2005 MOD 782

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

DE CURRENT DEFLECTING WALL AAN HET DEURGANCKDOK

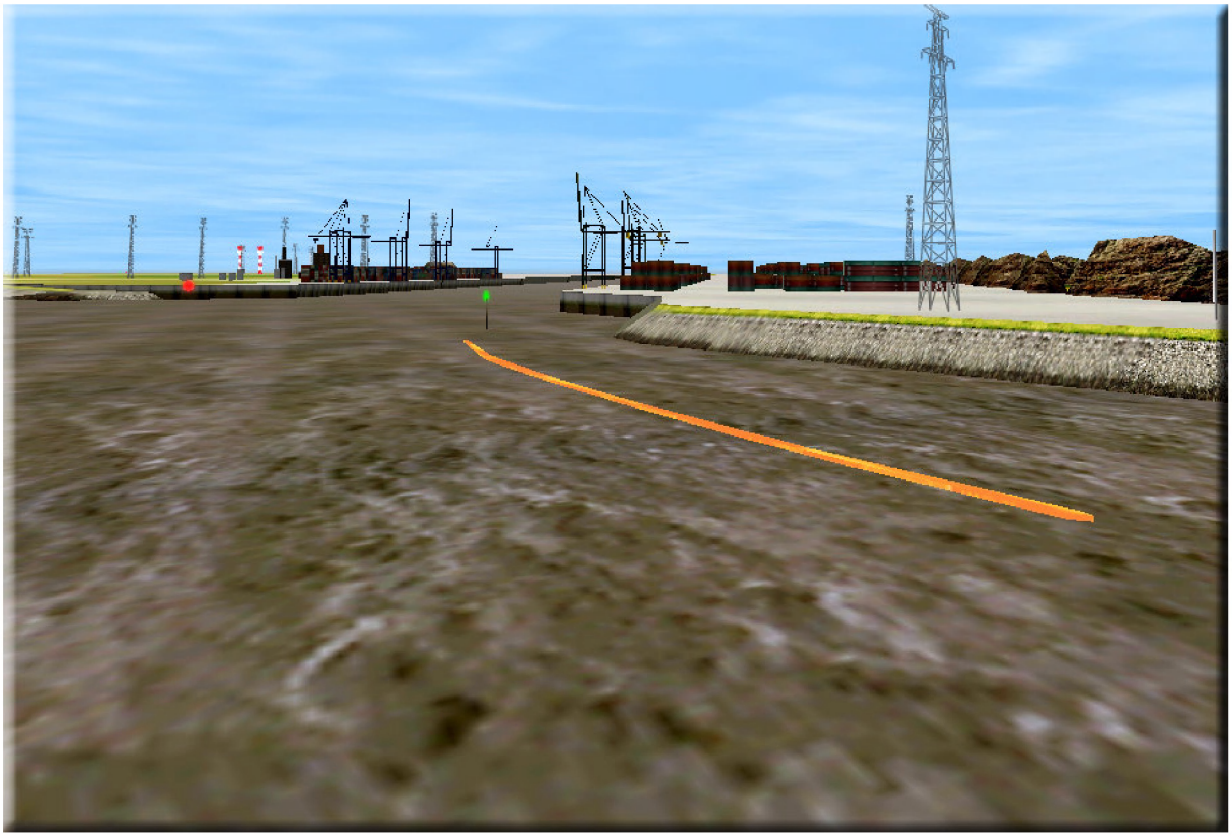
SIMULATORSTUDIE

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen

Model 782

DE CURRENT DEFLECTING WALL
AAN HET DEURGANCKDOK

SIMULATORSTUDIE



September 2005

INHOUDSOPGAVE

DEEL I

INHOUDSOPGAVE ii
Lijst van de tabellen v
Lijst van de figuren vi
1 Inleiding 1
1.1 Situering van het onderzoek 1
1.2 Doel van het onderzoek 1
2 Beschrijving van de onderzoeksomgeving 3
2.1 Schip 3
2.2 Getij 3
2.3 Bodemgegevens 4
2.4 Windgegevens 4
2.5 Sleepboten 5
2.6 Nautische hulpmiddelen 5
2.7 Vreemde schepen 5
2.8 Oeverzuiging 6
2.9 Vaarcondities 6
3 Bespreking van de vaarsimulaties 7
3.1 Algemeen 7
3.2 Bespreking van de vaarten per conditie 8
Karakteristieken per conditie: *8*
4 Commentaar van de loodsen 10
4.1 Bevraging van de loodsen 10
4.1.1 Algemene verwachtingen CDW *10*
4.2 Calamiteiten door CDW 11
4.3 Evaluatie van de vaarten 12
4.3.1 Beoordeling van het manoeuvre *12*
4.3.2 Moeilijkheidsgraad op de simulator *13*
4.3.3 Uitvoerbaarheid van het manoeuvre *14*
4.3.4 Commentaar *15*
4.4 Beoordeling onderzoeksplatform 15
5 Samenvatting en voorlopige besluiten 16
5.1 Samenvatting 16
5.2 Besluiten en voorstellen 16
Referenties 18
Bijlage A: Pilot sheet *Con352* 1
Bijlage B: Bevraging van de loodsen 2
Bijlage C: Evaluatie loodsen 8
Bijlage D: Eindevaluatie loodsen 10

