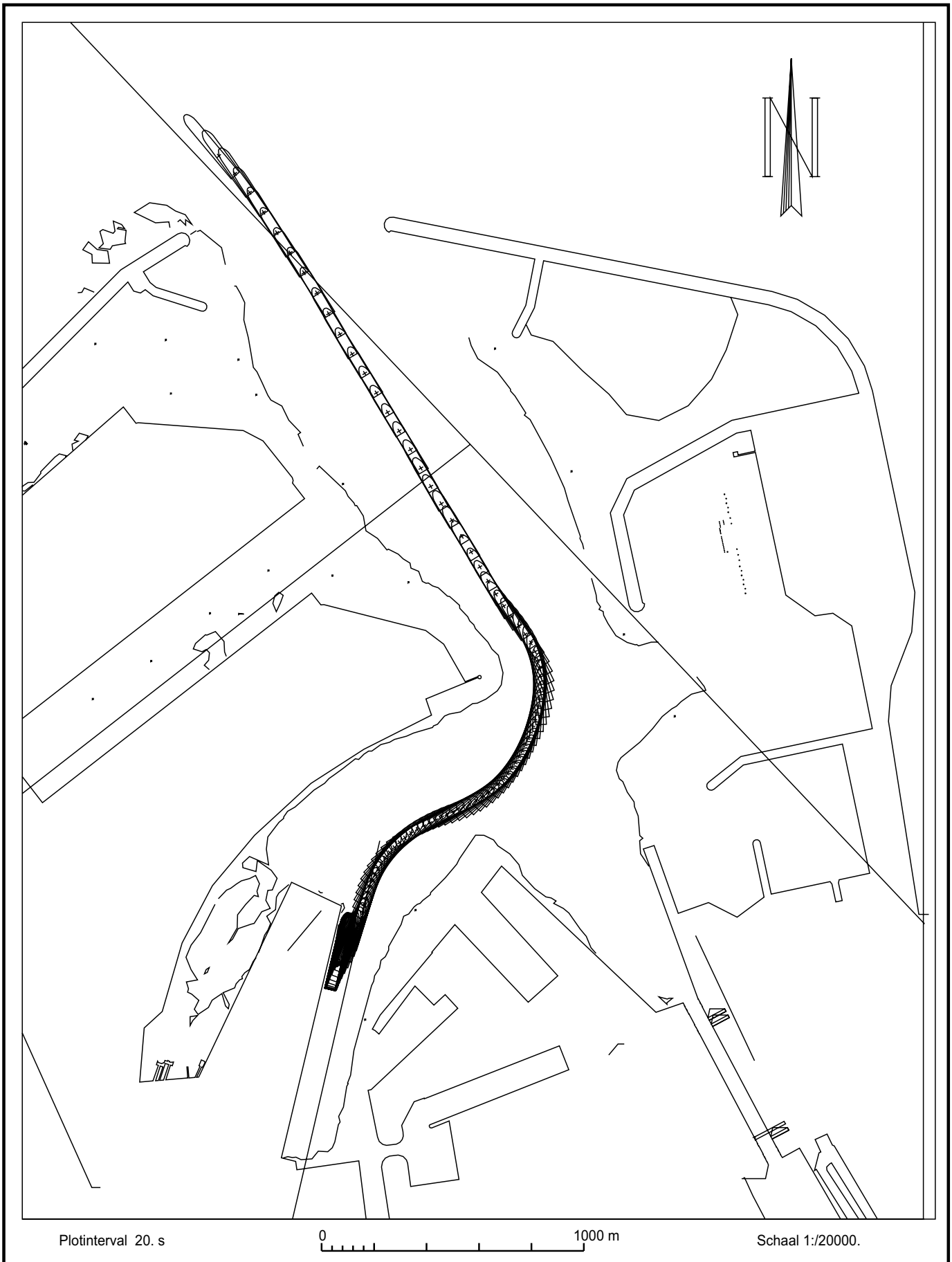
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 058 Datum :2004-04-26 slibD 10%ksp -12.2%top slib



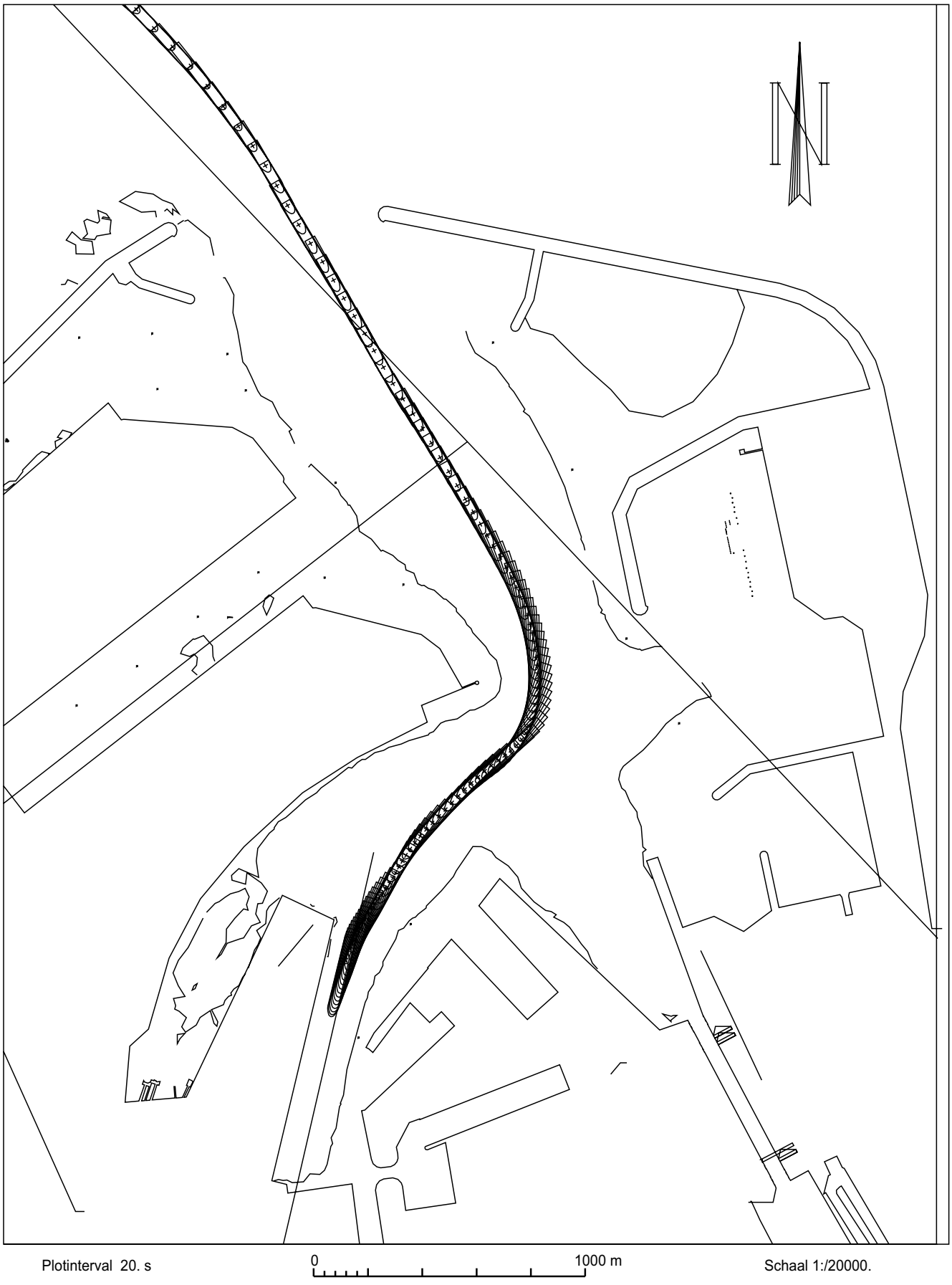
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 059 Datum :2004-04-26 slibD 10%ksp -12.2%top slib



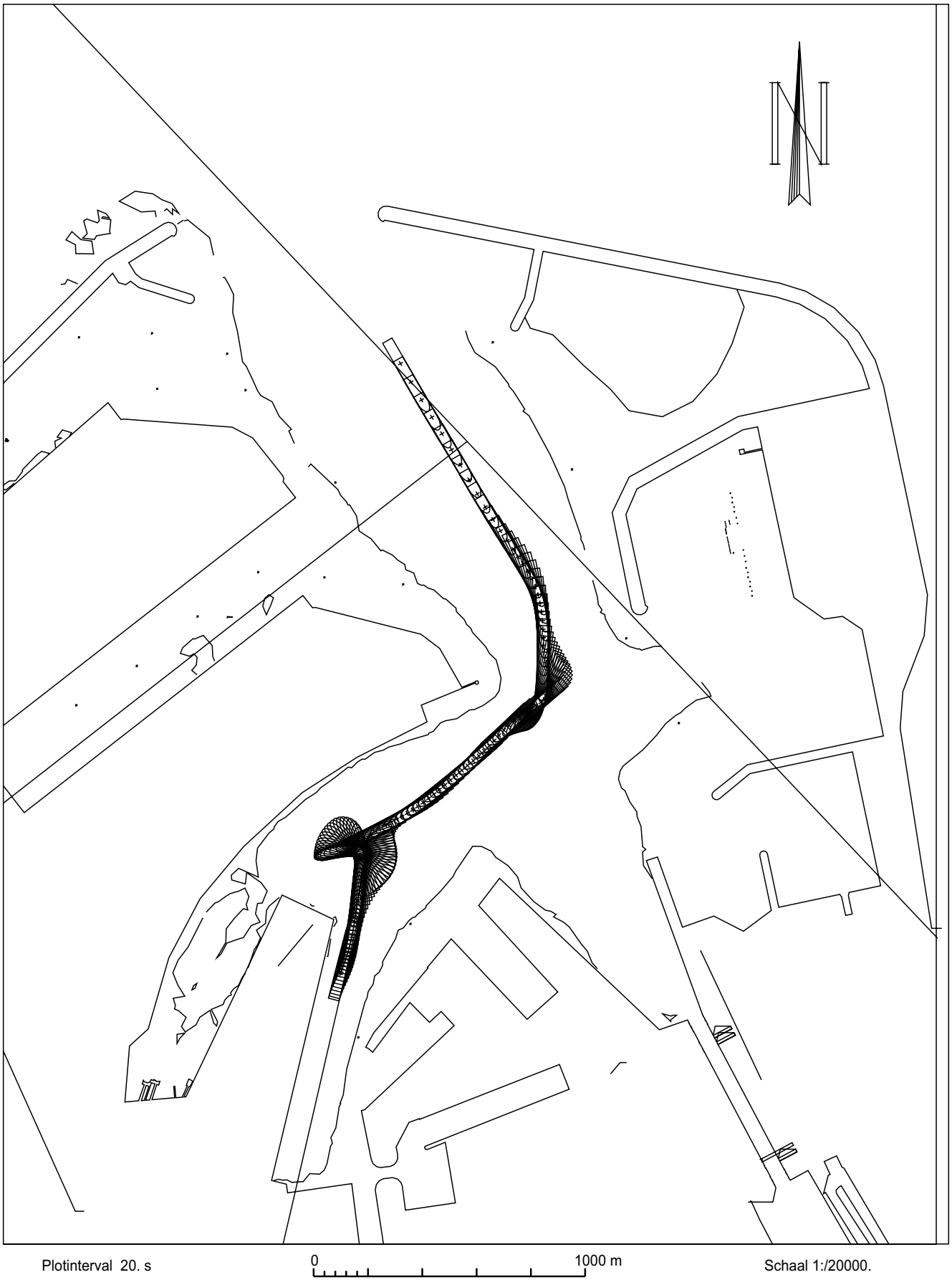
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 3h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 060 Datum :2004-04-26 slibC 26%ksp 4.1%top slib



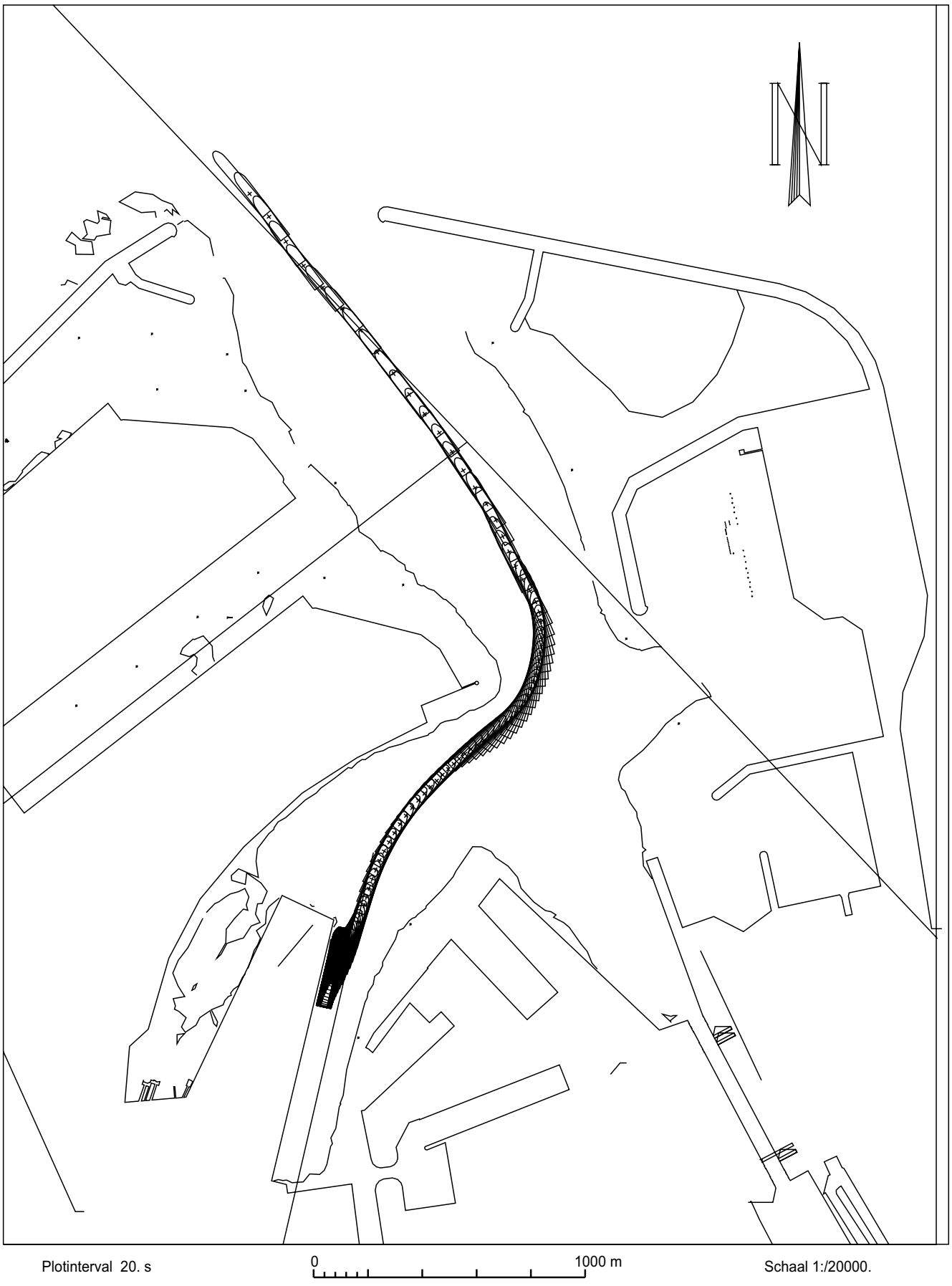
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 061 Datum :2004-04-26 slibC 15%ksp -7.2%top slib



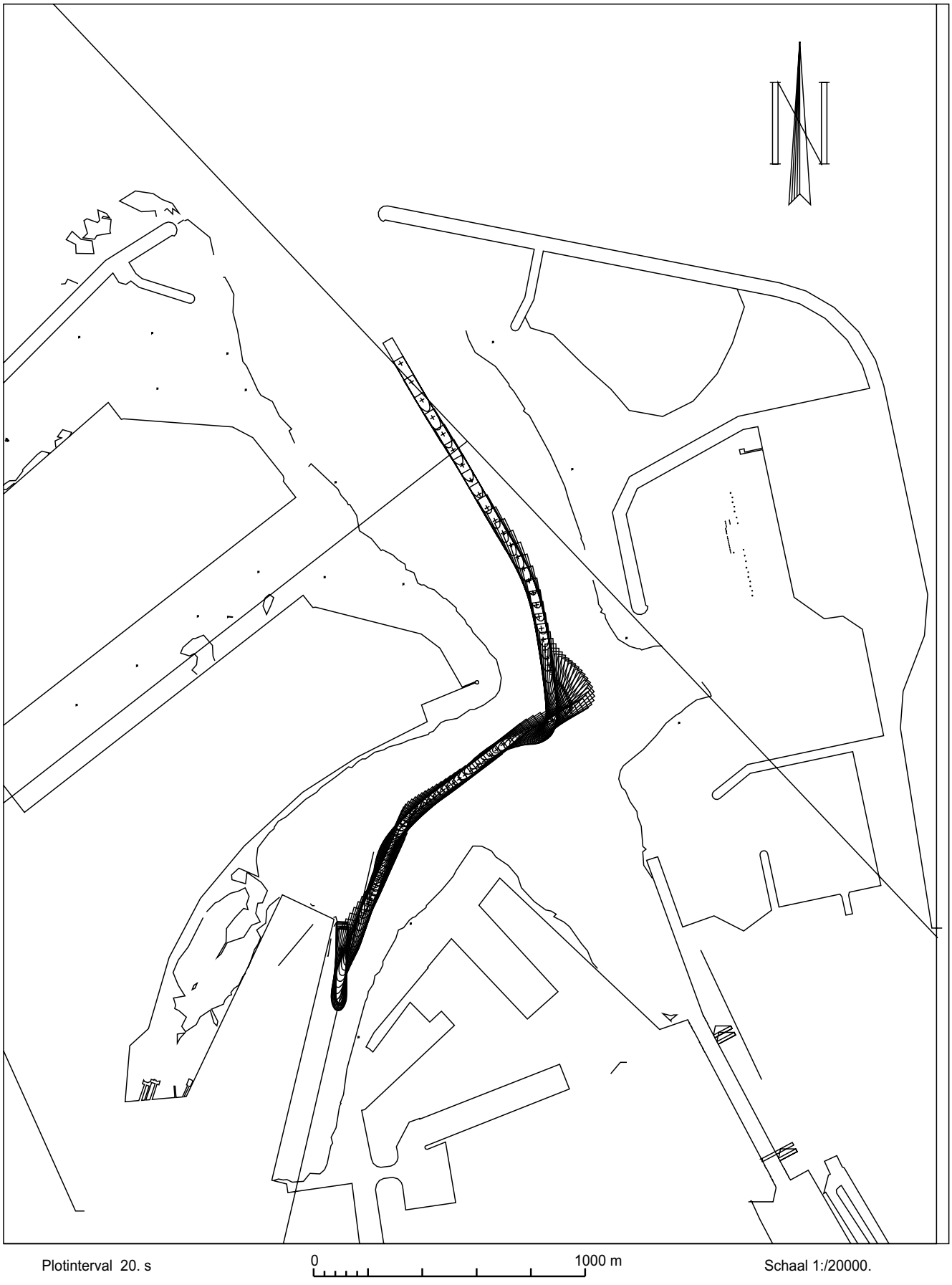
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 062 Datum :2004-04-27 vaste bodem 26%ksp



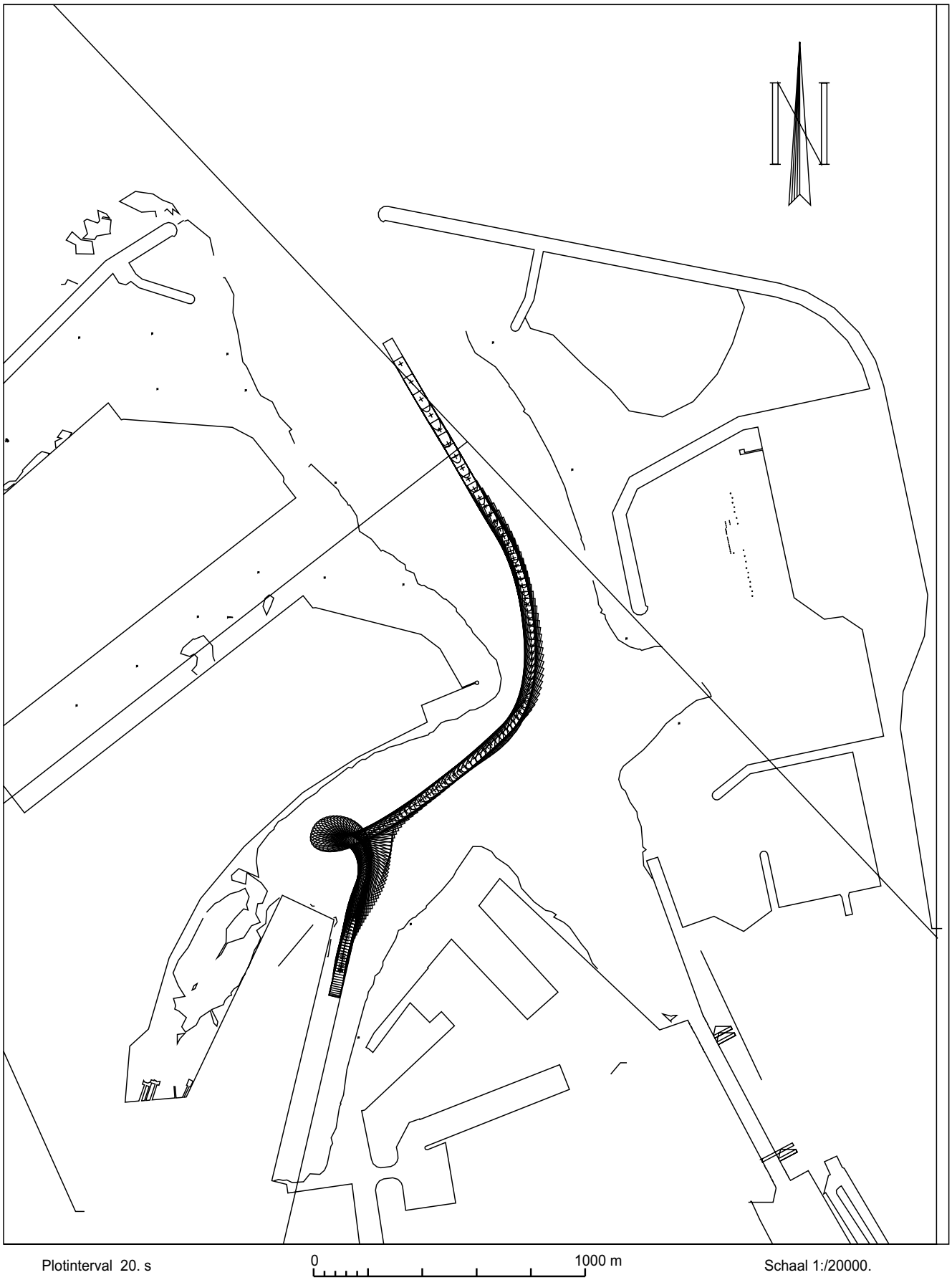
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 063 Datum :2004-04-27 slibB 15%ksp 3.9%top slib



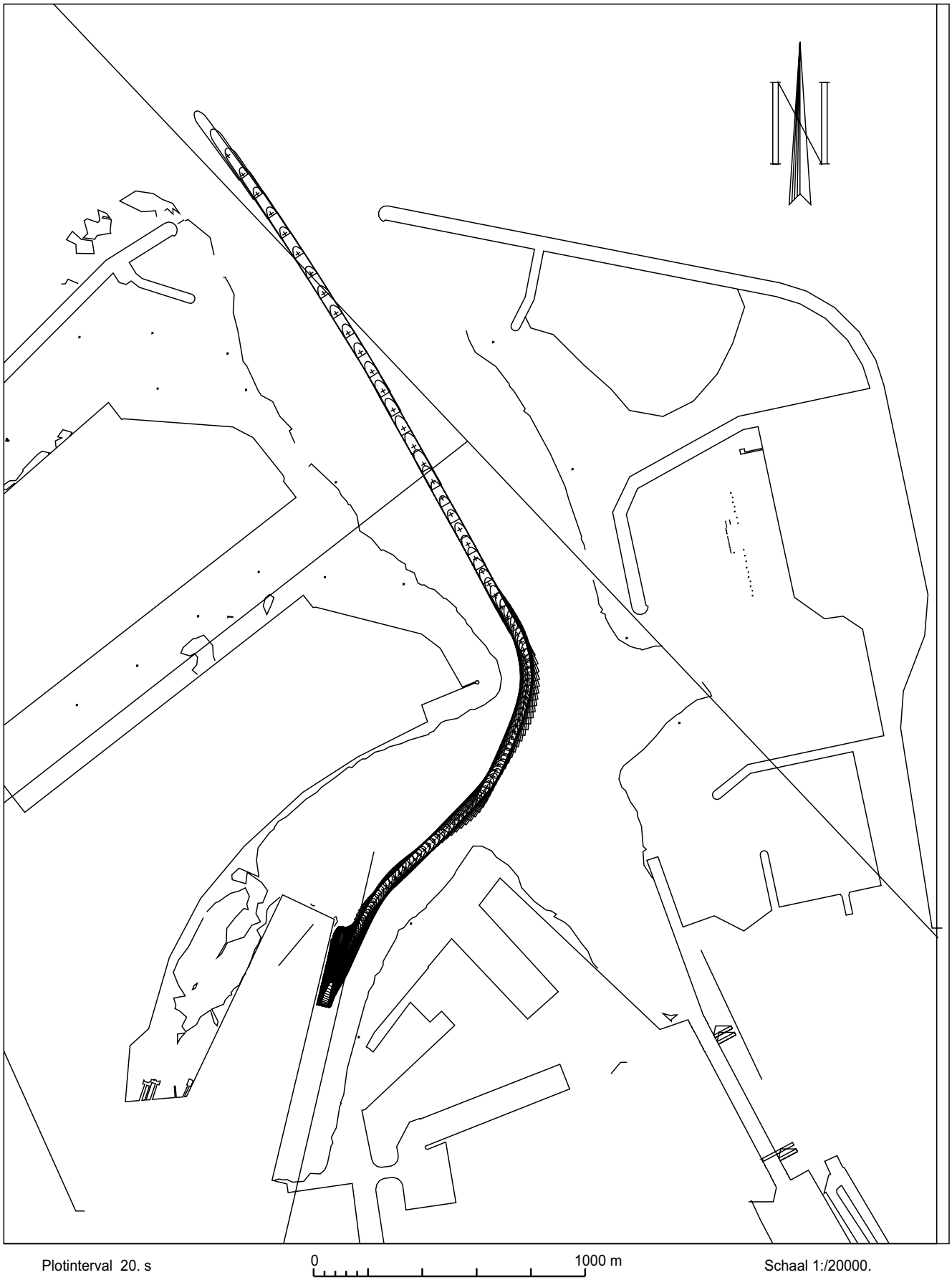
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 064 Datum :2004-04-27 slibB 15%ksp 3.9%top slib



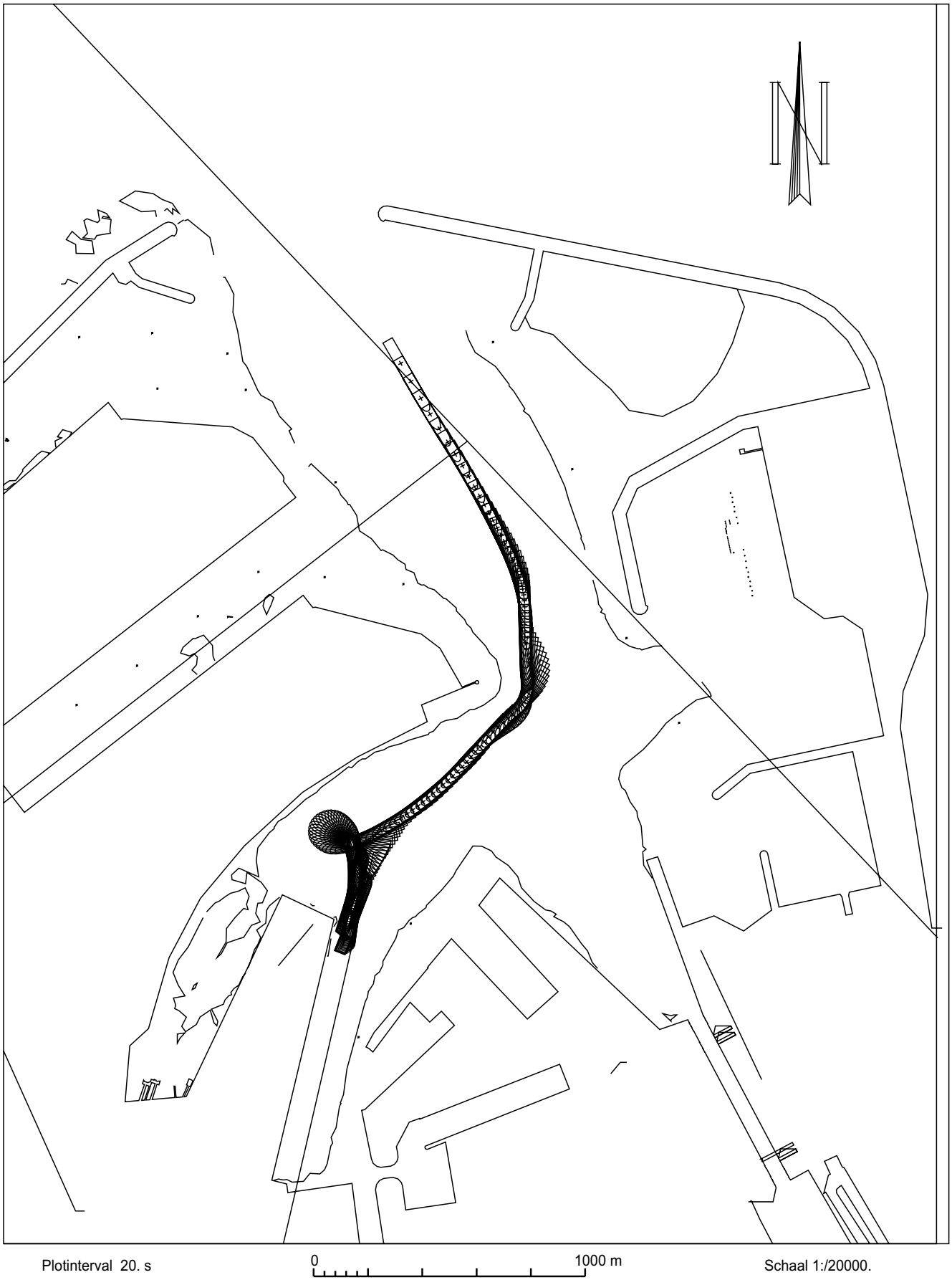
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 065 Datum :2004-04-27 slibF 15%ksp 3.9%top slib



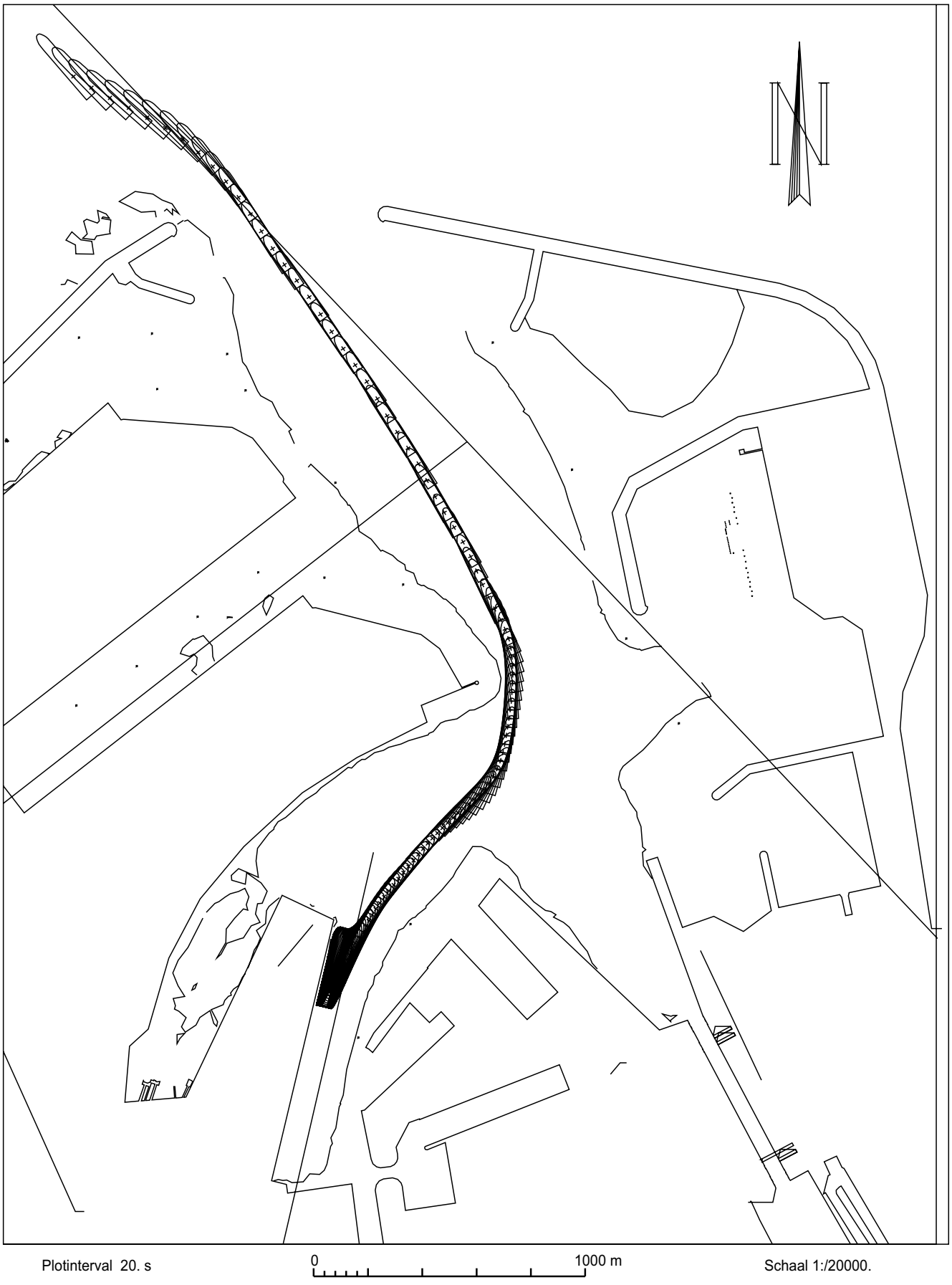
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 066 Datum :2004-04-27 slibH 10%ksp -1.1%top slib



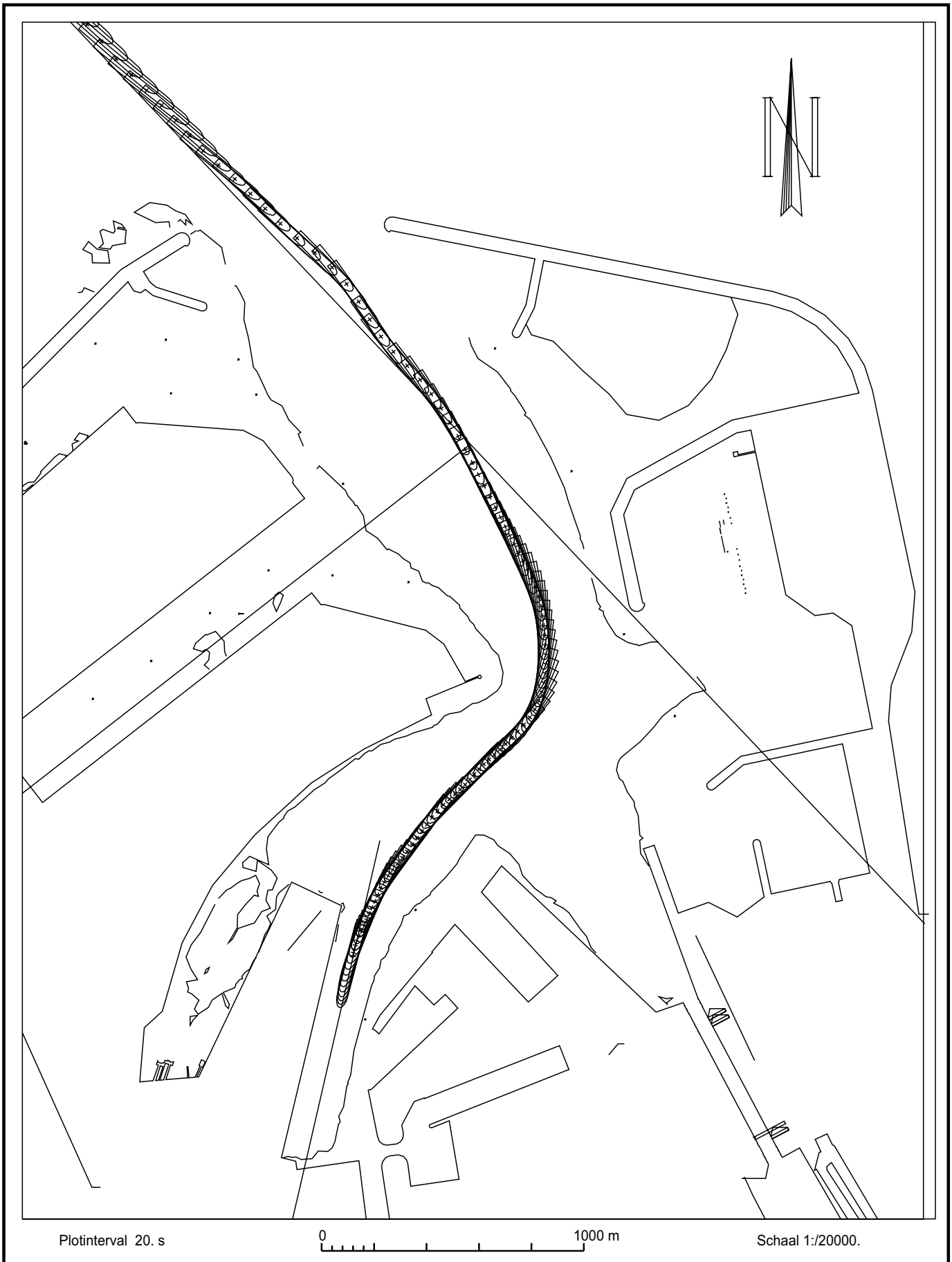
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 067 Datum :2004-04-27 slibH 10%ksp -1.1%top slib



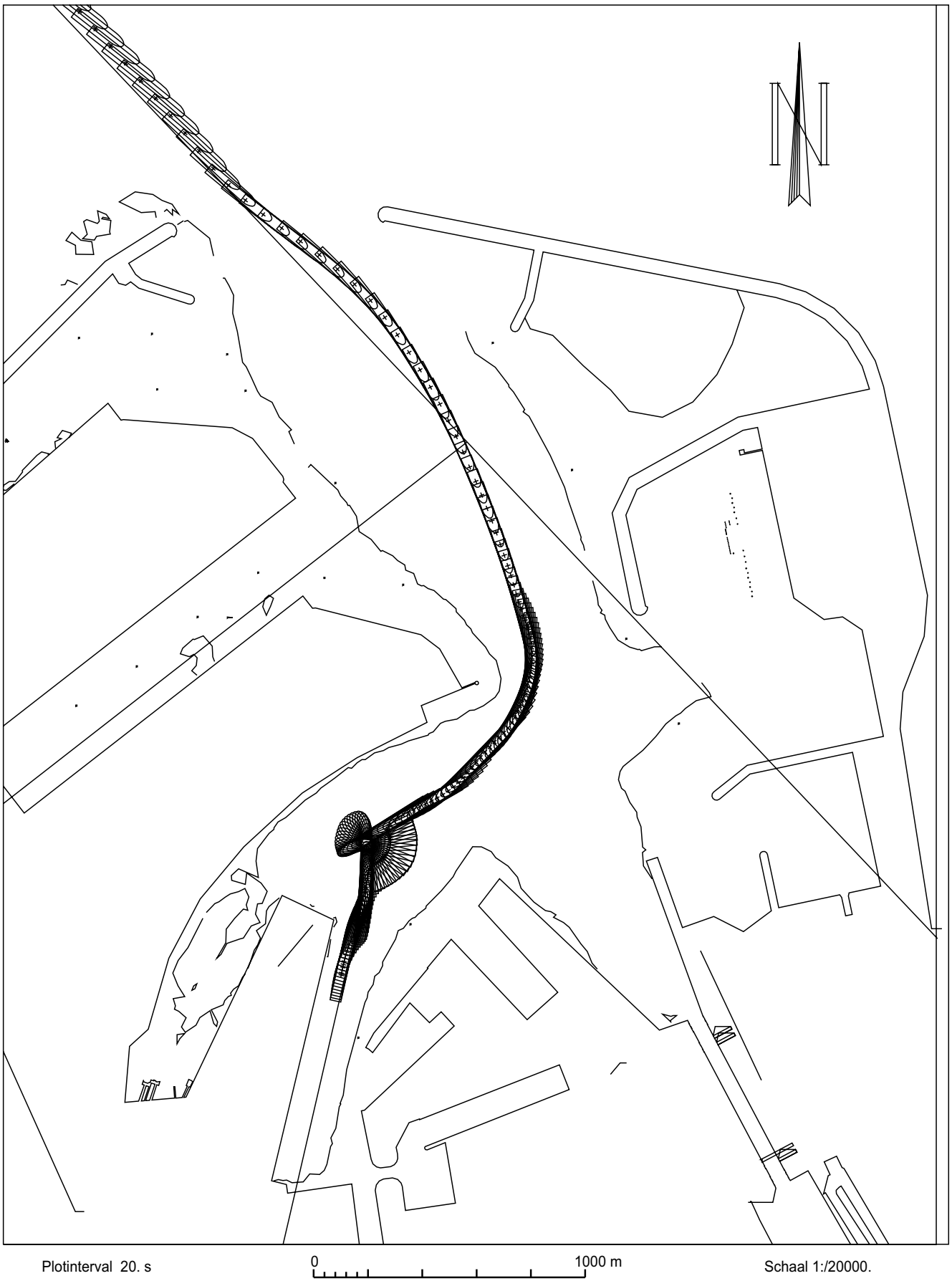
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 068 Datum :2004-04-27 slibC 10%ksp -12.2%top slib



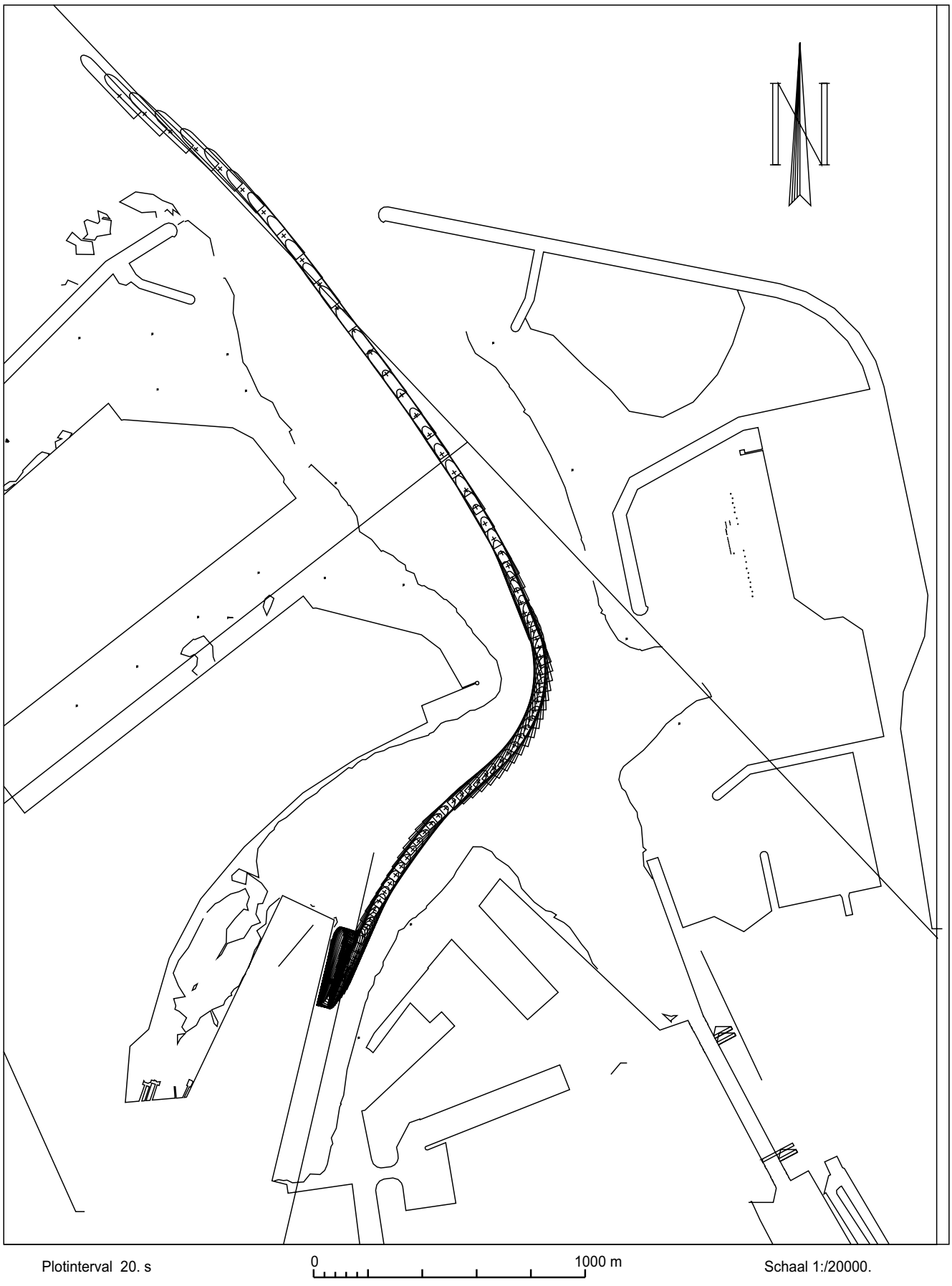
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 069 Datum :2004-04-27 slibC 10%ksp -12.2%top slib



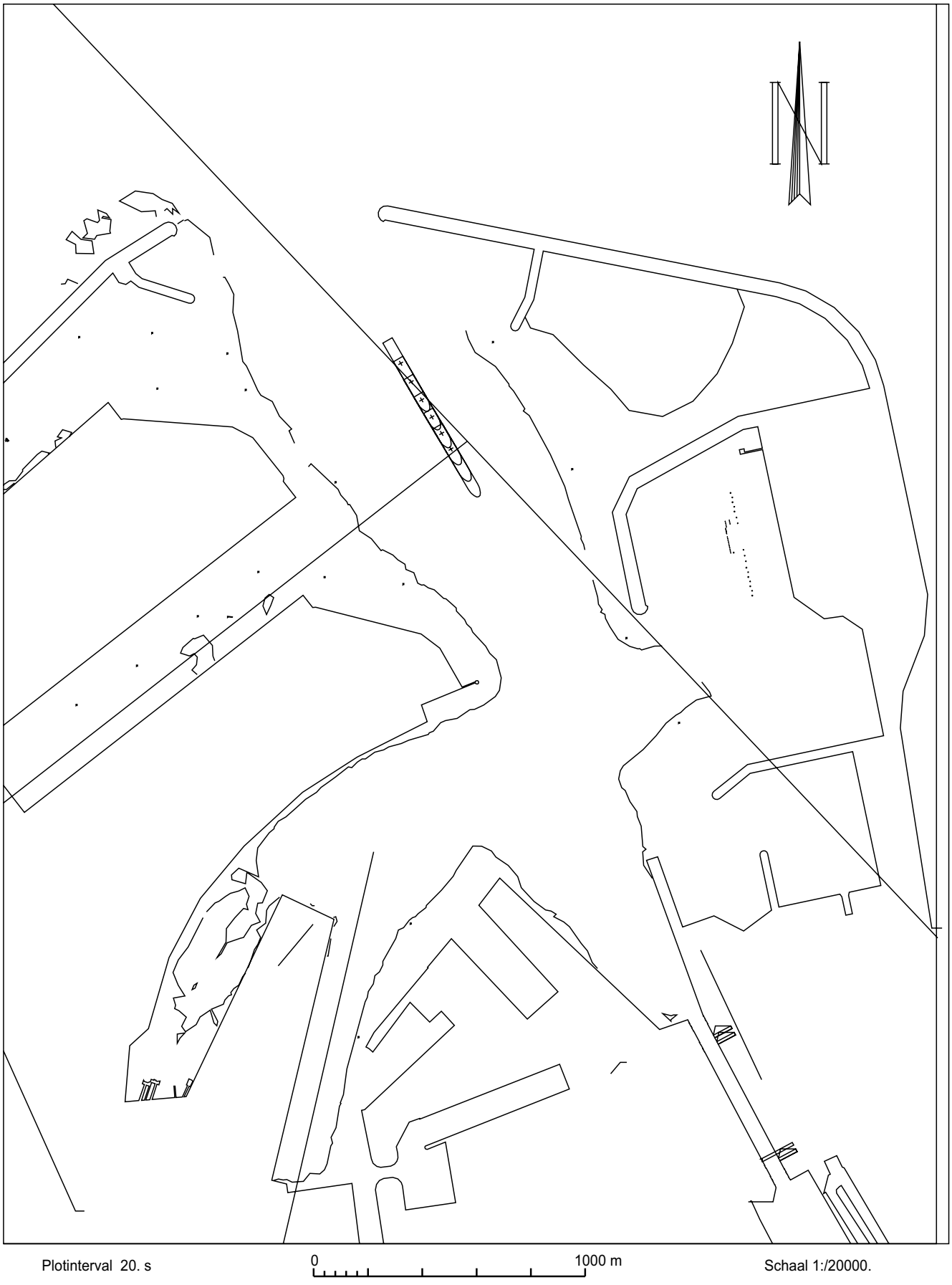
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 070 Datum :2004-04-28 vaste bodem 15%ksp



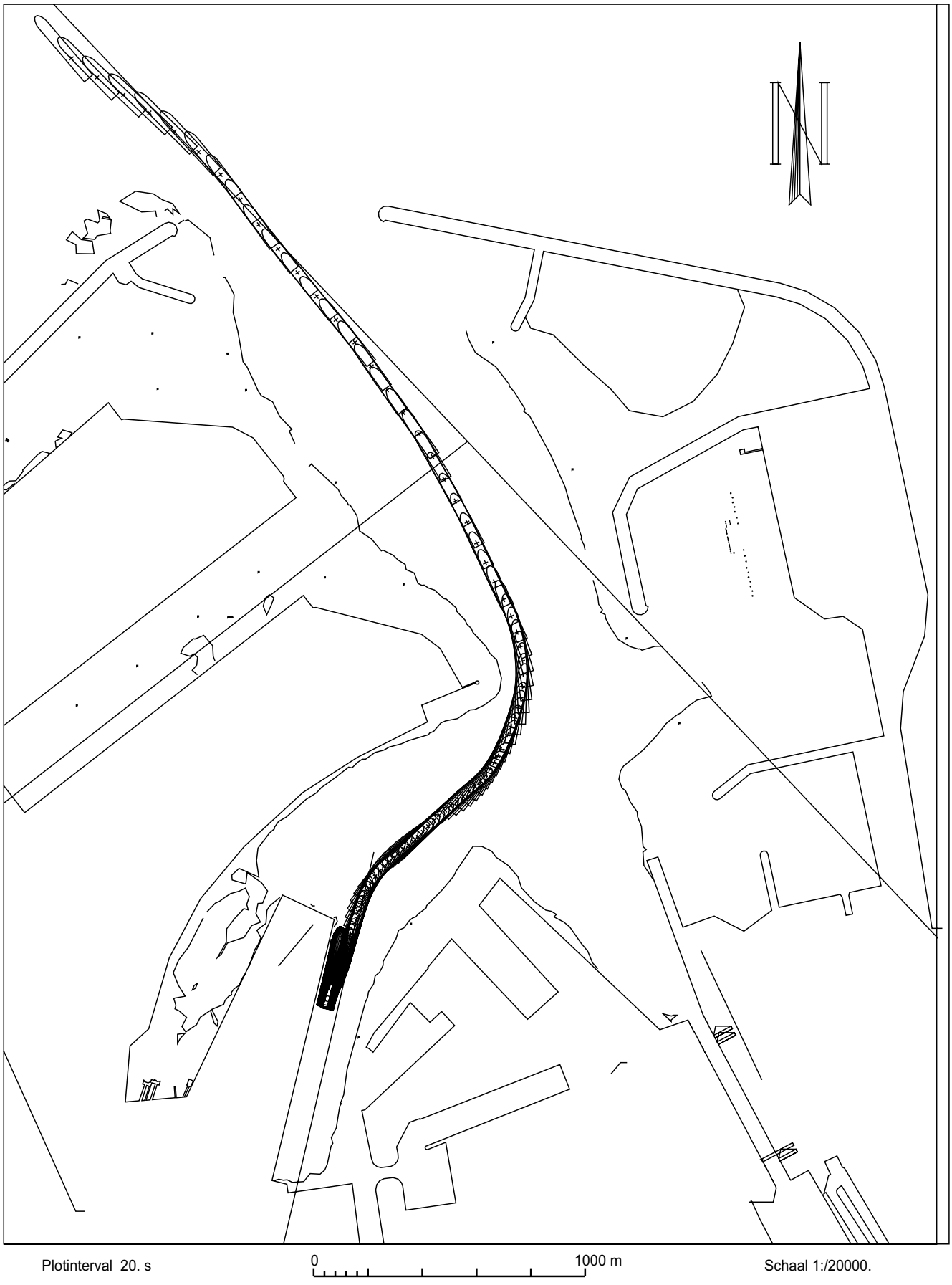
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 071 Datum :2004-04-28 slibD 26%ksp 4.1%top slib



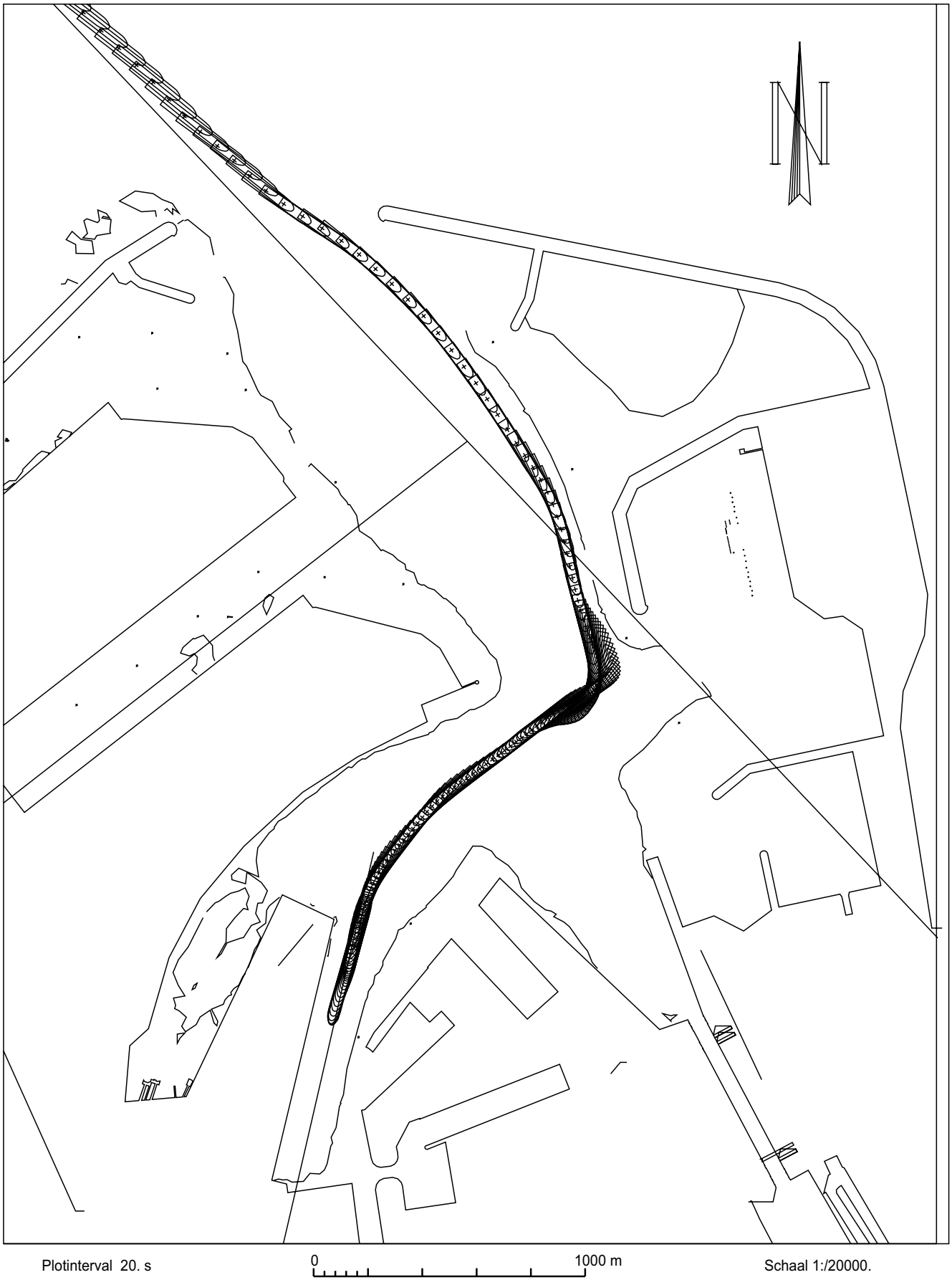
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 4h00 NHW 2x45ton Vaart nr.: 074 Datum :2004-04-28 slibD 26%ksp 4.1%top slib



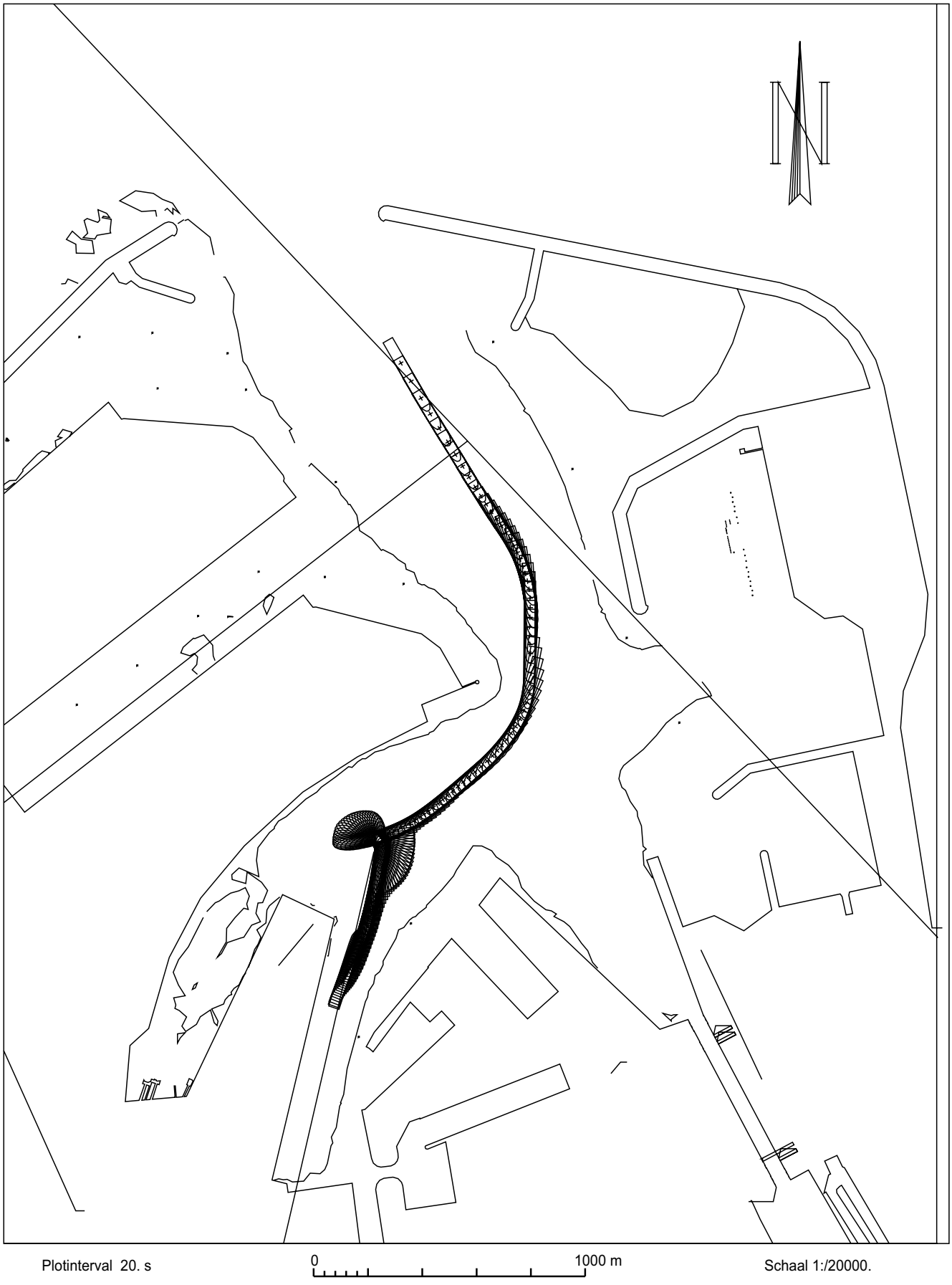
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 075 Datum :2004-04-28 slibC 10%ksp -1.1%top slib



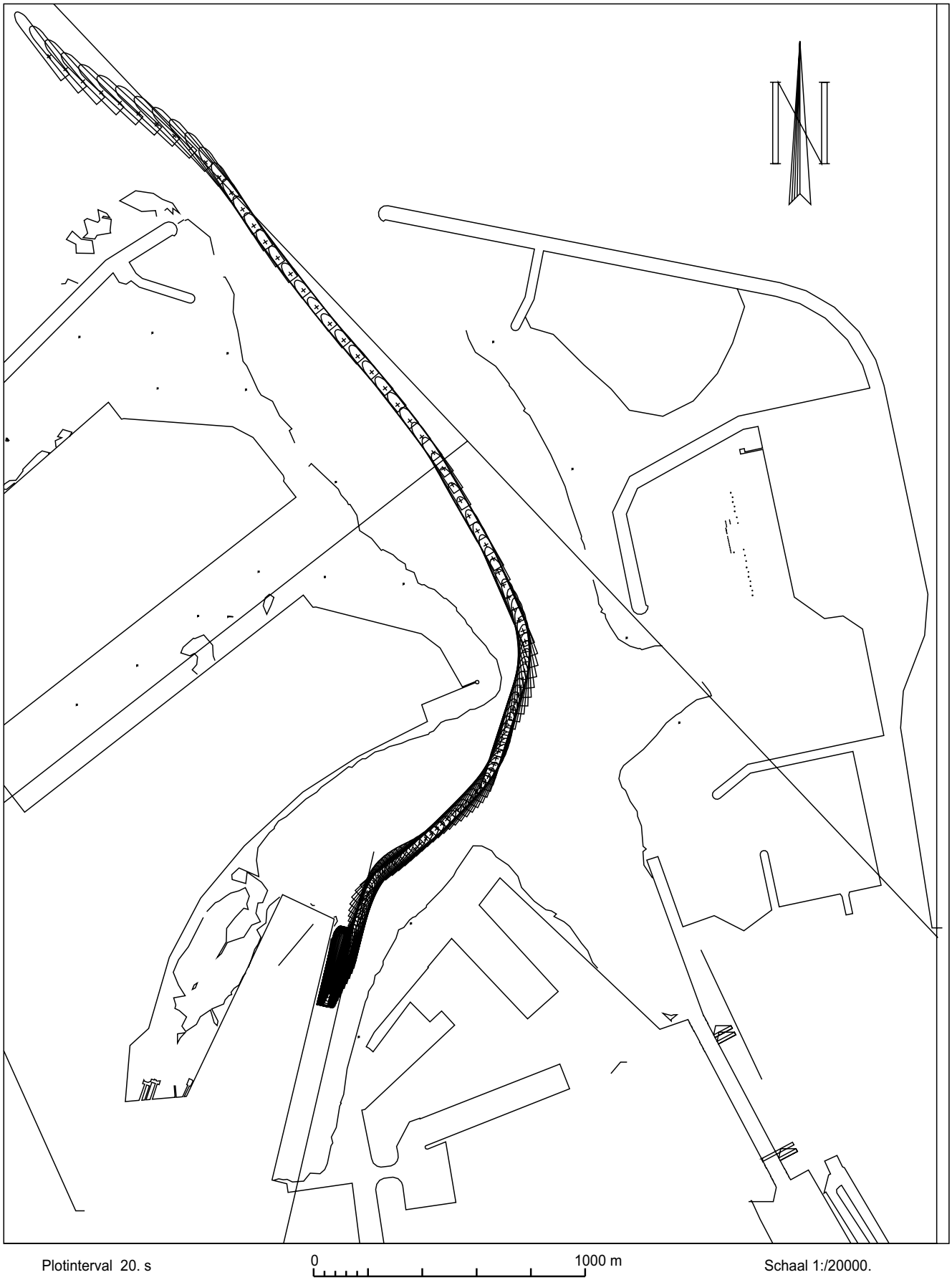
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 076 Datum :2004-04-28 slibC 10%ksp -1.1%top slib



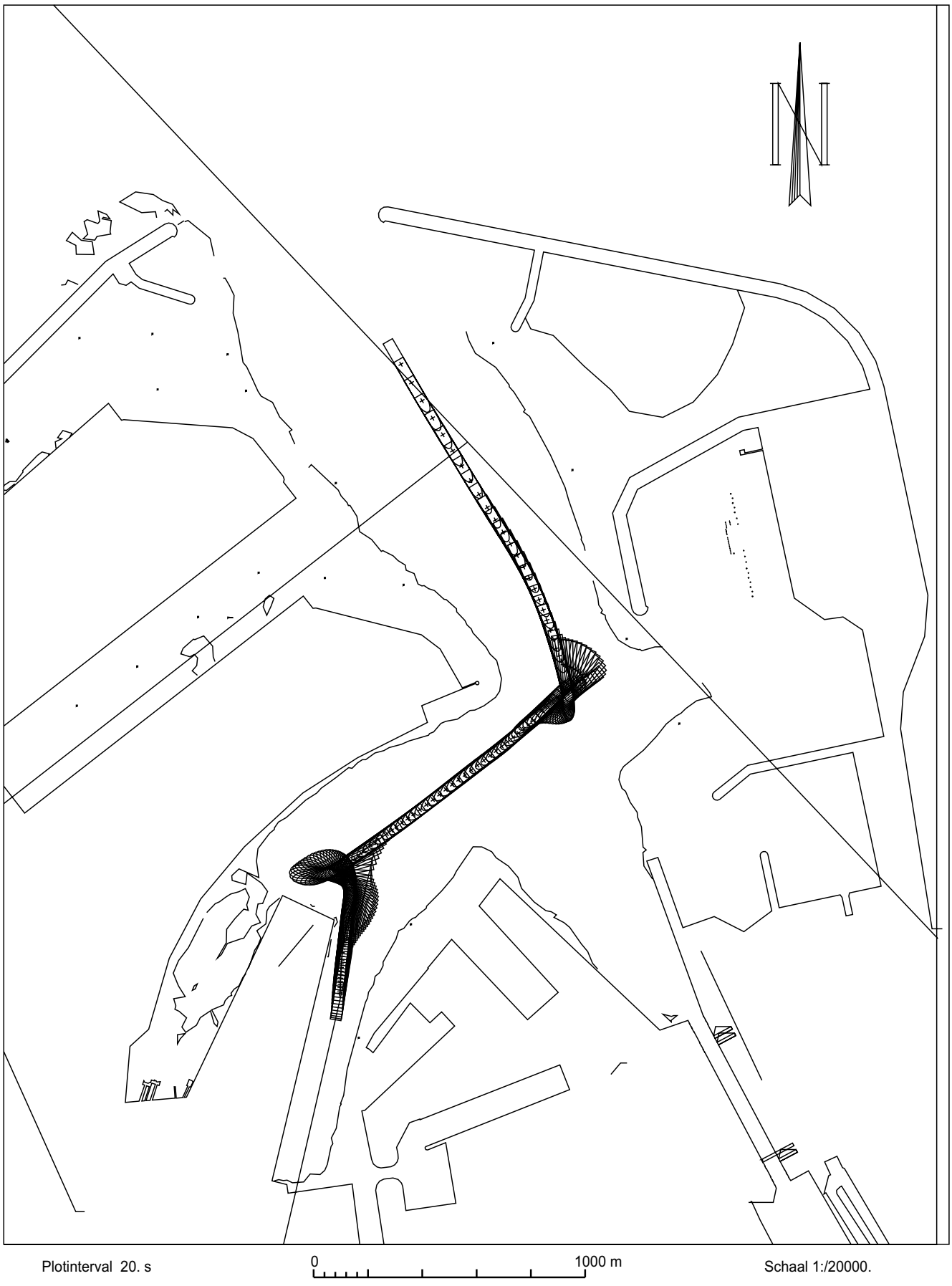
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 077 Datum :2004-04-28 slibB 15%ksp 3.9%top slib



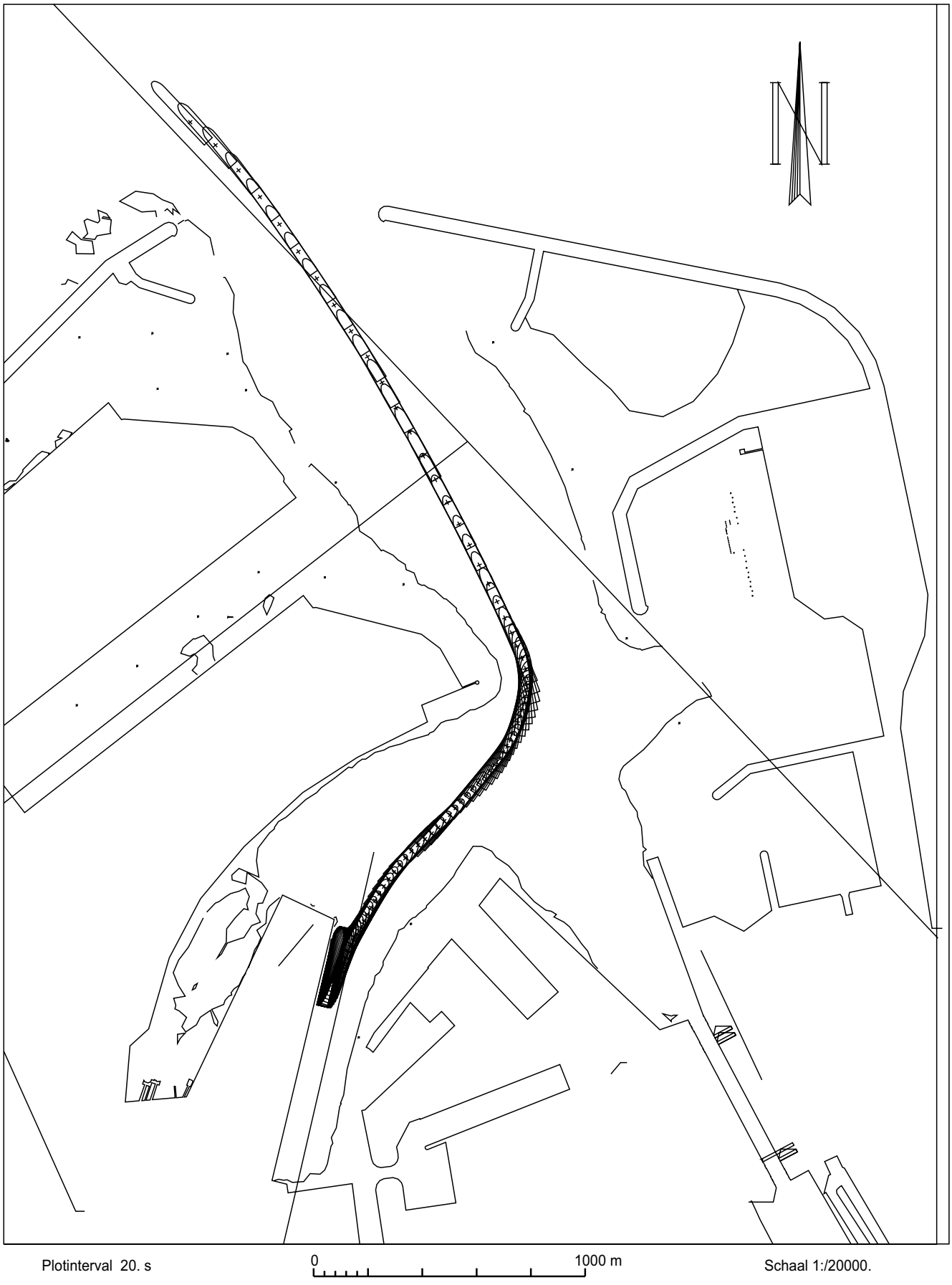
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 078 Datum :2004-04-28 slibB 10%ksp -12.2%top slib



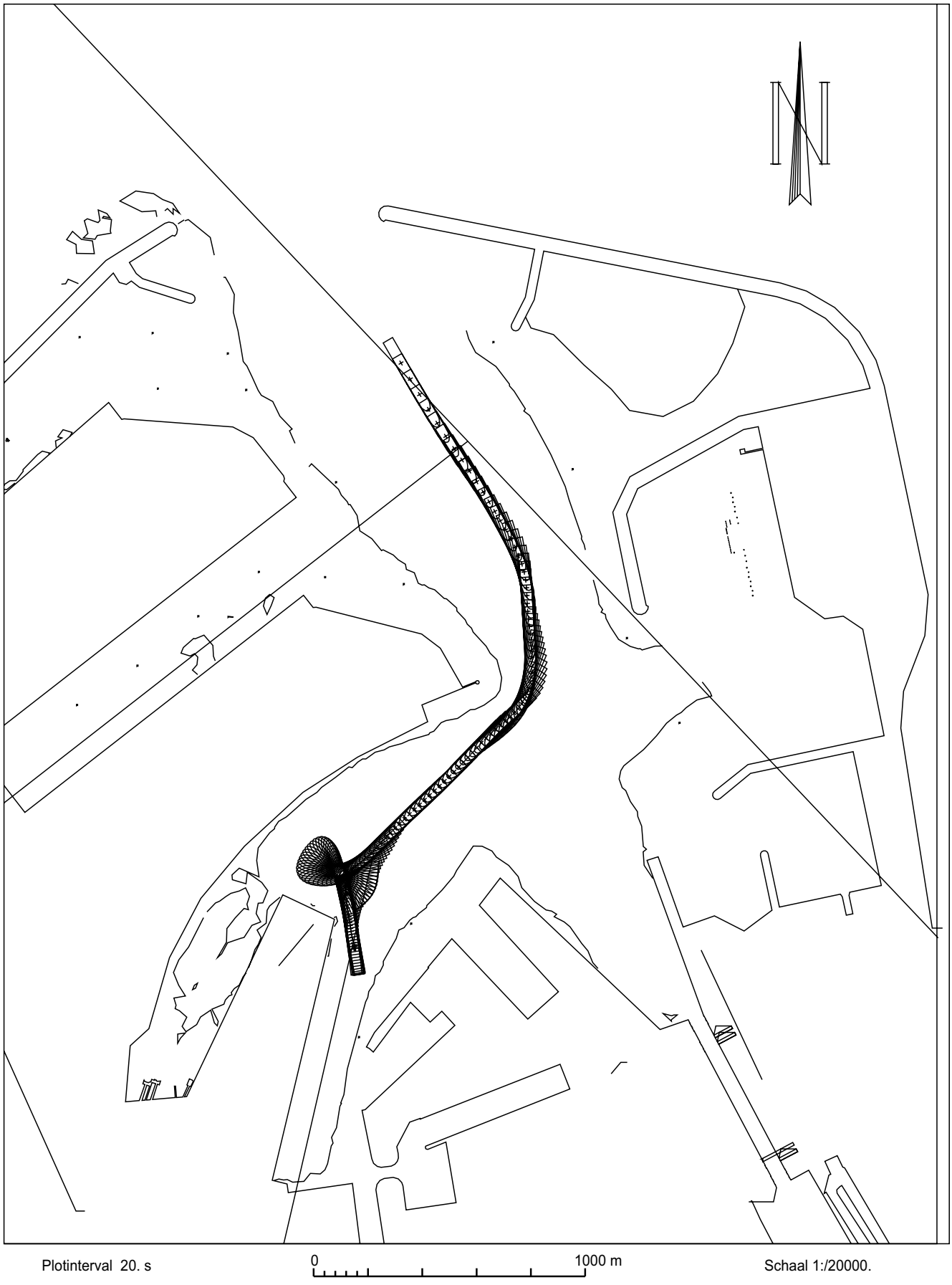
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 079 Datum :2004-04-28 slibB 10%ksp -12.2%top slib



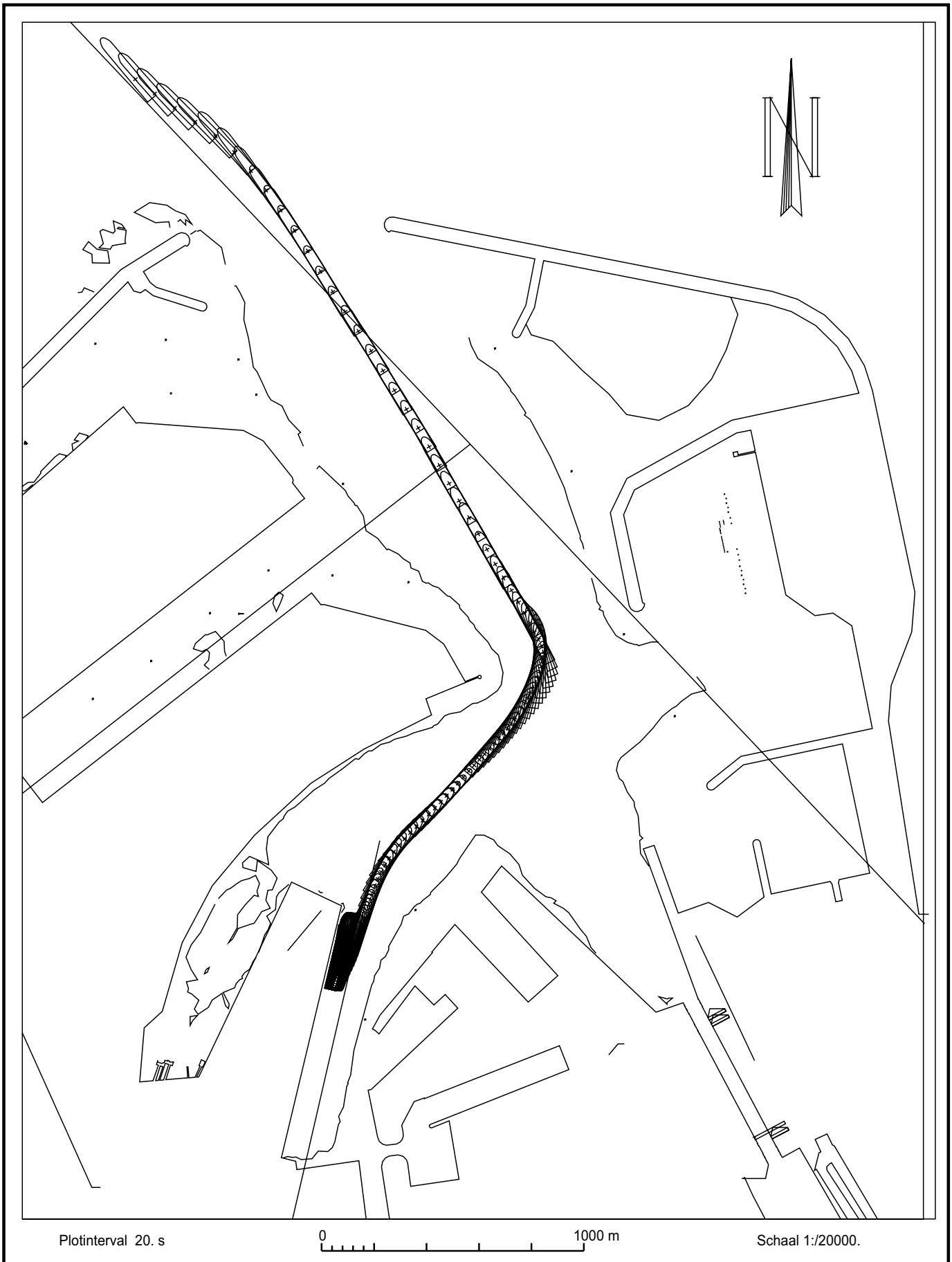
RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 5h40 VHW 2x45ton Vaart nr.: 080 Datum :2004-04-29 slibF 26%ksp 15.2%top slib



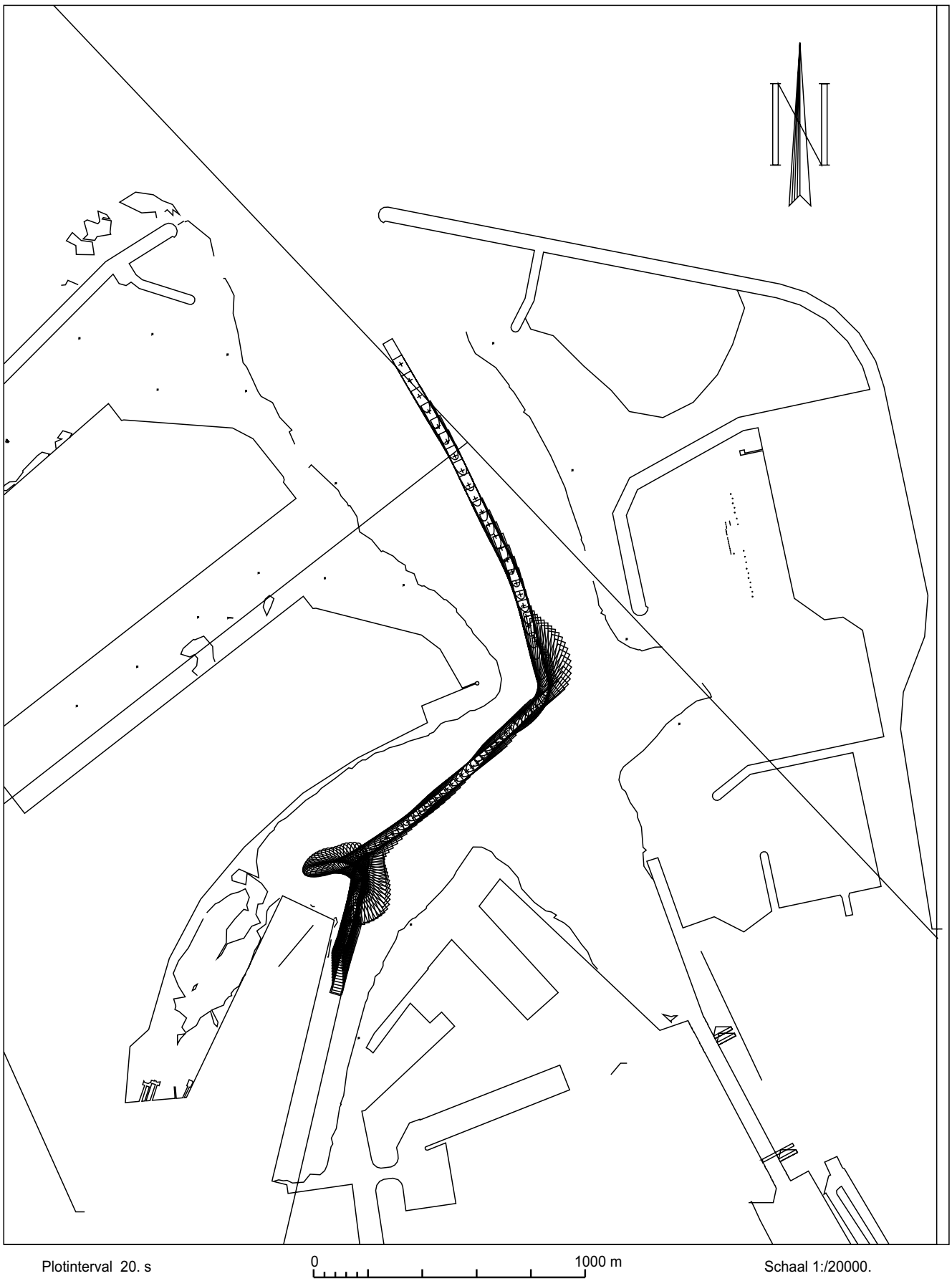
RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 081 Datum :2004-04-29 slibF 26%ksp 15.2%top slib



RealTime Simulatie Opvaart Scheur naar kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x60ton Vaart nr.: 082 Datum :2004-04-29 slibC 15%ksp -7.2%top slib

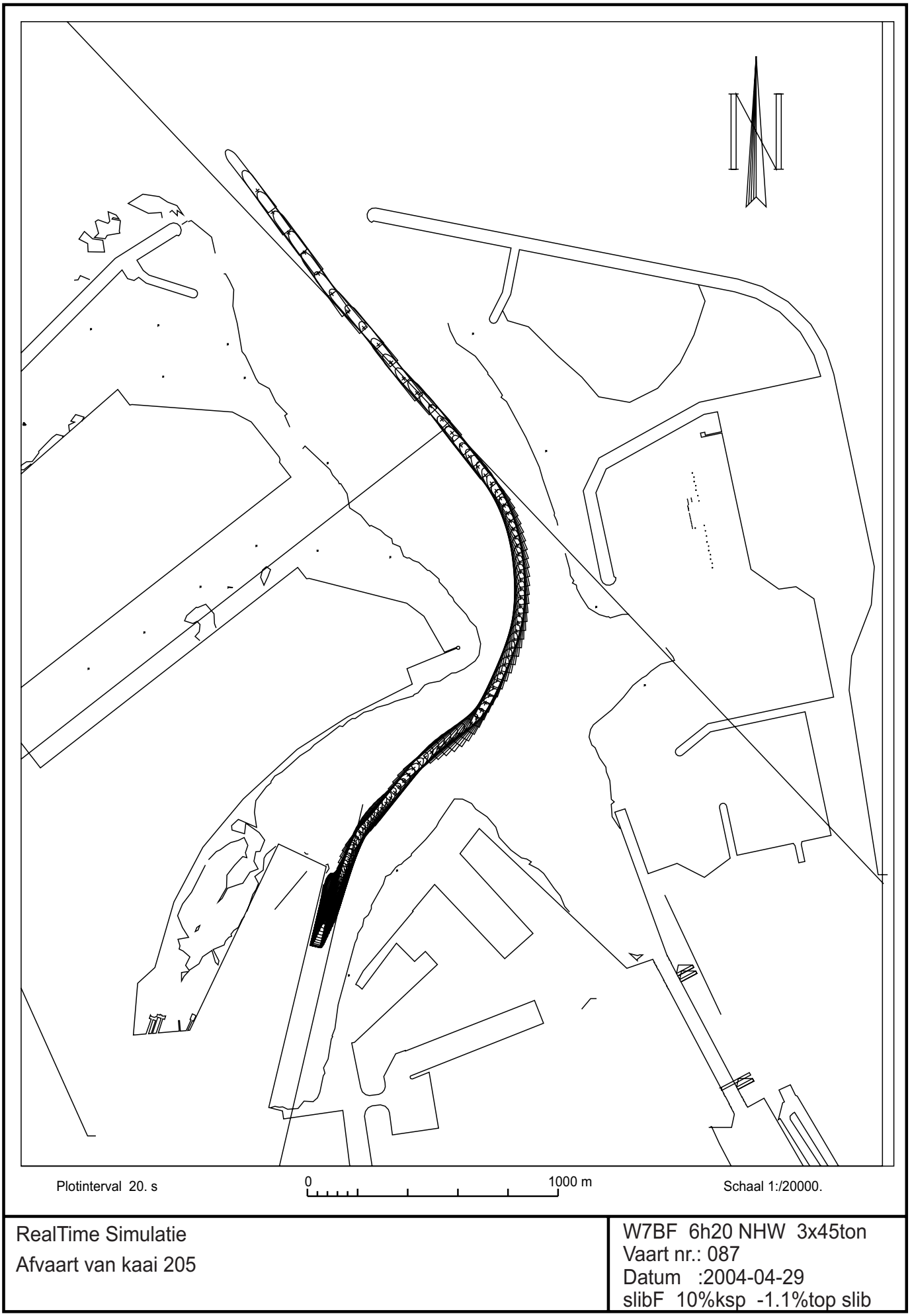


RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	ZW4BF 4h00 VHW 2x60ton Vaart nr.: 083 Datum :2004-04-29 slibC 15%ksp -7.2%top slib

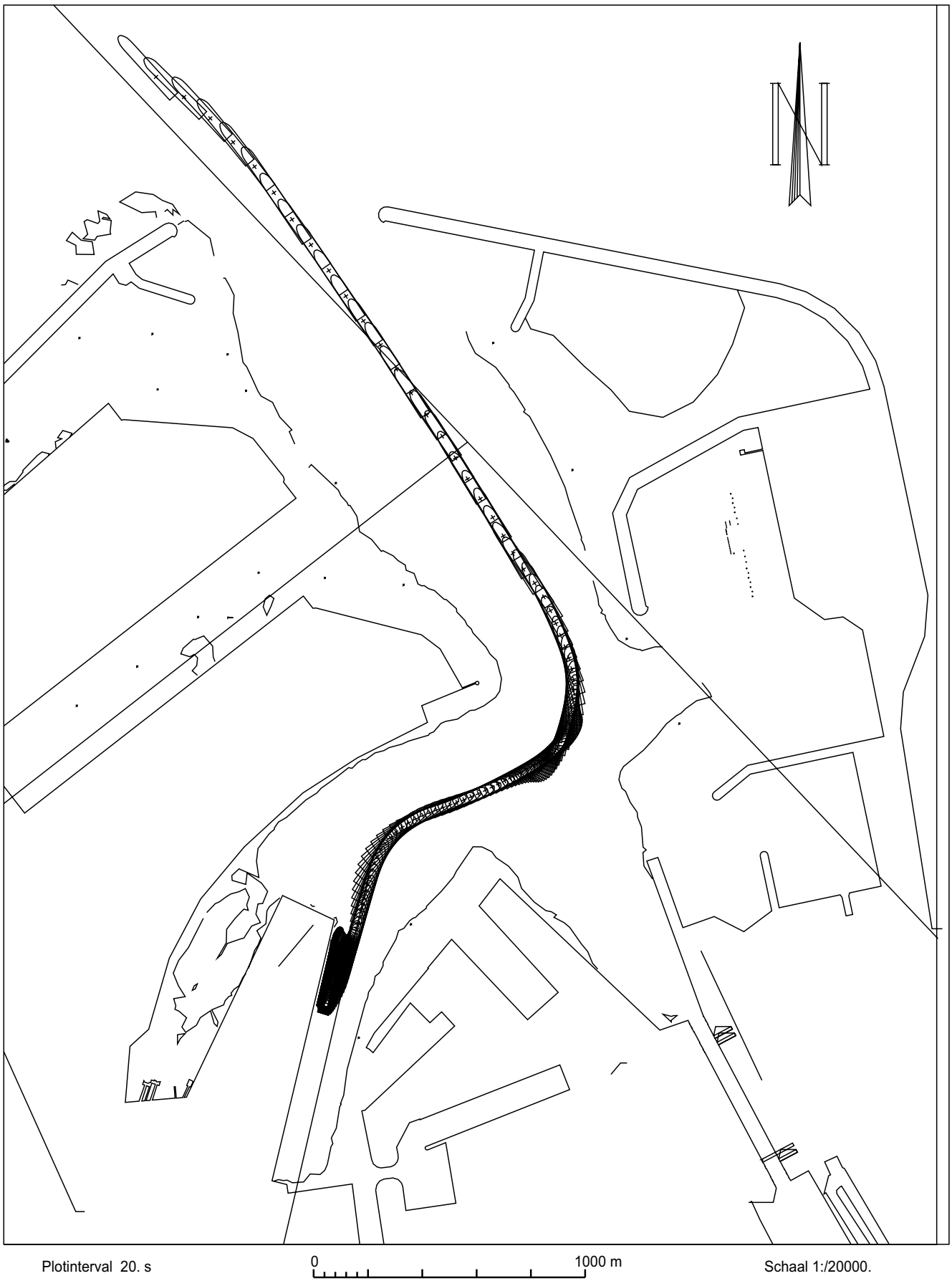


RealTime Simulatie
Opvaart Scheur naar kaai 205

W7BF 5h40 VHW 3x45ton
Vaart nr.: 085
Datum :2004-04-29
slibF 10%ksp -1.1%top slib



RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	W7BF 6h20 NHW 3x45ton Vaart nr.: 087 Datum :2004-04-29 slibF 10%ksp -1.1%top slib

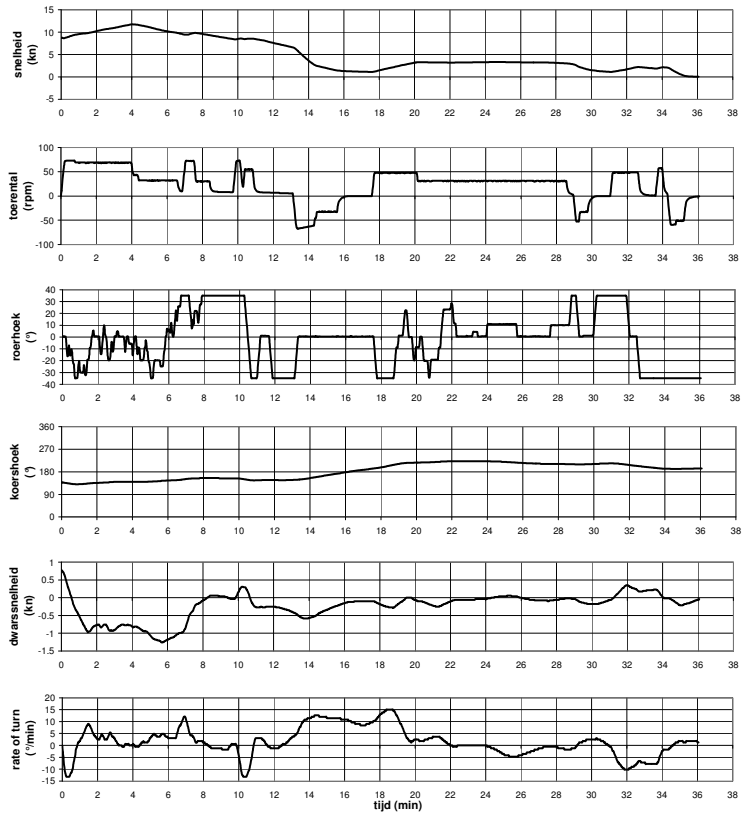


RealTime Simulatie Afvaart van kaai 205	O6BF 6h20 NHW 2x45ton Vaart nr.: 088 Datum :2004-04-29 slibF 10%ksp -1.1%top slib

BIJLAGE 10

REAL-TIME SIMULATIES: TIJDSVERLOPEN VAN DE KARAKTERISTIEKE GROOTHEDEN

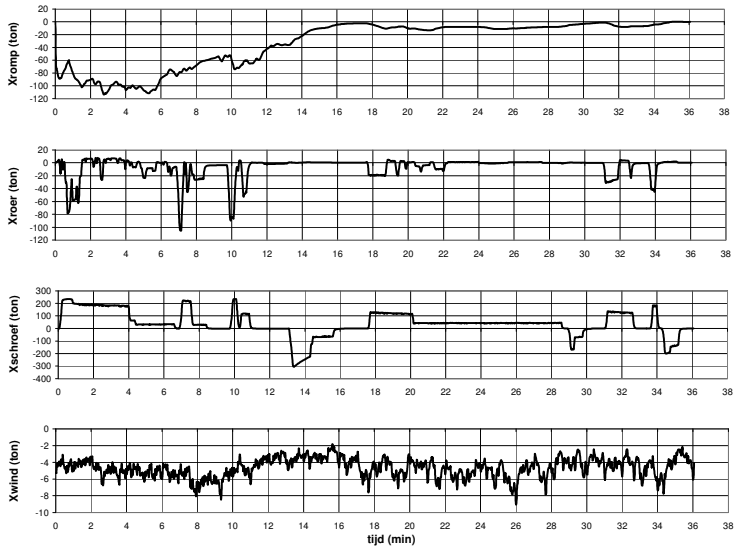
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut018_PD opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

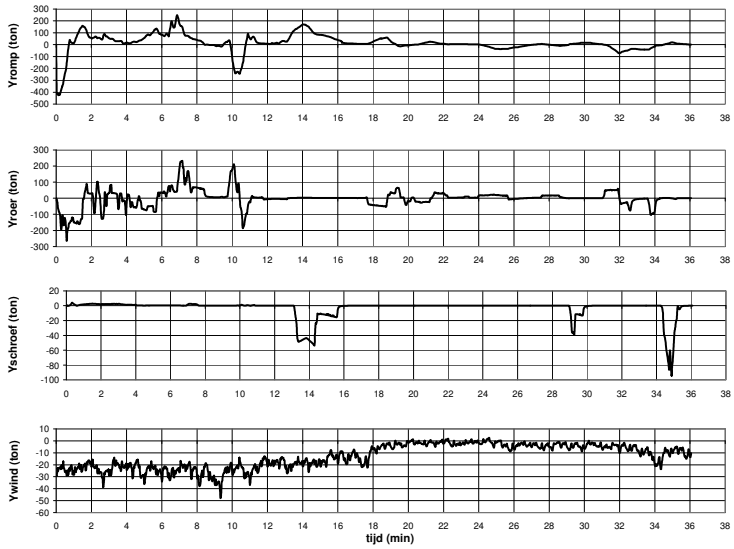
X-KRACHTEN



	naut018_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

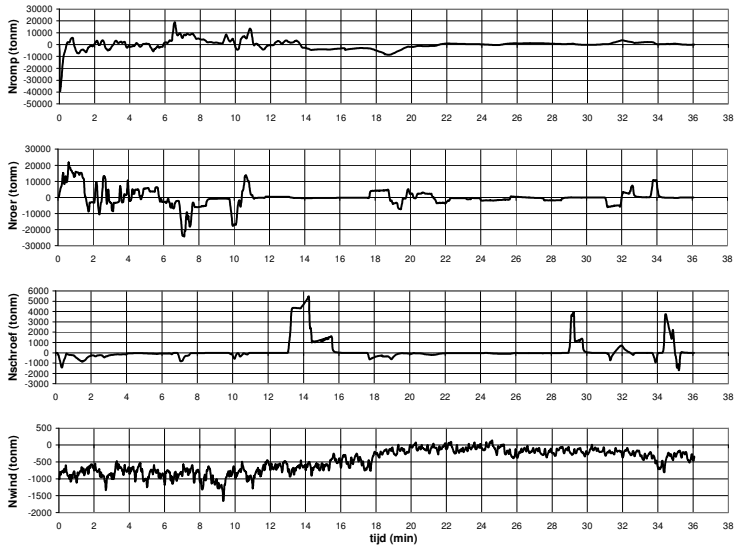
Y-KRACHTEN



	naut018_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

MOMENT- N

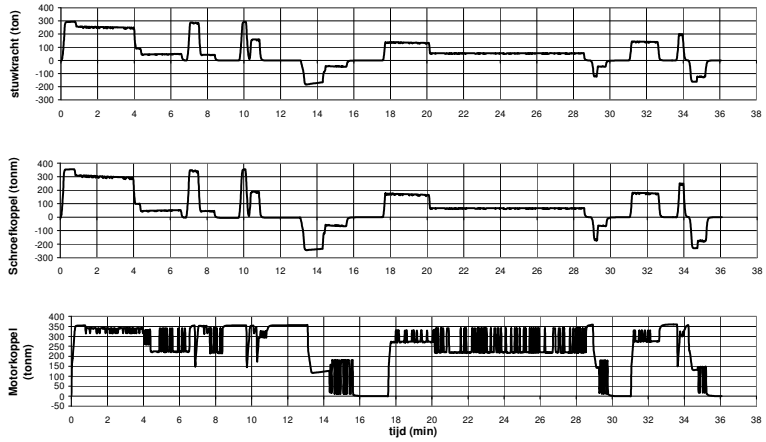


	naut018_PD
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	2h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

SCHROEF

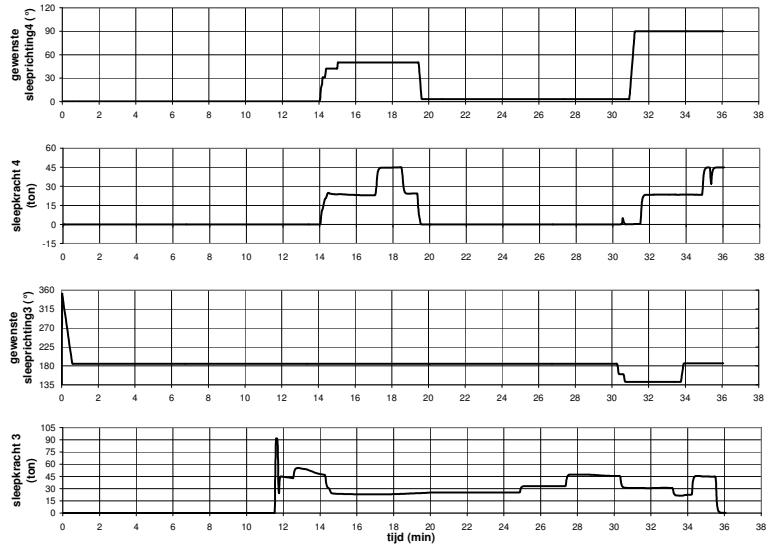


	naut018_PD
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	2h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