DEEL II

Vaarbaanplot vaartnr. 023 afvaart_eb_NW7 1
Vaarbaanplot vaartnr. 001 afvaart_eb_ZO6 2
Vaarbaanplot vaartnr. 003 afvaart_eb_ZO6 3
Vaarbaanplot vaartnr. 005 afvaart_eb_ZO6 4
Vaarbaanplot vaartnr. 011 afvaart_eb_ZO6 5
Vaarbaanplot vaartnr. 012 afvaart_eb_ZO6 6
Vaarbaanplot vaartnr. 016 afvaart_eb_ZO6 7
Vaarbaanplot vaartnr. 017 afvaart_eb_ZO6 8
Vaarbaanplot vaartnr. 020 afvaart_eb_ZO6 9
Vaarbaanplot vaartnr. 006 afvaart_eb_ZO6 machinebreuk 10
Vaarbaanplot vaartnr. 018 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk 11
Vaarbaanplot vaartnr. 024 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk 12
Vaarbaanplot vaartnr. 002 afvaart_vloed_ZO6 13
Vaarbaanplot vaartnr. 007 afvaart_vloed_ZO6 14
Vaarbaanplot vaartnr. 013 afvaart_vloed_ZO6 15
Vaarbaanplot vaartnr. 022 afvaart_vloed_ZO6 16
Vaarbaanplot vaartnr. 009 opvaart_eb_ZO6 17
Vaarbaanplot vaartnr. 015 opvaart_eb_ZO6 18
Vaarbaanplot vaartnr. 021 opvaart_eb_ZW6 19
Vaarbaanplot vaartnr. 019 opvaart_vloed_NO8 20
Vaarbaanplot vaartnr. 004 opvaart_vloed_NW6 21
Vaarbaanplot vaartnr. 026 opvaart_vloed_NW6 22
Vaarbaanplot vaartnr. 025 opvaart_vloed_NW8 23
Vaarbaanplot vaartnr. 000 opvaart_vloed_ZO6 24
Vaarbaanplot vaartnr. 010 opvaart_vloed_ZO6 25
Vaarbaanplot vaartnr. 014 opvaart_vloed_ZO6 26

Kenmerken schip vaartnr. 023 afvaart_eb_NW7 1
Kenmerken schip vaartnr. 001 afvaart_eb_ZO6 2
Kenmerken schip vaartnr. 003 afvaart_eb_ZO6 3
Kenmerken schip vaartnr. 005 afvaart_eb_ZO6 4
Kenmerken schip vaartnr. 011 afvaart_eb_ZO6 5
Kenmerken schip vaartnr. 012 afvaart_eb_ZO6 6
Kenmerken schip vaartnr. 016 afvaart_eb_ZO6 7
Kenmerken schip vaartnr. 017 afvaart_eb_ZO6 8
Kenmerken schip vaartnr. 020 afvaart_eb_ZO6 9
Kenmerken schip vaartnr. 006 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk 10
Kenmerken schip vaartnr. 018 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk 11
Kenmerken schip vaartnr. 024 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk 12

Kenmerken schip vaartnr. 002 afvaart_vloed_ZO6.....13
Kenmerken schip vaartnr. 007 afvaart_vloed_ZO6.....14
Kenmerken schip vaartnr. 013 afvaart_vloed_ZO6.....15
Kenmerken schip vaartnr. 022 afvaart_vloed_ZO6.....16
Kenmerken schip vaartnr. 009 opvaart_eb_ZO6..... 17
Kenmerken schip vaartnr. 015 opvaart_eb_ZO6..... 18
Kenmerken schip vaartnr. 021 opvaart_eb_ZW6..... 19
Kenmerken schip vaartnr. 019 opvaart_vloed_NO8..... 20
Kenmerken schip vaartnr. 004 opvaart_vloed_NW6..... 21
Kenmerken schip vaartnr. 026 opvaart_vloed_NW6..... 22
Kenmerken schip vaartnr. 025 opvaart_vloed_NW8..... 23
Kenmerken schip vaartnr. 000 opvaart_vloed_ZO6..... 24
Kenmerken schip vaartnr. 010 opvaart_vloed_ZO6..... 25
Kenmerken schip vaartnr. 014 opvaart_vloed_ZO6..... 26

Sleepboten vaartnr. 023 afvaart_eb_NW7..... 1
Sleepboten vaartnr. 001 afvaart_eb_ZO6..... 2
Sleepboten vaartnr. 003 afvaart_eb_ZO6..... 3
Sleepboten vaartnr. 005 afvaart_eb_ZO6..... 4
Sleepboten vaartnr. 011 afvaart_eb_ZO6..... 5
Sleepboten vaartnr. 012 afvaart_eb_ZO6..... 6
Sleepboten vaartnr. 016 afvaart_eb_ZO6..... 7
Sleepboten vaartnr. 017 afvaart_eb_ZO6..... 8
Sleepboten vaartnr. 020 afvaart_eb_ZO6..... 9
Sleepboten vaartnr. 006 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk..... 10
Sleepboten vaartnr. 018 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk..... 11
Sleepboten vaartnr. 024 afvaart_eb_ZO6_machinebreuk..... 12
Sleepboten vaartnr. 002 afvaart_vloed_ZO6..... 13
Sleepboten vaartnr. 007 afvaart_vloed_ZO6..... 14
Sleepboten vaartnr. 013 afvaart_vloed_ZO6..... 15
Sleepboten vaartnr. 022 afvaart_vloed_ZO6..... 16
Sleepboten vaartnr. 009 opvaart_eb_ZO6..... 17
Sleepboten vaartnr. 015 opvaart_eb_ZO6..... 18
Sleepboten vaartnr. 021 opvaart_eb_ZW6.....19
Sleepboten vaartnr. 019 opvaart_vloed_NO8.....20
Sleepboten vaartnr. 004 opvaart_vloed_NW6.....21
Sleepboten vaartnr. 025 opvaart_vloed_NW8.....22
Sleepboten vaartnr. 000 opvaart_vloed_ZO6..... 23
Sleepboten vaartnr. 010 opvaart_vloed_ZO6..... 24

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1 Voorkomen van wind 4

Tabel 2 Overzicht en aantal van de meteorologische omstandigheden 4

Tabel 3 Vlagerigheid van de wind per windkracht 5

Tabel 4 Indeling terrein in ruwheidklassen volgens Davenport 5

Tabel 5 Overzicht van de condities 6

Tabel 6 Overzicht van het slagen van de vaarten per conditie 8

Tabel 7 De impact van de CDW op de scheepvaart 10

Tabel 8 De hinderlijkheid van de ligging van de CDW 10

Tabel 9 Scheepstypen die het meeste hinder ondervinden van CDW 10

Tabel 10 Algemene beschrijving van de hinder van de CDW door de loodsen 11

Tabel 11 verwachte regelmaat van aanvaren CDW 11

Tabel 12 voorstellen ter voorkomen van calamiteiten 11

Tabel 13 Beoordeling van het manoeuvre door de loodsen 12

Tabel 14 Moeilijkheidsgraad op de simulator 13

Tabel 15 Belangrijkheid van de invloedsfactoren tijdens het manoeuvre voor de loodsen 14

Tabel 16 Commentaar van de loodsen 15

Tabel 17 Beoordeling van het onderzoeksplatform 15

Tabel 18 Overzicht van de condities 16

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1 De ligging van CDW en vaargeul 1

Figuur 2 Bovenaanzicht van Con352 met de positie van de kluizen 2

Figuur 3 Waterstanden van de berekende tijcyclus 3

Figuur 4 Stroomsnelheden van de berekende tijcyclus 4

Figuur 5 Bathymetrie van de vaaromgeving 5

Figuur 6 Bathymetrie aan de monding van het Deurganckdok 6

Figuur 7 Positie van de vreemde schepen 7

Figuur 8 Referentiebaan voor de berekening van de oeverzuiging 8

Figuur 9 Voorstel nieuwe zwaai"cirkel" 9

1 INLEIDING

1.1 *Situering van het onderzoek*

Op de Beneden Zeeschelde ontstaat er onder invloed van de tijwerking een stroming. Algemeen kan gesteld worden dat bij eb een stroom stroomafwaarts ontstaat en dat bij vloed een (sterkere) stroom stroomopwaarts ontstaat. Naast de stroom veroorzaakt door het tij is er ook een saliniteitsstroom. Deze stroom kent zijn oorsprong door de botsing van het zoute, zware zeewater met het zoete, lichte rivierwater. Bovendien is er een faseverschuiving tussen beide stroomcycli. Dit alles geeft een complex stromingspatroon ter hoogte van de haven van Antwerpen en rond het Deurganckdok in het bijzonder.

Het Deurganckdok is een tijdok en de bodem ervan ligt lager dan de bodem van de rivier. Hierdoor komt er elke tijcyclus slib in het dok dat er niet meer uitstroomt. Dit heeft als gevolg dat er regelmatig zal moeten gebaggerd worden in het dok. Om de baggerkosten te beperken is men op zoek gegaan naar een techniek welke geen externe energie vraagt maar toch in staat is om de aanslibbing van het Deurganckdok te verminderen.

Een oplossing voor dit probleem werd gevonden in de zogenaamde Current Deflecting Wall (verder afgekort tot CDW). Een CDW (gepatenteerd door dr. Hermann Christiansen) probeert de aanslibbing op een eenvoudige manier te reduceren.[1]. Een CDW bestaat uit een gekromde muur en een drempel op de bodem. De drempel laat toe de onderste waterlagen, met hoger slibgehalte, af te buigen van de haveningang. De gekromde muur zorgt ervoor dat water uit de bovenste lagen, en dus minder rijk aan slib, naar de haven gestuurd wordt.

De wateruitwisseling tussen rivier en haven/dok bestaat uit verschillende bijdragen:

- getijvulling/lediging door de half-dagelijkse getijcyclus met hoog- en laagwater
- wervels door de (scherpe) verbinding van het dok met de rivier
- densiteitstromingen door het naijlen van de saliniteit in het dok
- zwaartekracht gedreven stroming van sliblagen met hoge concentratie

Elk van deze bijdragen vertegenwoordigt een bepaald percentage van wateruitwisseling en zo ook van de sedimentuitwisseling.

Een CDW richt zich hoofdzakelijk op het reduceren van de wervelbijdrage. De (scherpe) hoek tussen dok en rivier zorgt voor een wervelzone aan de ingang van het dok. Deze zone brengt een verhoogde aanslibbing met zich mee. Een CDW zorgt er in eerste instantie voor dat deze scherpe overgang opgevangen wordt en de wervelzone doorbroken wordt. In tweede instantie zal er een teveel aan water door de CDW in de haven gestuwd worden, waardoor er een zogenaamde “overcatch” ontstaat. Dit drukt de wervelzone meer naar de rivier. Naast deze overcatch, zorgt de drempel ervoor dat de onderste waterlagen, die het meest rijk zijn aan slib, van de haven afgebogen worden.

In Figuur 1 is de ligging van de CDW aan de monding van het Deurganckdok weergegeven. De huidige vaargeul (-10 m TAW) (blauw) alsook de toekomstige verschoven vaargeul (magenta) zijn weergegeven.

1.2 *Doei van het onderzoek*

Het doel van deze simulatorstudie is onderzoeken wat de nautische implicaties zijn van de CDW. Het is niet de bedoeling om een onderzoek te doen naar het in- en uitvaren van het Deurganckdok. Dit laatste gebeurt wel in [2]. In deze studie wil men onderzoeken wat de invloed van deze CDW op de scheepvaart is. De beperkingen die ontstaan door de aanwezigheid van een CDW aan de monding van het DGD alsook oplossingen formuleren om met deze beperkingen om te gaan is het doel van dit onderzoek.

Het schip gebruikt in deze studie is een 8000 TEU containerschip en heeft een LOA (Lengte Over Alles) van 352 m. Er werd gedurende drie dagen simulaties uitgevoerd, in augustus 2005, op de manoeuvreersimulator *SIM360+* van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout. Elk van deze drie dagen waren er drie Rivierloodsen aanwezig die elkaar vaart na vaart aflosten. Door de relatief korte beschikbare tijd voor deze studie is het aantal vaarten zo beperkt mogelijk gehouden. Omwille van het beperkte aantal vaarten per conditie is een statistische analyse niet aangewezen. Het doel van de analyse is bijgevolg het in kaart brengen van de impact van de CDW op de scheepvaart.

2 BESCHRIJVING VAN DE ONDERZOEKSOMGEVING

Het onderzoeksgebied van deze studie bevindt zich op de Schelde en in het Deurganckdok. Stroomafwaarts start het gebied ter hoogte van de Europaterminal en eindigt ter hoogte van de fenol-stijger en ter hoogte van kaai 1708 in het Deurganckdok.

2.1 *Schip*

In de toekomst wordt verwacht dat grote containerschepen regelmatig de haven van Antwerpen en het Deurganckdok in het bijzonder zullen aandoen. Om deze reden is er voor gekozen om deze simulatorstudie uit te voeren met het 352m lange containerschip *Con352* met een diepgang van 14m. Dit schip is van het type S - klasse van Maersk.

De afmetingen van dit schip, de telegraafstanden en andere belangrijke karakteristieken van de *Con352* zijn opgenomen in Bijlage A: Pilot sheet *Con352*. In Figuur 2 staan de kluizen en nog enkele kenmerken van het containerschip.