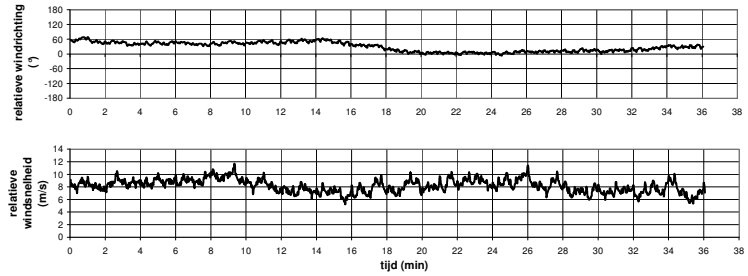
SLEEPBOTEN 3&4



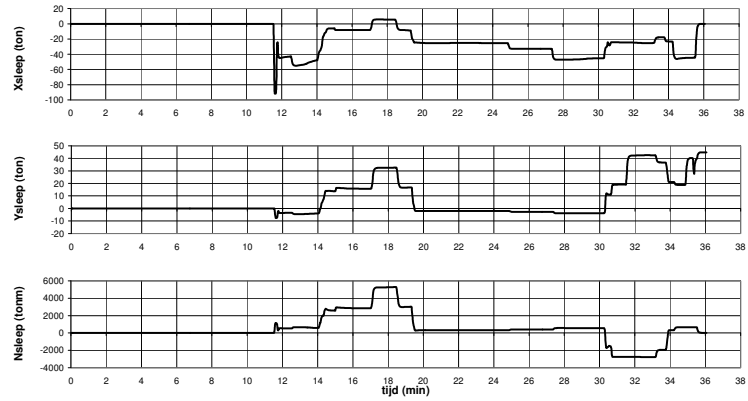
	naut018_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

WIND



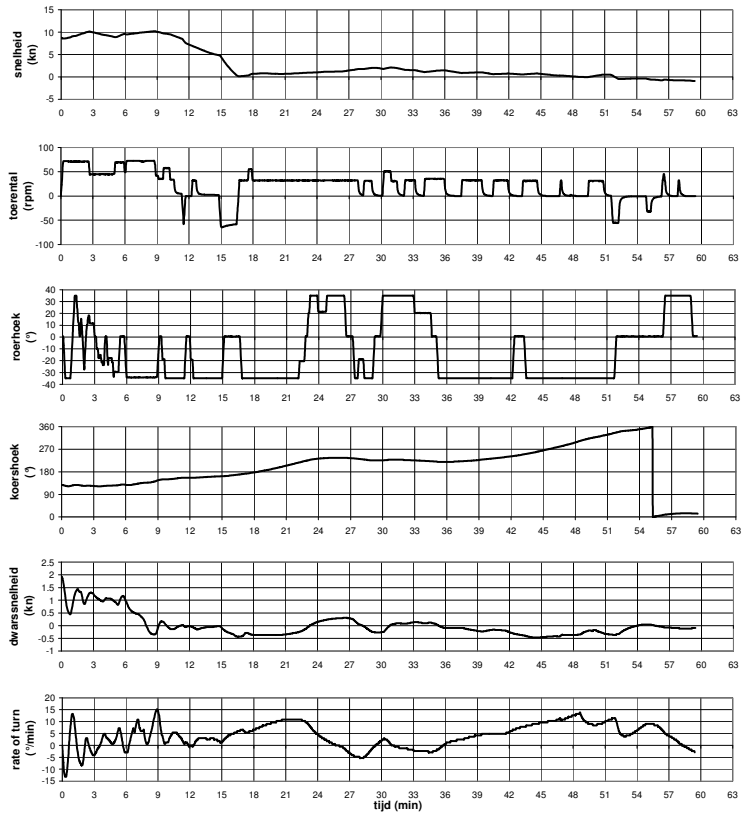
SLEEPKRACHTEN



	naut018_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.100
3	14.400
4	19.300
5	-
6	-
Einde	36

EIGEN SCHIP

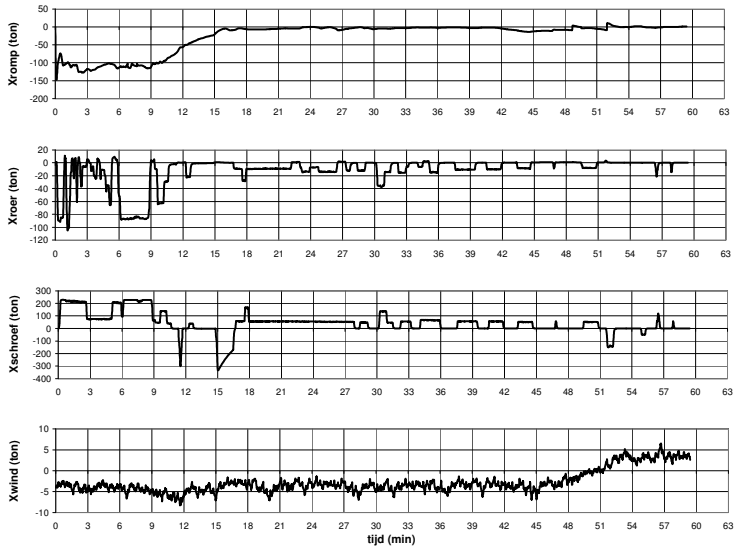


MANOEUVRE	naut019_TE opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

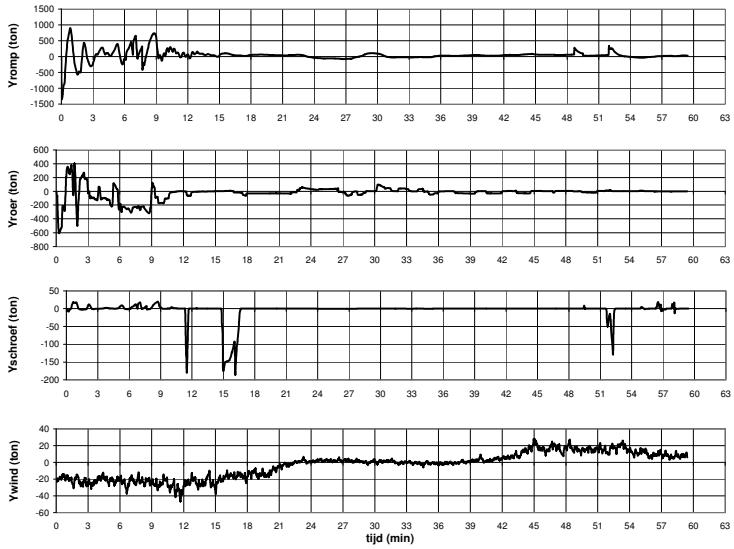
X-KRACHTEN



	naut019_TE	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

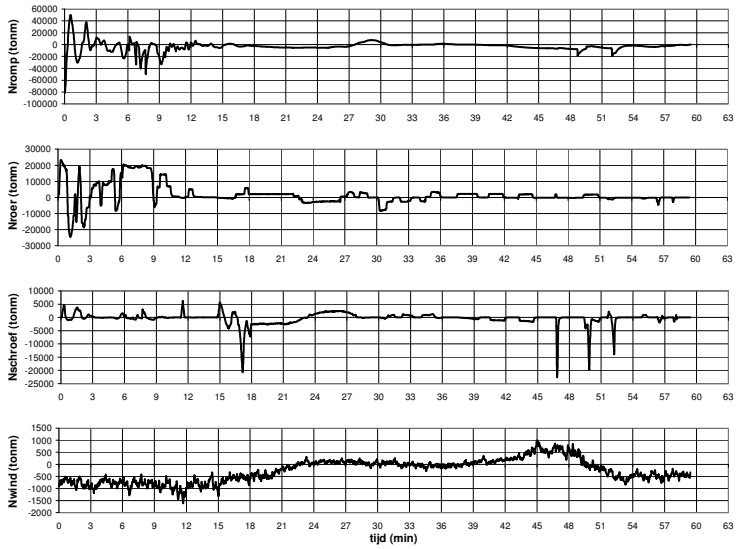
Y-KRACHTEN



	naut019_TE	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

MOMENT- N

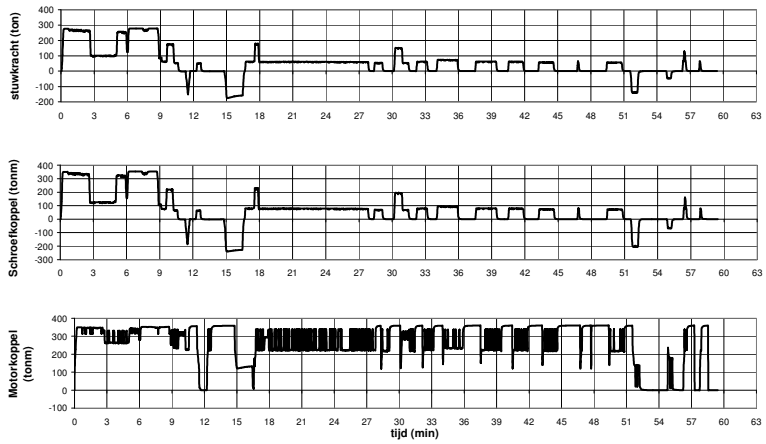


	naut019_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

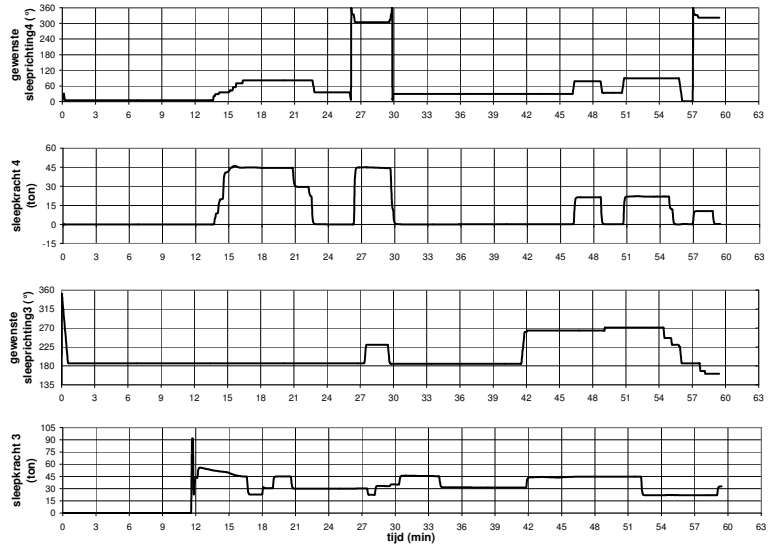
SCHROEF



MANOEUVRE	naut019_TE opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

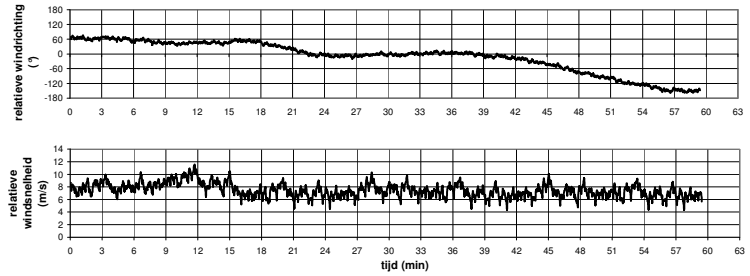
SLEEPBOTEN 3&4



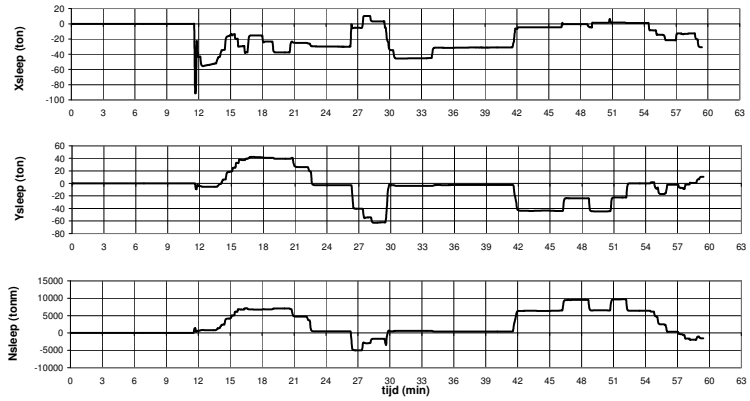
	naut019_TE	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

WIND



SLEEPKRACHTEN

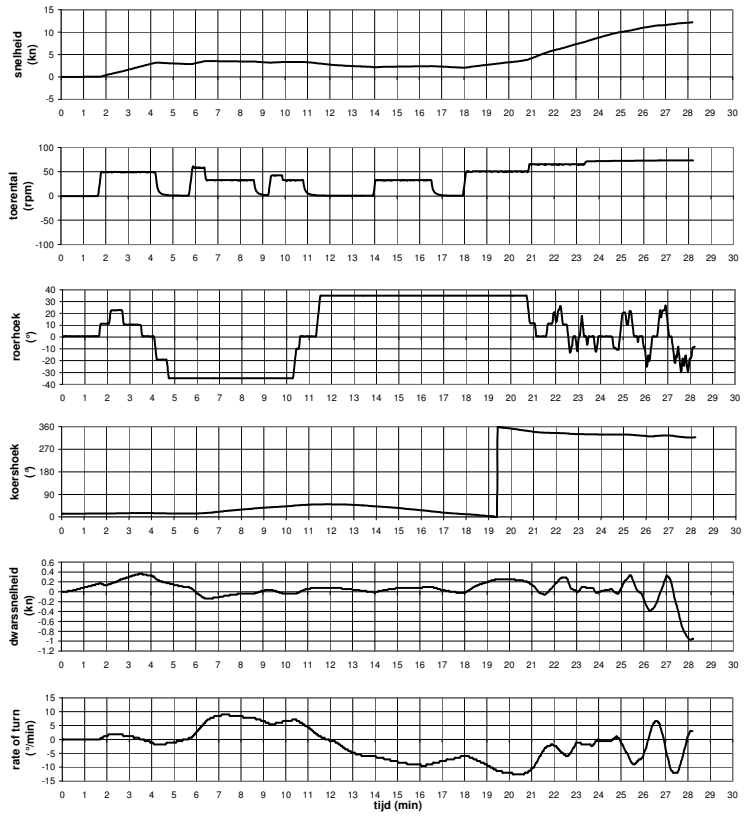


MANOEUVRE	naut019_TE opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.267
3	13.633
4	21.967
5	42.500
6	55.833
Einde	59

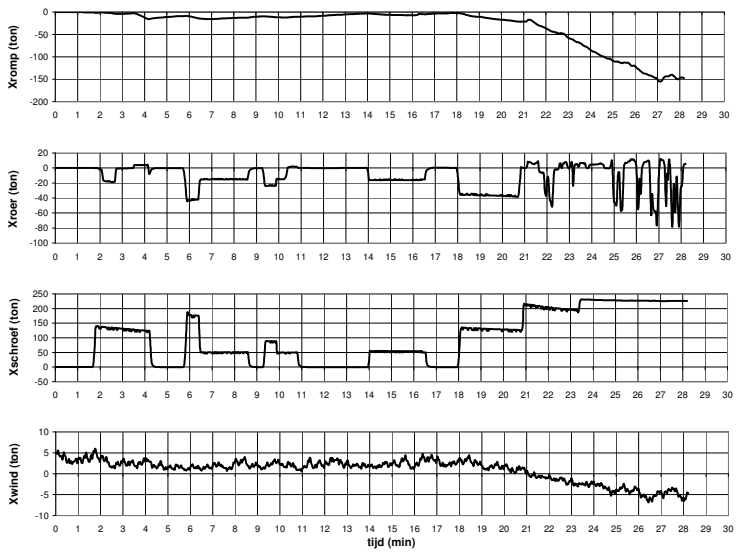
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut020_TE afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

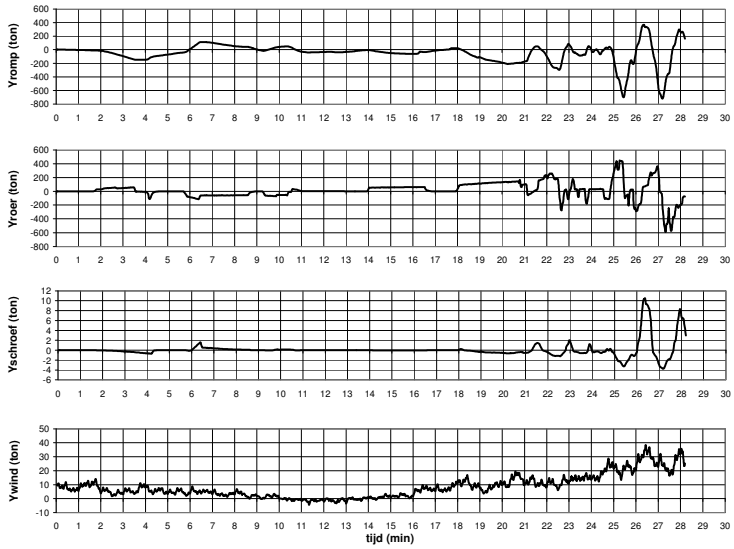
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut020_TE afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

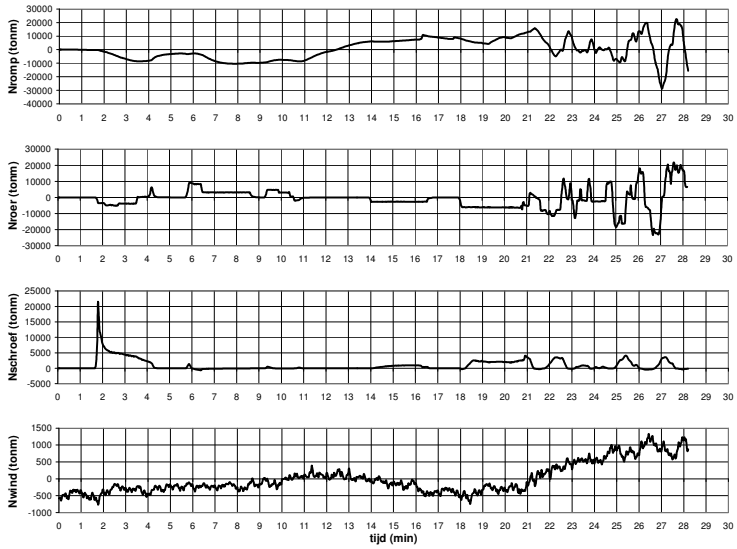
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut020_TE afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

MOMENT- N

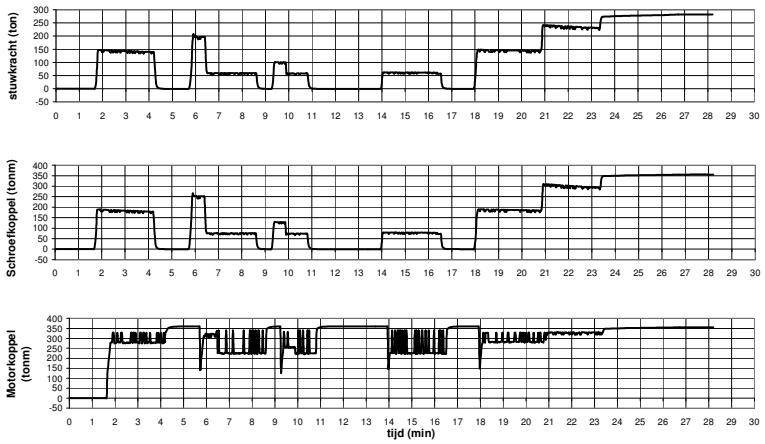


	naut020_TE
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

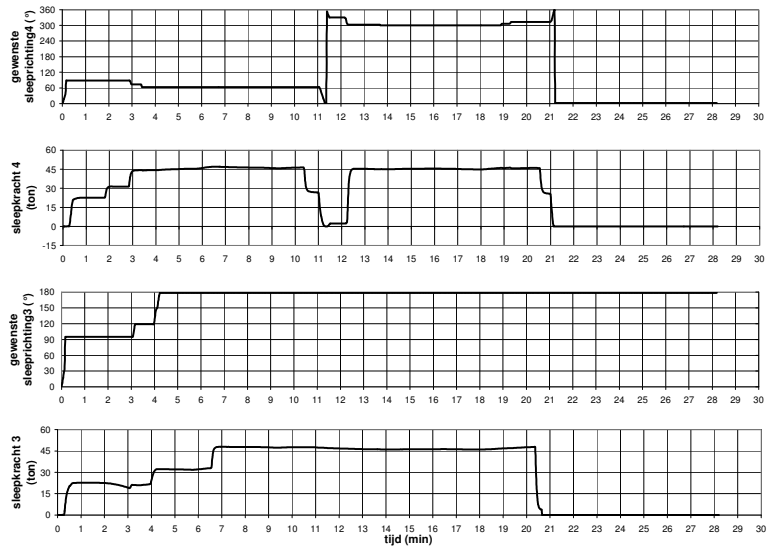
SCHROEF



MANOEUVRE	naut020_TE afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

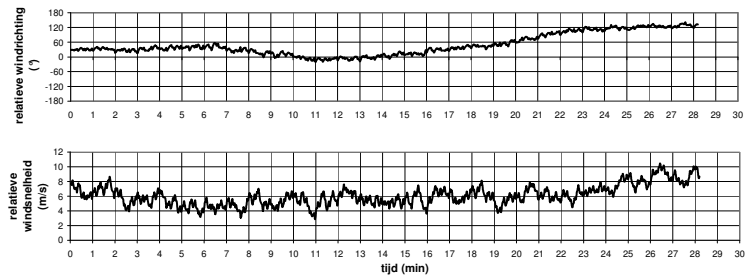
SLEEPBOTEN 3&4



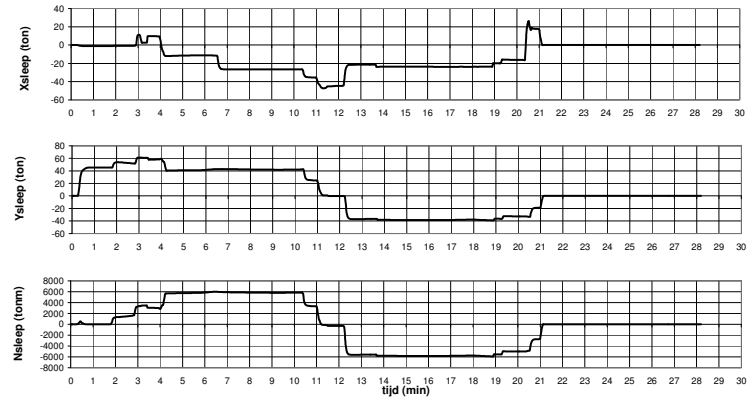
MANOEUVRE	naut020_TE afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

WIND



SLEEPKRACHTEN

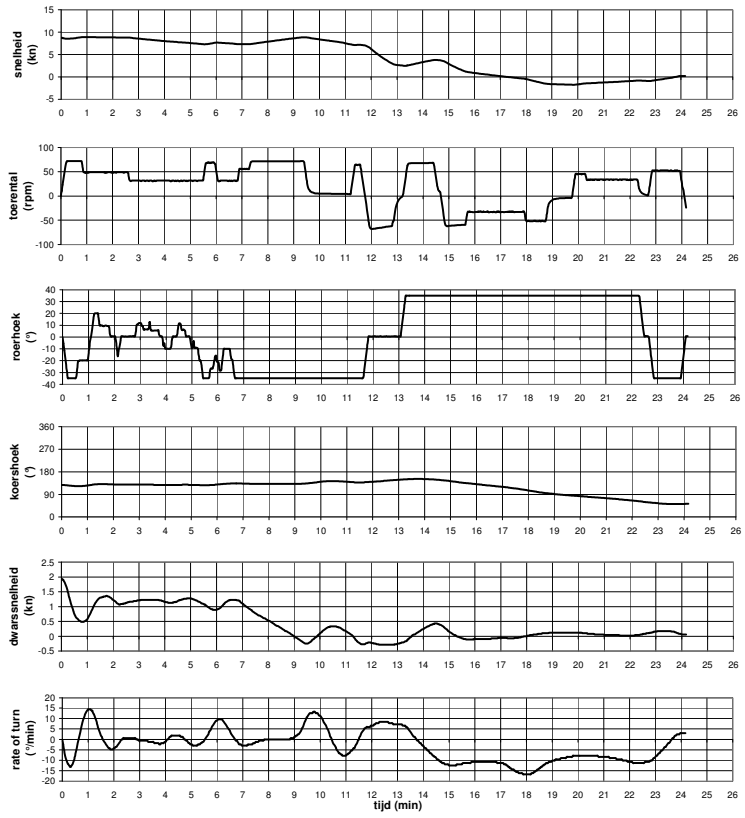


MANOEUVRE	naut020_TE afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.533
3	15.000
4	20.967
5	-
6	-
Einde	28

EIGEN SCHIP

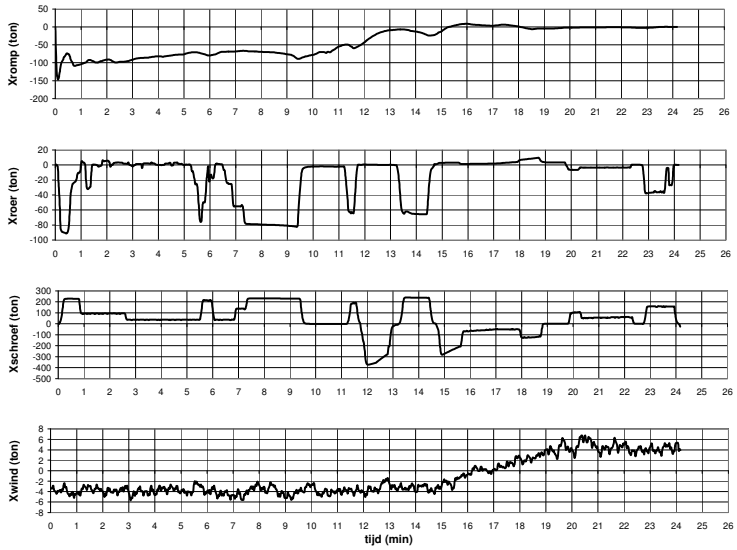


MANOEUVRE	naut021_TE opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

X-KRACHTEN

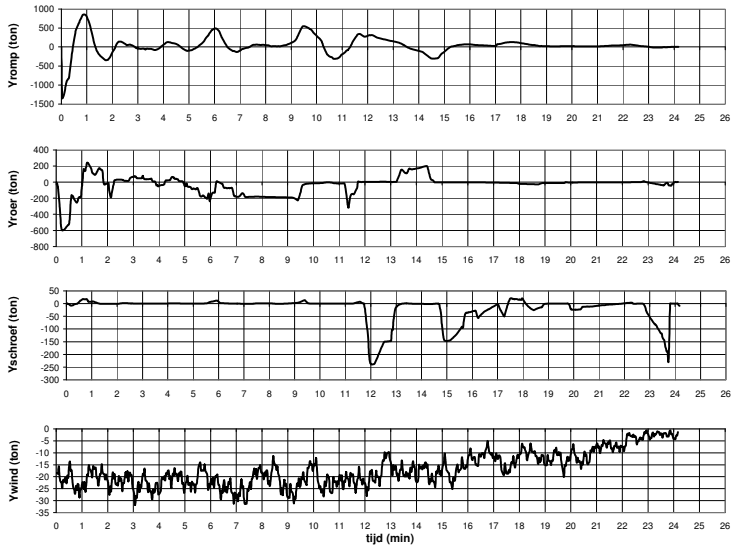


	naut021_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

Y-KRACHTEN

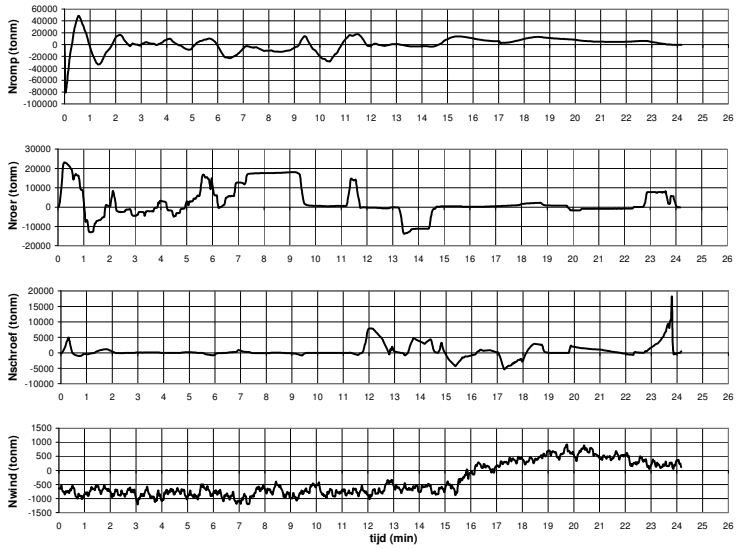


	naut021_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

MOMENT- N

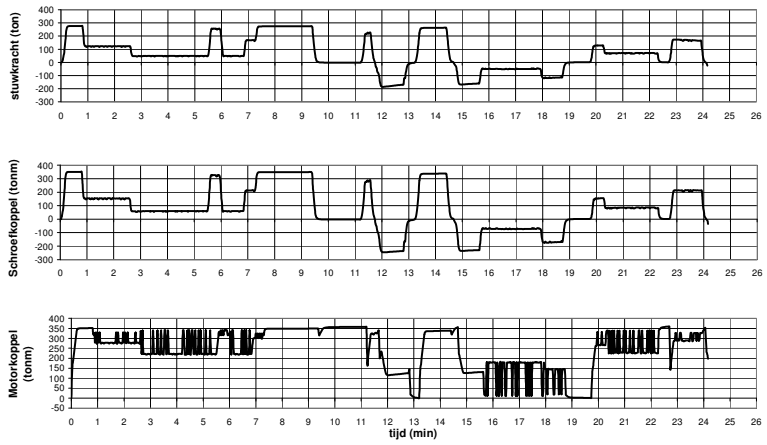


	naut021_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

SCHROEF

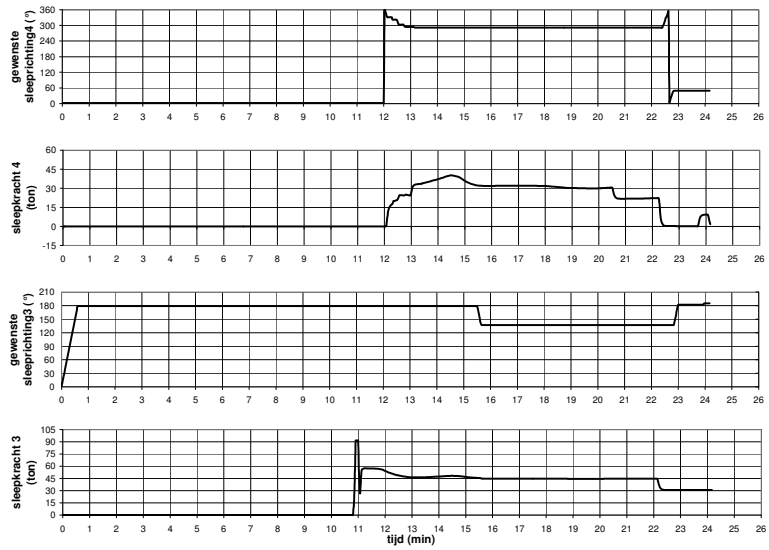


	naut021_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

SLEEPBOTEN 3&4

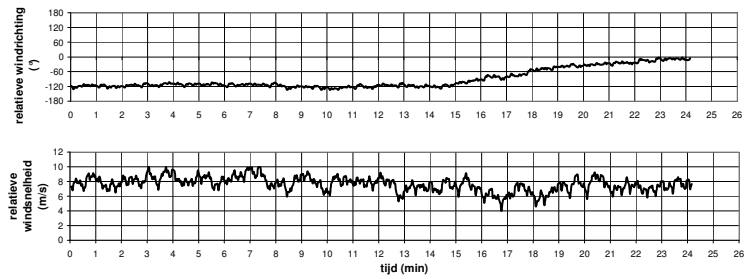


	naut021_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

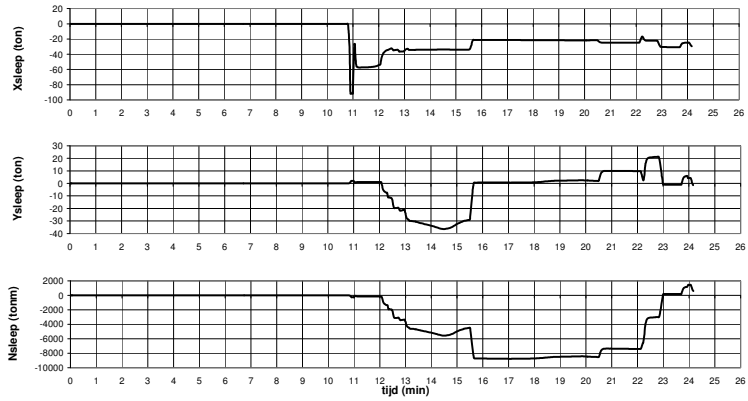
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

WIND



SLEEPKRACHTEN

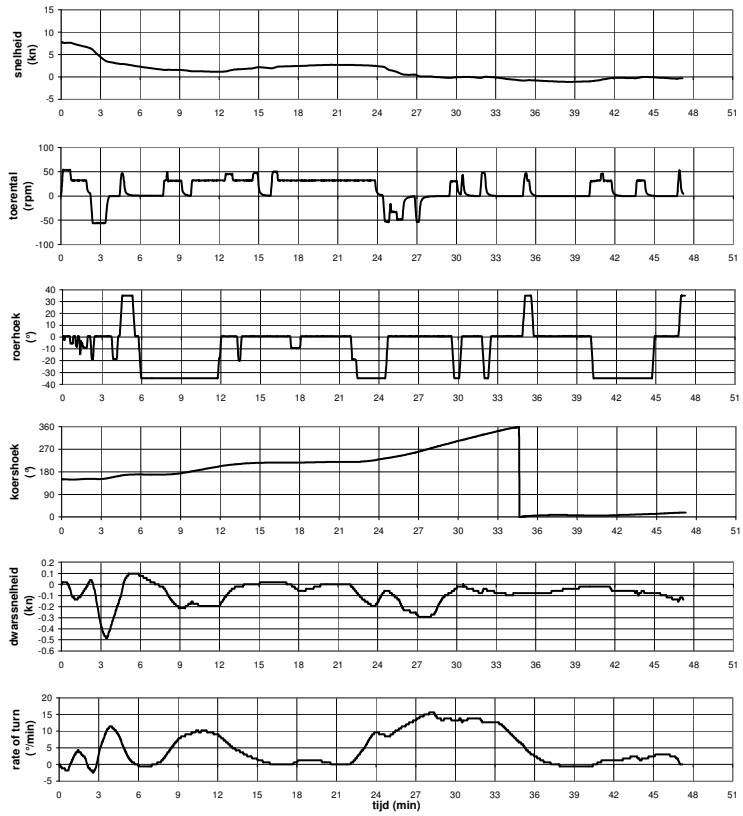


	naut021_TE
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.700
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	24

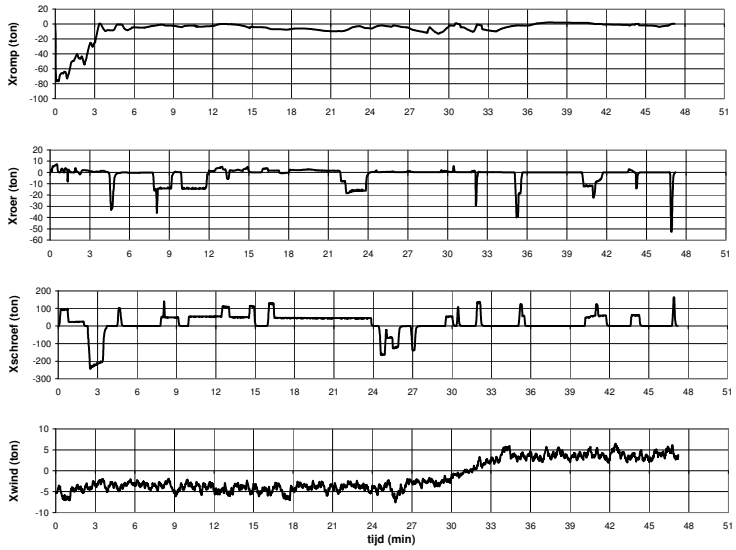
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut022_PL opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

X-KRACHTEN

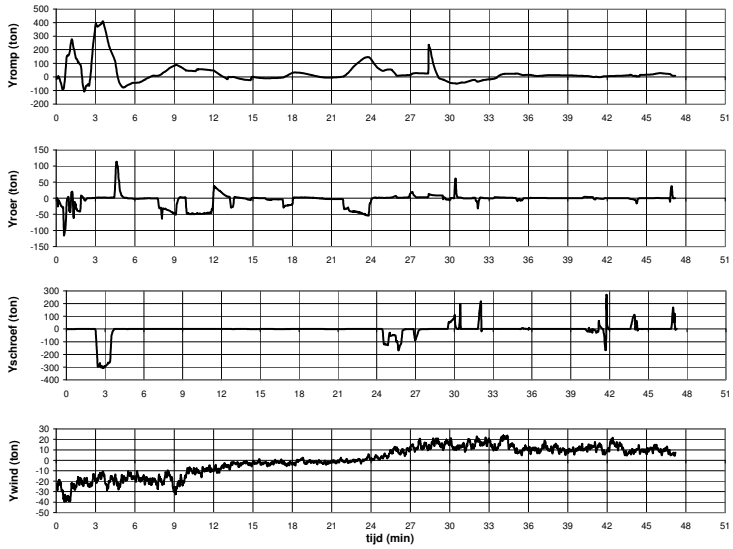


	naut022_PL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

Y-KRACHTEN

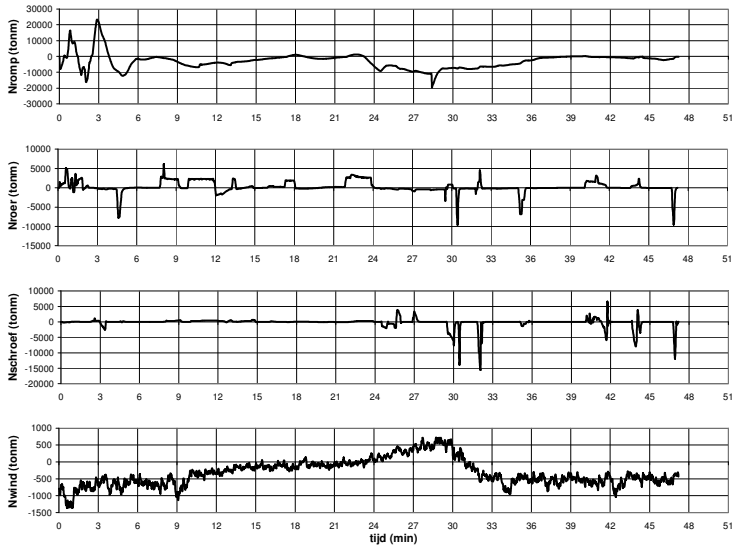


	naut022_PL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

MOMENT- N

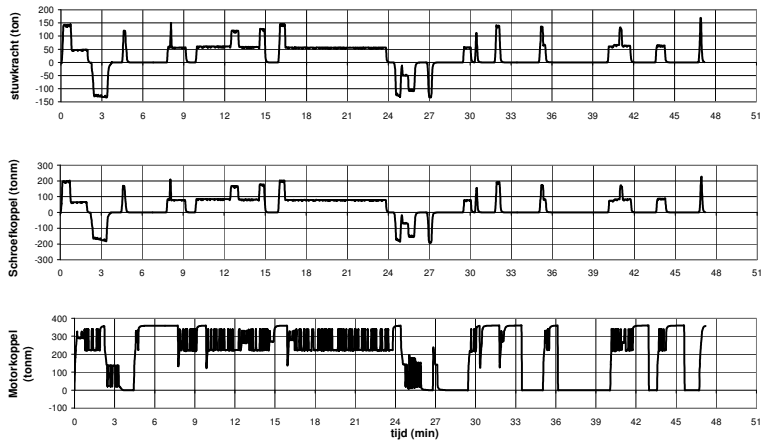


	naut022_PL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

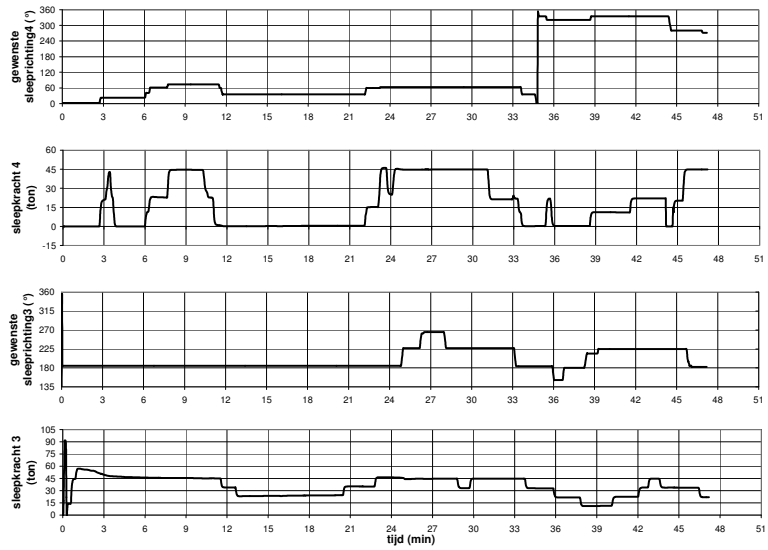
SCHROEF



	naut022_PL	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

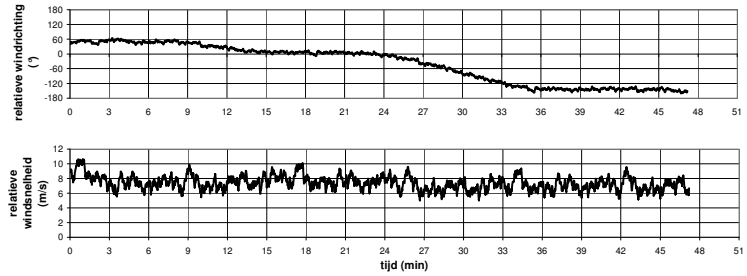
SLEEPBOTEN 3&4



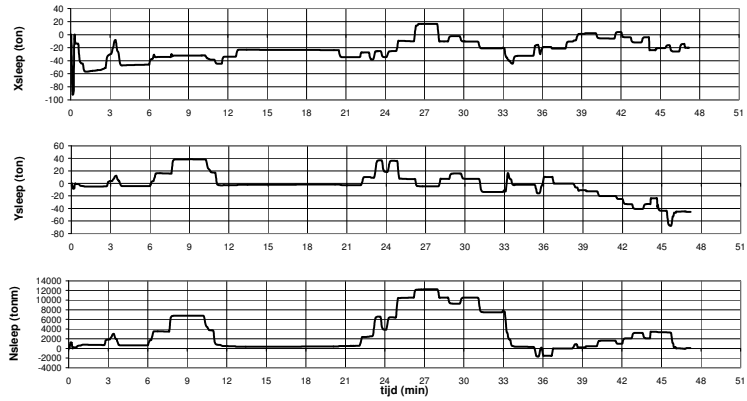
	naut022_PL	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

WIND



SLEEPKRACHTEN

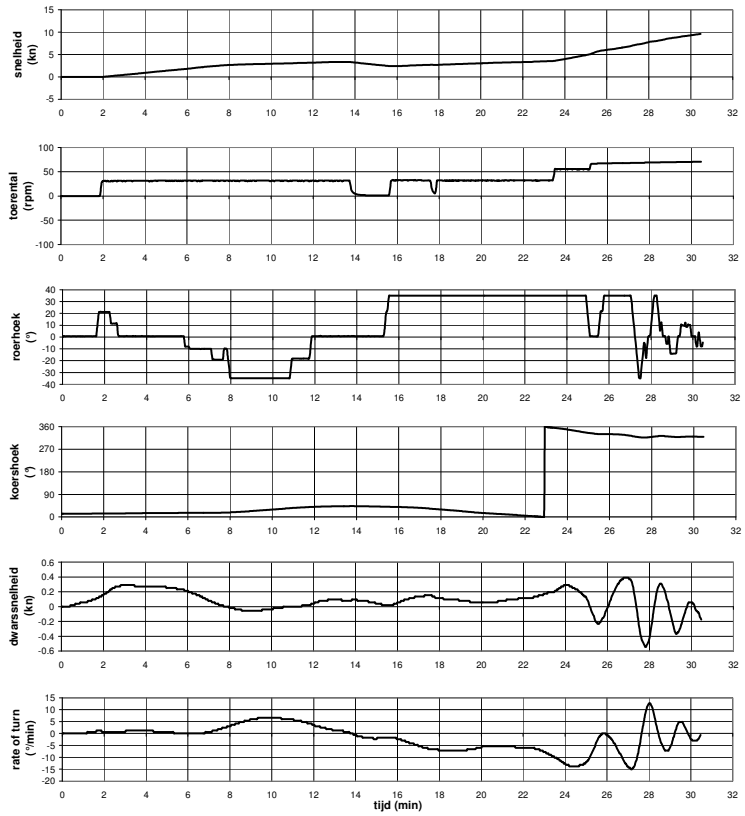


	naut022_PL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.000
4	14.300
5	25.733
6	35.533
Einde	47

EIGEN SCHIP

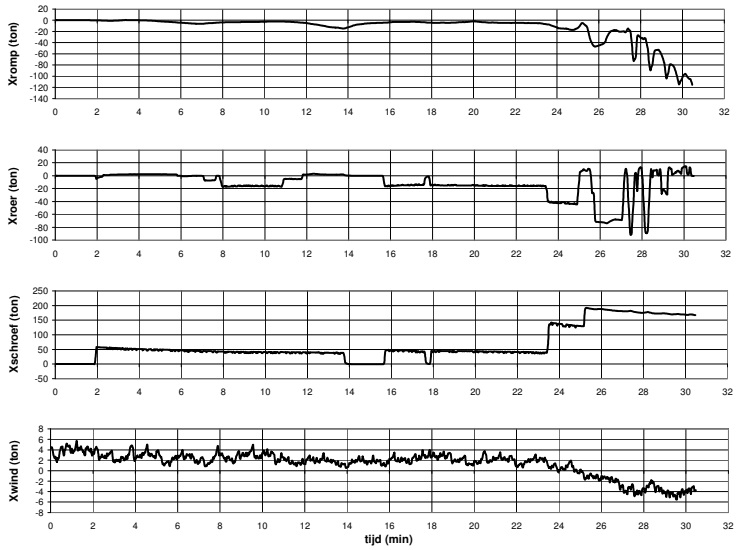


MANOEUVRE	naut023_PL afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

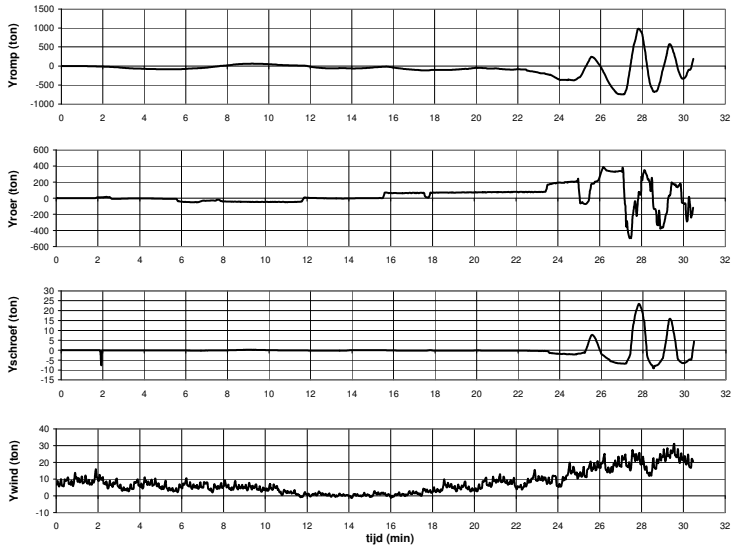
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut023_PL afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

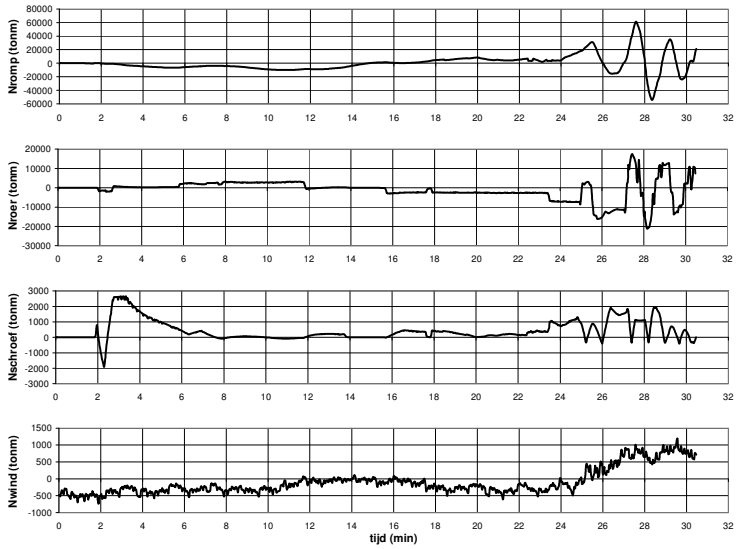
Y-KRACHTEN



	naut023_PL	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

MOMENT- N

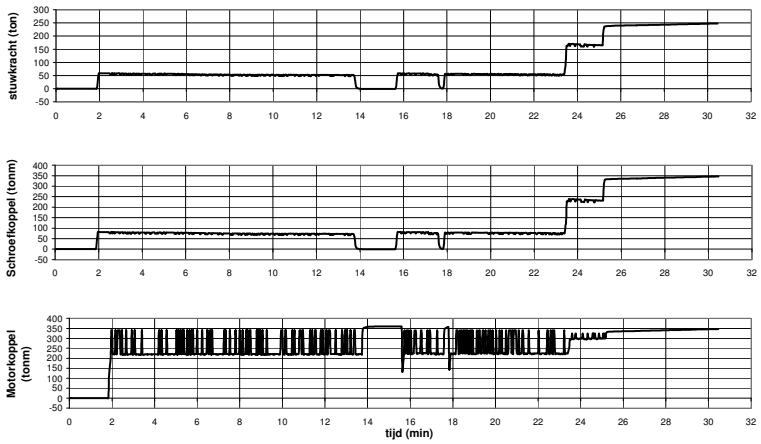


	naut023_PL
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

SCHROEF

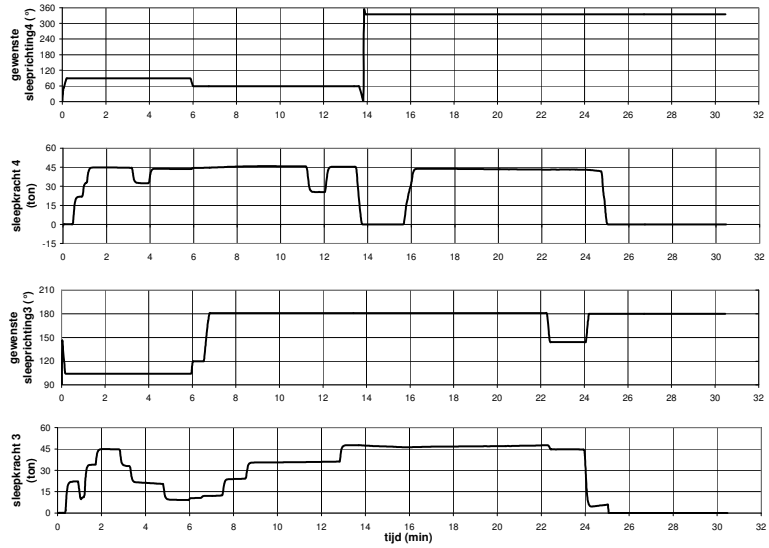


	naut023_PL
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

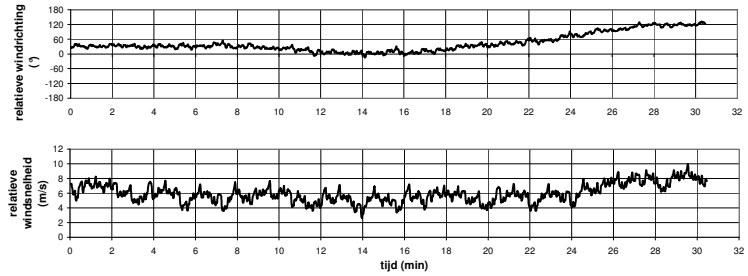
SLEEPBOTEN 3&4



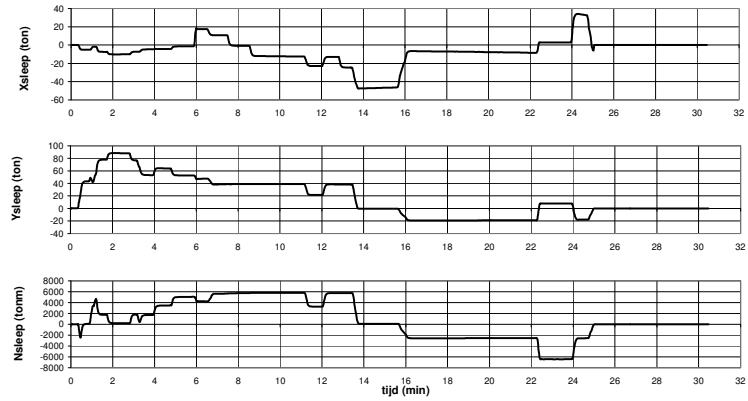
	naut023_PL	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

WIND



SLEEPKRACHTEN



	naut023_PL
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib E	
DENSITEIT (t/m³)	1.257	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.29	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.000
3	17.133
4	22.833
5	-
6	-
Einde	30

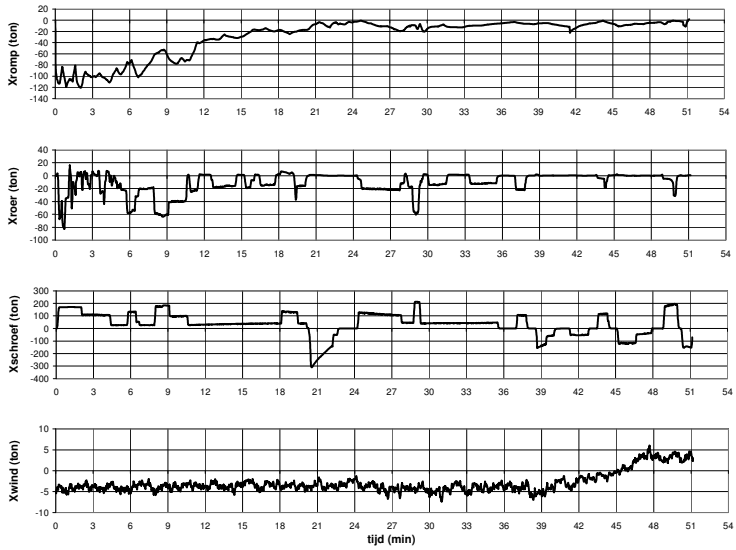
EIGEN SCHIP

MANOEUVRE	naut024_TW opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

X-KRACHTEN

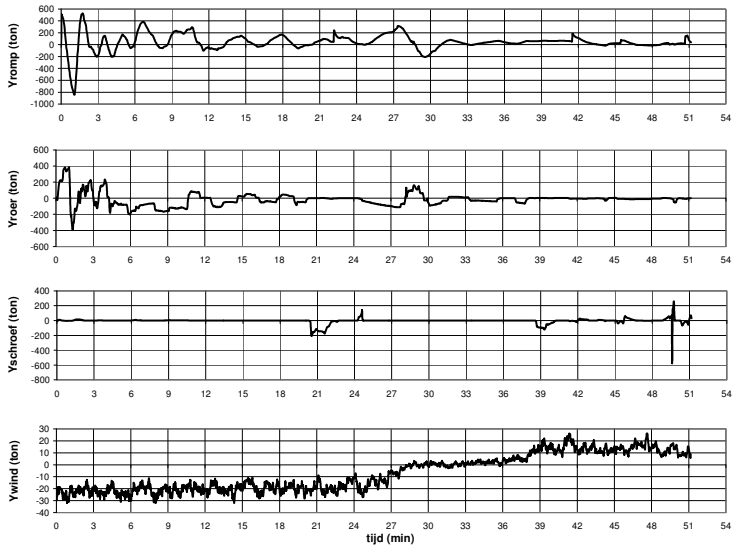


	naut024_TW
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

Y-KRACHTEN

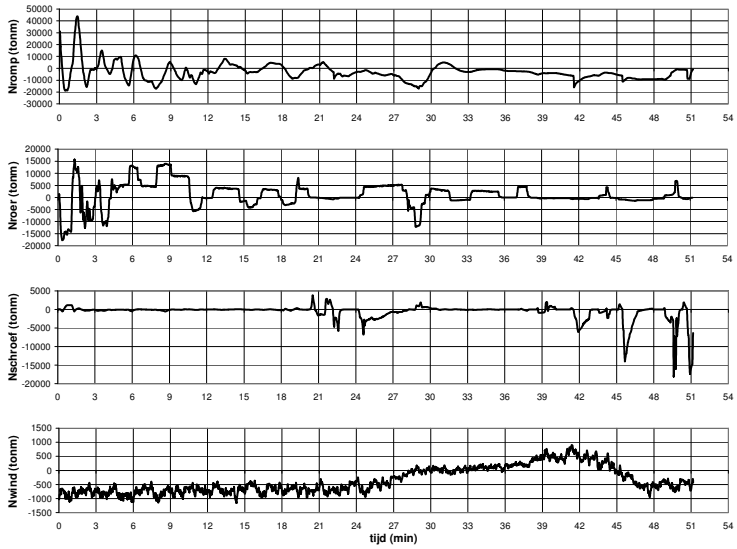


	naut024_TW
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

MOMENT- N

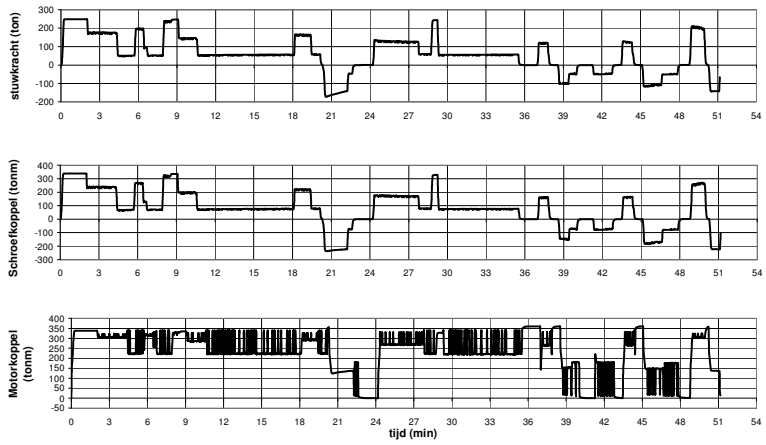


MANOEUVRE	naut024_TW opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

SCHROEF

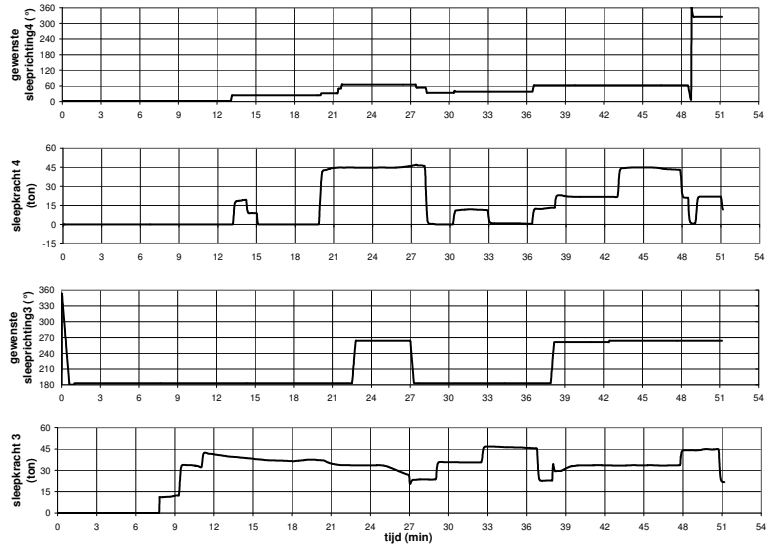


	naut024_TW
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

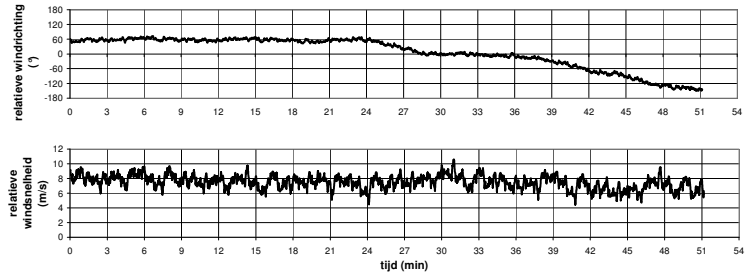
SLEEPBOTEN 3&4



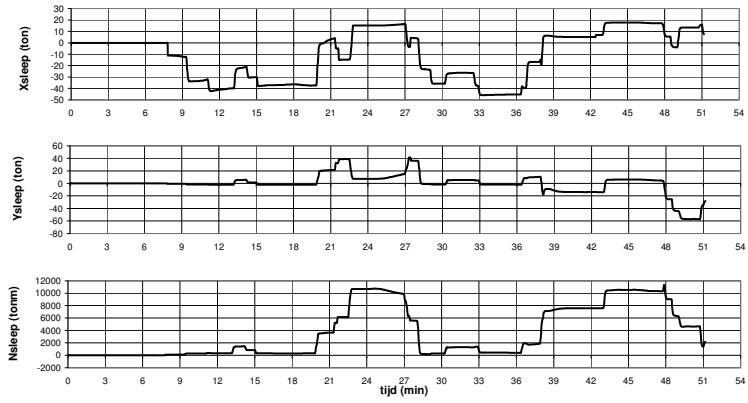
	naut024_TW	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

WIND



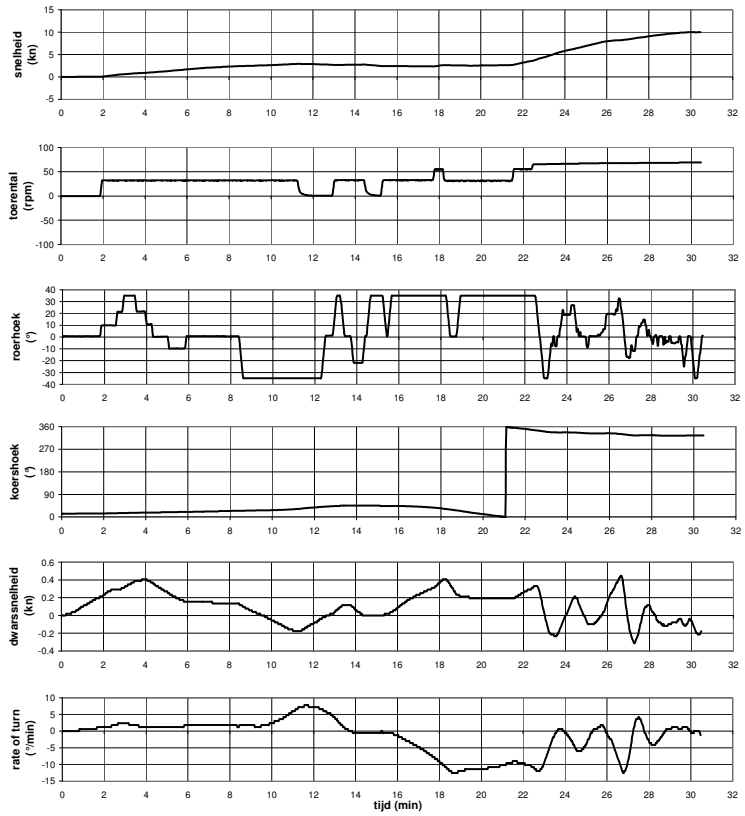
SLEEPKRACHTEN



	naut024_TW	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.867
3	18.500
4	28.100
5	37.667
6	-
Einde	51

EIGEN SCHIP

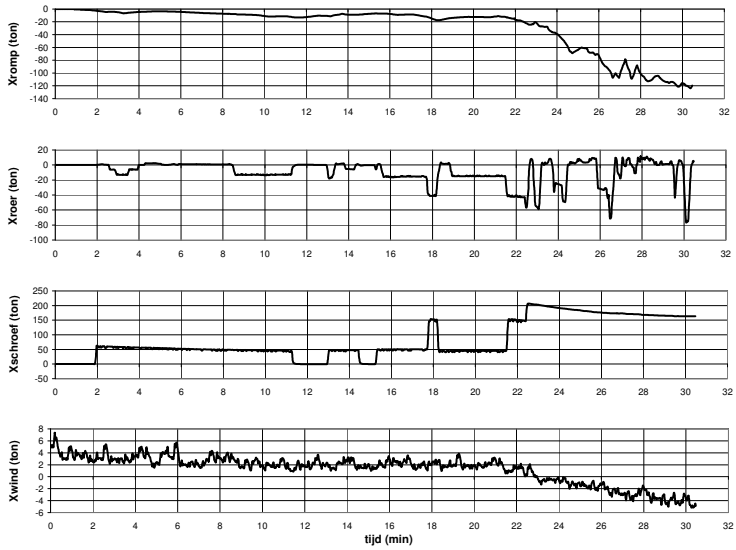


MANOEUVRE	naut025_TW afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

X-KRACHTEN

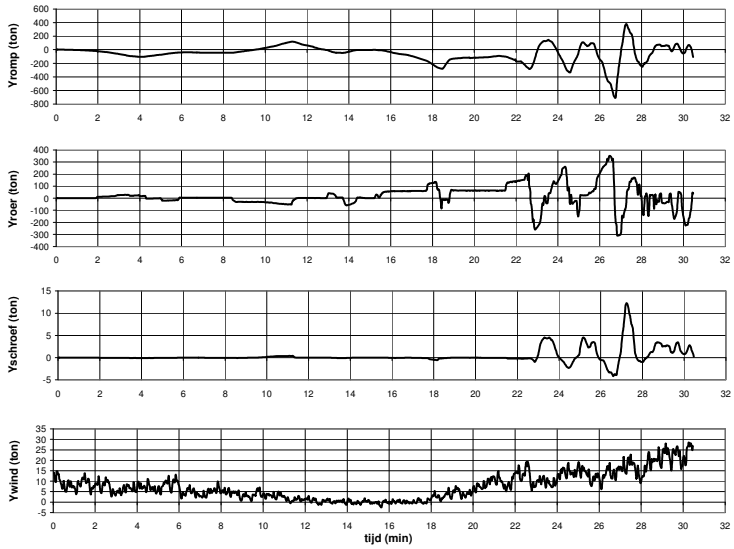


MANOEUVRE	naut025_TW afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

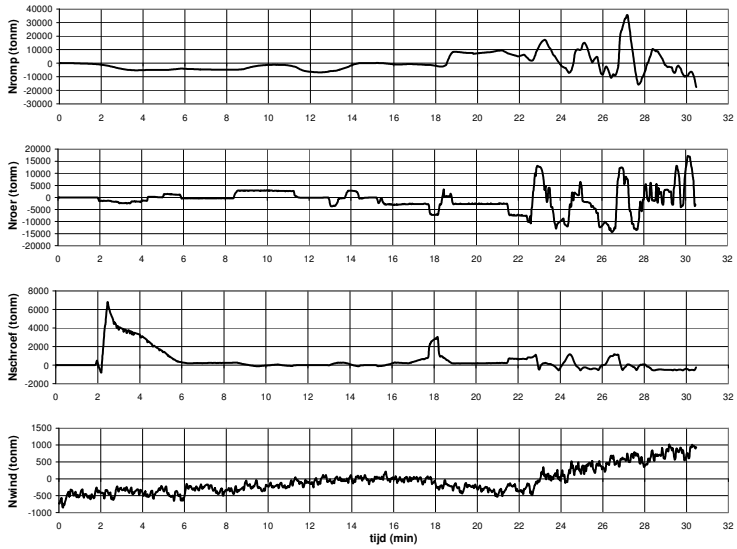
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut025_TW afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

MOMENT- N

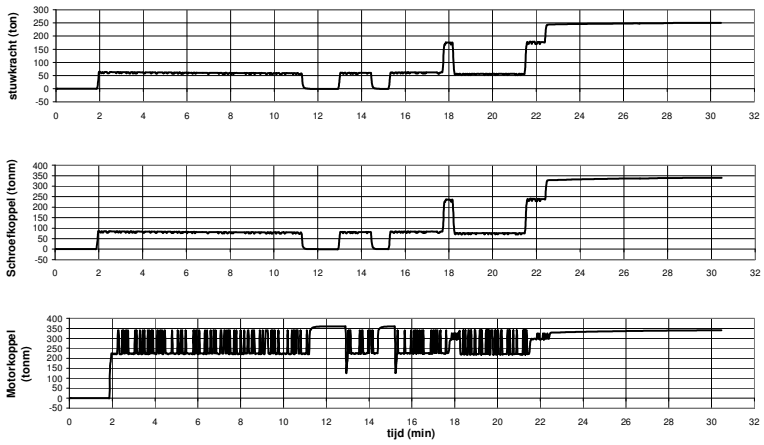


MANOEUVRE	naut025_TW afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

SCHROEF

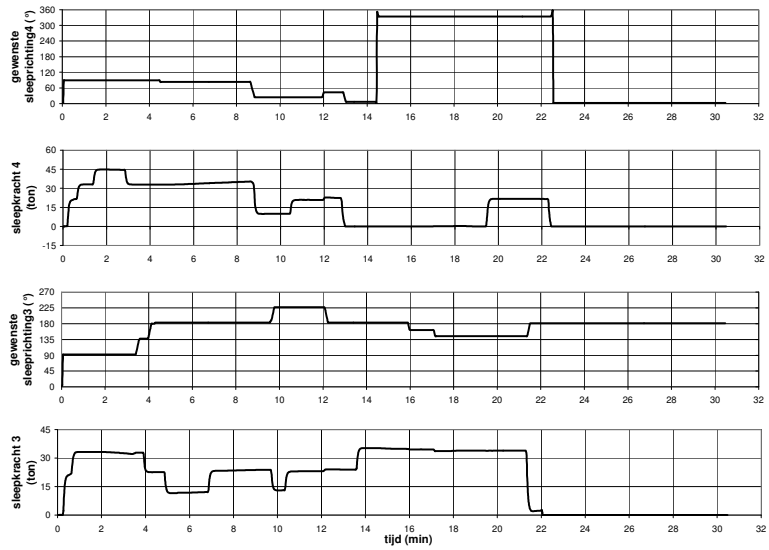


	naut025_TW
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

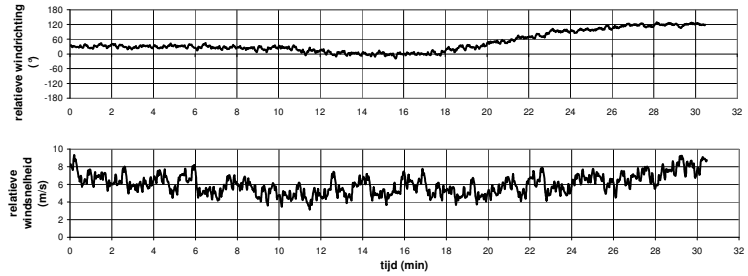
SLEEPBOTEN 3&4



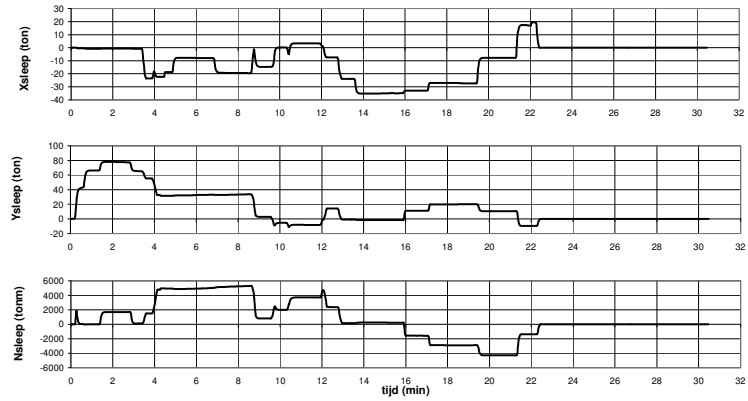
MANOEUVRE	naut025_TW afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

WIND



SLEEPKRACHTEN

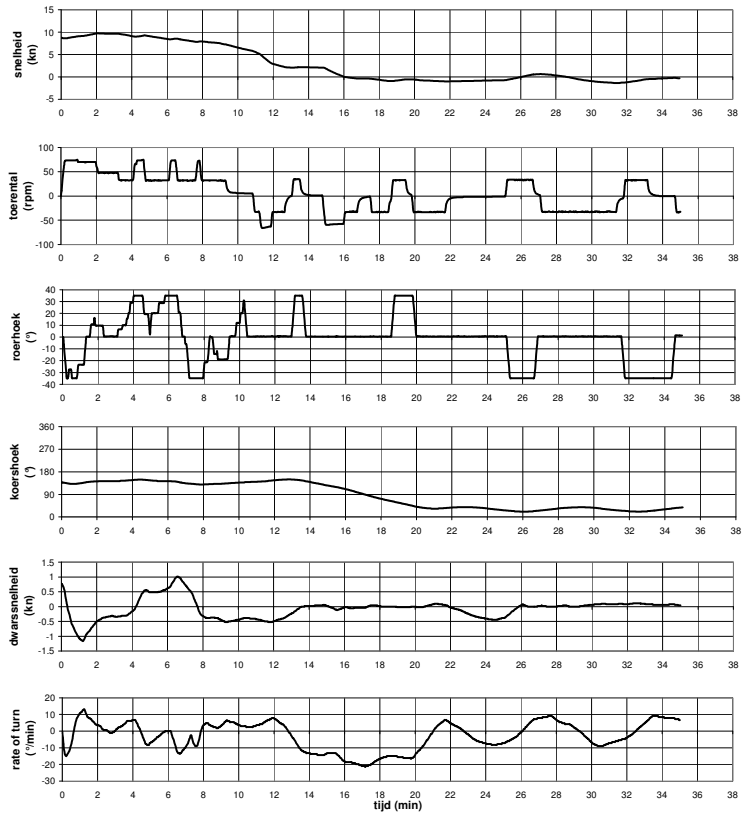


MANOEUVRE	naut025_TW afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.333
3	17.867
4	23.933
5	-
6	-
Einde	30

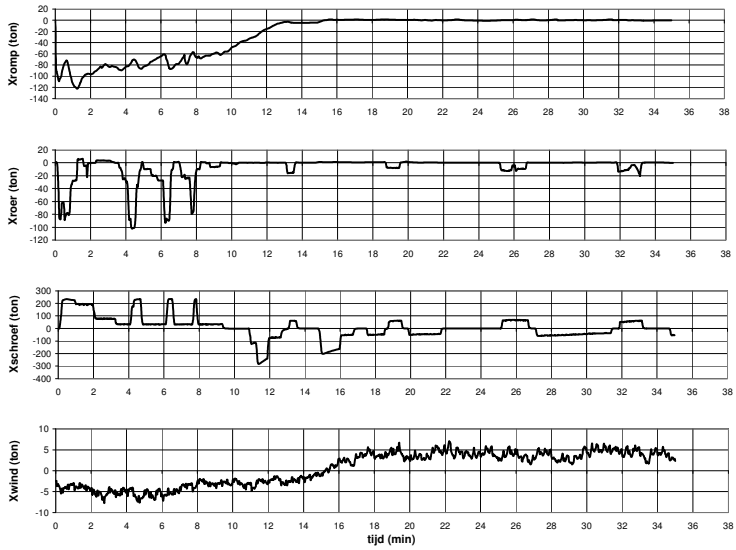
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut026_PD opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

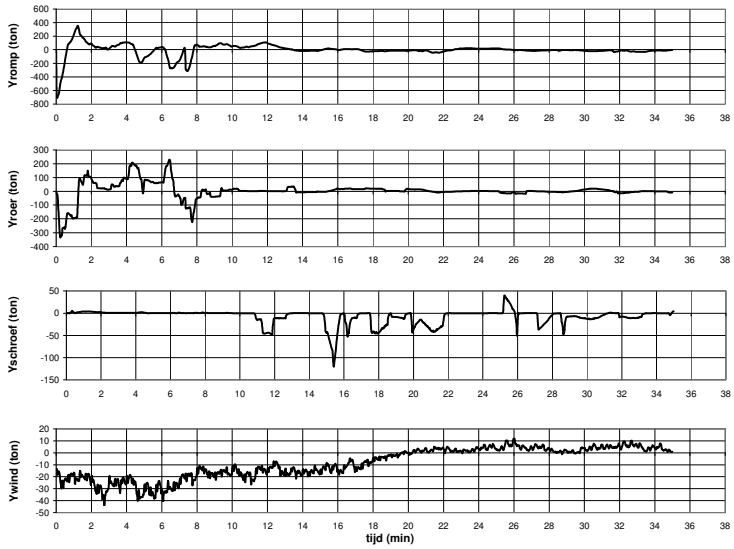
X-KRACHTEN



	naut026_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

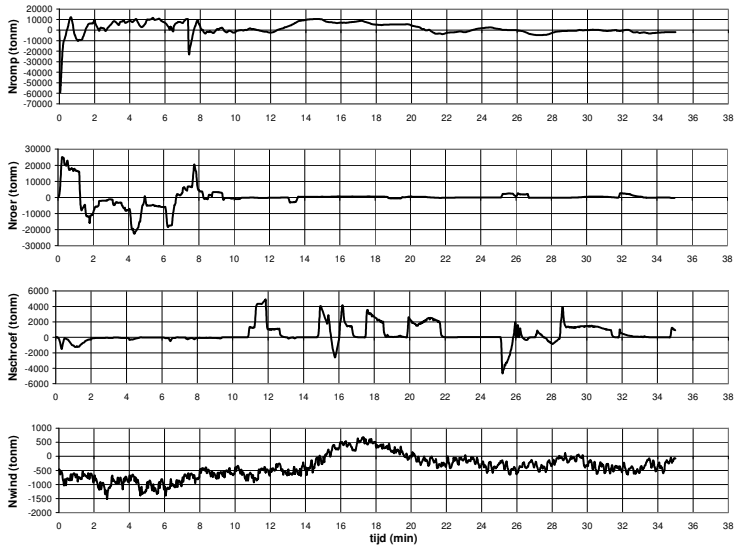
Y-KRACHTEN



	naut026_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

MOMENT- N

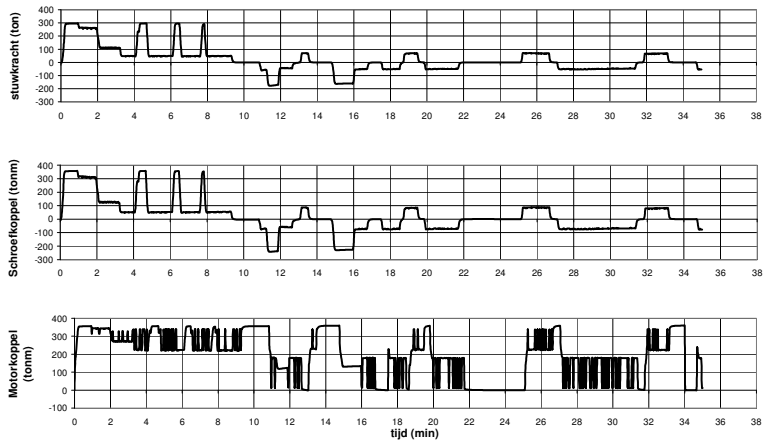


	naut026_PD
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

SCHROEF



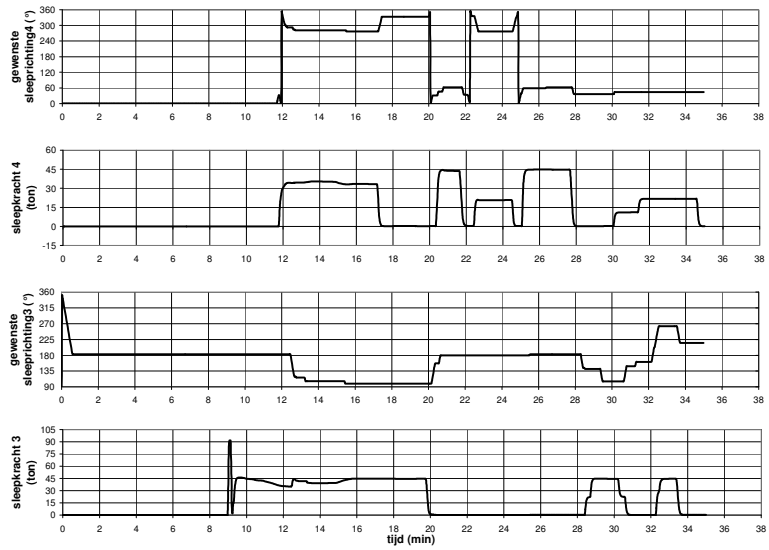
naut026_PD

MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

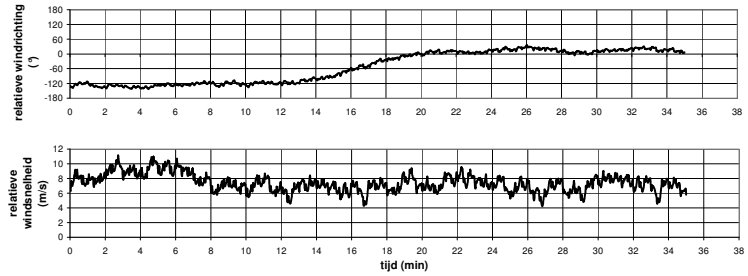
SLEEPBOTEN 3&4



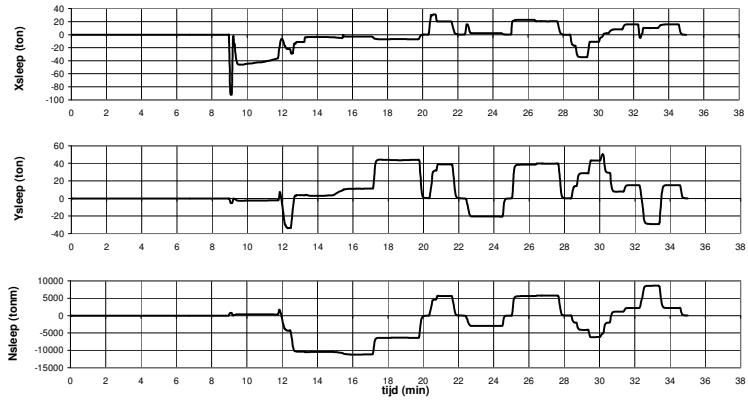
	naut026_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

WIND



SLEEPKRACHTEN

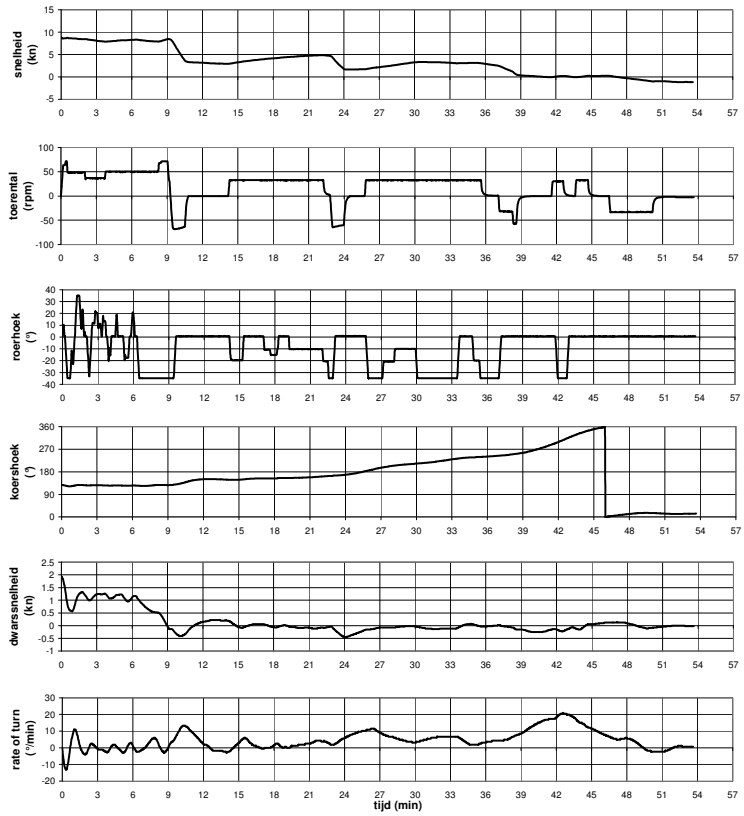


	naut026_PD
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.167
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	35

EIGEN SCHIP

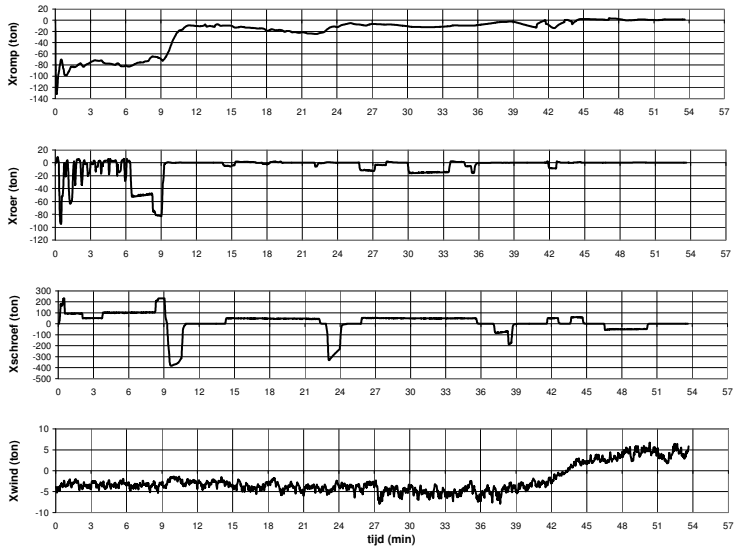


MANOEUVRE	naut027_TP opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

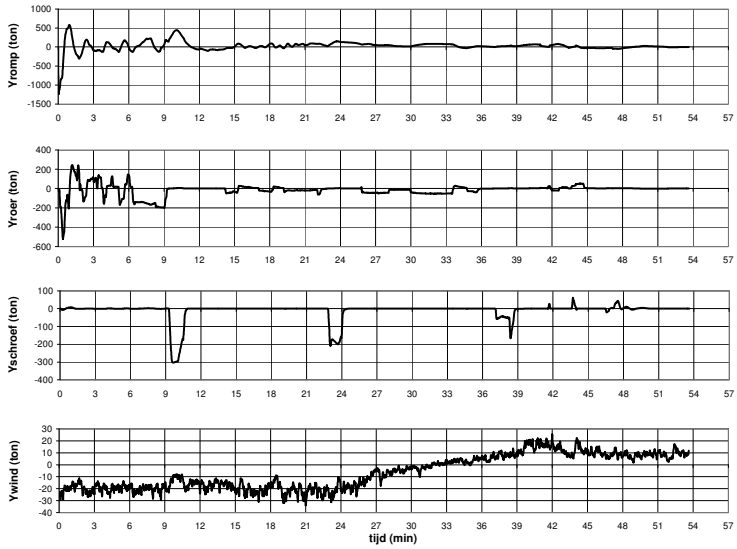
X-KRACHTEN



	naut027_TP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

Y-KRACHTEN

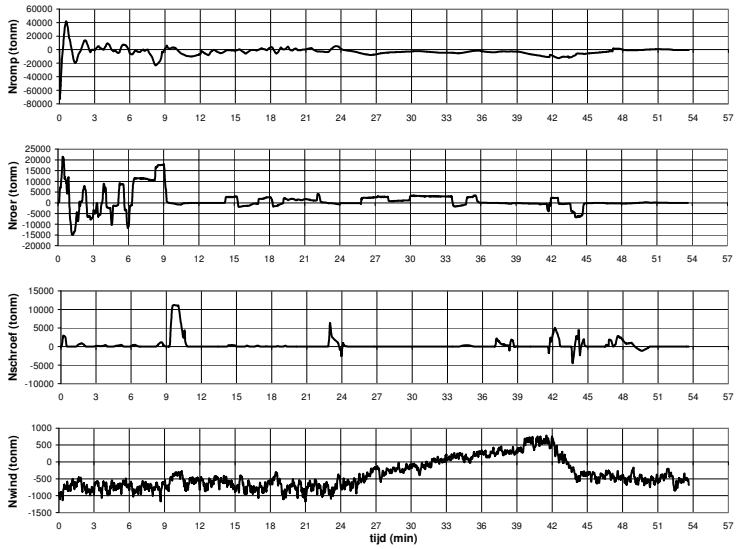


	naut027_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

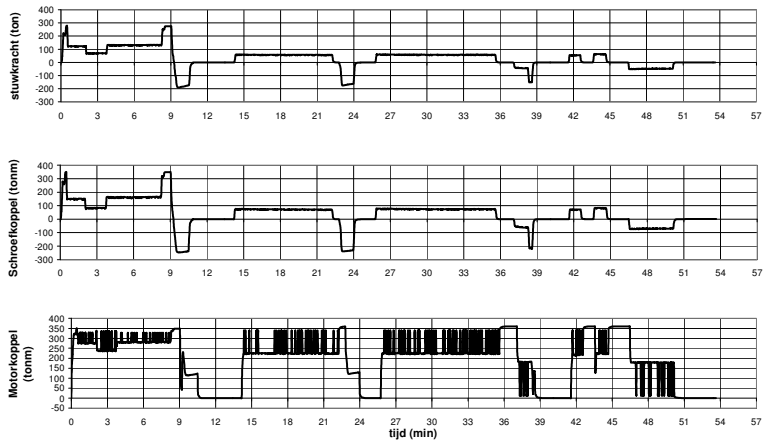
MOMENT- N



	naut027_TP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

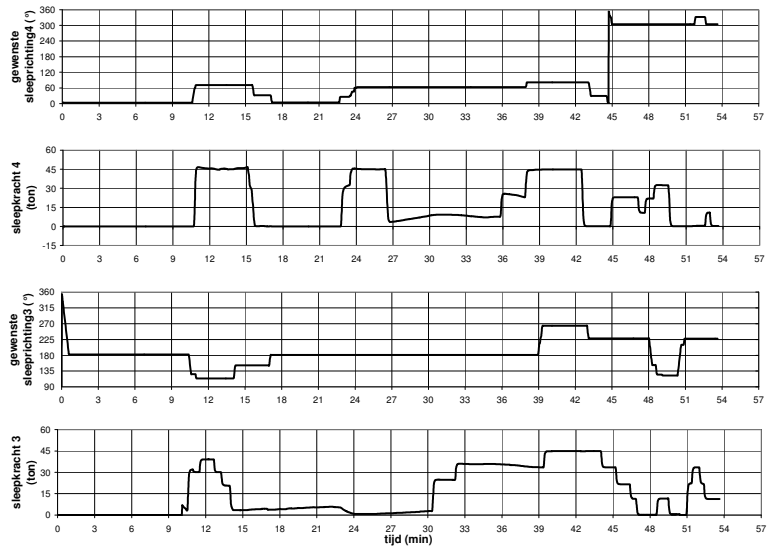
SCHROEF



MANOEUVRE	naut027_TP opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

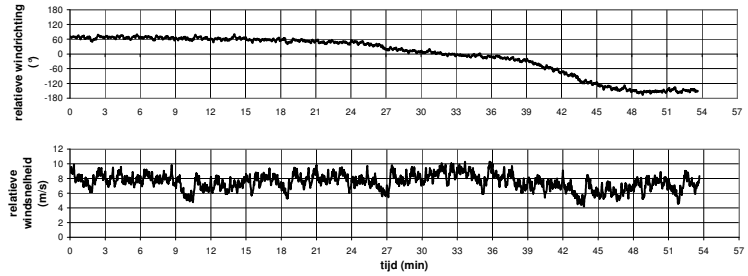
SLEEPBOTEN 3&4



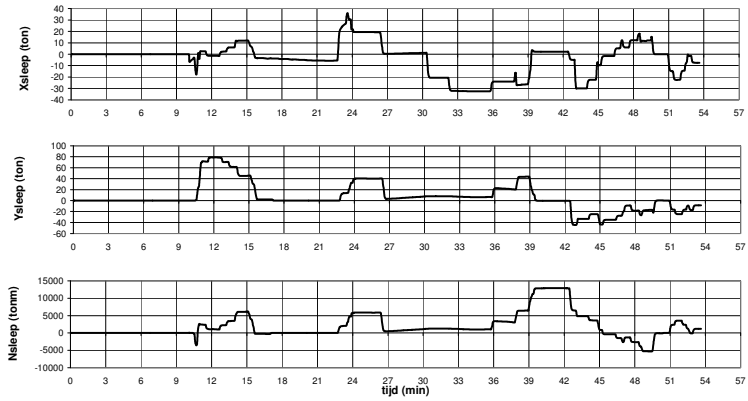
	naut027_TP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

WIND



SLEEPKRACHTEN

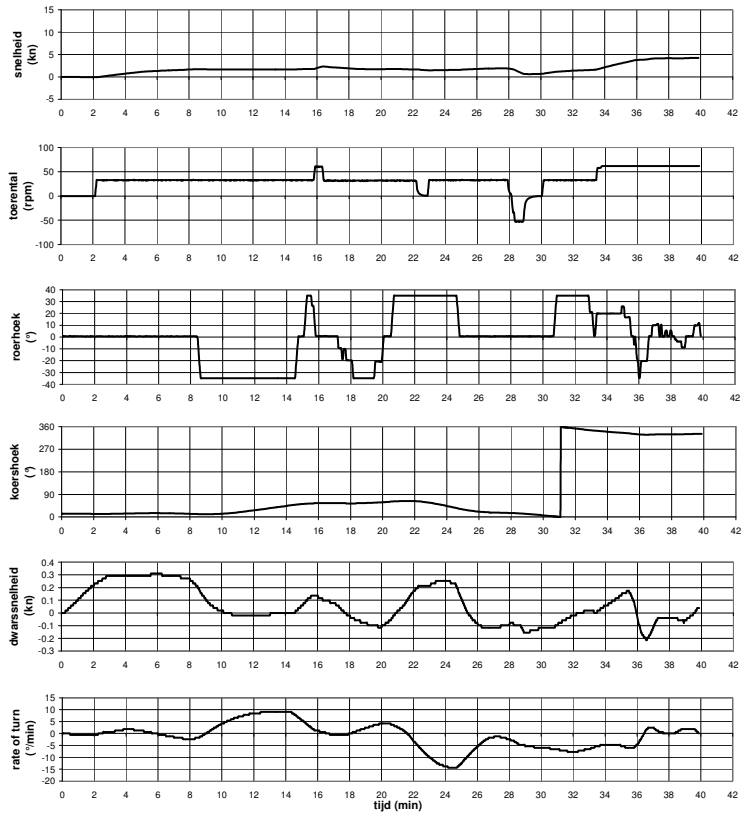


	naut027_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	15.267
3	21.533
4	30.500
5	37.033
6	46.700
Einde	54

EIGEN SCHIP

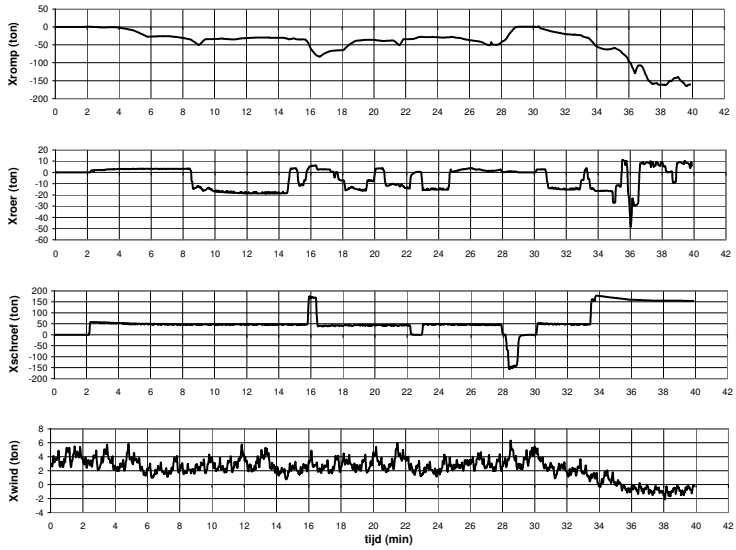


MANOEUVRE	naut029_RA afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

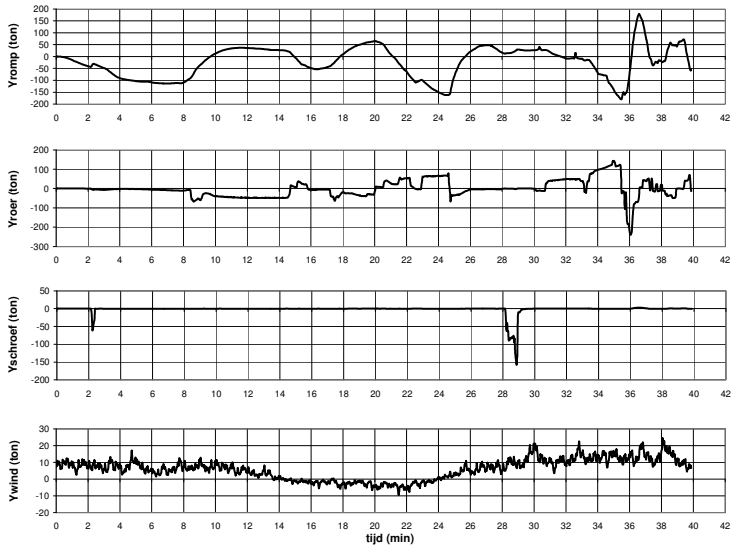
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut029_RA afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

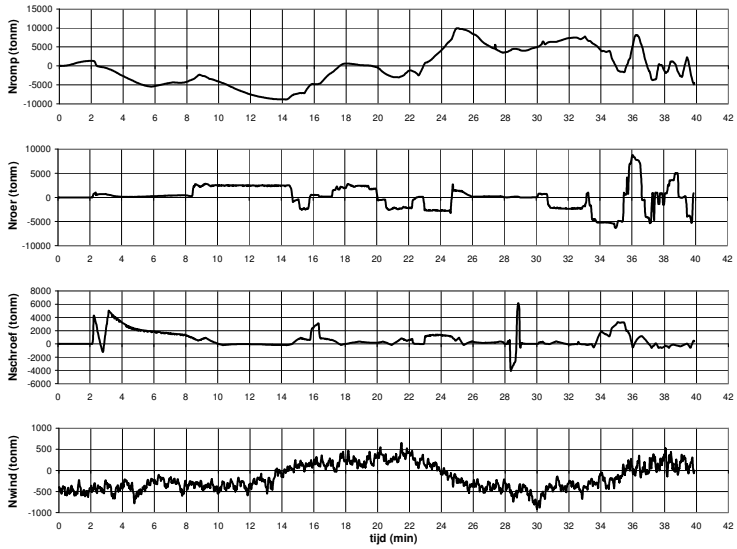
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut029_RA afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

MOMENT- N

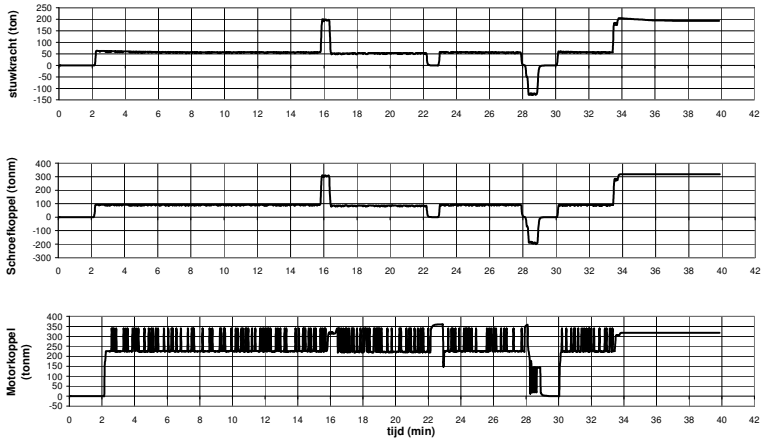


MANOEUVRE	naut029_RA afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

SCHROEF

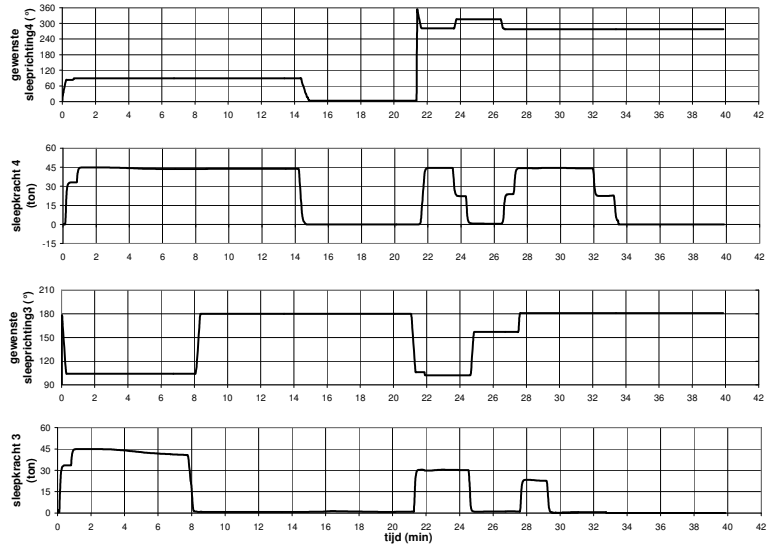


	naut029_RA
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

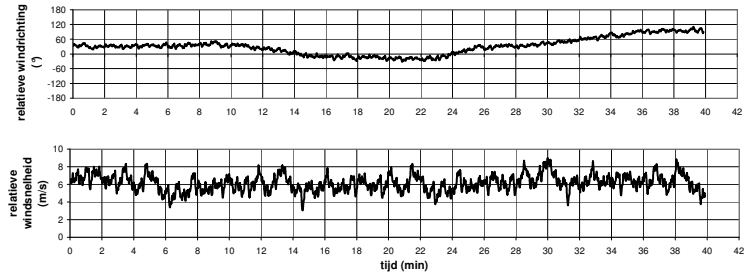
SLEEPBOTEN 3&4



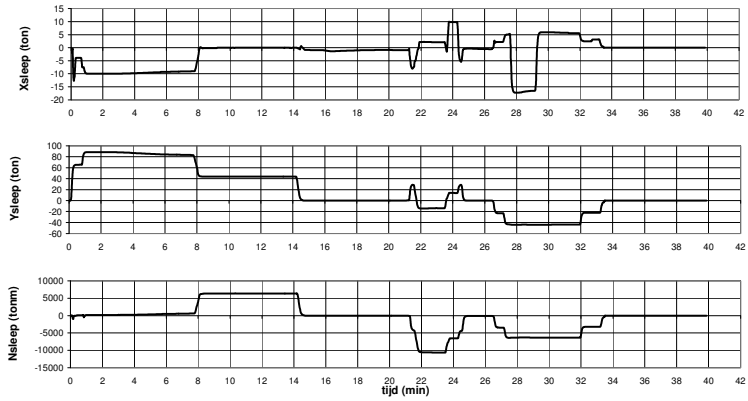
MANOEUVRE	naut029_RA afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