Het mathematische model van dit schip voor de scheepssimulator werd ontwikkeld bij een kielspeling van 14% en 100% van de diepgang. Voor tussenliggende waterdieptes worden de bewegingsvergelijkingen afgeleid door interpolatie tussen deze kielspelingen. Extrapolatie buiten deze kielspelingen is niet mogelijk.

2.2 *Getij*

Door WLDelft zijn stromingsberekeningen uitgevoerd met Delft 3D [3]. Dit zowel met als zonder CDW. De stroming is op deze manier gekend in tien equidistante lagen (over de diepte) elke 10 minuten van een hele springtijcyclus. De waterstanden en stroomsnelheden van deze tijcyclus zijn weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4.

Er zal gevaren worden bij maximale vloedstroom en bij maximale ebstroom. De maximale vloedstroom treedt hier op om 05.20h. Zoals te zien is in Figuur 3 duurt de maximale ebstroom bijna drie uren. Het gekozen tijdstip wordt als volgt bepaald:

> De drempel voor het Deurganckdok is 13.30m GLLWS ofwel 13.30+0.43=13.73m TAW. Het schip (*Con352*) heeft een diepgang van 14m. Voor een minimale kielspeling van 10% is een waterkolom van 14+1.4=15.4m nodig. Laag Water (LW) komt (ongeveer) overeen met 0 m TAW. Hoog water (HW) is ruim 5 m TAW. Er is dus 15.4-13.73=1.67 m water nodig om een kielspeling van 10% te garanderen. Dit komt voor tot 10.40h in het berekende tij. Dit is tijdens de maximale ebstroom en daarom zal in deze simulatie met de ebstroom van 10.40h gevaren worden.

De scheepsmanoeuvreersimulator is tot op heden niet in staat om met een drie dimensionaal stromingspatroon om te gaan. Om de invloed van de stroming op het schip te bepalen is ervoor gekozen om de stroming te vereenvoudigen door een twee dimensionale stroming gemiddeld over de diepgang van het schip (bovenste 14m).

Het is niet de bedoeling van deze studie om de invloed van de CDW op de stroom te onderzoeken. In Figuur 4 is de stroming over de bovenste 14m weergegeven met en zonder CDW. De stroompijlen geven de sterkte en richting van de stroming aan. Er blijkt dat indien de stroming gemiddeld wordt over de bovenste 14m dat de verschillen in stroompatroon met en zonder CDW eerder beperkt zijn. Dit blijkt ook uit de antwoorden van de loodsen op de bevraging (zie §4).

2.3 *Bodemgegevens*

De bodem is samengesteld uit het GIS-grid 2003 van de Afdeling Maritieme Toegang dat op zijn beurt is gebaseerd op de hydrografische echosounder en multibeammetingen van de dienst Hydrografie uit 2003.

Gemaakte ontwerpen van het Deurganckdok en de vergunde aan te passen vaargeul van 250 m met gewaarborgde dieptes ter hoogte van de Drempel van Zandvliet op 13,00 m TAW en aan de ingang van het dok van 13,30 m TAW zijn vertaald naar fictieve hydrografische peilingen door cel Hydraulica met behulp van DELFT3D-QUICKIN. Nadien werden ze opnieuw geïntegreerd in het GIS-grid 2003 van Maritieme Toegang. Het is dit grid dat in ASCII formaat opnieuw is toegeleverd aan cel Hydraulica voor het DELFT3D numeriek model en aan de cel Nautica voor de invoer in de scheepsmanoeuvreersimulator.

In Figuur 5 is de bathymetrie van de omgeving weergegeven en in Figuur 6 is de bathymetrie aan de monding van het DGD weergegeven.

2.4 *Windgegevens*

Om genoeg invloed van de wind te hebben is er voor gekozen om vooral bij een windkracht van 6 Beaufort te varen (in slechts 0.56% van de gevallen is de windkracht hoger). In enkele gevallen is er voor gekozen om met een hogere windkracht van 7 en zelfs 8 Beaufort te varen. Een zuidoostenwind "duwt" het schip bij het varen naar de CDW. Dit is de reden waarom er voor gekozen is om bij de meeste vaarten met een zuidoostenwind van 6Bf te varen. Deze windrichting komt in werkelijkheid echter erg zelden voor (ZO5 en ZO6 komt 0.08%) in de buurt van de CDW (zie Tabel 1).

Tabel 1 Voorkomen van wind

Wind richting	N	30	60	E	120	150	S	210	240	W	300	330
1-2 Bf	2.15	2.67	3.52	3.48	3.13	0.94	2.66	2.51	2.94	2.12	1.75	1.07
3-4 Bf	4.04	4.72	4.33	3.03	3.52	1.81	7.31	10.83	9.19	3.85	4.40	3.41
5-6 Bf	0.18	0.21	0.24	0.06	0.03	0.12	1.31	2.87	2.17	1.43	1.02	0.46
7-8 Bf	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13	0.17	0.13	0.07	0.01
> 8 Bf	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Een tweede windrichting waarbij enkele vaarten werden uitgevoerd is een noordwestenwind. Bij deze wind wordt het schip weg van de CDW geblazen. Om dit te compenseren moet er juist naar de CDW toe gevaren worden. Om deze reden is er vier maal bij NW gevaren. Voor de volledigheid is er eenmaal met een krachtige noordoostenwind en eenmaal met een mildere zuidwesten wind gevaren. De volgende weercondities (Tabel 2) komen voor in dit onderzoek waarbij er altijd werd gestart op een zomerdag, 15 juli. De vaarten werden gestart om 14h.

Tabel 2 Overzicht en aantal van de meteorologische omstandigheden

Wind	zicht	#
ZO 6	dag	19
ZO 6	mist	1
ZW 6	dag	1
NO 8	dag	1
NW 7	dag	1
NW 6	dag	2
NW 8	dag	1

Er is geen luwte voorzien in de gebruikte windvelden niet van constructies, gebouwen, stapels containers of van vreemde schepen. Wel is er een vlagerigheid aanwezig die bovendien afhankelijk is van de globale windkracht. In Tabel 3 is procentueel weergegeven wat deze verdeling is voor vijf windkrachten.