WIND



SLEEPKRACHTEN

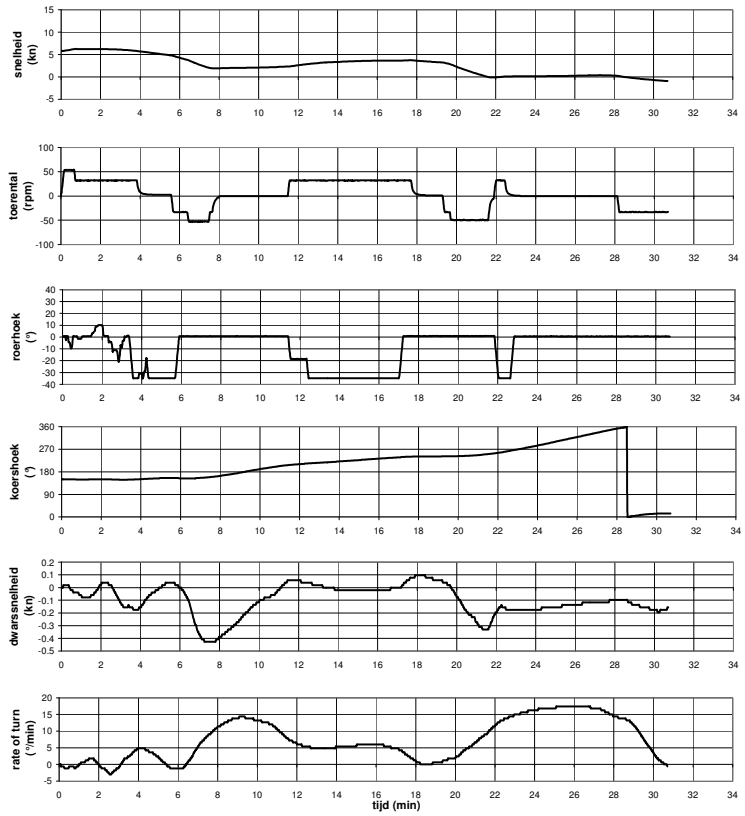


MANOEUVRE	naut029_RA afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	24.600
4	36.700
5	-
6	-
Einde	40

EIGEN SCHIP

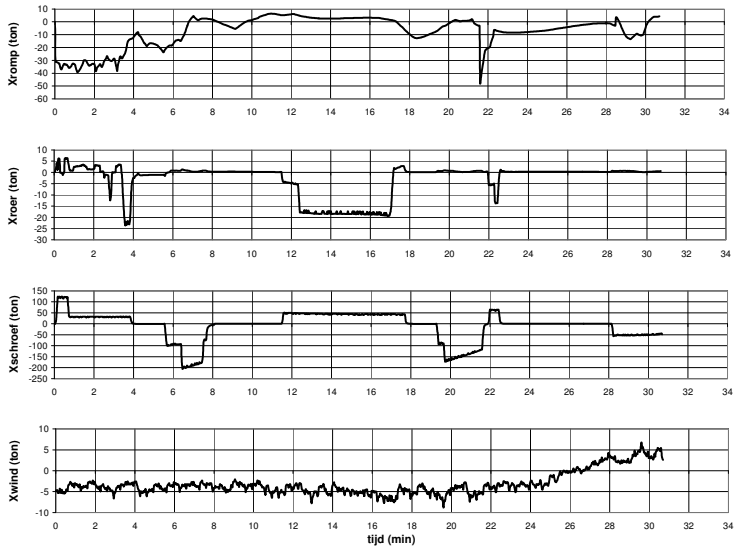


	naut030_PQ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

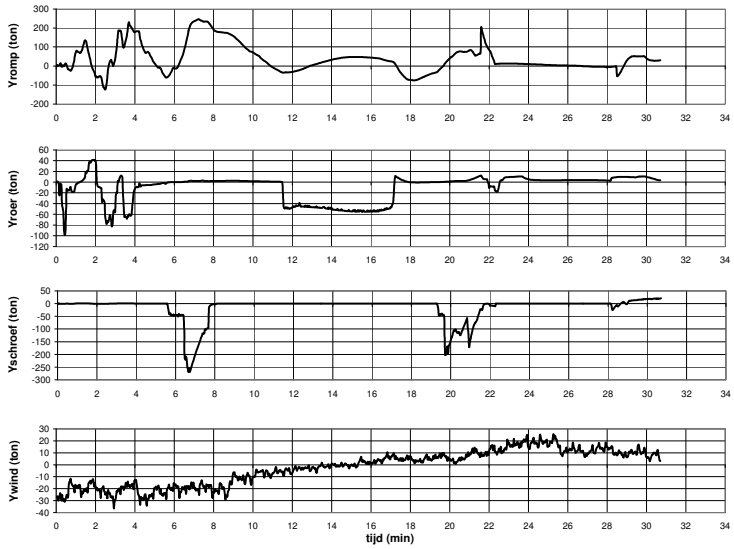
X-KRACHTEN



	naut030_PQ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

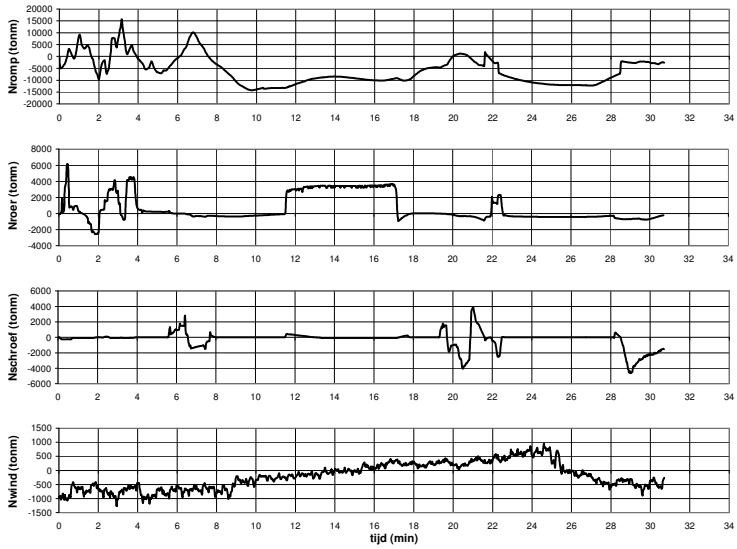
Y-KRACHTEN



	naut030_PQ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

MOMENT- N

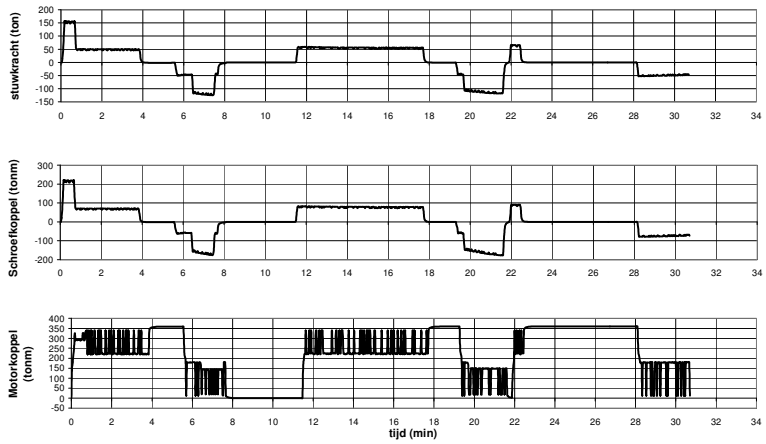


	naut030_PQ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

SCHROEF



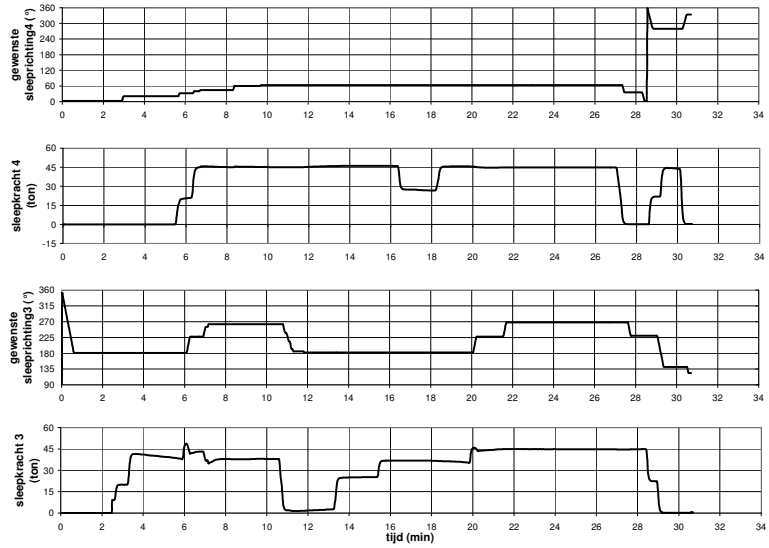
naut030_PQ

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

SLEEPBOTEN 3&4



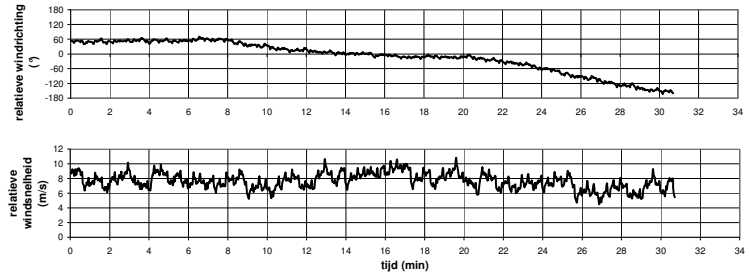
naut030_PQ

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

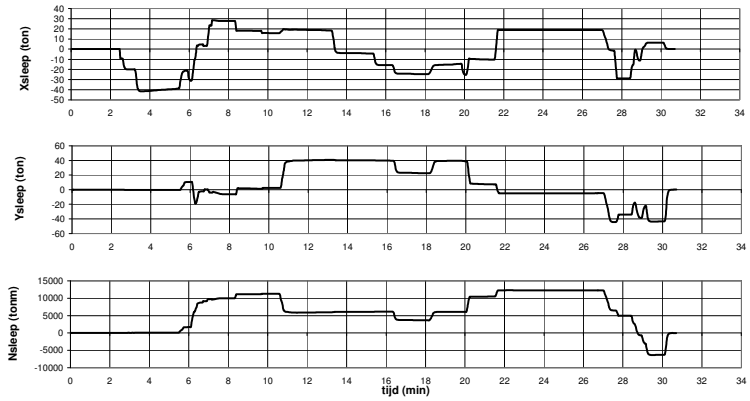
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

WIND



SLEEPKRACHTEN

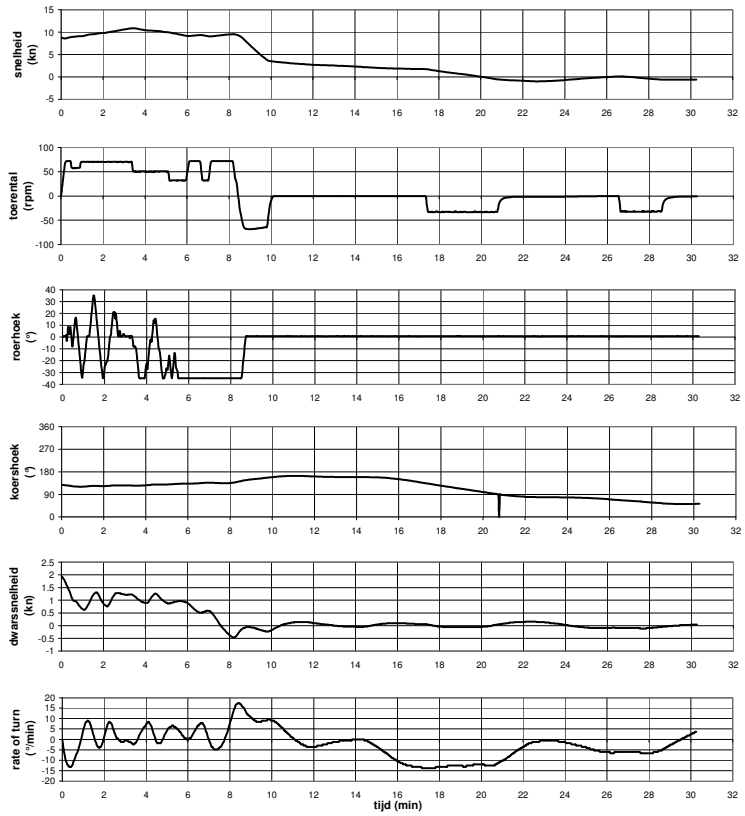


MANOEUVRE	naut030_PQ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.000
3	7.567
4	12.633
5	20.600
6	28.933
Einde	31

EIGEN SCHIP

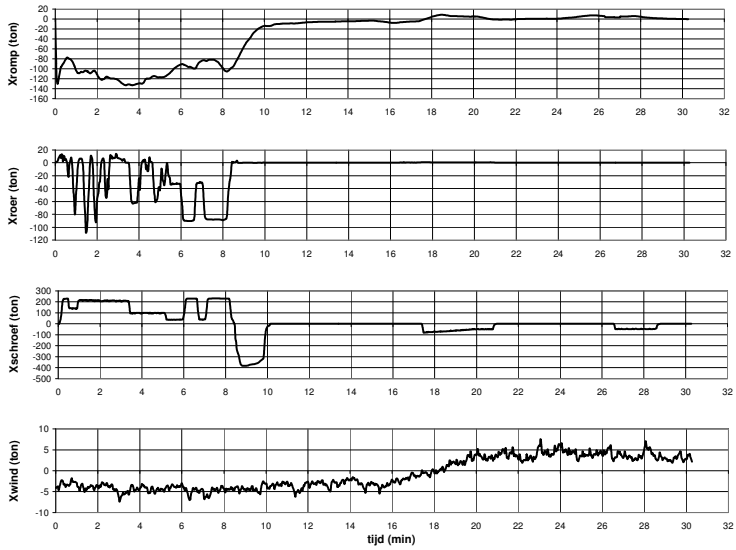


MANOEUVRE	naut032_TP opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

X-KRACHTEN

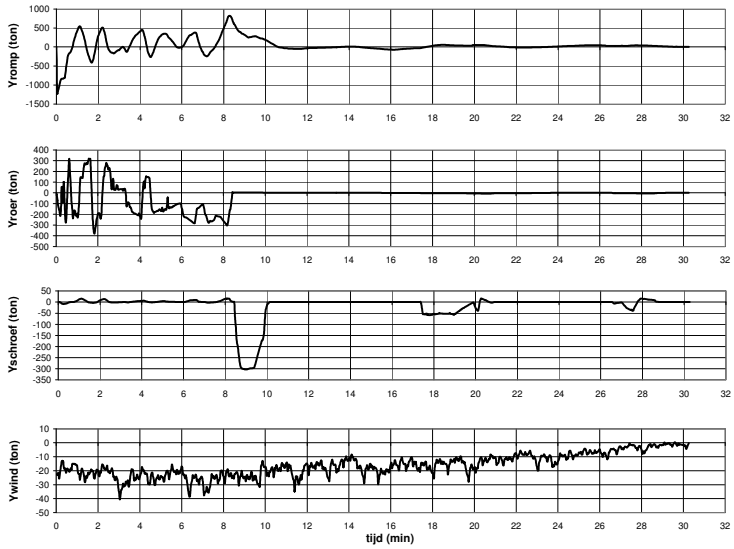


	naut032_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

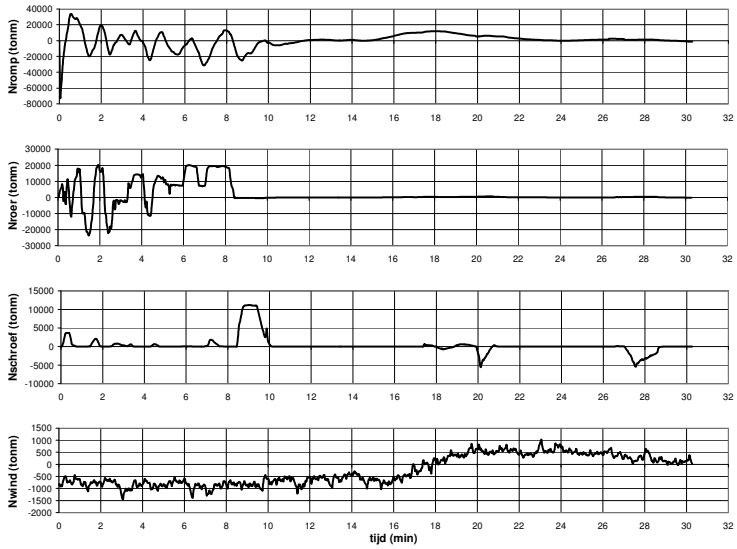
Y-KRACHTEN



	naut032_TP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

MOMENT- N

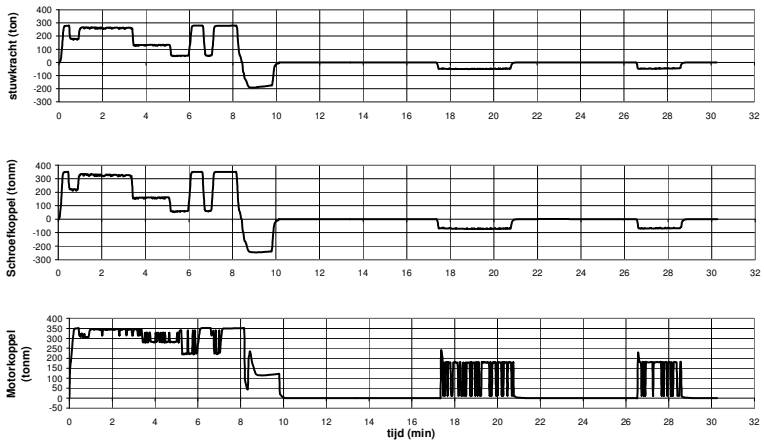


	naut032_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

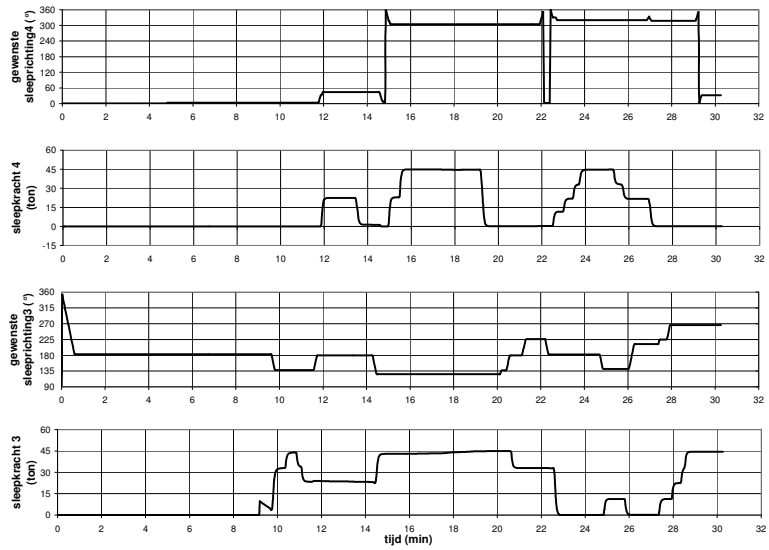
SCHROEF



MANOEUVRE	naut032_TP opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

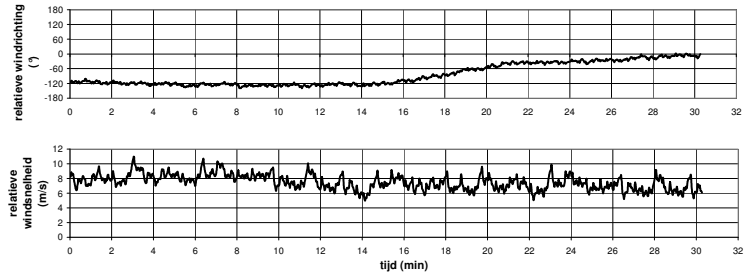
SLEEPBOTEN 3&4



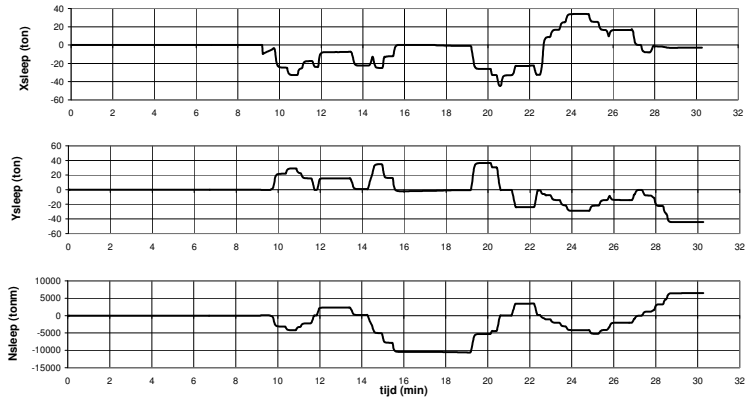
	naut032_TP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

WIND



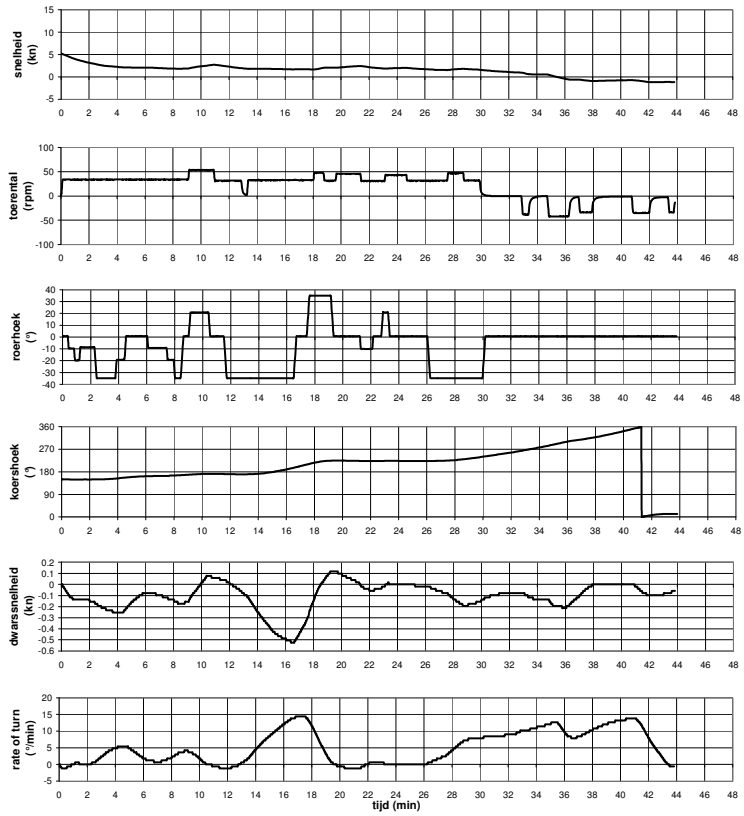
SLEEPKRACHTEN



	naut032_TP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.433
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	30

EIGEN SCHIP

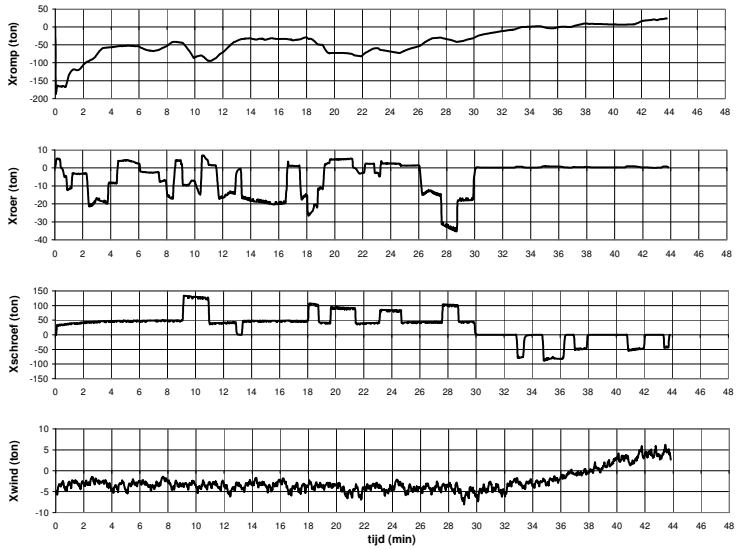


	naut033_RA
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

X-KRACHTEN

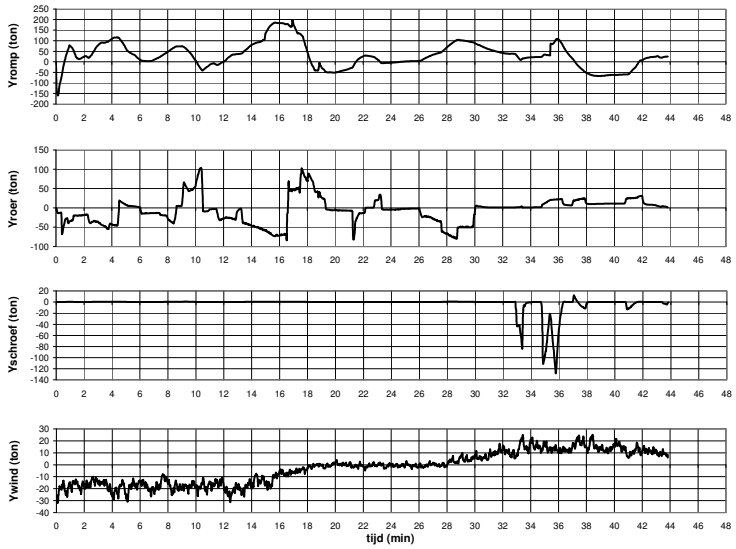


	naut033_RA
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

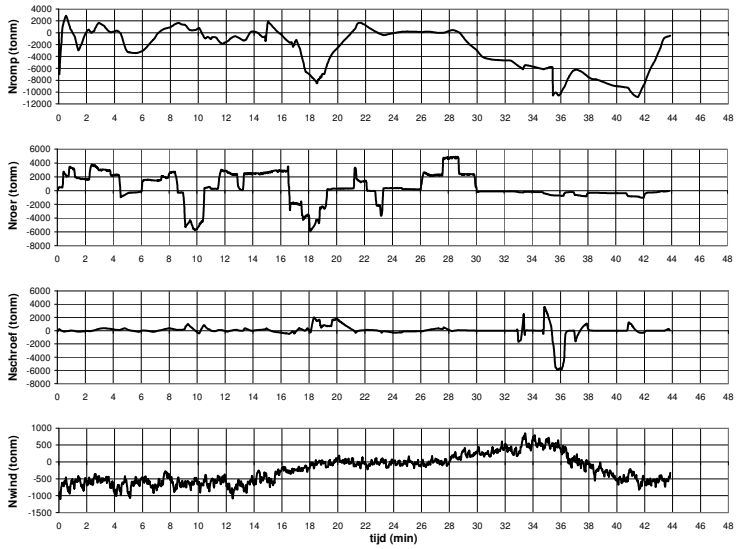
Y-KRACHTEN



	naut033_RA	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

MOMENT- N

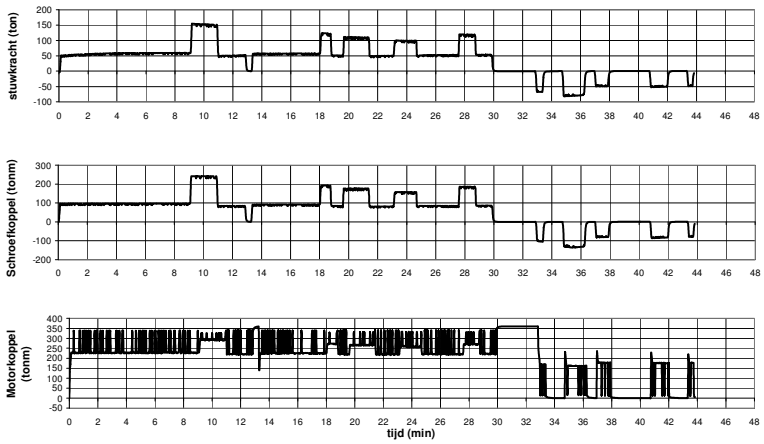


	naut033_RA
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

SCHROEF



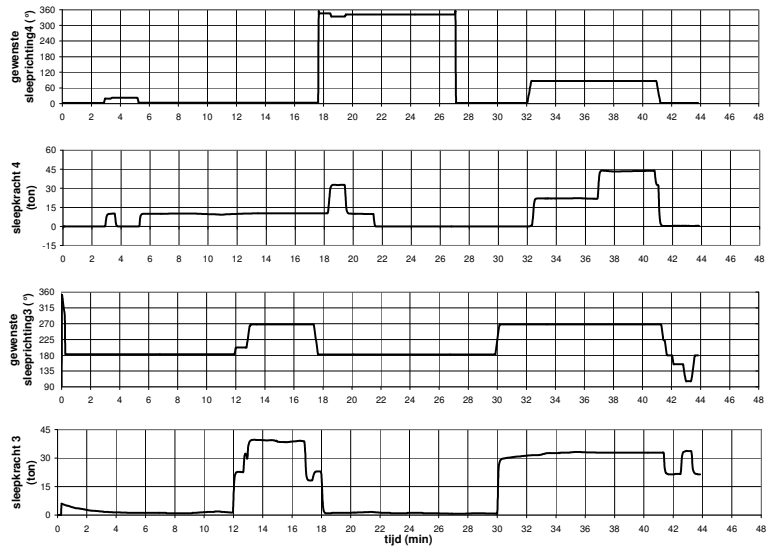
naut033_RA

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

SLEEPBOTEN 3&4

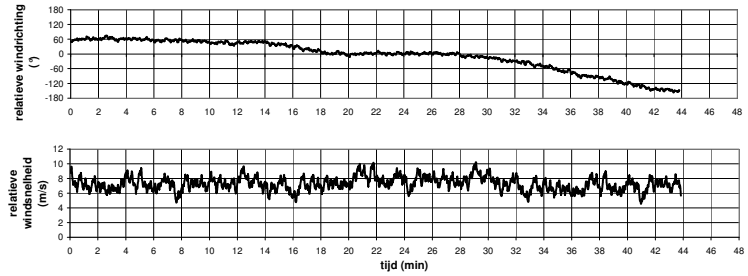


	naut033_RA
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

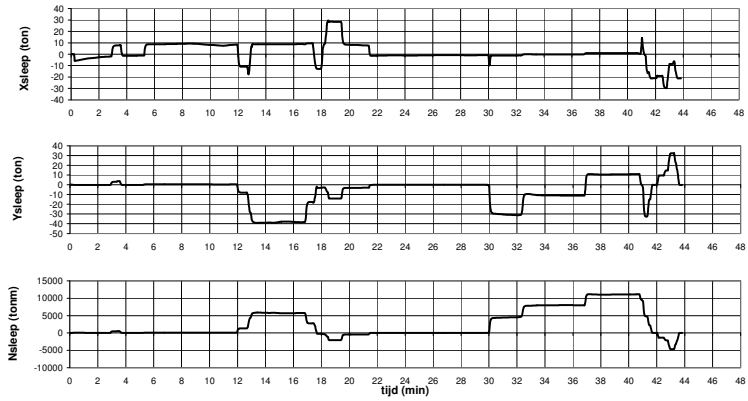
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

WIND



SLEEPKRACHTEN

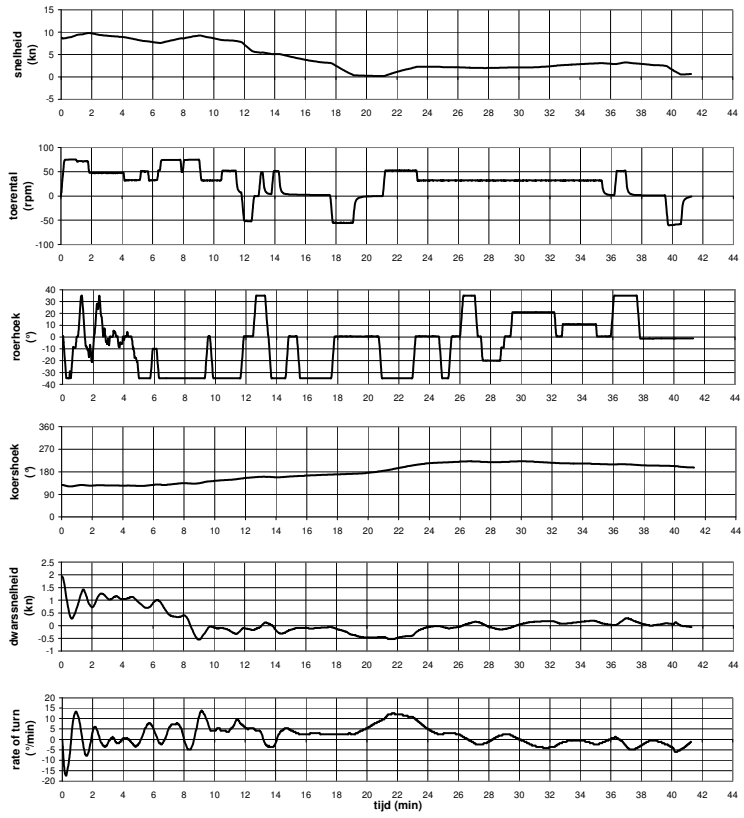


	naut033_RA
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.067
4	17.900
5	30.567
6	41.767
Einde	44

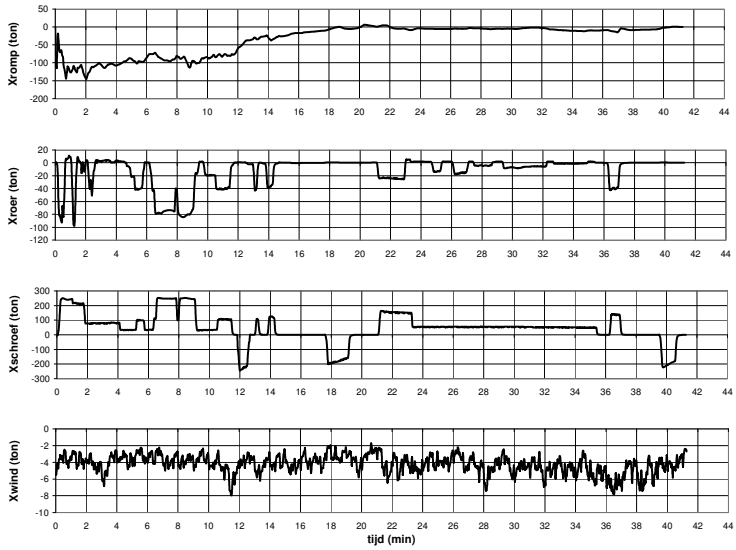
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut035_PC opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

X-KRACHTEN

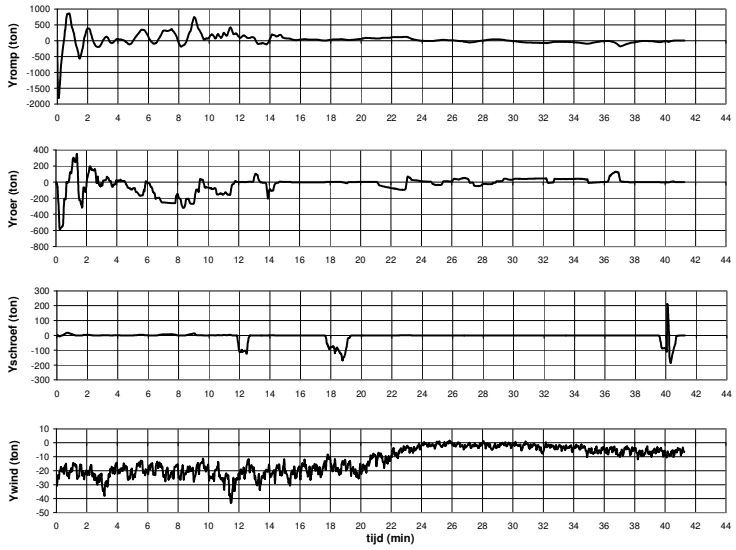


	naut035_PC
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

Y-KRACHTEN

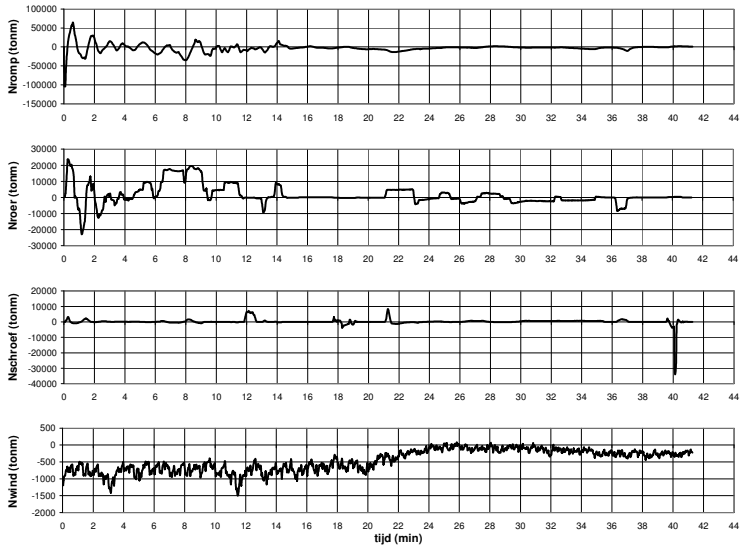


	naut035_PC
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

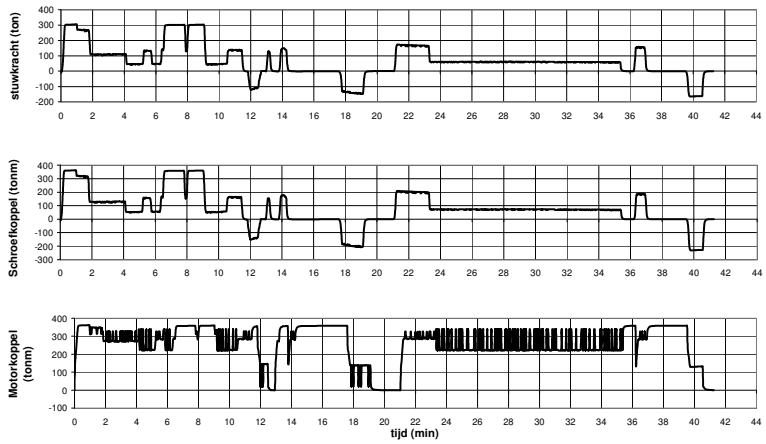
MOMENT- N



	naut035_PC	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

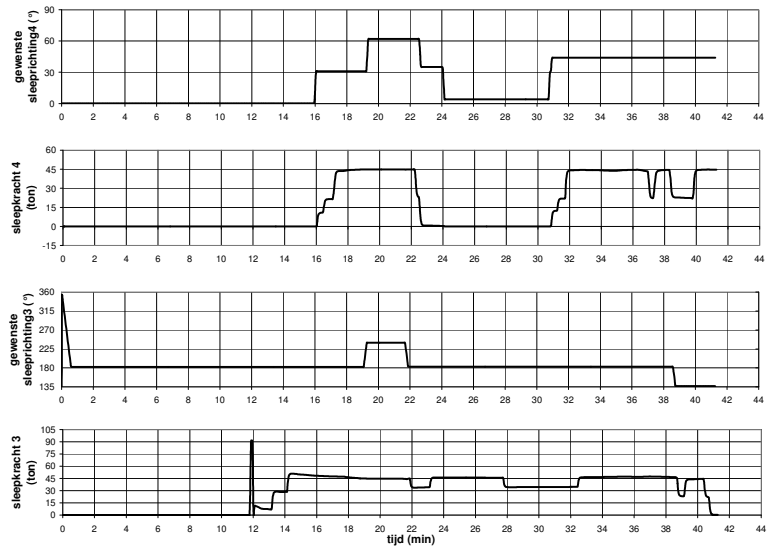
SCHROEF



	naut035_PC	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

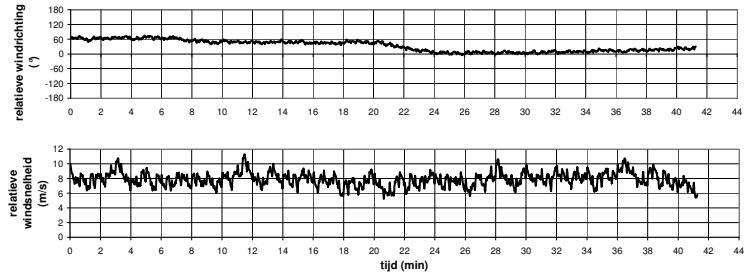
SLEEPBOTEN 3&4



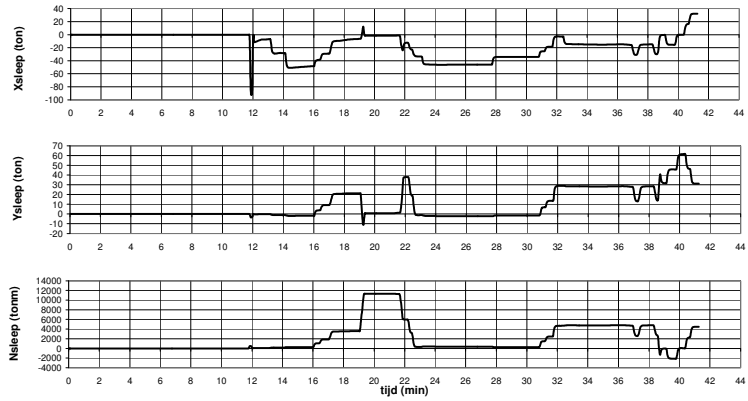
	naut035_PC	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

WIND



SLEEPKRACHTEN

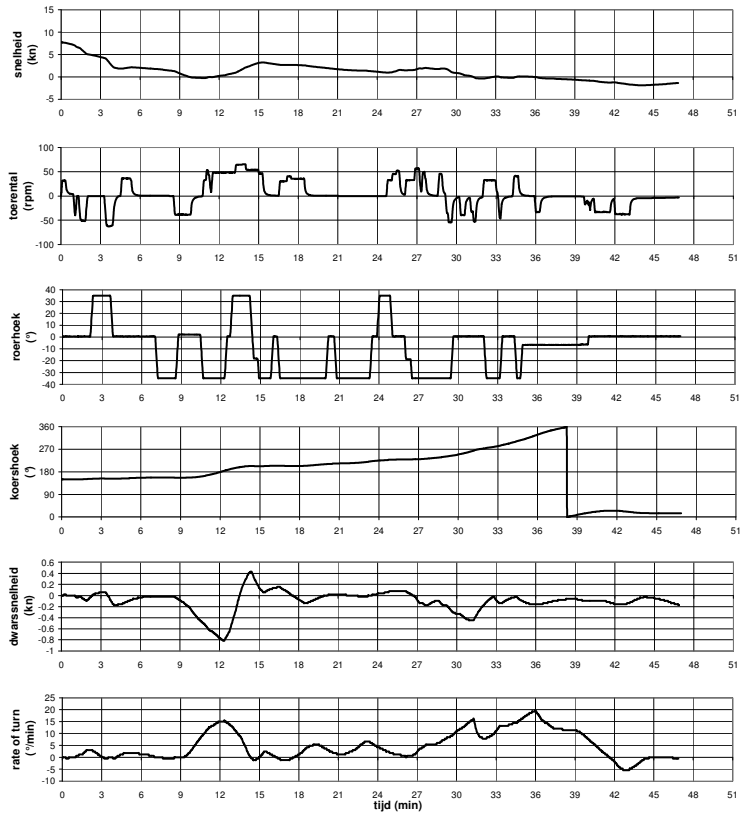


MANOEUVRE	naut035_PC opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.367
3	12.867
4	24.067
5	-
6	-
Einde	41

EIGEN SCHIP

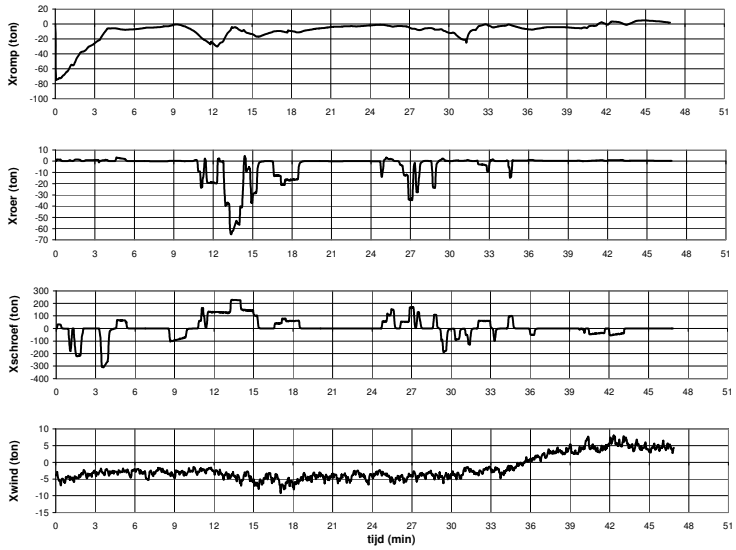


MANOEUVRE	naut036_TL opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

X-KRACHTEN

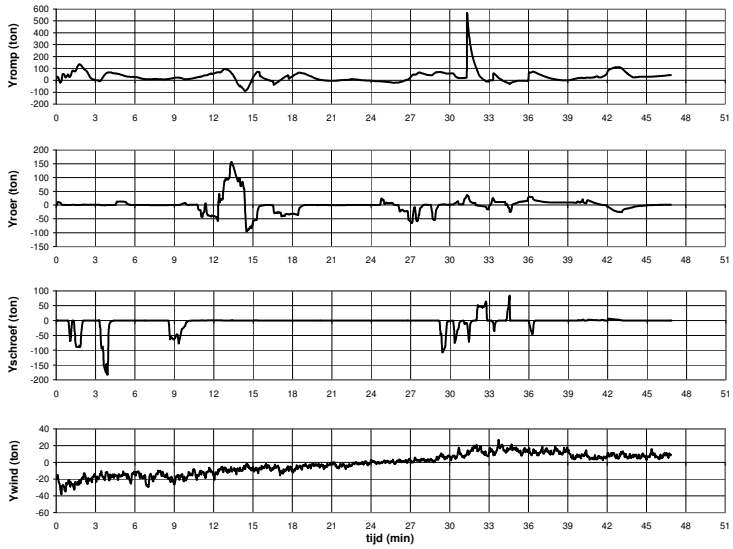


	naut036_TL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

Y-KRACHTEN

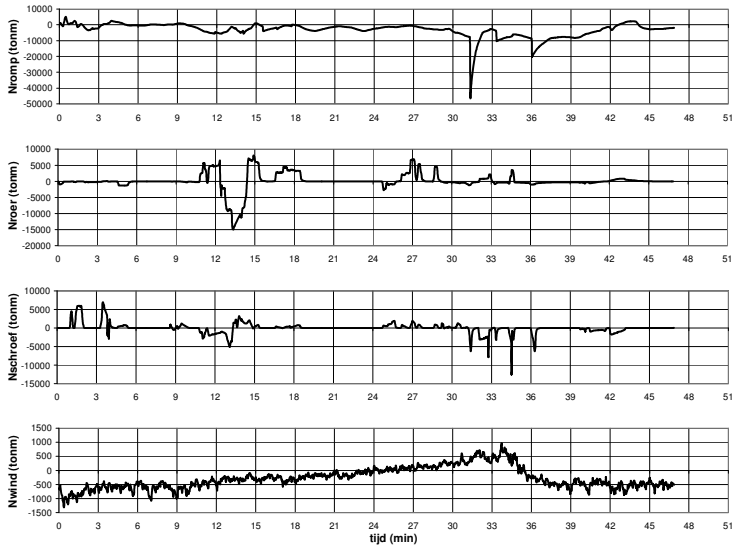


	naut036_TL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

MOMENT- N

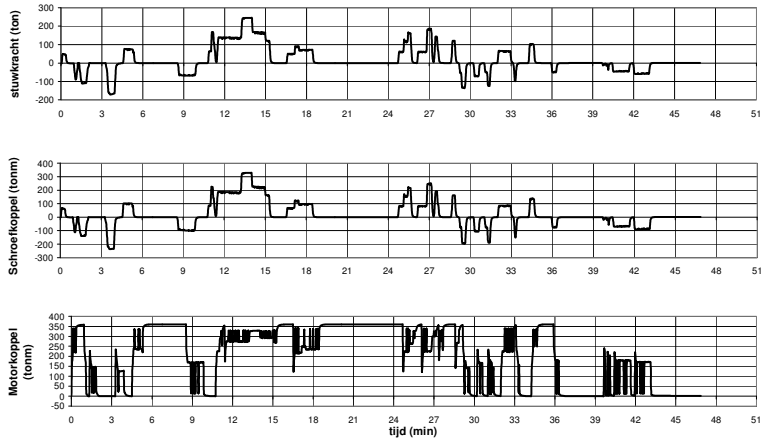


	naut036_TL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

SCHROEF



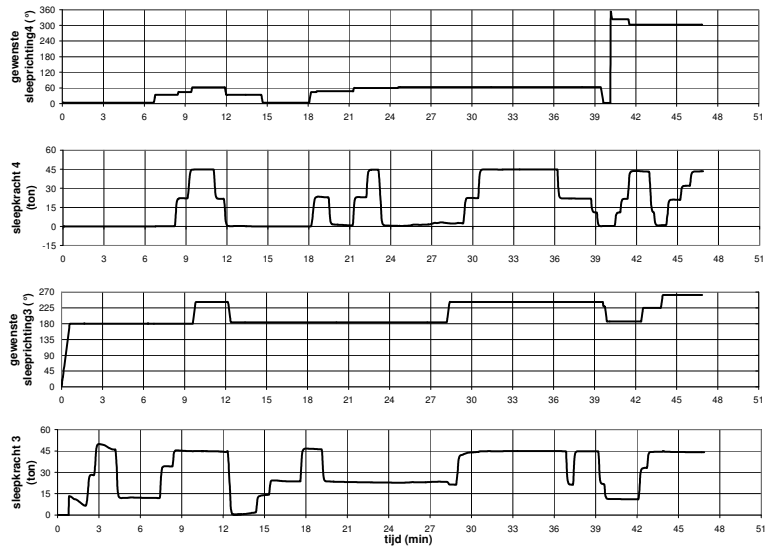
naut036_TL

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

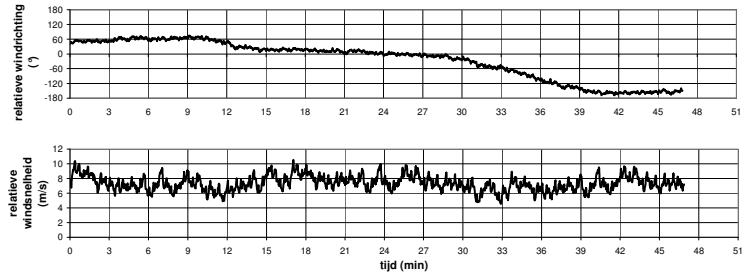
SLEEPBOTEN 3&4



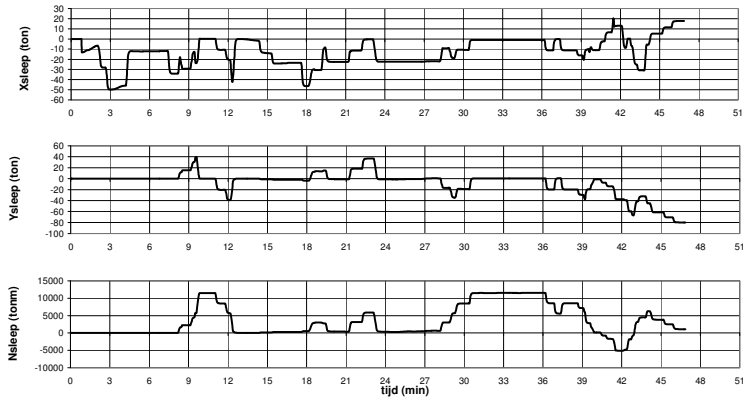
	naut036_TL	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

WIND



SLEEPKRACHTEN

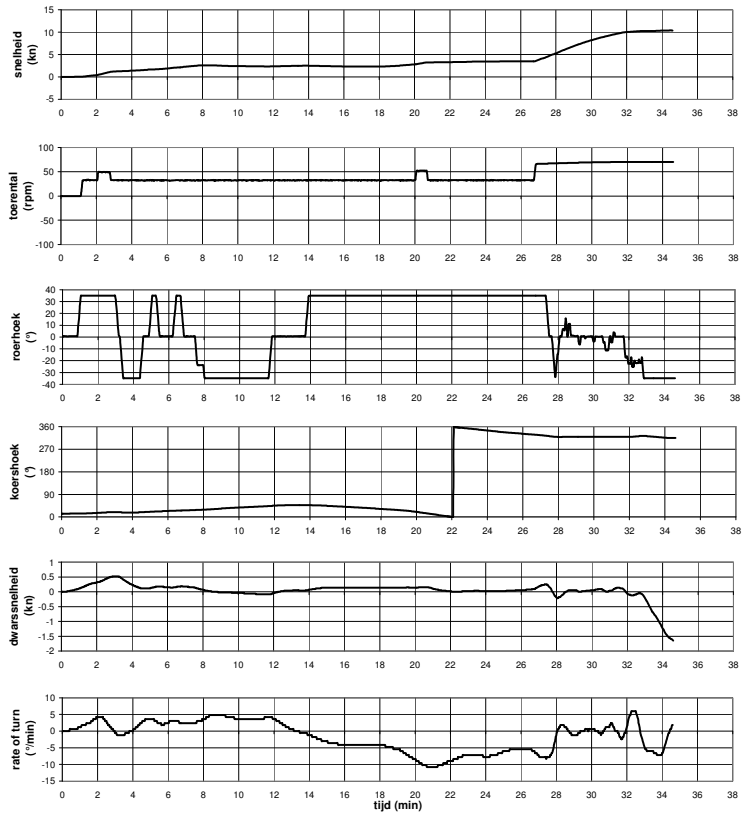


	naut036_TL
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	10.333
4	21.867
5	29.567
6	38.700
Einde	47

EIGEN SCHIP

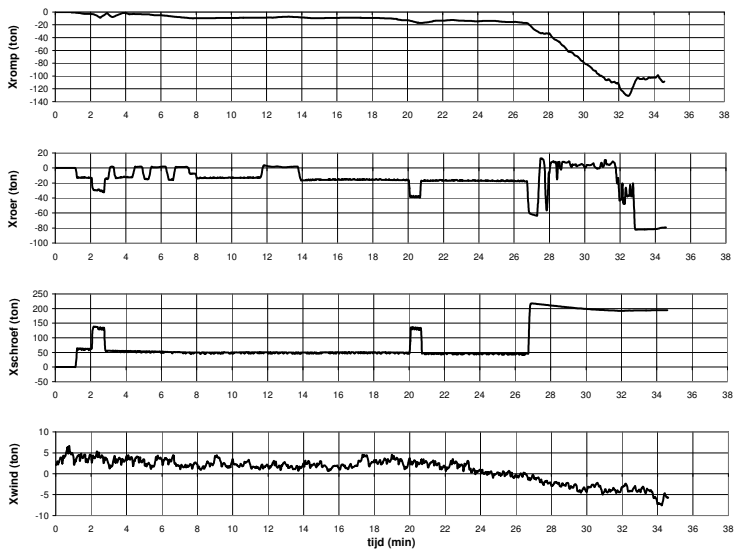


MANOEUVRE	naut037_TL afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

X-KRACHTEN

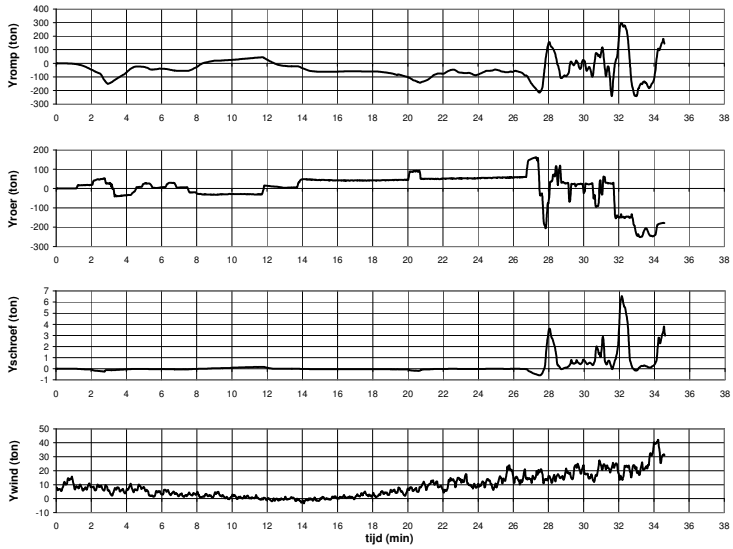


MANOEUVRE	naut037_TL afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

Y-KRACHTEN

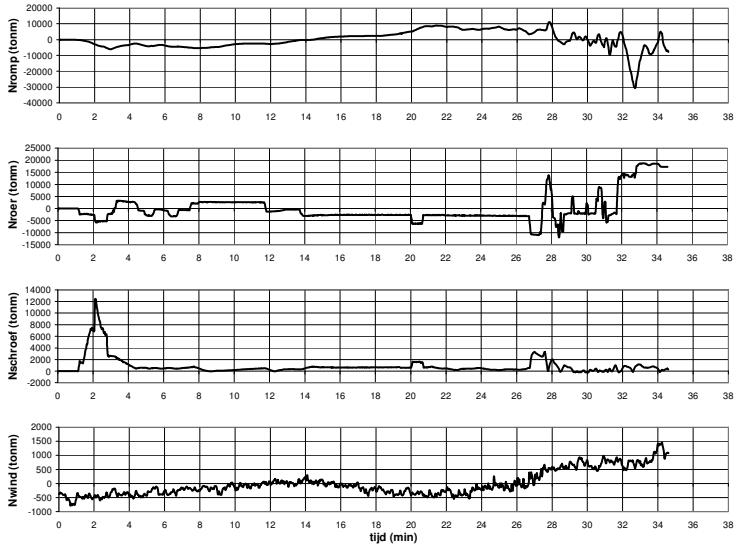


MANOEUVRE	naut037_TL afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

MOMENT- N

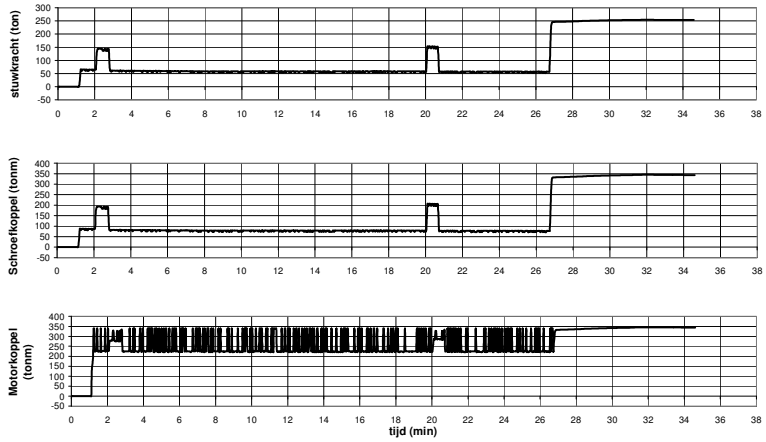


	naut037_TL
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

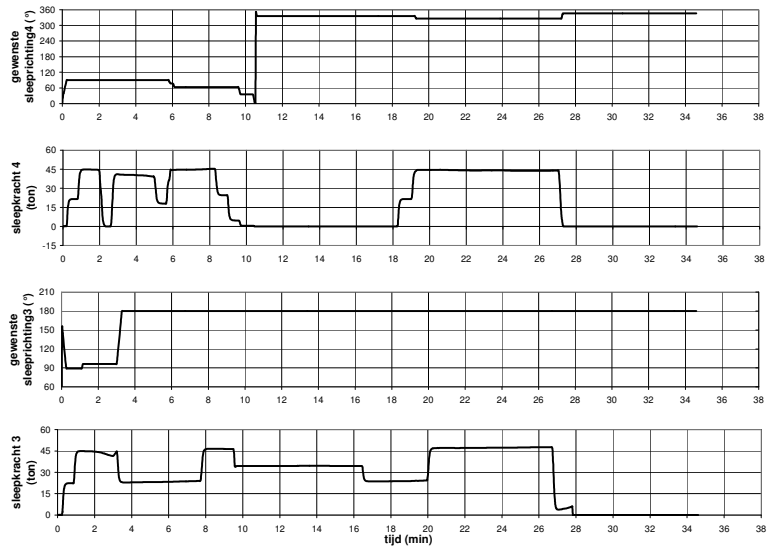
SCHROEF



	naut037_TL	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

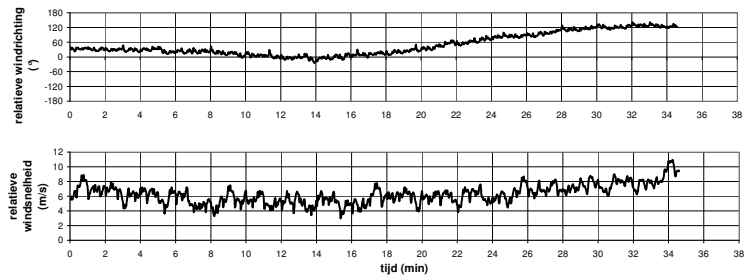
SLEEPBOTEN 3&4



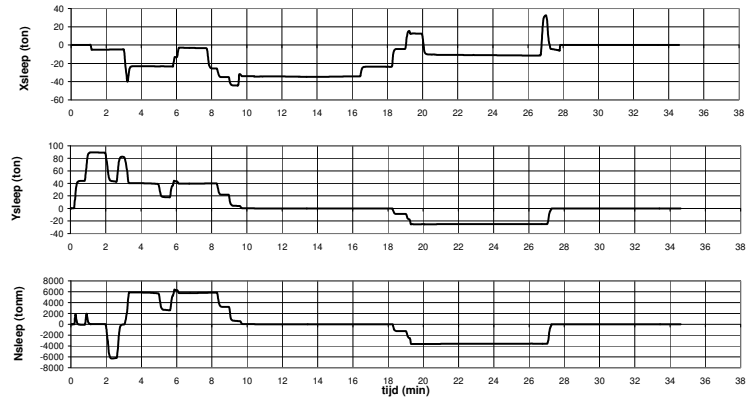
MANOEUVRE	naut037_TL afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

WIND



SLEEPKRACHTEN

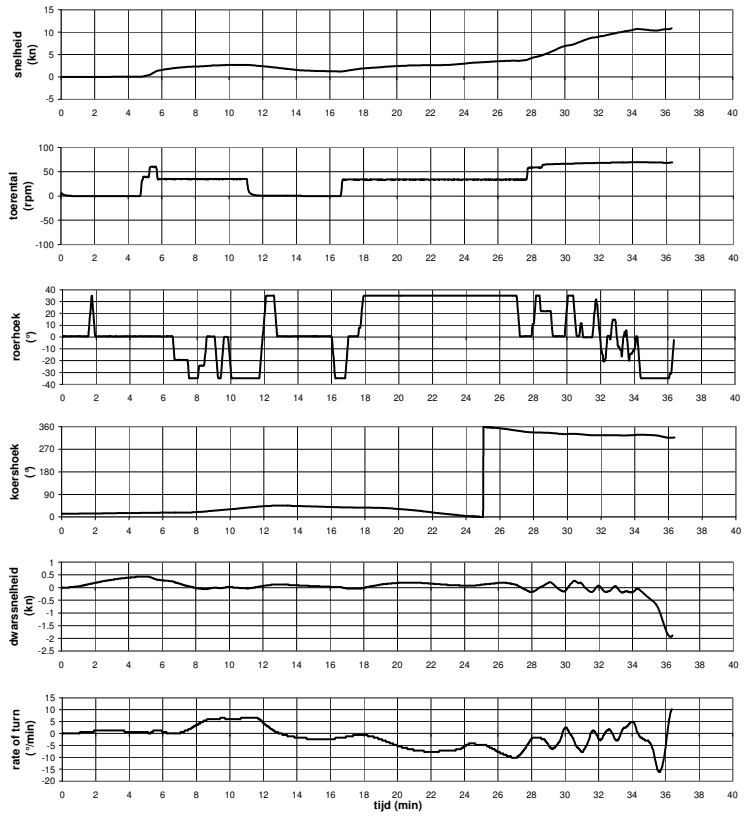


MANOEUVRE	naut037_TL afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	17.233
4	24.267
5	-
6	-
Einde	35

EIGEN SCHIP

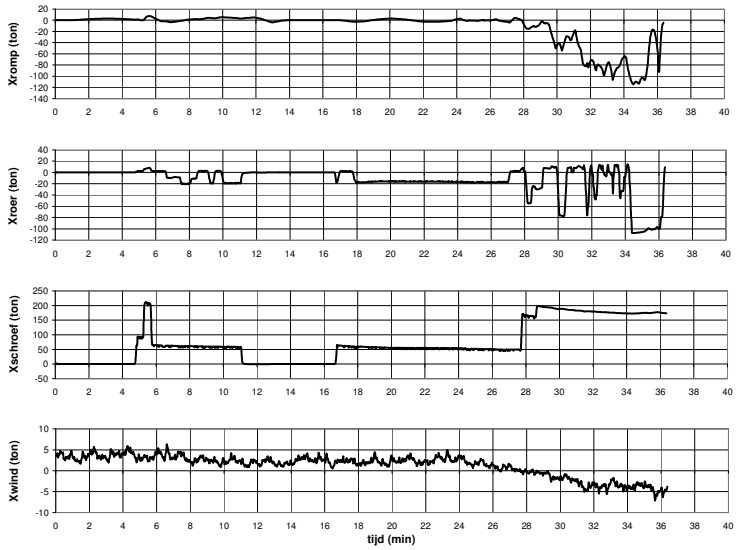


MANOEUVRE	naut038_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

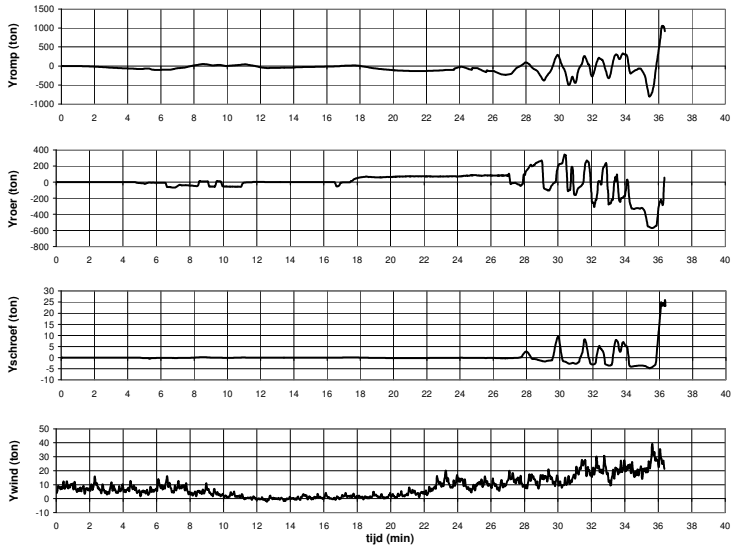
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut038_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

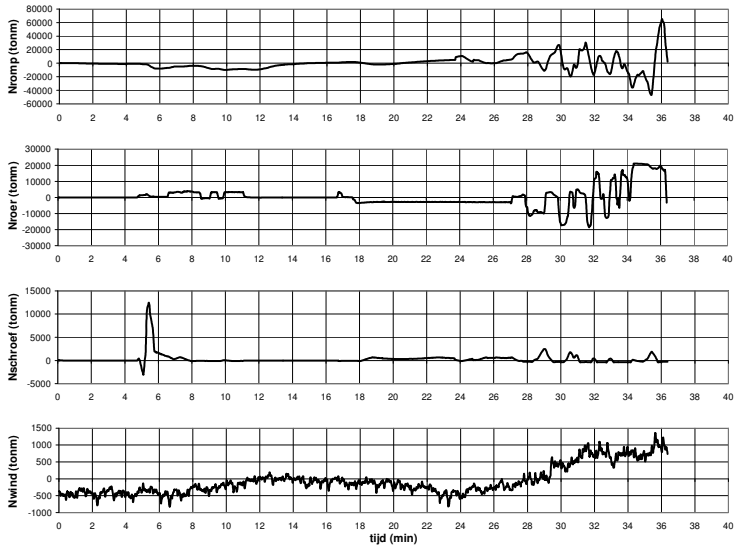
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut038_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

MOMENT- N

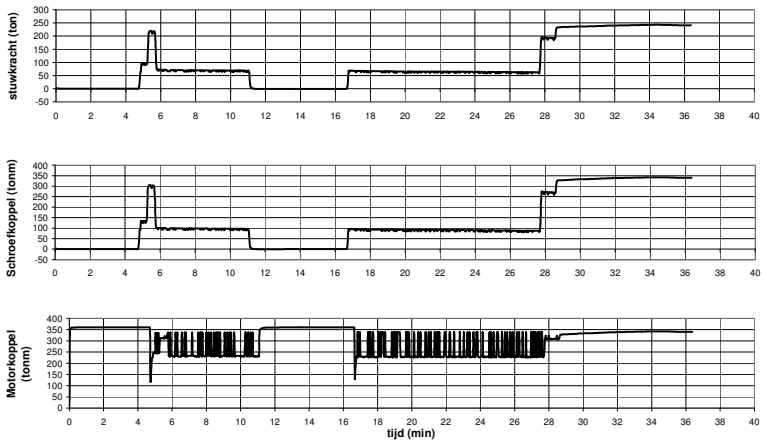


	naut038_PQ
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

SCHROEF



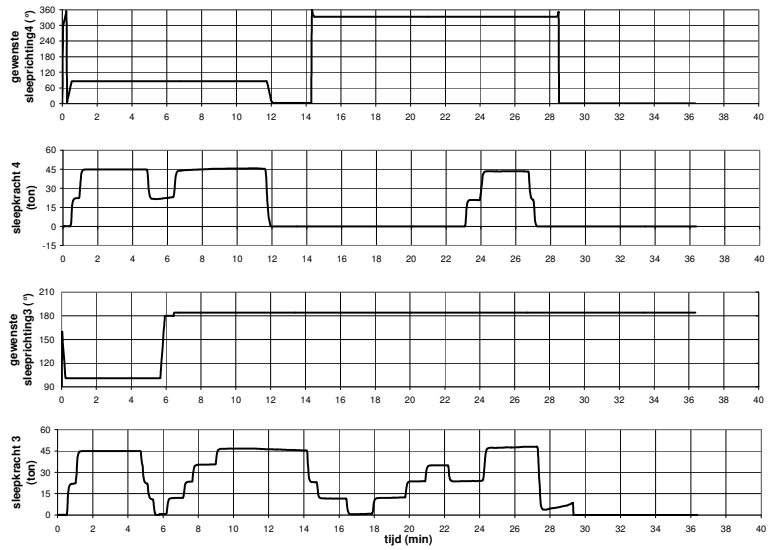
naut038_PQ

MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

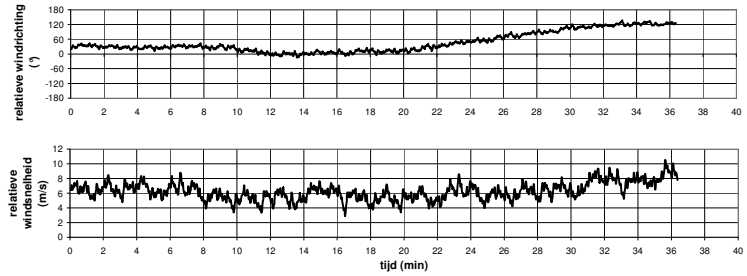
SLEEPBOTEN 3&4



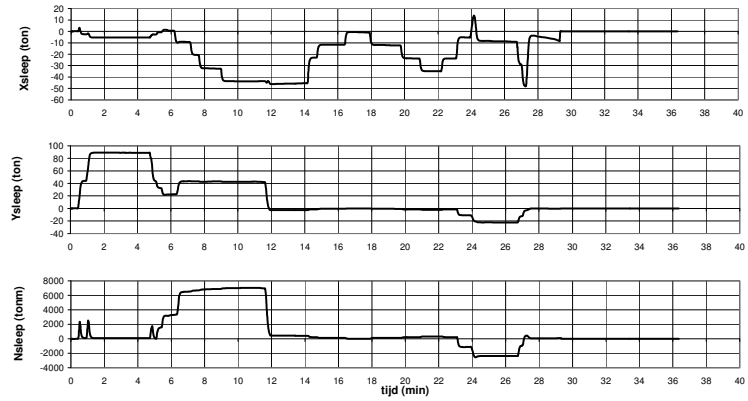
MANOEUVRE	naut038_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

WIND



SLEEPKRACHTEN

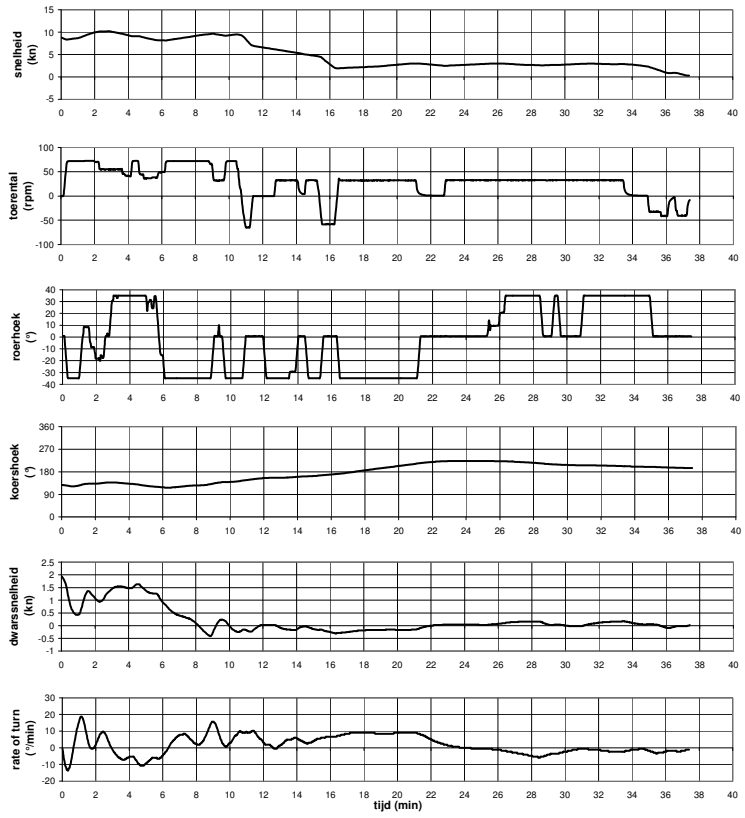


MANOEUVRE	naut038_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.400
3	19.067
4	27.433
5	-
6	-
Einde	36

EIGEN SCHIP

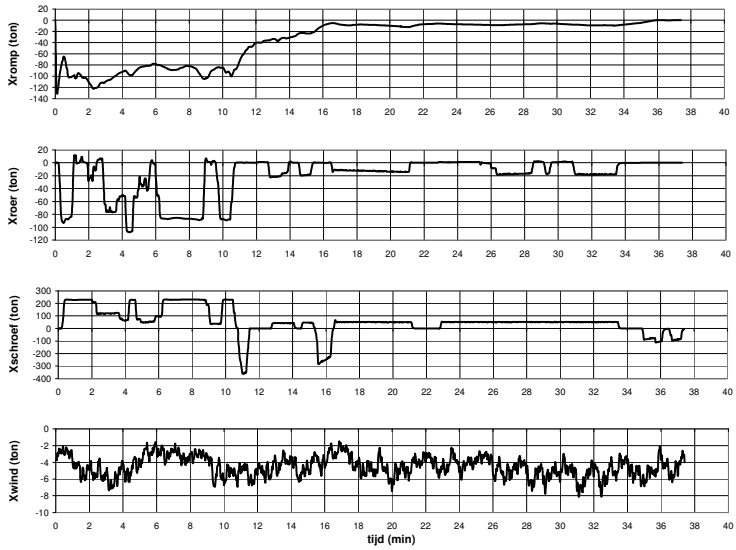


MANOEUVRE	naut040_TP opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

X-KRACHTEN

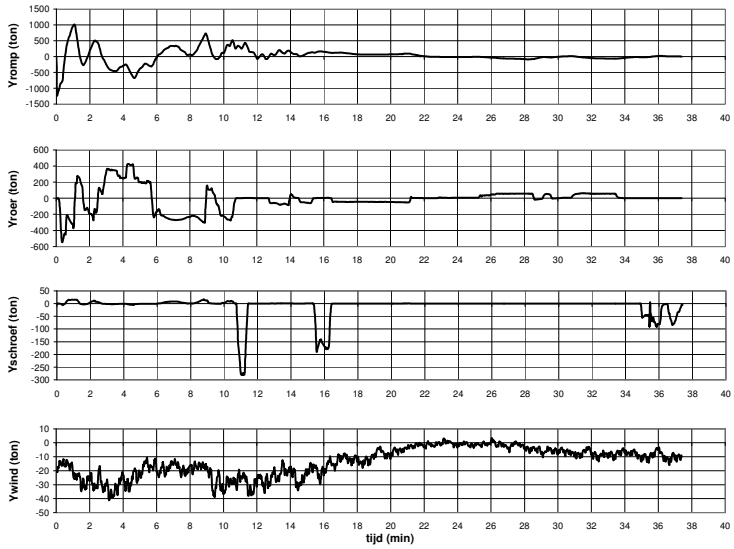


	naut040_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

Y-KRACHTEN

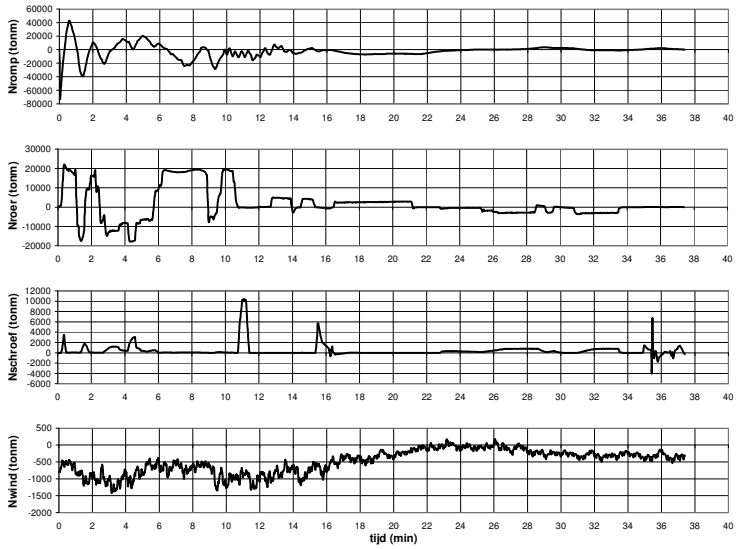


	naut040_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

MOMENT- N

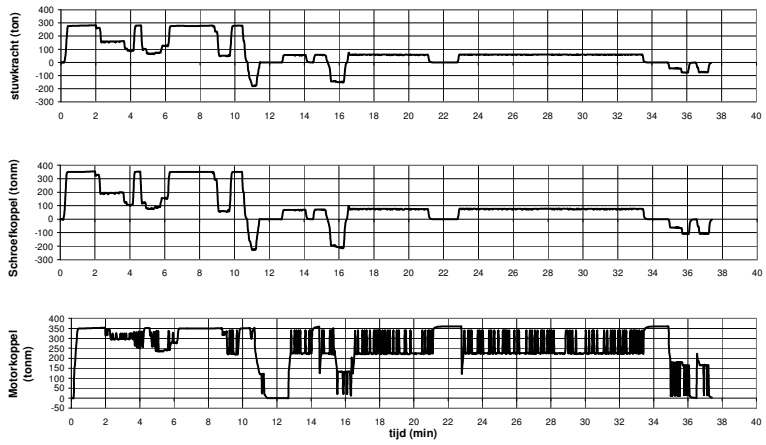


	naut040_TP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

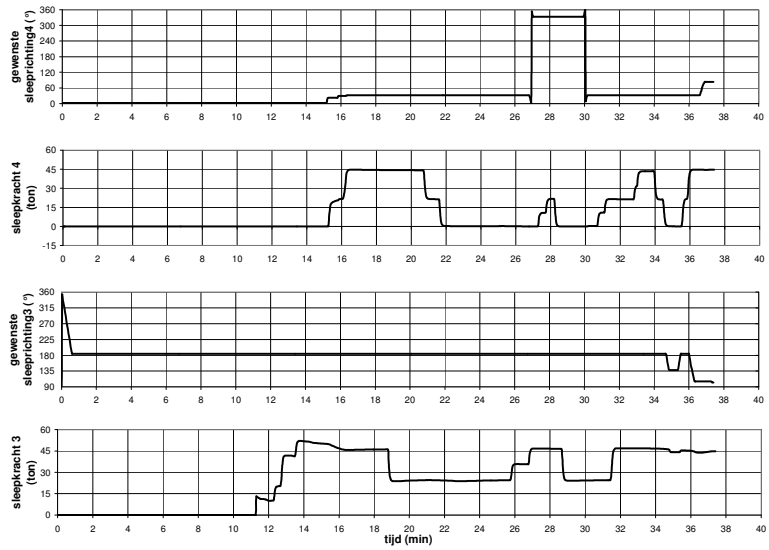
SCHROEF



MANOEUVRE	naut040_TP opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

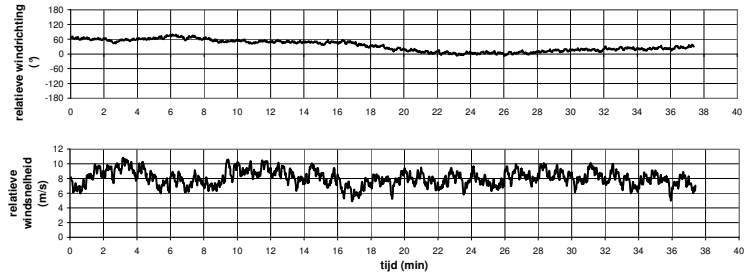
SLEEPBOTEN 3&4



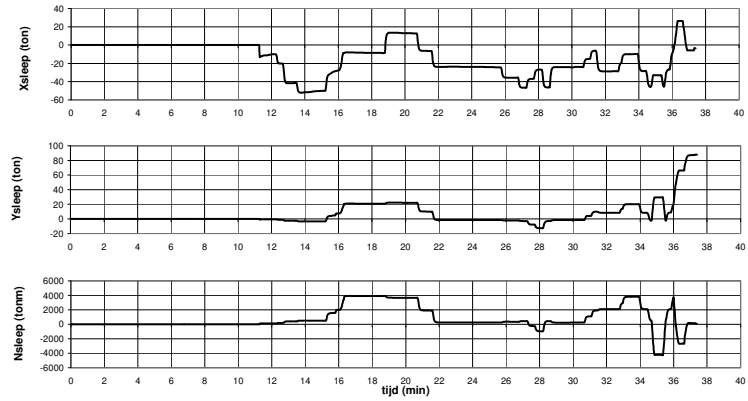
MANOEUVRE	naut040_TP opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

WIND



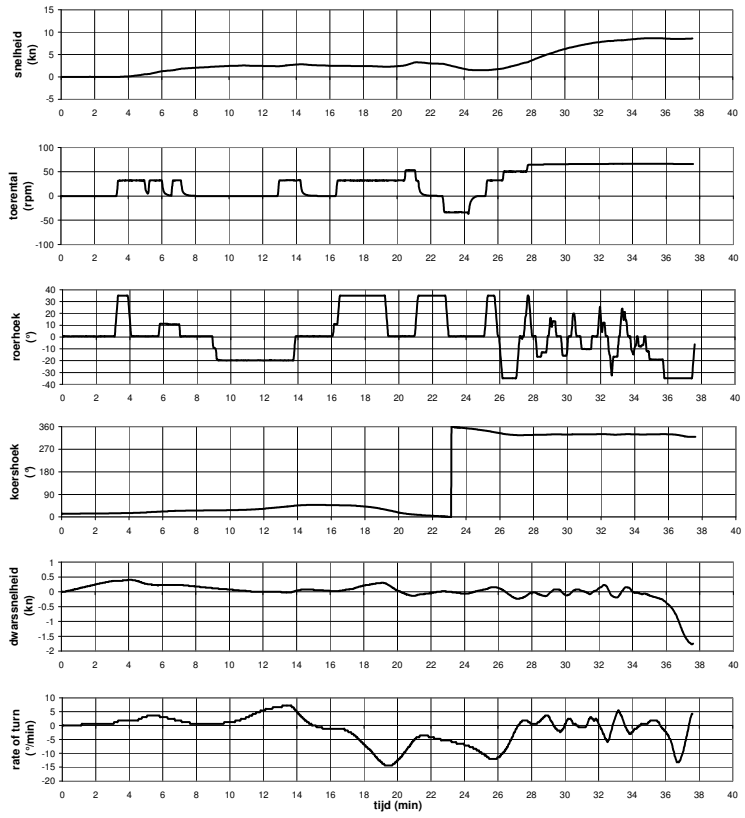
SLEEPKRACHTEN



MANOEUVRE	naut040_TP opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.867
3	13.933
4	21.300
5	-
6	-
Einde	37

EIGEN SCHIP

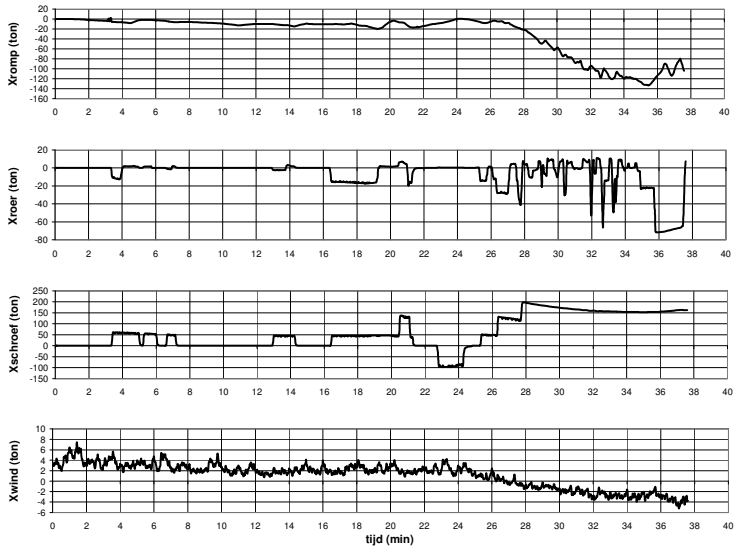


MANOEUVRE	naut041_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

X-KRACHTEN

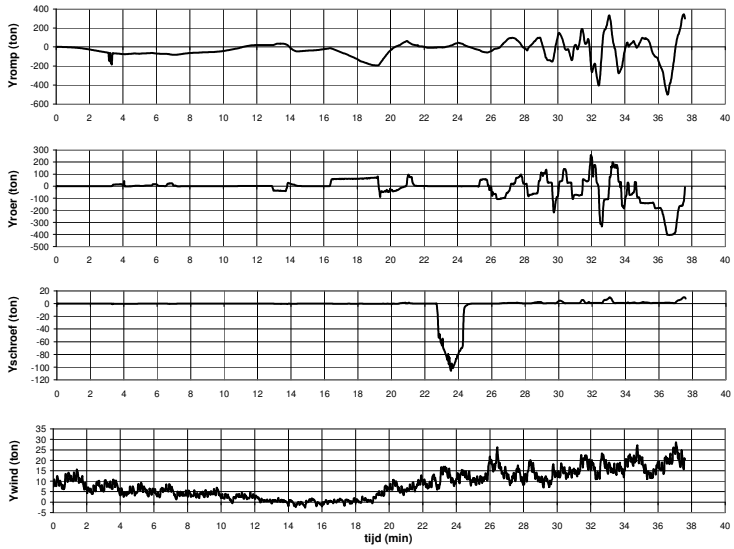


MANOEUVRE	naut041_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

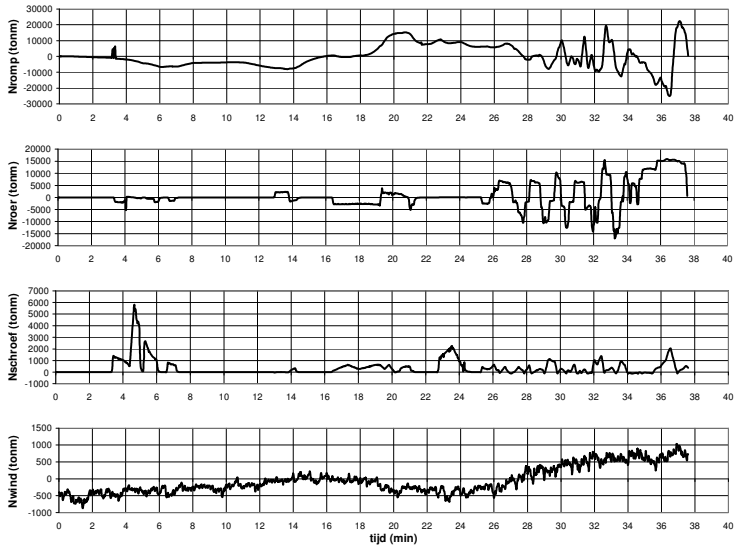
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut041_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

MOMENT- N

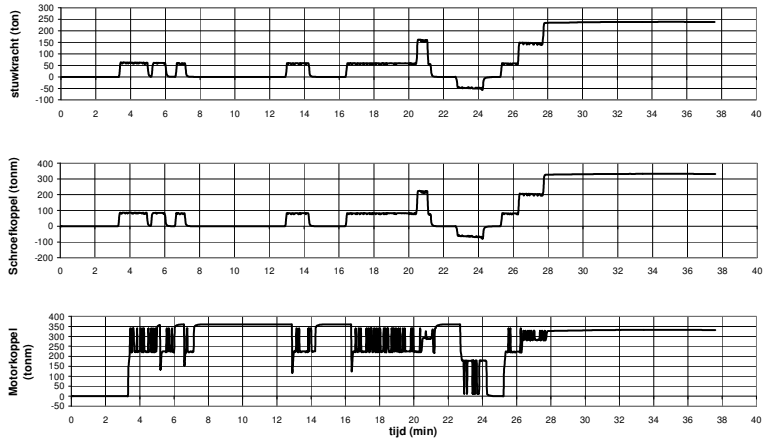


MANOEUVRE	naut041_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

SCHROEF

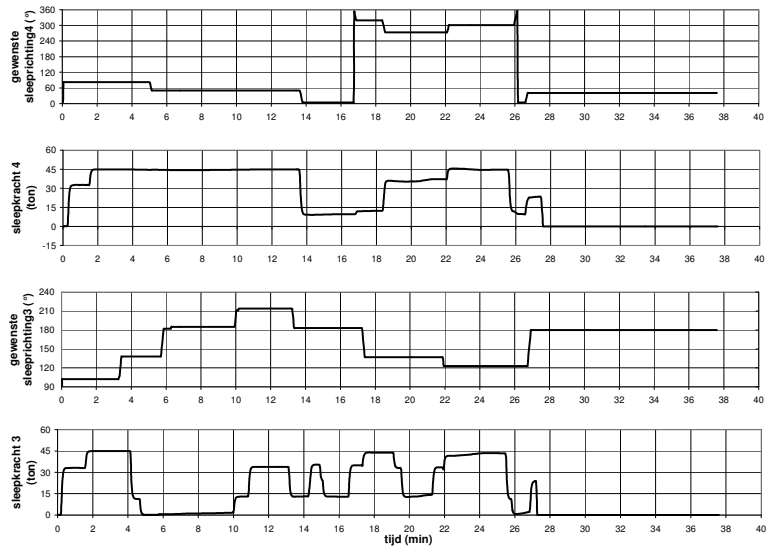


	naut041_TM
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

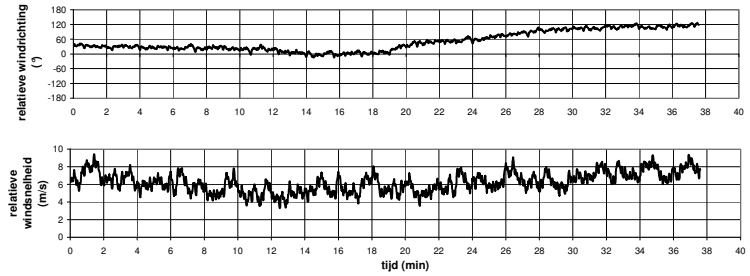
SLEEPBOTEN 3&4



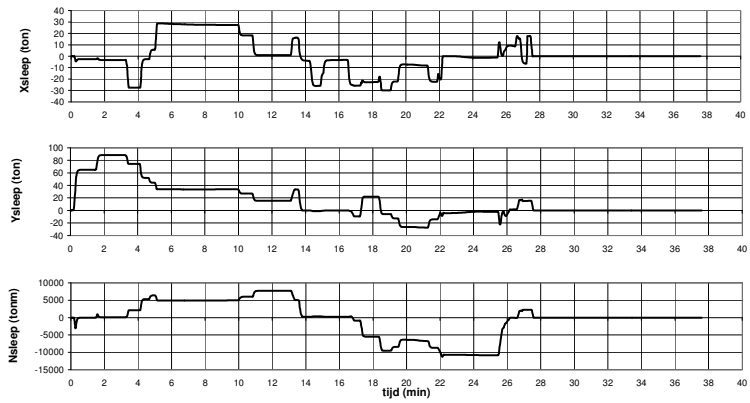
MANOEUVRE	naut041_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

WIND



SLEEPKRACHTEN

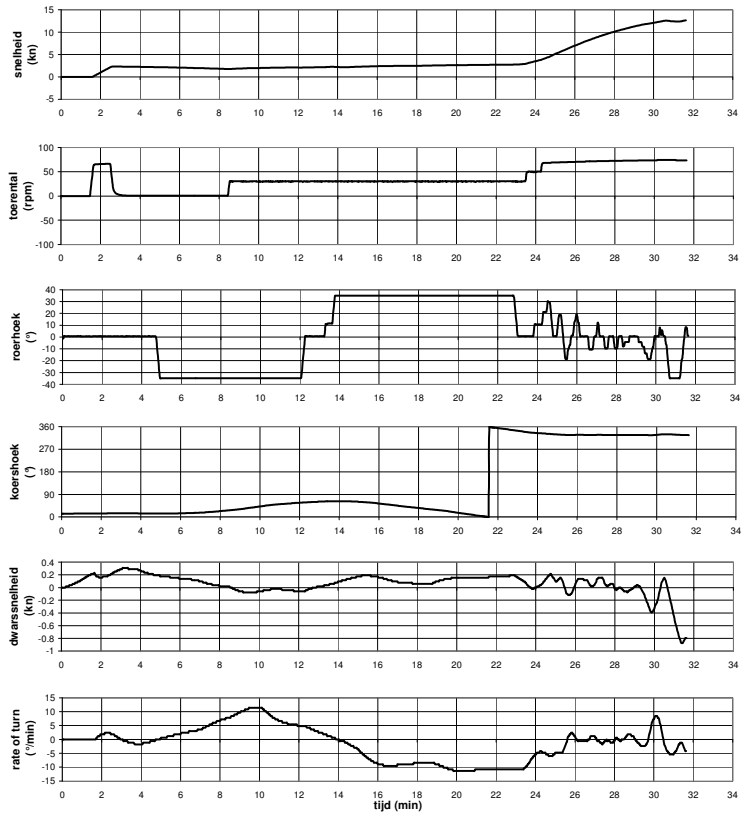


MANOEUVRE	naut041_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.933
3	18.733
4	28.033
5	-
6	-
Einde	38

EIGEN SCHIP

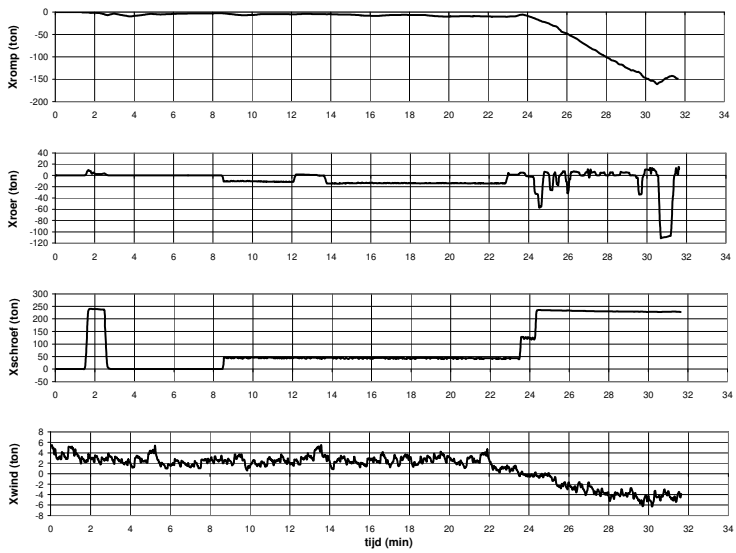


MANOEUVRE	naut043_TP afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

X-KRACHTEN

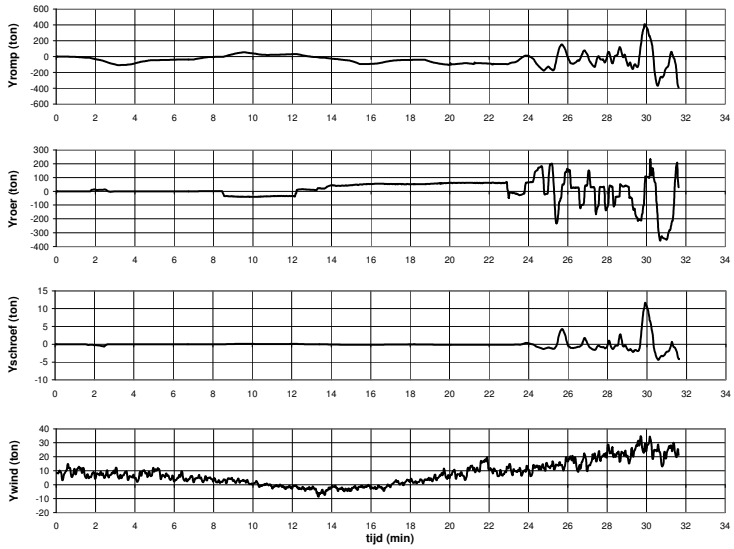


MANOEUVRE	naut043_TP afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

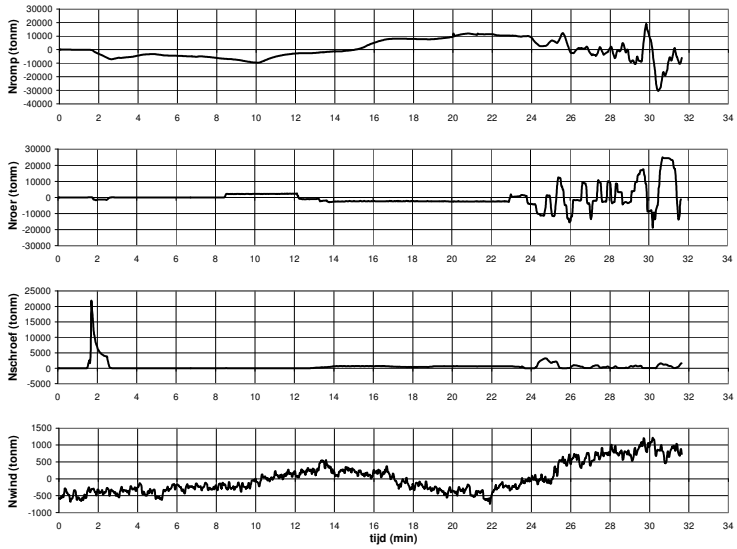
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut043_TP afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