Tabel 3 Vlagerigheid van de wind per windkracht

Beaufort	Gem. Snelheid [m/s]	3Bf	4Bf	5Bf	6Bf	7Bf	8Bf	9Bf	10Bf	11Bf
4	6.7	2.7	**84.6**	12.7						
5	9.4	0.7	18.5	**61.6**	18.9	0.3				
6	12.3	0.1	1.9	21.6	**54.9**	20.5	1			
7	15.5		0.2	3.5	23.7	**46.8**	23.6	2.2		
8	19			0.6	5.1	23.1	**42.1**	24.6	4.3	0.2

Bovendien wordt de invloed van de ruwheid van het terrein op de wind ingevoerd. Een factor 1 geldt voor een open watervlakte, een factor 11 voor een stad met hoge onregelmatige bebouwing. Voor deze studie is factor 3 (zelfde factor als voor een vliegveld) gebruikt.

Tabel 4 Indeling terrein in ruwheidklassen volgens Davenport

Klasse	Beschrijving
1	Watervlakte, 5 km vrij van hindernissen
2	Klein meer, vlak land of sneeuw zonder begroeiing of hindernis
3	Open ruimte, zeer korte begroeiing, enkele alleenstaande hindernissen (hoogte < 10% afstand tot het meetpunt); vliegveld
4	Weiland
5	Vlakte met lage begroeiing met golvingen in het landschap of hindernissen
6	Landbouwzones, gemiddelde plantengroei, verspreide hindernissen
7	Landelijk gebied met wegen afgezoomd met bomen, grachten, kanalen, rivieren
8	Struikgewas, laagstammen, vele hindernissen a) hoogte < 10% van de afstand tot meetpunt b) hoogte > 10% van de afstand tot het meetpunt
9	Bos met hoogstammen
10	Residentiële buitenwijken, regelmatige hindernissen van circa 10 m hoogte
11	Stadscentra, dichte bebouwing, met onregelmatige hoogten

2.5 *Sleepboten*

Bij de aanvang van elke vaart waren twee sleepboten beschikbaar. Deze hebben een paaltrekkracht van 60 ton en een initiële troslengte van 50m. Tijdens twee vaarten (014 en 026) zijn geen sleepboten gebruikt. Bij een vaart (023) werd een derde sleepboot opgeroepen om achteraan in de bakboordzij te duwen.

2.6 *Nautische hulpmiddelen*

Alle boeien en lichten zoals ze in werkelijkheid voorkomen op dit stuk van de Schelde zijn opgenomen in deze studie. Bovendien zijn er nog twee lichtenlijnen (vast licht) die een “lijn” evenwijdig aan de kaai van het Deurganckdok 100 m uit de kade aangeven. Twee vaste lichten (FR, vast rood en FG, vast groen) zijn in het verlengde van de zuidelijke en noordelijke kade geplaatst in de monding van het dok.

De CDW zelf is in het oranje geschilderd en geeft een duidelijke reflectie op de radar. Er zijn echter geen lichten op deze CDW aangebracht omdat er alleen bij daglicht simulatievaarten werden uitgevoerd. Daarnaast zijn er geen andere borden of dukdalven aangebracht om dit obstakel aan te duiden.

2.7 *Vreemde schepen*

Aan het begin van het Deurganckdok (kant van de Schelde) liggen aan de noordzijde drie schepen. Er liggen twee containerschepen met elk een lengte van 300 m achter elkaar aangemeerd aan kaai 1742 en kaai 1736. Bovendien ligt er naast de eerste nog een binnenschip (80 m) gebunkerd. Aan de zuidzijde aan kaai 1702 ligt er een containerschip stuurboord afgemeerd met een lengte van 300 m. Deze vreemde schepen zijn afgebeeld in Figuur 7.

2.8 *Oeverzuiging*

Een vereenvoudigde modellering voor de oeverzuiging is gebaseerd op de modellering volgens Norrbin [4]. De afstanden tot de oevers worden gemeten ter hoogte van de halve diepgang van het schip en worden uitgezet ten opzichte van een referentiebaan (Figuur 8). Vervolgens wordt aan de hand van deze afstand, de breedte van het vaarwater, de breedte van het schip en de snelheid van het schip, de grootte van de oeverzuiging bepaald.

De oeverzuiging veroorzaakt door de CDW is gemodelleerd door de CDW als een kaaimuur te veronderstellen voor de berekening van de krachten. Waarschijnlijk is de oeverzuiging op deze manier enigszins overschat omdat er onderaan de CDW een vloeistofstroom “door” de CDW mogelijk is.

2.9 *Vaarcondities*

In deze studie werden er drie verschillende manoeuvres uitgevoerd met een 352m lang containerschip onder wisselende meteorologische omstandigheden en op verschillende momenten van het tij. Op één vaart na werd er altijd bij goed zicht en daglicht gevaren.

In afvaart werd het manoeuvre aangevangen ter hoogte van kaainummer 1708. Het schip vaart achteruit het Deurganckdok uit en zwaait op de rivier om vervolgens stroomafwaarts de vaart verder te zetten. De vaart werd afgebroken indien men voorbij de CDW gevaren is. Driemaal werd er een volledige black out gesimuleerd van het eigen schip waardoor de controle van het schip helemaal door de sleepboten (en/of anker) diende te gebeuren.

In een tweede manoeuvre wordt er gestart ter hoogte van de Europaterminal en vaart men het Deurganckdok in. In de meeste gevallen werd er voorwaarts het dok ingevaren maar enkele keren werd er op de rivier gezwaaid om achteruit het dok in te varen.

Bij het derde en laatste manoeuvre, welke maar tweemaal werd uitgevoerd, vaart men vertrekkende ter hoogte van de Europaterminal voorbij het Deurganckdok stroomopwaarts richting Antwerpen.

Er werd zowel bij de maximale ebstroom als bij de maximale vloedstroom gevaren. In §2.2 staat meer achtergrondinformatie omtrent het tij.

De meeste vaarten werden uitgevoerd bij een zuidoosten wind van 6 Beaufort maar ook vaarten met andere windrichtingen en windkrachten werden uitgevoerd. Deze zijn: ZW6, NO8, NW6, NW7 & NW8.

In Tabel 5 is een overzicht gegeven van alle gevaren condities.

Tabel 5 Overzicht van de condities

Conditie					# vaarten
afvaart	eb	NW	7		1
afvaart	eb	ZO	6		7
afvaart	eb	ZO	6	machinebreuk	3
afvaart	eb	ZO	6	mist	1
afvaart	vloed	ZO	6		4
opvaart	eb	ZO	6	achteruit in DGD	1
opvaart	eb	ZO	6		1
opvaart	eb	ZW	6	achteruit in DGD	1
opvaart	vloed	NO	8		1
opvaart	vloed	NW	6		1
opvaart	vloed	NW	6	naar Antwerpen	1
opvaart	vloed	NW	8		1
opvaart	vloed	ZO	6		1
opvaart	vloed	ZO	6	naar Antwerpen	2

3 BESPREKING VAN DE VAARSIMULATIES

Opmerking: alle uitgevoerde vaarten zijn weergegeven in het **Deel II "vaarbaanplots"** van dit verslag. Indien in paragraaf §3.2 verwezen wordt naar specifieke vaarten kunnen de vaarbaanplots en de grafieken met de geanalyseerde parameters beschreven in paragraaf §3.1 bekeken worden in dit Deel II.

3.1 *Algemeen*

De analyse van de verschillende manoeuvres is, naast de evaluatie van de loodsen (Hoofdstuk 4), gebaseerd op drie pijlers:

Kenmerken van het eigen schip:

- Toerental van de schroef
- de langse snelheid in knoop: de scheepssnelheid over de grond volgens de langsas van het schip
- de roerhoek in graden: een positieve roerhoek is naar bakboord, een negatieve roerhoek naar stuurboord
- de koers van het schip in graden: 0° is naar het noorden, 90° is naar het oosten.
- de dwarse snelheid in knoop: de scheepssnelheid over de grond volgens de dwarsas van het schip (verzetsnelheid)
- de giersnelheid of *rate of turn* in graden per minuut. Dit is de snelheid waarmee het schip om zijn as draait.
- het gewenste schroeftoerental van de boegschroef en van de hekschroef uitgedrukt als een percentage van het maximale schroeftoerental. Door omstandigheden is dit niet het effectieve maar het gewenste toerental. De traagheid van de schroeven is in deze grafiek dus niet zichtbaar.

De kenmerken van de sleepboten

- de sleeprichting van de sleepboten in deg of graden: -90° of +270° voor slepen naar bakboord, 0° voor slepen recht vooruit, 90° voor slepen naar stuurboord en 180° voor het recht achteruit slepen. De hoeken in het tweede en derde kwadrant kunnen dus zowel tussen 0° en –180° liggen als tussen 180° en 360°
- de sleepkracht in tonf voor de sleepboten: dit is de werkelijke kracht in de sleeptros die soms kan verschillen van de gevraagde trekkracht.

Deze karakteristieken worden uitgezet in functie van de tijd, uitgedrukt in minuten. Bij de aanvang van een vaart start de tijd.

Deze grafieken maken het mogelijk de opgelegde stuurparameters en het gebruik van de sleepboten per vaart te beoordelen. Indien slechts gemiddelden en deviaties zouden voorgesteld worden, gaat een deel van de informatie per individuele vaart verloren.

De gevaren baan van het schip

Zoals eerder vermeld staan in Deel II de vaarbaanplots. Deze worden onder andere gebruikt om te oordelen of de CDW invloed had op een bepaalde, al dan niet gelukte, vaart.

3.2 *Bespreking van de vaarten per conditie*

In dit onderzoek is het absoluut niet de bedoeling om de toegankelijkheid van het Deurganckdok te onderzoeken. Dit wordt wel gedaan in [2]. In deze studie is het wel de bedoeling om de nautische implicaties van een CDW grondig te bekijken. Om deze reden worden de condities (al dan niet gelukt) waarbij er geen invloed van de CDW is, vluchtig bekeken.

In Tabel 6 is een overzicht gegeven, per conditie, van de vaartnummers en het al dan niet slagen van de vaart. Dit slagen wordt beoordeeld over de hele duur van de simulatievaart. Dit wil zeggen dat het niet slagen van een vaart niet noodzakelijk te wijten is aan de aanwezigheid van een CDW.

Tabel 6 Overzicht van het slagen van de vaarten per conditie

Conditie:	**gelukt**	**niet gelukt**
afvaart eb NW 7		023
afvaart eb ZO 6	001,003,005,011,012,016,017,020	
afvaart eb ZO 6 machinebreuk	006,018,024	
afvaart vloed ZO 6	002,007,013,022	
opvaart eb ZO 6	009,015	
opvaart eb ZW 6		021
opvaart vloed NO 8		019
opvaart vloed NW 6	004,026	
opvaart vloed NW 8	025	
opvaart vloed ZO 6	000,010,014	

Karakteristieken per conditie:

Afvaart eb NW 7:

Deze conditie toont geen hinder van de CDW. De enige vaart (023) bij deze conditie wordt als niet gelukt beschouwd om andere redenen. De uitgangspositie bij het aanvangen van de vaart bij deze wind was uitzonderlijke slecht. Dit is de reden waarom het schip tegen de lager wal aanwaaide. Vervolgens waren er problemen om het schip gezwaaid te krijgen bij deze stroom en wind.

Afvaart eb ZO 6:

In deze omstandigheden werd er het meest gevaren. Acht maal werd in deze conditie gevaren en evenveel keer werd de vaart als gelukt bestempeld. Zes vaarten zijn gelukt met veel reserve. Bij deze vaarten wordt altijd met een ruime afstand (minstens 1 scheepsbreedte) van de CDW gevaren. Twee vaarten slaagden met weinig reserve. Hierbij werd er niet voldoende tegen de ebstroom in, uit het Deurganckdok, op de rivier gekomen. Hierdoor was men niet voldoende gezwaaid op het moment dat men door de ebstroom ter hoogte van de CDW komt. Men bevindt zich dan met een schip van 350m bijna dwars in een vaargeul van 300m.

Afvaart eb ZO 6 machinebreuk:

Op het moment dat men zich met het achterschip in de rode boeienlijn bevindt wordt een volledige black out van het schip gesimuleerd. Het roer, de machine, boeg – en hekschroef vallen allemaal uit. Het schip dient van dan af te manoeuvreren door gebruik te maken van de sleepboten en, indien gewenst, van het anker.

Driemaal werd dit manoeuvre uitgevoerd en driemaal is dit gelukt met weinig reserve. Twee keer werd verder dan 1 scheepsbreedte van de CDW gevaren en eenmaal met ongeveer een scheepsbreedte. Telkens was het gebruik van twee sleepboten voldoende om zonder schade de afvaart verder te zetten.