MOMENT- N

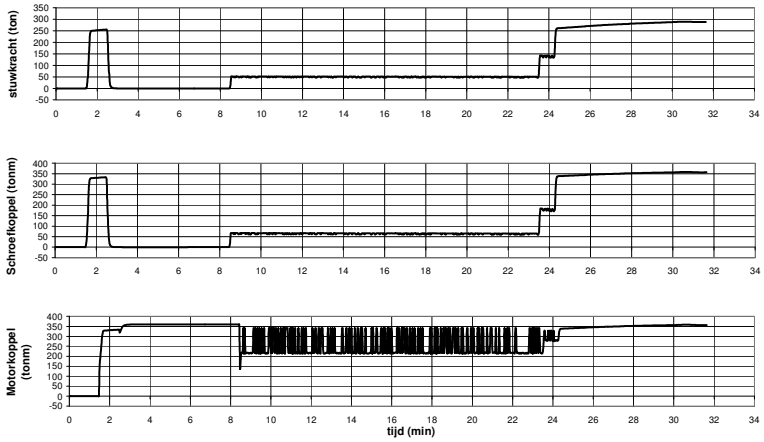


	naut043_TP
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

SCHROEF

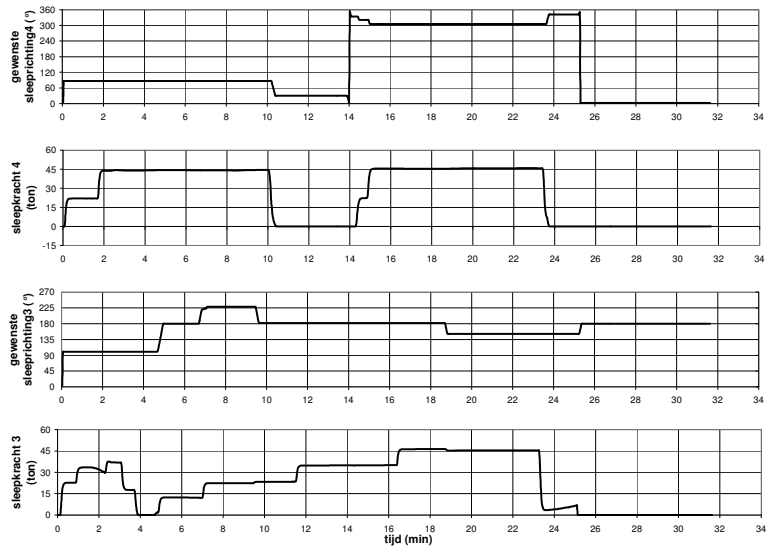


	naut043_TP
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

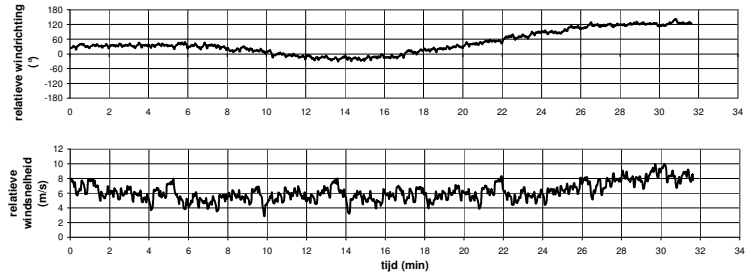
SLEEPBOTEN 3&4



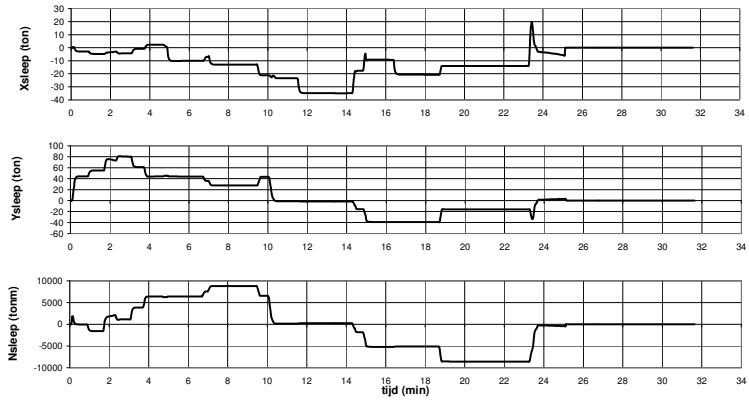
	naut043_TP	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

WIND



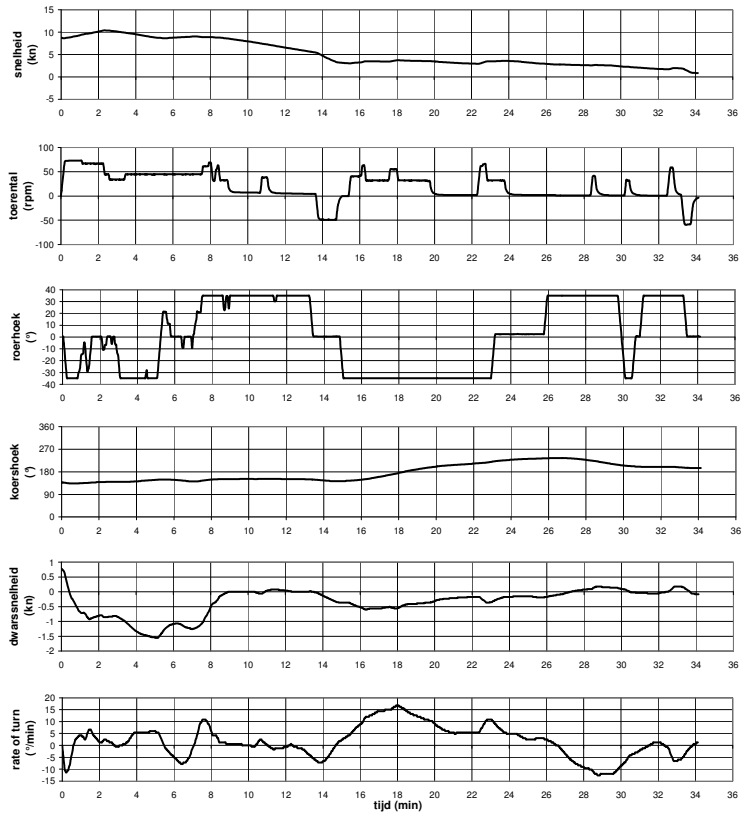
SLEEPKRACHTEN



MANOEUVRE	naut043_TP afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	9.4
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	0.75	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	5.667
3	18.033
4	25.133
5	-
6	-
Einde	32

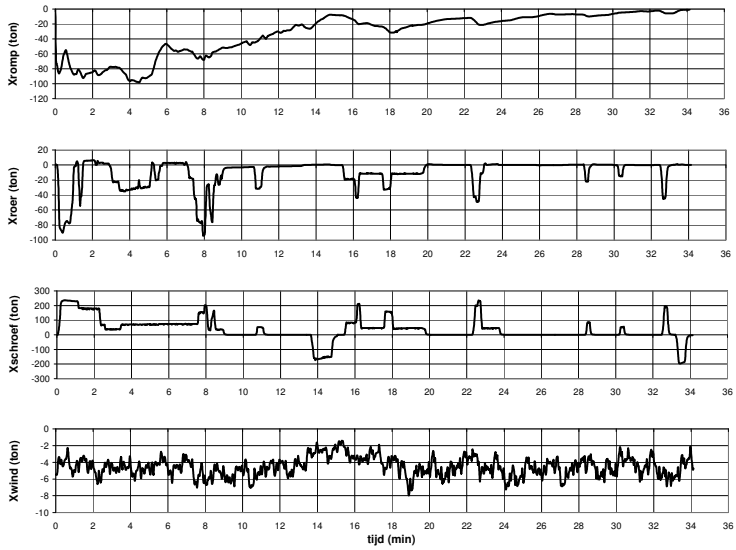
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut044_PD opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

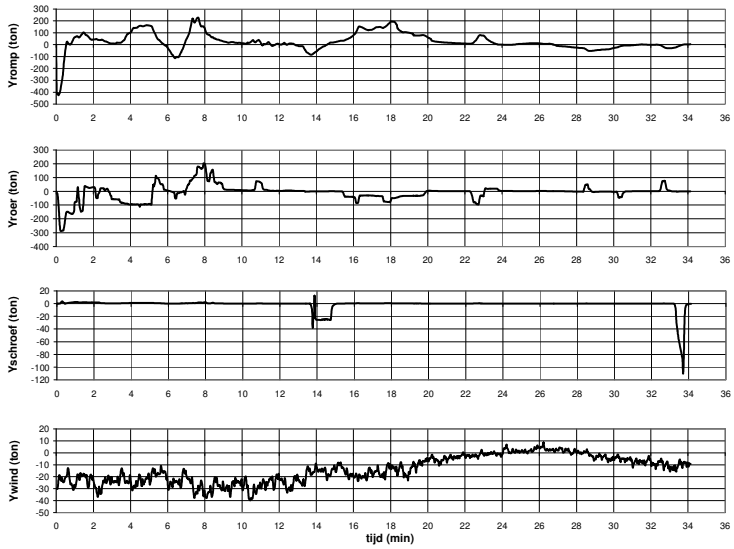
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut044_PD opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

Y-KRACHTEN

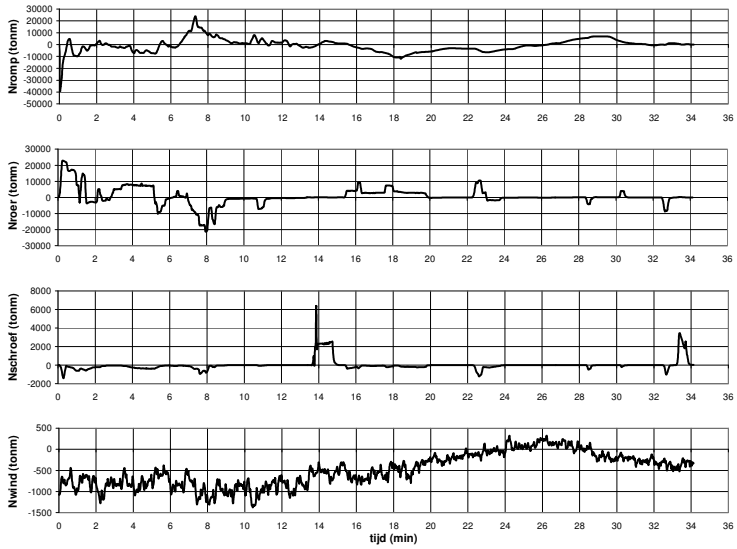


	naut044_PD
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	2h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

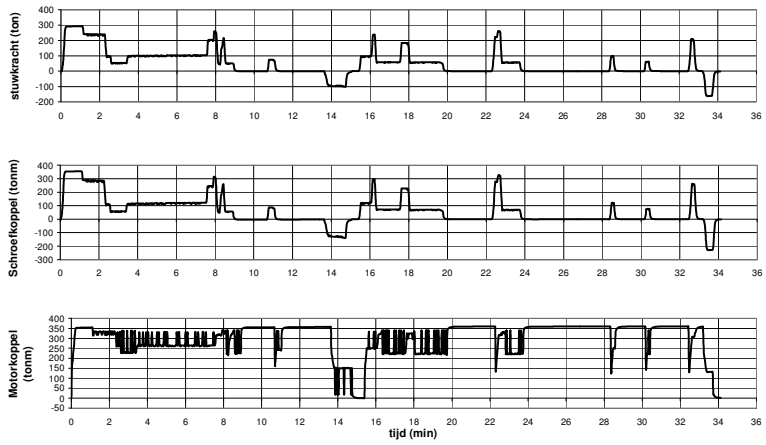
MOMENT- N



	naut044_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

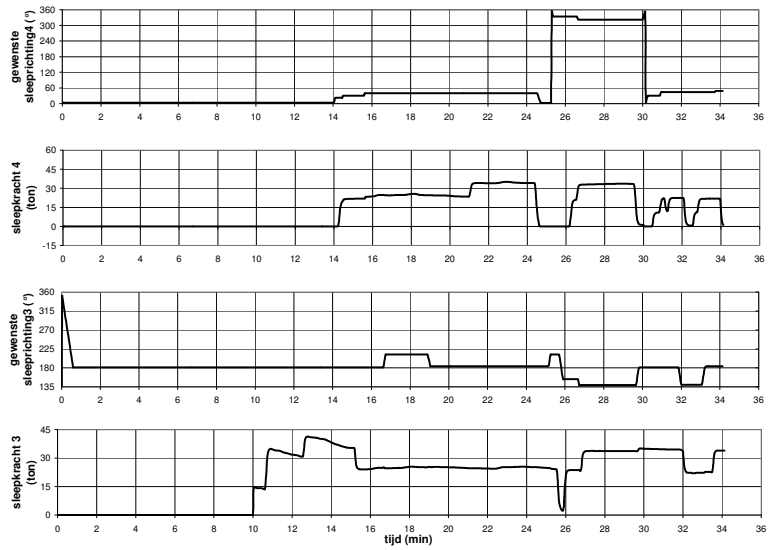
SCHROEF



	naut044_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

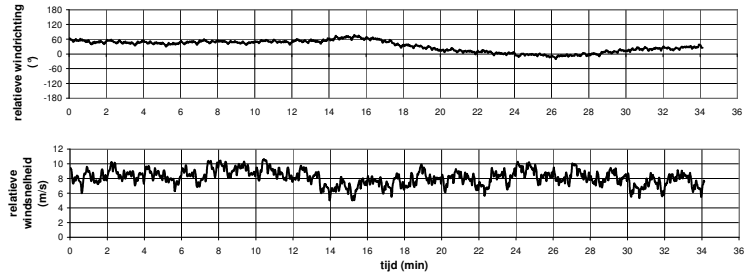
SLEEPBOTEN 3&4



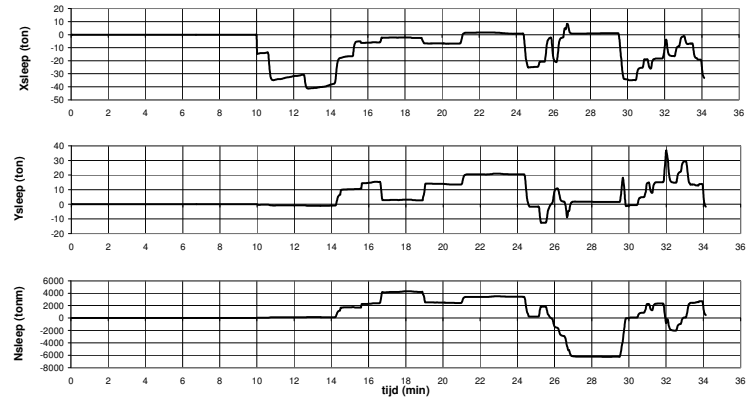
MANOEUVRE	naut044_PD opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

WIND



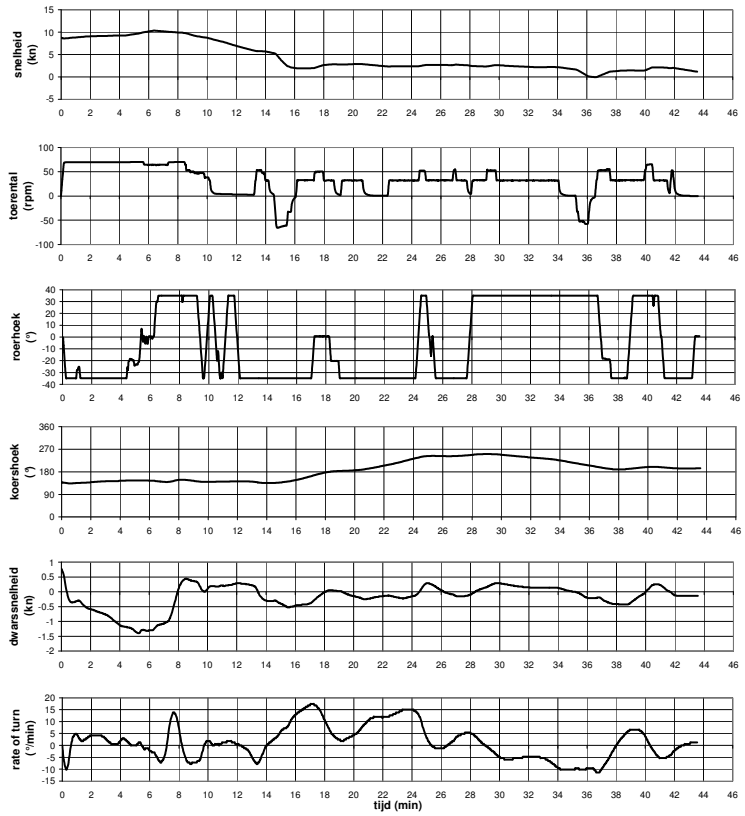
SLEEPKRACHTEN



	naut044_PD	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	32	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.167
3	16.967
4	22.333
5	-
6	-
Einde	34

EIGEN SCHIP

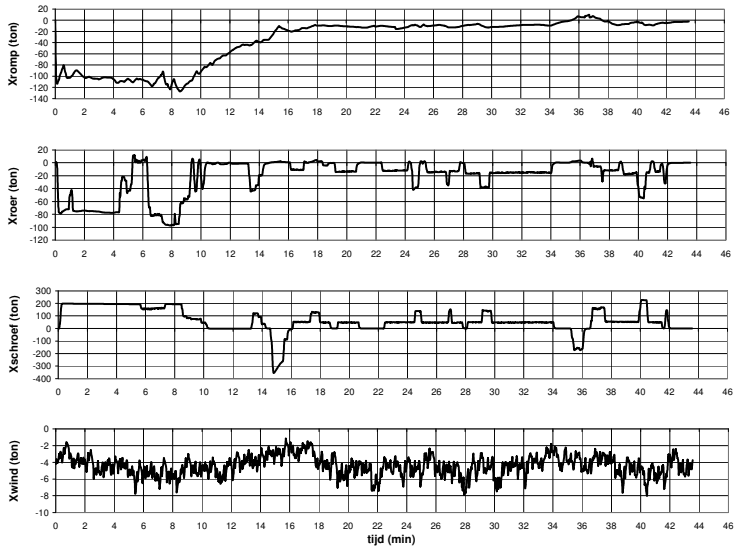


MANOEUVRE	naut045_TL opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	2h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

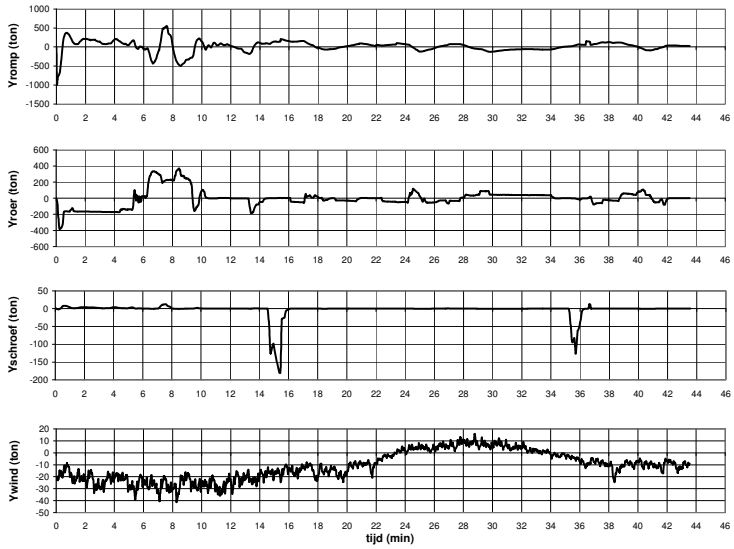
X-KRACHTEN



	naut045_TL	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

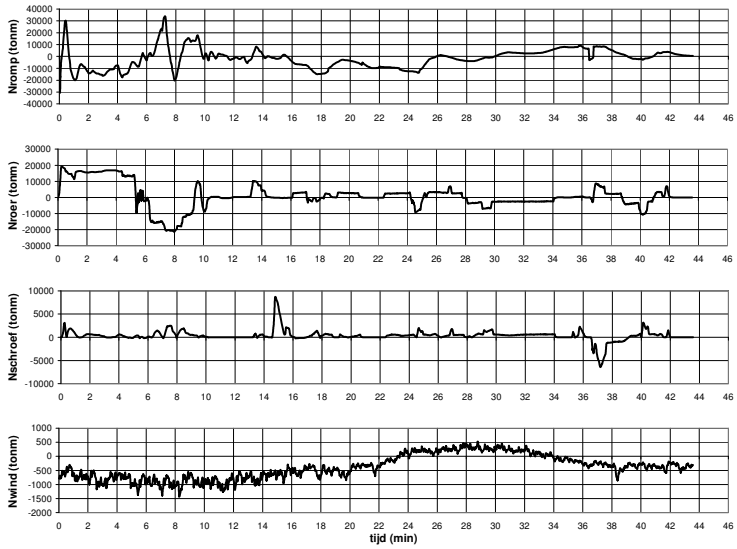
Y-KRACHTEN



	naut045_TL	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

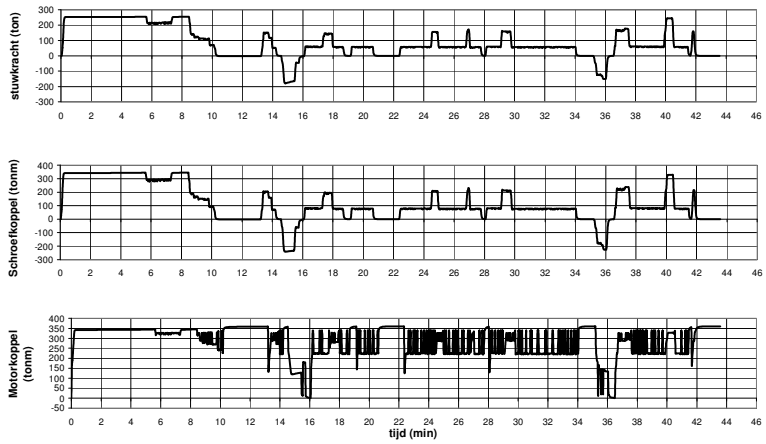
MOMENT- N



	naut045_TL	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

SCHROEF

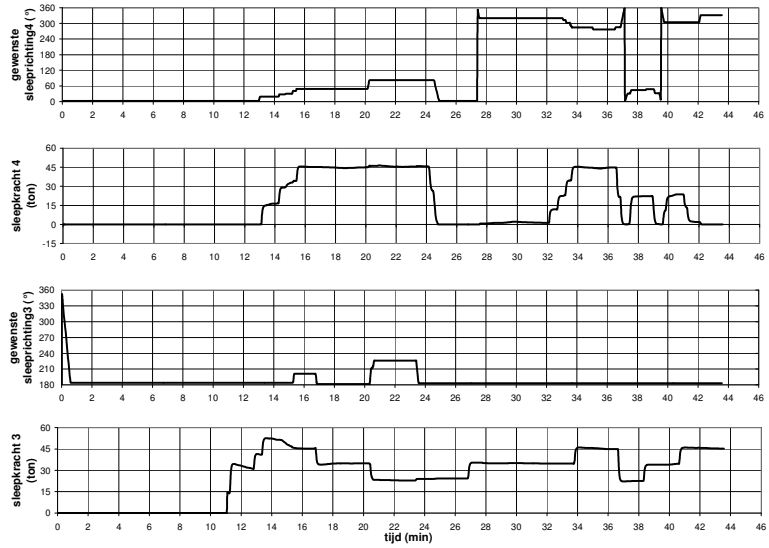


	naut045_TL
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	2h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

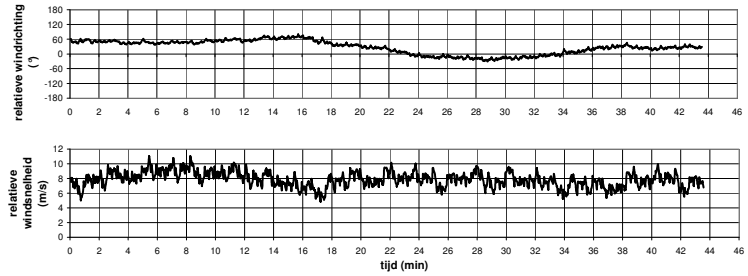
SLEEPBOTEN 3&4



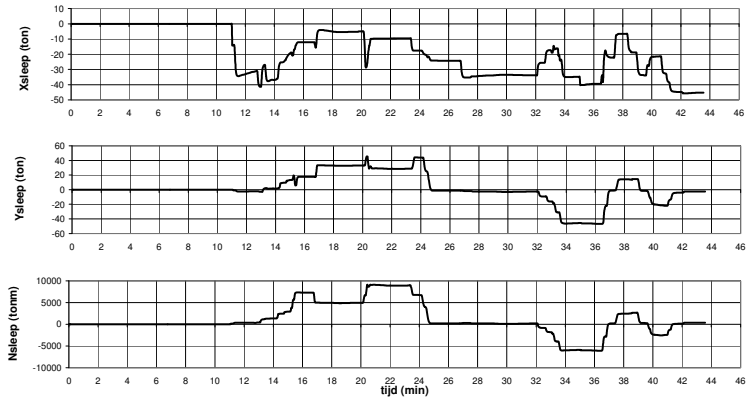
	naut045_TL	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	2h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

WIND



SLEEPKRACHTEN



	naut045_TL
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	2h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.867
3	16.867
4	22.833
5	-
6	-
Einde	44

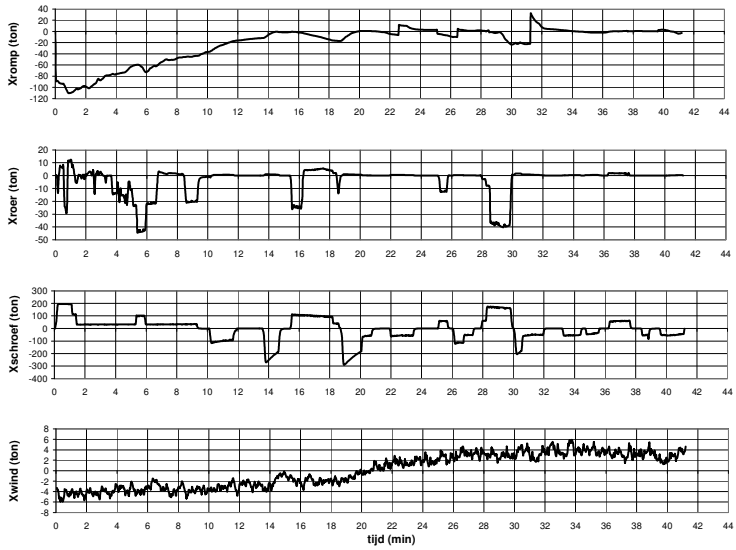
EIGEN SCHIP

MANOEUVRE	naut046_TL opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

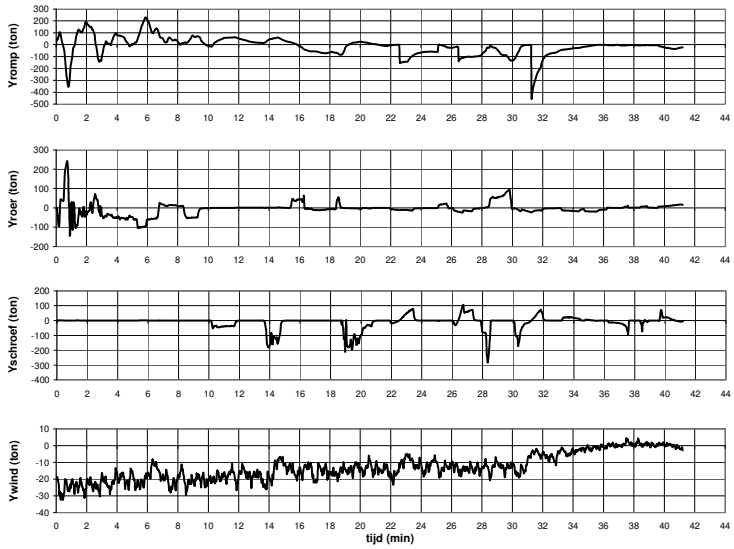
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut046_TL opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

Y-KRACHTEN

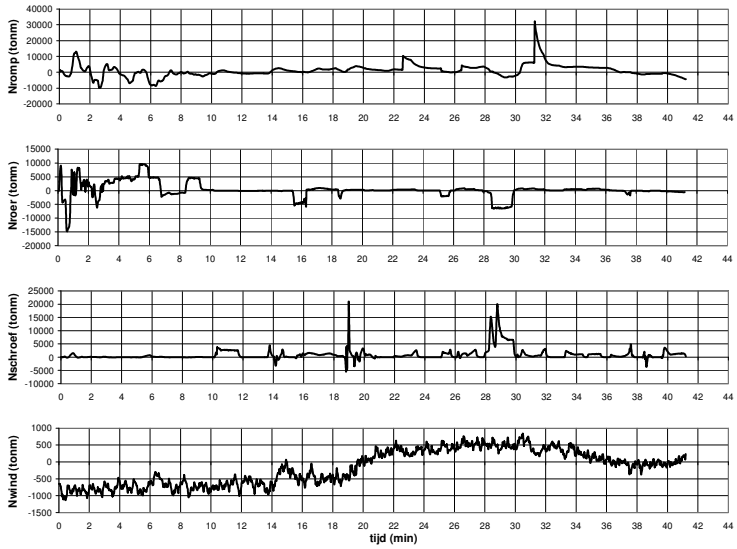


	naut046_TL
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

MOMENT- N

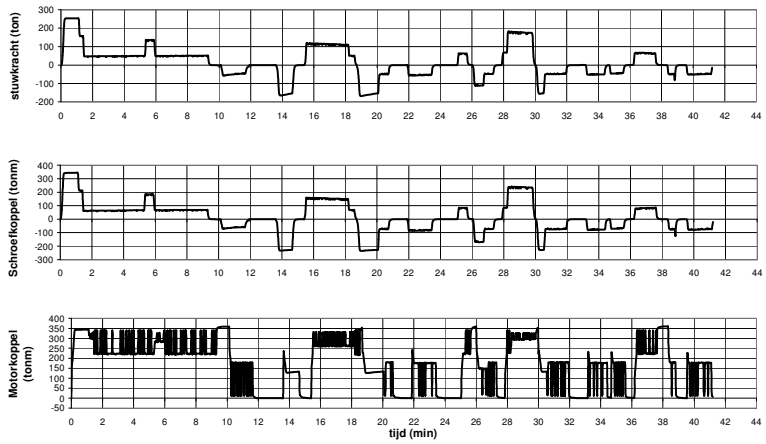


	naut046_TL
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

SCHROEF

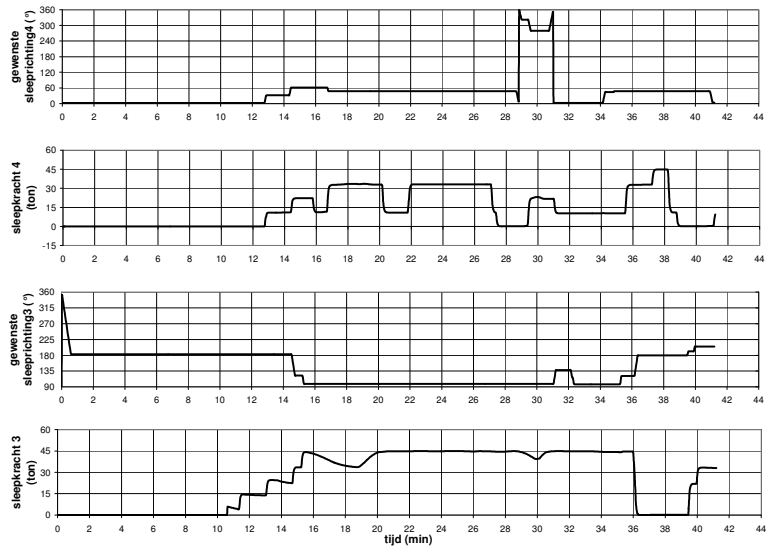


	naut046_TL
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

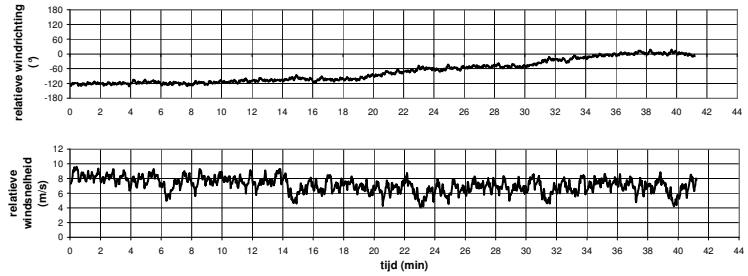
SLEEPBOTEN 3&4



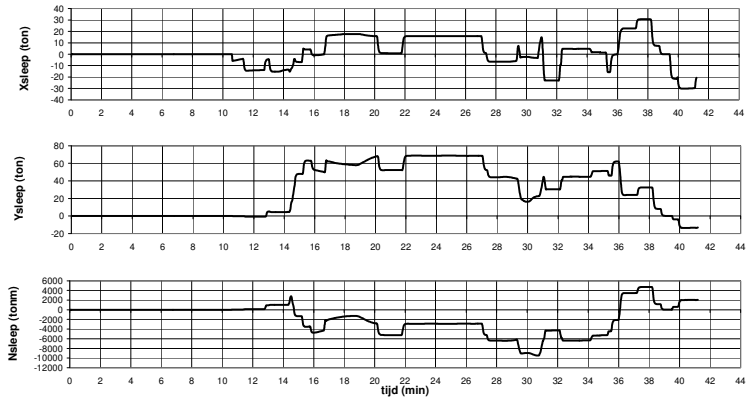
	naut046_TL	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

WIND



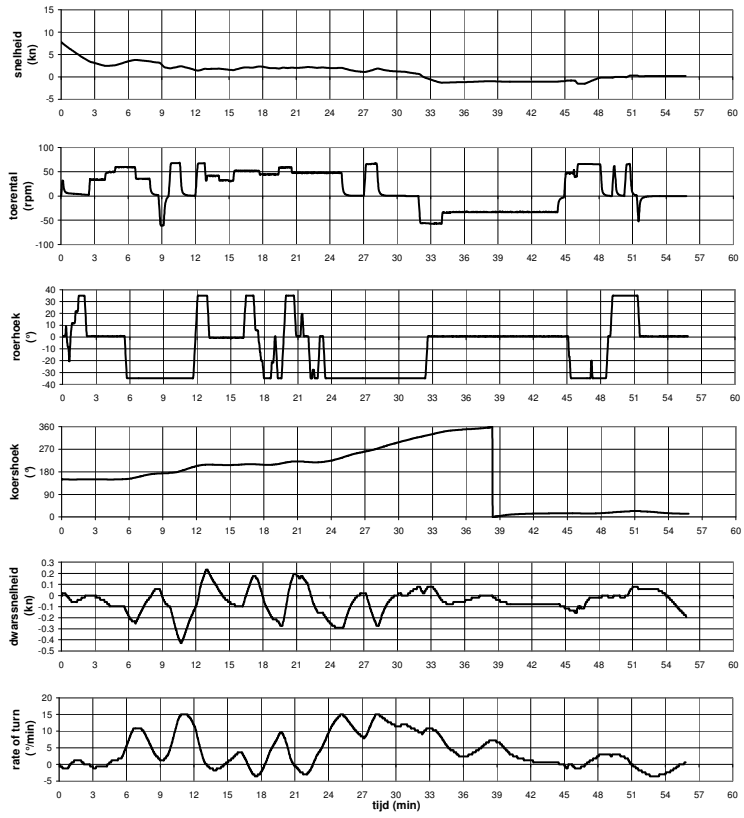
SLEEPKRACHTEN



MANOEUVRE	naut046_TL opvaart van zandboei -> stoppen voor LNG-dam	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	17.133
3	-
4	-
5	-
6	-
Einde	41

EIGEN SCHIP

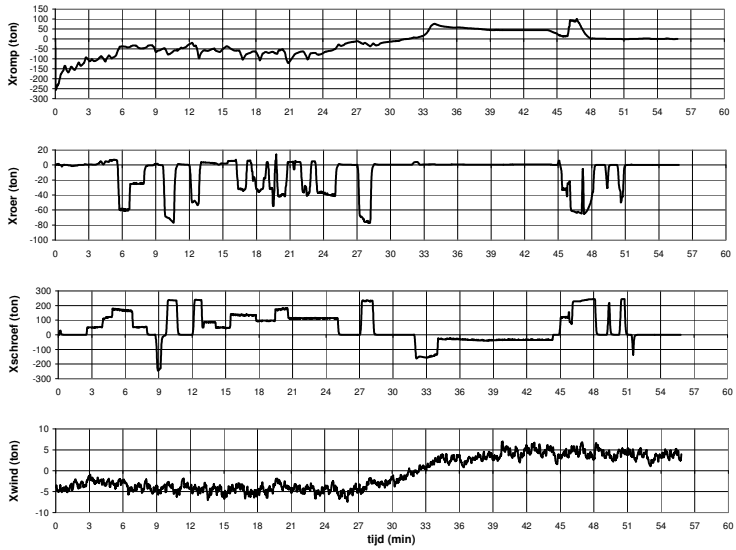


MANOEUVRE	naut047_PZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

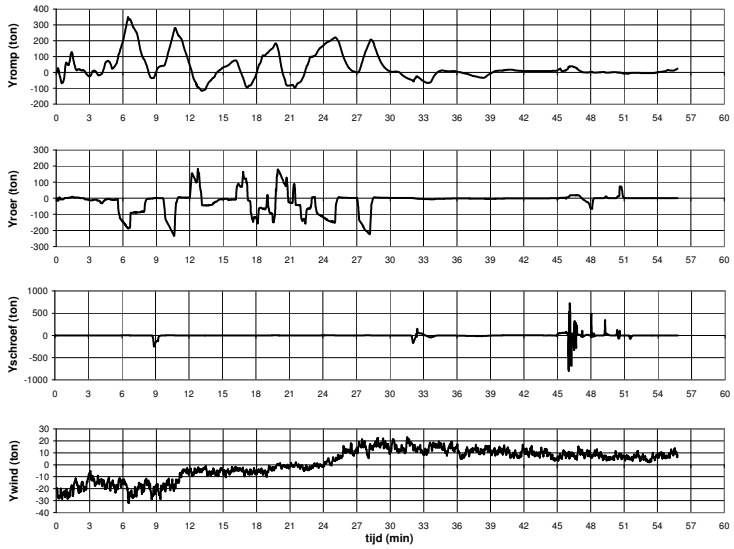
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut047_PZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

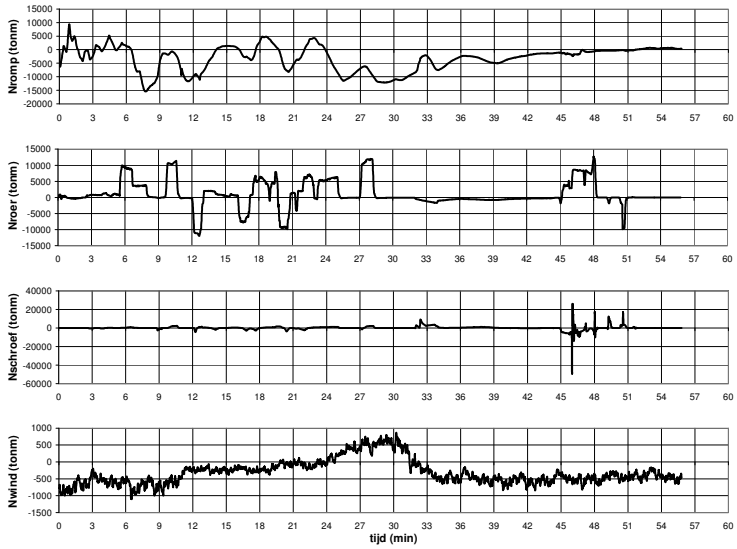
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut047_PZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

MOMENT- N

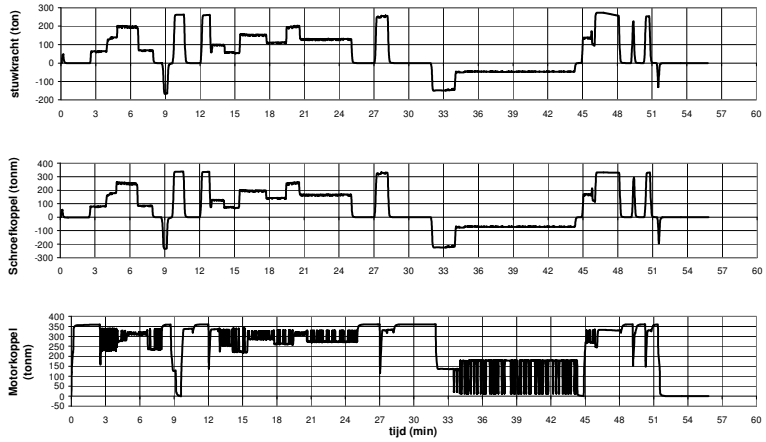


	naut047_PZ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

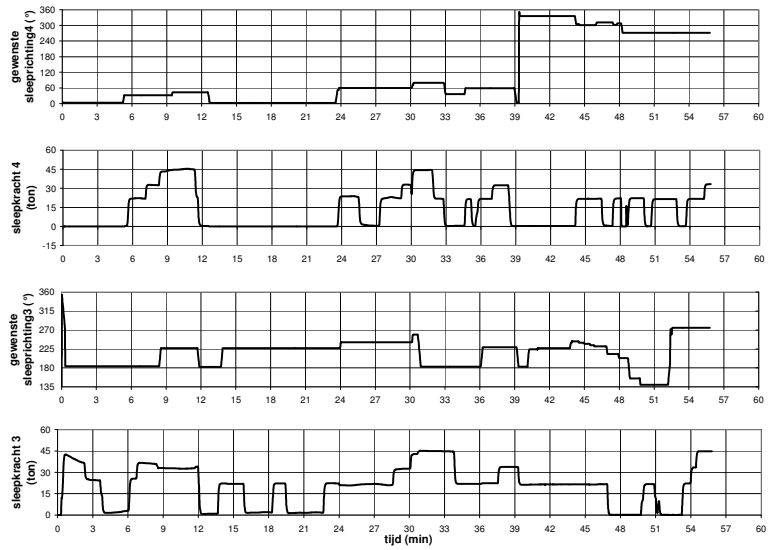
SCHROEF



	naut047_PZ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

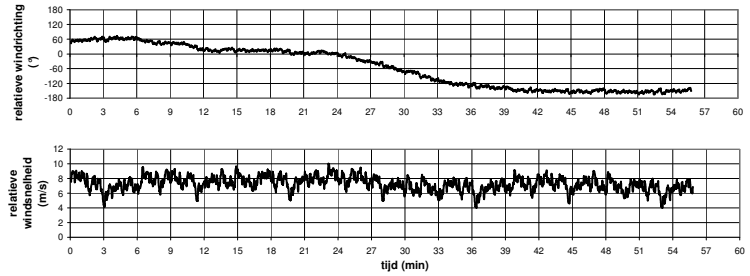
SLEEPBOTEN 3&4



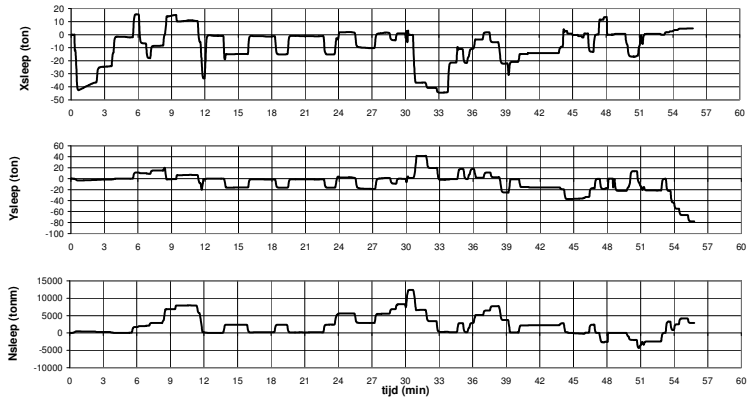
	naut047_PZ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

WIND



SLEEPKRACHTEN

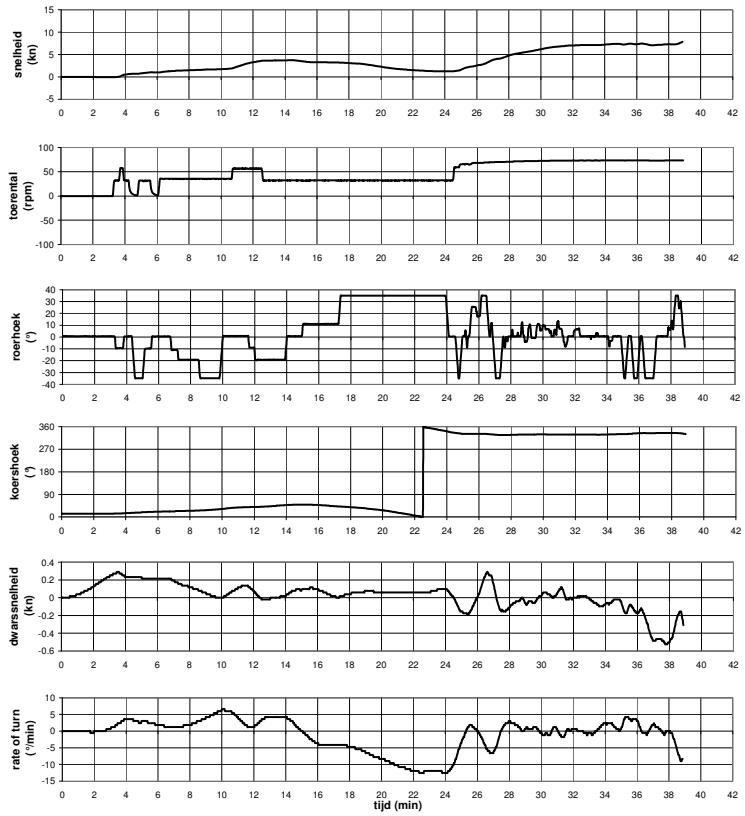


MANOEUVRE	naut047_PZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.867
4	19.700
5	25.567
6	-
Einde	56

EIGEN SCHIP

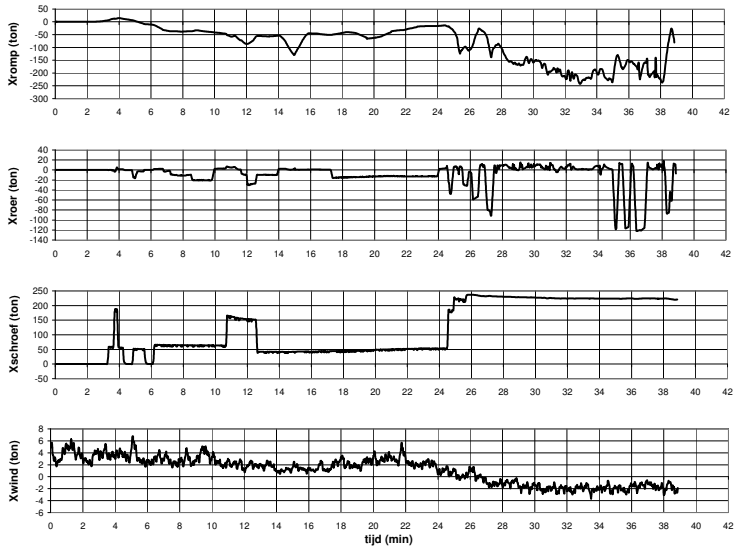


MANOEUVRE	naut048_PZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

X-KRACHTEN

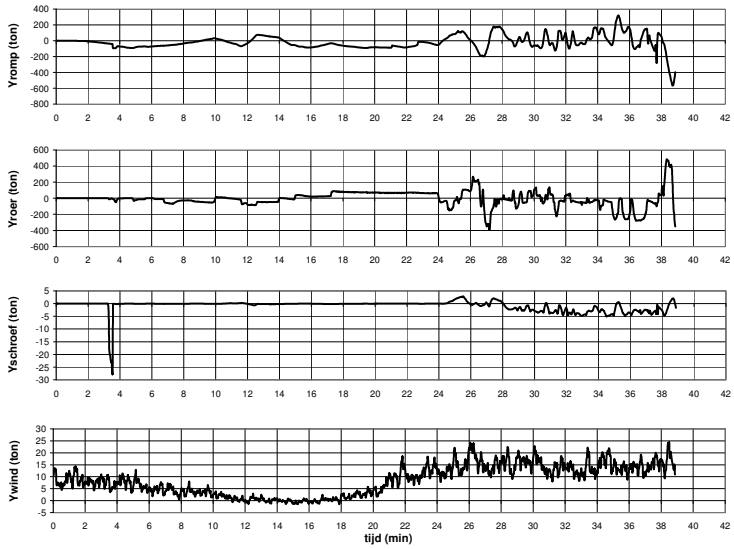


MANOEUVRE	naut048_PZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

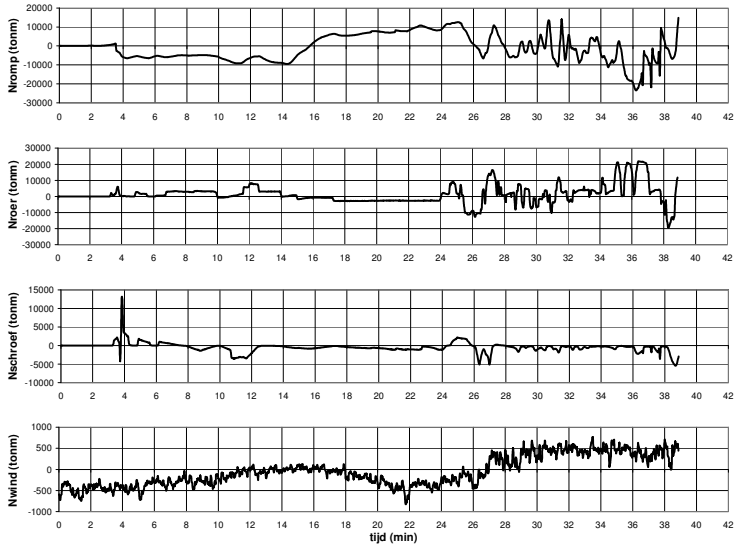
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut048_PZ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

MOMENT- N

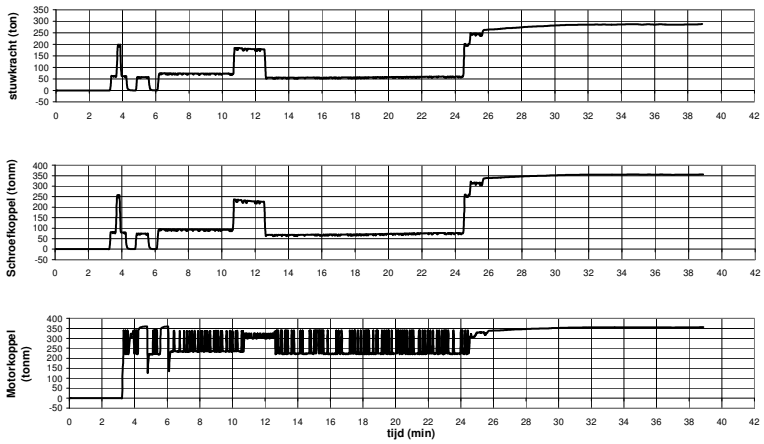


MANOEUVRE	naut048_PZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

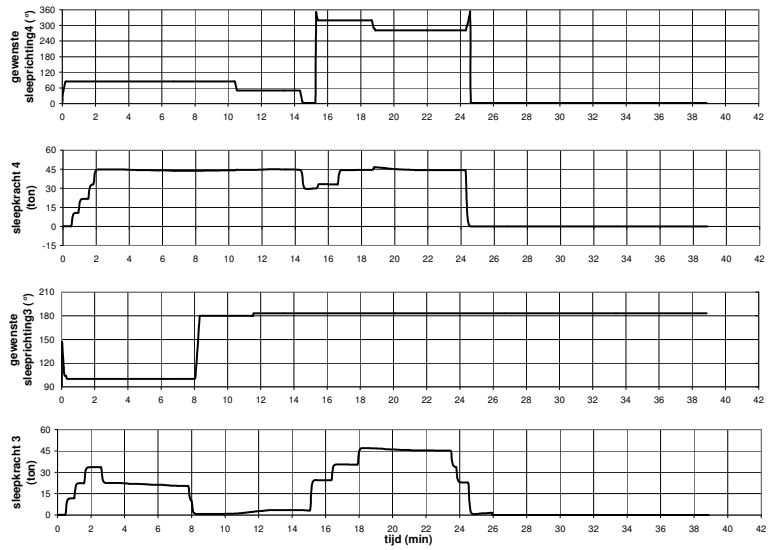
SCHROEF



	naut048_PZ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

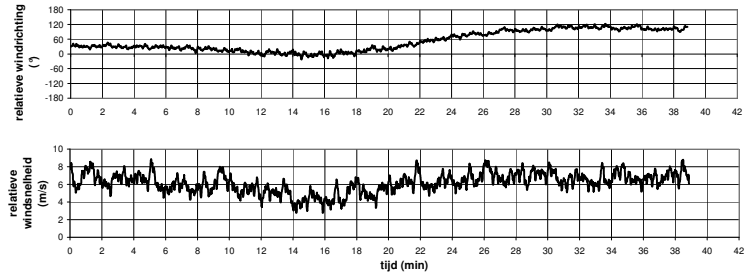
SLEEPBOTEN 3&4



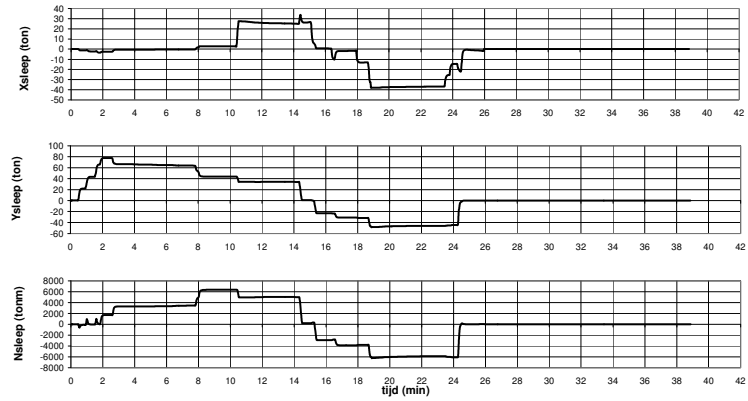
	naut048_PZ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

WIND



SLEEPKRACHTEN

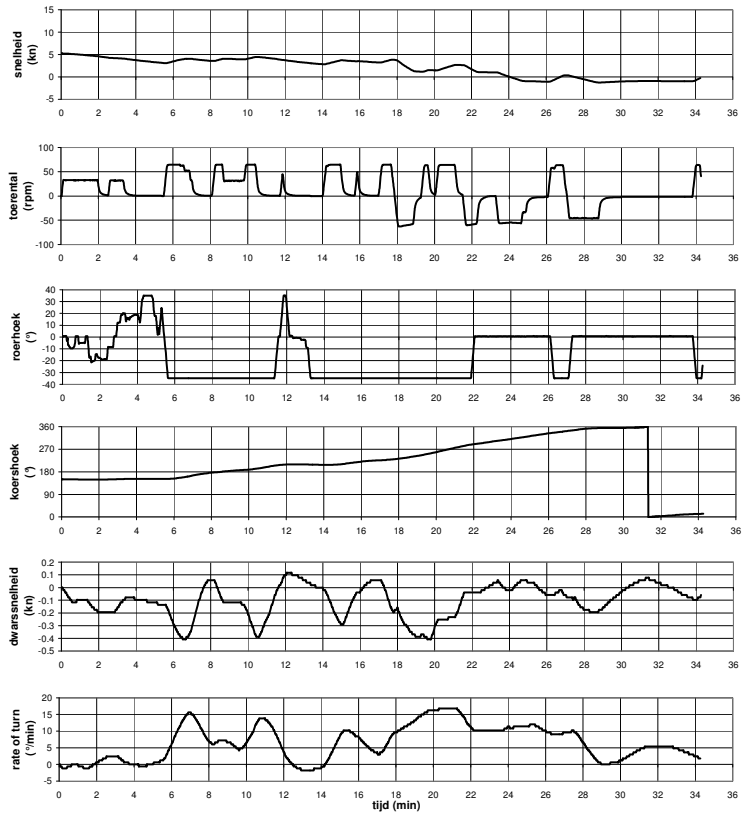


MANOEUVRE	naut048_PZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib G	
DENSITEIT (t/m³)	1.248	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.46	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.767
3	18.700
4	28.133
5	-
6	-
Einde	39

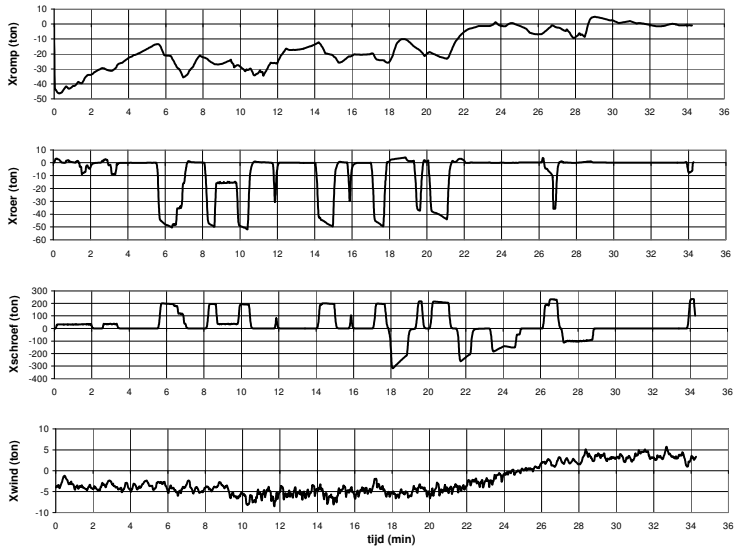
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut049_TM opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

X-KRACHTEN

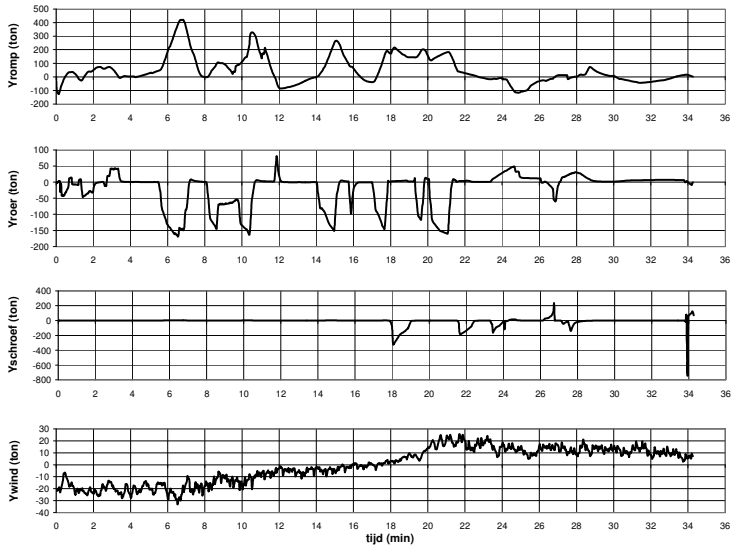


	naut049_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

Y-KRACHTEN

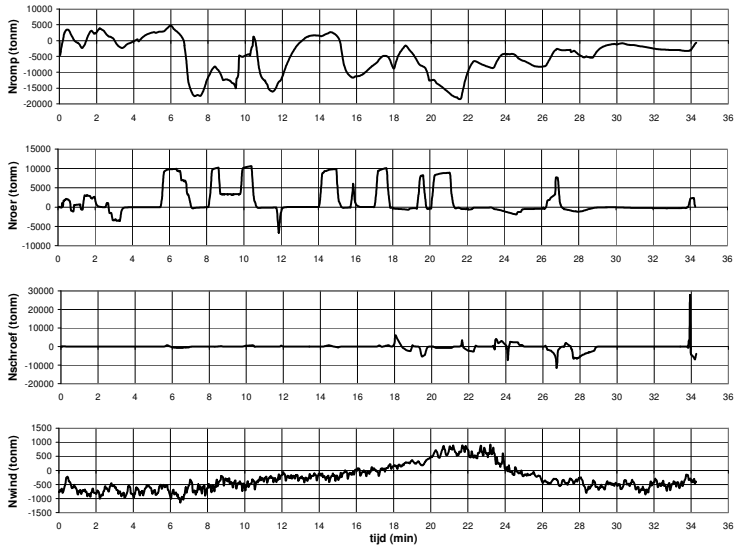


	naut049_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

MOMENT- N

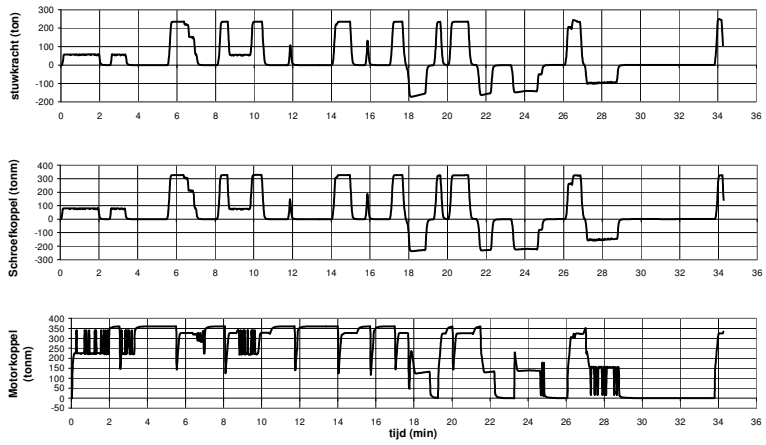


	naut049_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

SCHROEF



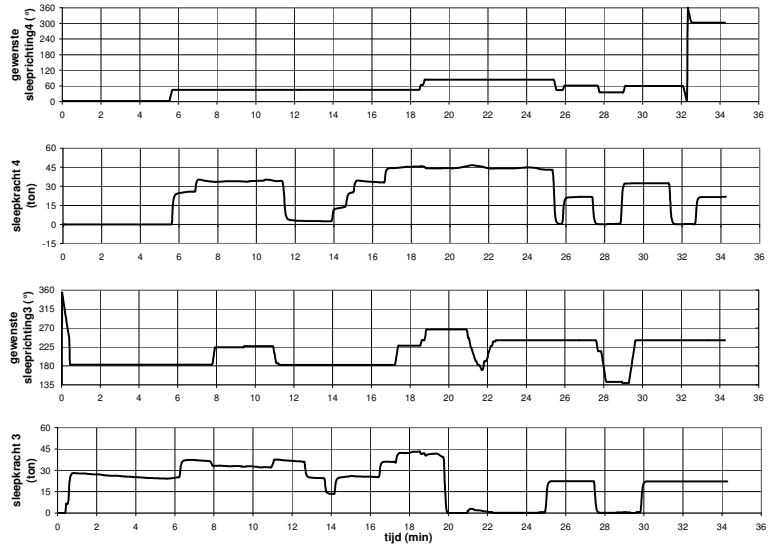
naut049_TM

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

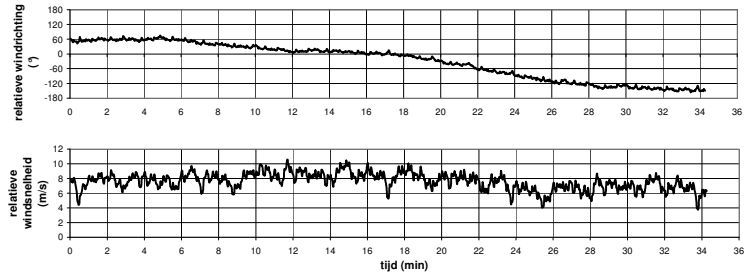
SLEEPBOTEN 3&4



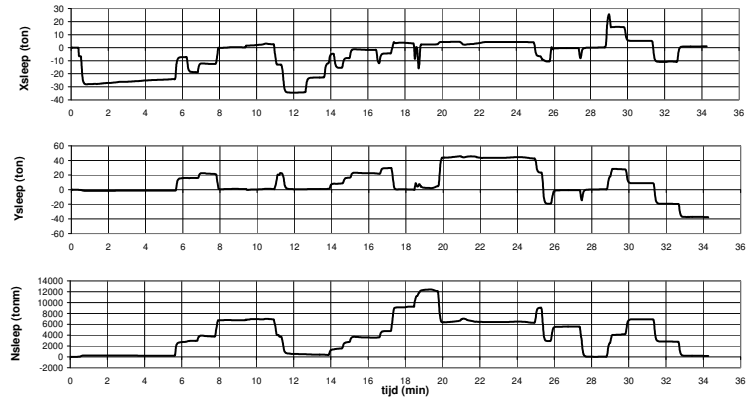
	naut049_TM	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

WIND



SLEEPKRACHTEN

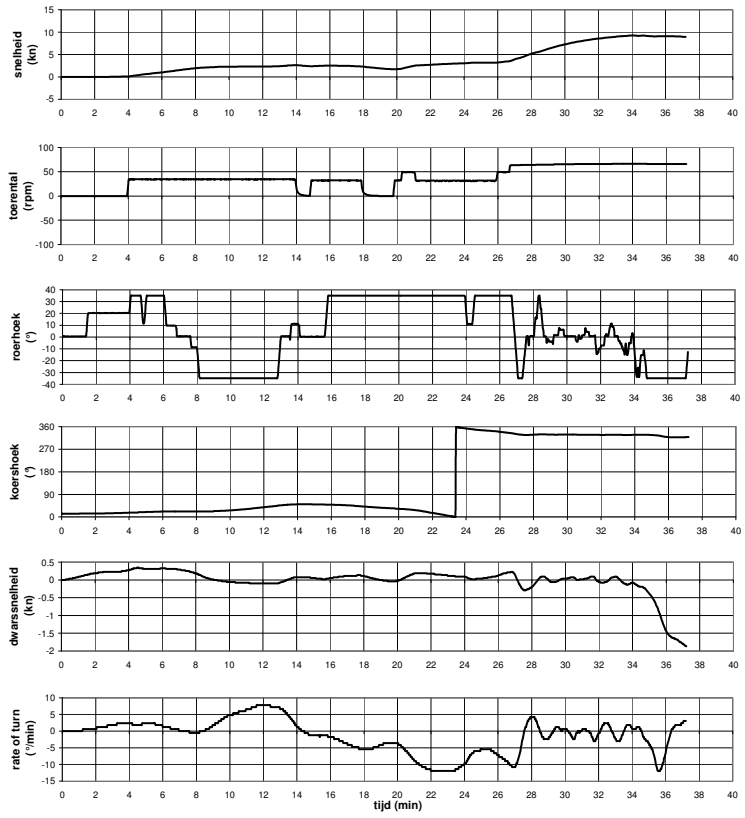


	naut049_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	6.667
4	15.400
5	19.133
6	-
Einde	34

EIGEN SCHIP

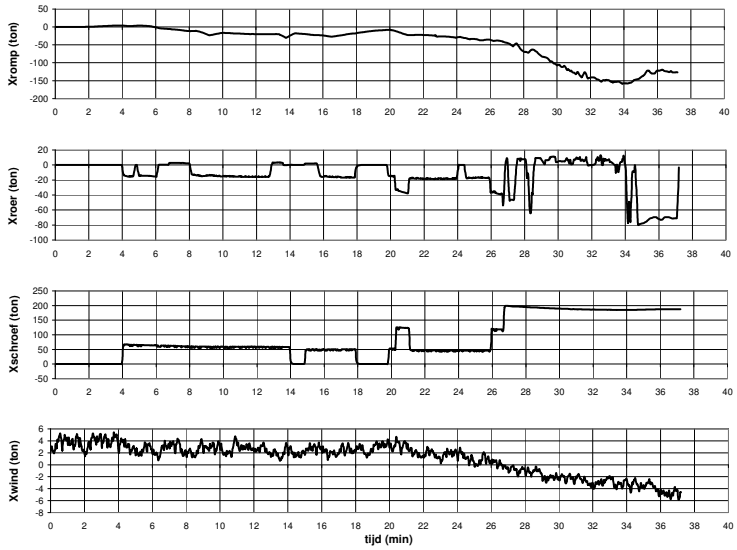


MANOEUVRE	naut051_RY afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

X-KRACHTEN

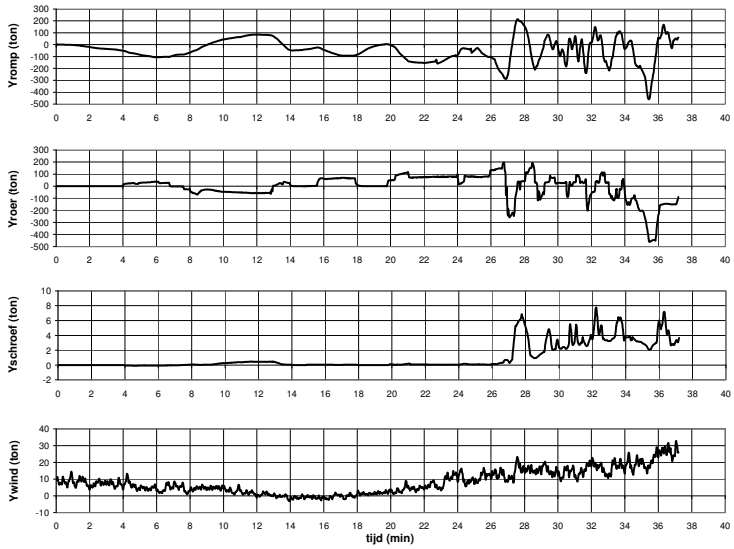


MANOEUVRE	naut051_RY afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

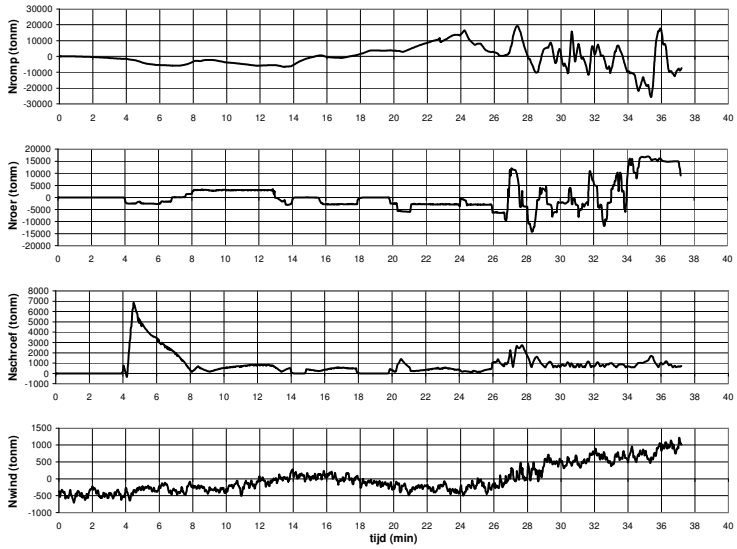
Y-KRACHTEN



	naut051_RY	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

MOMENT- N

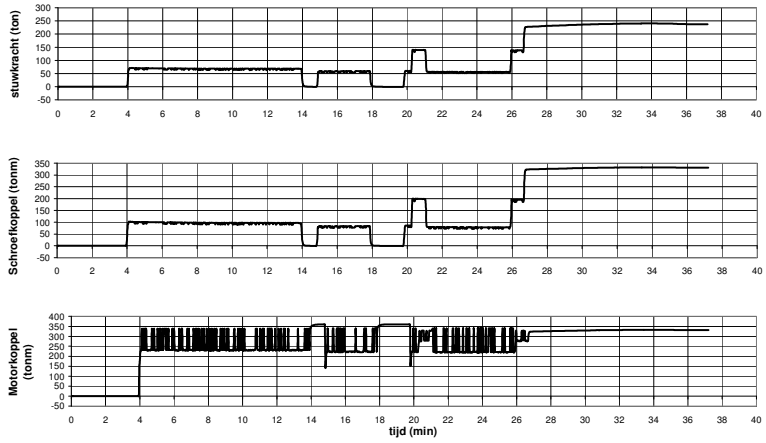


	naut051_RY
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

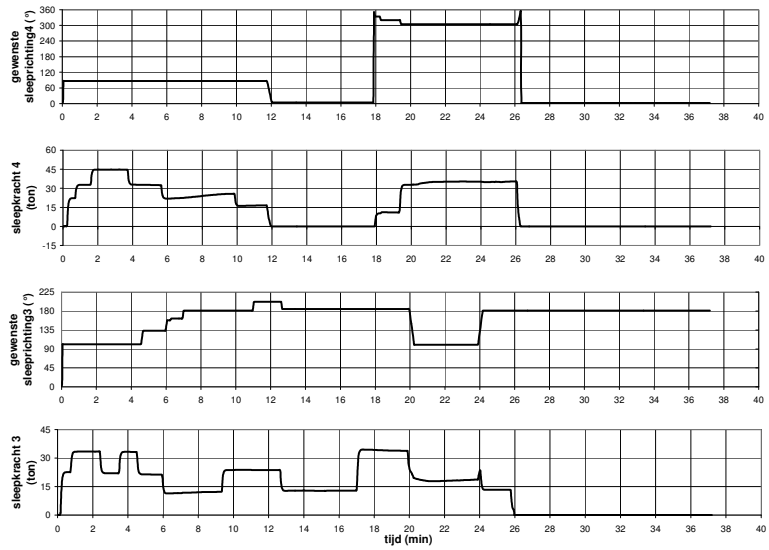
SCHROEF



MANOEUVRE	naut051_RY afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

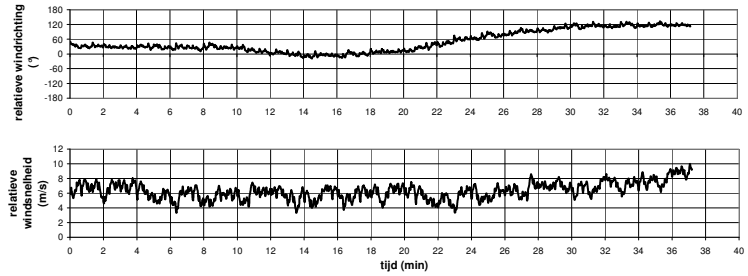
SLEEPBOTEN 3&4



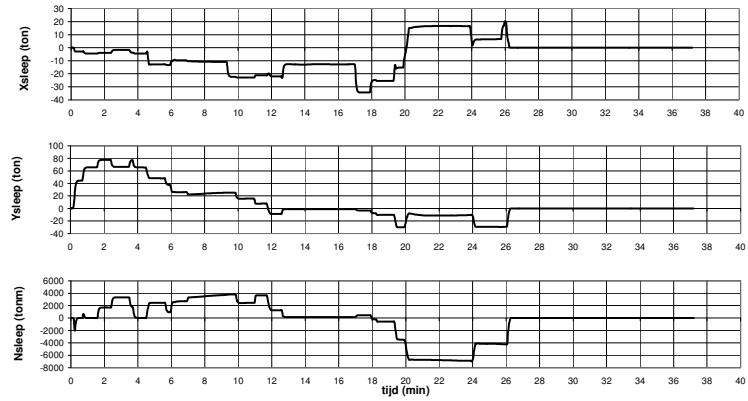
MANOEUVRE	naut051_RY afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

WIND



SLEEPKRACHTEN

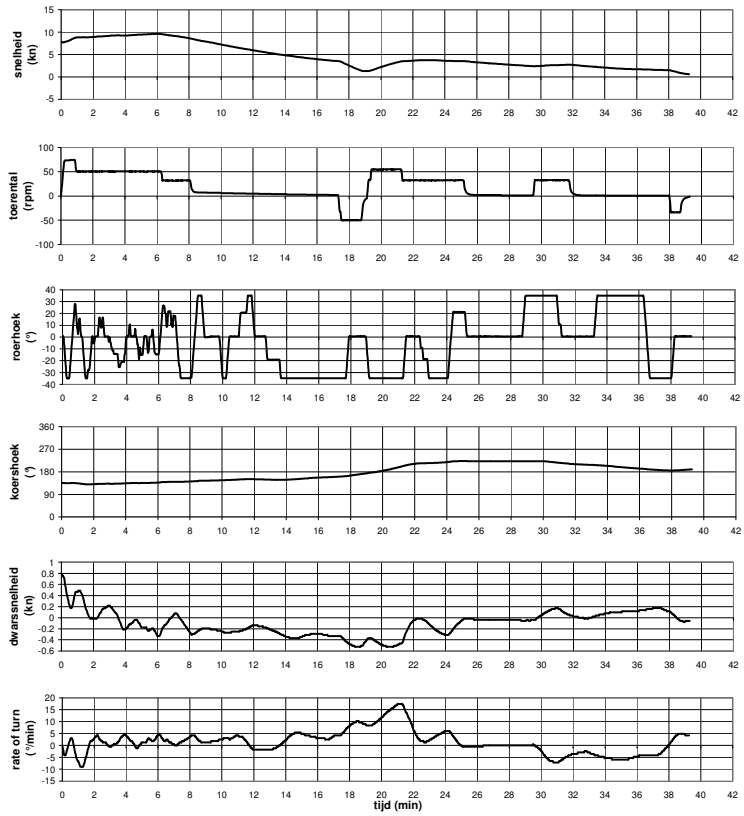


MANOEUVRE	naut051_RY afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.100
3	19.233
4	27.433
5	-
6	-
Einde	37

EIGEN SCHIP

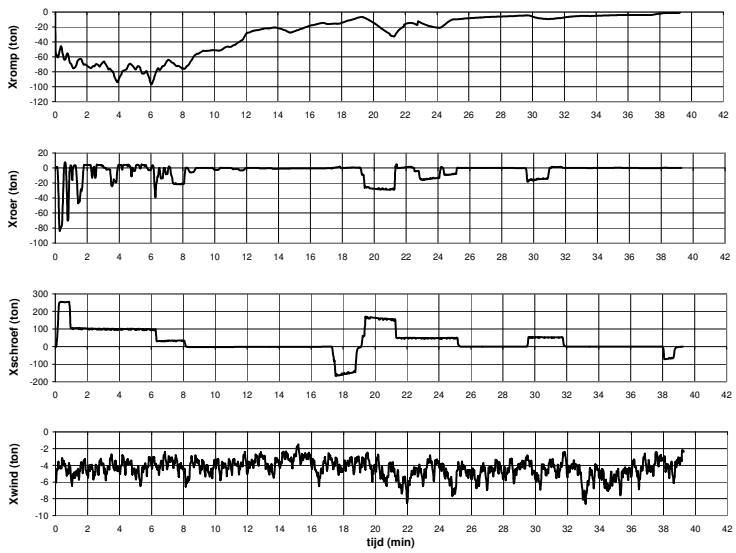


MANOEUVRE	naut052_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

X-KRACHTEN

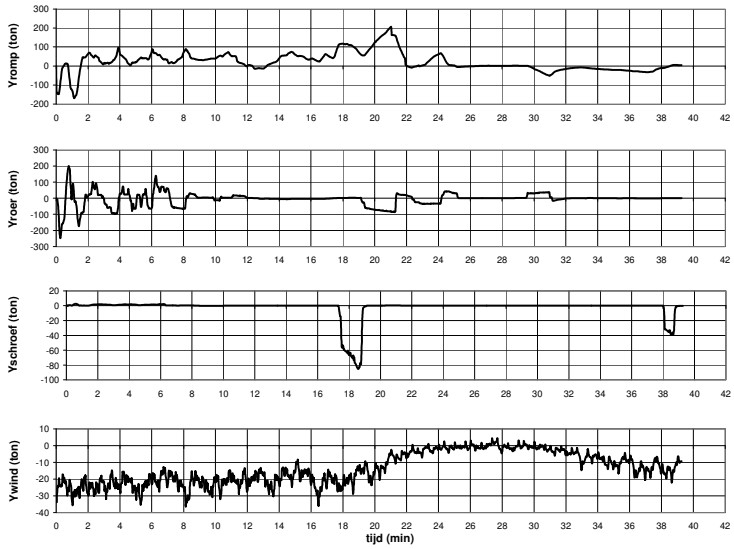


MANOEUVRE	naut052_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

Y-KRACHTEN

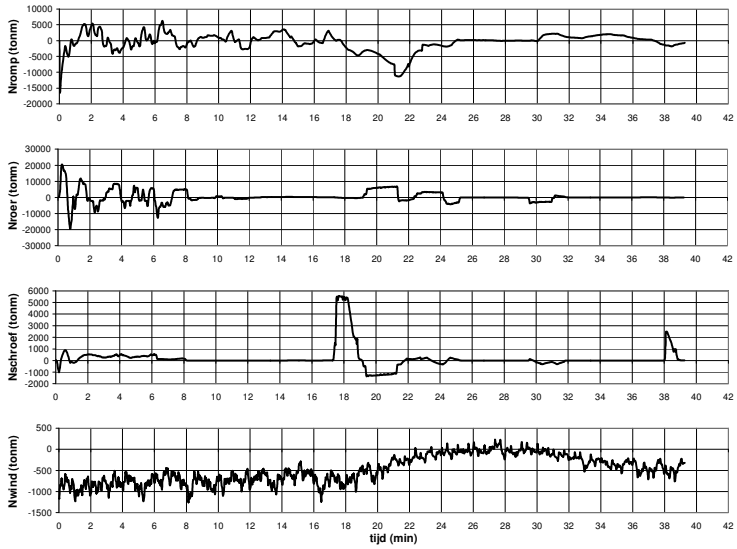


	naut052_PA
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

MOMENT- N

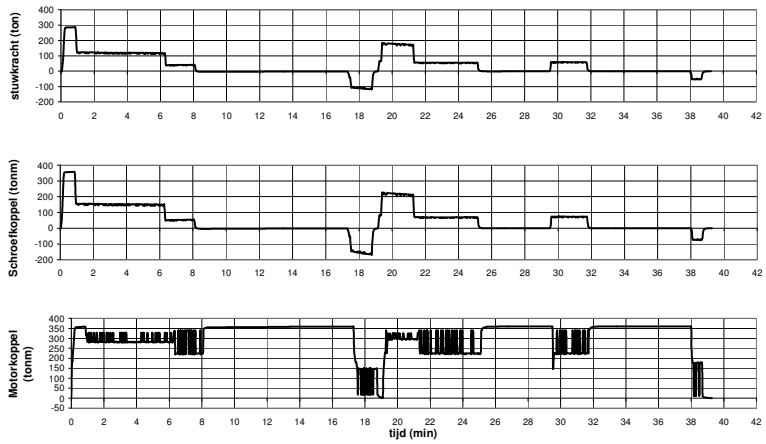


	naut052_PA
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

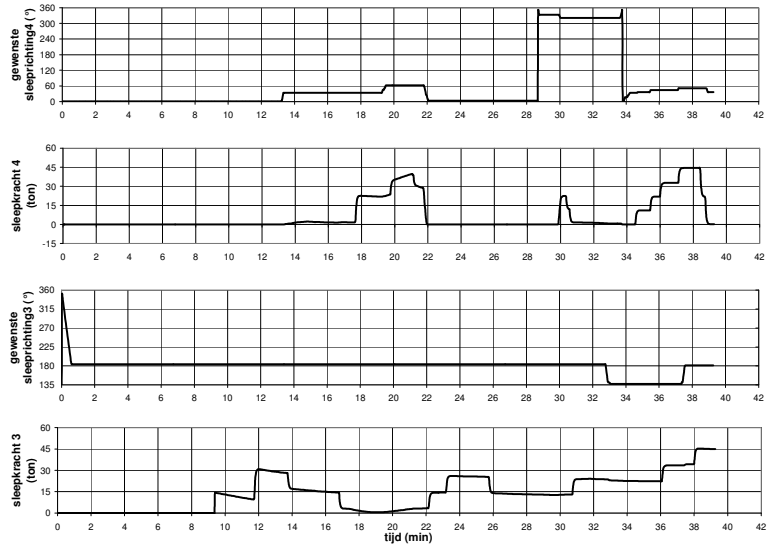
SCHROEF



MANOEUVRE	naut052_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

SLEEPBOTEN 3&4

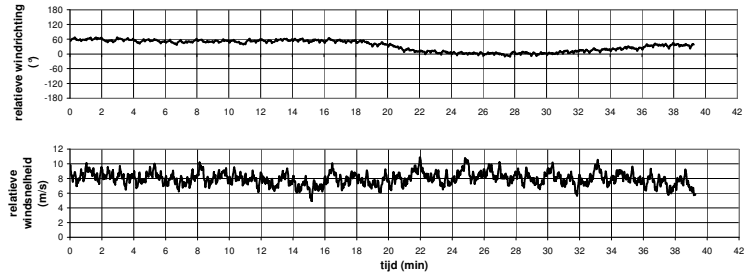


	naut052_PA
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

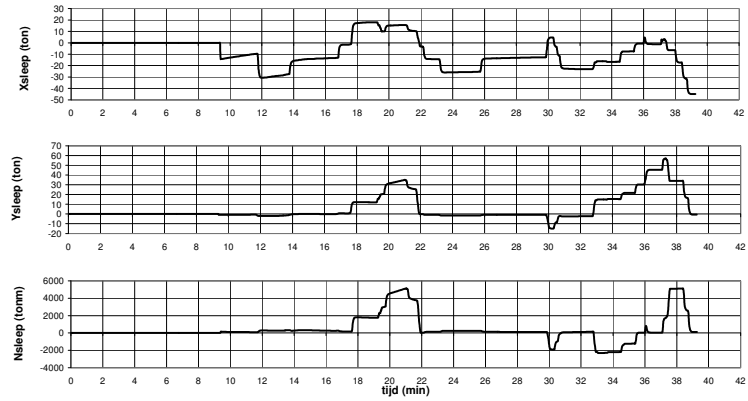
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

WIND



SLEEPKRACHTEN

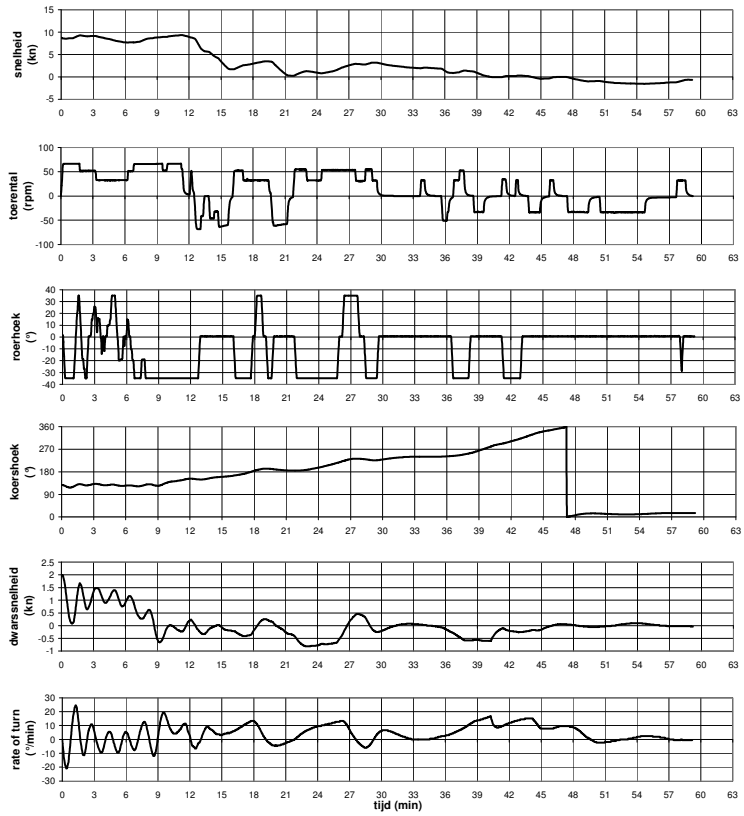


	naut052_PA
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.900
3	16.967
4	22.767
5	-
6	-
Einde	39

EIGEN SCHIP

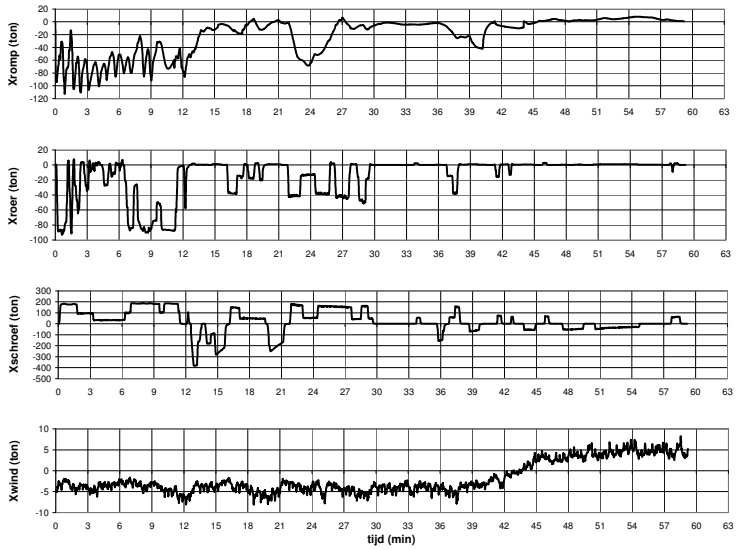


MANOEUVRE	naut053_PP opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

X-KRACHTEN

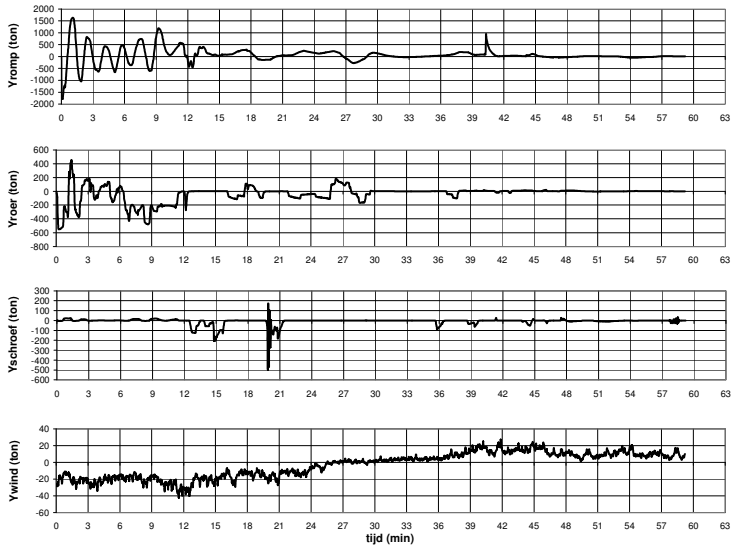


	naut053_PP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

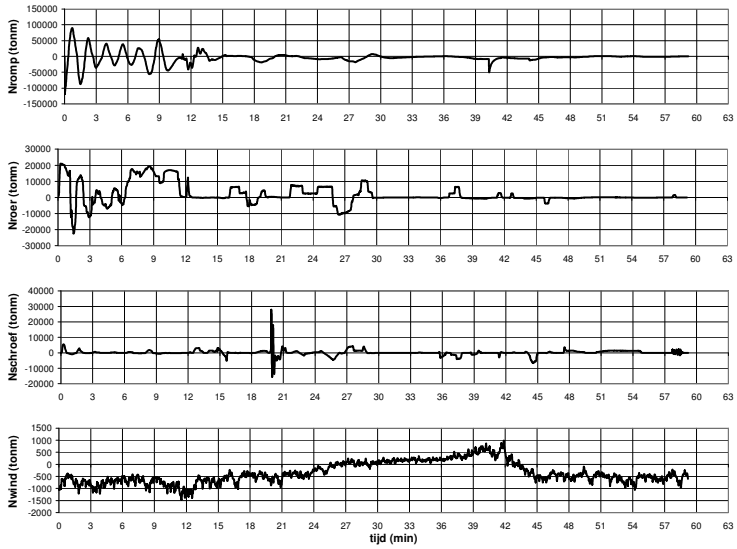
Y-KRACHTEN



	naut053_PP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

MOMENT- N

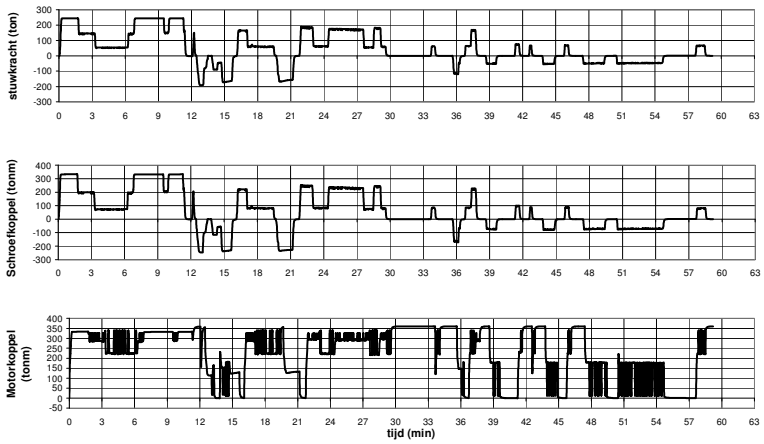


	naut053_PP
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

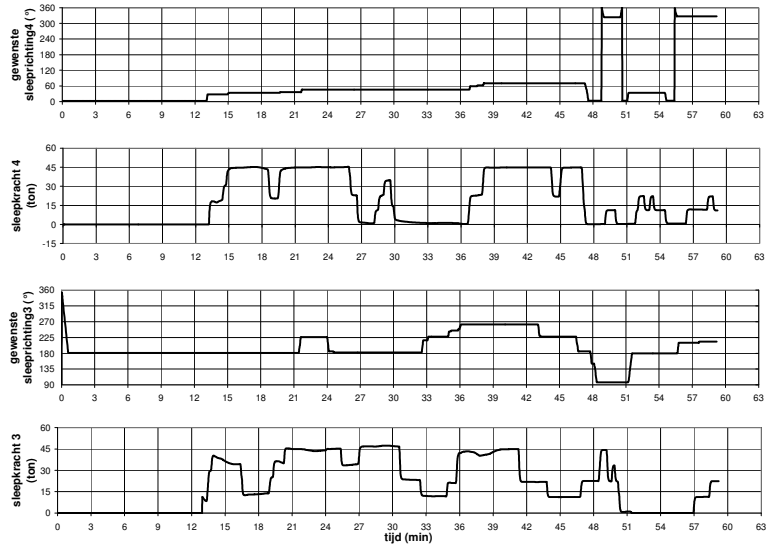
SCHROEF



	naut053_PP	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

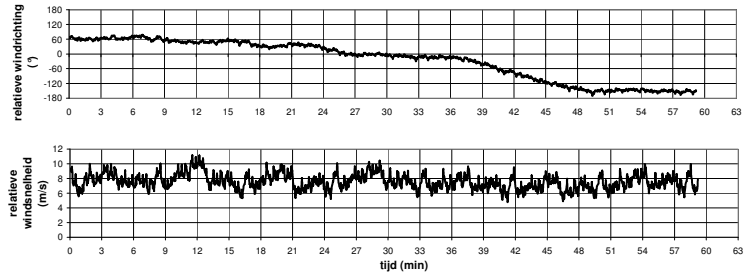
SLEEPBOTEN 3&4



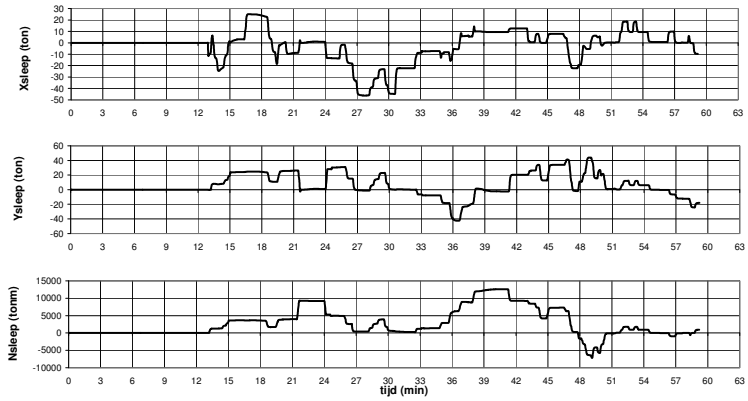
MANOEUVRE	naut053_PP opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

WIND



SLEEPKRACHTEN

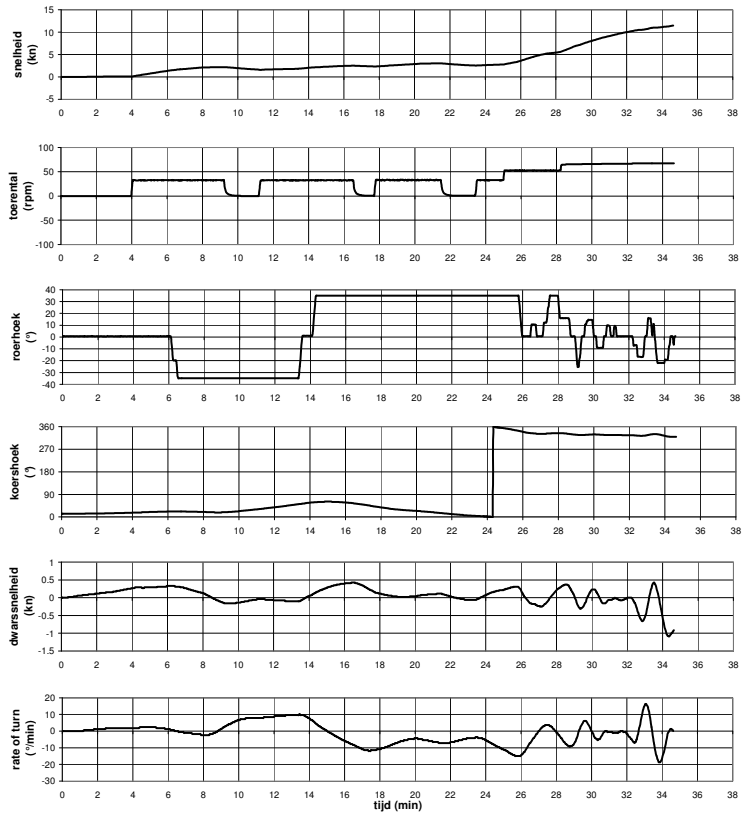


MANOEUVRE	naut053_PP opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.667
3	14.867
4	25.700
5	36.867
6	47.767
Einde	59

EIGEN SCHIP

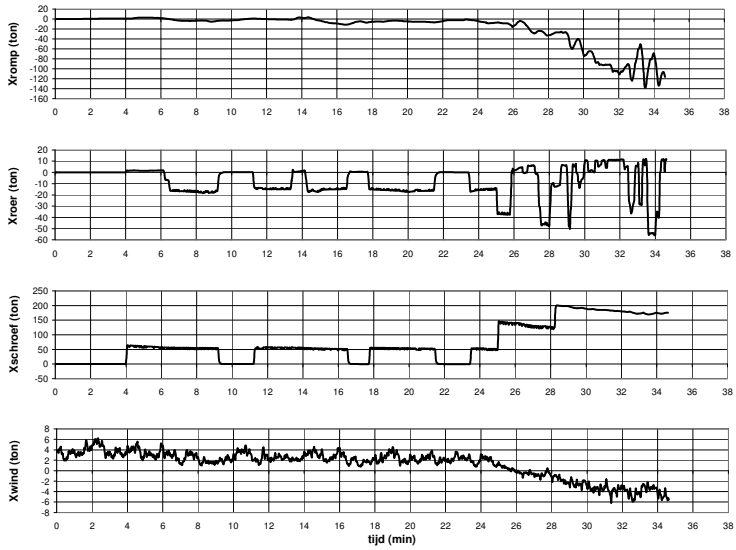


MANOEUVRE	naut054_PP afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

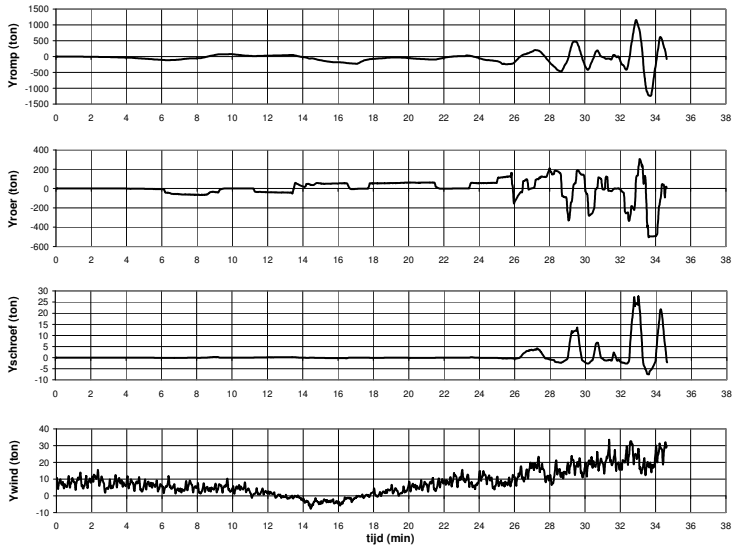
X-KRACHTEN



	naut054_PP	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

Y-KRACHTEN

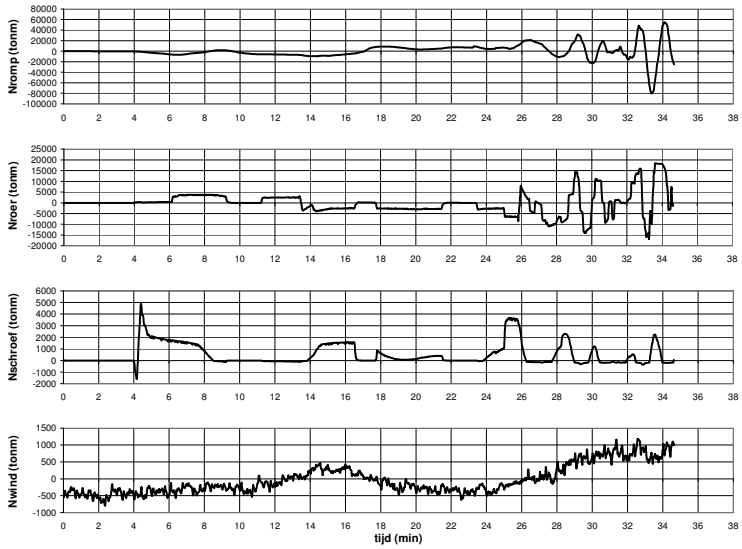


MANOEUVRE	naut054_PP afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

MOMENT- N

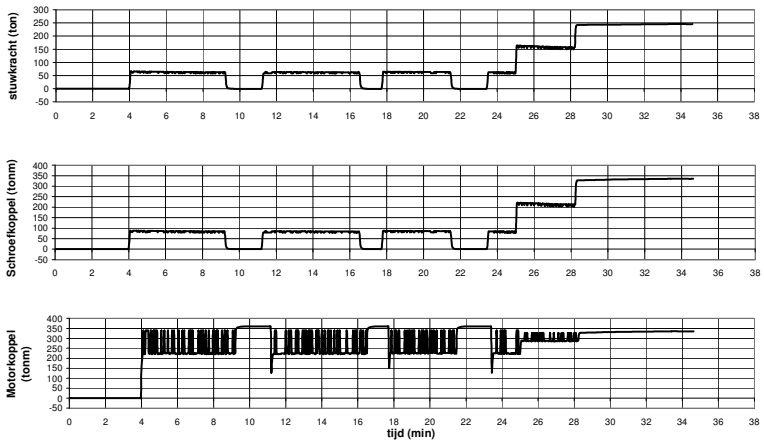


	naut054_PP
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

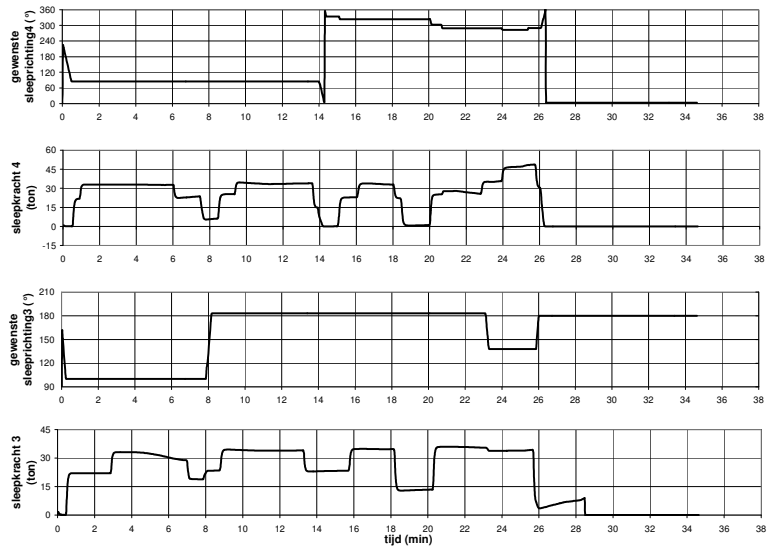
SCHROEF



	naut054_PP	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

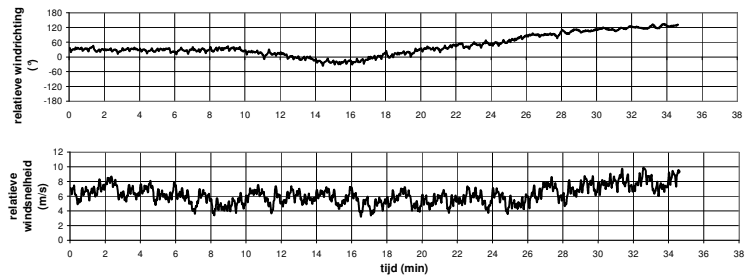
SLEEPBOTEN 3&4



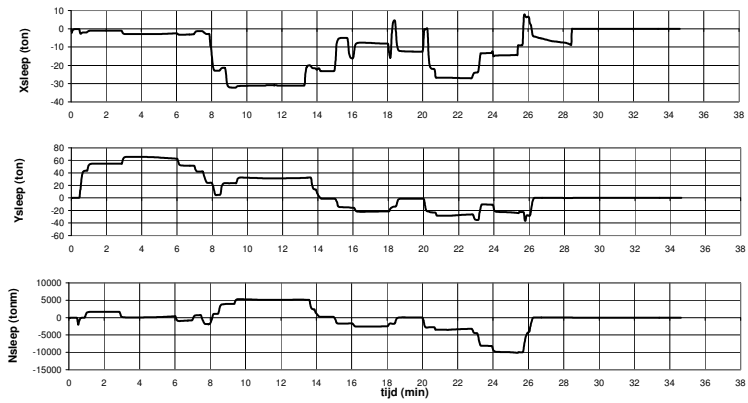
	naut054_PP	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