Afvaart vloed ZO 6:

Deze conditie werd viermaal uitgevoerd. Evenveel keer werd het tot een goed einde gebracht. Niet één keer werd er in de buurt van de CDW gevaren. Dit is te verklaren door de vloedstroom die het schip weg van de CDW stuwt.

Opvaart eb ZO 6:

De stroom en de wind duwen het schip naar de CDW. Toch werd in beide vaarten op minstens één scheepsbreedte van de CDW gevaren. Dit wordt als een moeilijk manoeuvre aanzien maar de CDW maakt dit noch moeilijker, noch makkelijker.

Opvaart eb ZW 6:

Omdat bij de enige uitgevoerde vaart (021) het zwaaien niet ver genoeg voorbij het dok werd aangevangen kwam het schip in de problemen. De ebstroom stuwde het schip verder stroomafwaarts en boei 88 werd overvaren. Daarom werd deze vaart ten einde gebracht met incidenten. Er werd tot op een scheepsbreedte van de CDW gevaren maar niet dichter. De invloed van de CDW op de moeilijkheid van het manoeuvre is hier opnieuw erg klein.

Opvaart vloed NO 8:

In opvaart stuwt de vloedstroom en deze krachtige wind het schip naar de CDW. Omdat de machine (te) snel werd gestopt kon men het schip niet meer voldoende besturen met het roer. Dit komt omdat de vaart te dicht bij het Deurganckdok begonnen werd. Hierdoor werd de noordelijke kant van de CDW geschampt. Dit manoeuvre is dan ook niet gelukt en er is schade. Naast de korte afstand tussen de vertrekconditie en het dok maken de sterke wind (pieken tot 10 Bf) en de vloedstroom dit een erg moeilijk manoeuvre.

Opvaart vloed NW 6:

Twee vaarten werden bij deze stroom en wind uitgevoerd. Eenmaal vaarde men het Deurganckdok in (004) en eenmaal vaarde men voorbij het dok richting Antwerpen (026). Beide vaarten zijn geslaagd met veel reserve. Vaart 004 ondervond geen hinder van de CDW.

Bij de andere (026) trachtte men zo dicht mogelijk langs de CDW te varen om de invloed van de oeverzuiging door de CDW op het schip te onderzoeken. De snelheid als men voorbij de CDW vaarde bedroeg ongeveer 12 knoop. Omdat men zo dicht langs de CDW paseerde ontstond er een dwarse oeverzuigingskracht tot 200 ton. Ondanks deze grote aanzuiging hadden de loodsen er weinig last van. Deze vaart wordt wel als niet realistisch beoordeeld omdat men in werkelijkheid niet met zo een hoge snelheid zo dicht langs de CDW zal varen.

Opvaart vloed NW 8:

Het Deurganckdok werd vooruit ingevaren (vaart 025). De CDW hinderde de vaart niet maar wel diende er vol vooruit gegeven te worden bij het binnenvaren van het dok om zowel de stroom als de krachtige wind te compenseren. Deze vaart is bijgevolg gelukt met weinig reserve.

Opvaart vloed ZO 6:

Drie keer werd onder deze conditie gevaren. Bij twee vaarten (000, 010) werd voorwaarts het Deurganckdok ingevaren. Beide keren slaagde deze vaart met veel reserve. Eenmaal (014) werd er voorbij het dok richting Antwerpen gevaren en ook deze vaart slaagde met veel reserve. De CDW had geen invloed op dit manoeuvre.

4 COMMENTAAR VAN DE LOODSEN

4.1 *Bevraging van de loodsen*

Een algemene bevraging i.v.m. de CDW werd opgesteld. Daarin wordt in het eerste deel bondig wat achtergrondinformatie gegeven over de CDW, in het tweede deel bevindt zich de eigenlijke bevraging. De achtergrondinformatie en de bevraging is terug te vinden in Bijlage B: Bevraging van de loodsen. In deze paragraaf wordt een evaluatie gegeven van deze bevraging.

4.1.1 Algemene verwachtingen CDW

Tabel 7 De impact van de CDW op de scheepvaart

verwaarloosbaar	klein	matig	groot	gigantisch	geen idee
	IIIII I	II + I	- I		

Soms werd de bevraging aan de loodsen gegeven alvorens met de vaarsimulaties werd gestart. Na de vaarsimulaties kon men aanpassingen doen van hun eerste antwoord. Eenmaal werd voor de simulaties de impact van de CDW op de scheepvaart als “groot” ingeschat, na de simulaties veranderde de loods dit in “matig”. Hiermee kunnen we besluiten dat alle ondervraagde loodsen de impact van de CDW klein tot matig inschatten.

Tabel 8 De hinderlijkheid van de ligging van de CDW

niet	een beetje	behoorlijk	zeer
IIIII + I	II	- I	

Ook hier was er een loods die de hinderlijkheid van de ligging van de CDW vóór de simulatievaarten als “behoorlijk” inschatte en deze na de simulatievaarten bijstelde tot “niet”. Algemeen kan opnieuw beschouwd worden dat de loodsen geen of bijna geen extra hinder verwachten door de ligging van de CDW.

Tabel 9 Scheepstypen die het meeste hinder ondervinden van CDW

	Scheepstype				
Hinder	Loa > 250	250 > Loa > 120	Loa < 120	binnenvaart	sleepboten
1	IIIII	I	I	I	III
2	I	III		II	I
3	II	II	II	I	
4		II	II	III	I
5			III	I	I
6	I				II
gem	2.11	2.63	3.75	3.13	3.25

Als er dan toch extra hinder ontstaat, zullen vooral grote schepen (Loa>250 en 250>Loa>120) last hebben van de CDW. Binnenvaart, sleepboten en kleinere schepen (Loa<120) zullen, in die volgorde, vervolgens hinder kunnen ondervinden van de CDW.