WIND



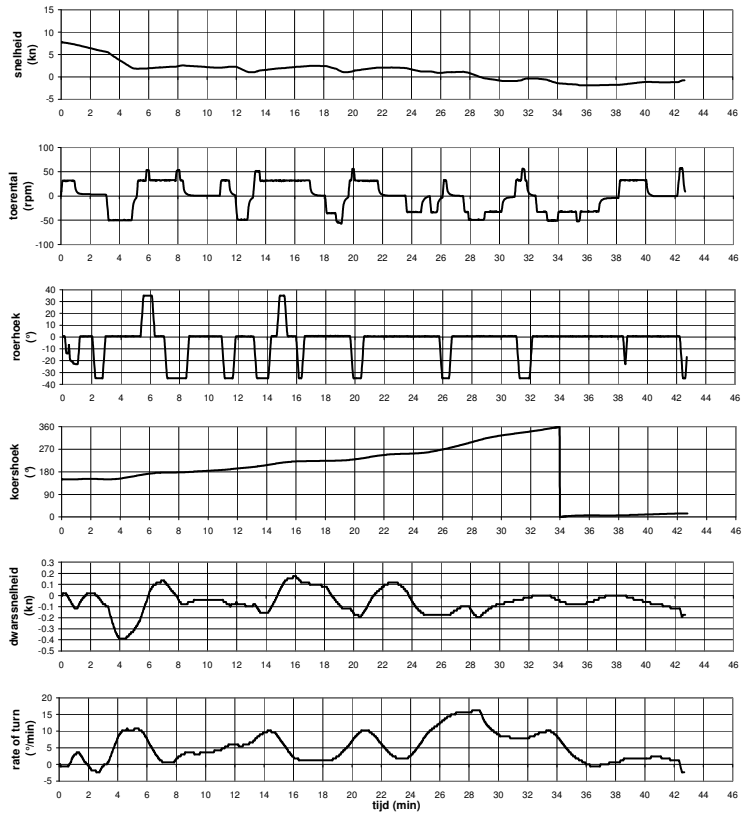
SLEEPKRACHTEN



	naut054_PP	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.533
3	18.267
4	27.333
5	-
6	-
Einde	35

EIGEN SCHIP

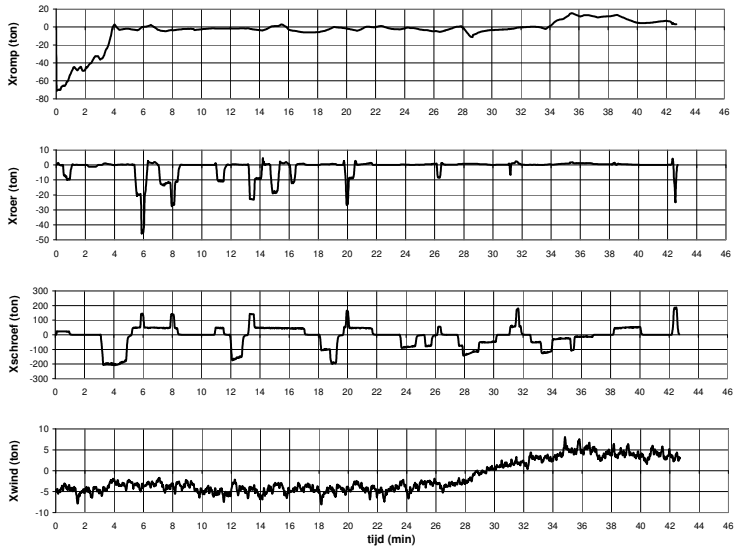


MANOEUVRE	naut056_RX opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

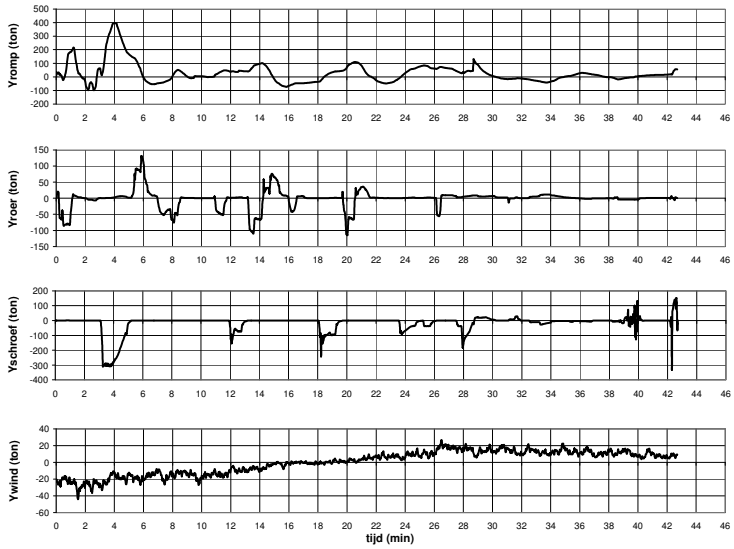
X-KRACHTEN



	naut056_RX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

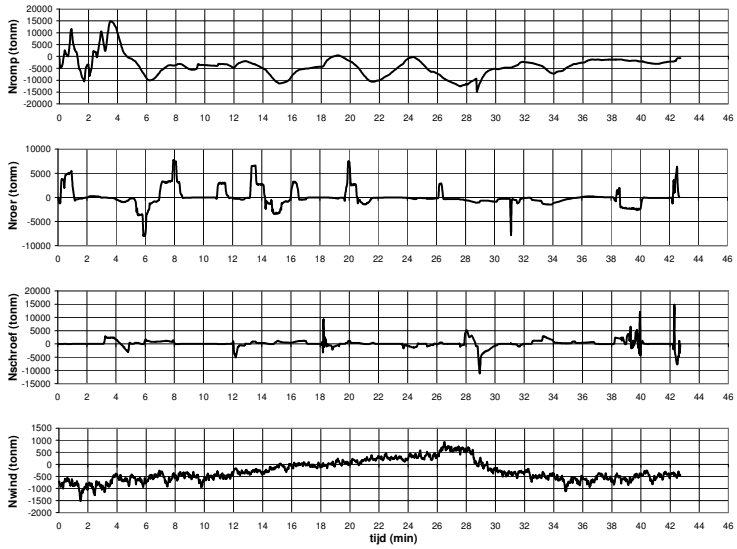
Y-KRACHTEN



	naut056_RX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

MOMENT- N

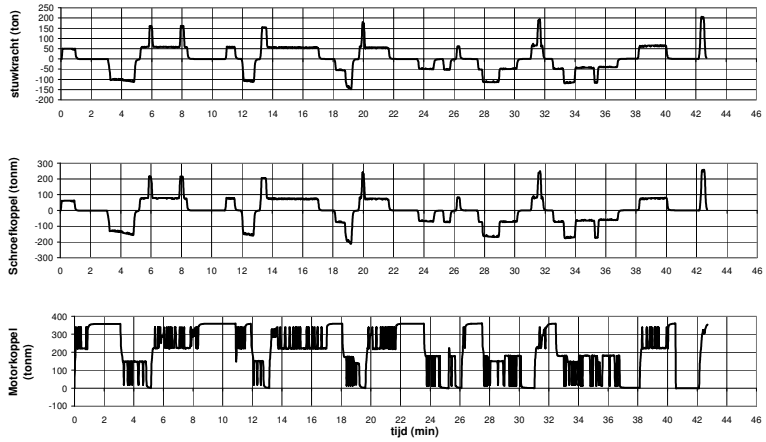


naut056_RX

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

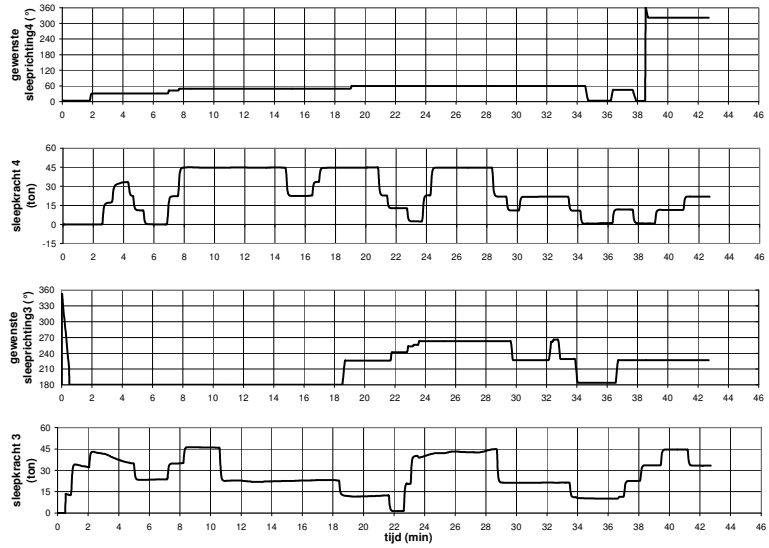
SCHROEF



	naut056_RX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

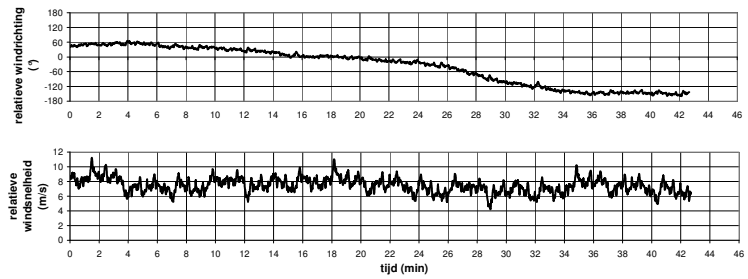
SLEEPBOTEN 3&4



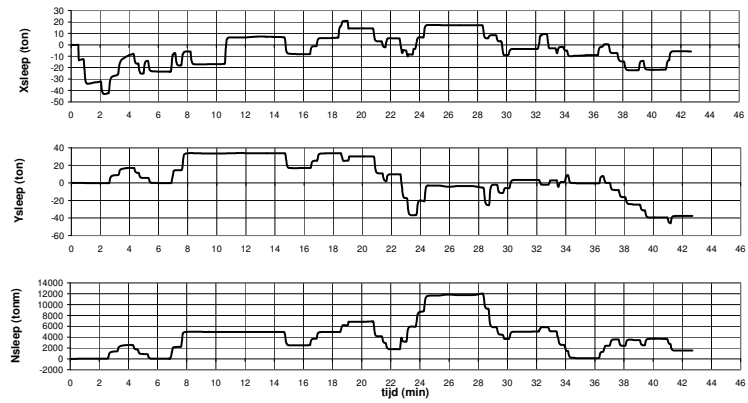
	naut056_RX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

WIND



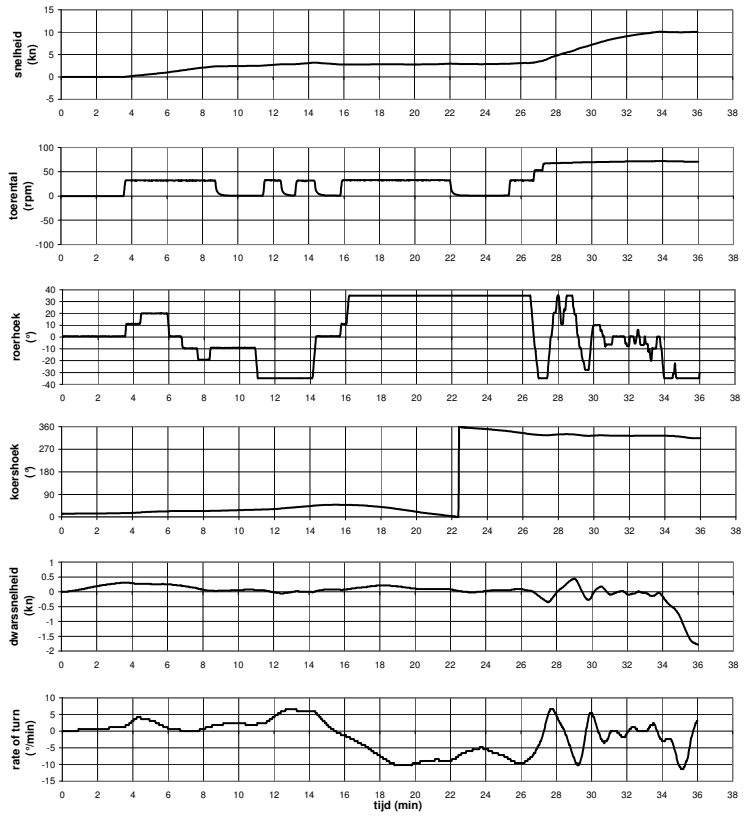
SLEEPKRACHTEN



	naut056_RX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.700
4	14.833
5	21.633
6	34.833
Einde	43

EIGEN SCHIP

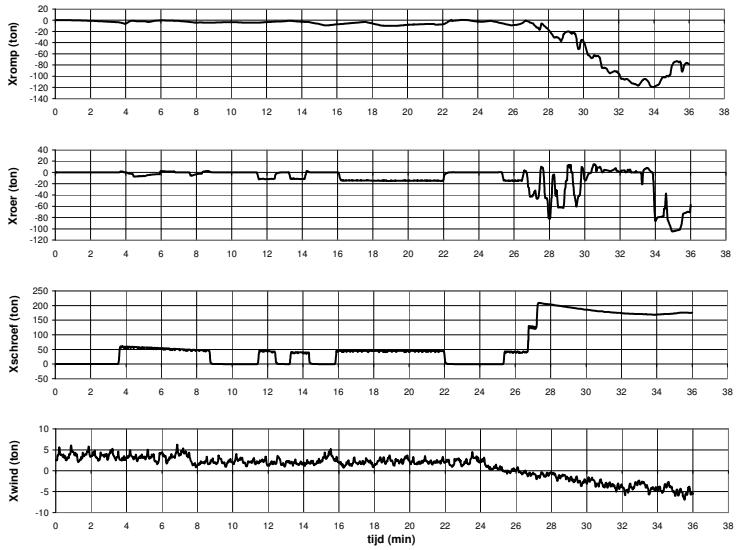


MANOEUVRE	naut057_RX afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

X-KRACHTEN

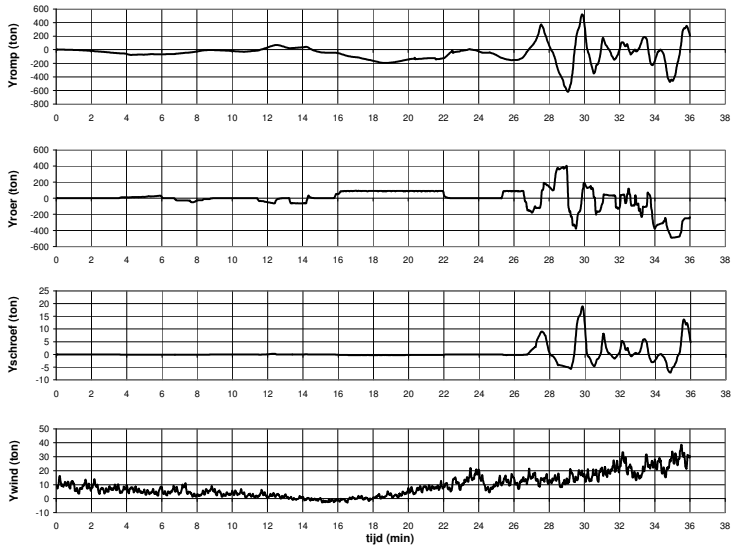


	naut057_RX
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

Y-KRACHTEN

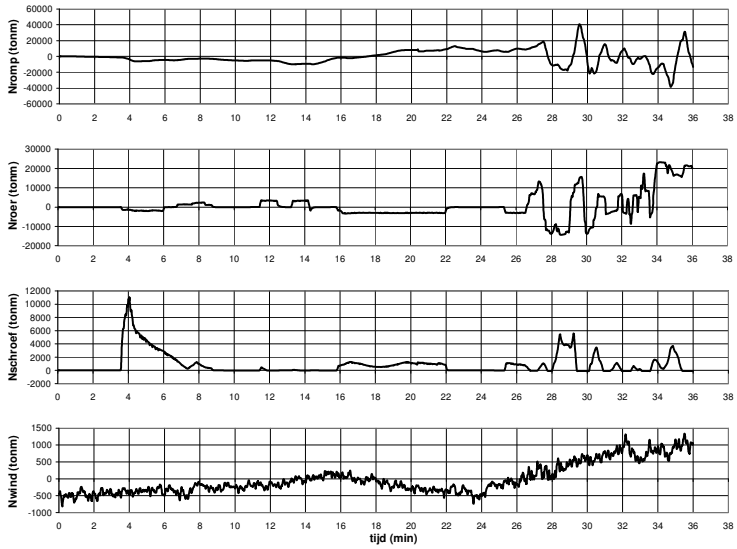


MANOEUVRE	naut057_RX afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

MOMENT- N

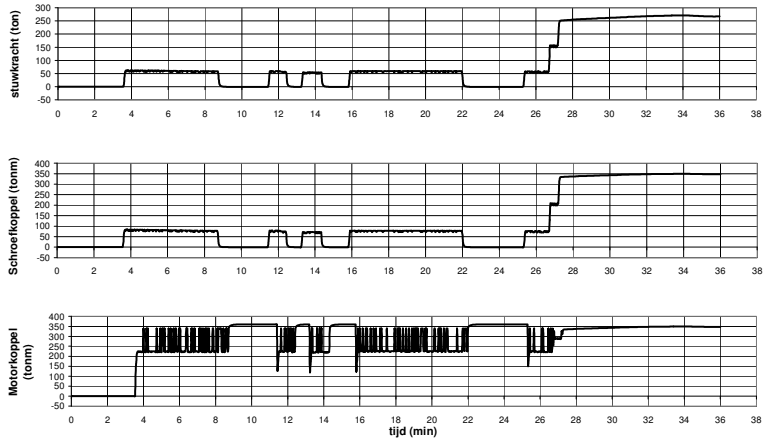


	naut057_RX
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

SCHROEF

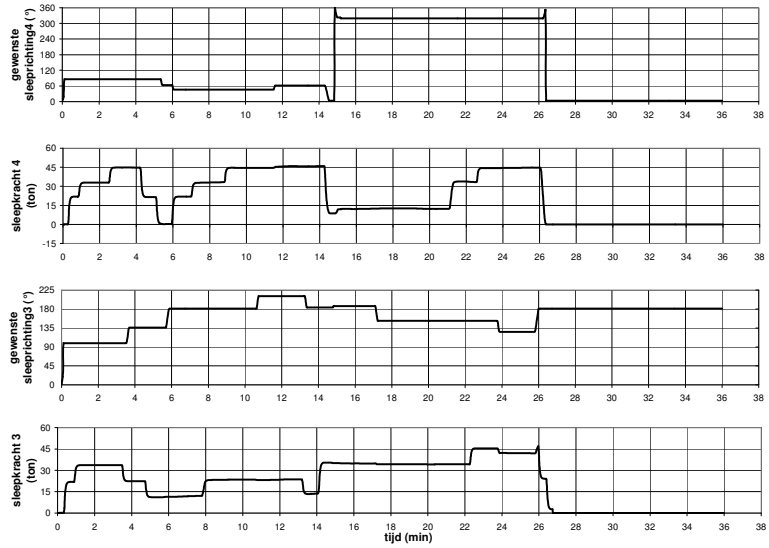


	naut057_RX
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

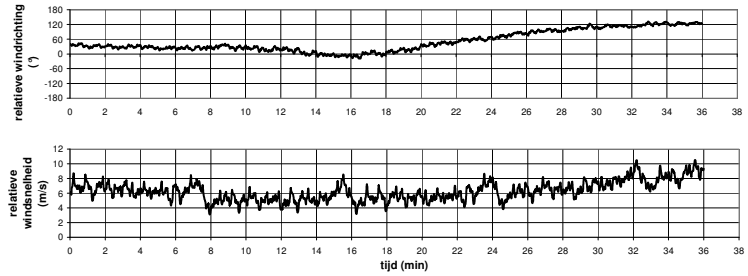
SLEEPBOTEN 3&4



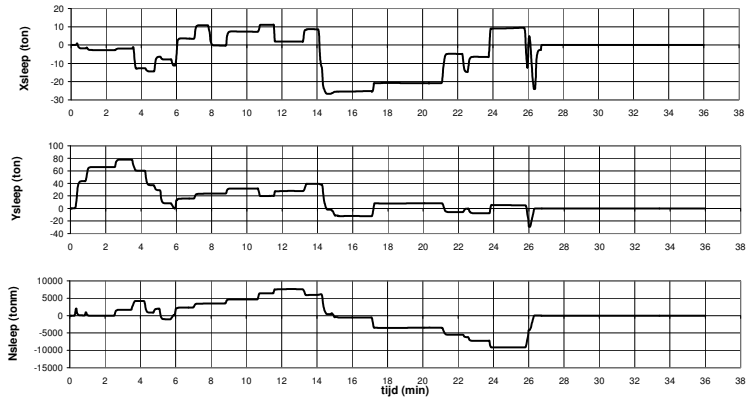
MANOEUVRE	naut057_RX afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

WIND



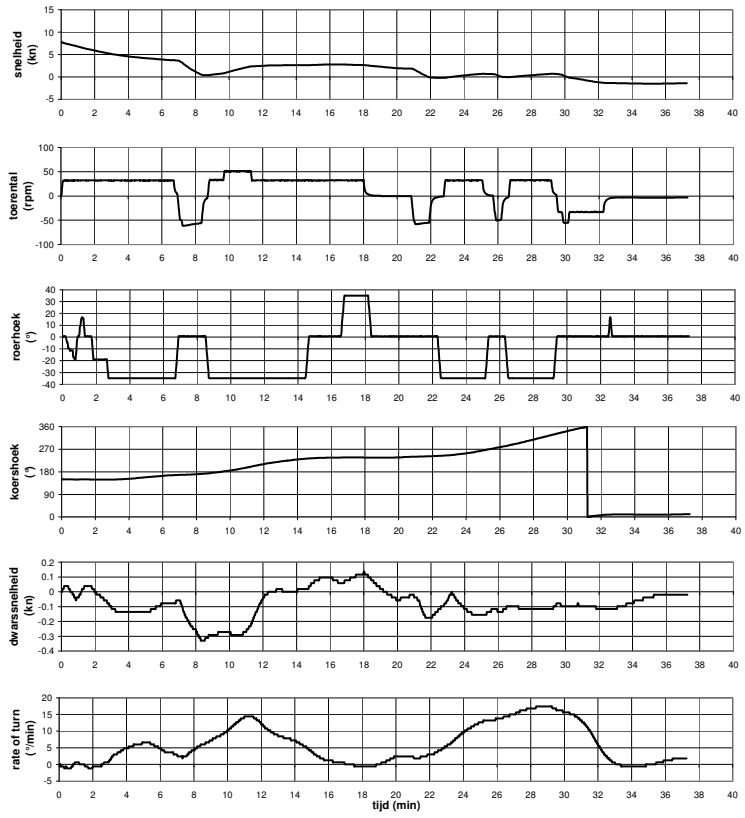
SLEEPKRACHTEN



	naut057_RX	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.900
3	18.567
4	25.633
5	-
6	-
Einde	36

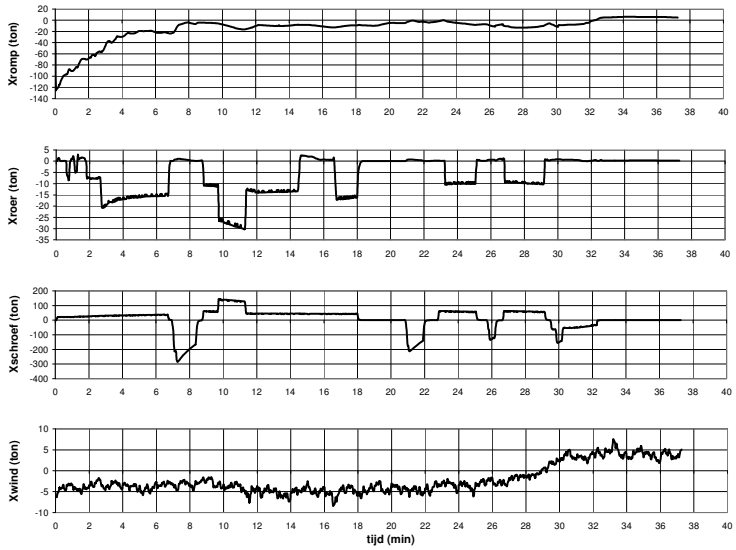
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut058_TX opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

X-KRACHTEN

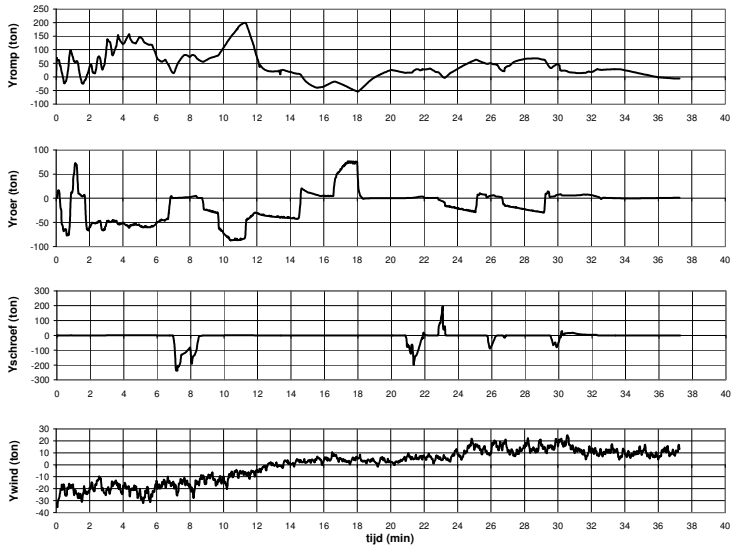


	naut058_TX
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

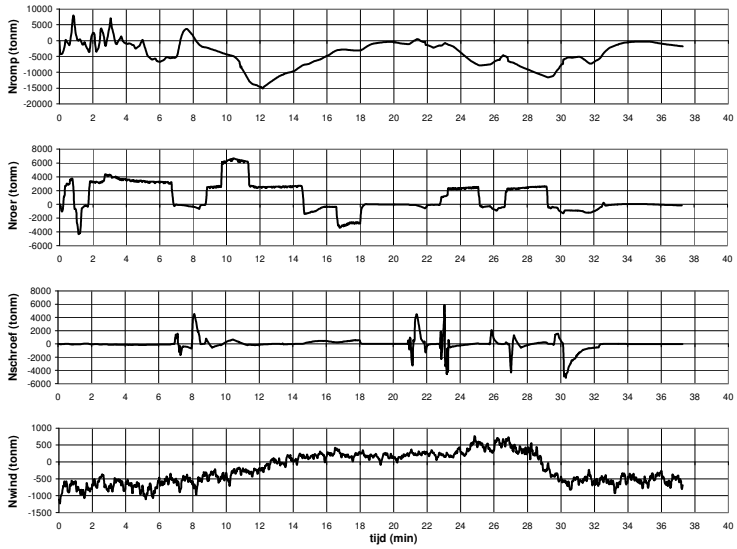
Y-KRACHTEN



	naut058_TX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

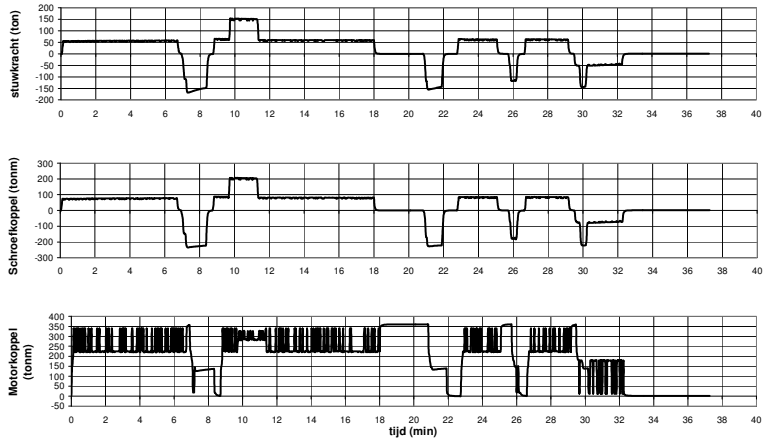
MOMENT- N



	naut058_TX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

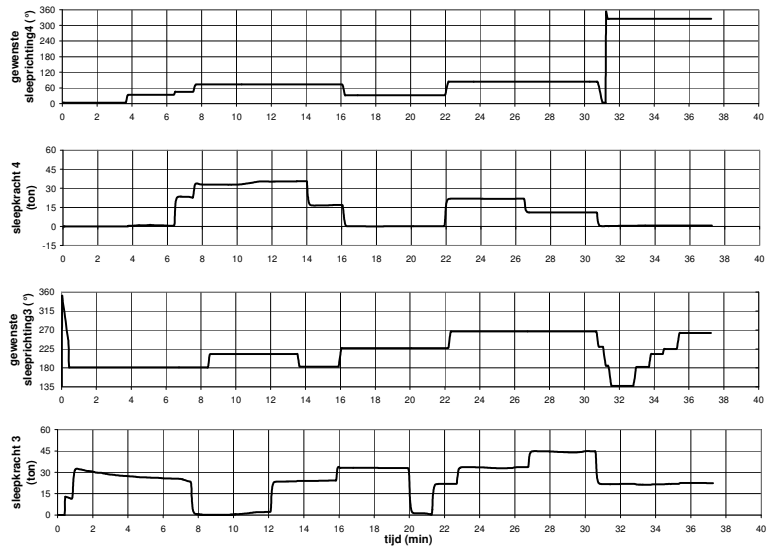
SCHROEF



	naut058_TX	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

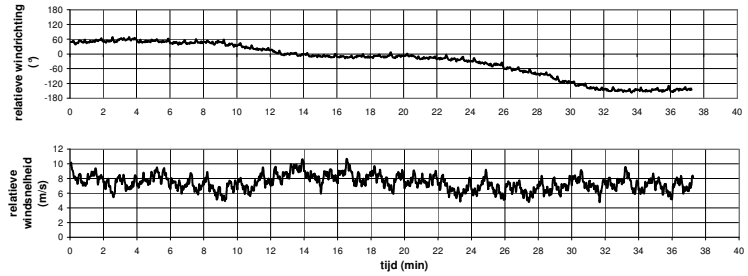
SLEEPBOTEN 3&4



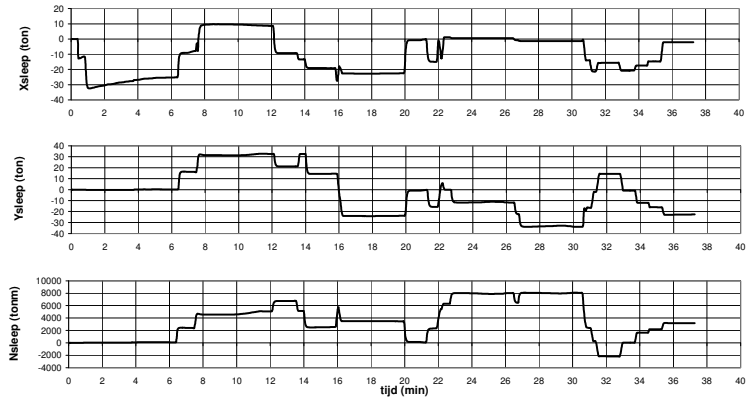
MANOEUVRE	naut058_TX opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

WIND



SLEEPKRACHTEN

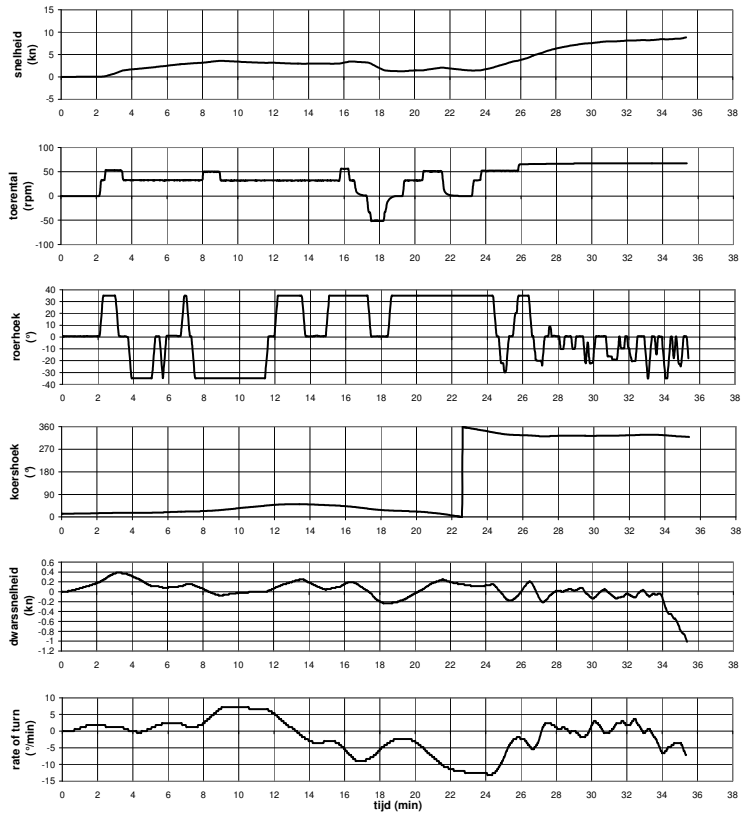


	naut058_TX
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.267
4	12.333
5	22.633
6	31.700
Einde	37

EIGEN SCHIP

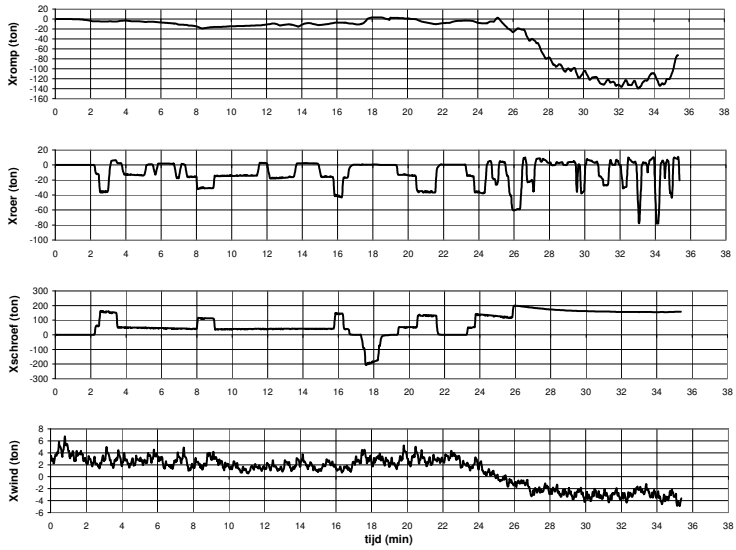


MANOEUVRE	naut059_TX afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

X-KRACHTEN

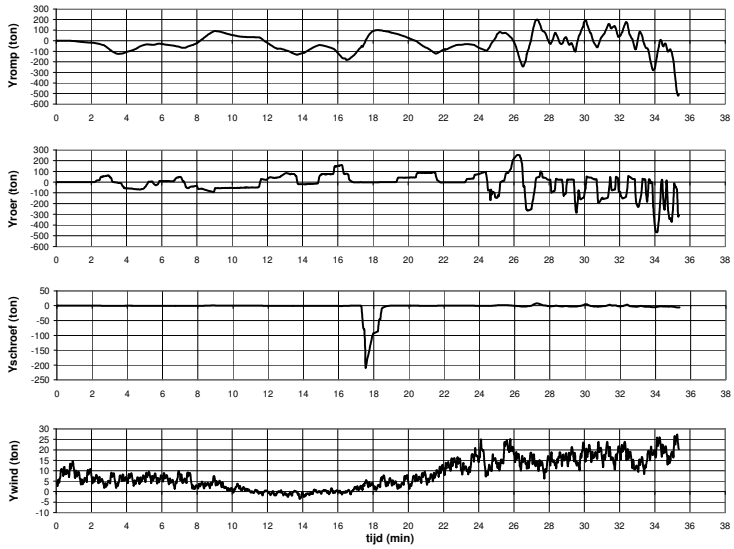


MANOEUVRE	naut059_TX afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

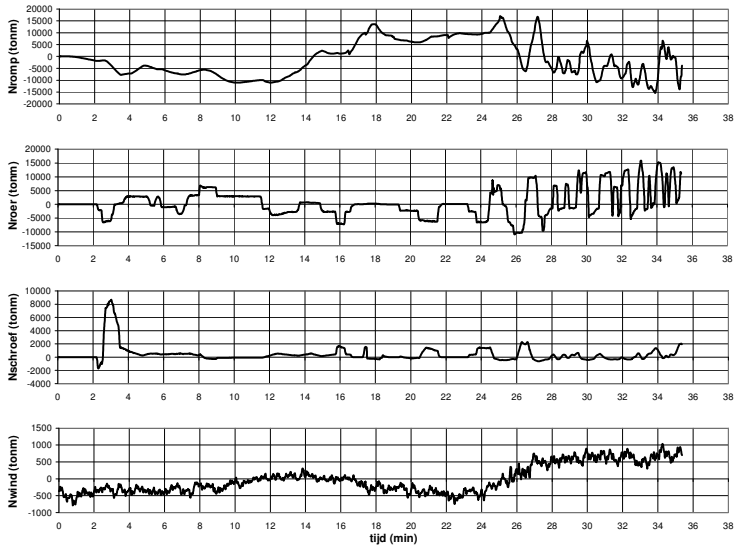
Y-KRACHTEN



	naut059_TX	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

MOMENT- N

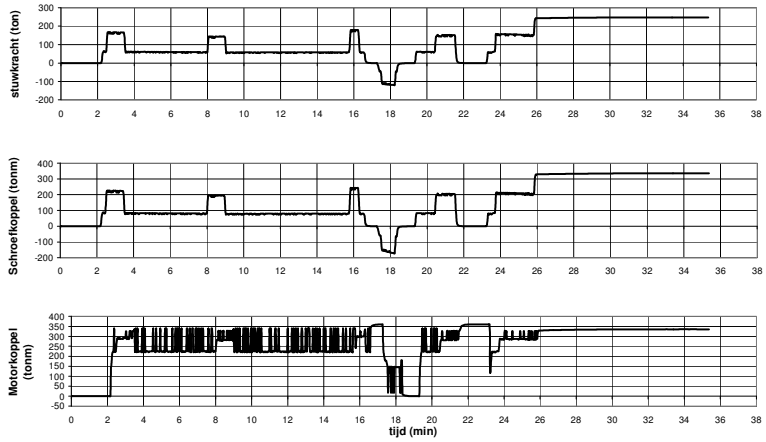


	naut059_TX
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

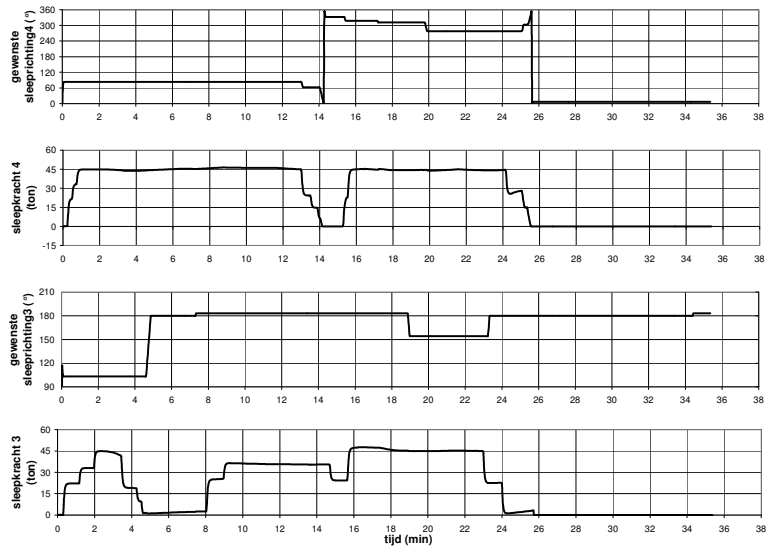
SCHROEF



	naut059_TX	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

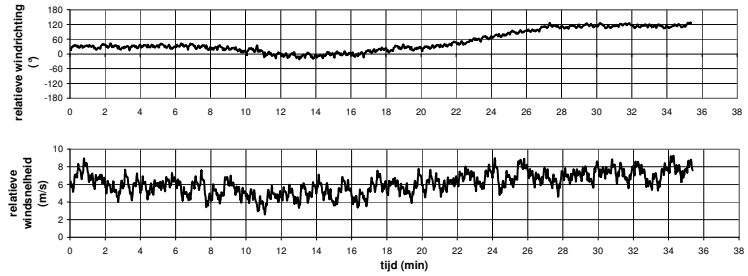
SLEEPBOTEN 3&4



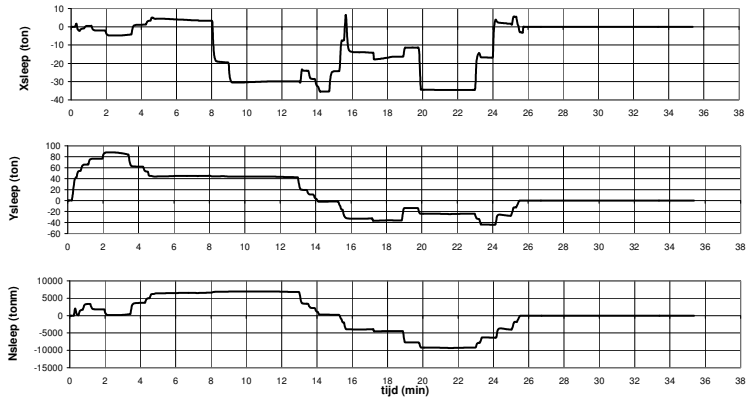
MANOEUVRE	naut059_TX afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

WIND



SLEEPKRACHTEN

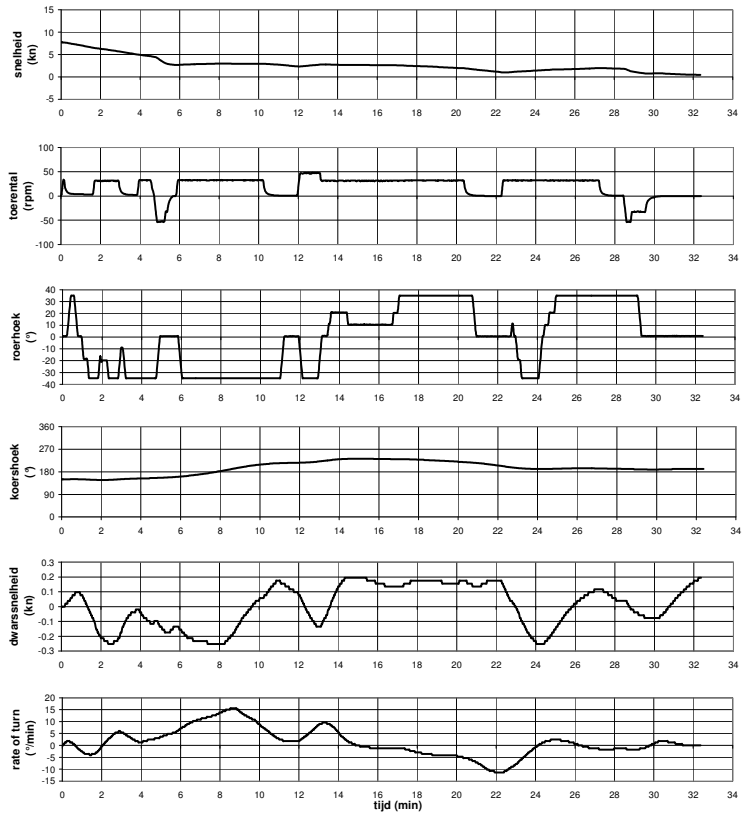


MANOEUVRE	naut059_TX afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	6.933
3	17.000
4	24.933
5	-
6	-
Einde	35

EIGEN SCHIP

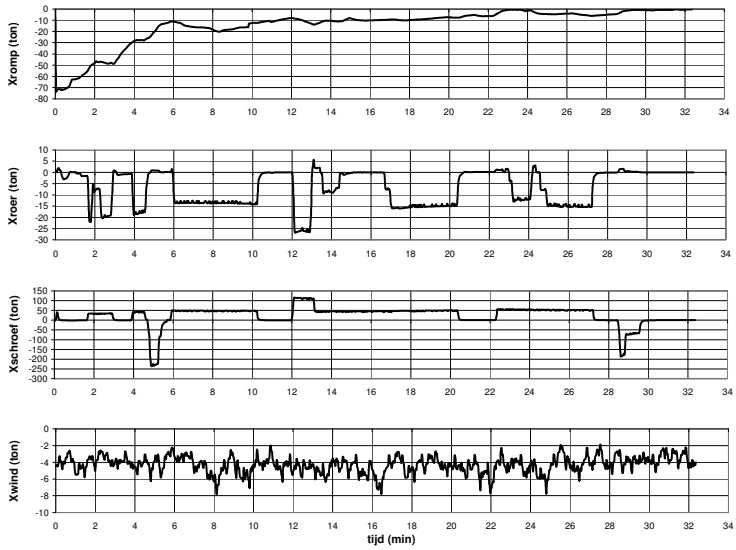


MANOEUVRE	naut060_TL tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

X-KRACHTEN

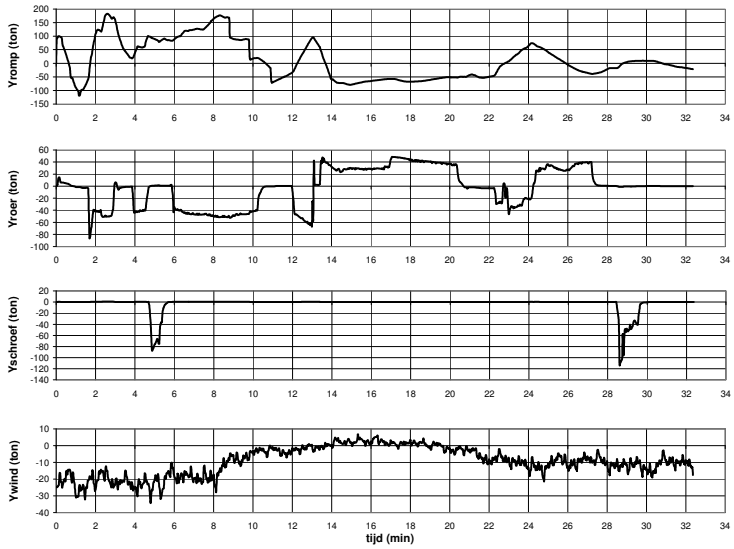


	naut060_TL
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

Y-KRACHTEN

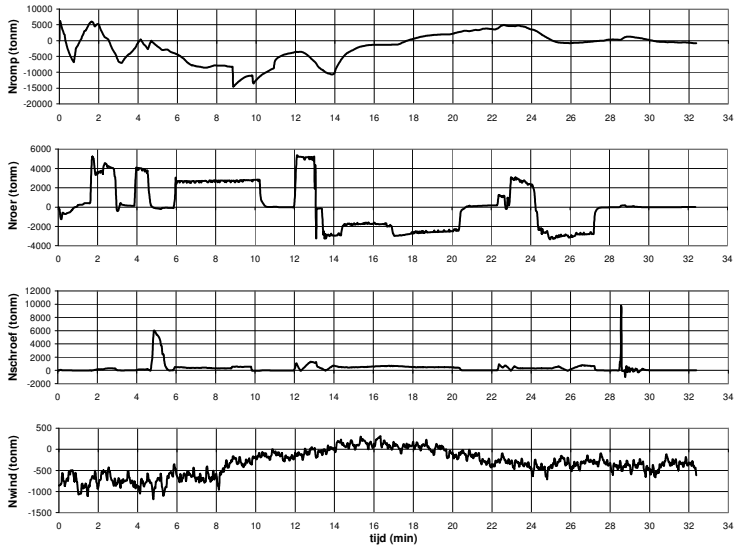


	naut060_TL
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

MOMENT- N

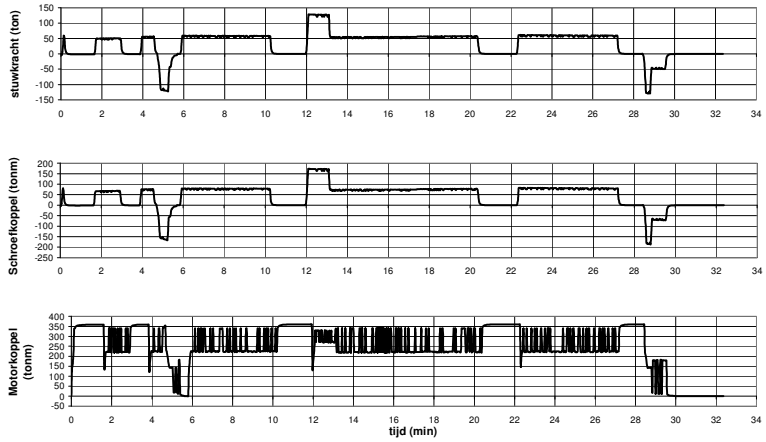


	naut060_TL
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

SCHROEF

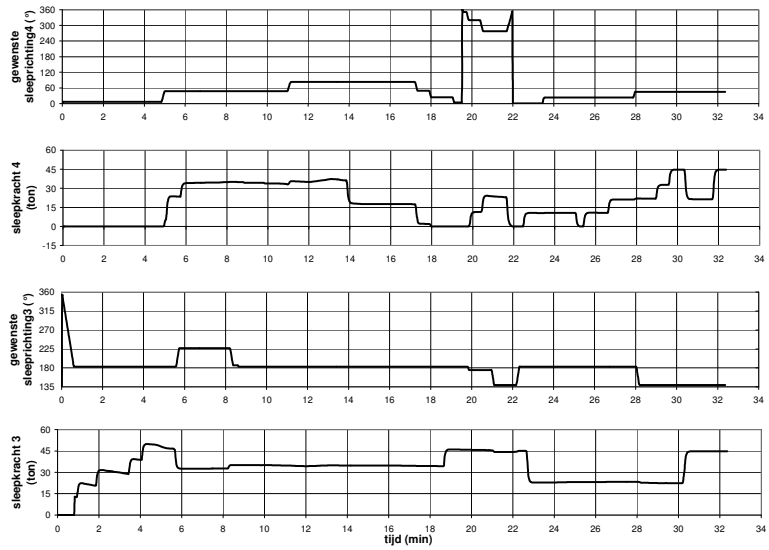


	naut060_TL
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

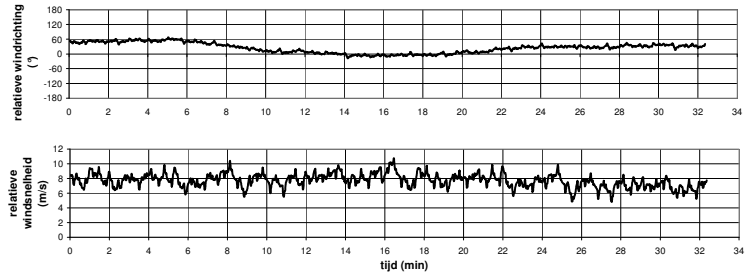
SLEEPBOTEN 3&4



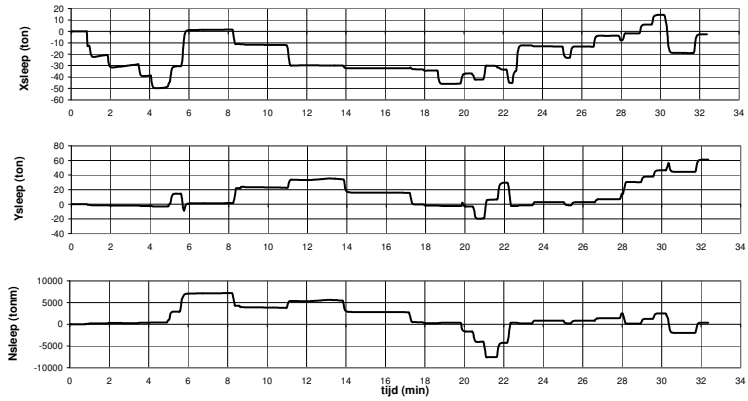
MANOEUVRE	naut060_TL tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	3h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

WIND



SLEEPKRACHTEN

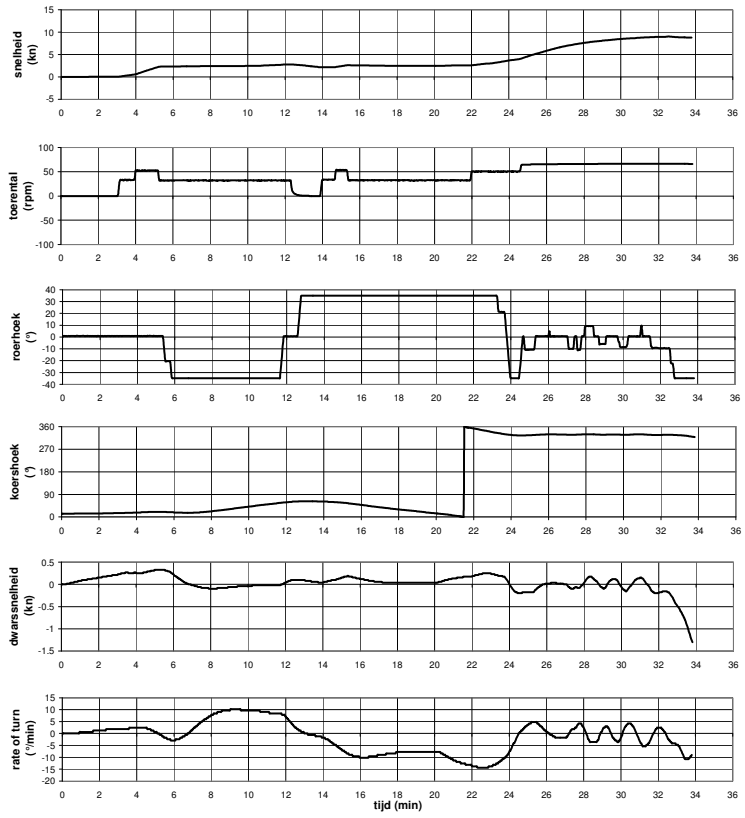


MANOEUVRE	naut060_TL tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	3h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.800
4	11.033
5	-
6	-
Einde	32

EIGEN SCHIP

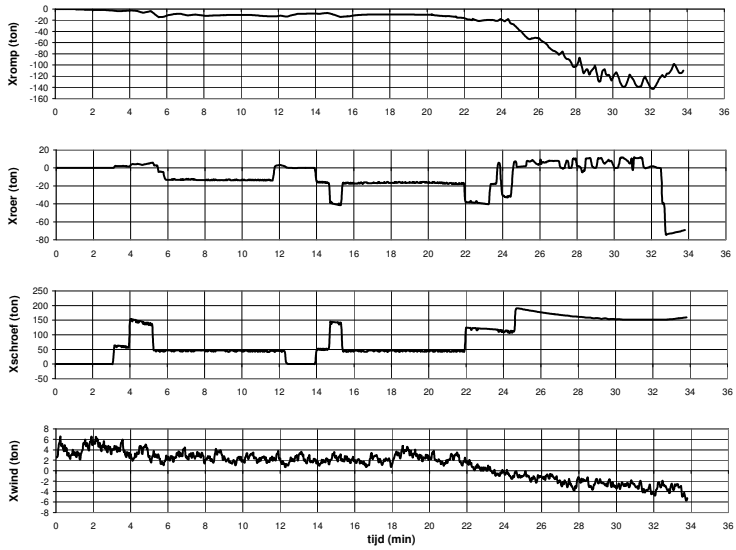


MANOEUVRE	naut061_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

X-KRACHTEN

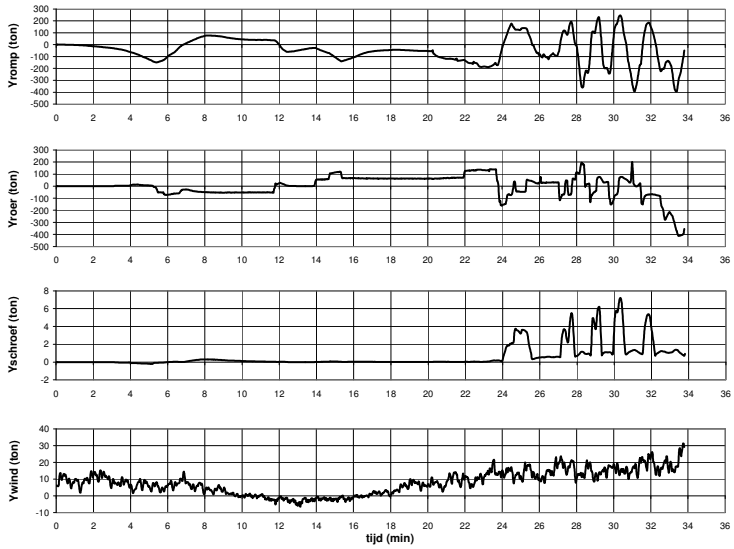


MANOEUVRE	naut061_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

Y-KRACHTEN

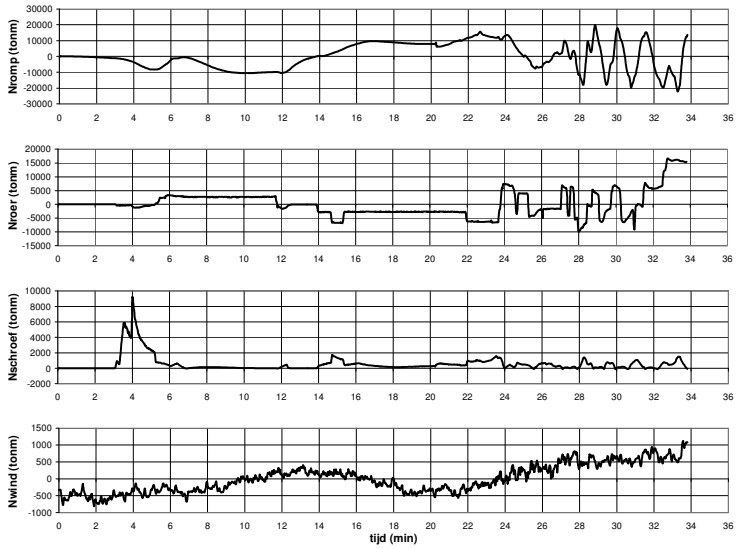


	naut061_TM
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

MOMENT- N

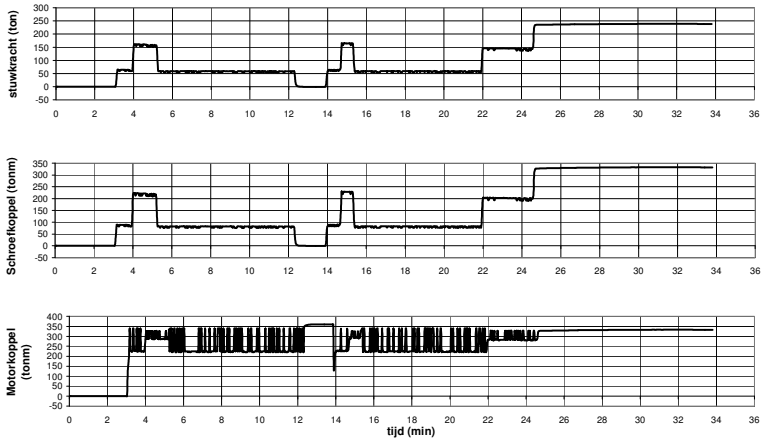


	naut061_TM
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

SCHROEF

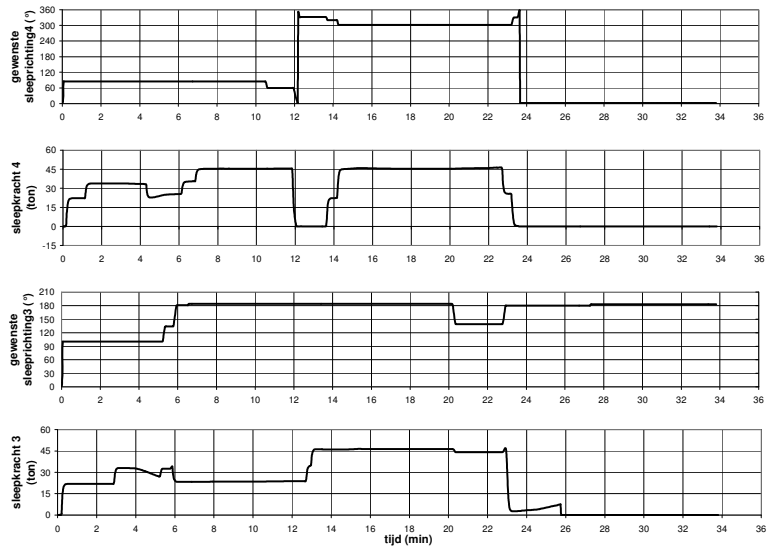


	naut061_TM
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

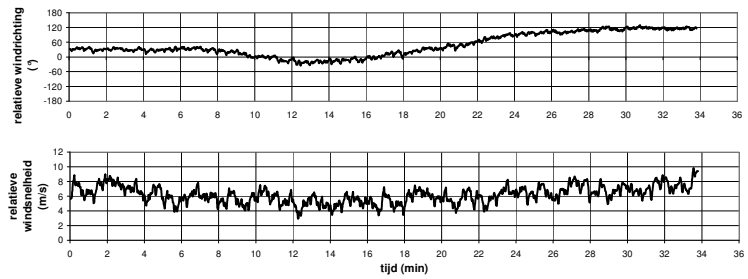
SLEEPBOTEN 3&4



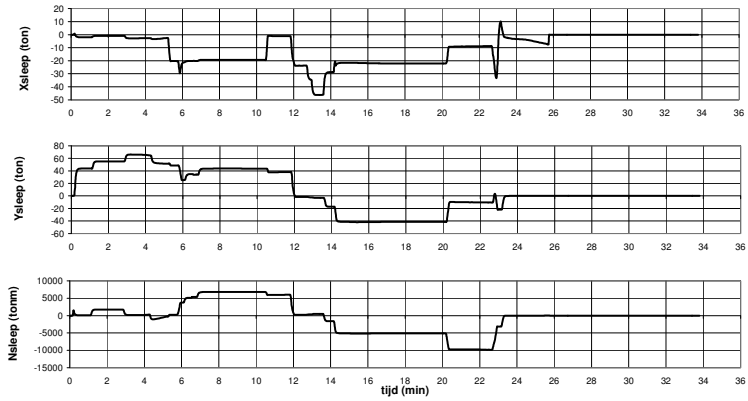
MANOEUVRE	naut061_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

WIND



SLEEPKRACHTEN

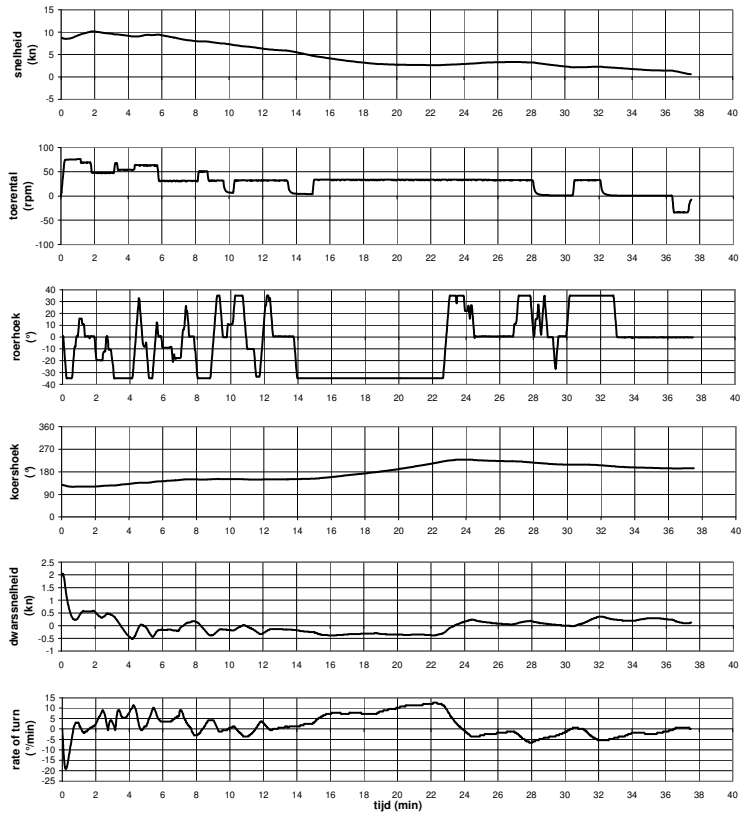


MANOEUVRE	naut061_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.867
3	17.333
4	25.567
5	-
6	-
Einde	34

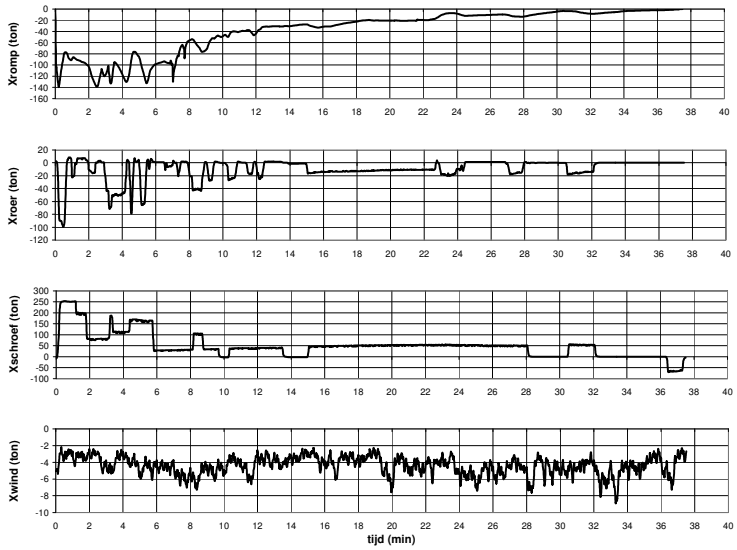
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut062_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

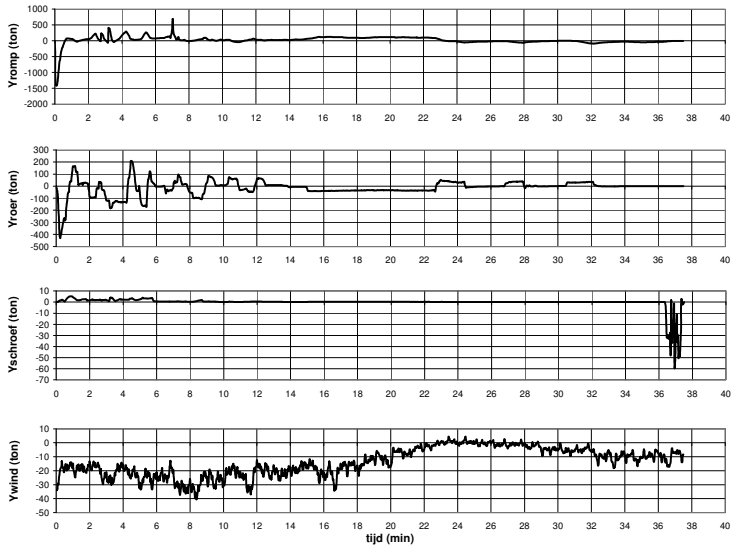
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut062_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

Y-KRACHTEN

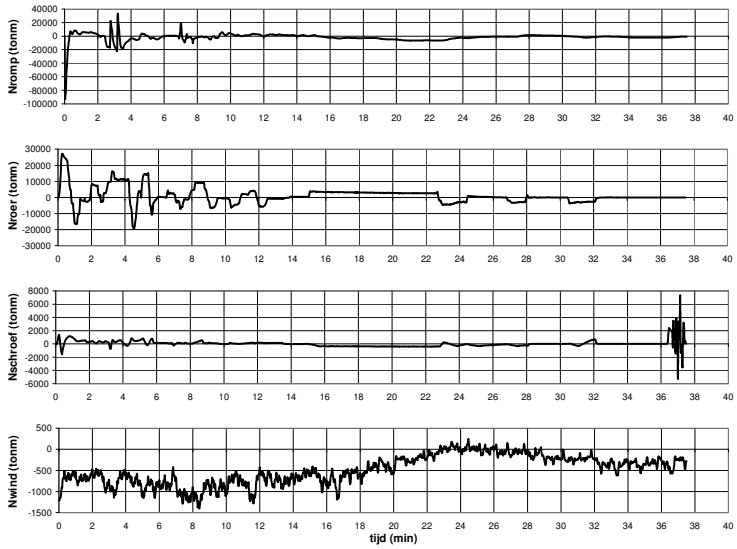


	naut062_PA
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

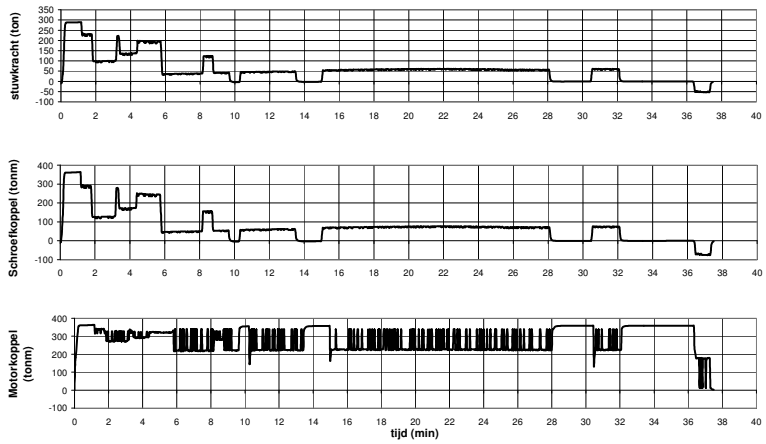
MOMENT- N



	naut062_PA	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

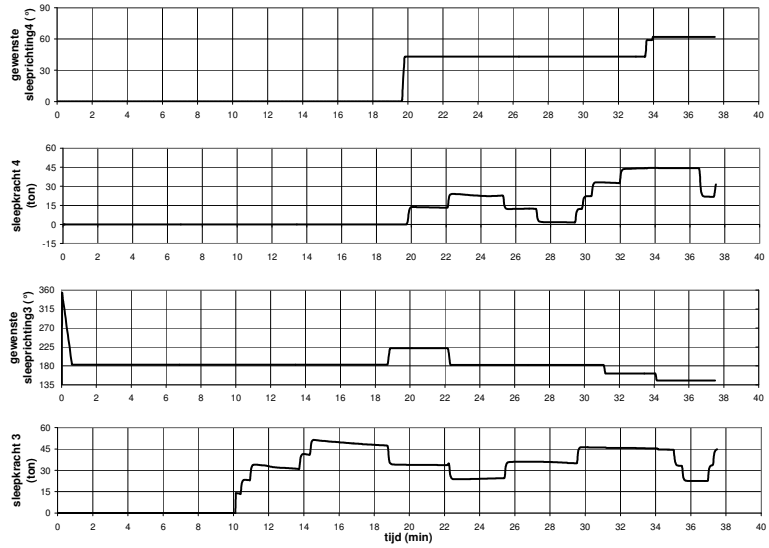
SCHROEF



MANOEUVRE	naut062_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

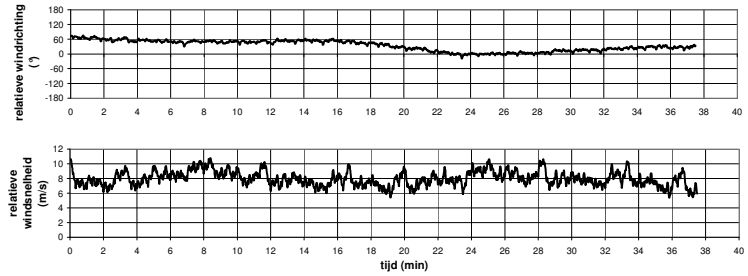
SLEEPBOTEN 3&4



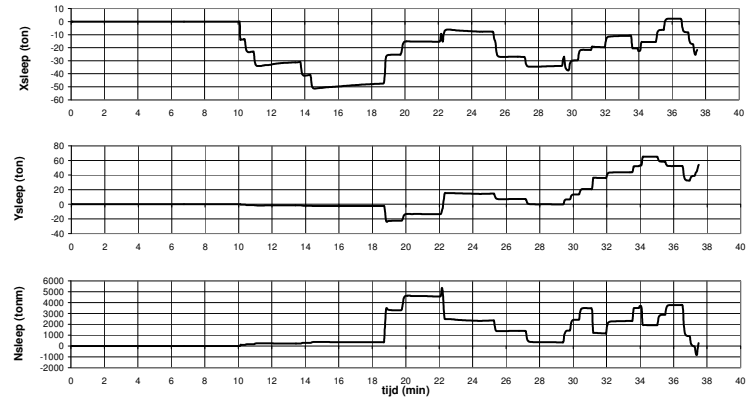
MANOEUVRE	naut062_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

WIND



SLEEPKRACHTEN

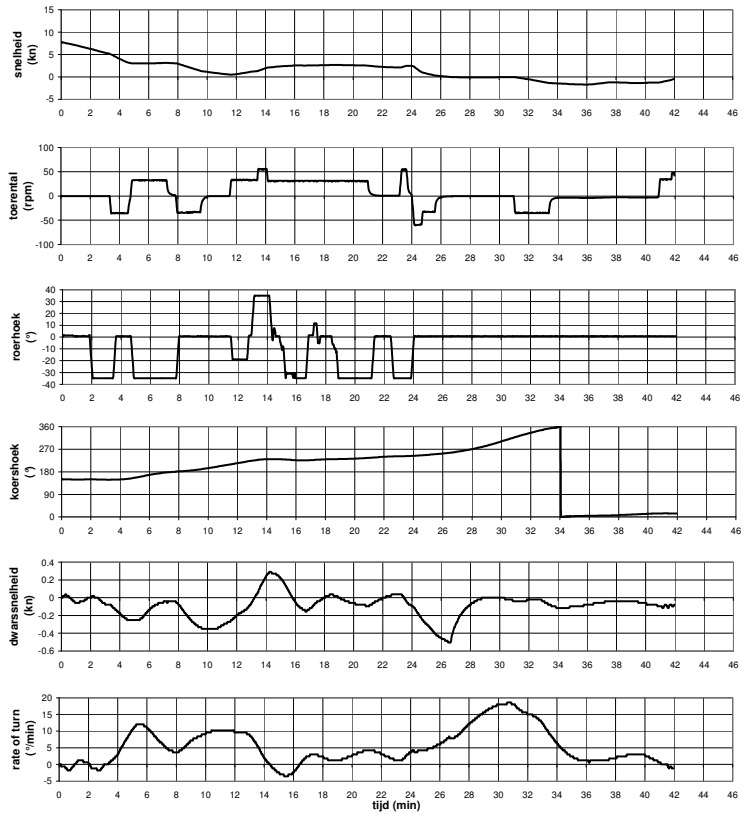


MANOEUVRE	naut062_PA opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	16.100
4	22.133
5	-
6	-
Einde	38

EIGEN SCHIP

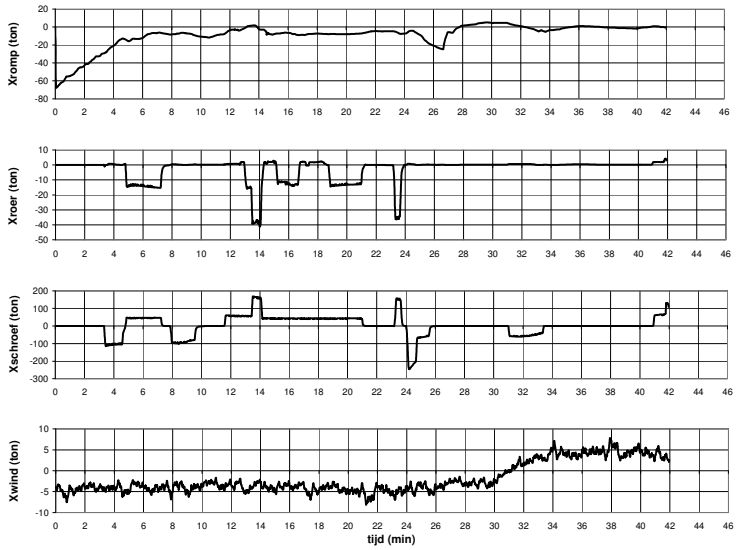


MANOEUVRE	naut063_RW opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

X-KRACHTEN

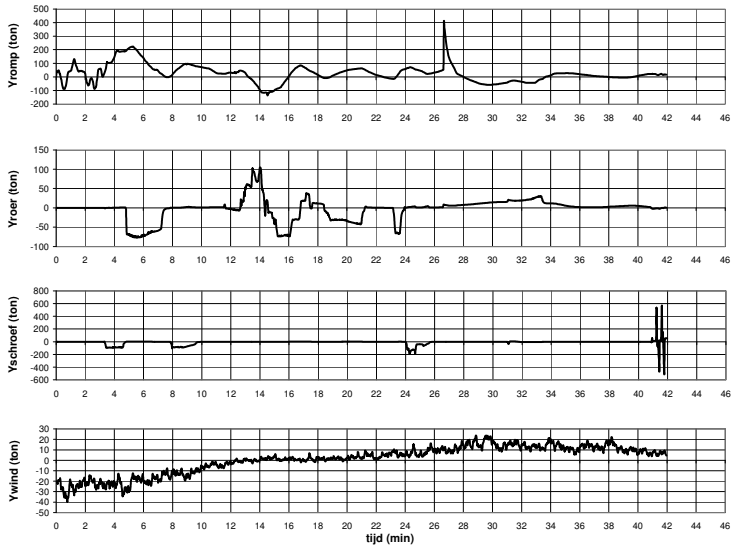


	naut063_RW
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

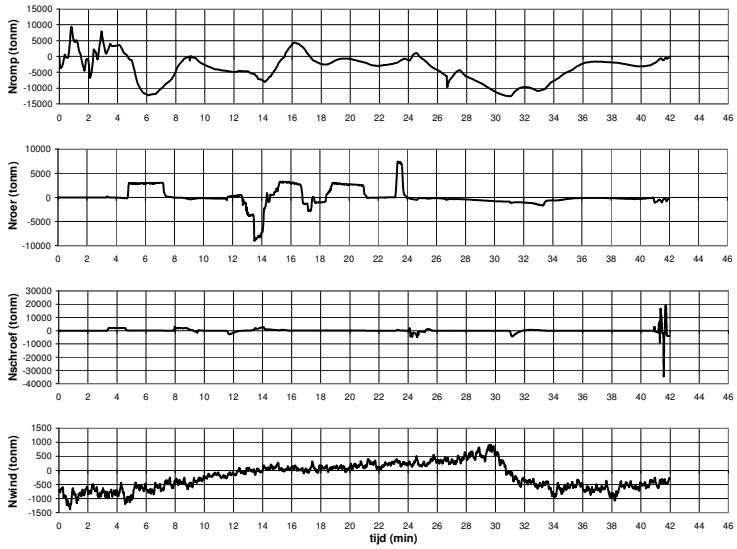
Y-KRACHTEN



	naut063_RW	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

MOMENT- N

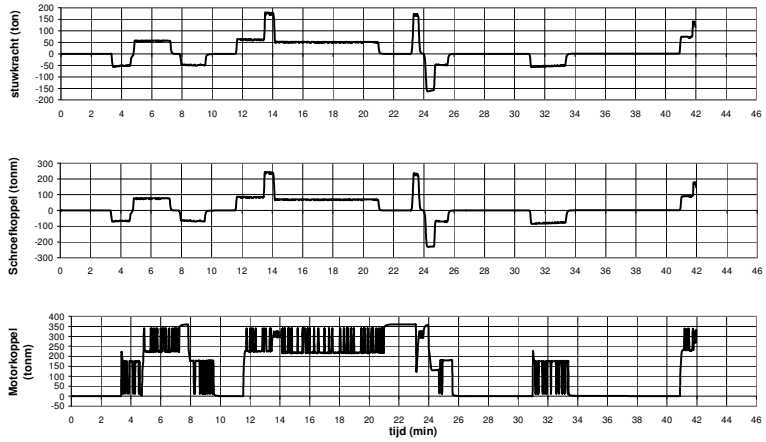


	naut063_RW
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

SCHROEF

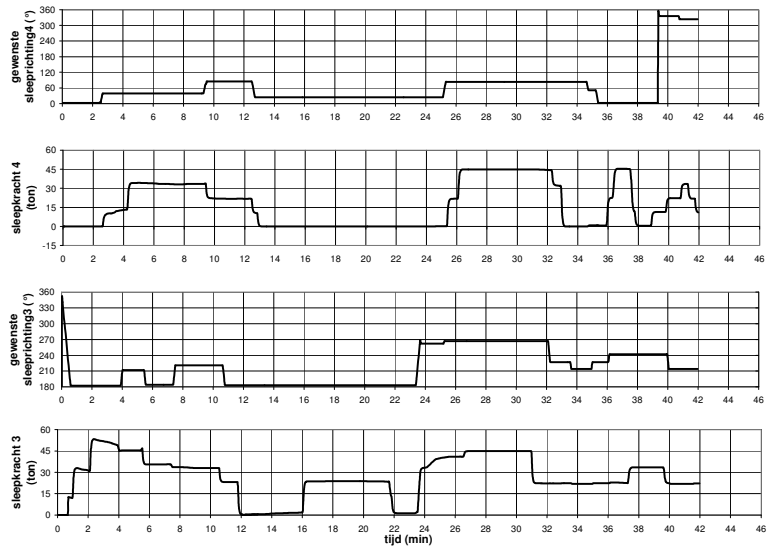


	naut063_RW
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

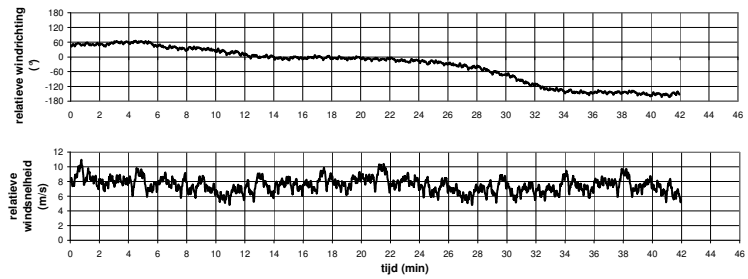
SLEEPBOTEN 3&4



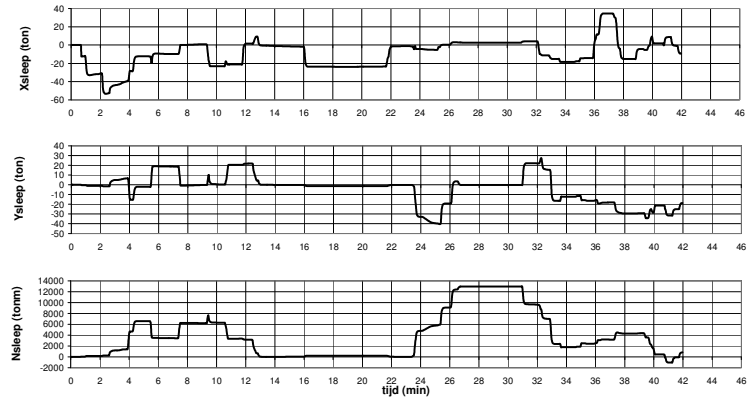
MANOEUVRE	naut063_RW opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

WIND



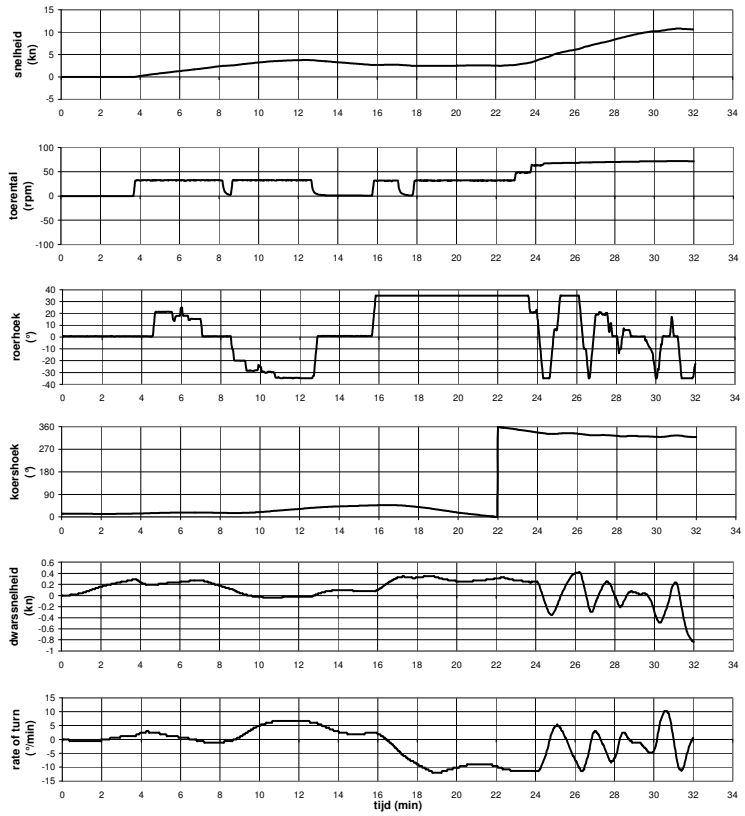
SLEEPKRACHTEN



	naut063_RW	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.333
4	12.033
5	24.200
6	35.733
Einde	42

EIGEN SCHIP

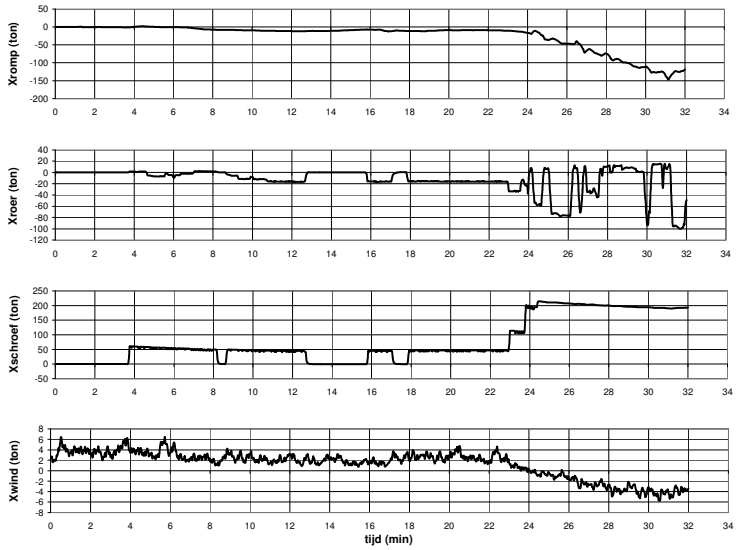


MANOEUVRE	naut064_RW afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

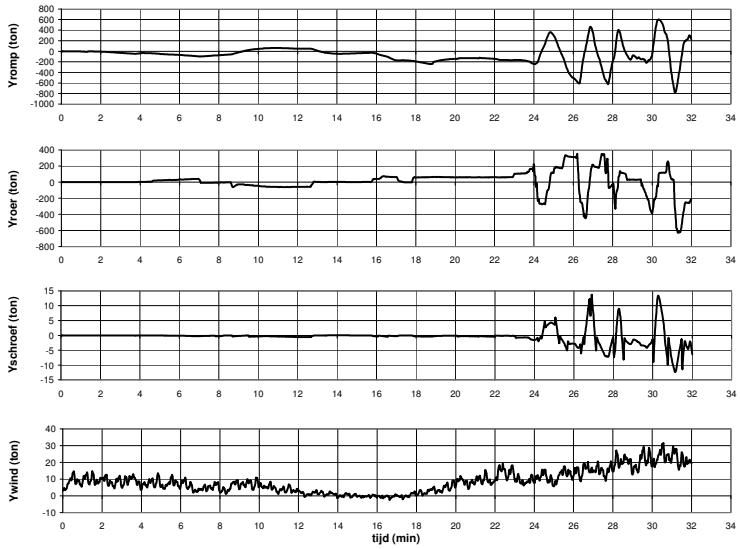
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut064_RW afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

Y-KRACHTEN

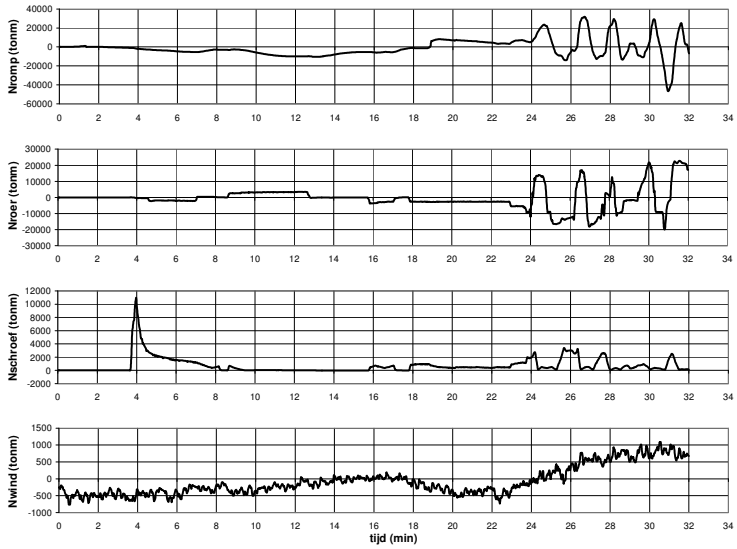


	naut064_RW
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

MOMENT- N

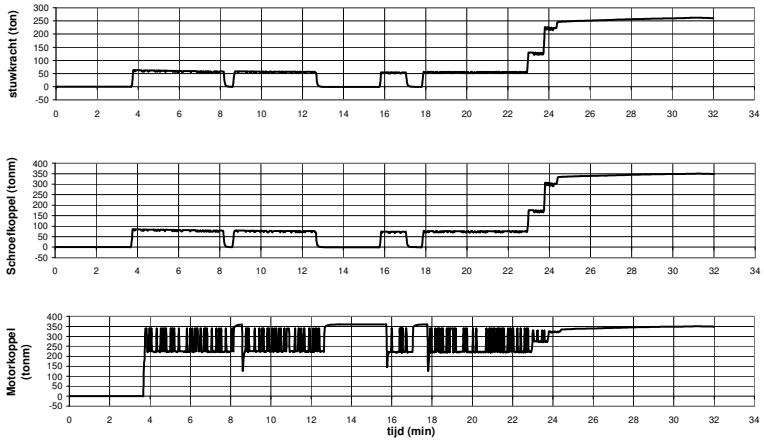


	naut064_RW
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

SCHROEF

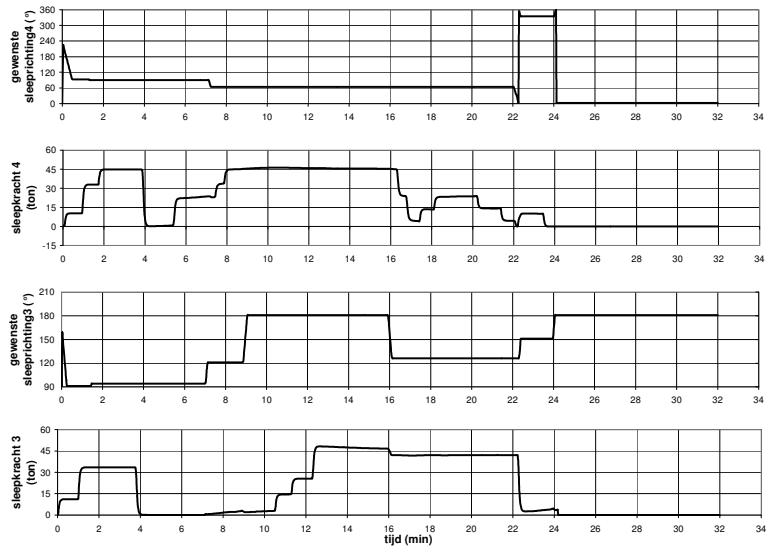


	naut064_RW
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

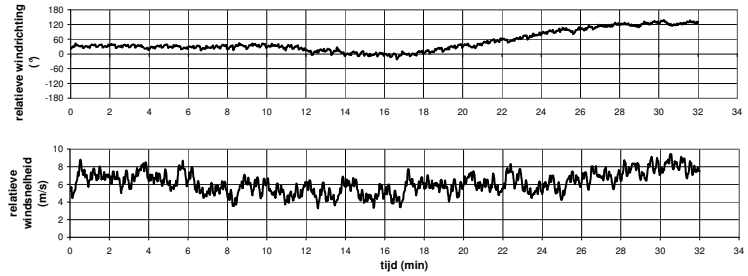
SLEEPBOTEN 3&4



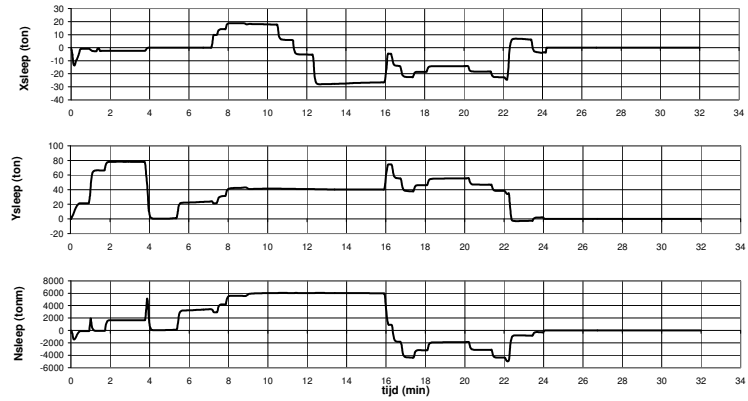
MANOEUVRE	naut064_RW afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

WIND



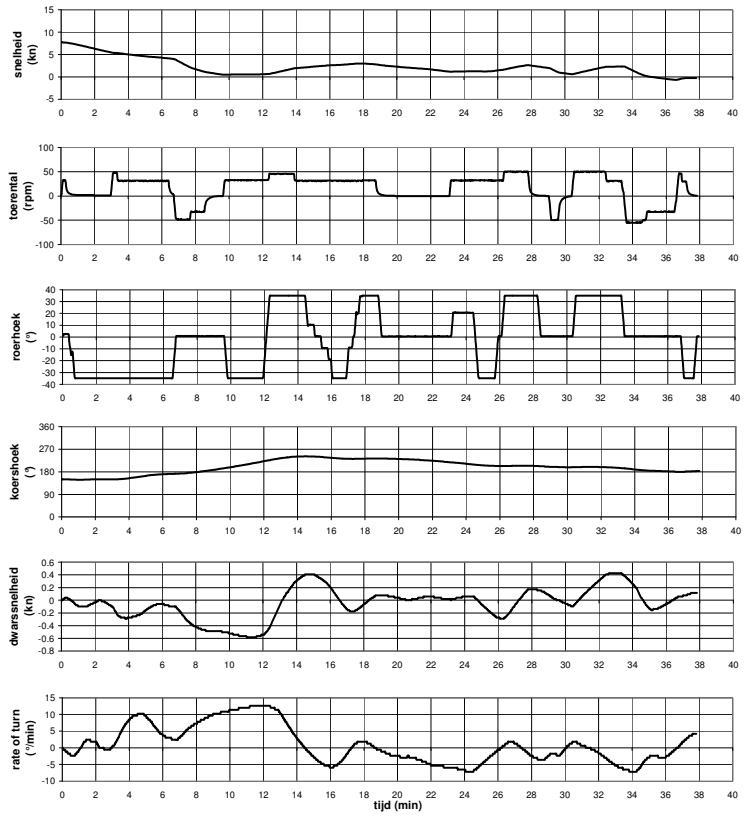
SLEEPKRACHTEN



	naut064_RW	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.233
3	18.433
4	24.300
5	-
6	-
Einde	32

EIGEN SCHIP

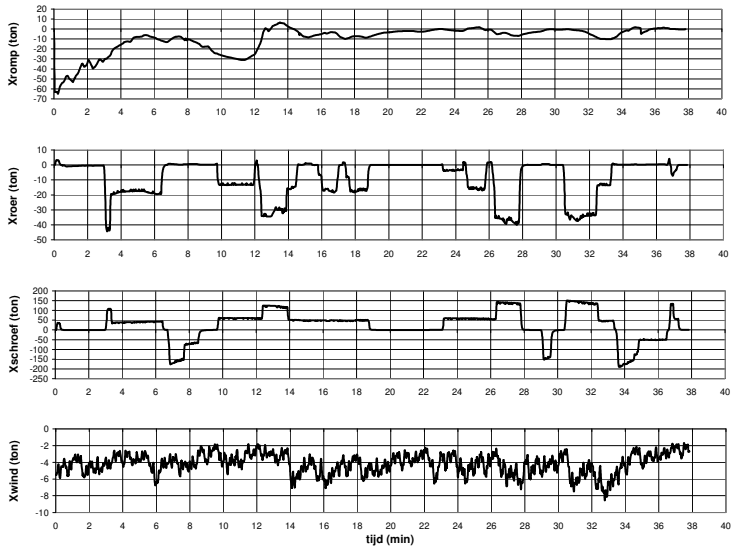


MANOEUVRE	naut065_PP tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

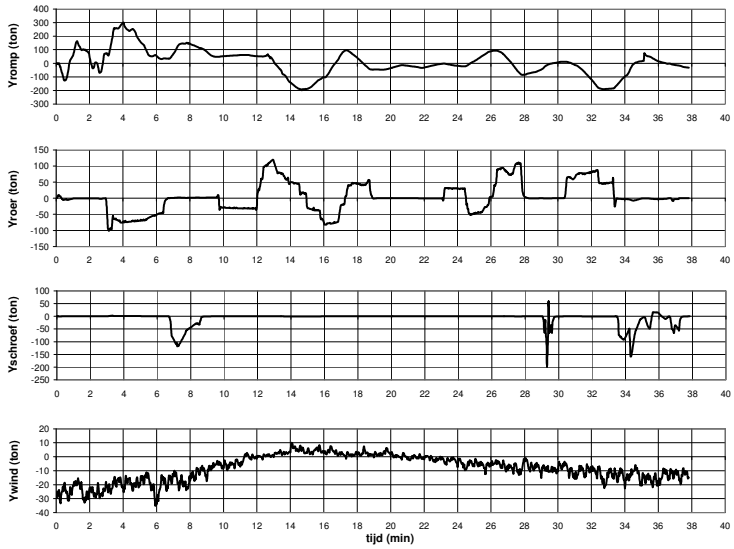
X-KRACHTEN



	naut065_PP	
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

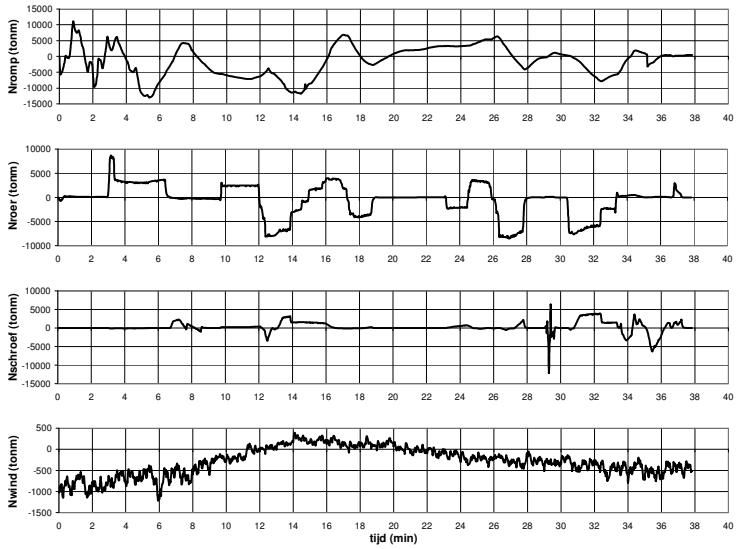
Y-KRACHTEN



	naut065_PP	
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

MOMENT- N

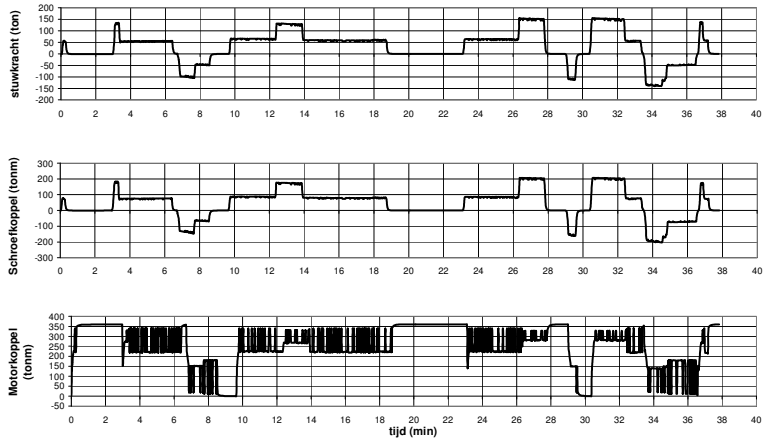


	naut065_PP
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

SCHROEF



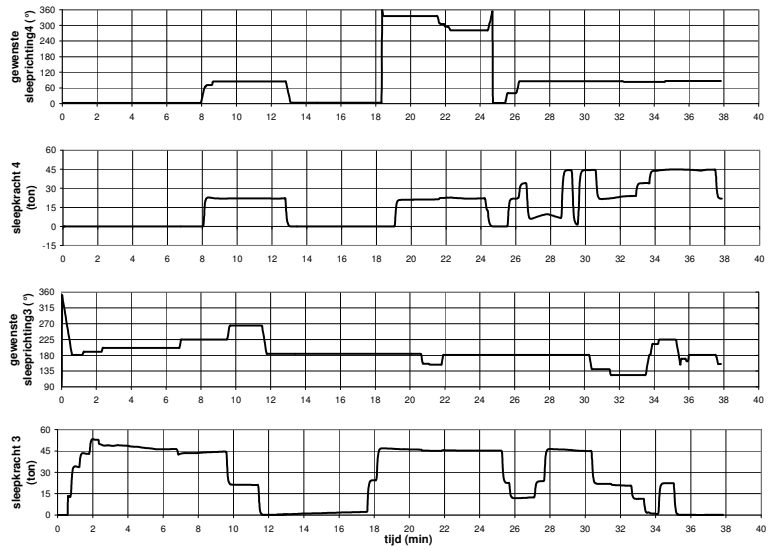
naut065_PP

MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

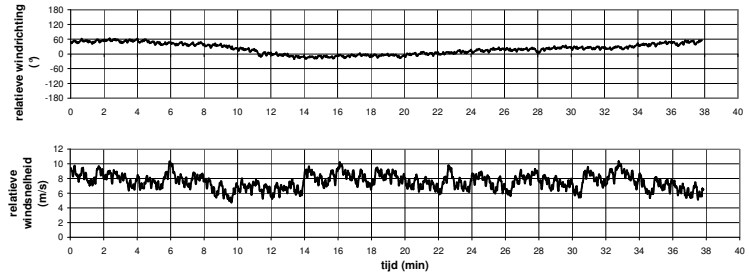
SLEEPBOTEN 3&4



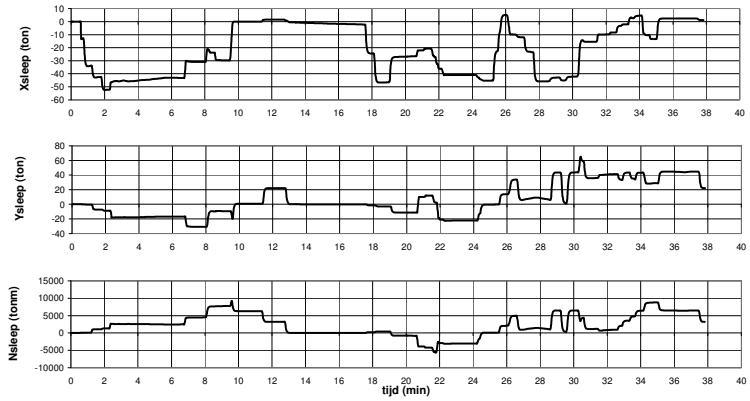
	naut065_PP	
MANOEUVRE	tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

WIND



SLEEPKRACHTEN

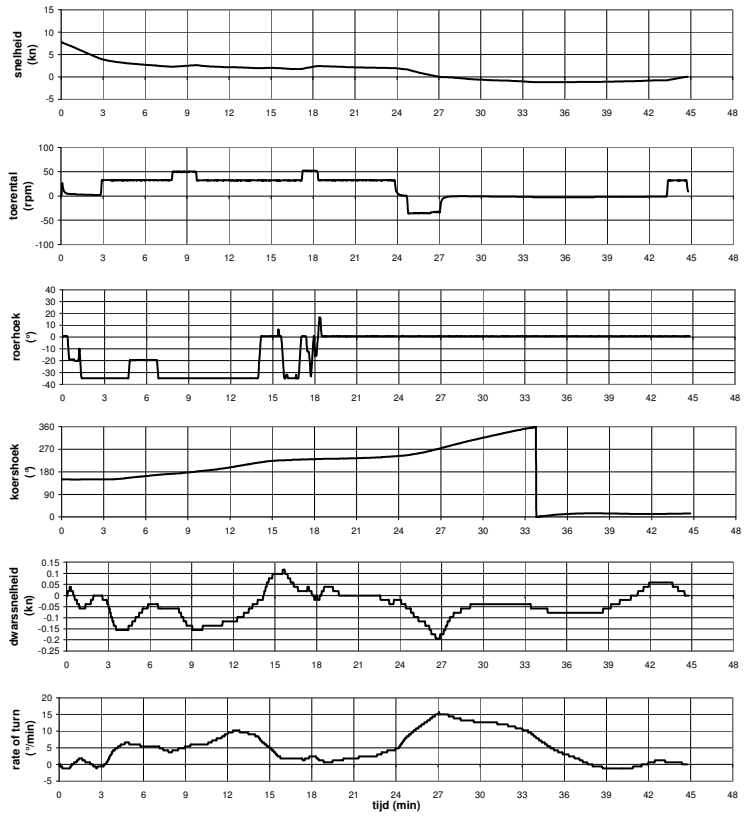


MANOEUVRE	naut065_PP tss oud en nieuw hoofd -> 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.600
4	11.433
5	-
6	-
Einde	38

EIGEN SCHIP

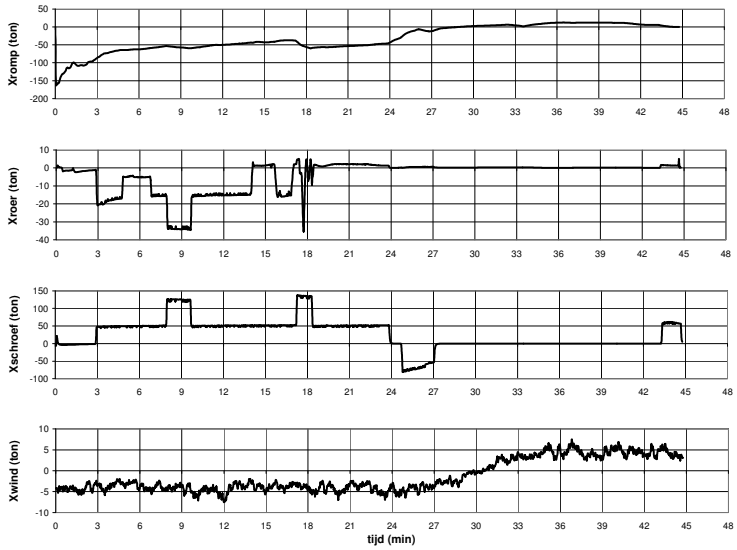


MANOEUVRE	naut066_RK opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

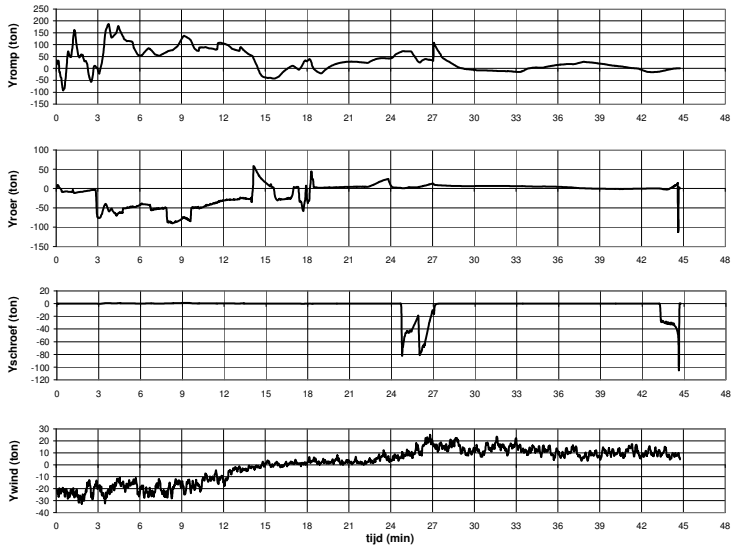
X-KRACHTEN



	naut066_RK	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

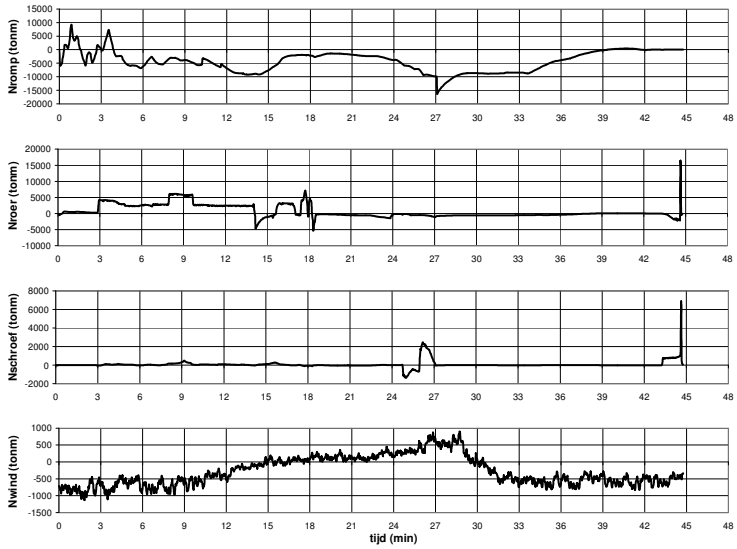
Y-KRACHTEN



	naut066_RK	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

MOMENT- N

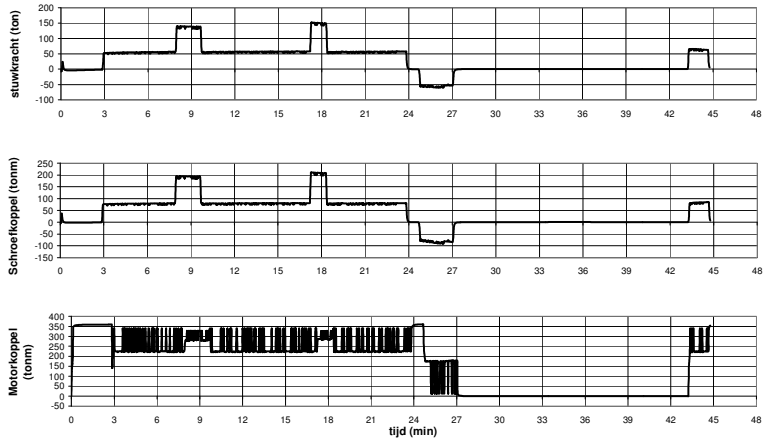


	naut066_RK
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

SCHROEF

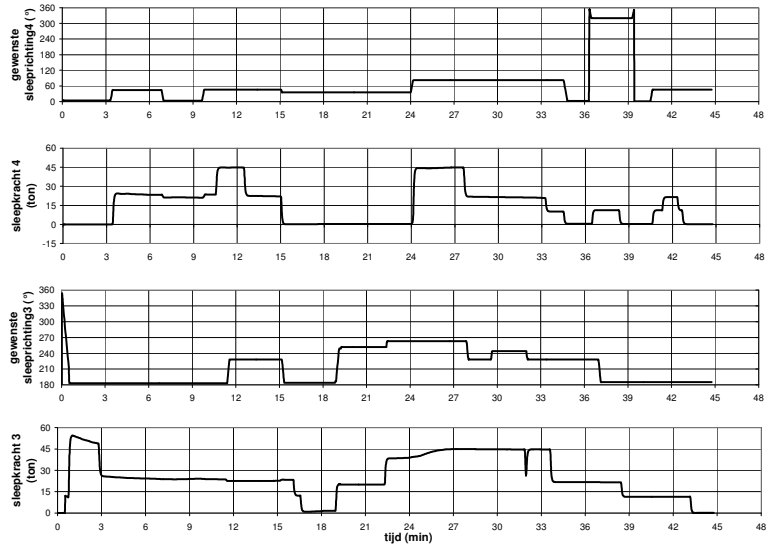


	naut066_RK
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

SLEEPBOTEN 3&4



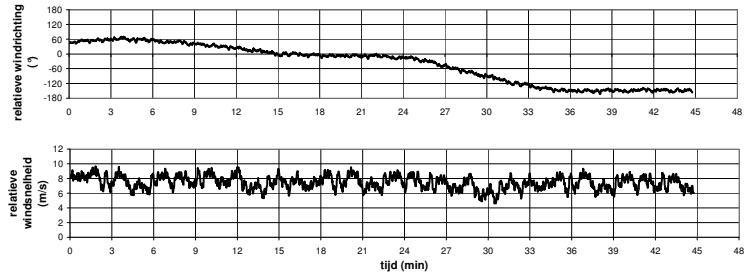
naut066_RK

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

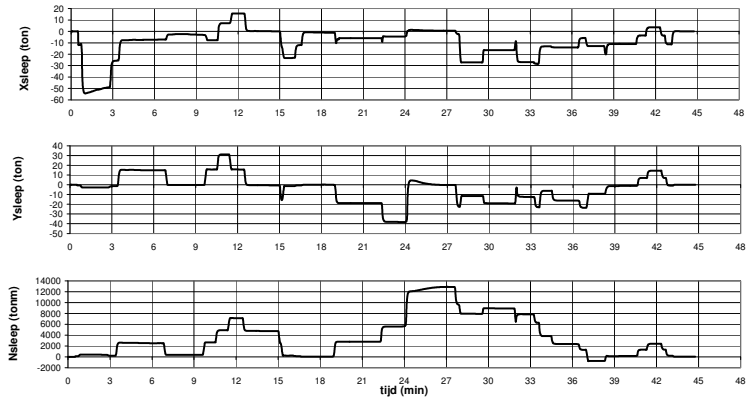
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

WIND



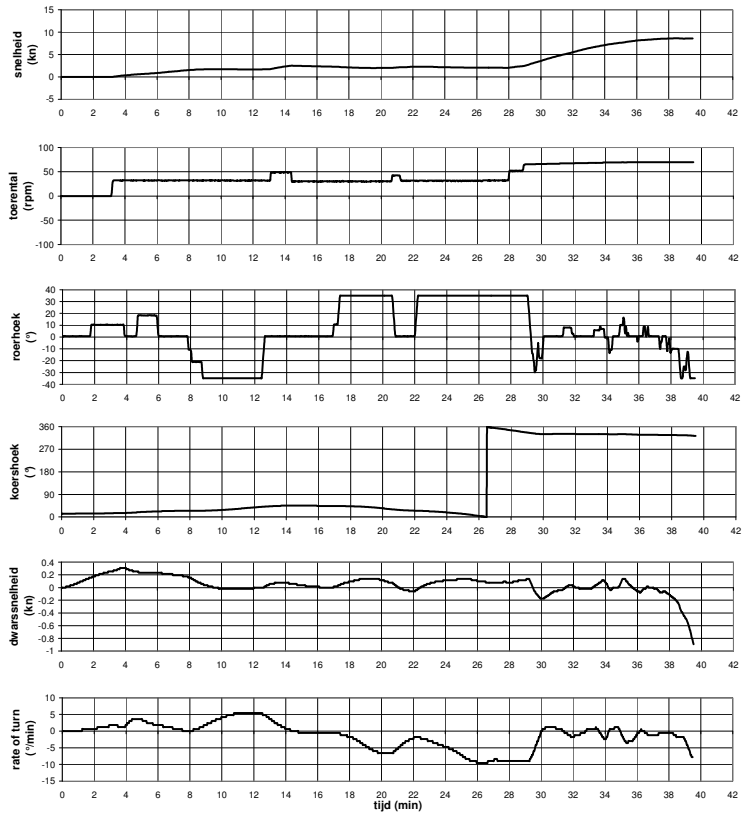
SLEEPKRACHTEN



	naut066_RK	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.400
4	13.800
5	24.333
6	34.500
Einde	45

EIGEN SCHIP

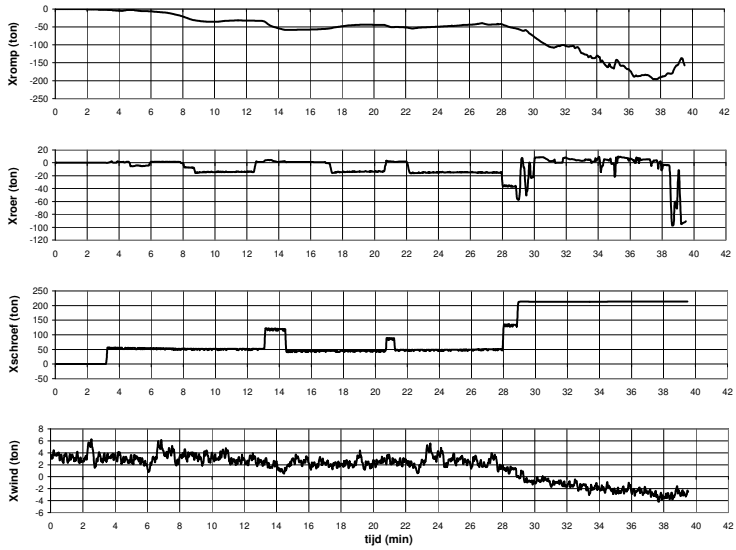


MANOEUVRE	naut067_RK afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

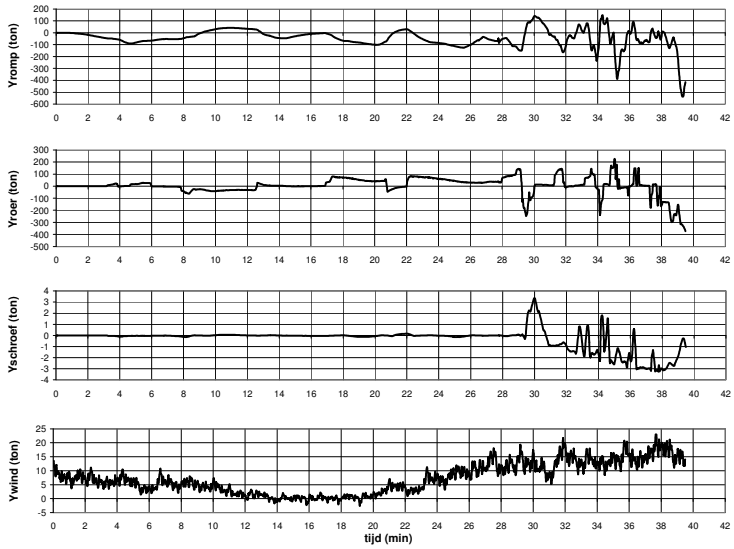
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut067_RK afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

Y-KRACHTEN

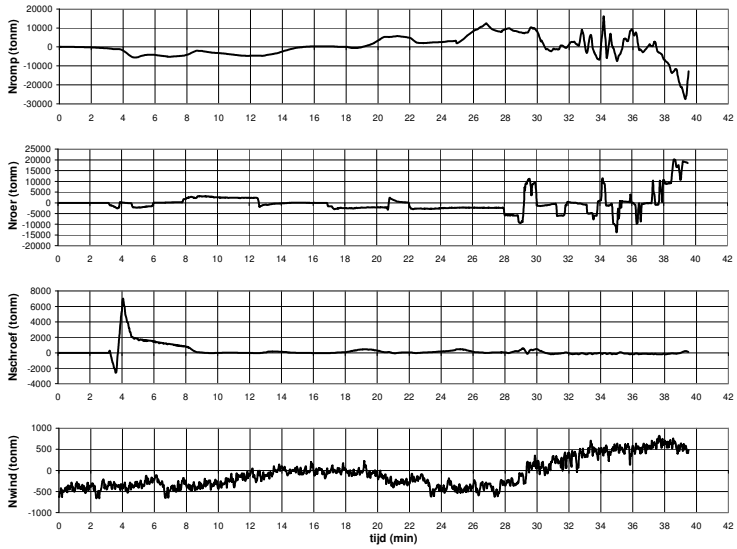


	naut067_RK
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

MOMENT- N

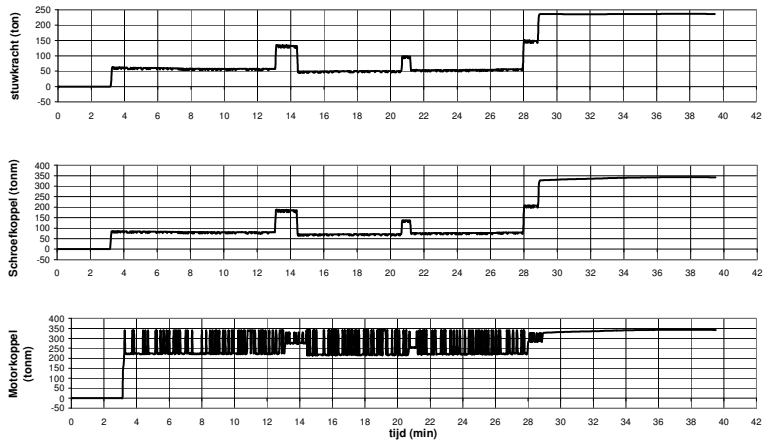


MANOEUVRE	naut067_RK afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

SCHROEF



	naut067_RK	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

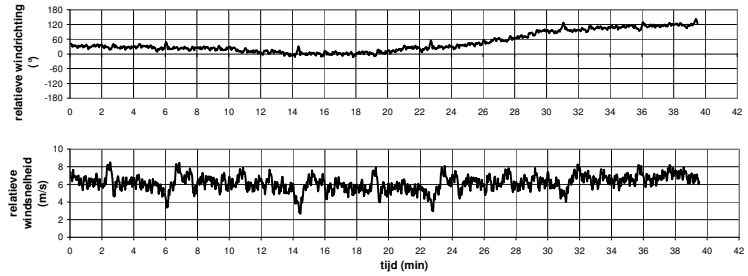
DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

SLEEPBOTEN 3&4

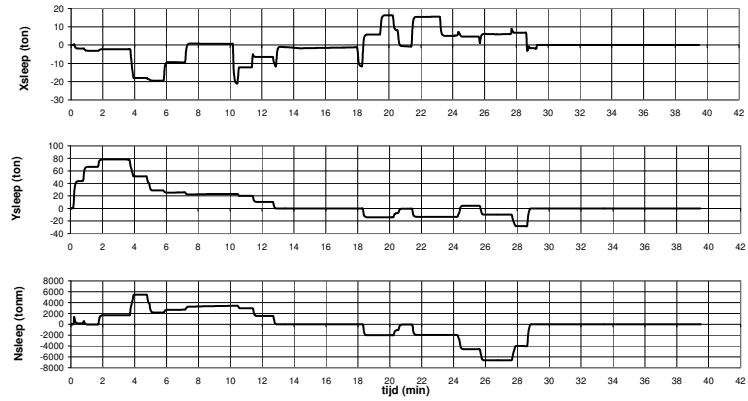
	naut067_RK	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

WIND



SLEEPKRACHTEN

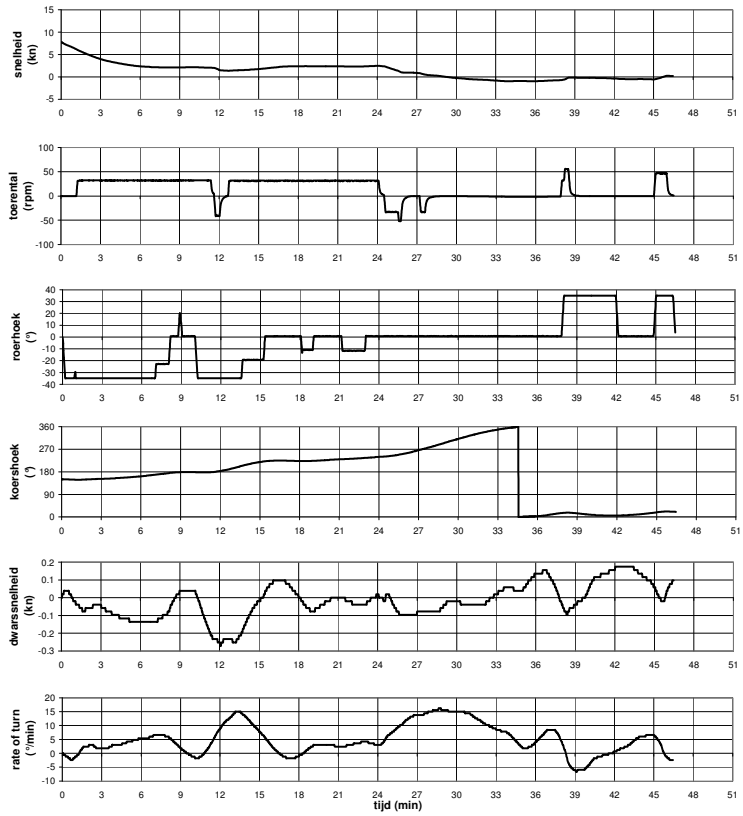


MANOEUVRE	naut067_RK afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib H	
DENSITEIT (t/m³)	1.207	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.19	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.967
3	19.833
4	30.833
5	-
6	-
Einde	40

EIGEN SCHIP

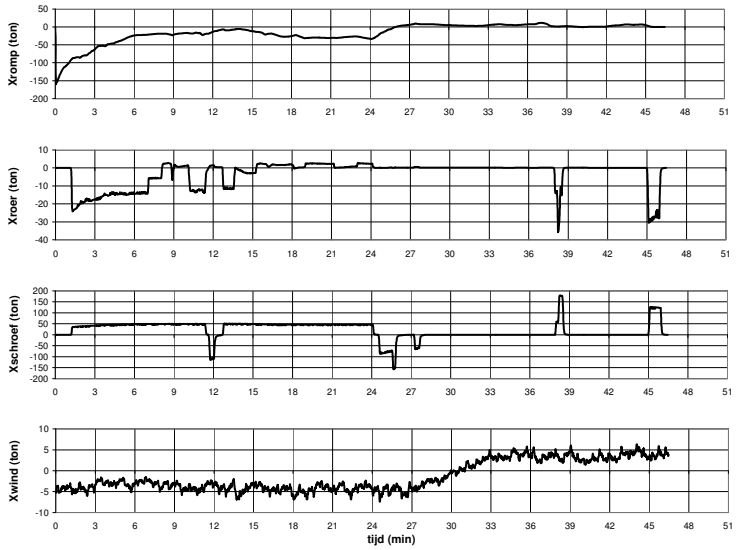


	naut068_TN
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

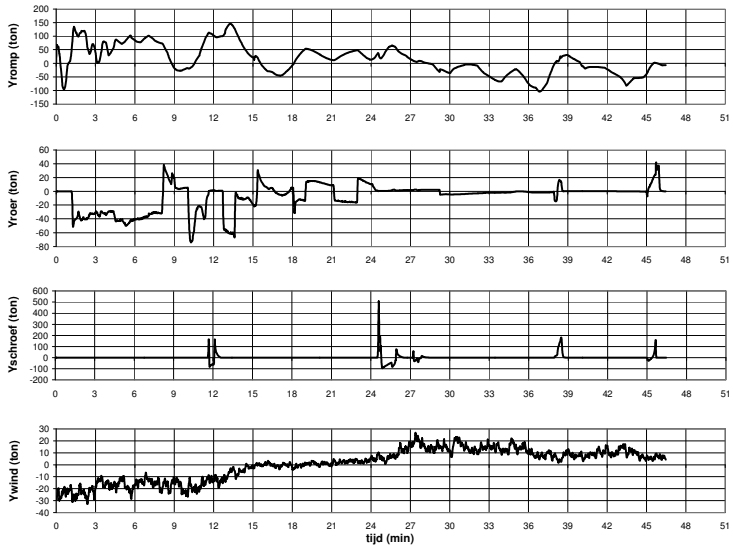
X-KRACHTEN



	naut068_TN	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

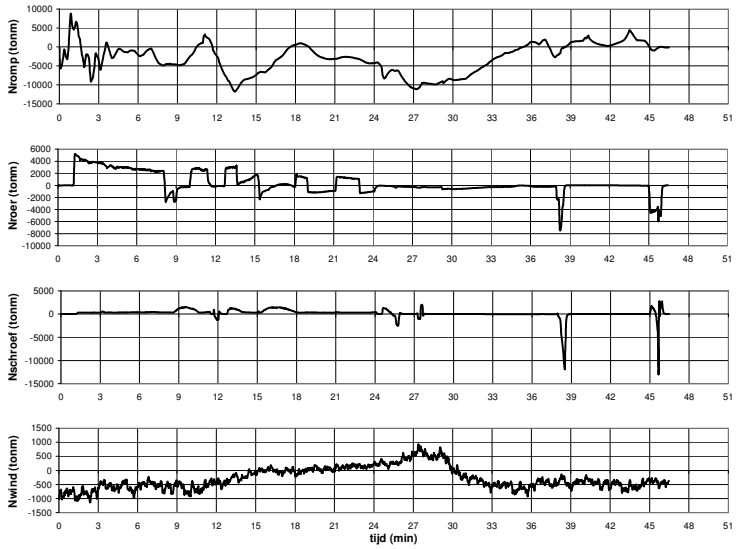
Y-KRACHTEN



	naut068_TN	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

MOMENT- N

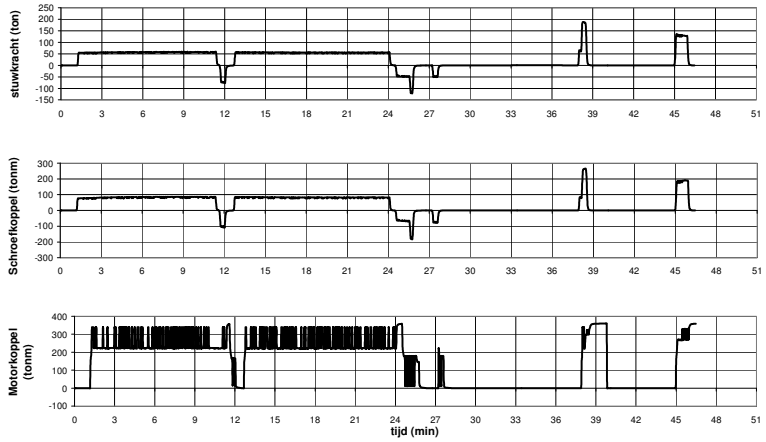


	naut068_TN
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

SCHROEF



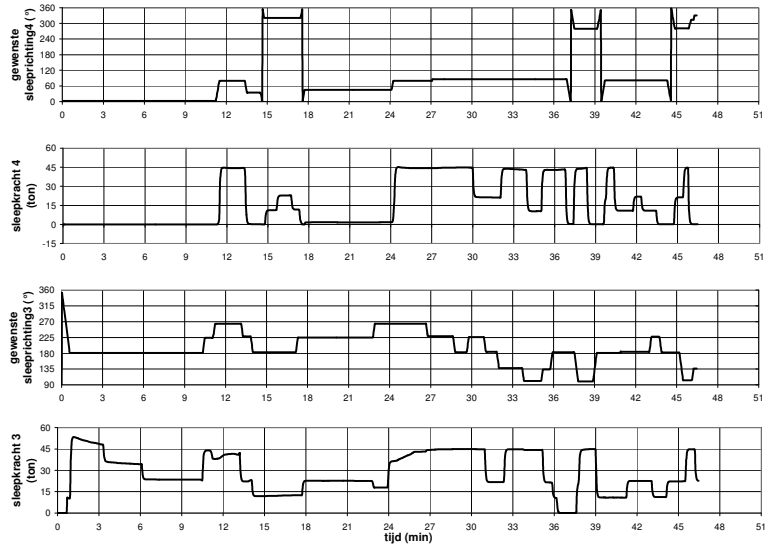
naut068_TN

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

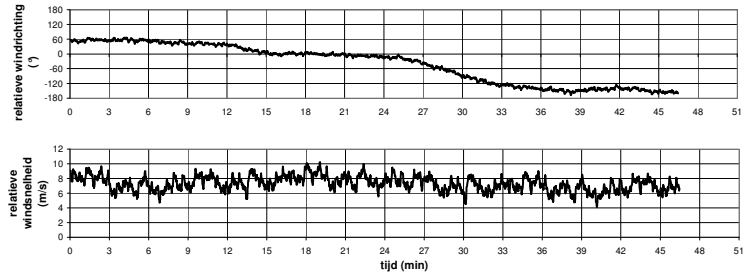
SLEEPBOTEN 3&4



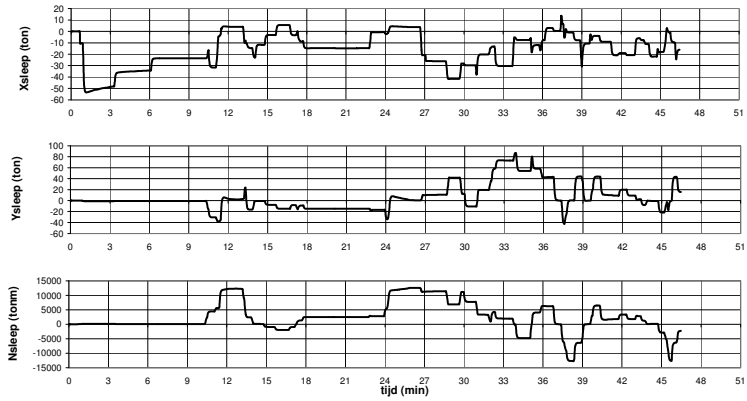
	naut068_TN	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

WIND



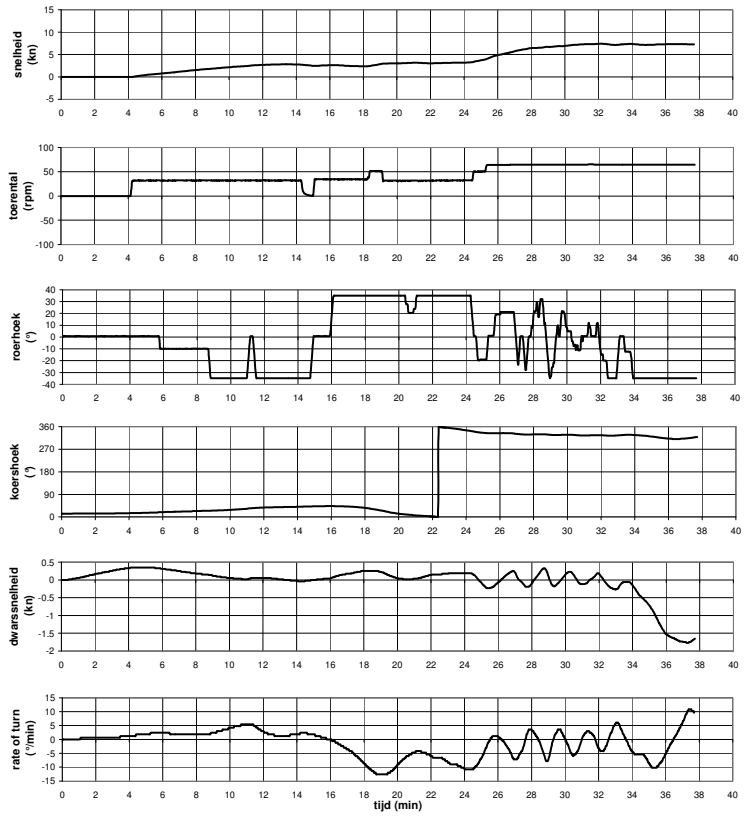
SLEEPKRACHTEN



	naut068_TN	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.467
4	14.533
5	25.100
6	36.333
Einde	46

EIGEN SCHIP

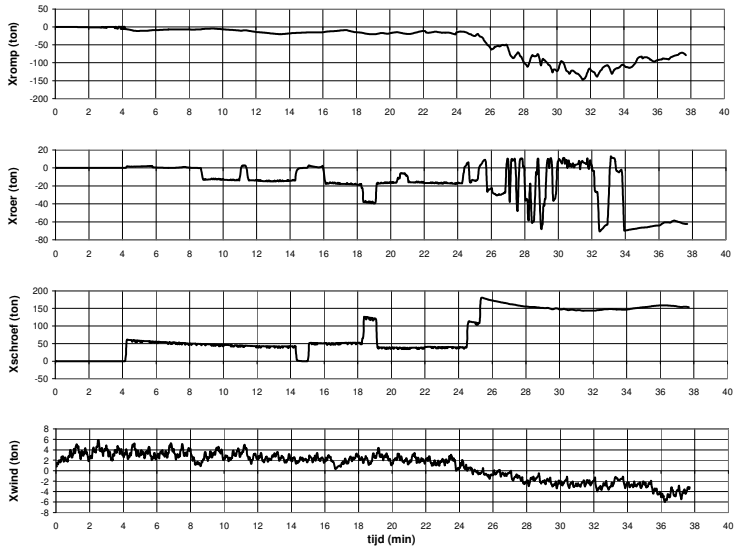


MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

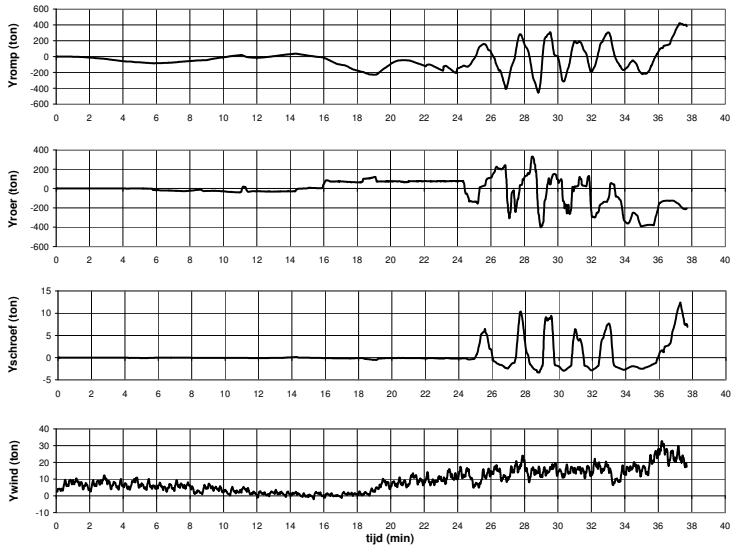
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

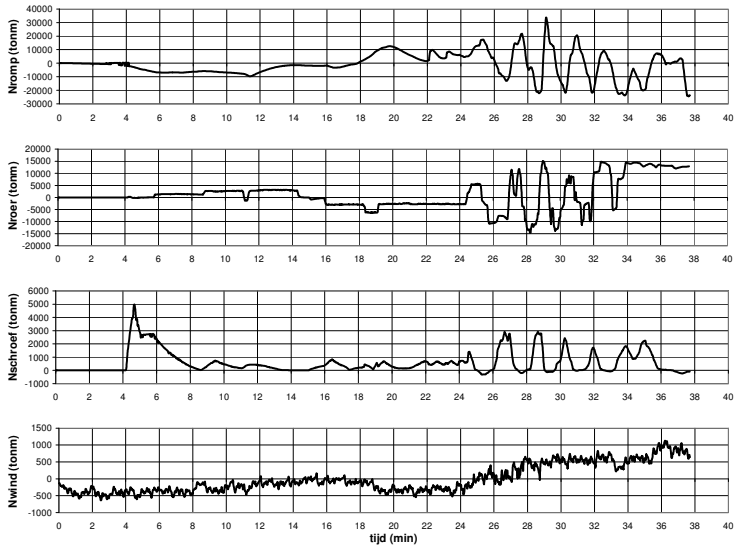
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

MOMENT- N

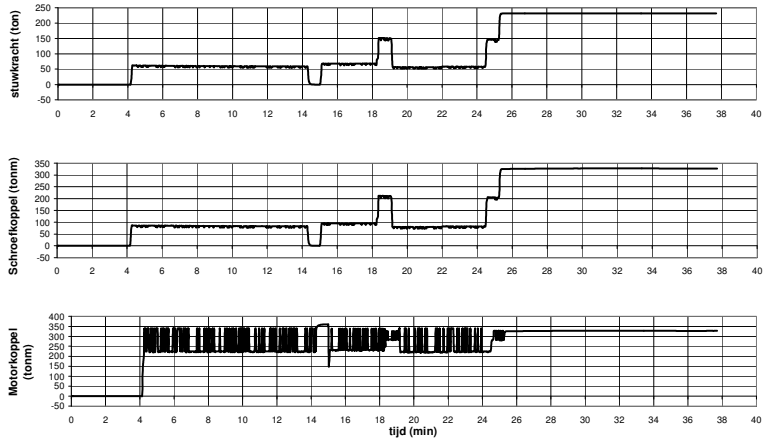


MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

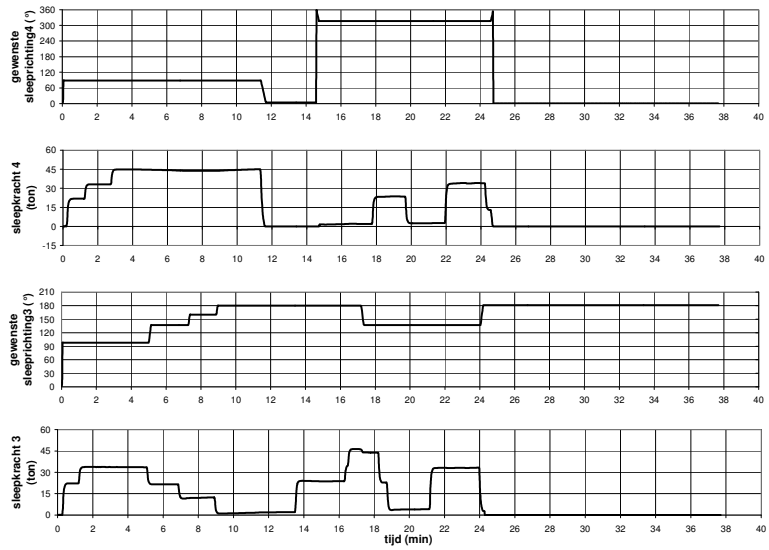
SCHROEF



MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

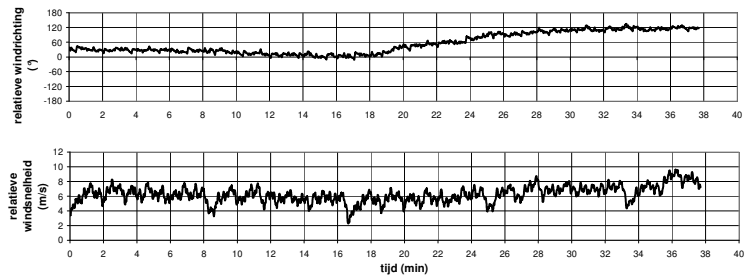
SLEEPBOTEN 3&4



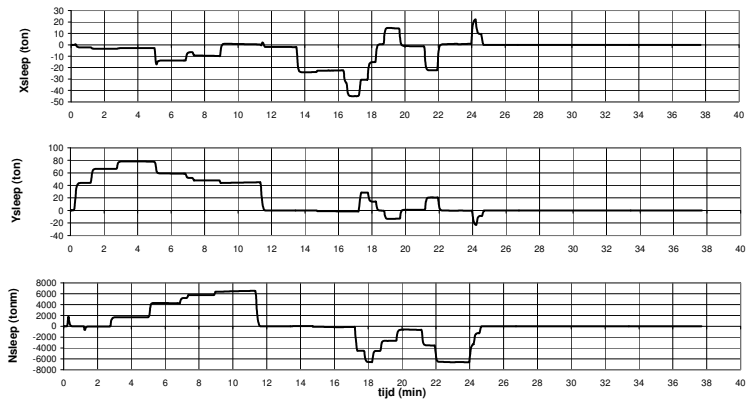
MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

WIND



SLEEPKRACHTEN

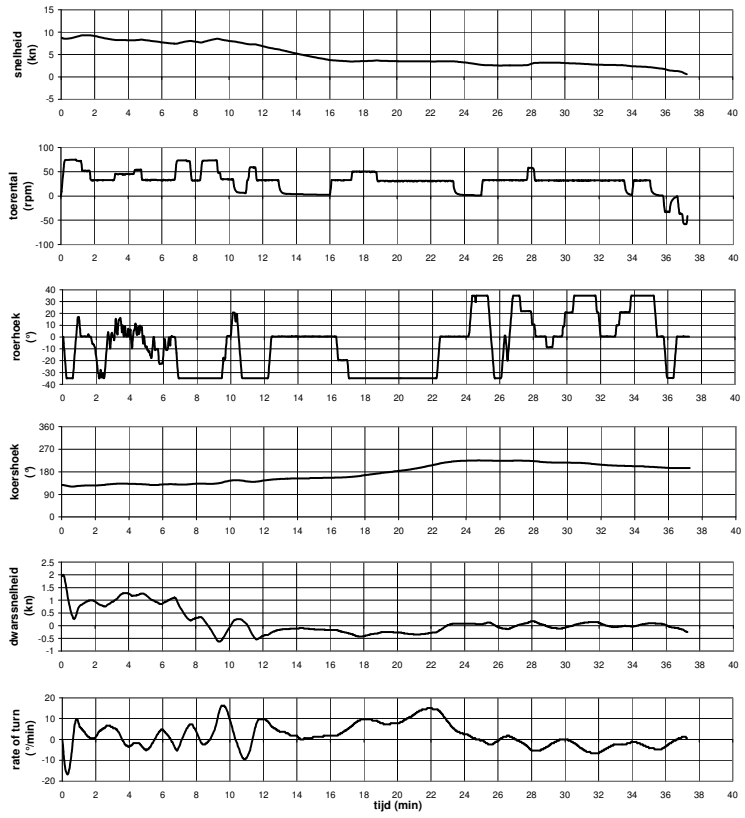


MANOEUVRE	naut069_TN afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.000
3	18.067
4	25.867
5	-
6	-
Einde	38

EIGEN SCHIP

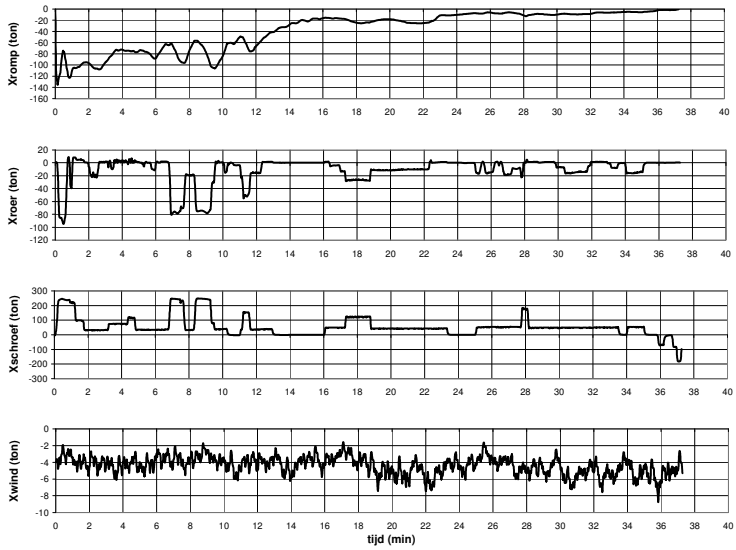


MANOEUVRE	naut070_PB opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

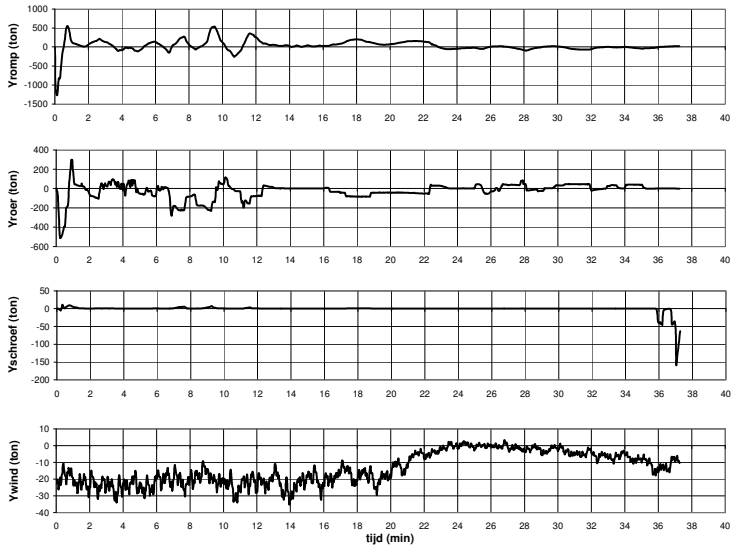
X-KRACHTEN



	naut070_PB	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

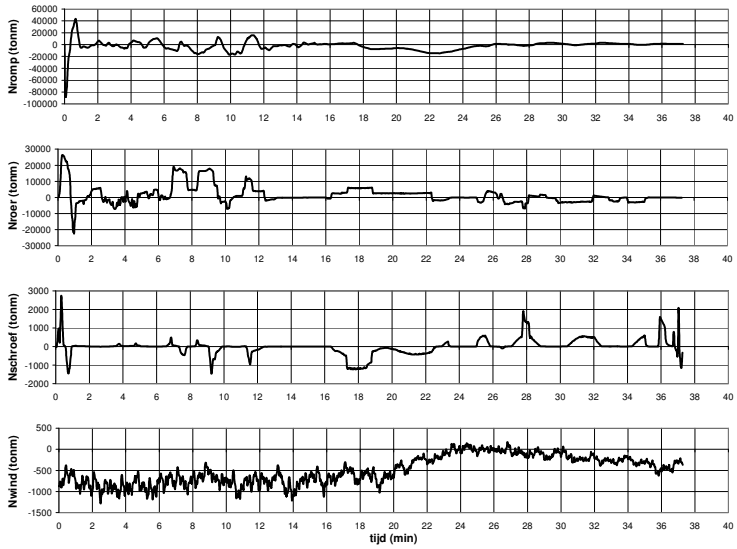
Y-KRACHTEN



	naut070_PB	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

MOMENT- N

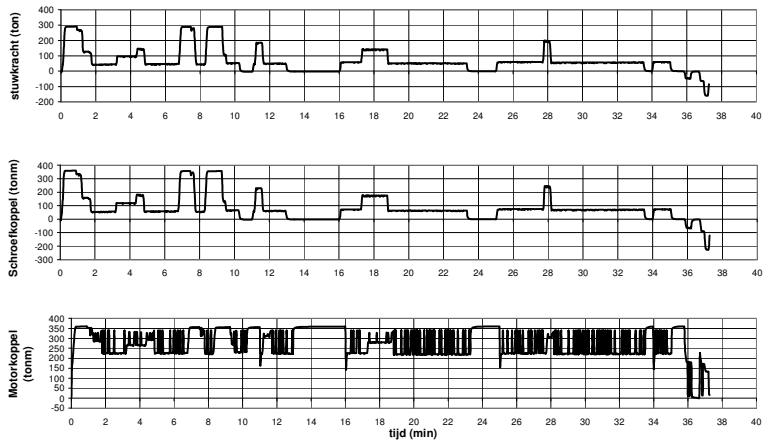


	naut070_PB
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

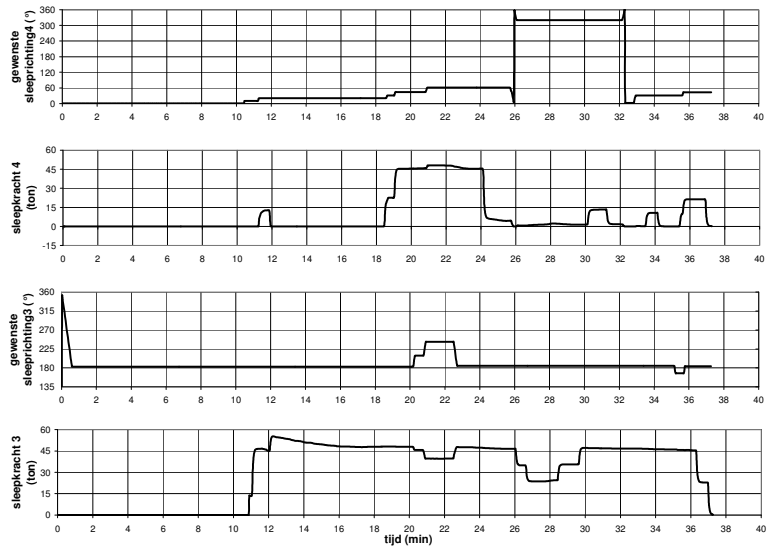
SCHROEF



MANOEUVRE	naut070_PB opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

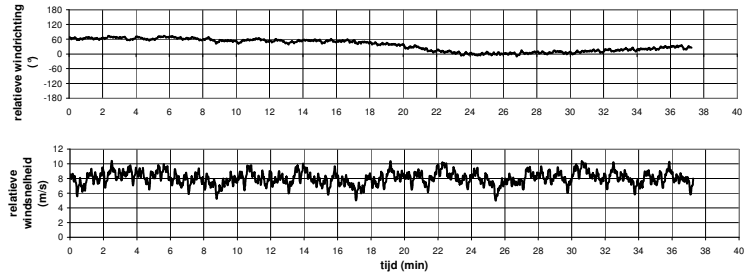
SLEEPBOTEN 3&4



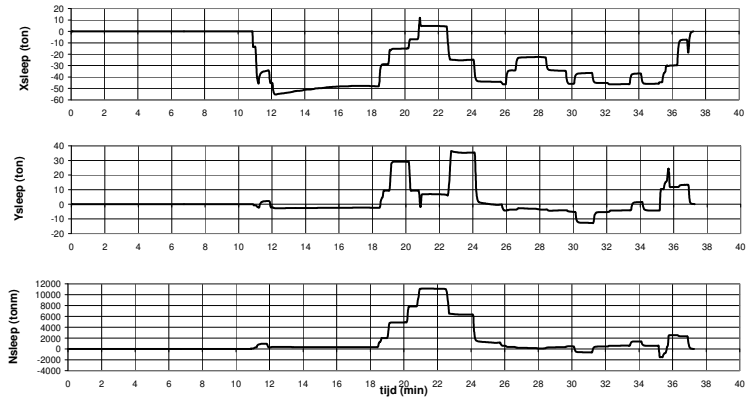
MANOEUVRE	naut070_PB opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

WIND



SLEEPKRACHTEN

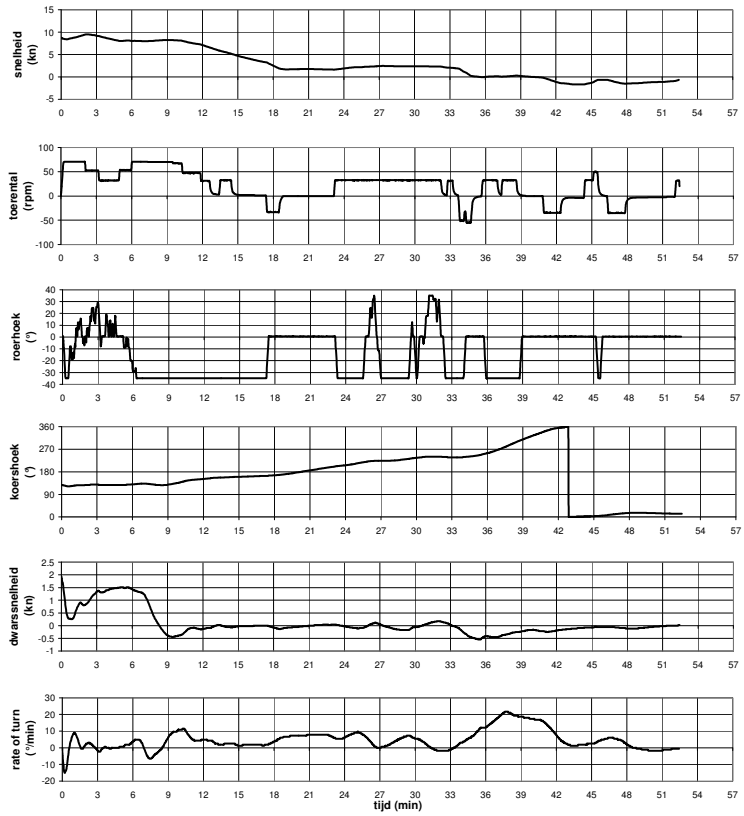


MANOEUVRE	naut070_PB opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-
SLIBSOORT	vaste bodem	
DENSITEIT (t/m³)	-	
VISCOSITEIT (Pa s)	-	
LAAGDIKTE (m)	-	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.800
3	17.167
4	22.567
5	-
6	-
Einde	37

EIGEN SCHIP

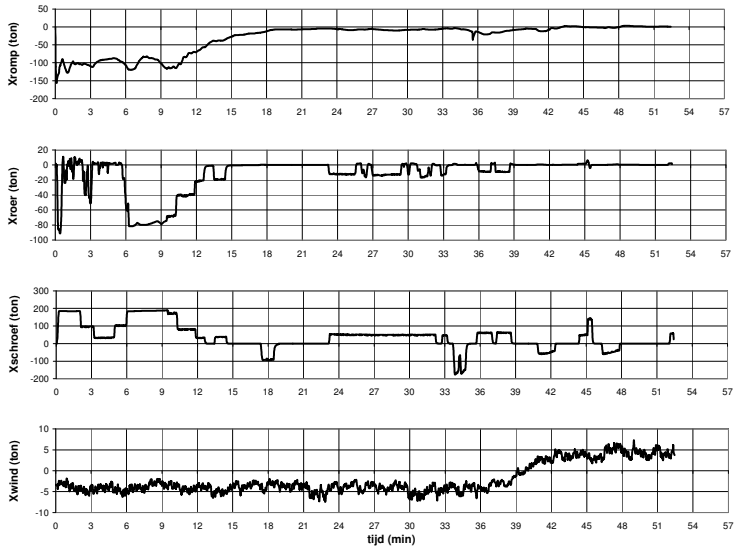


MANOEUVRE	naut071_TY opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

X-KRACHTEN

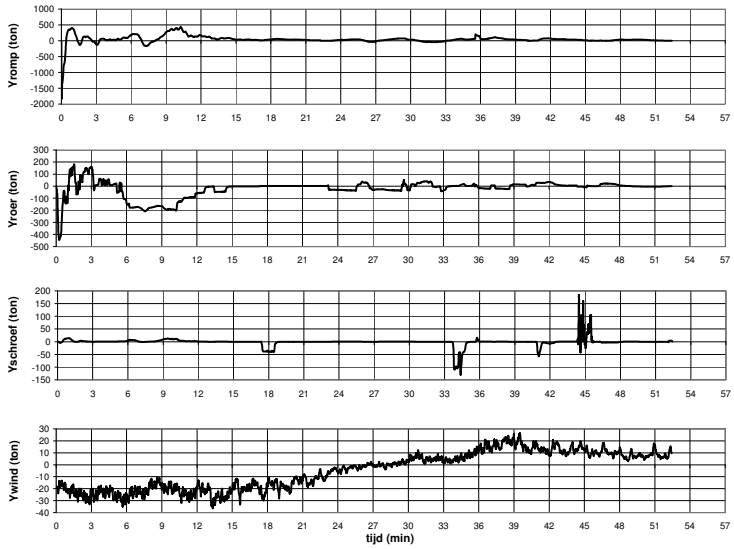


	naut071_TY
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

Y-KRACHTEN

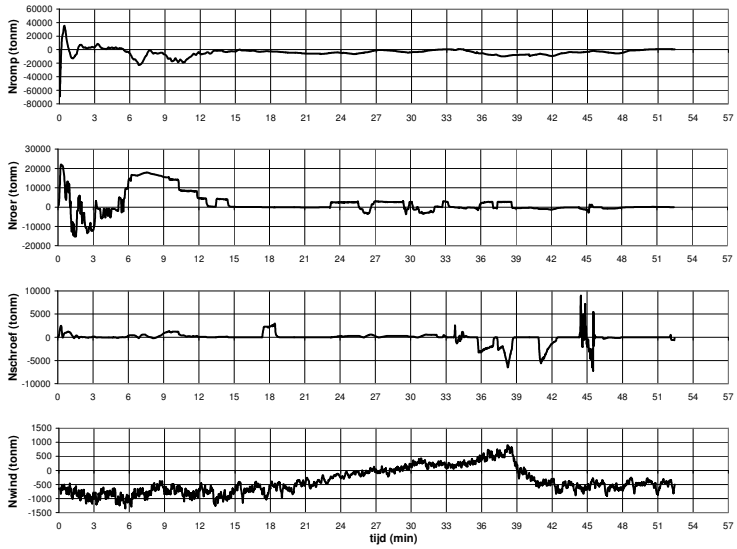


	naut071_TY
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

MOMENT- N

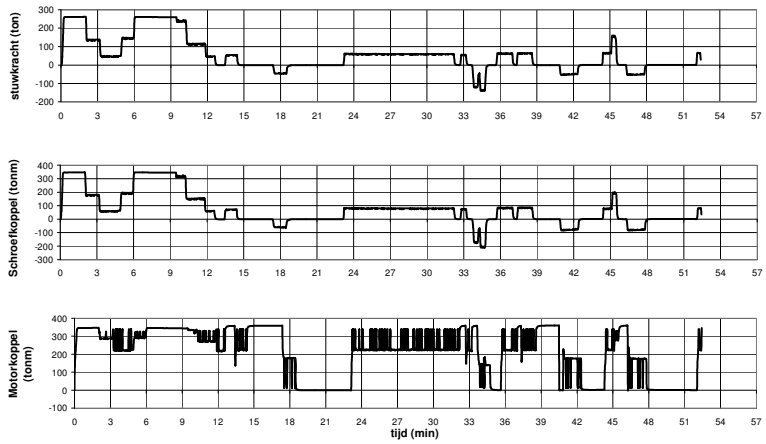


	naut071_TY
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

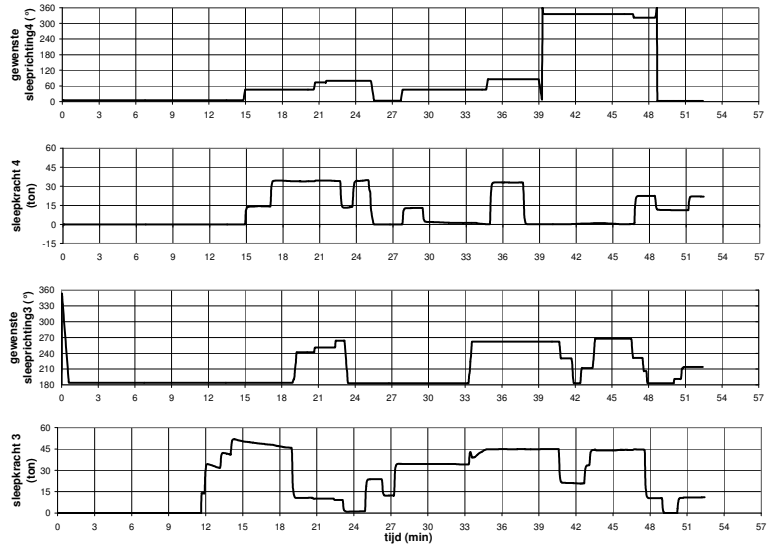
SCHROEF



MANOEUVRE	naut071_TY opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

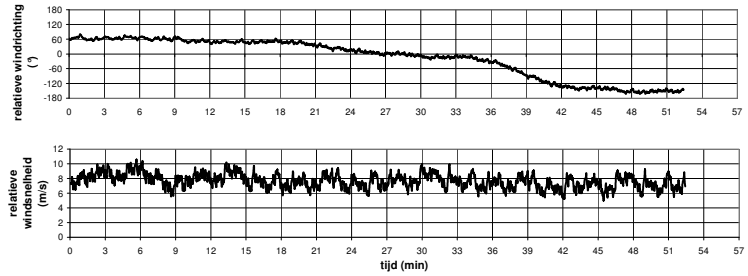
SLEEPBOTEN 3&4



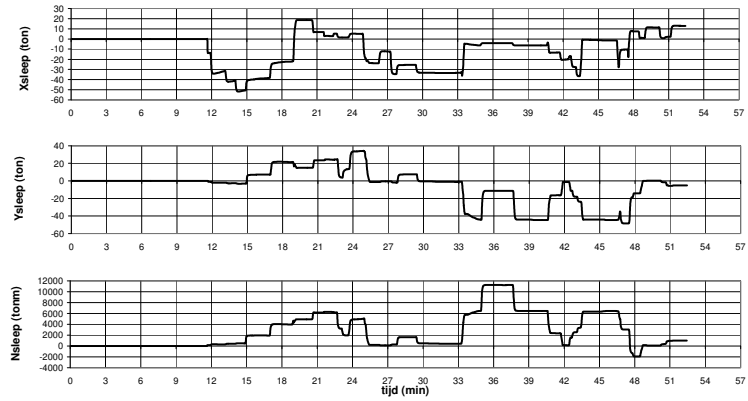
MANOEUVRE	naut071_TY opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

WIND



SLEEPKRACHTEN

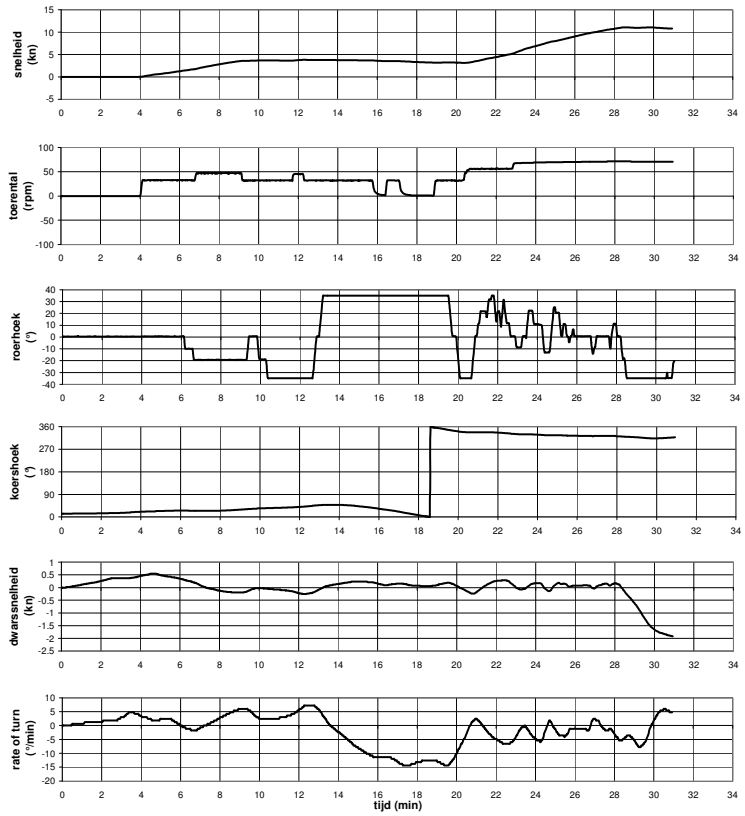


	naut071_TY
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (met zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	11.600
3	14.600
4	25.100
5	35.100
6	45.533
Einde	52

EIGEN SCHIP

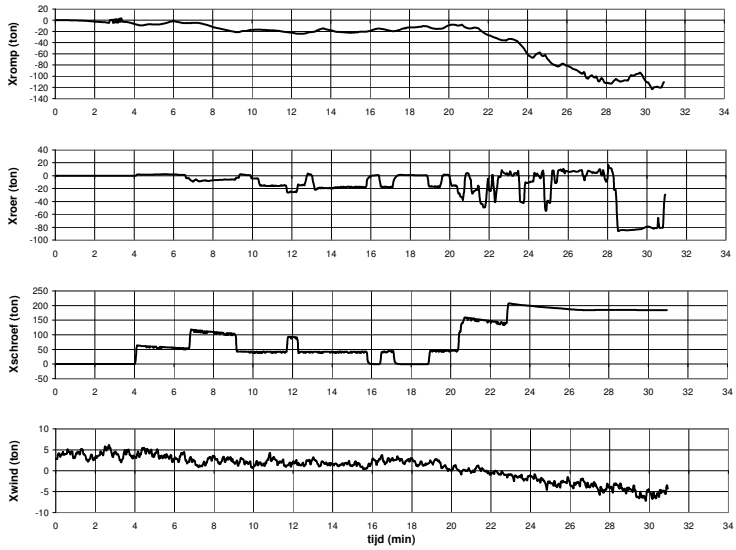


MANOEUVRE	naut074_TY afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31

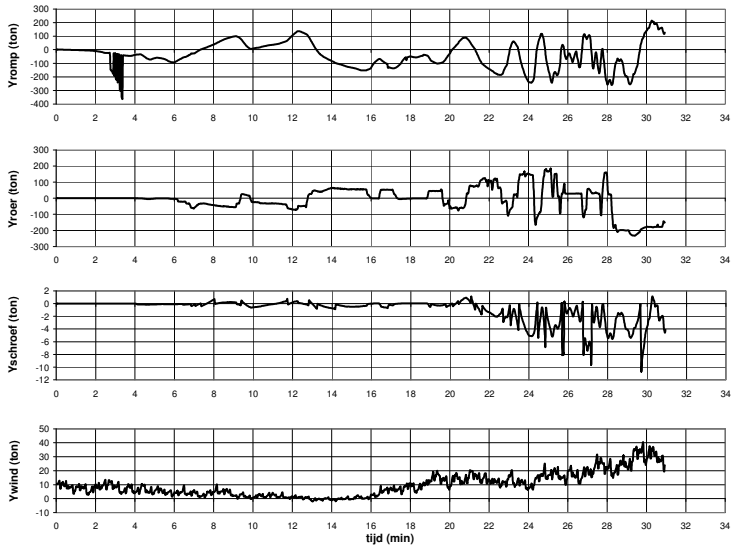
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut074_TY afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31

Y-KRACHTEN

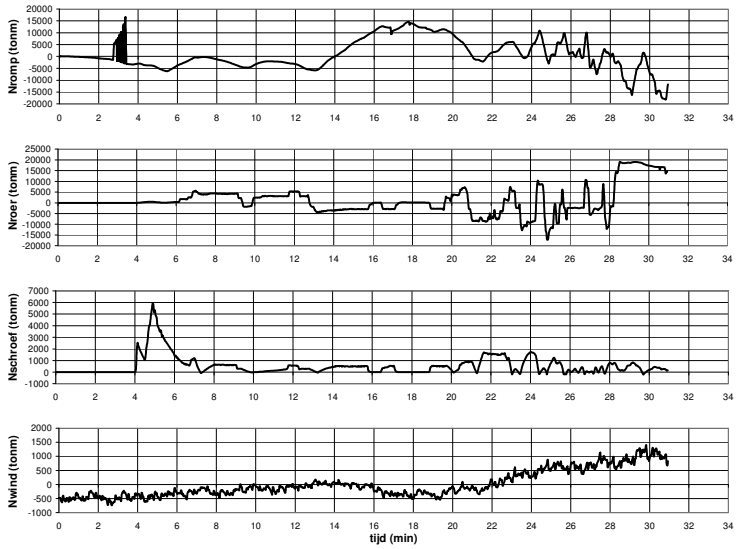


	naut074_TY
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31

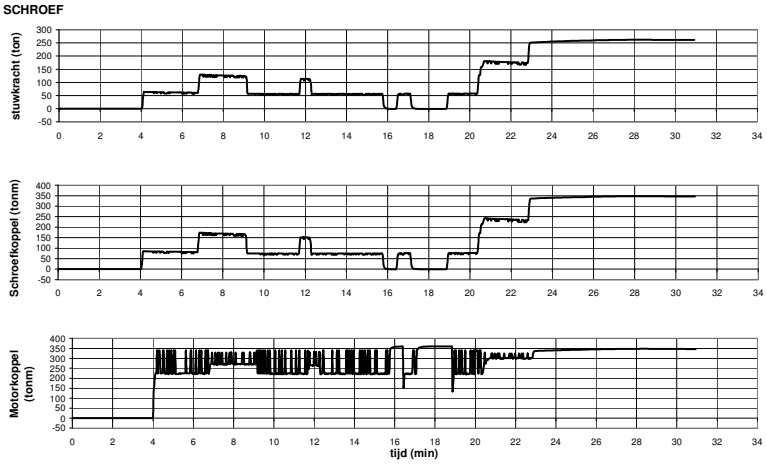
MOMENT- N



	naut074_TY
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

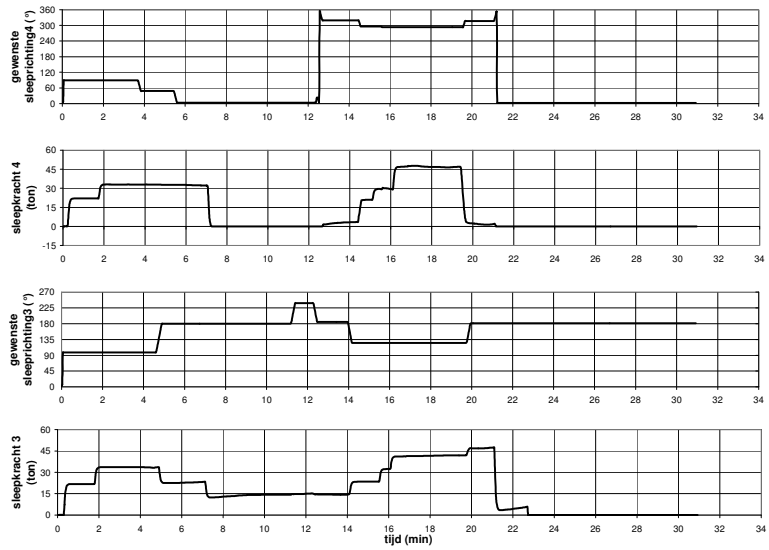
DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31



	naut074_TY	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31

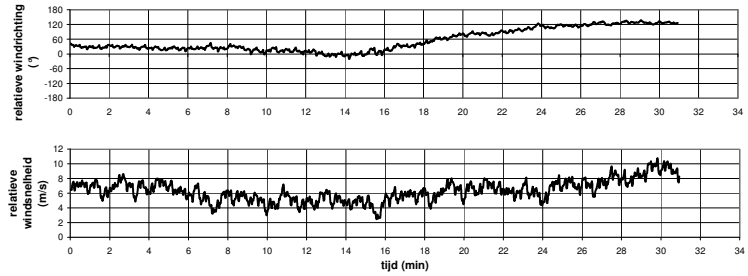
SLEEPBOTEN 3&4



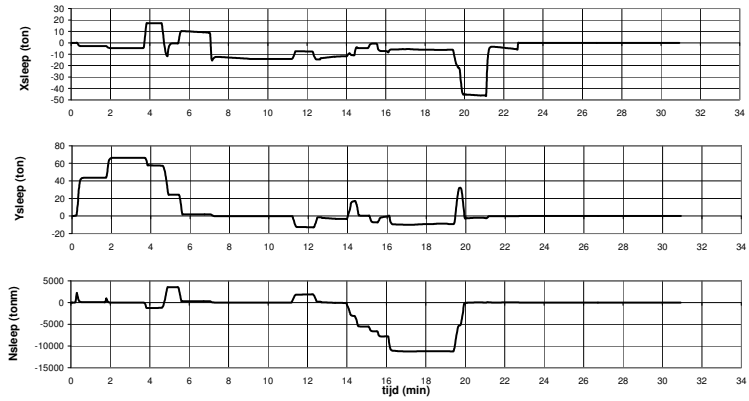
MANOEUVRE	naut074_TY afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	4h00 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31

WIND



SLEEPKRACHTEN

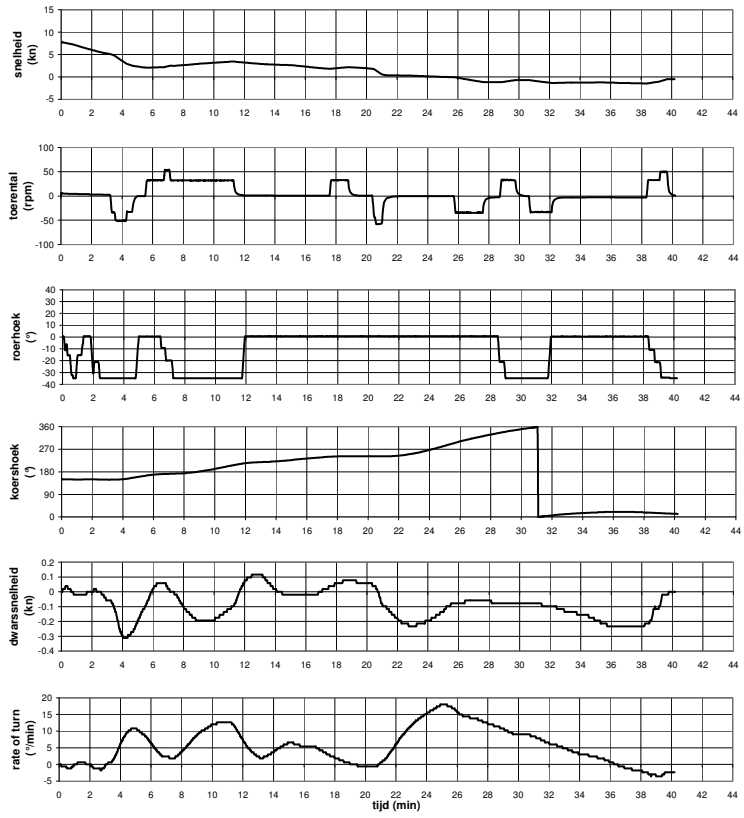


	naut074_TY
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	4h00 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	4.1
SLIBSOORT	slib D	
DENSITEIT (t/m³)	1.108	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.03	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.167
3	15.767
4	21.667
5	-
6	-
Einde	31

EIGEN SCHIP

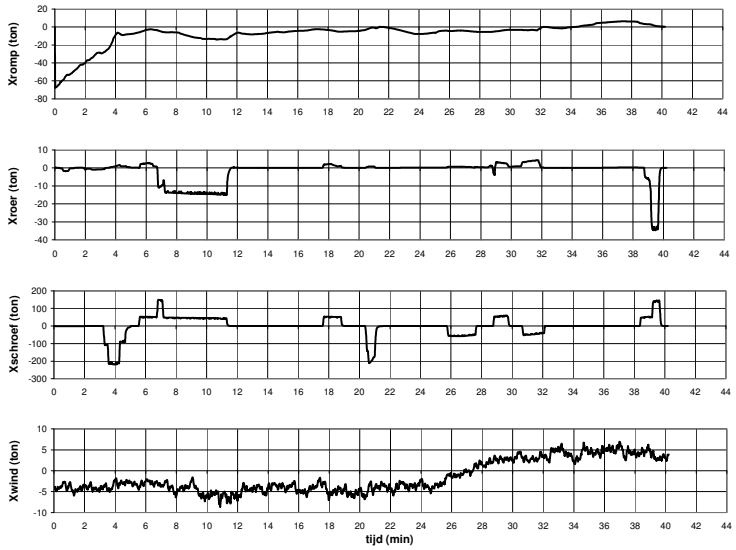


	naut075_TI
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

X-KRACHTEN

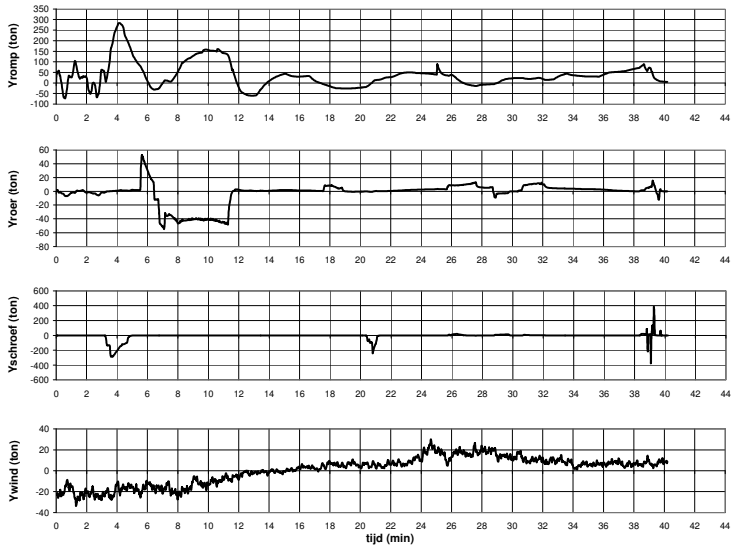


	naut075_TI
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

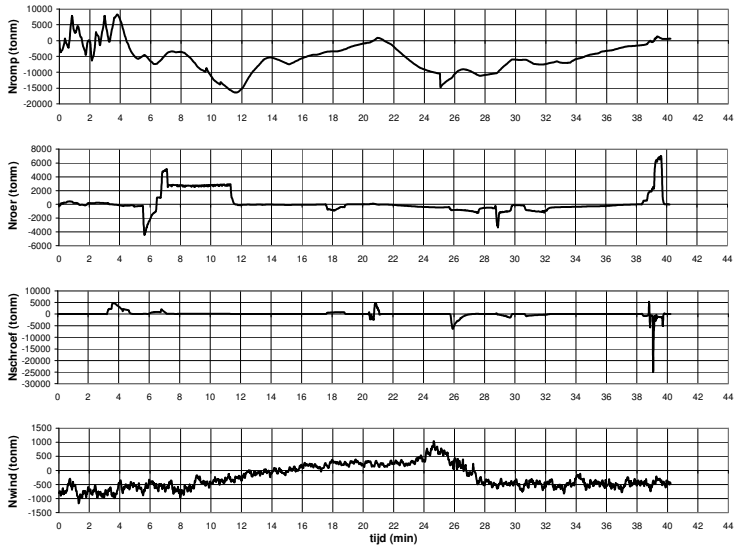
Y-KRACHTEN



	naut075_TI	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

MOMENT- N

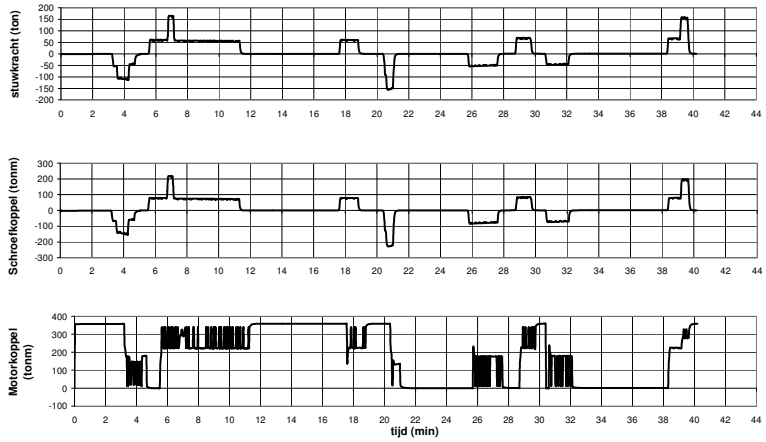


	naut075_TI
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

SCHROEF

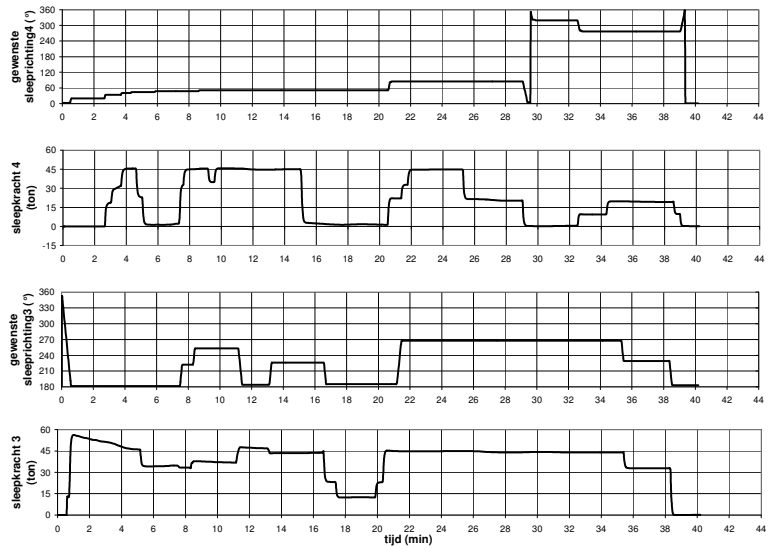


MANOEUVRE	naut075_TI opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

SLEEPBOTEN 3&4



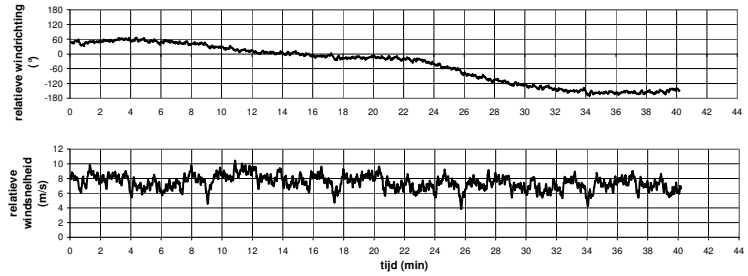
naut075_TI

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

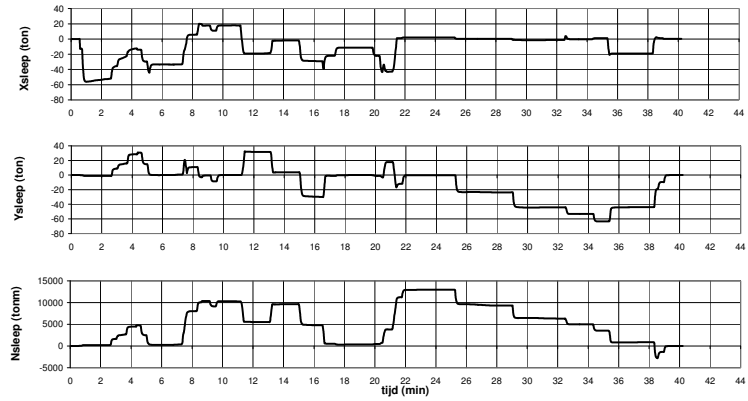
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

WIND



SLEEPKRACHTEN

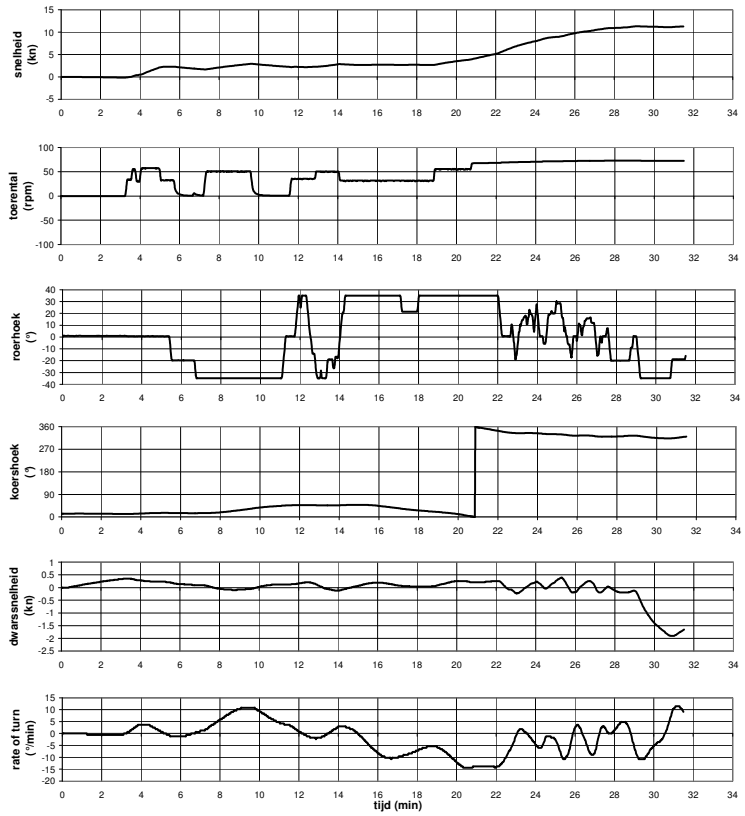


	naut075_TI
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.000
4	12.033
5	22.033
6	31.800
Einde	40

EIGEN SCHIP

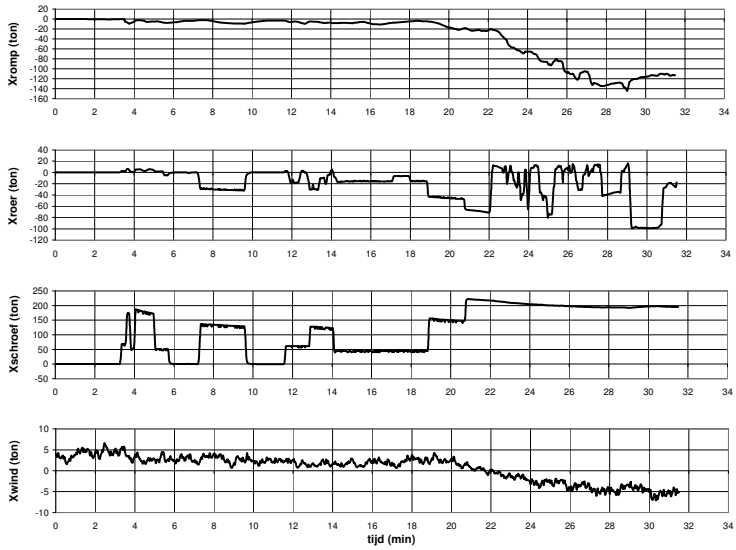


MANOEUVRE	naut076_TI afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

X-KRACHTEN

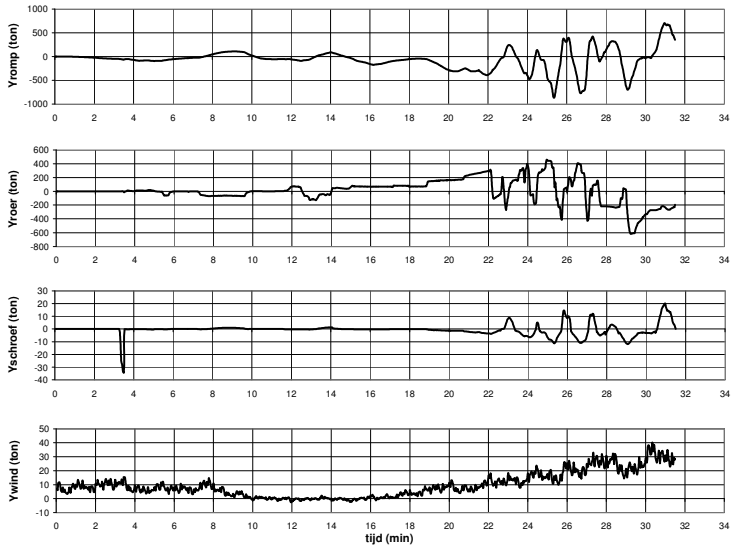


	naut076_TI
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

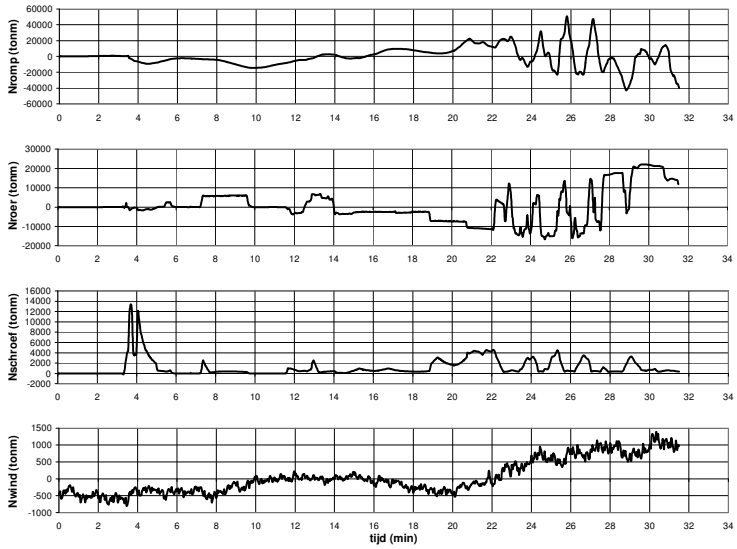
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut076_TI afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

MOMENT- N

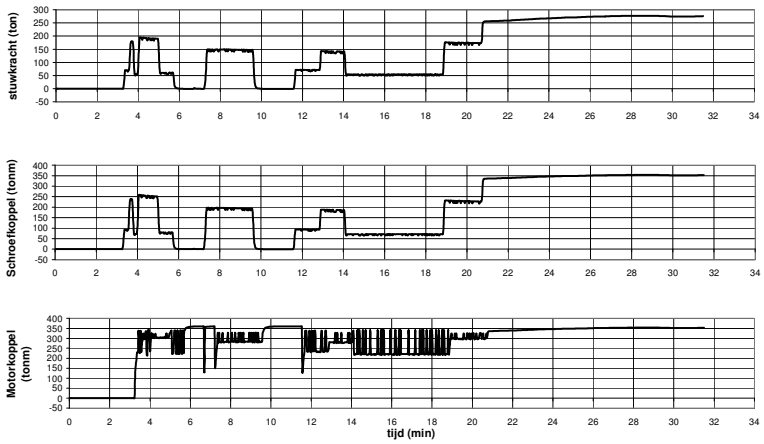


	naut076_TI
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

SCHROEF

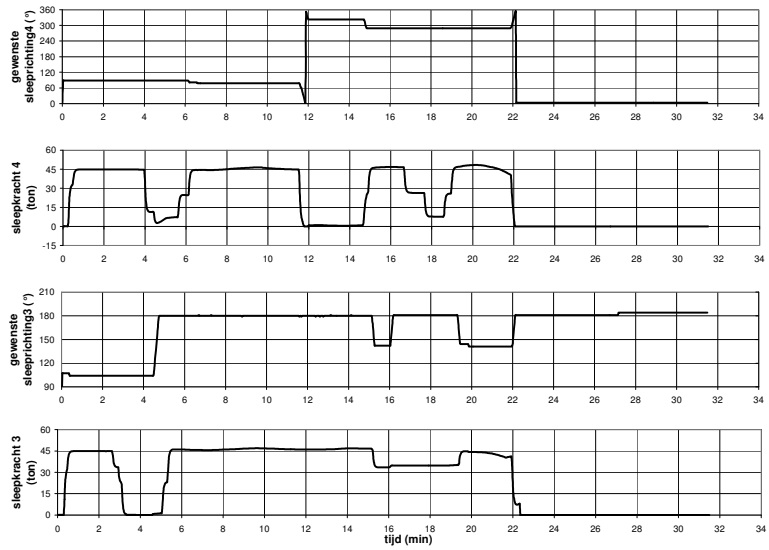


	naut076_TI
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

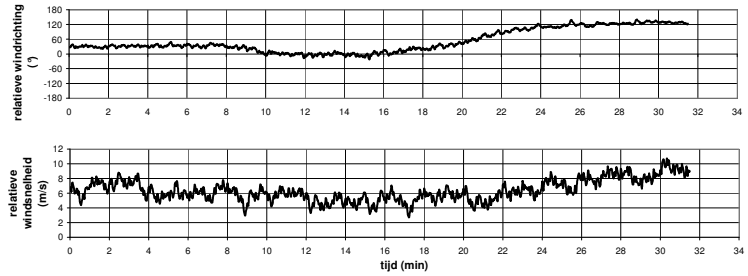
SLEEPBOTEN 3&4



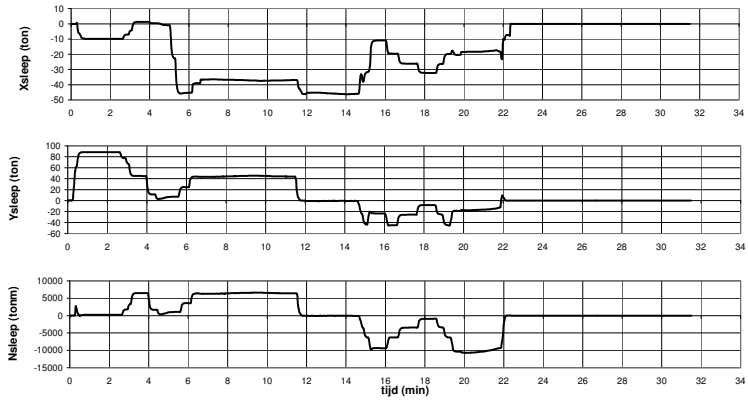
MANOEUVRE	naut076_TI afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

WIND



SLEEPKRACHTEN

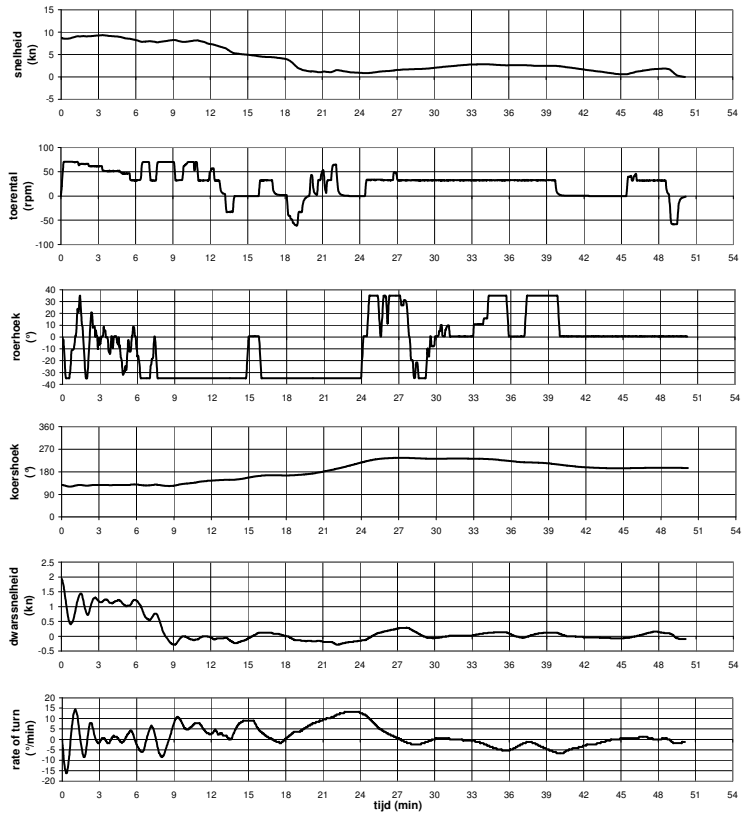


	naut076_TI
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	8.433
3	16.900
4	23.000
5	-
6	-
Einde	32

EIGEN SCHIP

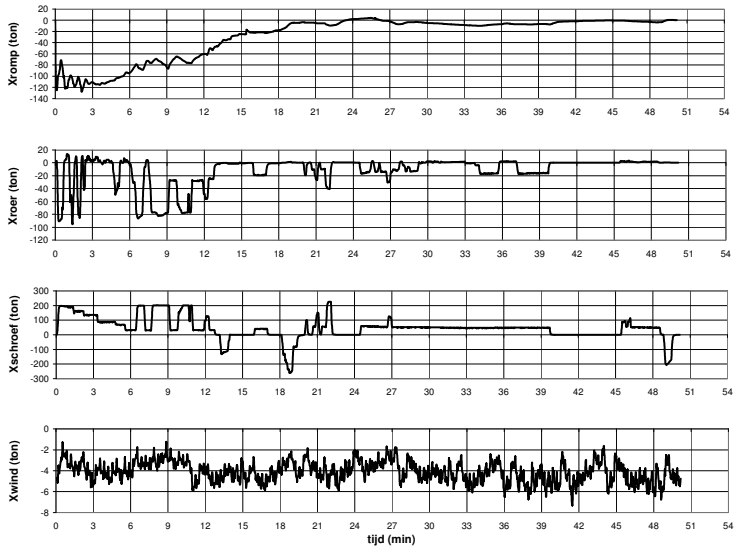


MANOEUVRE	naut077_RW opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

X-KRACHTEN

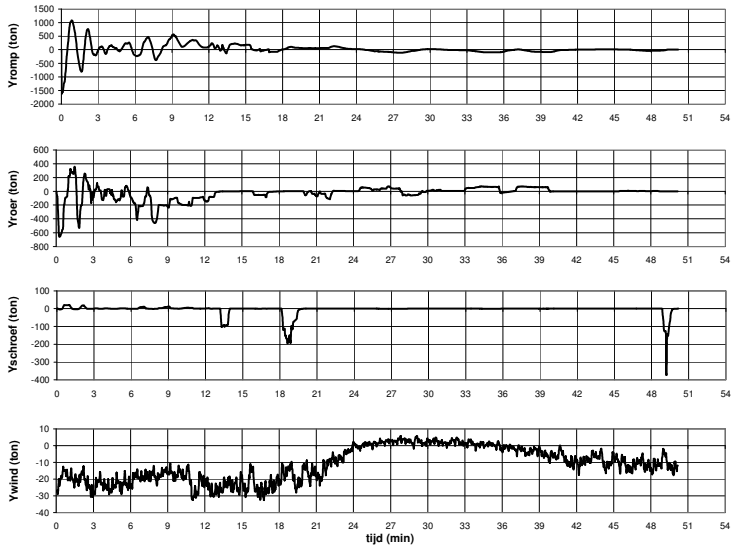


	naut077_RW
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

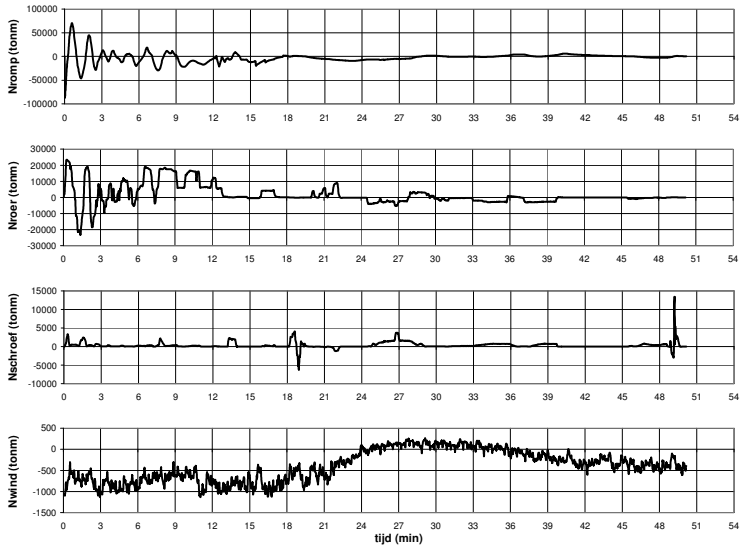
Y-KRACHTEN



	naut077_RW	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

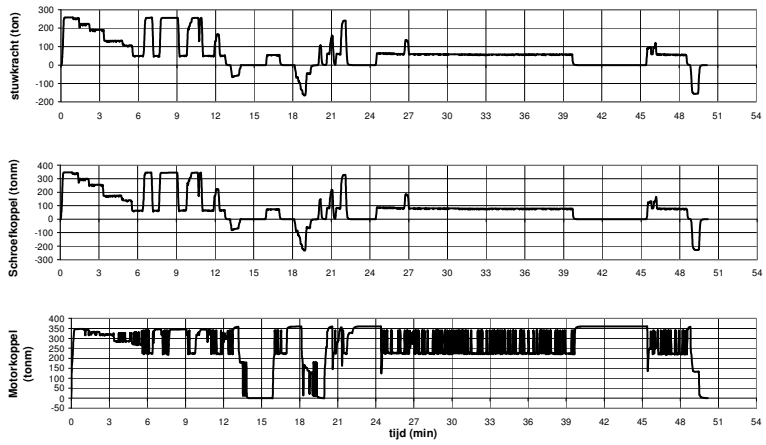
MOMENT- N



	naut077_RW	
MANOEUVRE	opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

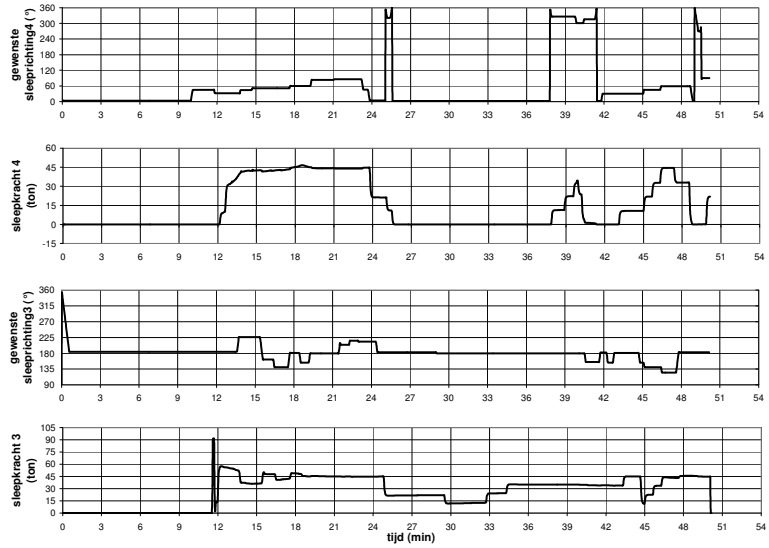
SCHROEF



MANOEUVRE	naut077_RW opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

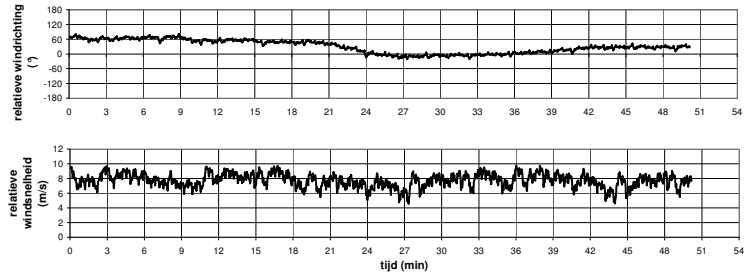
SLEEPBOTEN 3&4



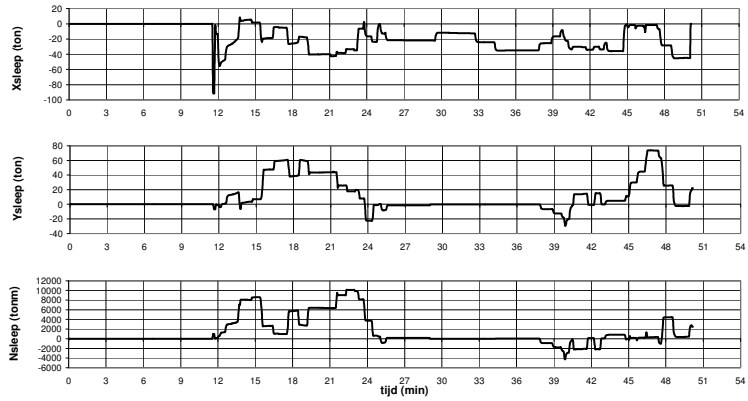
MANOEUVRE	naut077_RW opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

WIND



SLEEPKRACHTEN

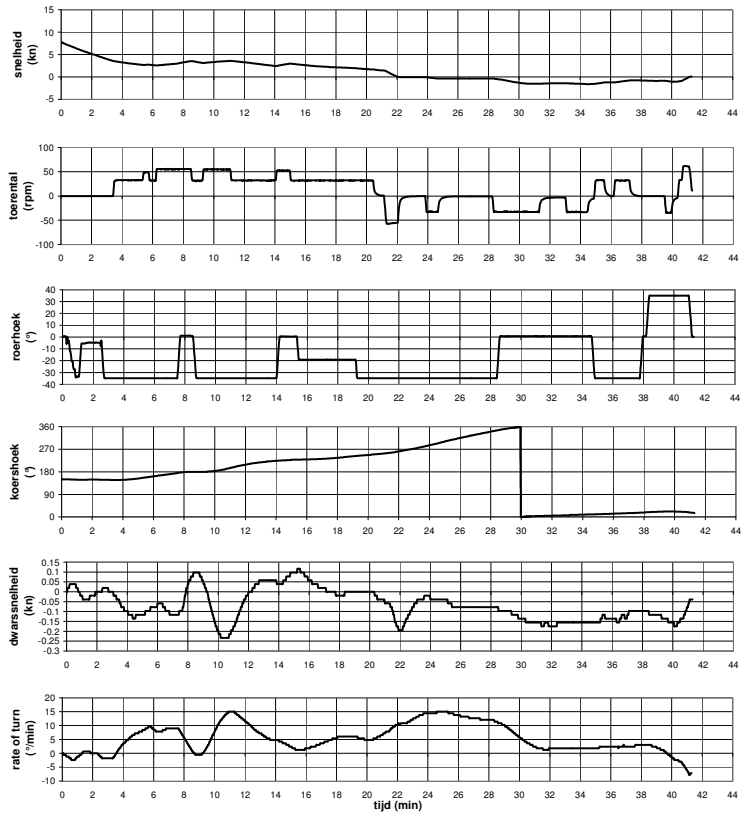


MANOEUVRE	naut077_RW opvaart van zandboei naar kaai 205 (zonder zwaaien)
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	3.9
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	12.000
3	15.300
4	23.833
5	-
6	-
Einde	50

EIGEN SCHIP

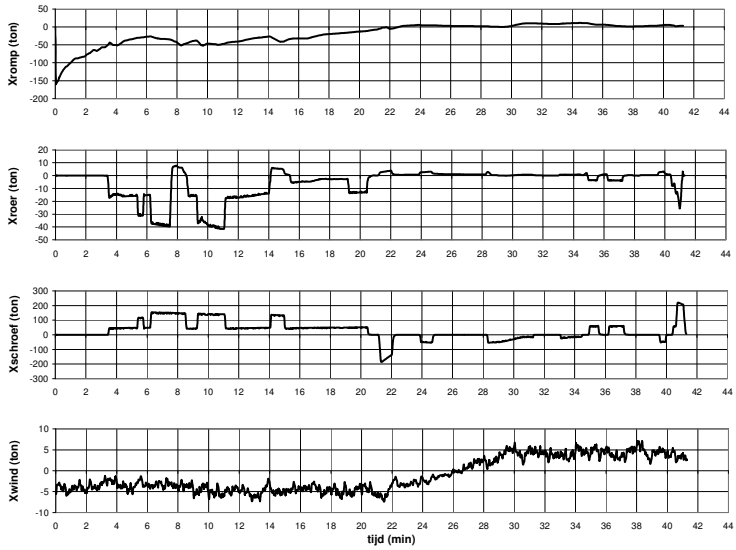


	naut078_RZ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

X-KRACHTEN

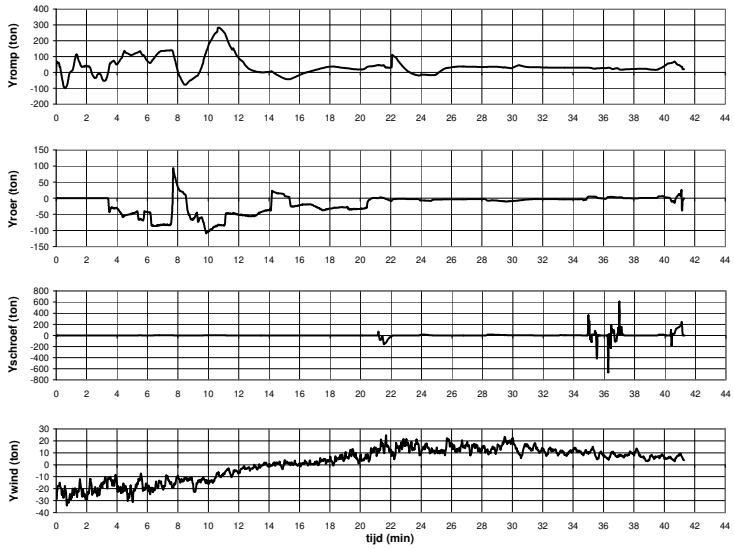


	naut078_RZ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

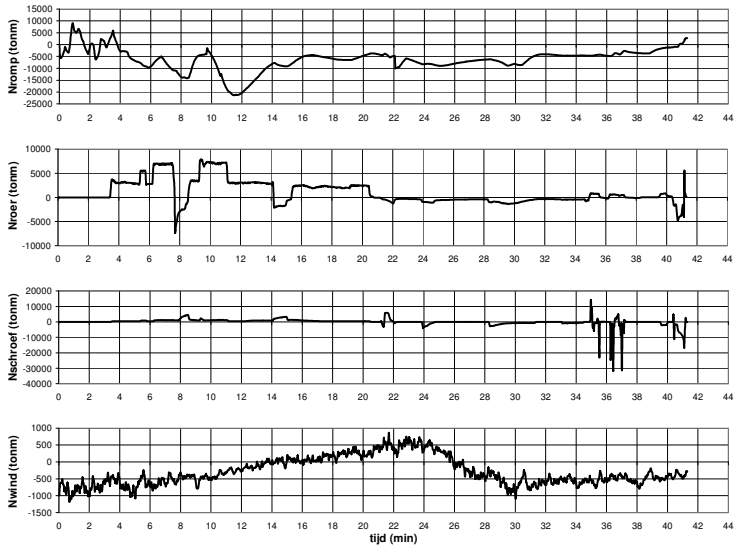
Y-KRACHTEN



	naut078_RZ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

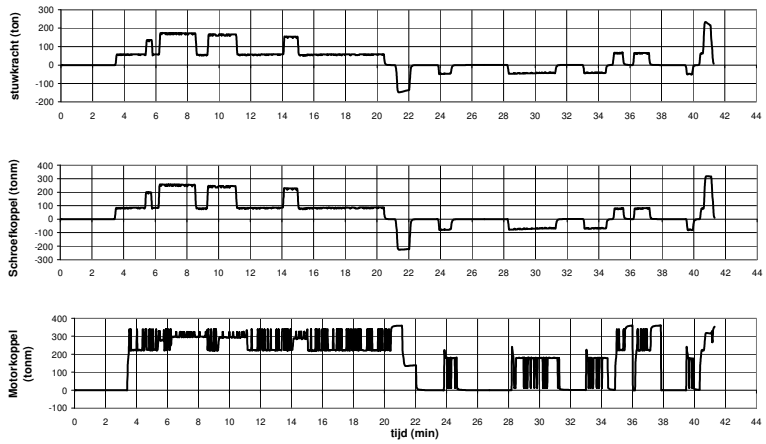
MOMENT- N



	naut078_RZ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

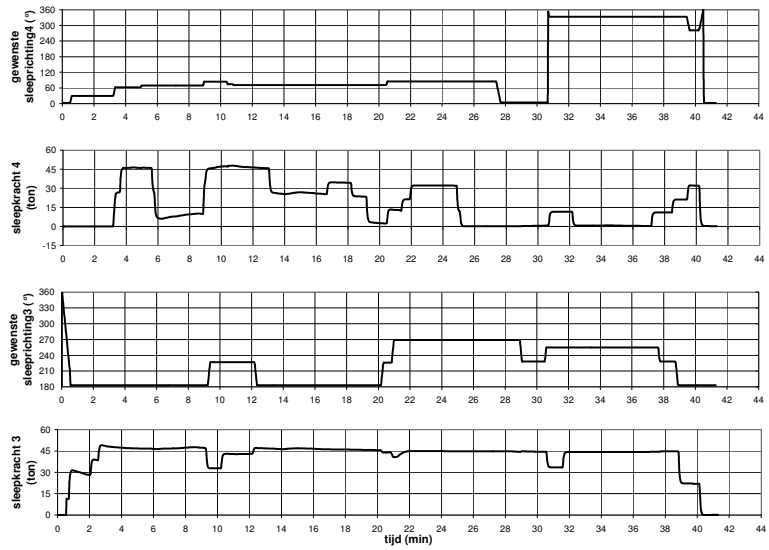
SCHROEF



MANOEUVRE	naut078_RZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

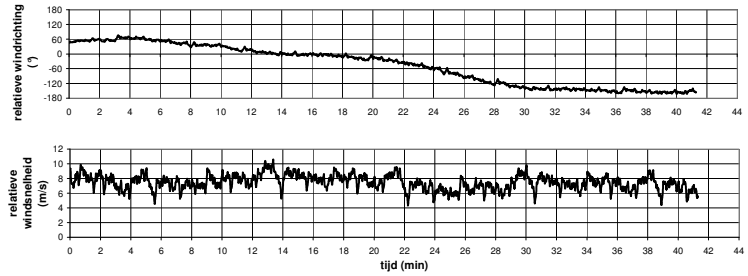
SLEEPBOTEN 3&4



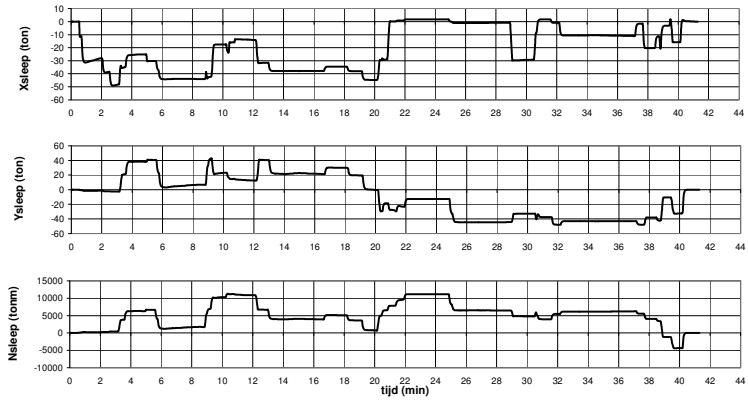
MANOEUVRE	naut078_RZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

WIND



SLEEPKRACHTEN

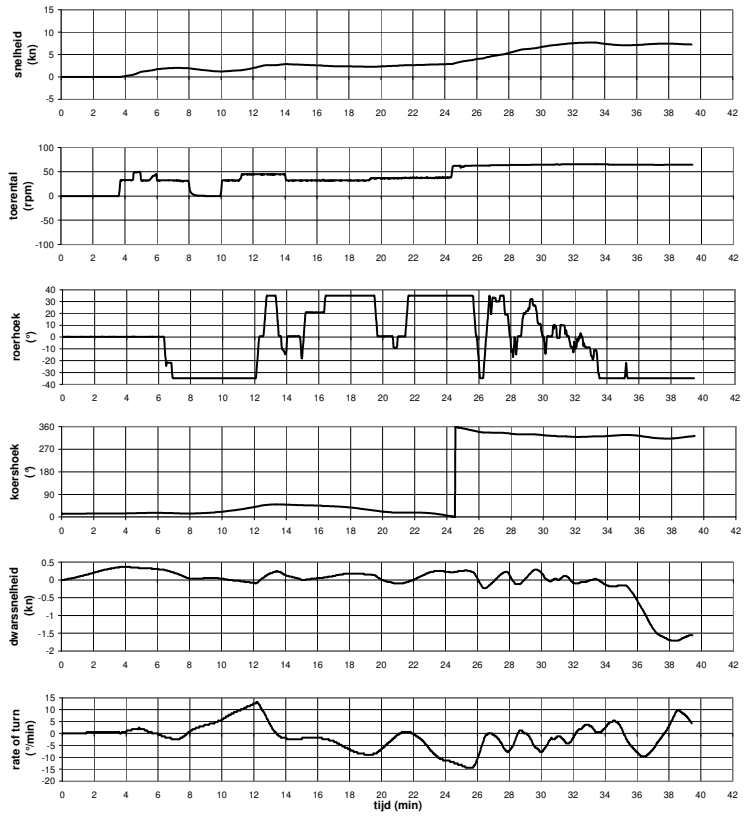


MANOEUVRE	naut078_RZ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	12.600
5	19.467
6	31.500
Einde	41

EIGEN SCHIP

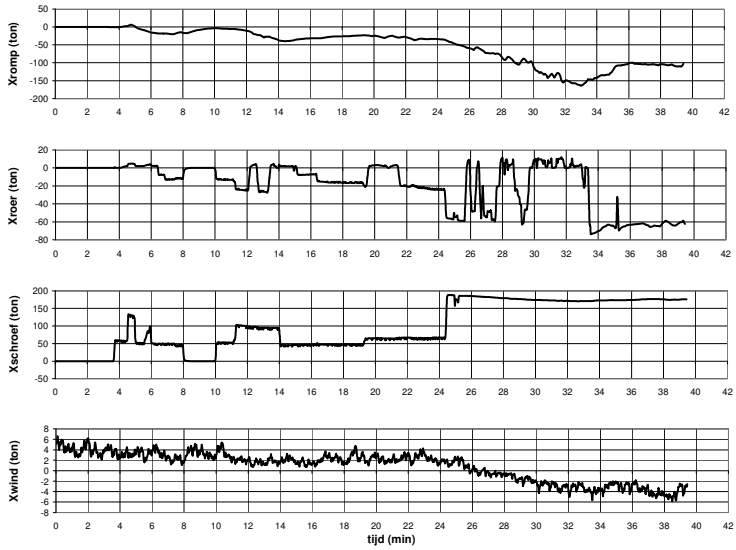


MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

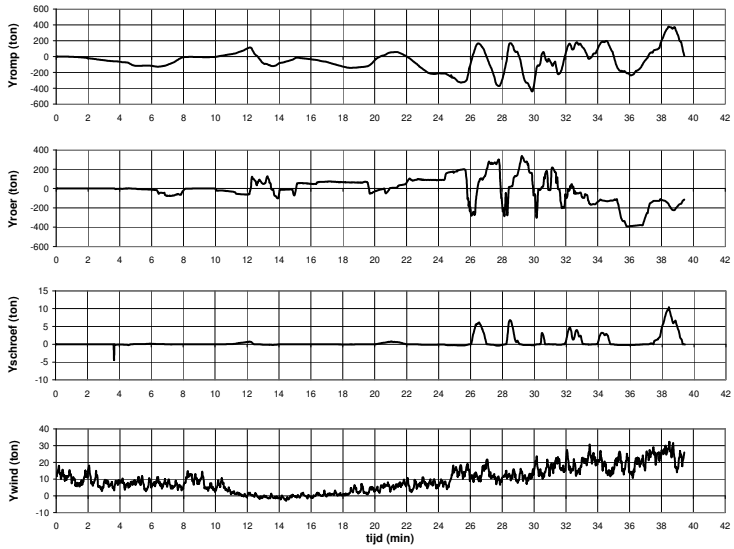
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

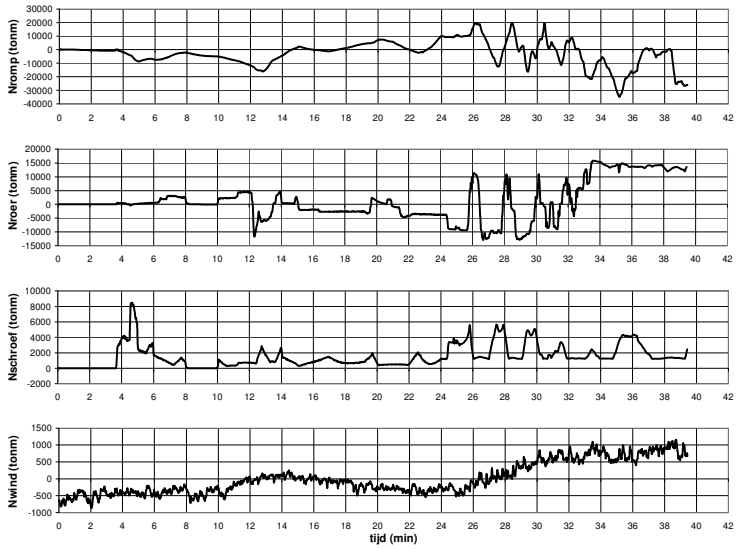
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

MOMENT- N

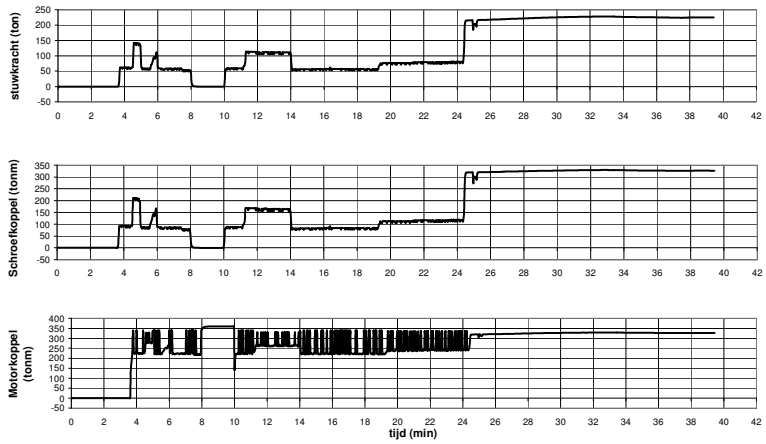


MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

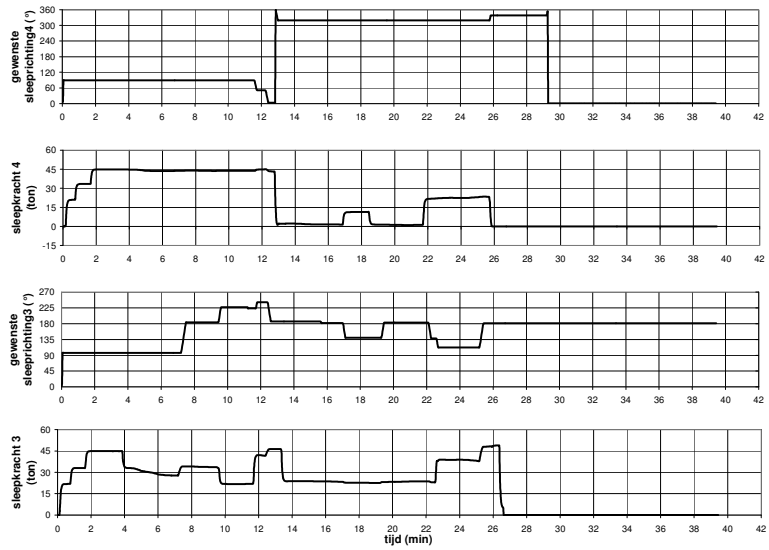
SCHROEF



MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

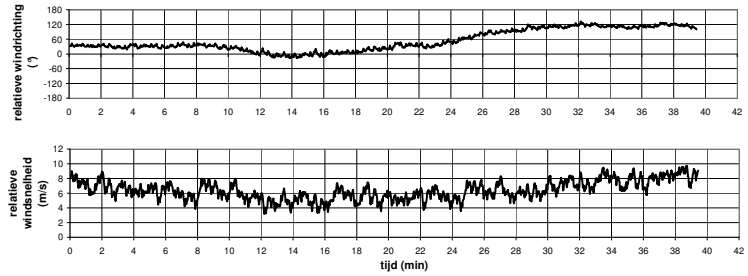
SLEEPBOTEN 3&4



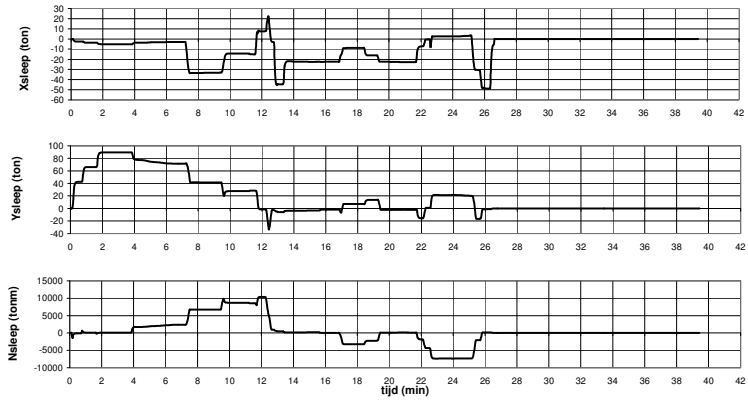
MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

WIND



SLEEPKRACHTEN

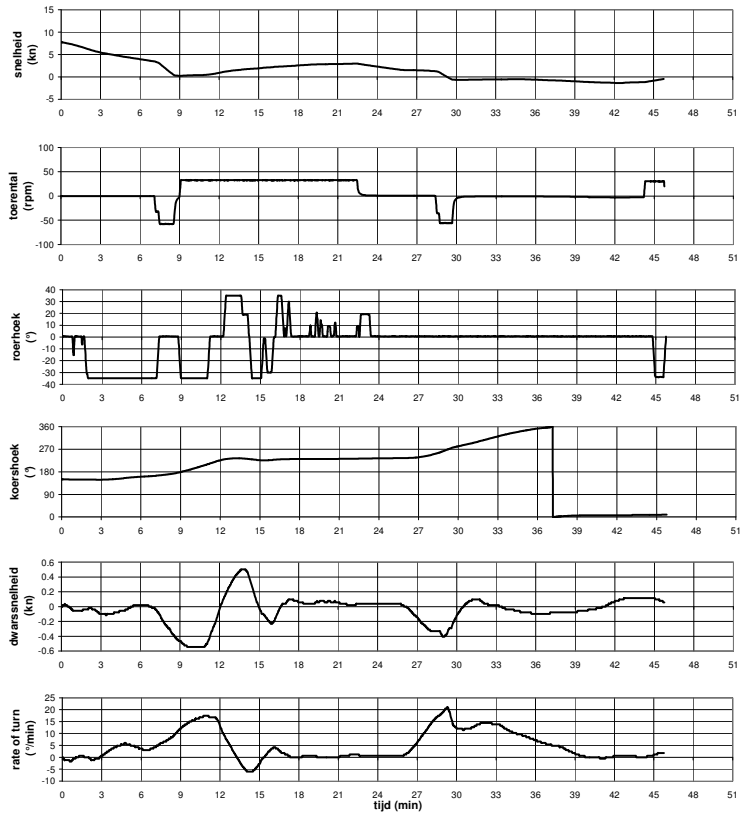


MANOEUVRE	naut079_RZ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-12.2
SLIBSOORT	slib B	
DENSITEIT (t/m³)	1.179	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.1	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	9.500
3	18.300
4	26.900
5	-
6	-
Einde	39

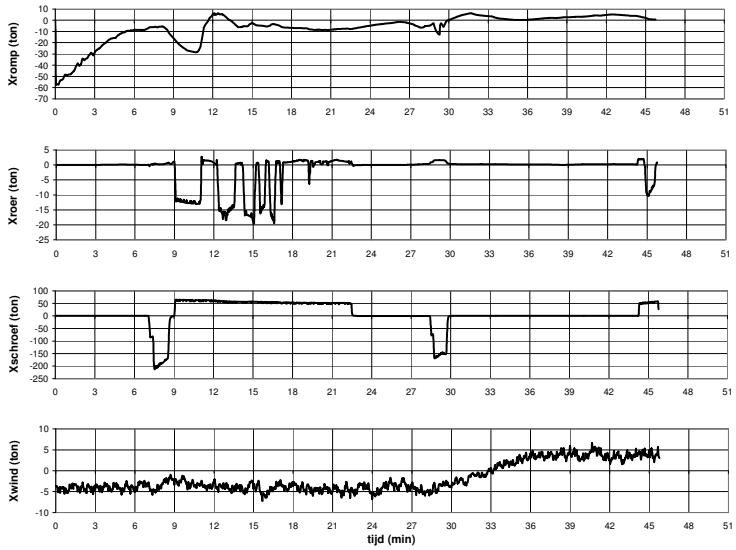
EIGEN SCHIP



MANOEUVRE	naut080_PO opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

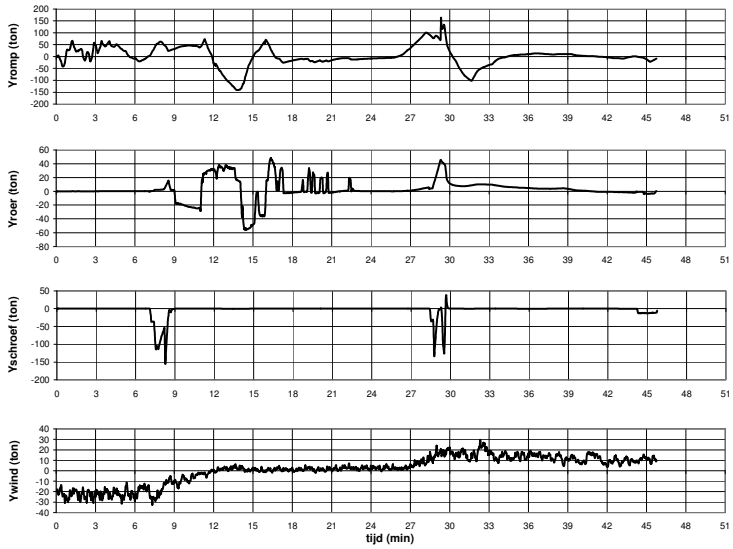
X-KRACHTEN



	naut080_PO	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

Y-KRACHTEN

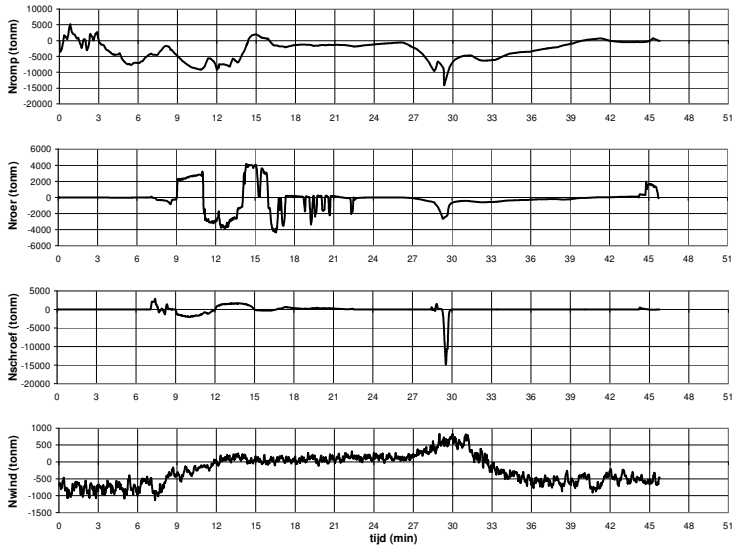


	naut080_PO
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

MOMENT- N

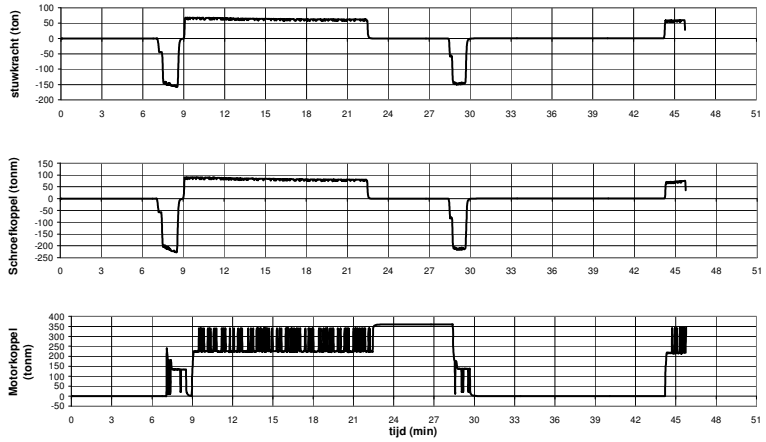


	naut080_PO
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

SCHROEF



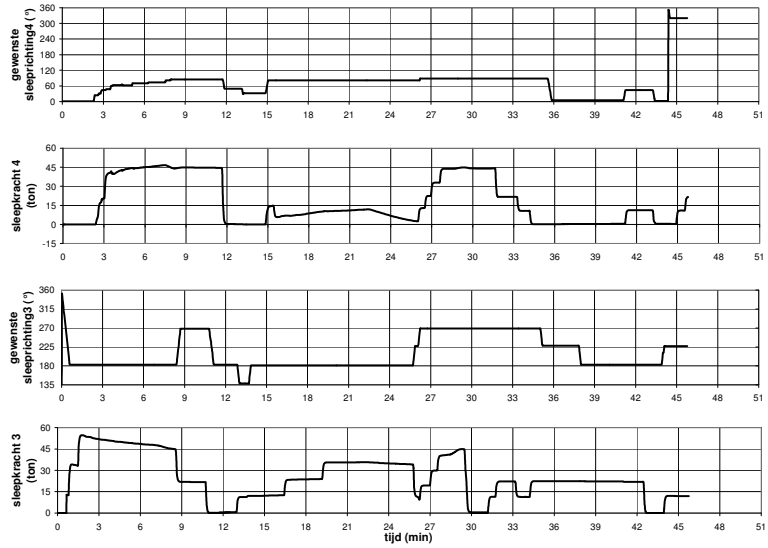
naut080_PO

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

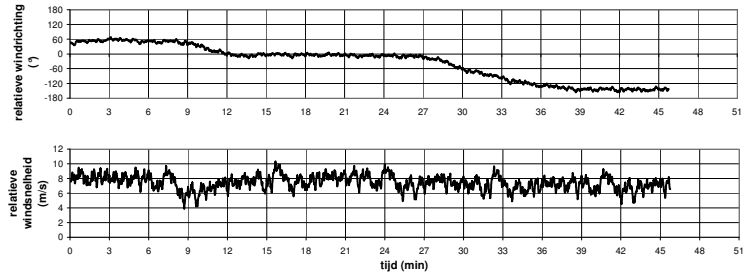
SLEEPBOTEN 3&4



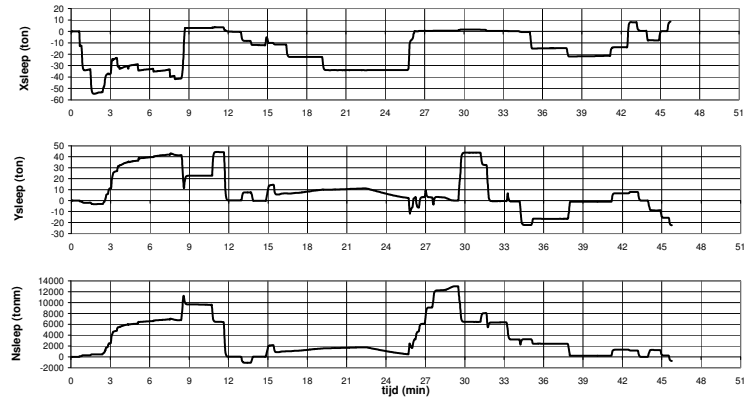
	naut080_PO	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

WIND



SLEEPKRACHTEN

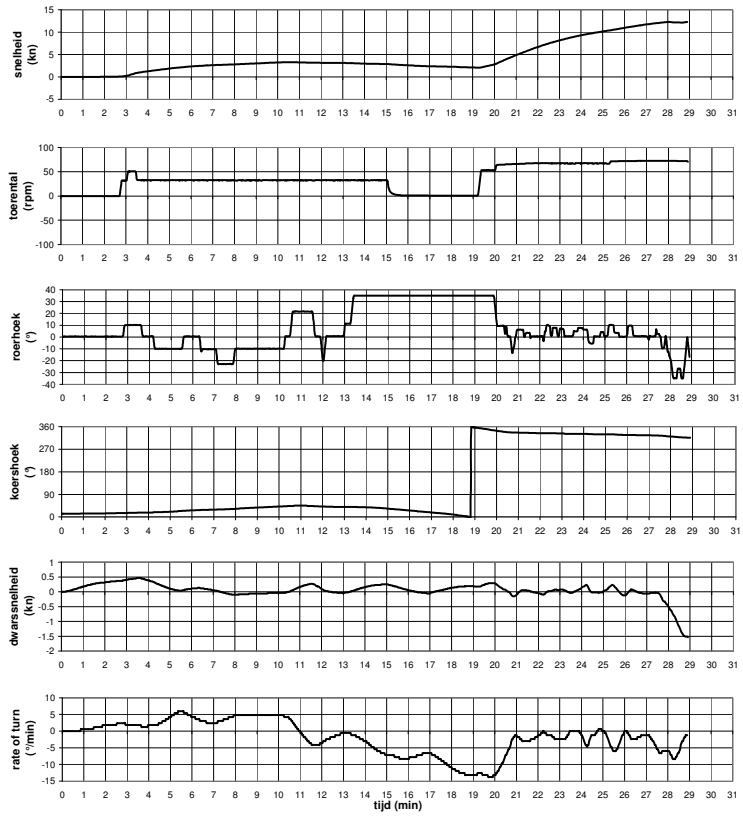


	naut080_PO
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.767
4	11.333
5	27.767
6	-
Einde	46

EIGEN SCHIP

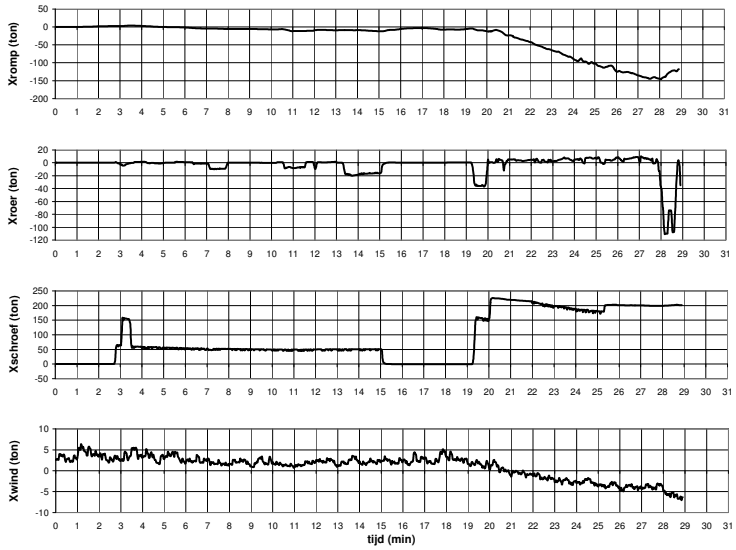


MANOEUVRE	naut081_PO afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

X-KRACHTEN

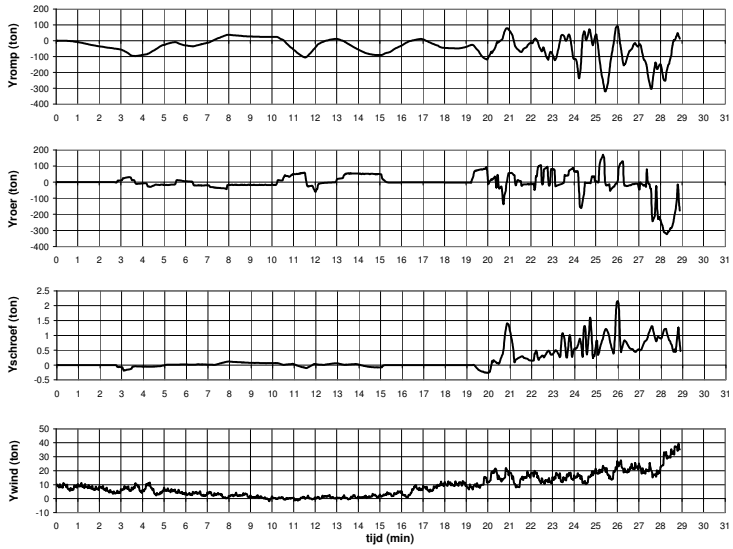


MANOEUVRE	naut081_PO afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

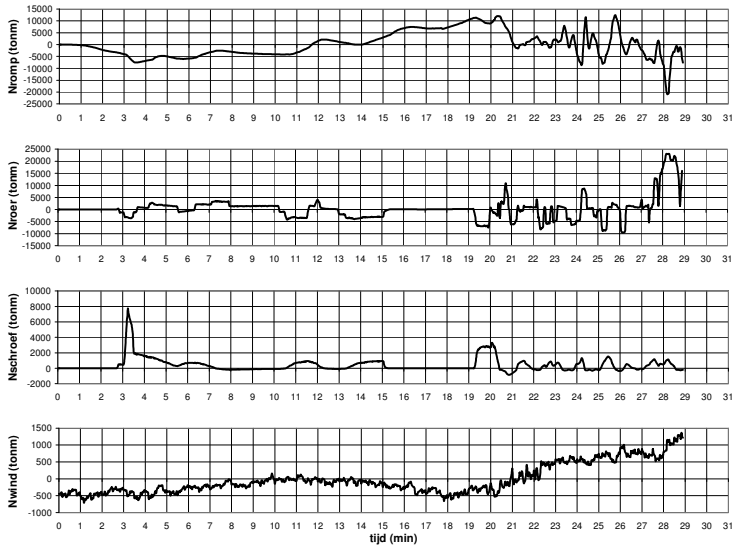
Y-KRACHTEN



	naut081_PO	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

MOMENT- N

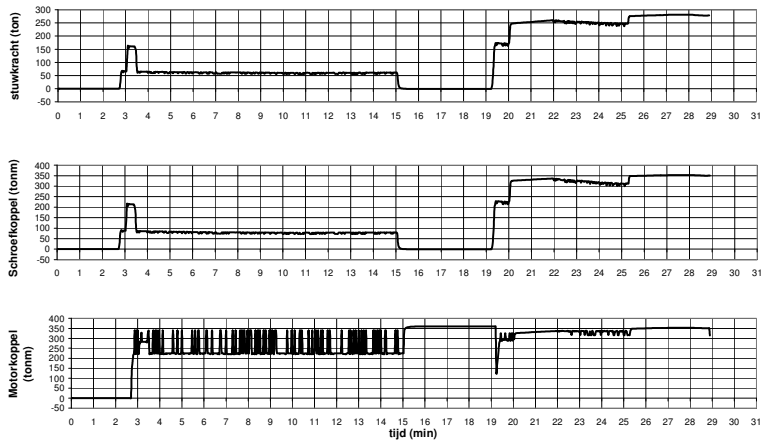


	naut081_PO
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

SCHROEF



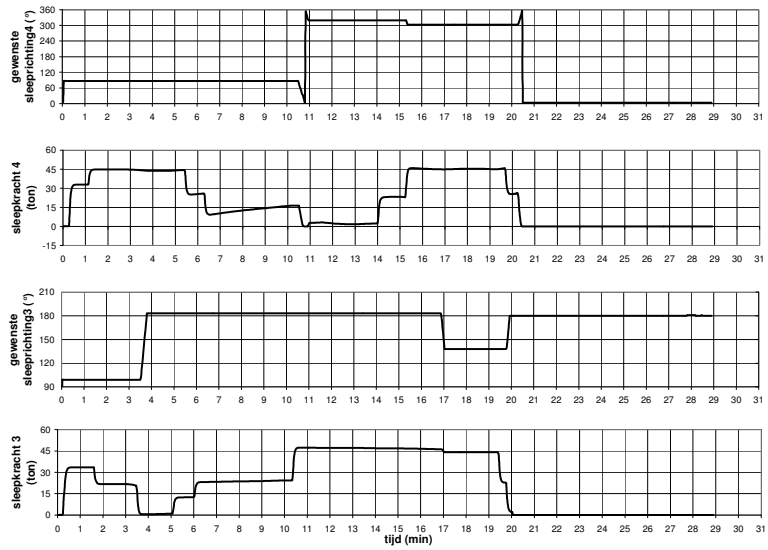
naut081_PO

MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

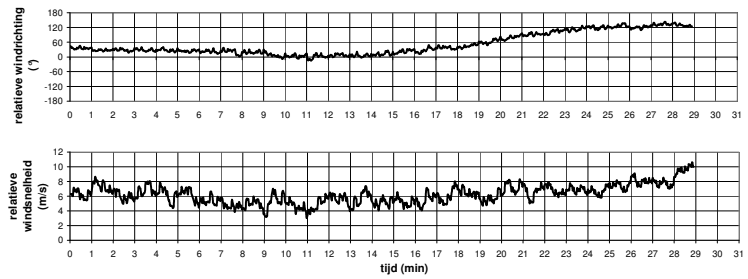
SLEEPBOTEN 3&4



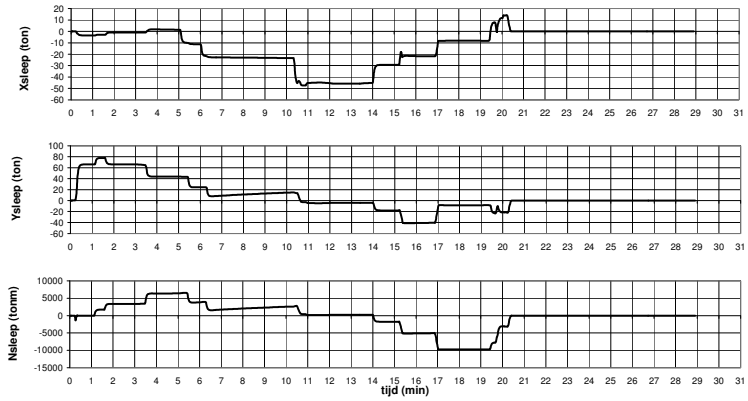
MANOEUVRE	naut081_PO afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

WIND



SLEEPKRACHTEN

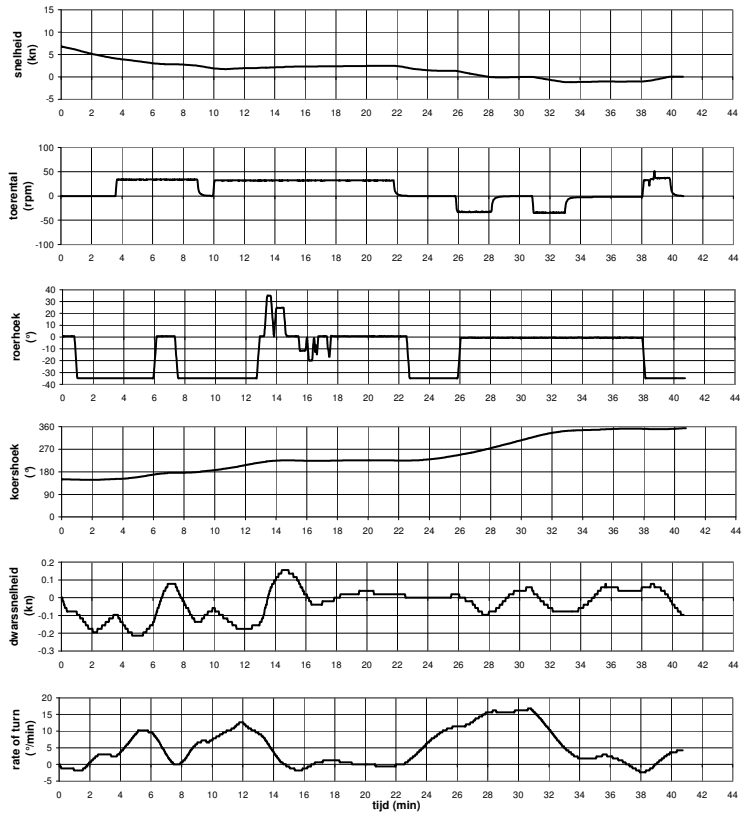


MANOEUVRE	naut081_PO afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	26	15.2
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.633
3	14.667
4	22.033
5	-
6	-
Einde	29

EIGEN SCHIP

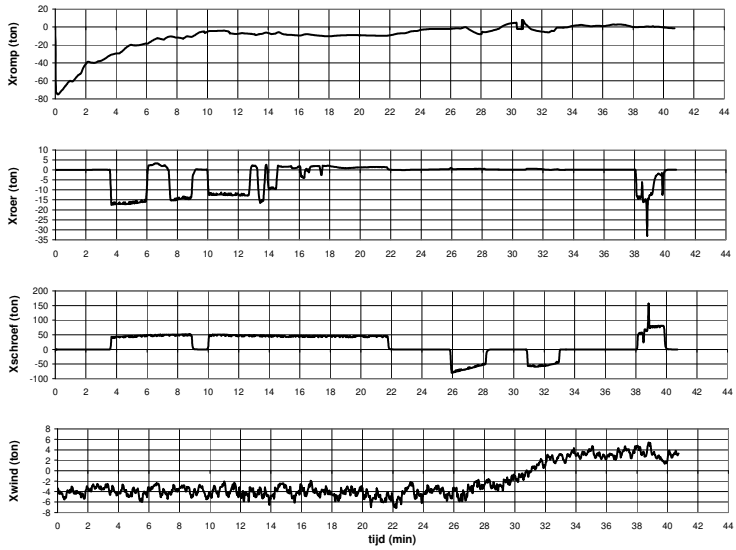


	naut082_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

X-KRACHTEN

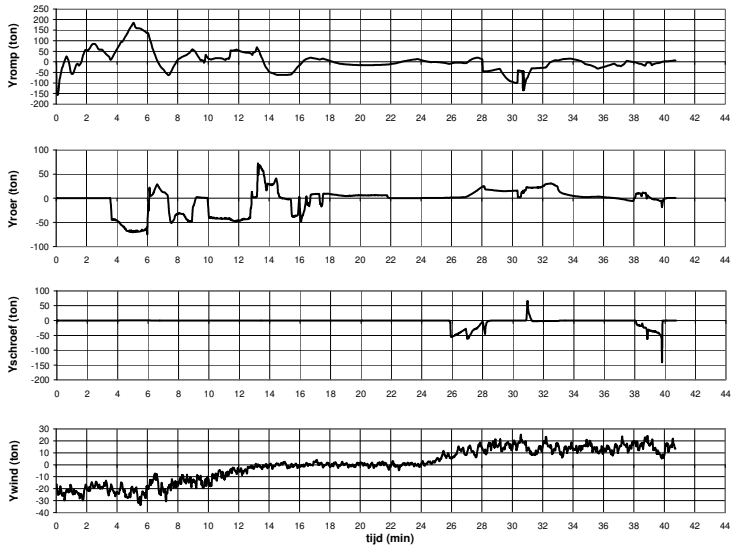


	naut082_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

Y-KRACHTEN

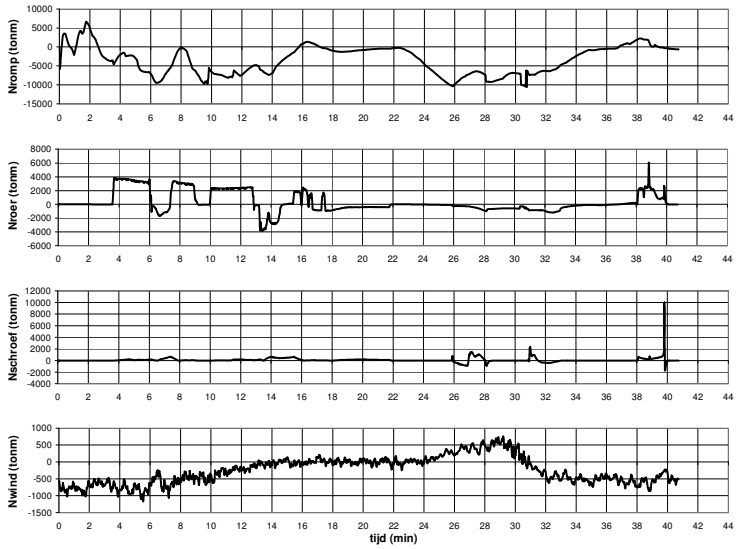


	naut082_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

MOMENT- N

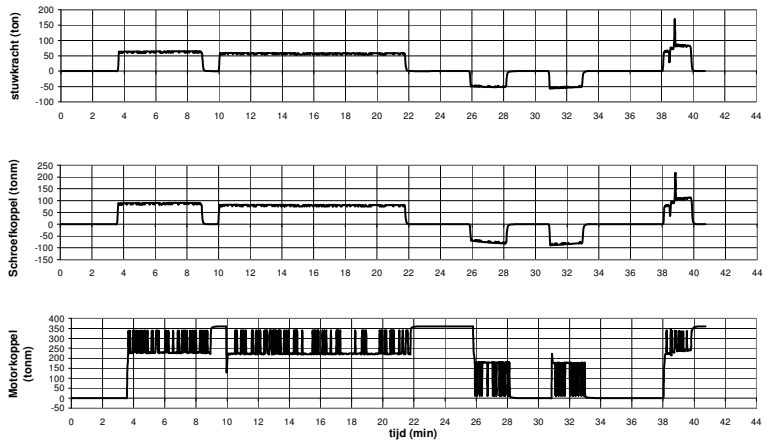


	naut082_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

SCHROEF



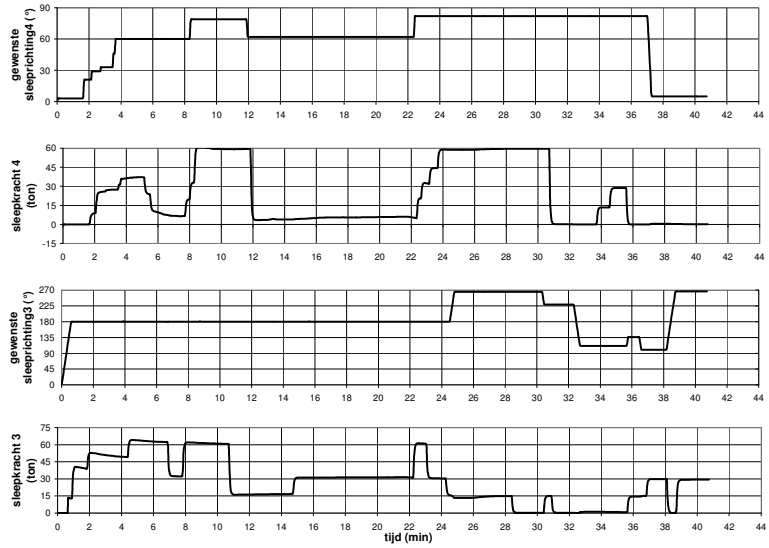
naut082_TM

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

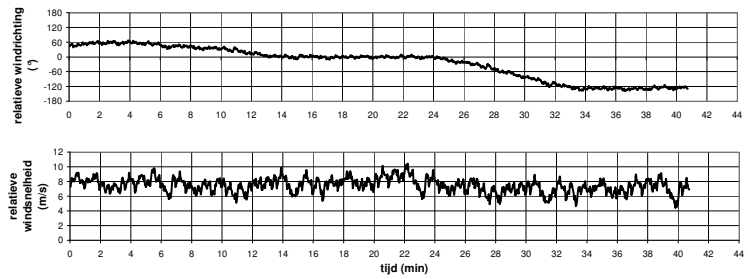
SLEEPBOTEN 3&4



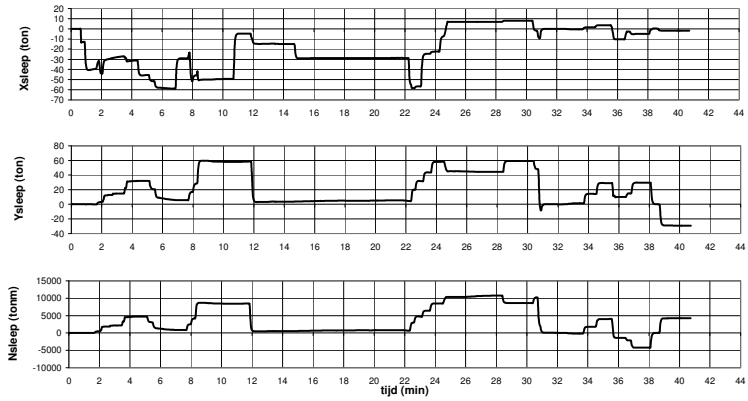
	naut082_TM	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P	
STROMING	4h00 VHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

WIND



SLEEPKRACHTEN

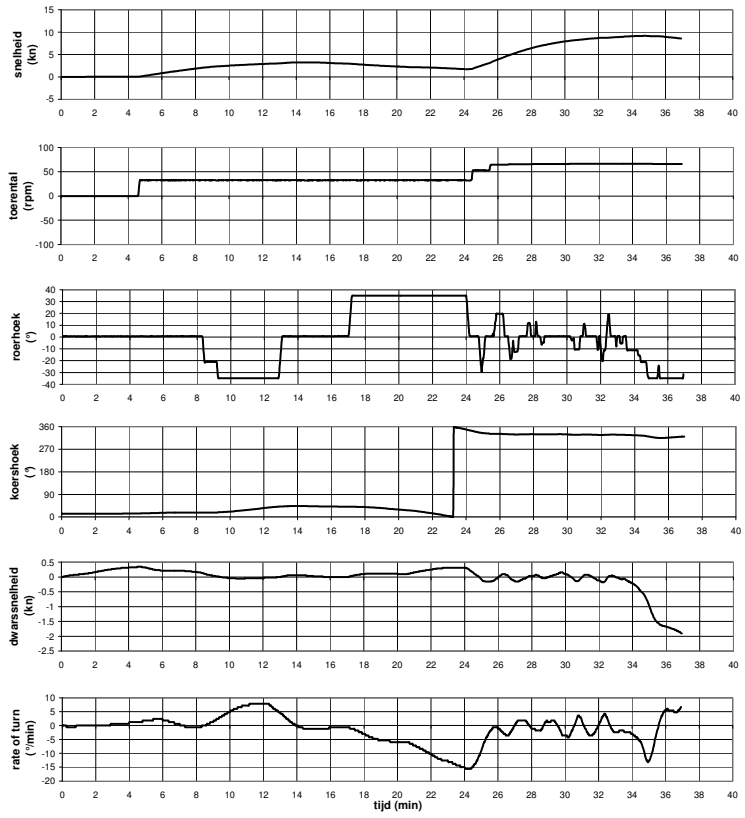


	naut082_TM
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	4h00 VHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	5.100
4	12.733
5	25.700
6	-
Einde	41

EIGEN SCHIP

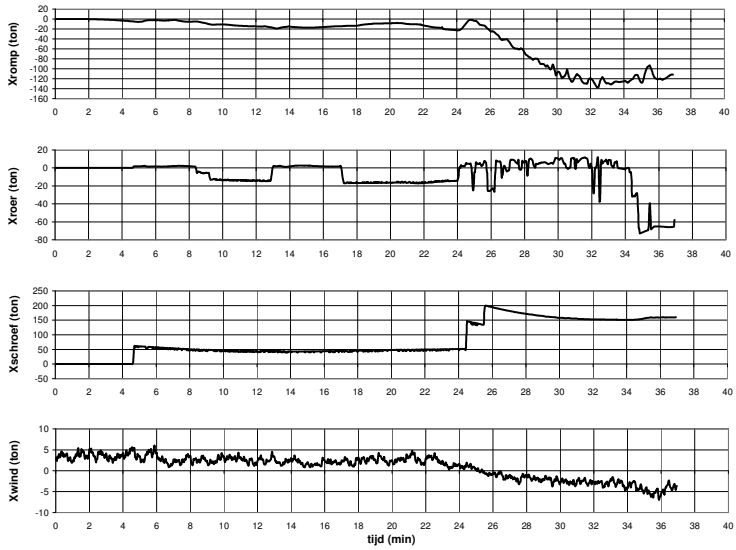


MANOEUVRE	naut083_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

X-KRACHTEN

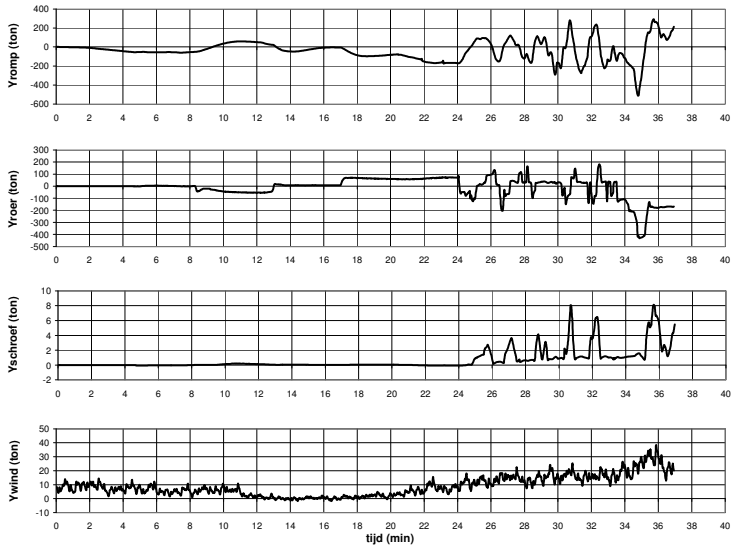


MANOEUVRE	naut083_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

Y-KRACHTEN

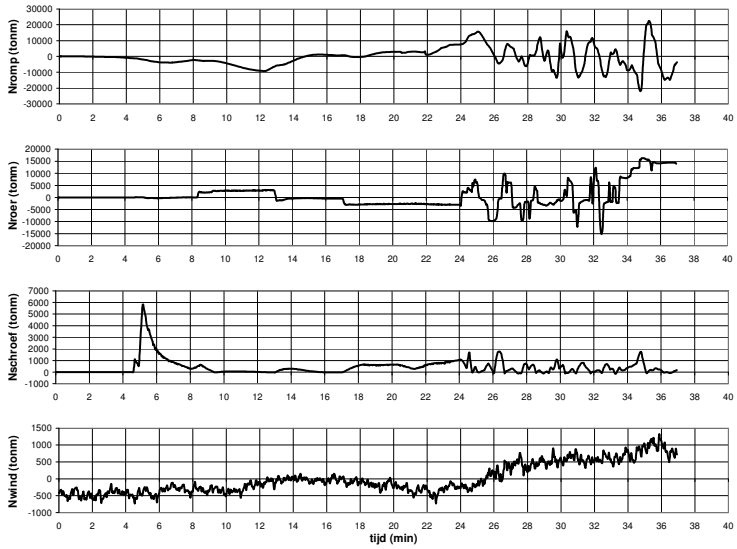


	naut083_TM
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

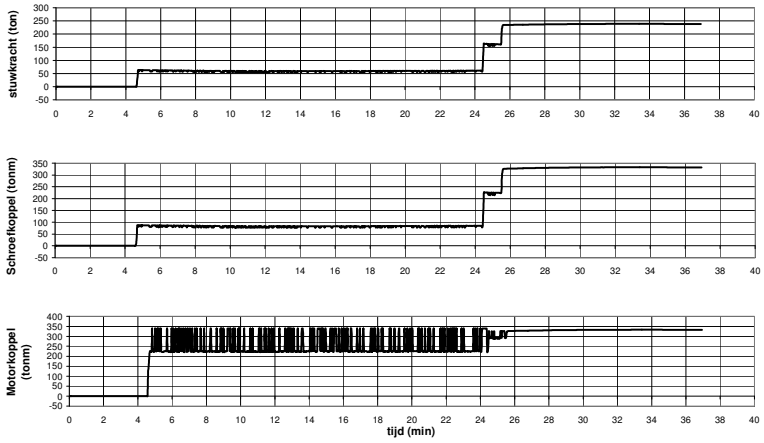
MOMENT- N



MANOEUVRE	naut083_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

SCHROEF



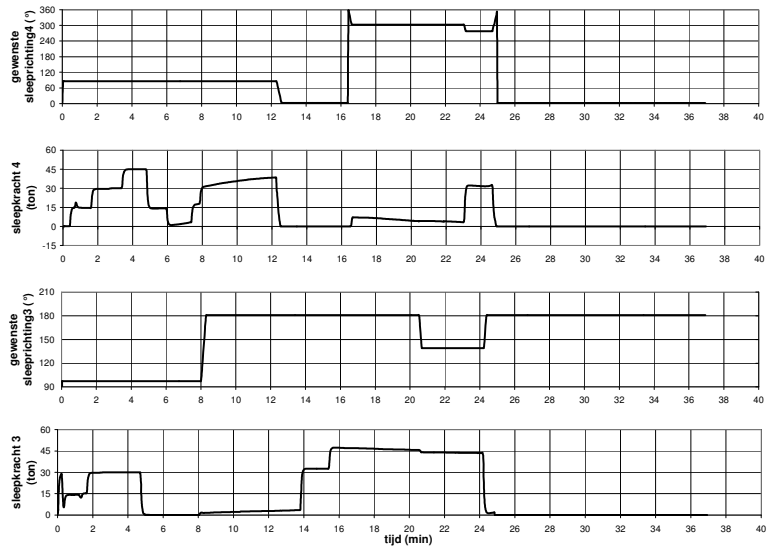
naut083_TM

MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

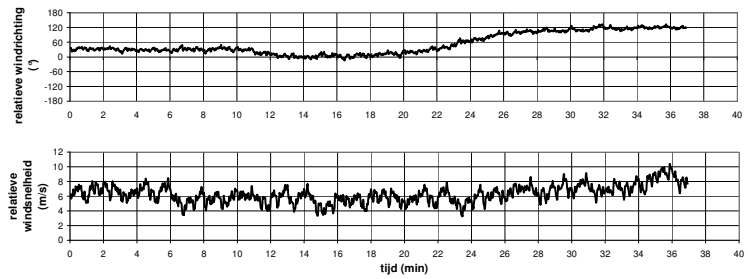
SLEEPBOTEN 3&4



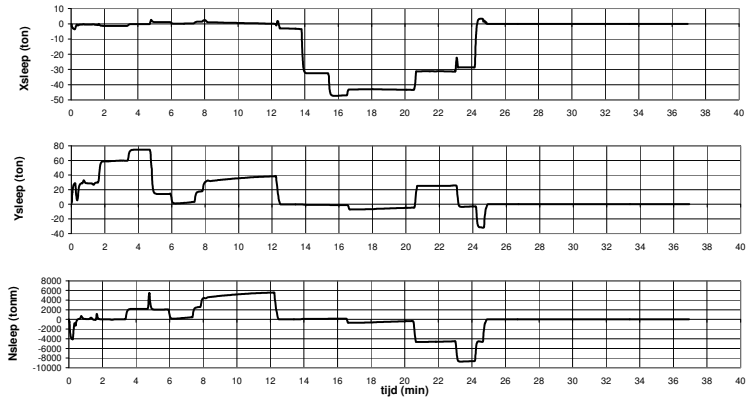
	naut083_TM	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	ZW4BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

WIND



SLEEPKRACHTEN

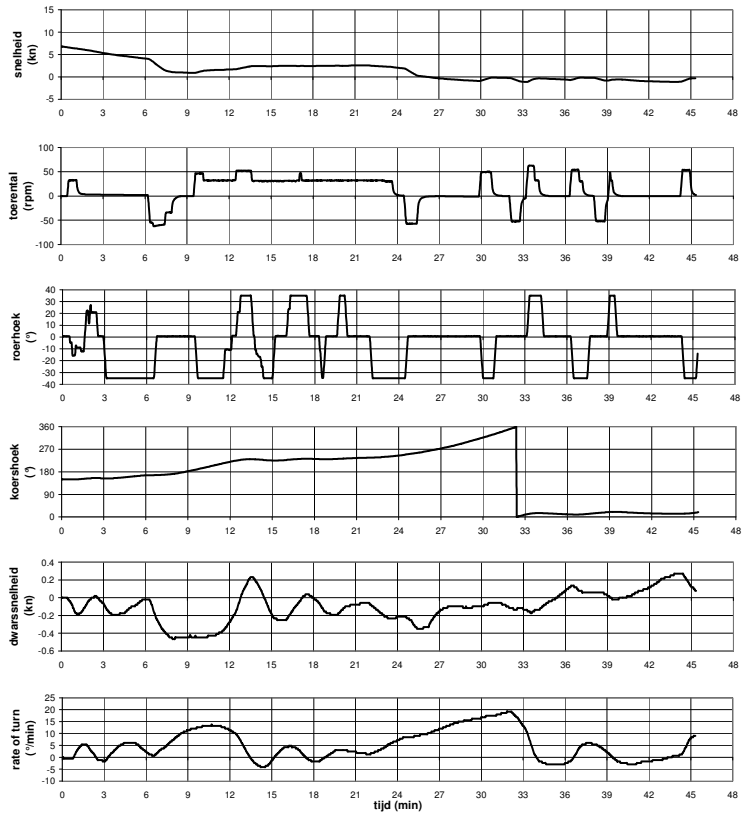


MANOEUVRE	naut083_TM afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x60 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	ZW4BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	15	-7.2
SLIBSOORT	slib C	
DENSITEIT (t/m³)	1.149	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.06	
LAAGDIKTE (m)	3	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	10.200
3	18.933
4	26.767
5	-
6	-
Einde	37

EIGEN SCHIP

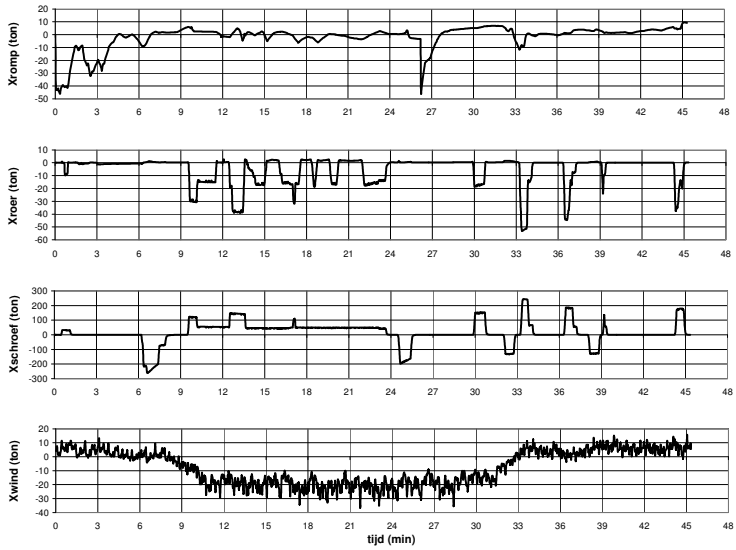


MANOEUVRE	naut085_PQ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

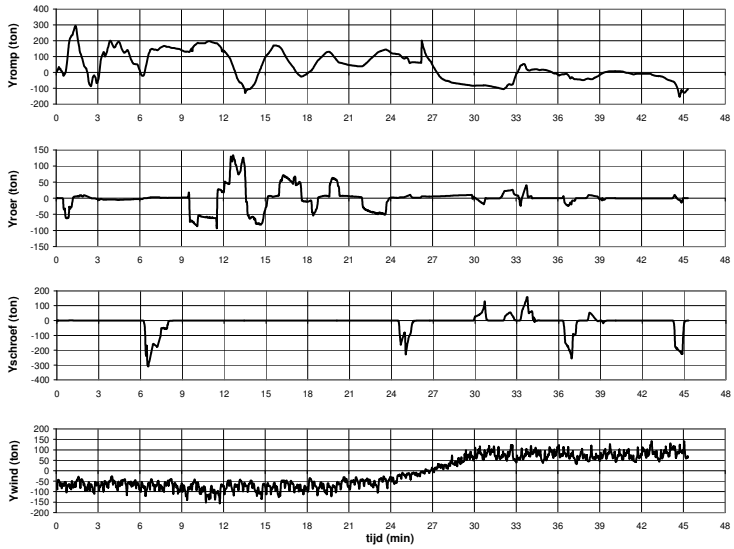
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut085_PQ opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

Y-KRACHTEN

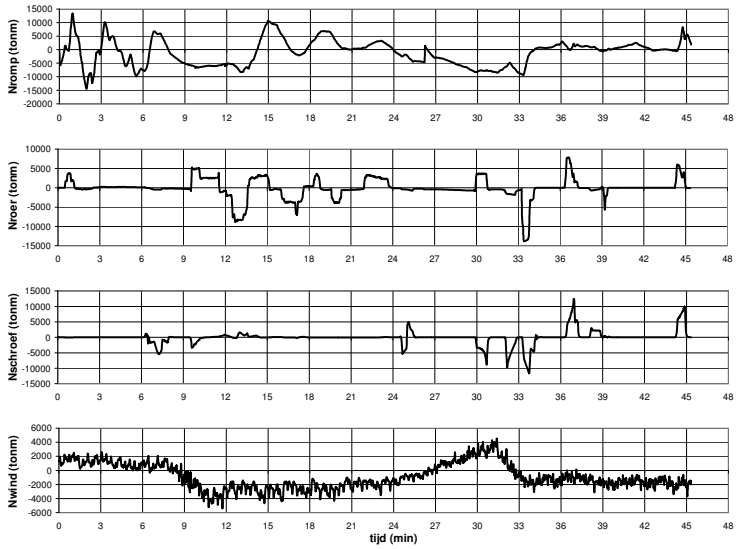


	naut085_PQ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

MOMENT- N

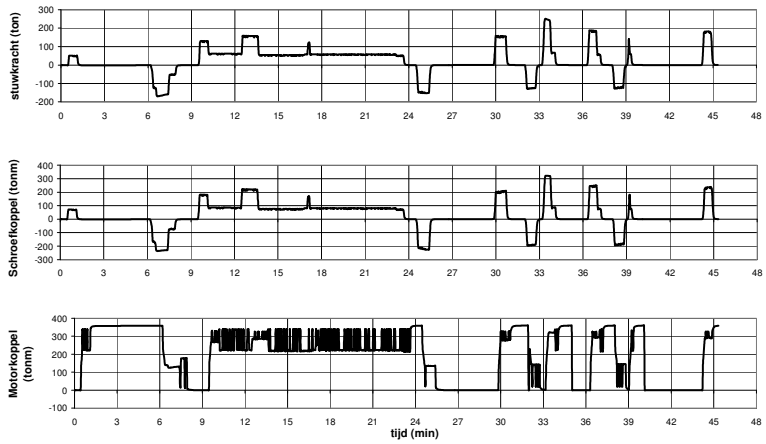


	naut085_PQ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

SCHROEF



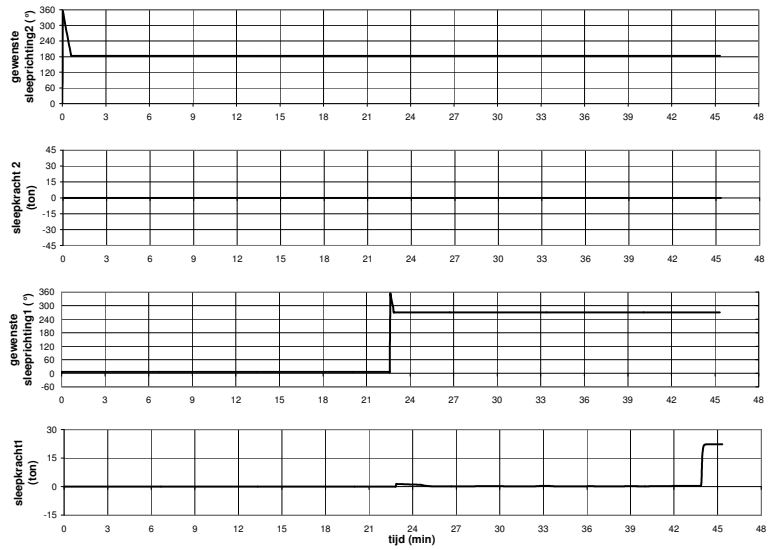
naut085_PQ

MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	tov top slib
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

SLEEPBOTEN 1&2

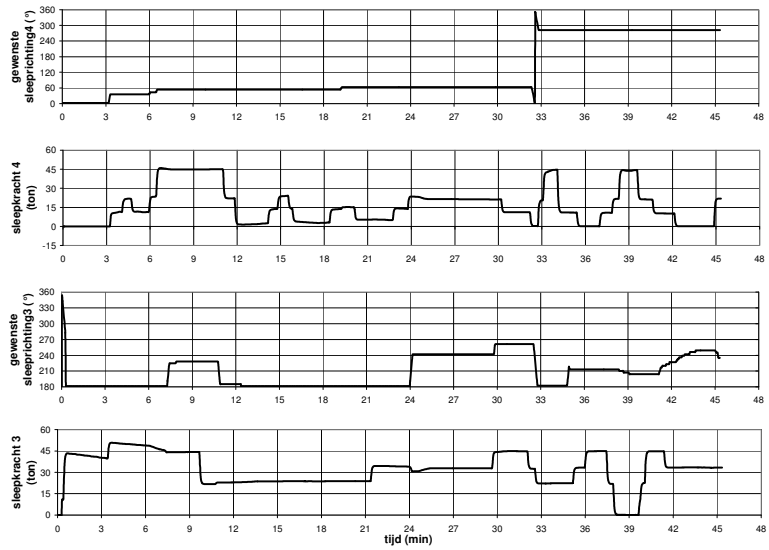


	naut085_PQ
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P
STROMING	5h40 VHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

SLEEPBOTEN 3&4

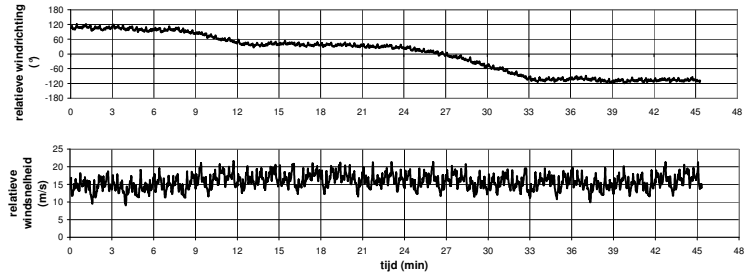


naut085_PQ

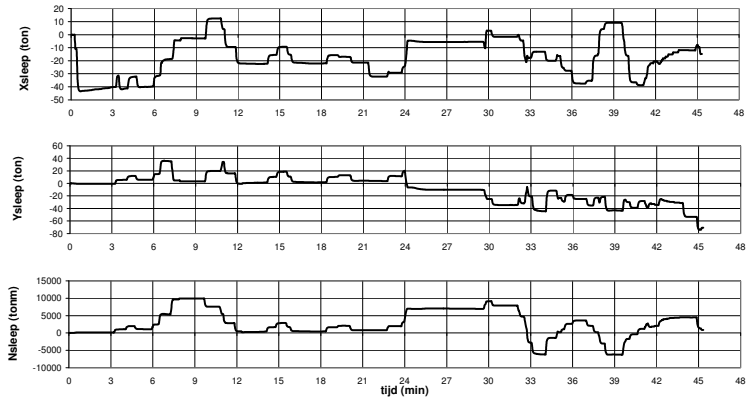
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

WIND



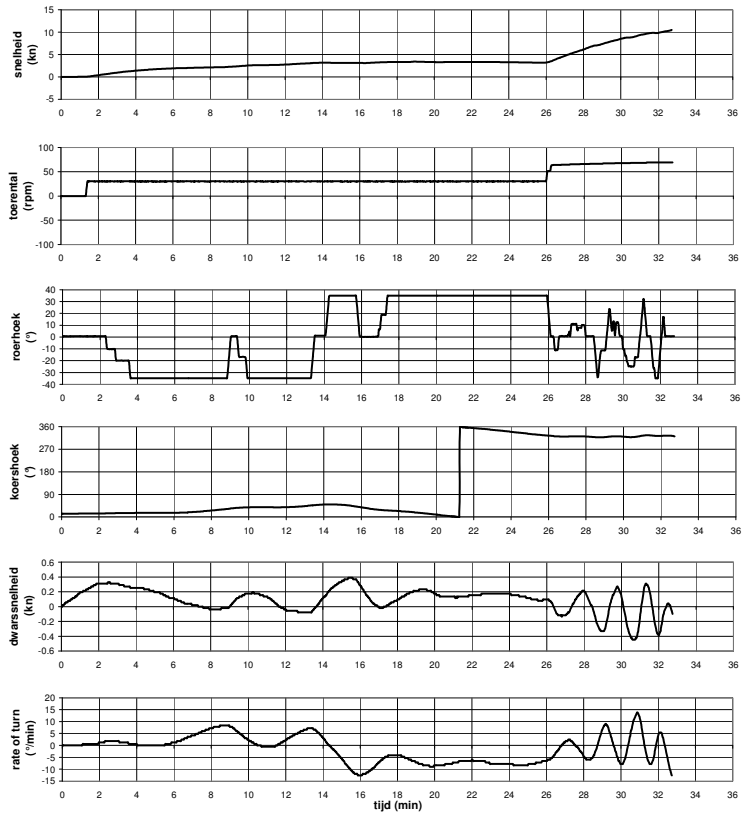
SLEEPKRACHTEN



	naut085_PQ	
MANOEUVRE	opvaart van tss oud en nieuw hoofd naar kaai 205	
SLEEPBOTEN	3x45 ton B.P	
STROMING	5h40 VHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	-
2	0.033
3	4.767
4	11.567
5	23.967
6	32.733
Einde	45

EIGEN SCHIP

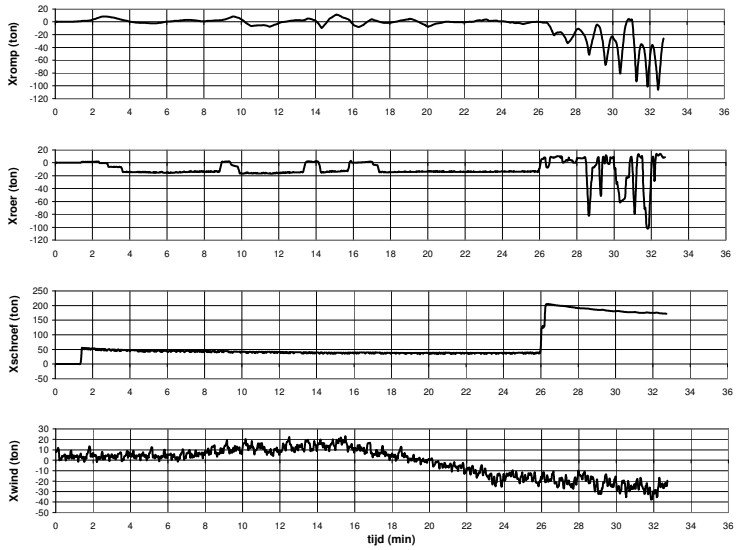


MANOEUVRE	naut087_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

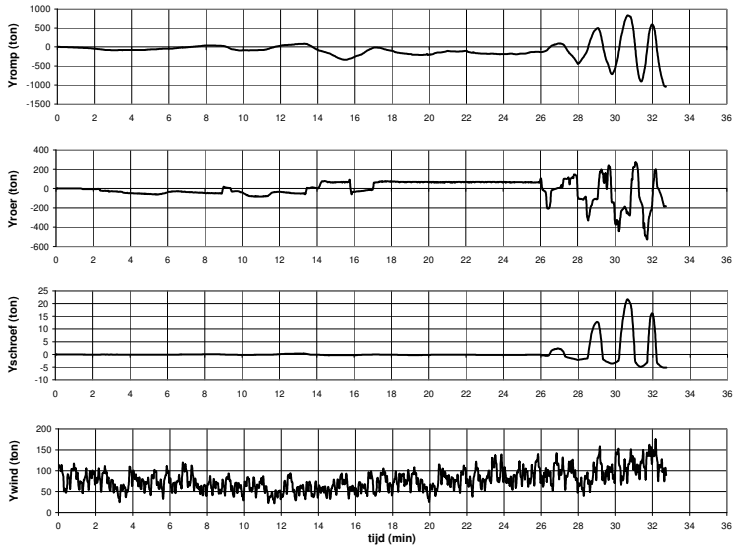
X-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut087_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

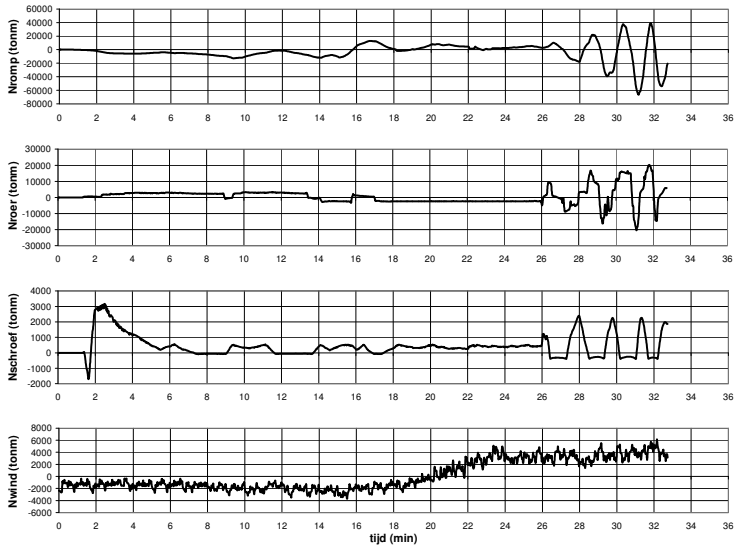
Y-KRACHTEN



MANOEUVRE	naut087_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

MOMENT- N

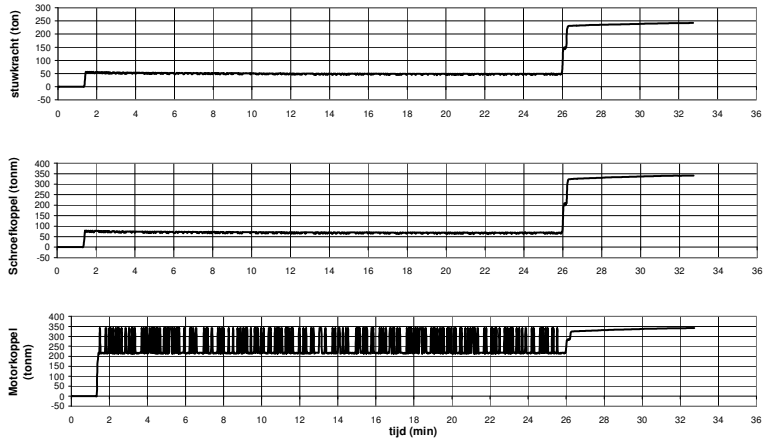


	naut087_PQ
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

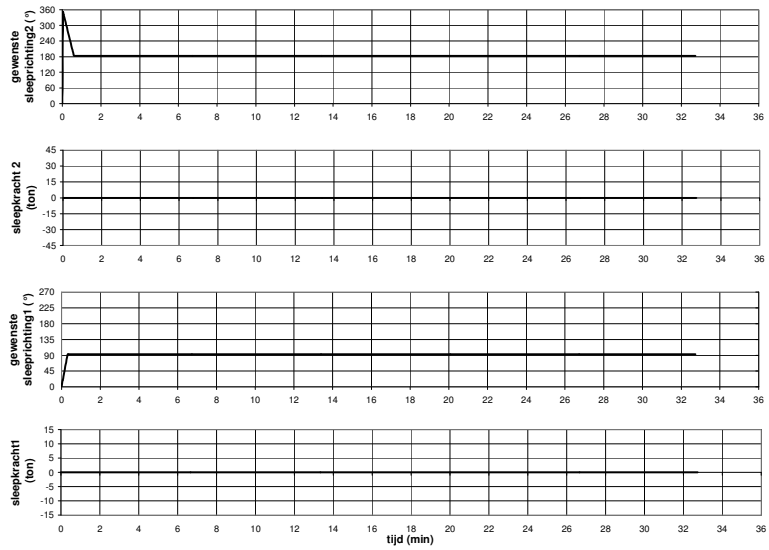
SCHROEF



	naut087_PQ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

SLEEPBOTEN 1&2

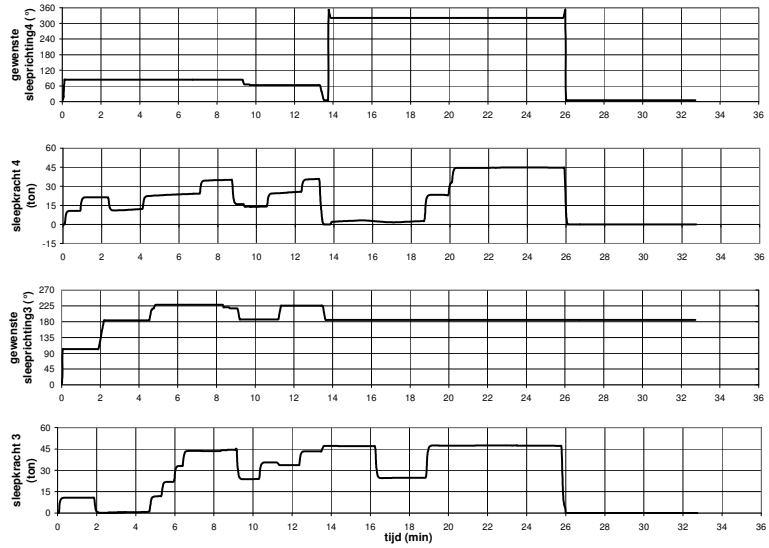


MANOEUVRE	naut087_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	W7BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

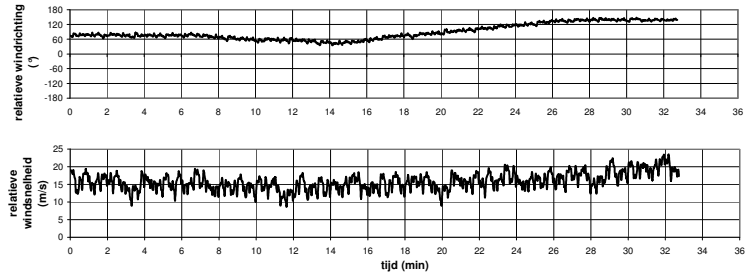
SLEEPBOTEN 3&4



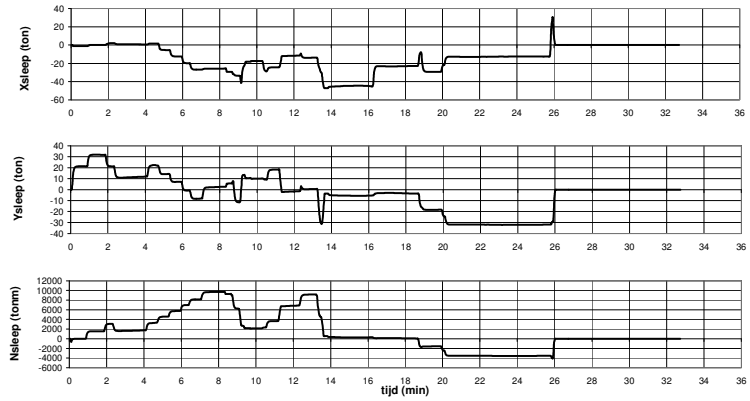
MANOEUVRE	naut087_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

WIND



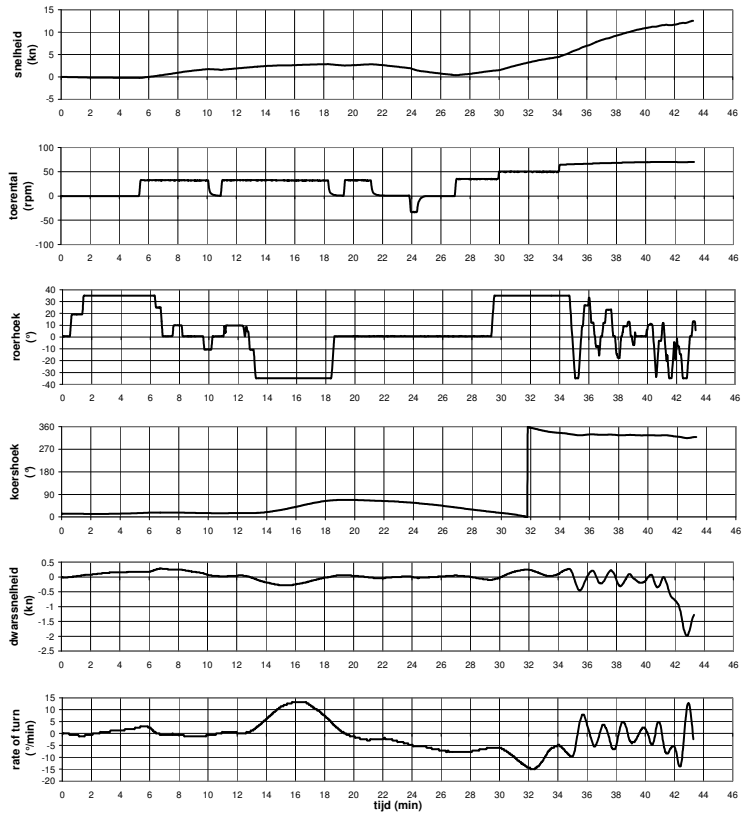
SLEEPKRACHTEN



MANOEUVRE	naut087_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	W7BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	7.433
3	16.333
4	22.533
5	-
6	-
Einde	33

EIGEN SCHIP

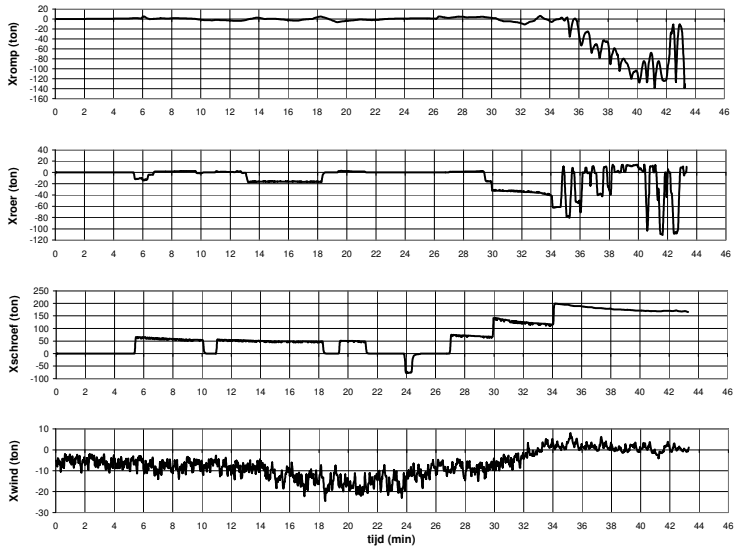


MANOEUVRE	naut088_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	O6BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

X-KRACHTEN

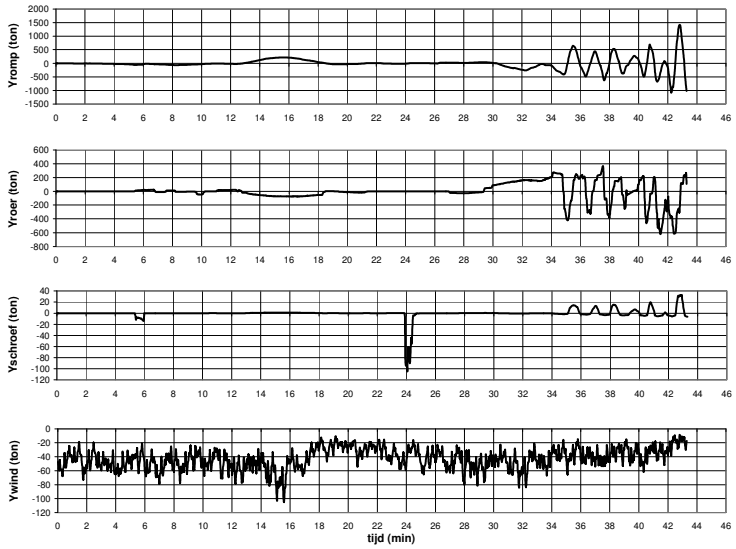


MANOEUVRE	naut088_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	O6BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

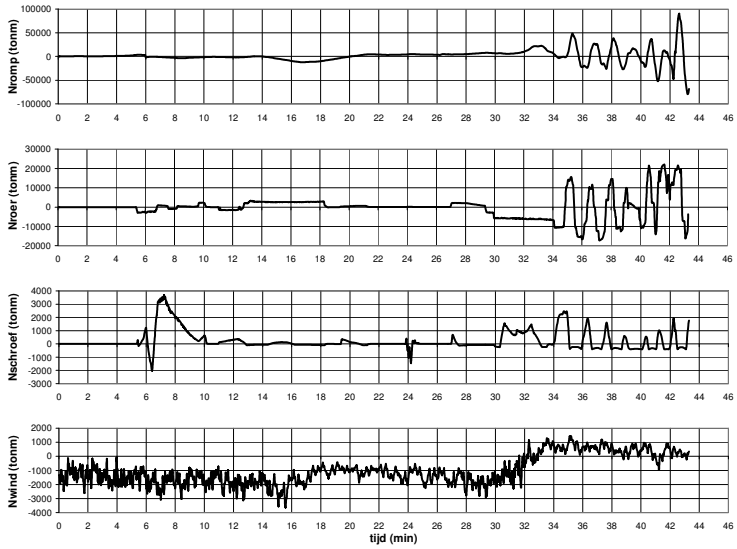
Y-KRACHTEN



	naut088_PQ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	O6BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

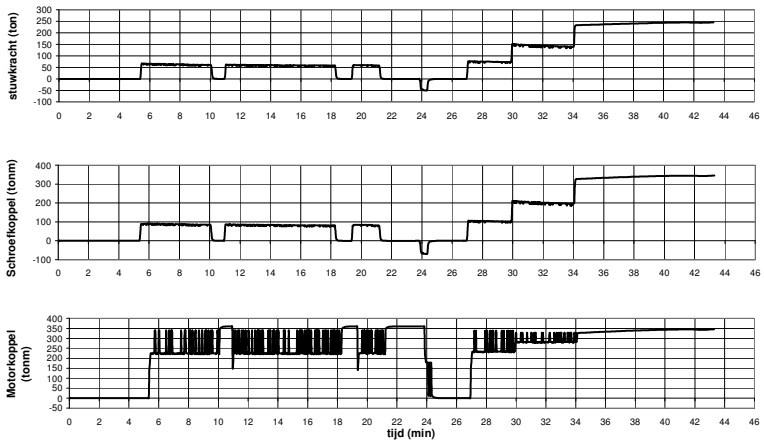
MOMENT- N



	naut088_PQ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	O6BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

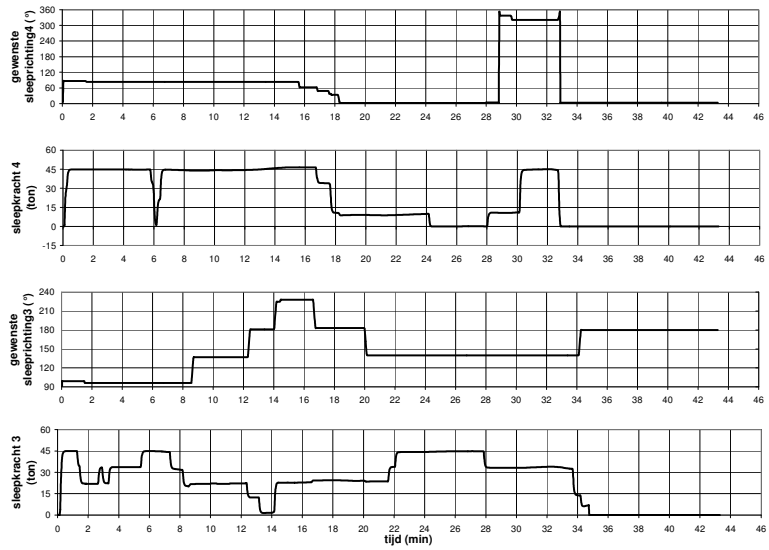
SCHROEF



	naut088_PQ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	O6BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

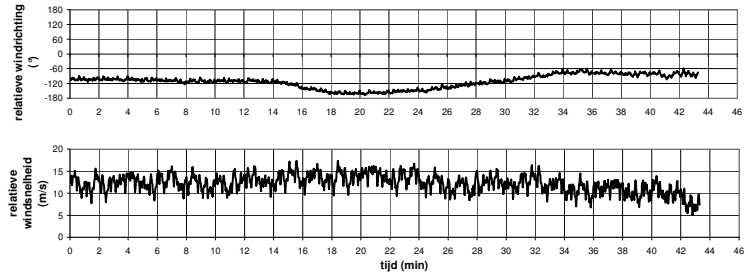
SLEEPBOTEN 3&4



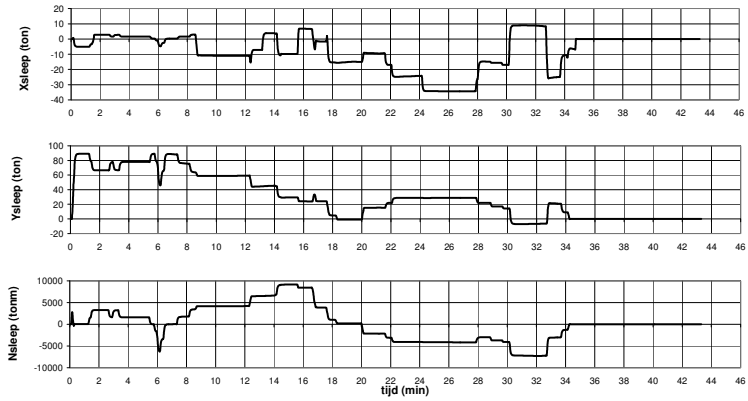
	naut088_PQ	
MANOEUVRE	afvaart van kaai 205 naar zandboei	
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P	
STROMING	6h20 NHW	
WIND	O6BF	
	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

WIND



SLEEPKRACHTEN



MANOEUVRE	naut088_PQ afvaart van kaai 205 naar zandboei
SLEEPBOTEN	2x45 ton B.P
STROMING	6h20 NHW
WIND	O6BF

	tov vaste bodem	**tov top slib**
KIELSPELING (%)	10	-1.1
SLIBSOORT	slib F	
DENSITEIT (t/m³)	1.206	
VISCOSITEIT (Pa s)	0.11	
LAAGDIKTE (m)	1.5	

DEELTRAJECT	BEGINTIJDSTIP(min)
1	0.000
2	13.033
3	27.233
4	34.900
5	-
6	-
Einde	43

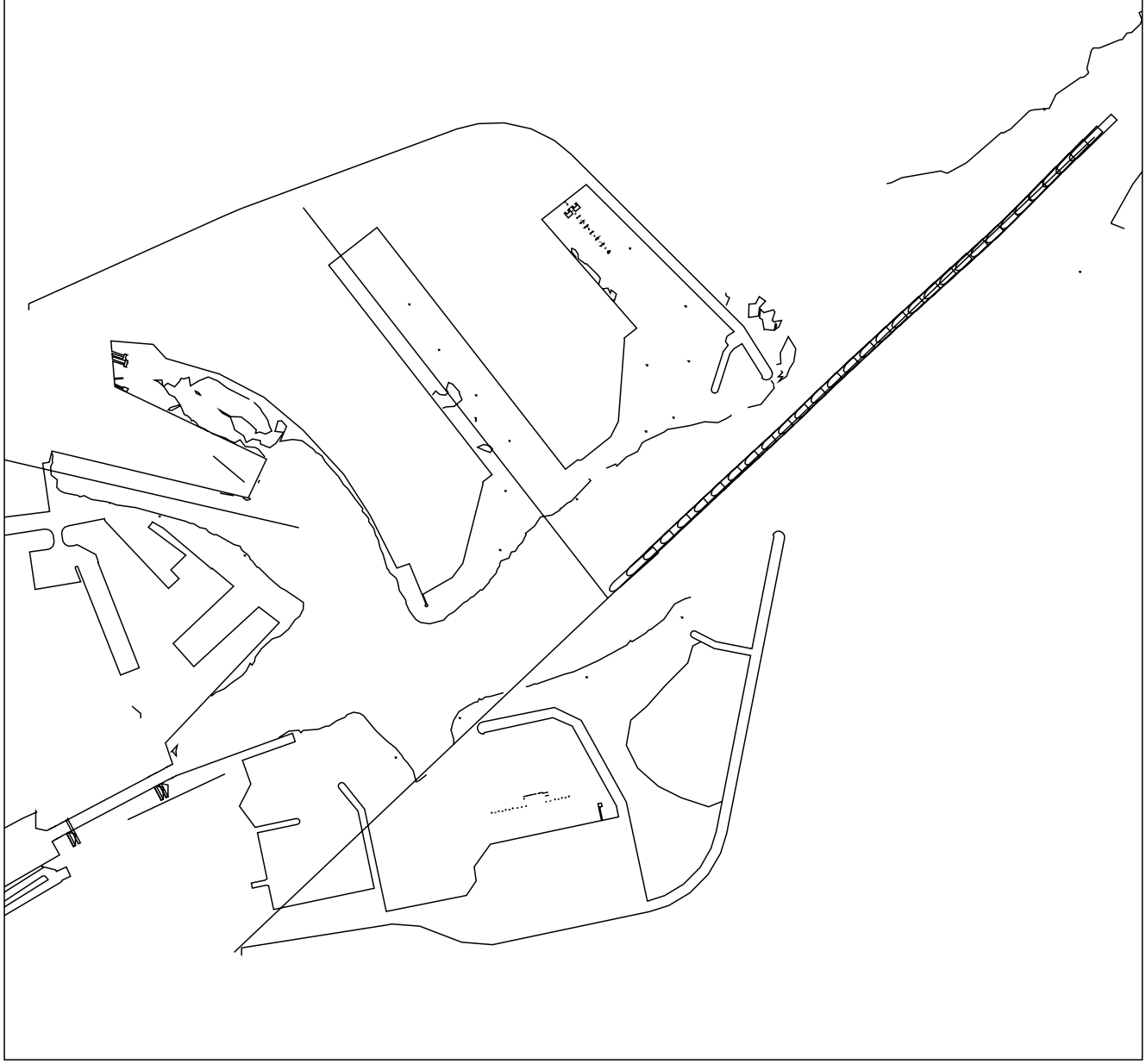
BIJLAGE 11

FINANCIELE RAPPORTERING

(op aanvraag)

BIJLAGE 12

FAST-TIME SIMULATIES
BINNENVAREN ZEEBRUGGE
PLOTS VAN DE UITGEVOERDE VAARTEN

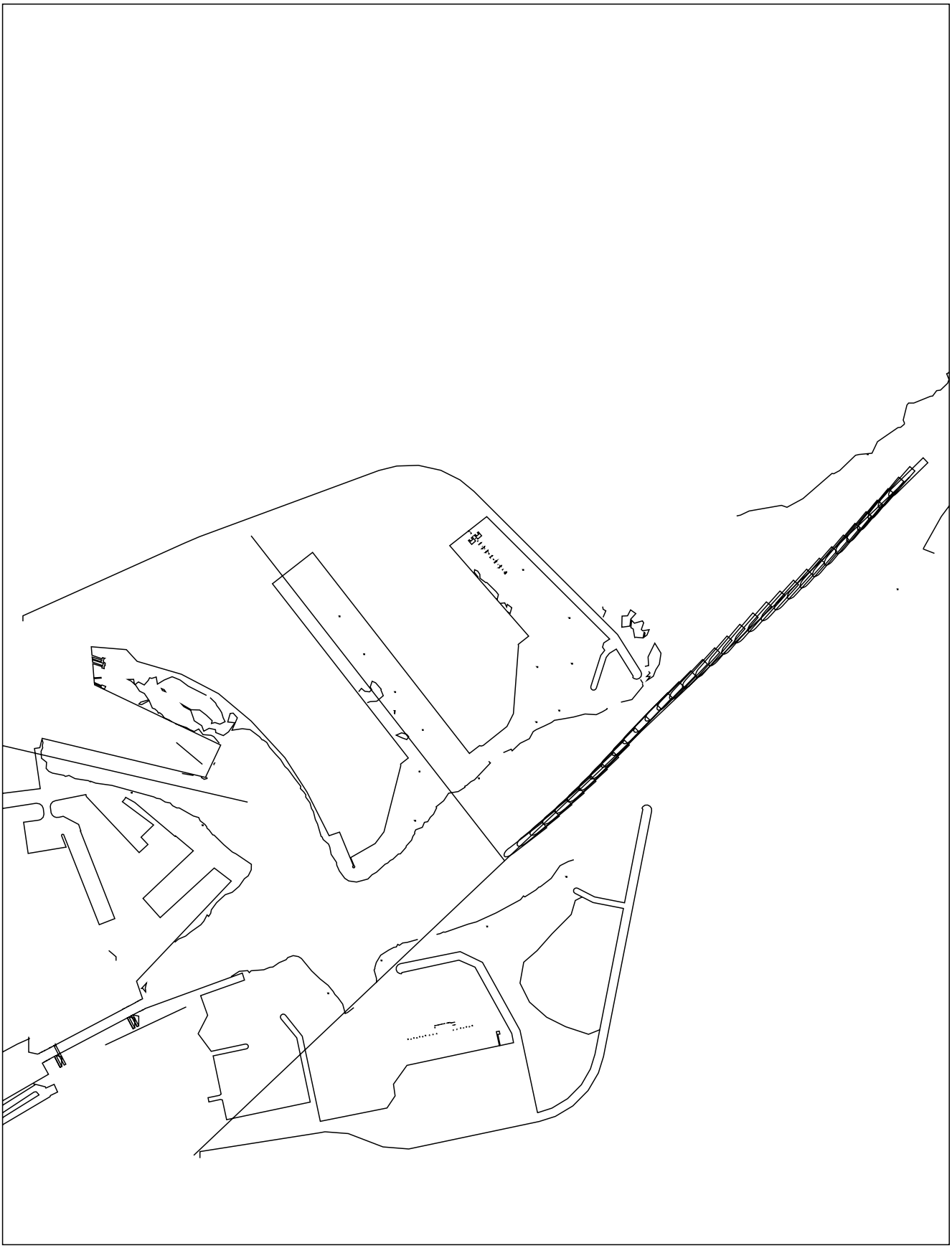


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 3h voor HW Vaste bodem 26% kielspeling Datum : 2004-05-12 autopilot

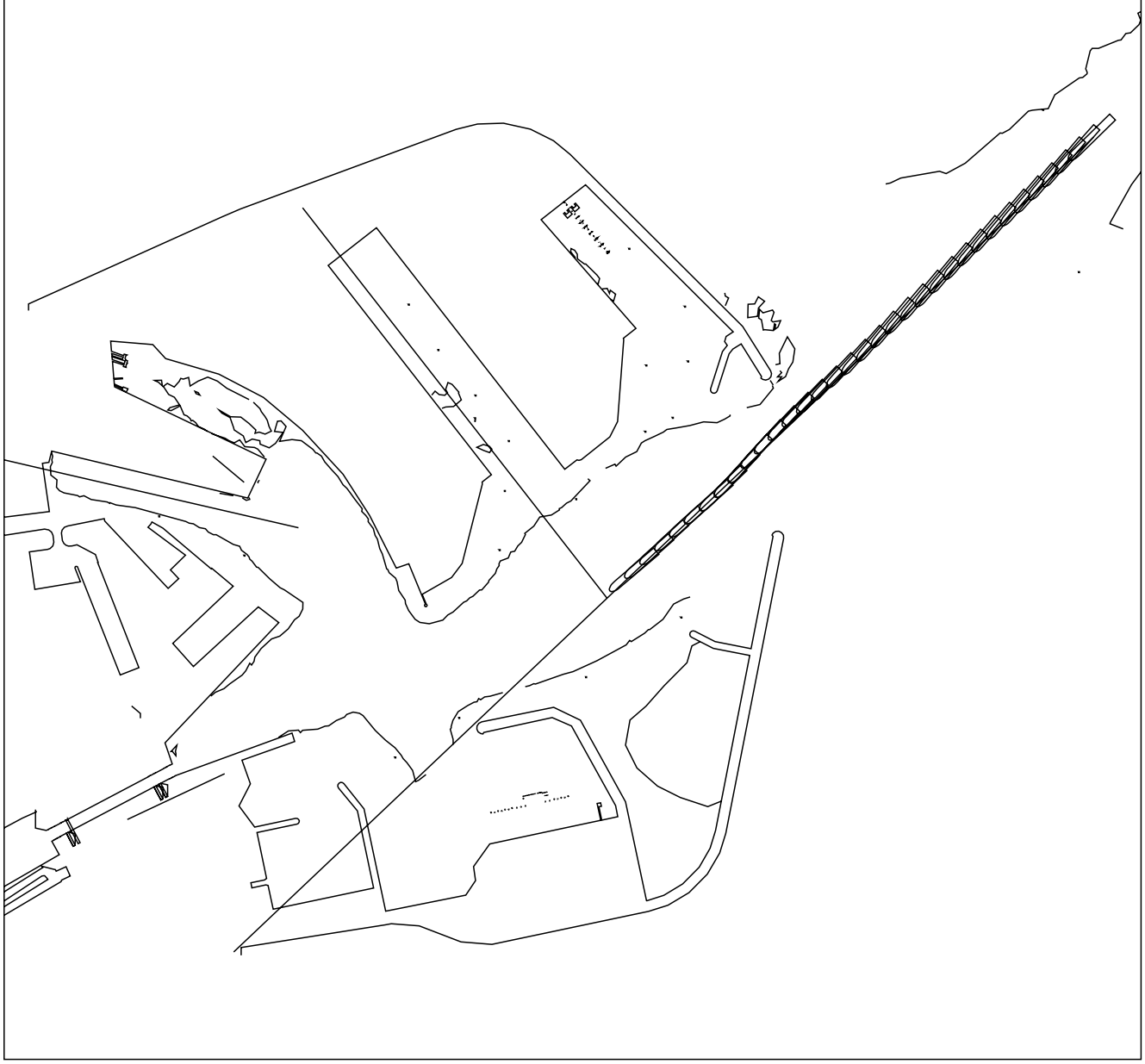


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h na HW Vaste bodem 26% kielspeling Datum : 2004-05-14 autopilot

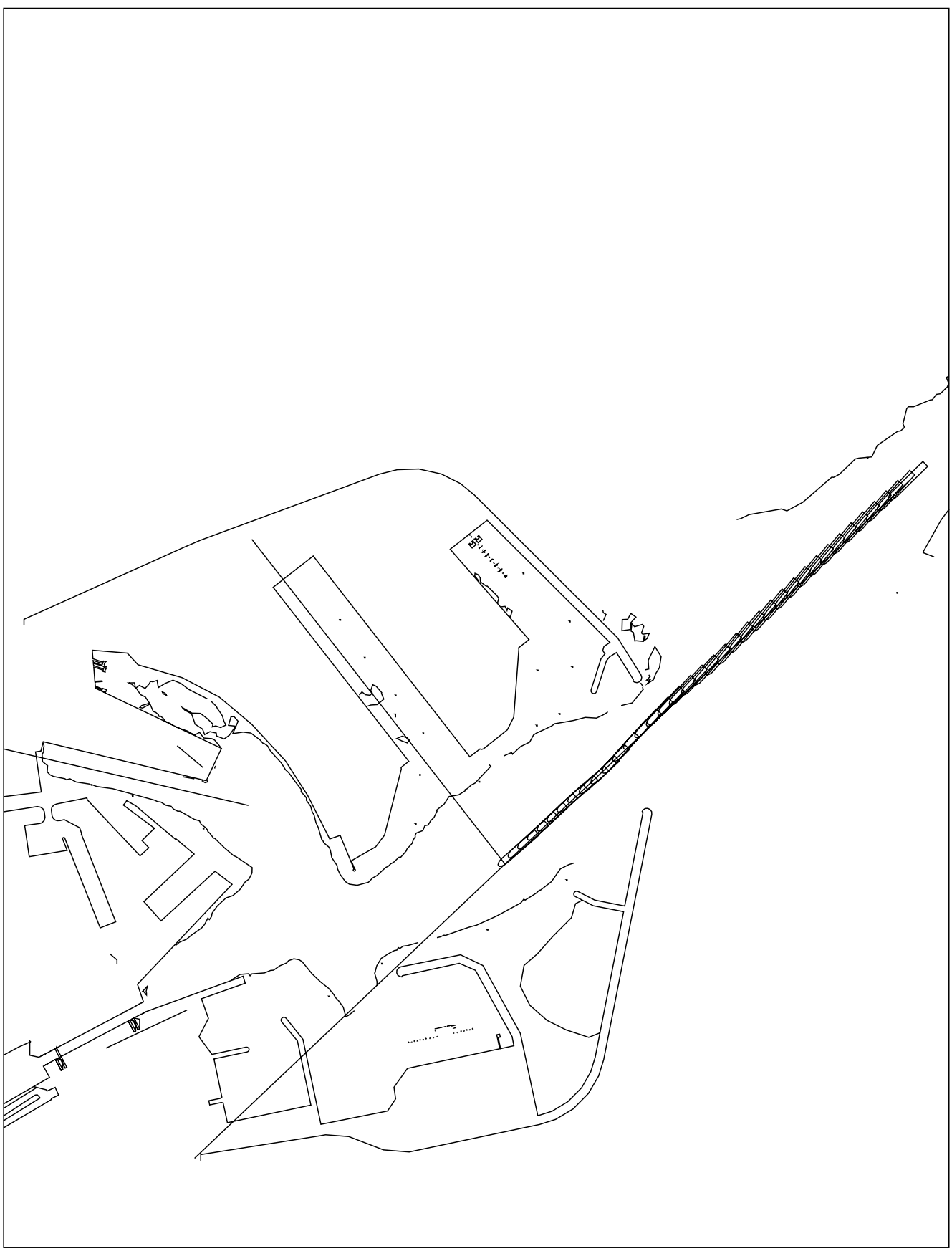


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Vaste bodem 15% kielspeling Datum : 2004-05-14 autopilot

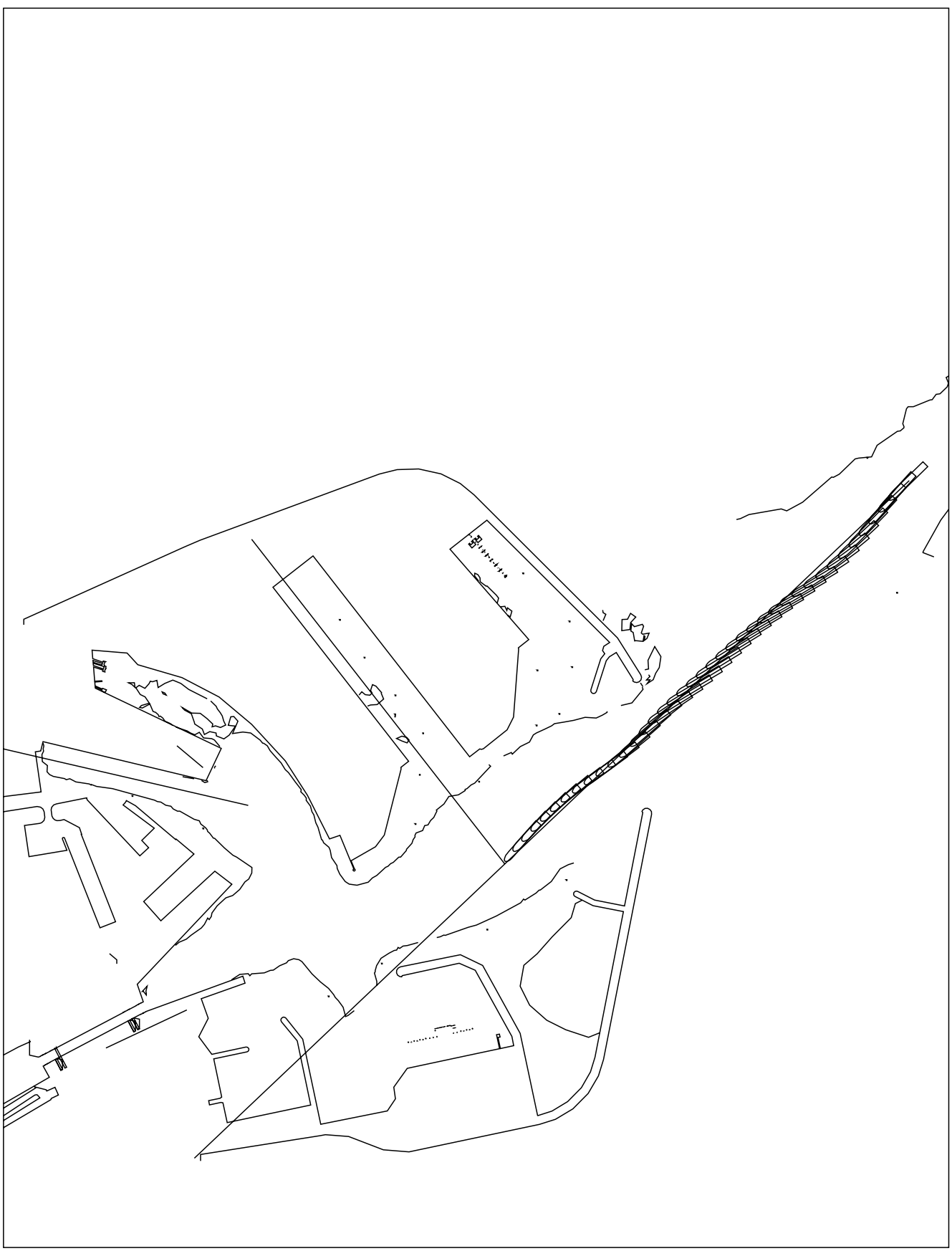


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Vaste bodem 10% kielspeling Datum : 2004-05-14 autopilot

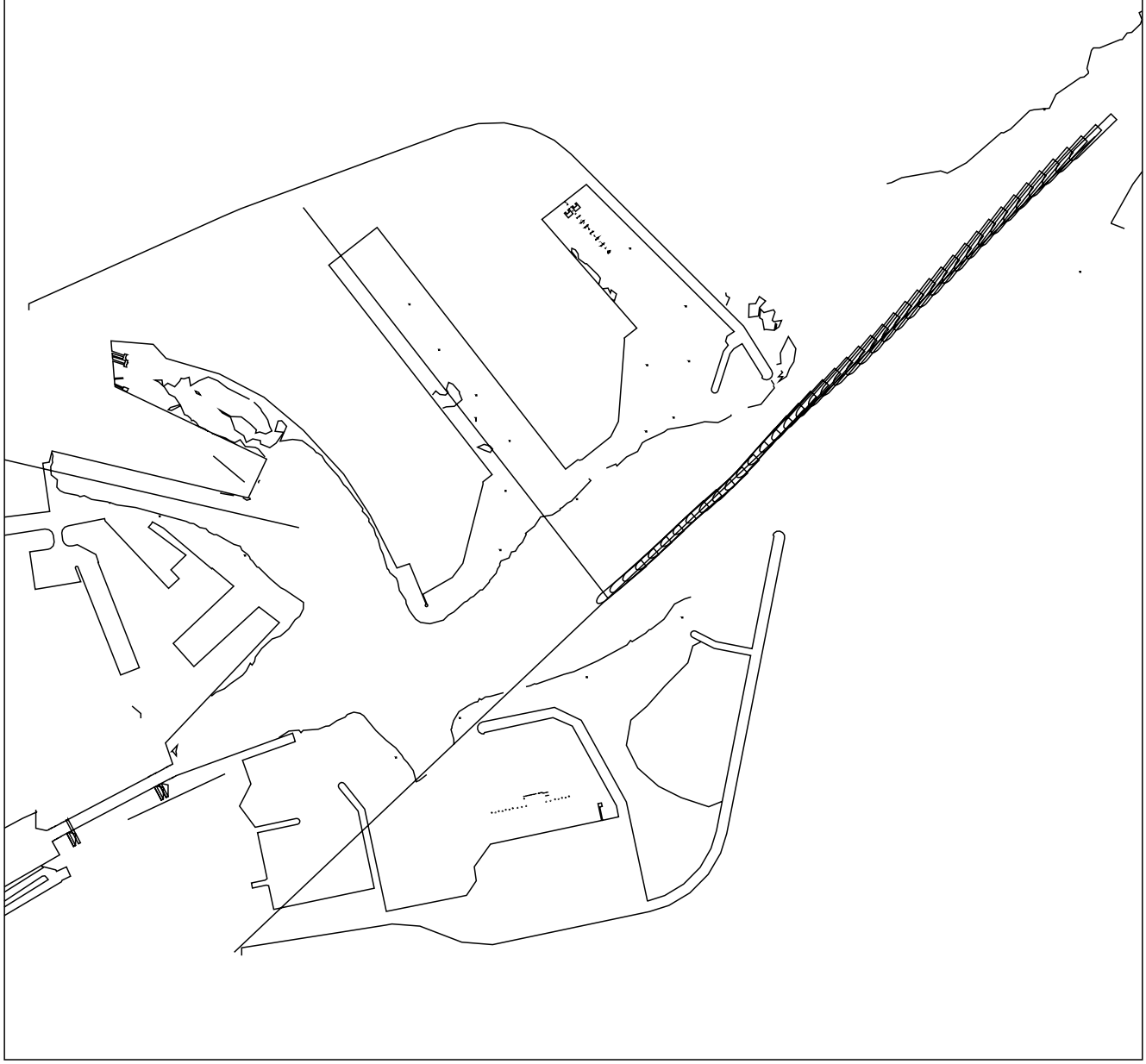


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 2h voor HW Vaste bodem 32% kielspeling Datum : 2004-05-14 autopilot

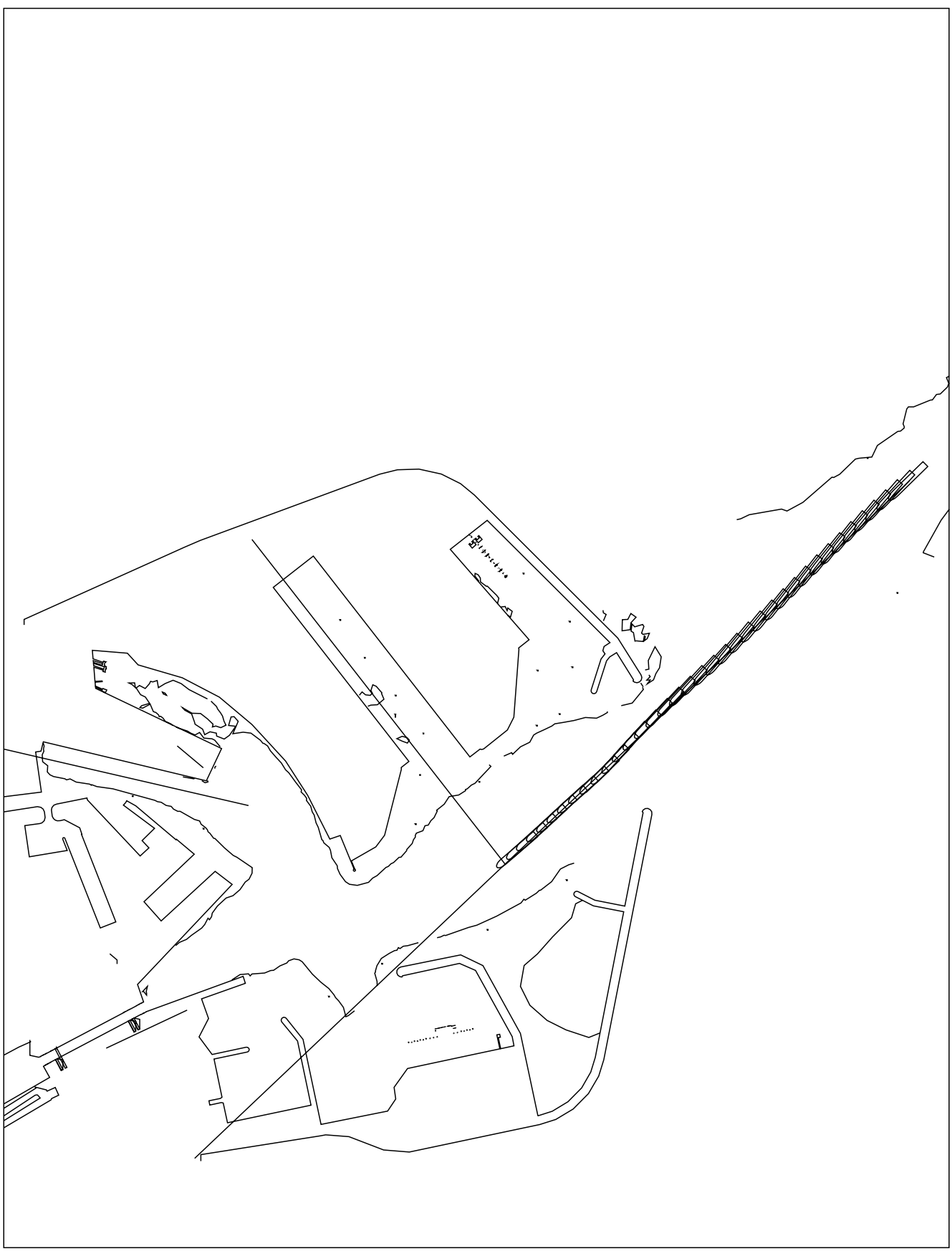


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib E 10% ksp -1,1% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

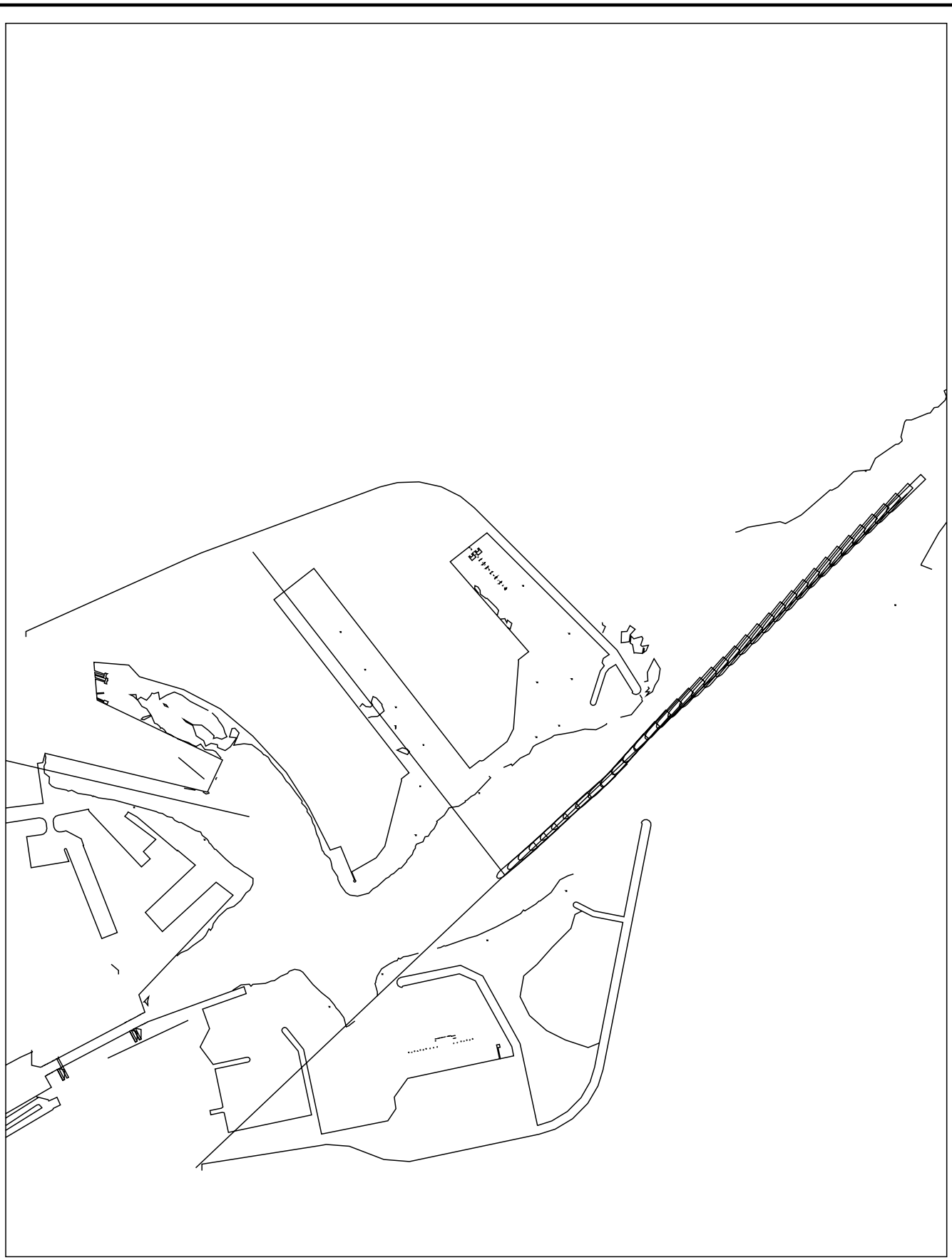


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib F 26% ksp 15% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

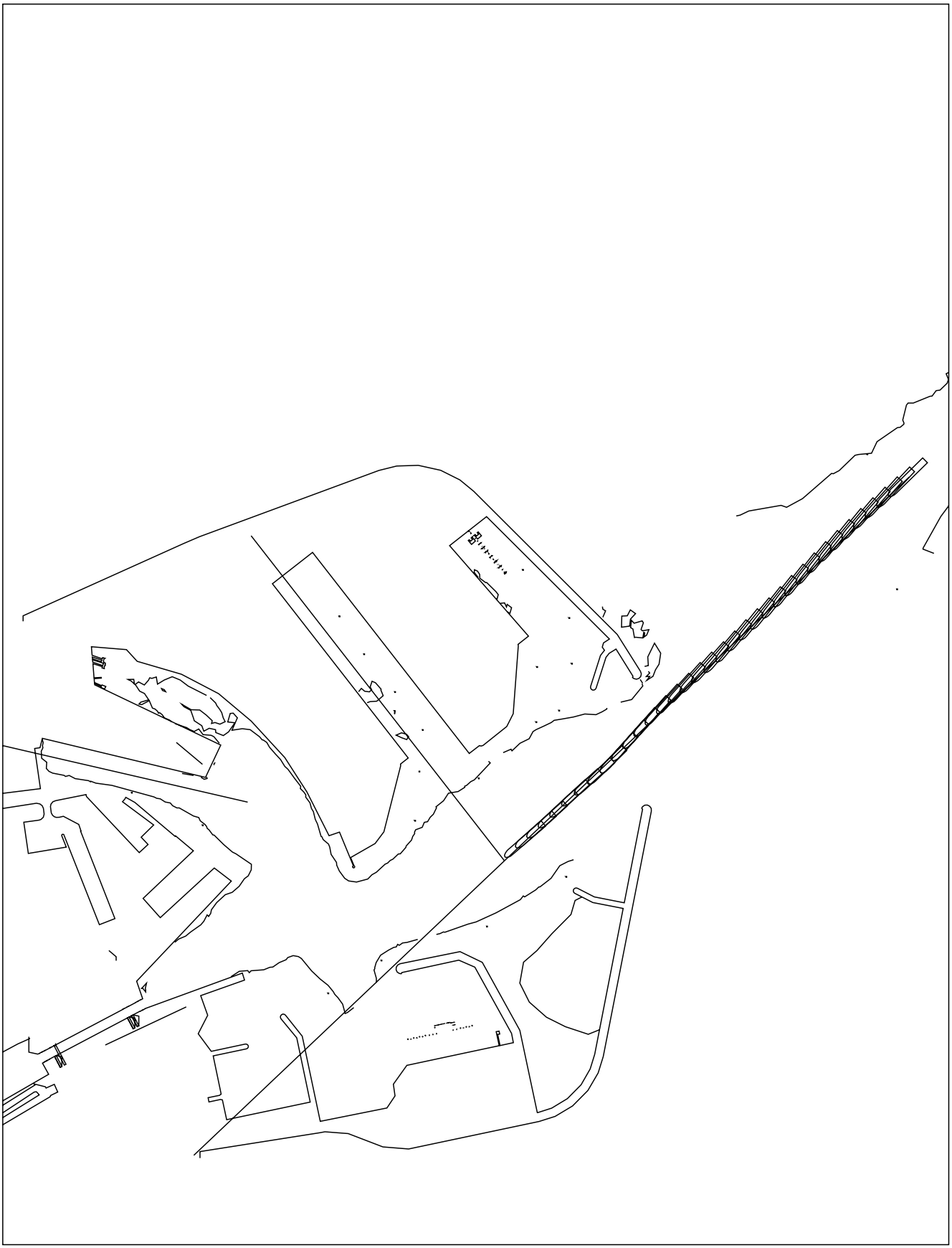


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib F 15% ksp 3,9% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

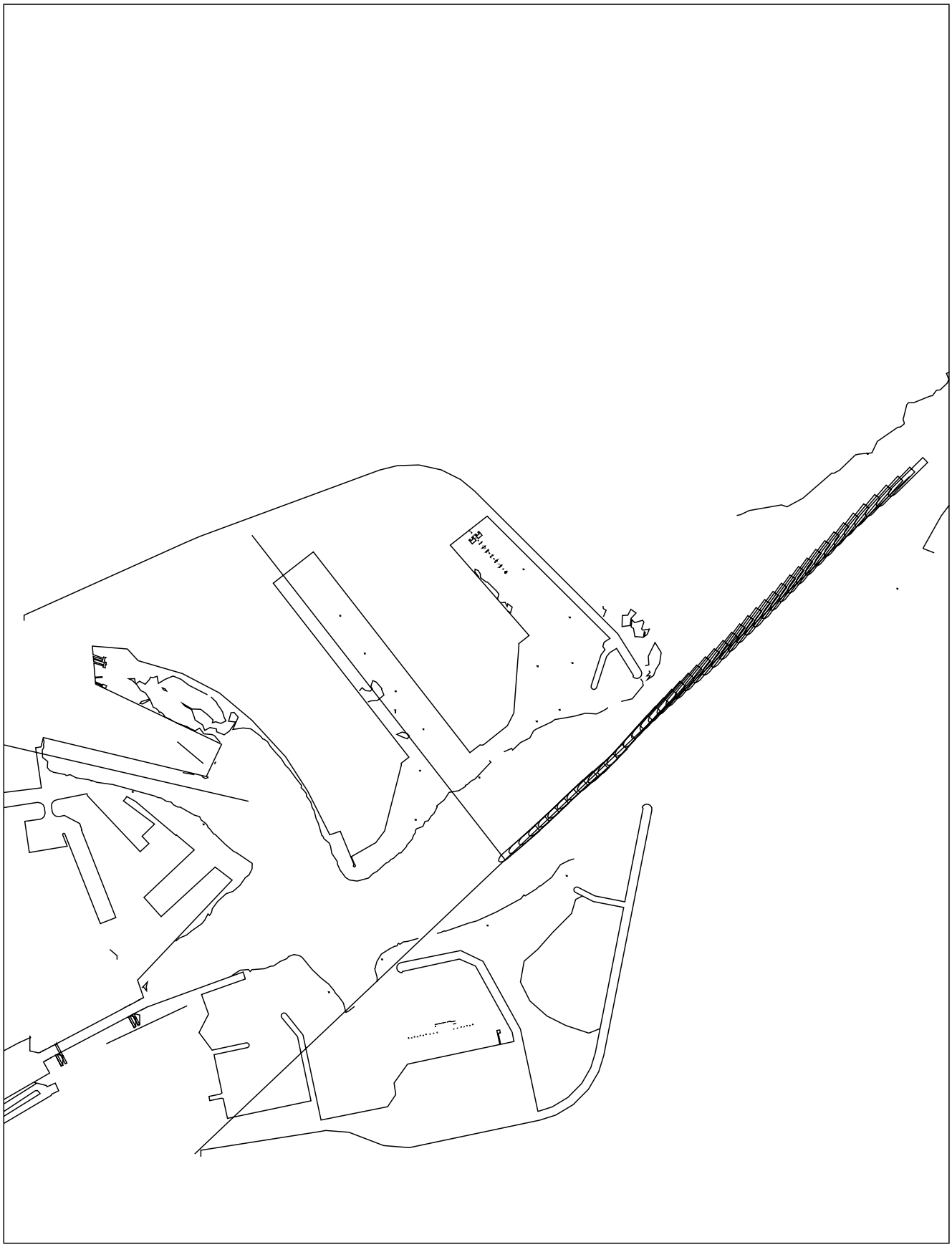


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib F 10% ksp -1,1% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

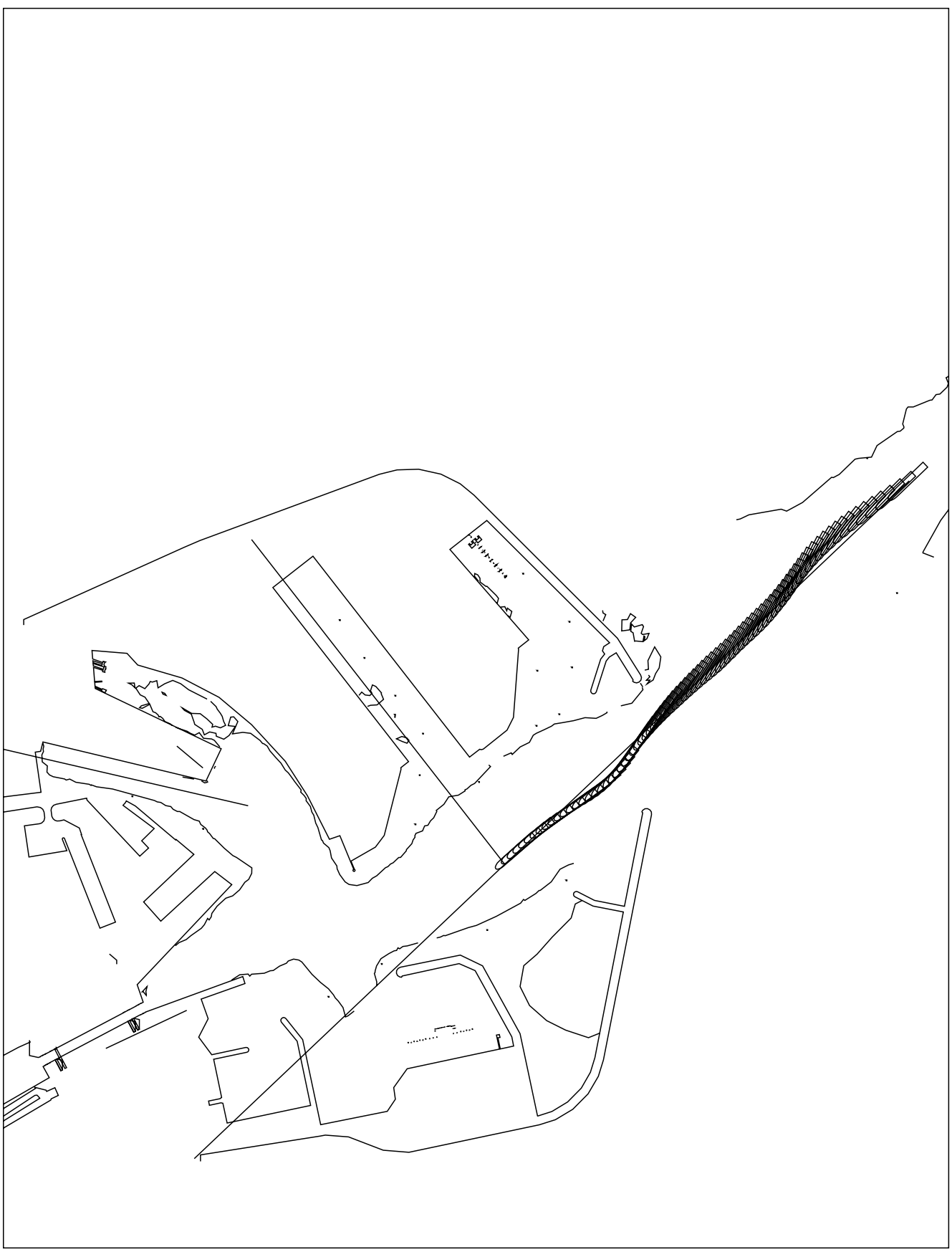


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib G 10% ksp -1,1% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

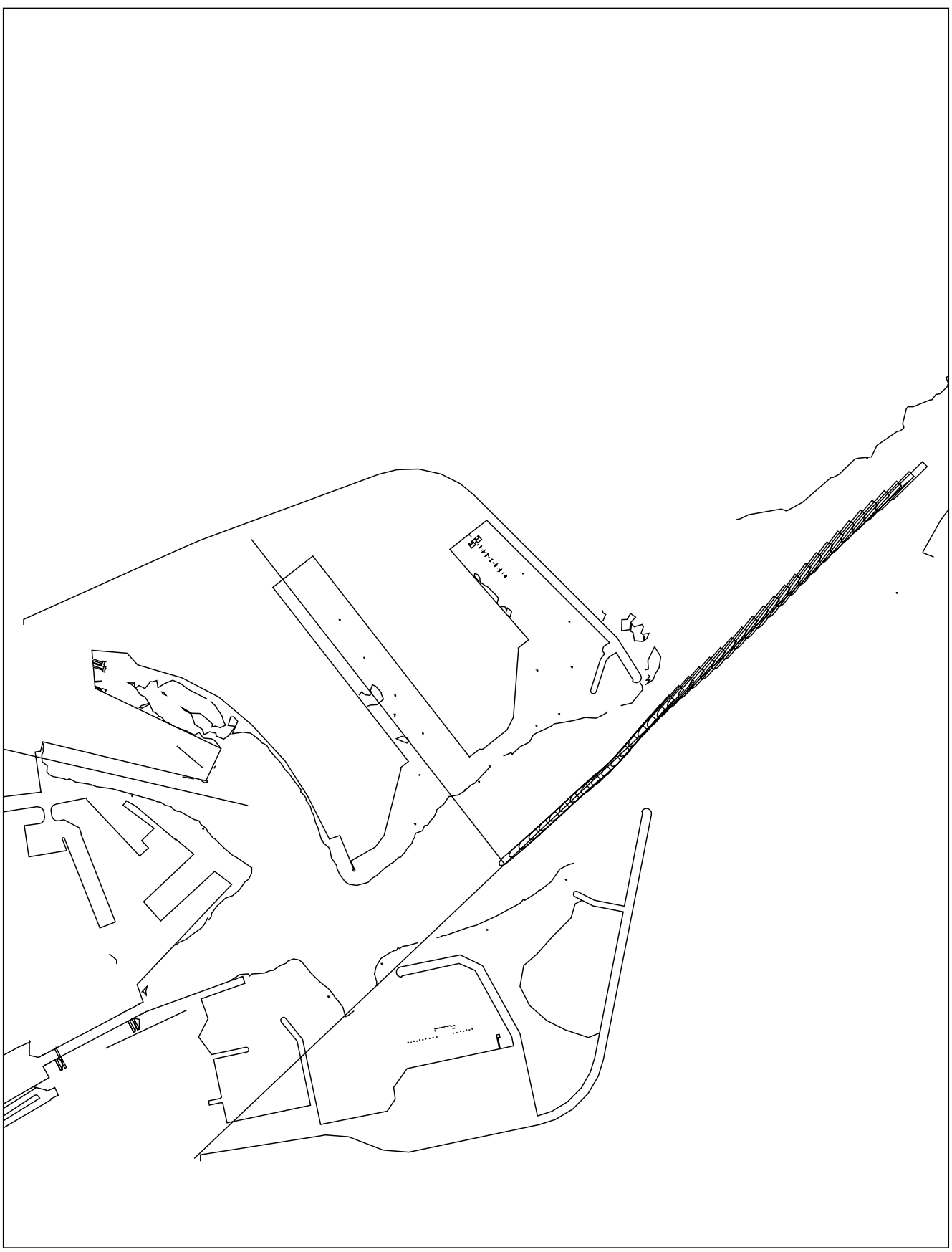


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h voor HW Slib G 15% ksp -7,2% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

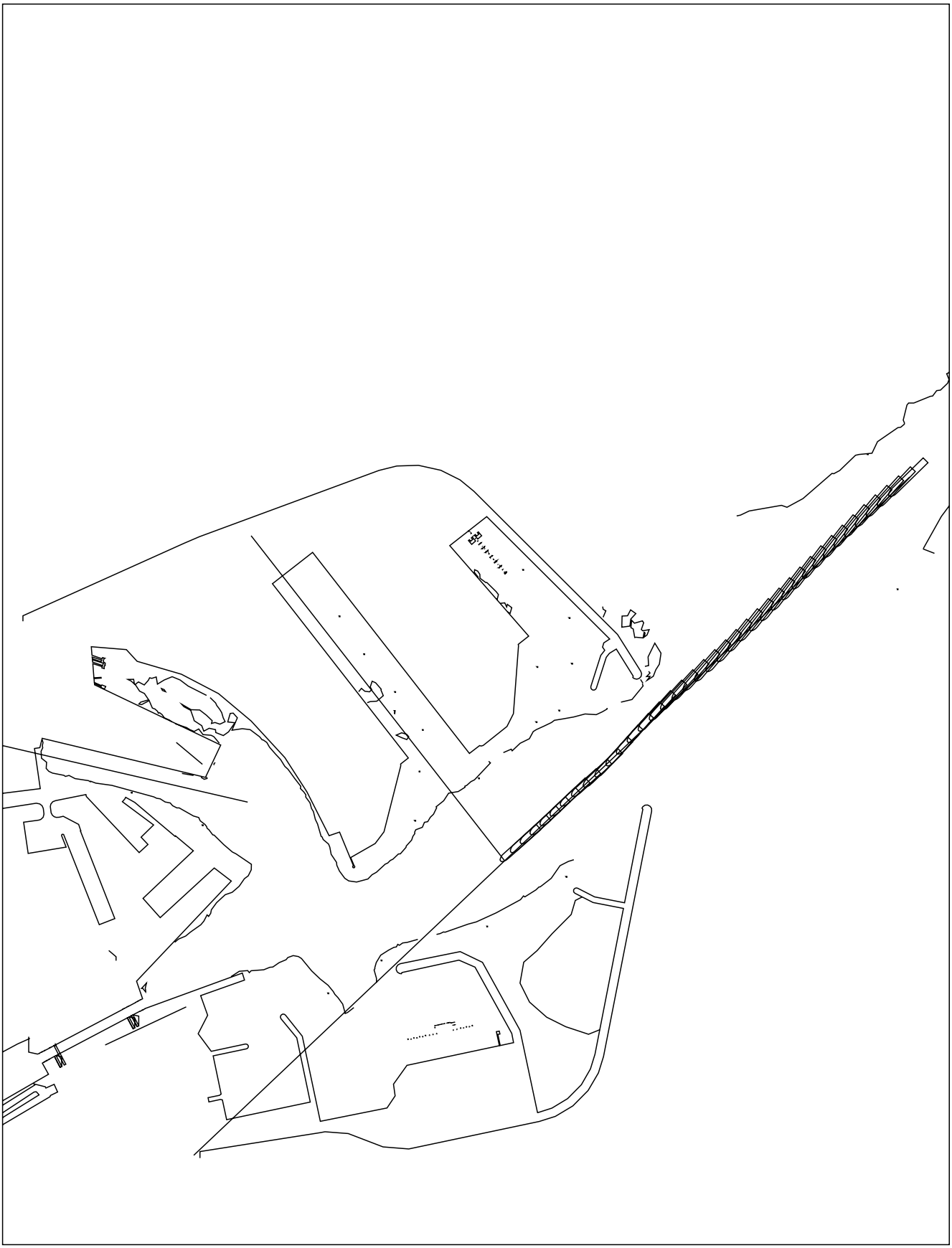


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib H 10% ksp -1,1% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

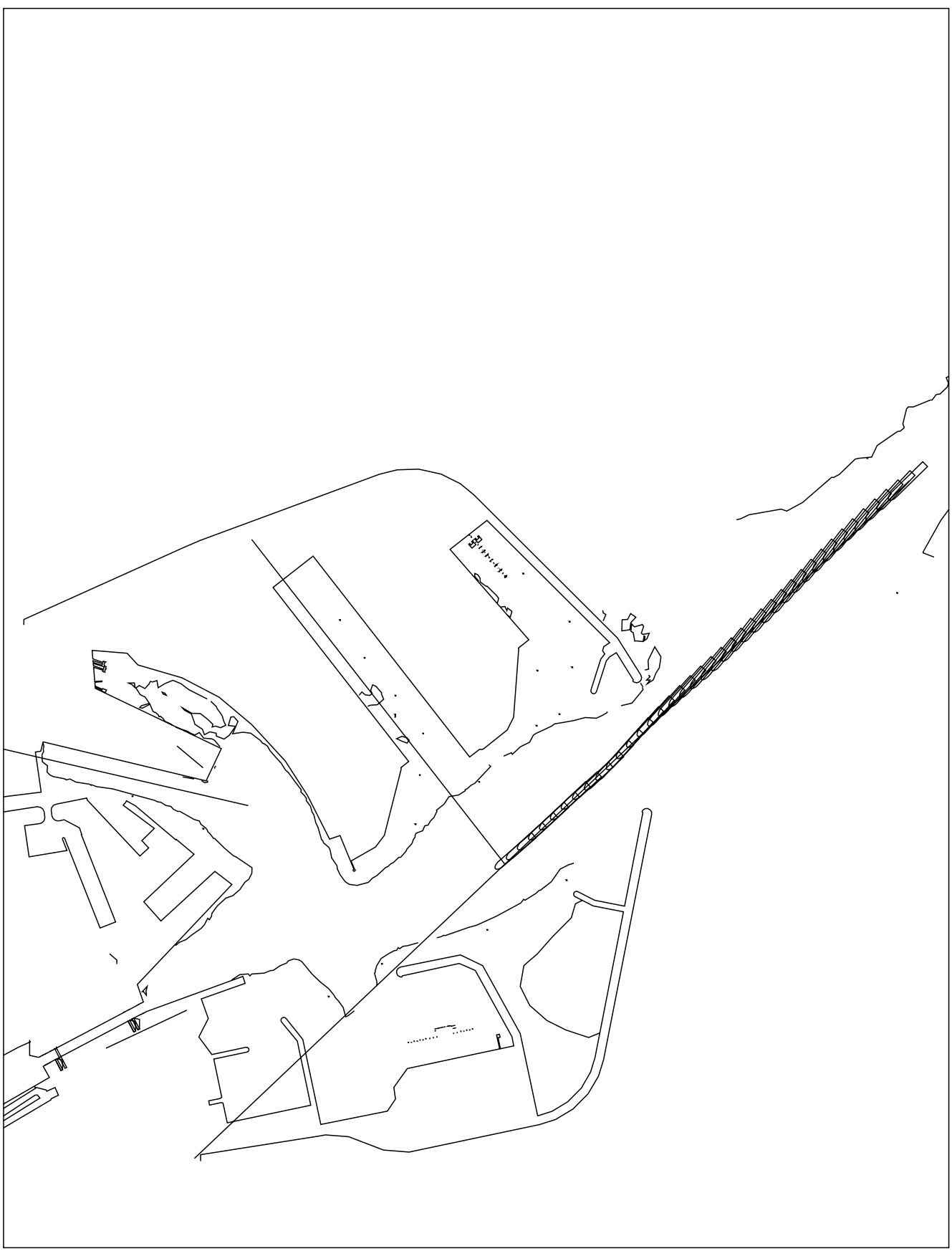


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib B 15% ksp 3,9% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

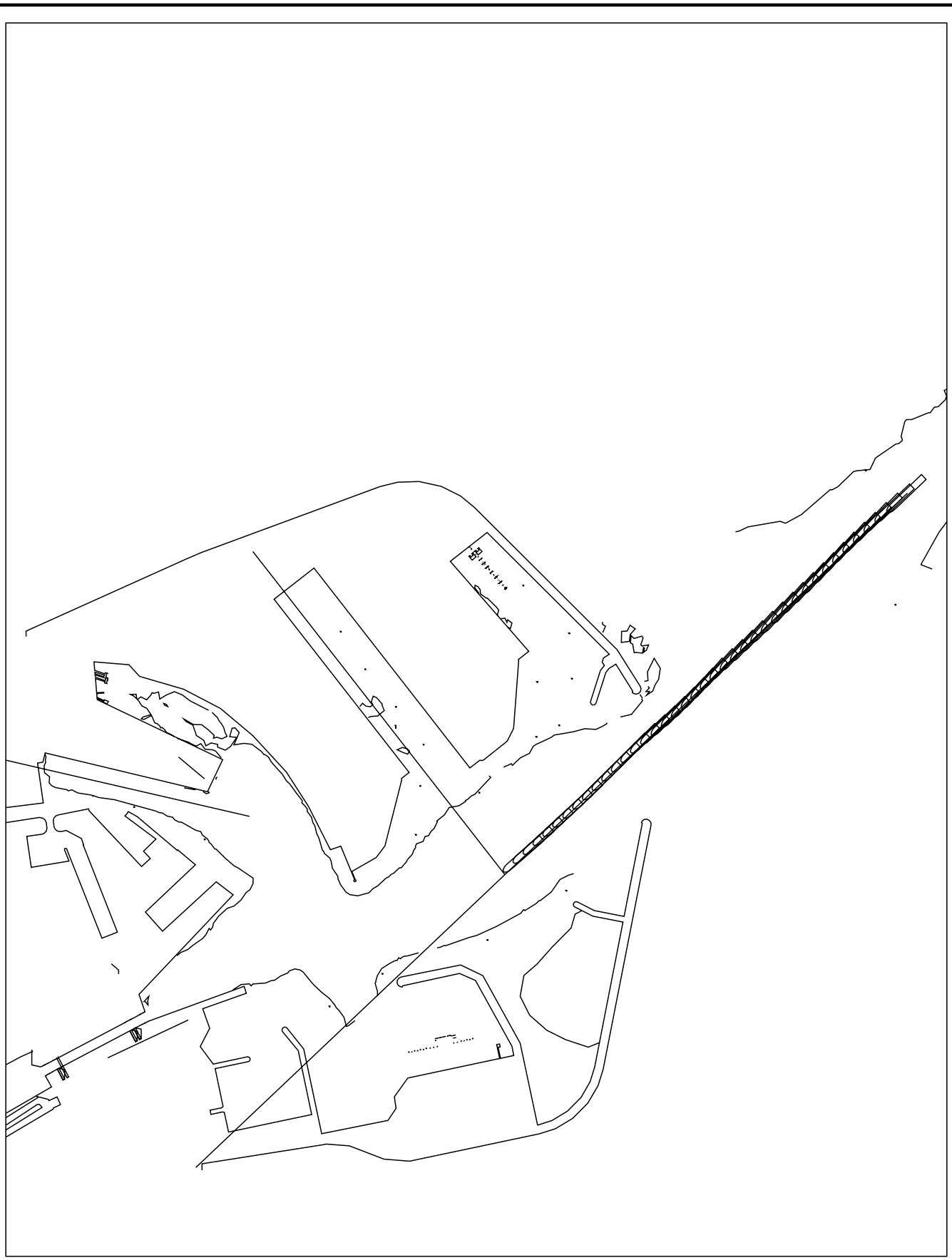


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib B 10% ksp -1,1% top slib Datum : 2004-05-14 autopilot

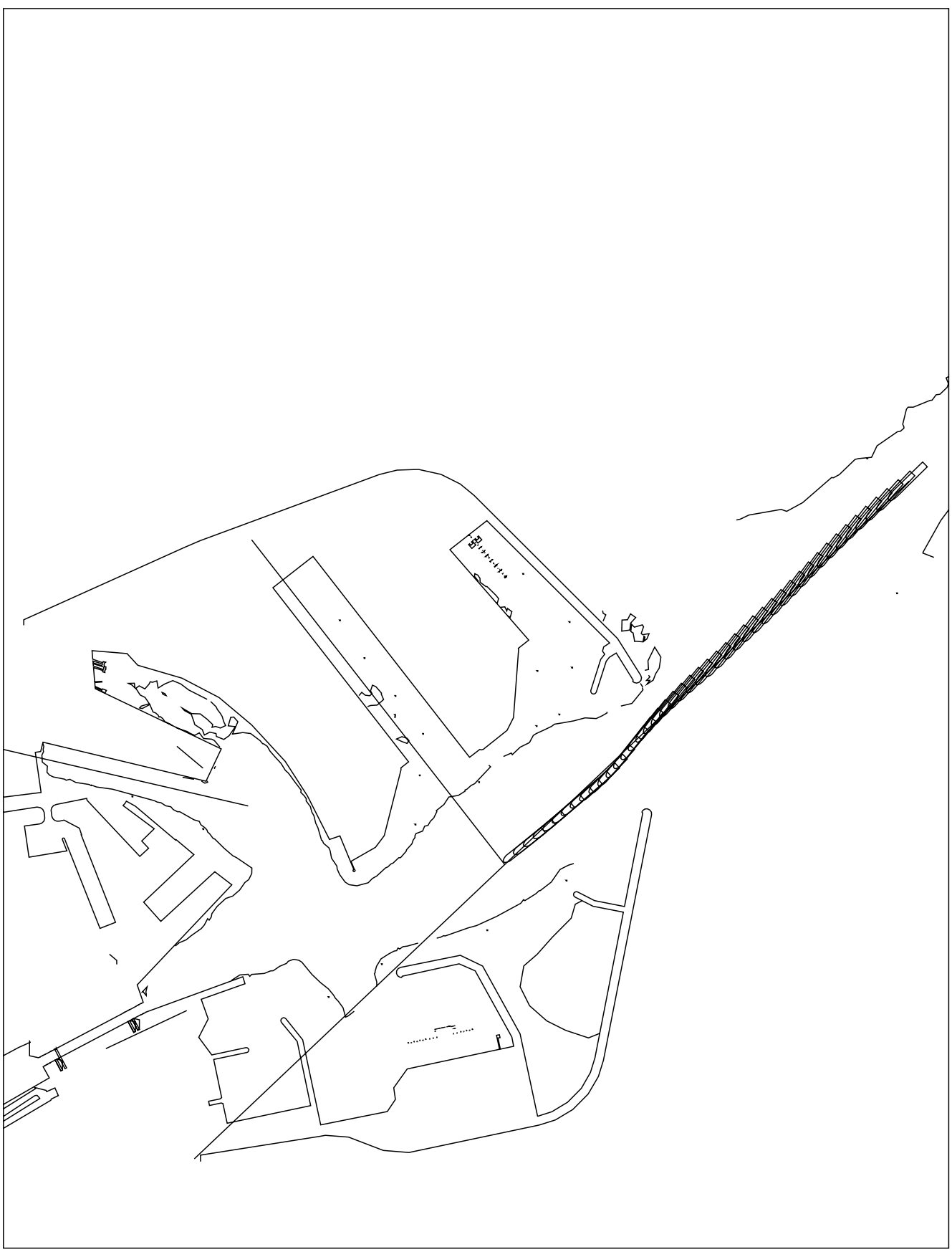


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h voor HW Slib B 15% ksp -7,2% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

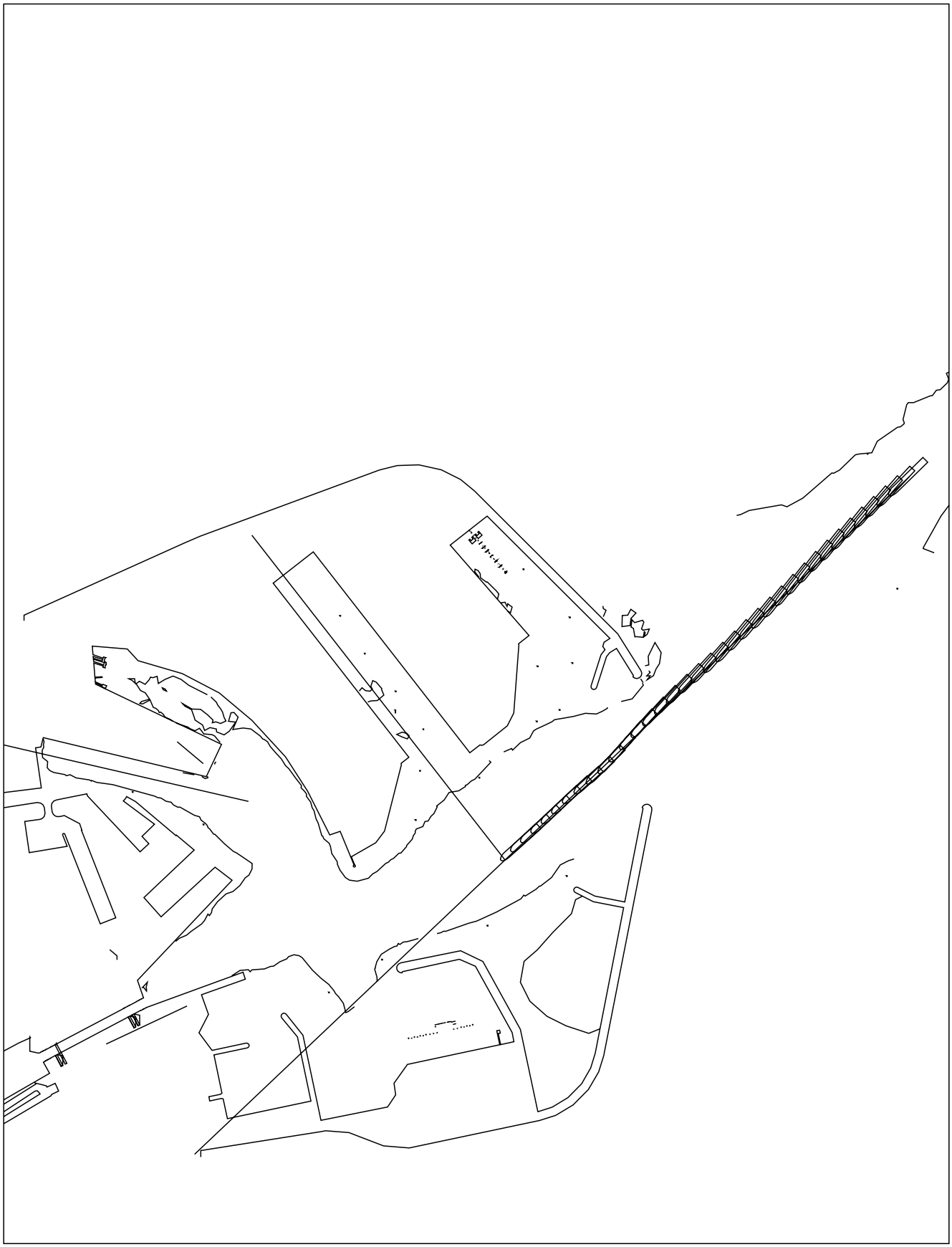


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib B 10% ksp -12,2% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

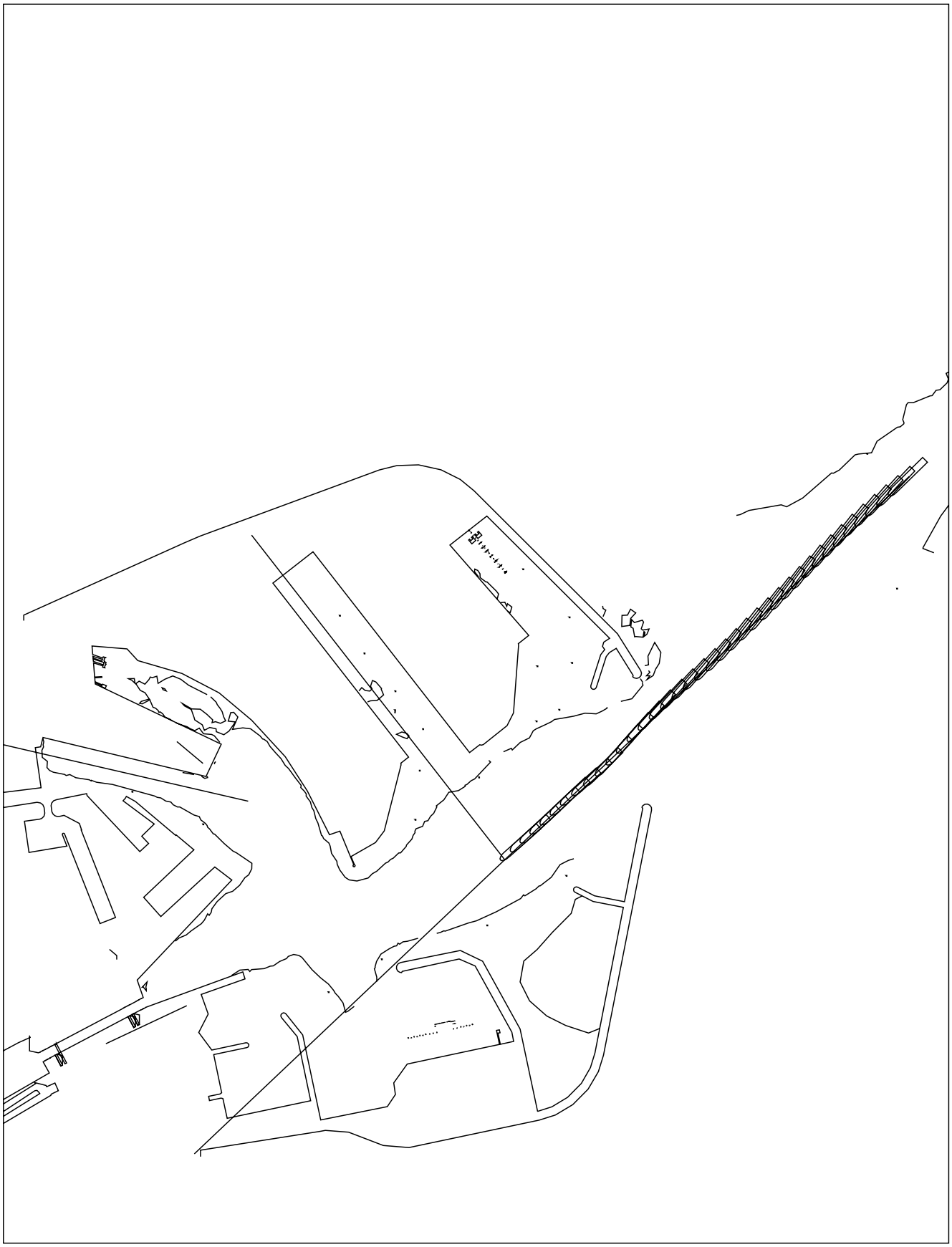


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib C 15% ksp 9,4% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

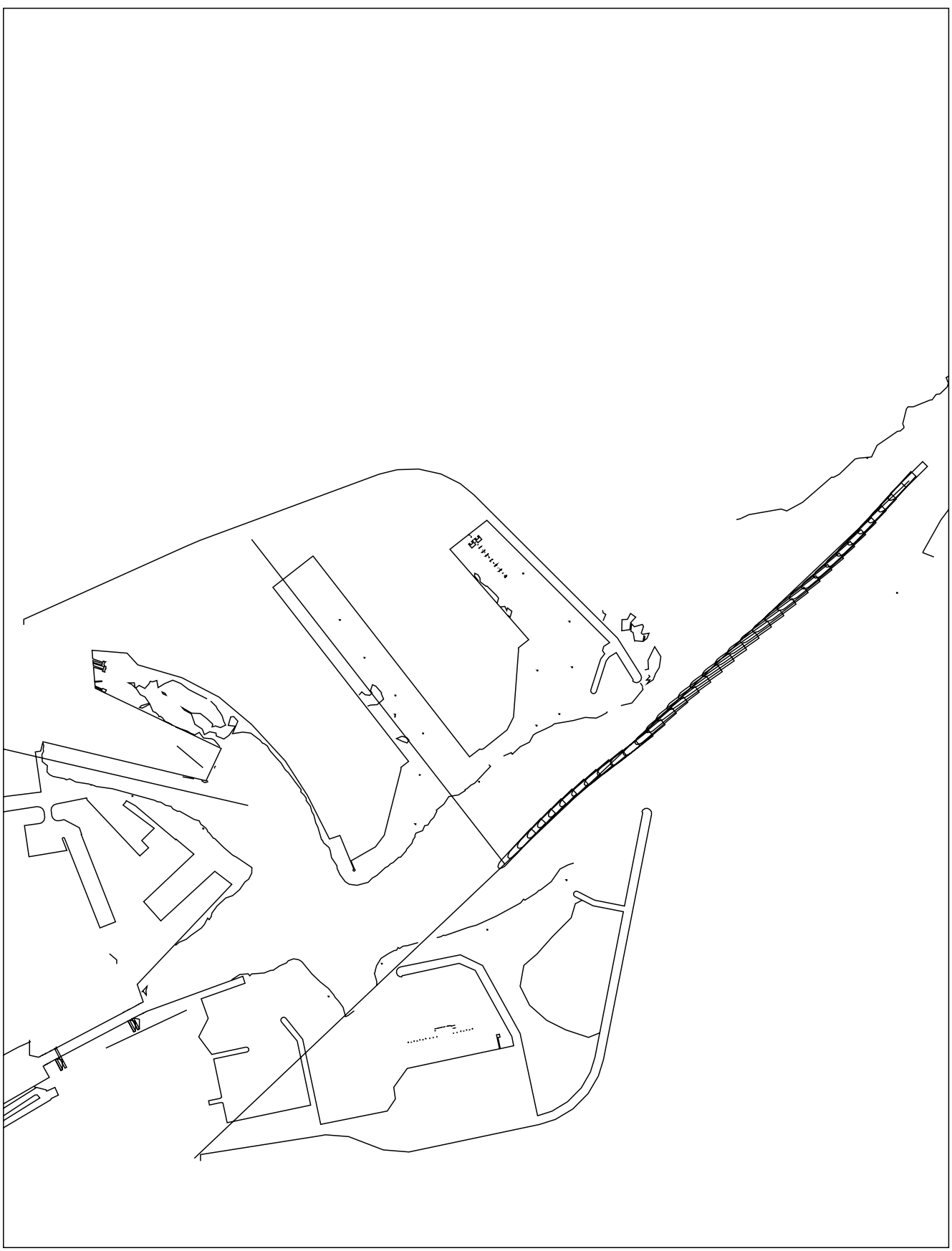


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib C 10% ksp -1,1% top slib Datum :2004-05-17 autopilot

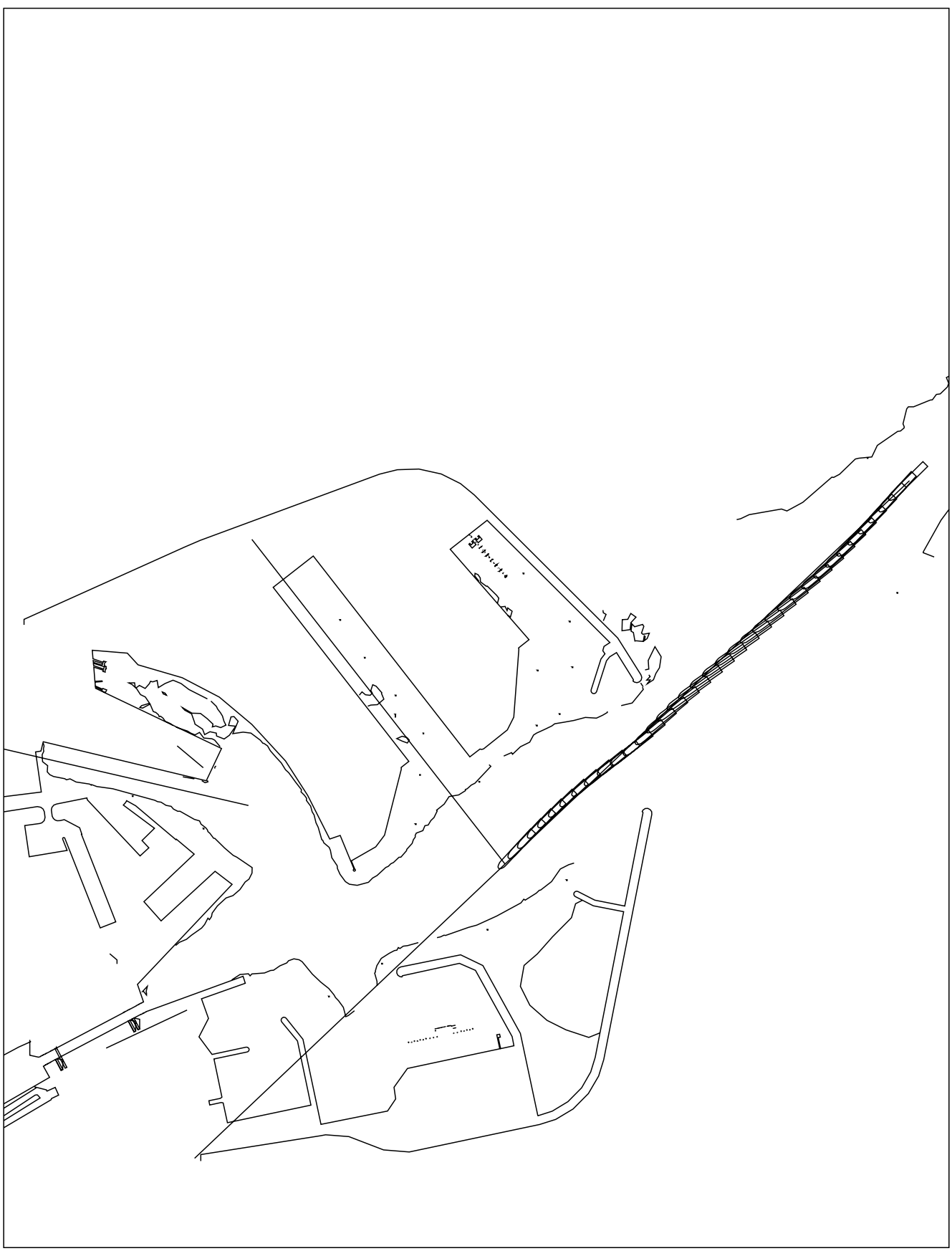


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 2h voor HW Slib C 26% ksp 4,1% top slib Datum :2004-05-17 autopilot

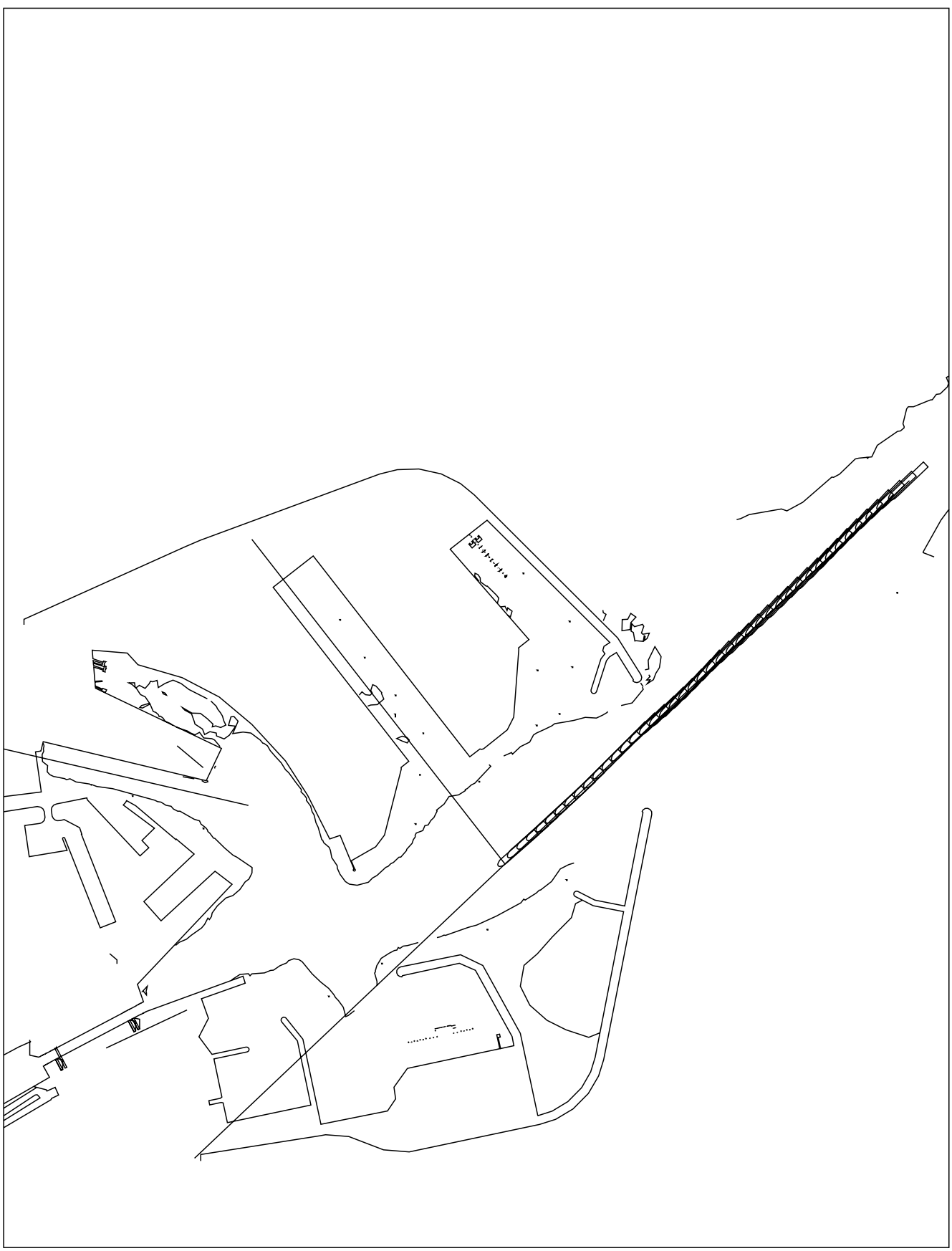


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h na HW Slib C 26% ksp 4,1% top slib Datum :2004-05-17 autopilot

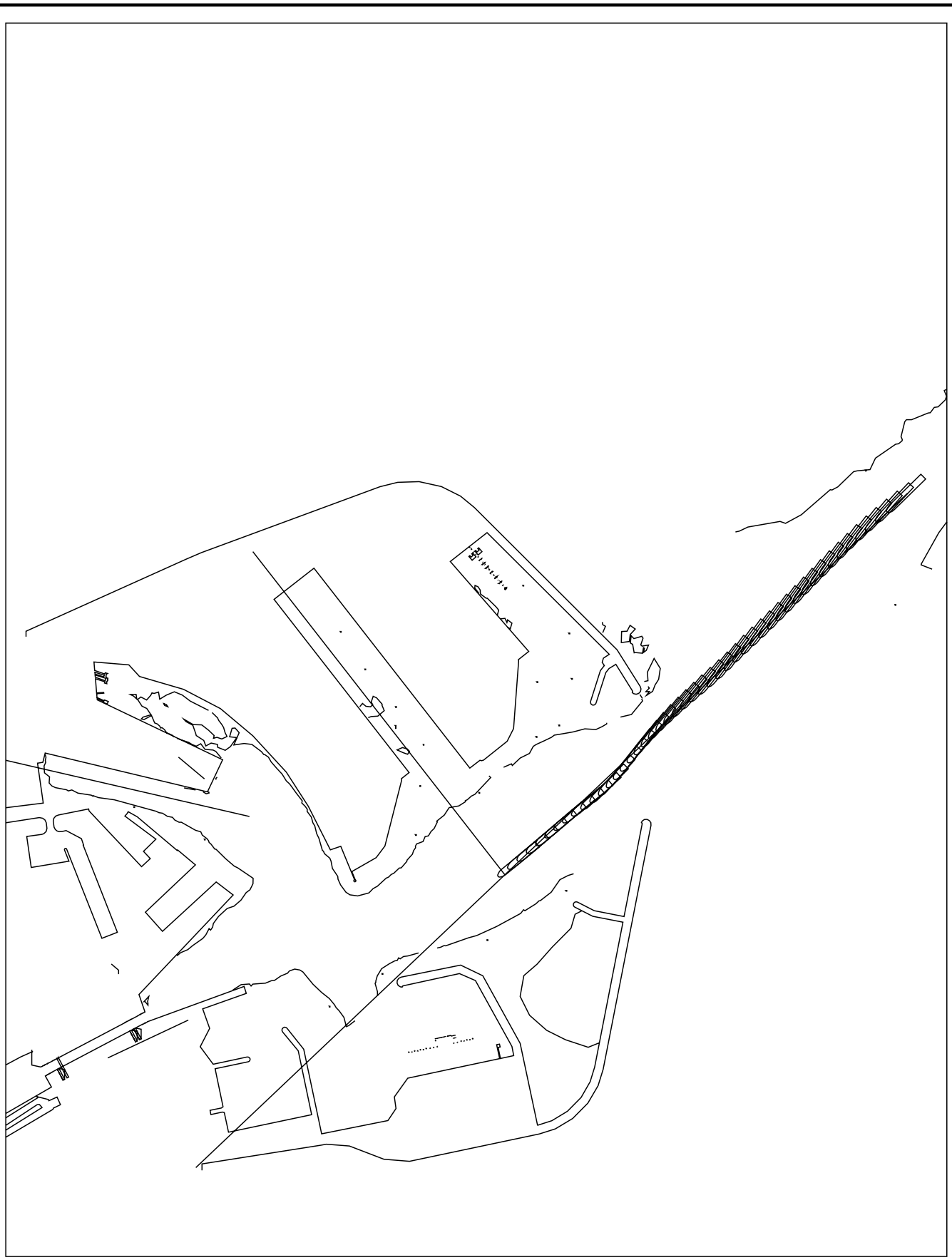


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h voor HW Slib C 15% ksp -7,2% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

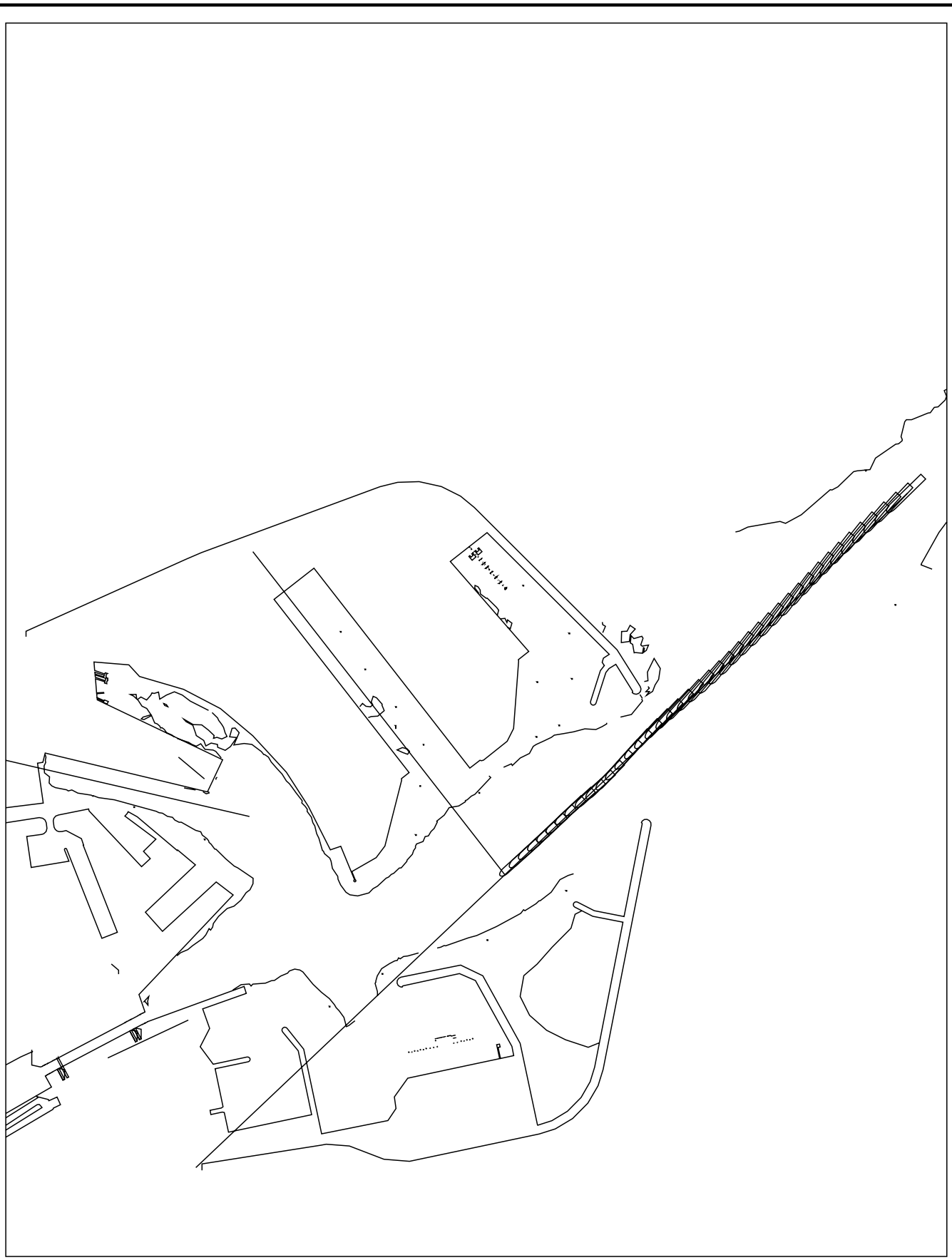


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib C 10% ksp 12,2% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

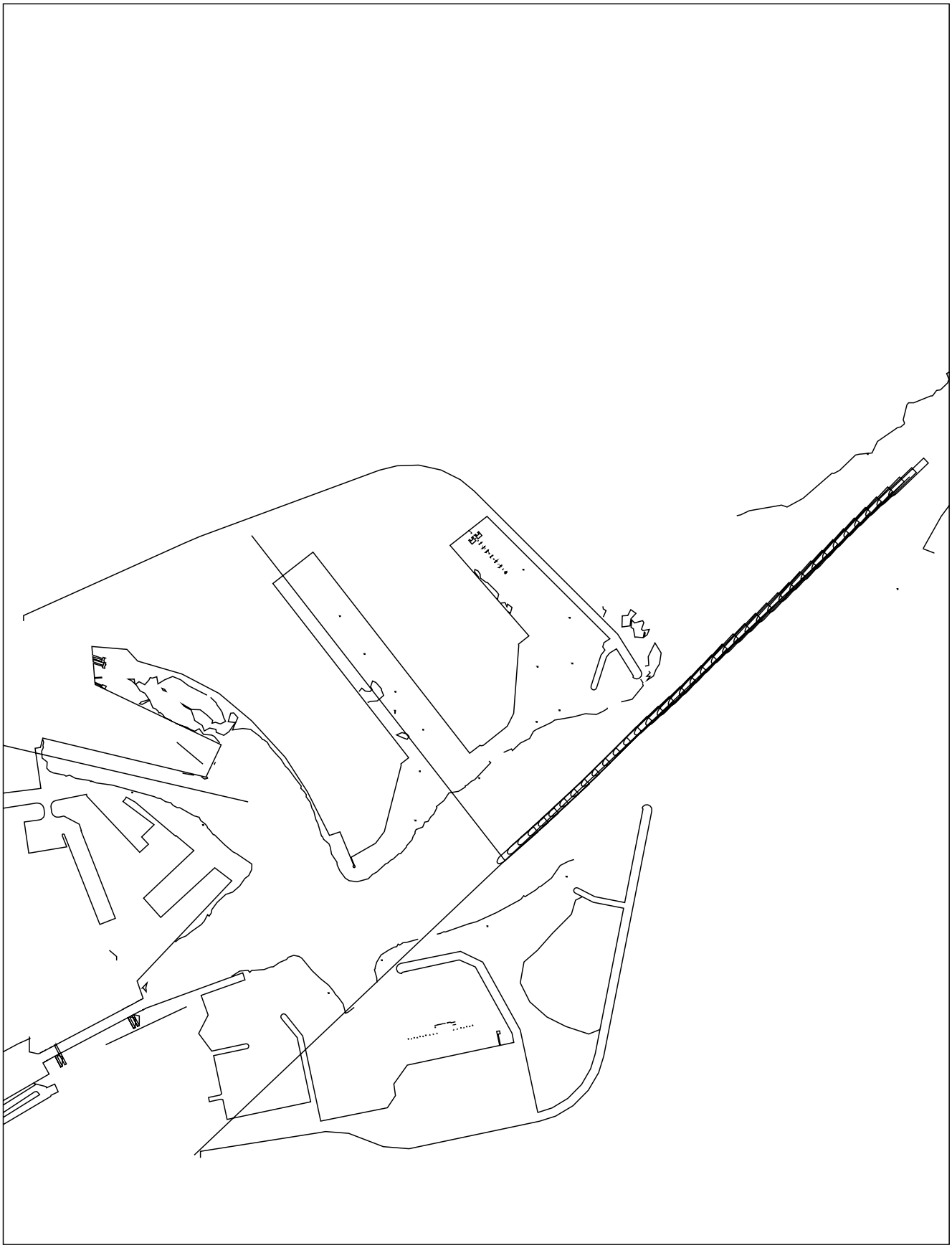


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib D 15% ksp 9,4% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

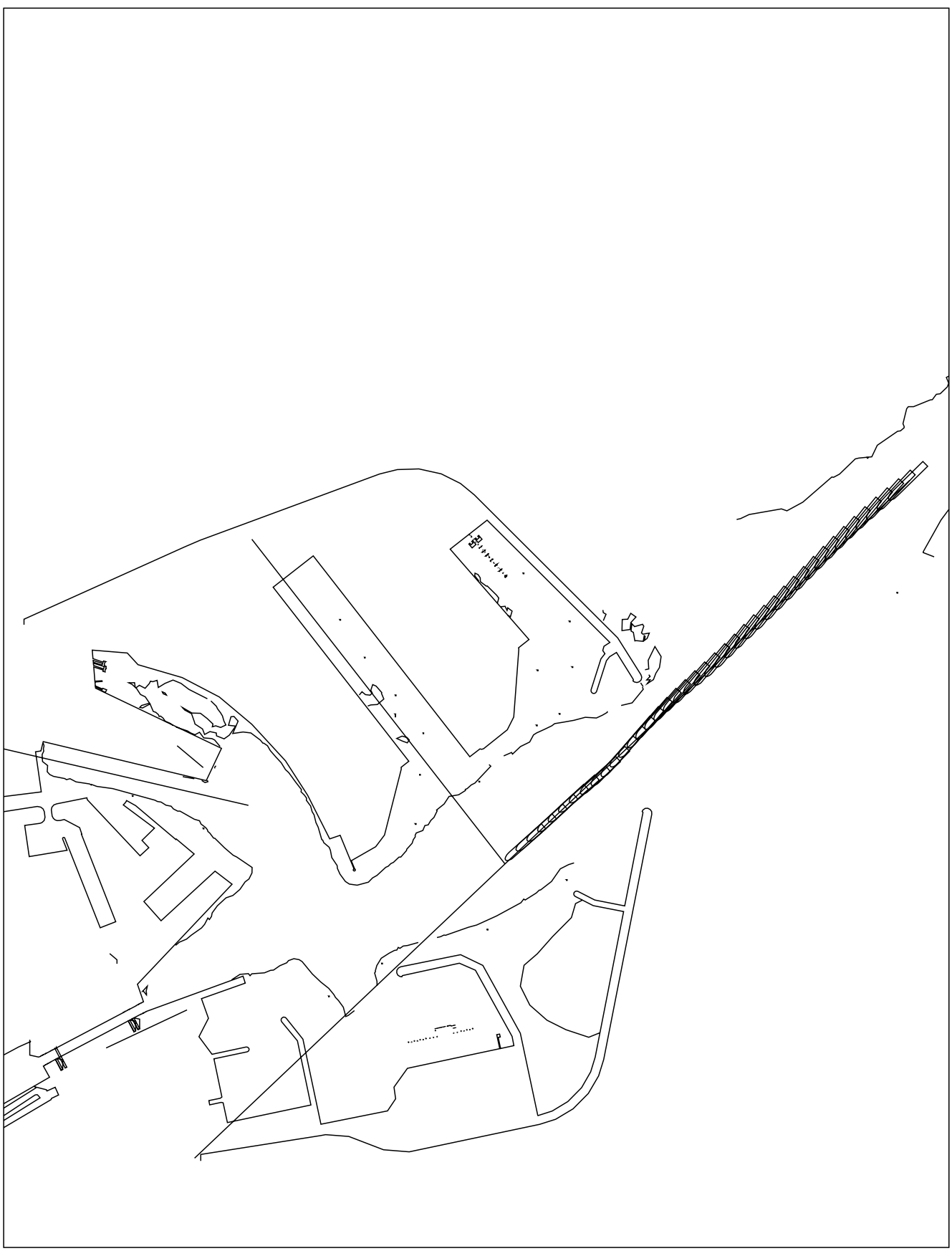


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h voor HW Slib D 15% ksp -7,2% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

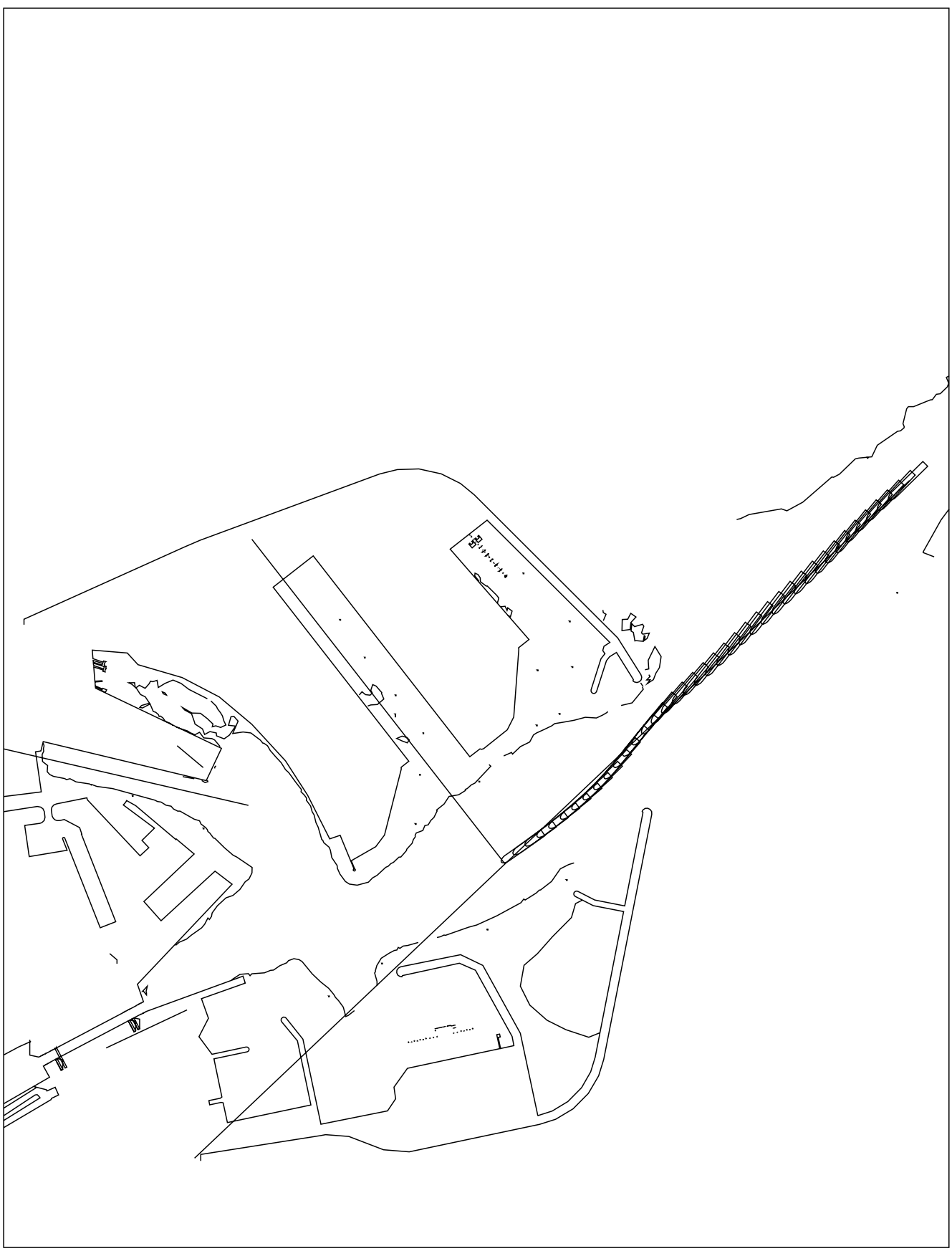


Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 5h40 voor HW Slib D 10% ksp -12,2% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot



Plotinterval 20. s

0 1000 m

Schaal 1:/32000.

Testen scheepsmodel binnenvaren haven van zeebrugge met stroming	ZW 4 BF 4h na HW Slib D 26% ksp 4,1% top slib Datum : 2004-05-17 autopilot

BIJLAGE 13

FILMOPNAMES

(zie bijgevoegde DVD)