Tabel 10 Algemene beschrijving van de hinder van de CDW door de loodsen

geen oeverzuiging gemerkt, ligging soms hinderlijk
ligging (beperking van de zwaairuimte)
psychologisch effect van grote vaste constructie bij zwaaimanoeuvres en passage
psychologisch: men heeft schrik om de CDW te raken
mogelijke wervelstromingen in het DGD bij vloed
vaarwater wordt kleiner, ook en waarschijnlijk vooral psychologisch
de aanwezigheid van deze muur heeft volgens mij alleen een visueel aspect. Je blijft op een ruimere afstand van deze muur dan van een ongemarkeerde ondiepte.
ligging en oeverzuiging: eventueel problemen bij het te dicht komen tijdens manoeuvres
kleinere vaarbreedte. Hinderlijk voor grote containerschepen (zeker voor zwaaimanoeuvre)

In Tabel 10 valt het op dat er twee soorten hinder van de CDW verwacht worden door de loodsen. Enerzijds het psychologische effect dat ontstaat door de aanwezigheid van een muur. Men “durft” dichter bij een ondiepte varen dan langs een muur. Anderzijds ziet men een gevaar in de CDW bij het zwaaien. De beschikbare ruimte om te zwaaien lijkt kleiner.

4.2 *Calamiteiten door CDW*

Hoe vaak verwacht men dat deze CDW aangevaren wordt.

Tabel 11 verwachte regelmaat van aanvaren CDW

vaak	regelmatig	soms	zelden	nooit
		IIII	IIIII	

wekelijks	maandelijks	jaarlijks	3-jaarlijks	10-jaarlijks	>10-jaarlijks	nooit
		III	III	II		

De CDW zal in de huidige situatie zelden of soms aangevaren worden volgens de loodsen. In tijd varieert dit tussen jaarlijks en eens om de 10 jaar. Opgemerkt dient te worden dat hier de ernst van de aanvaring niet wordt opgenomen. Een binnenschip dat de CDW schampt, wordt als even erg aanzien als een 8000 TEU containerschip dat de CDW wegmaait.

Om de kans op een aanvaring nog meer te verminderen worden volgende voorstellen gedaan:

Tabel 12 voorstellen ter voorkomen van calamiteiten

Voldoende sleepboten, of meer sleepboten voorzien. Benedenwaartse bebakening
goede en duidelijke kleur/goede verlichting/goed zichtbaar op radar, reflectors/misschien een paar dukdalven bovenwaarts de CDW om te vermijden dat opvarende binnenvaart bij vloed (en te dicht onder de linkeroever) op de CDW vaart
verlichting/radarreflectie/vaarsimulaties voor zeevaart (loodsen!)
zichtbaar maken met licht en kleur (verf). Ik verwacht meeste calamiteiten met binnenvaart en onbeloodste vaart zonder kennis van de toestand.
goed verlichten bij nacht + mist (Halo). Het inplanten van meerpalen/dukdalven aan de buitenzijde (cfr. geul Boudewijnsluis) en benedenwaarts
verlichting op de CDW
voldoende markering van de CDW/het gevaarlijkste manoeuvre (eb + achteruit het dok uit) zou nog eens voldoende aan alle loodsen moeten uitgelegd worden dmv rondschrijven + plots/radarreflectie
goed zichtbaar maken, zowel bij dag als bij nacht
CDW moet voldoende hoog, zodat hij bij HW springtij nog goed zichtbaar is. Hoe is reflectie op radar?

Tot slot konden de loodsen uit onderstaande vier uitspraken kiezen welke het meest van toepassing is.

III	De aanwezigheid van een CDW wijzigt mijn vaart amper. De invloed van de CDW is voor mij verwaarloosbaar.
IIIII II	De aanwezigheid van de CDW zal een aanpassing vergen maar ik zie daar geen probleem in.
	De aanwezigheid van de CDW zal een grote aanpassing vergen en een grondige training lijkt mij hiervoor aangewezen.
	De aanwezigheid van de CDW zal de scheepvaart ernstig hinderen.

De meerderheid van de loodsen ziet **geen extra probleem** in de aanwezigheid van de CDW en sommigen vonden de aanwezigheid ervan zelfs **verwaarloosbaar**.

4.3 *Evaluatie van de vaarten*

Gedurende elke simulatiedag werden de vaarten uitgevoerd door drie loodsen. Na elke vaart werd de loods gevraagd een evaluatieformulier in te vullen (Bijlage C: Evaluatie loodsen). Op het einde van een sessie werd een beoordeling gegeven van het onderzoeksplatform en voorstellen gedaan voor bijkomend onderzoek (Bijlage D: Eindevaluatie loodsen). De resultaten hiervan worden in dit hoofdstuk weergegeven.

4.3.1 Beoordeling van het manoeuvre

In Tabel 13 wordt het aantal antwoorden aangegeven per keuzemogelijkheid bij de beoordeling van het manoeuvre. Door de toekenning van een waarde aan elke keuzemogelijkheid kan een globale waardetoekenning voor elke conditie berekend worden.

Tabel 13 Beoordeling van het manoeuvre door de loodsen

| | | |

Hieruit blijkt dat van alle vaarten 23 vaarten gelukt zijn (88%). De meerderheid ervan is zelfs gelukt met veel reserve. Er werden slechts drie vaarten niet tot een goed einde gebracht waarbij dient opgemerkt te worden dat deze beoordeling om het hele manoeuvre gaat. In deze studie gaat het echter over de nautische impact van de CDW. Als we de vaart afvaart_eb_NW7 (023) grondiger bekijken zien we dat de CDW geen invloed heeft op het manoeuvre. Dezelfde conclusie kan gemaakt worden voor opvaart_eb_ZW6.

Vaart 019 (opvaart_vloed_NO8) is de enige vaart waarbij er tegen de CDW werd aangevaren. Deze simulatie is echter niet betrouwbaar. De vertrekconditie van het manoeuvre lag bij deze sterke wind te dicht bij de CDW. De loods was daarom niet in staat om een geschikte positie te kiezen alvorens het dok in te varen.

4.3.2 Moeilijkheidsgraad op de simulator

De antwoorden met betrekking tot de moeilijkheidsgraad op de simulator zijn samengevat in Tabel 14.

Tabel 14 Moeilijkheidsgraad op de simulator

| | | |

Het manoeuvre afvaart_eb_ZO6 werd zowel vlot en normaal als uiterst moeilijk beoordeeld. Indien men hoog tegen de stroom het dok verlaat dan werd het manoeuvre vlot of normaal beoordeeld. Als men echter ter hoogte van het midden van het dok op de rivier komt, dan stuwt de ebstroom het schip (van 350m) uit de draaicirkel naar de smalle (300m) vaargeul. Bij deze gevallen werd het manoeuvre als uiterst moeilijk ervaren.

4.3.3 Uitvoerbaarheid van het manoeuvre

Er werd de loodsen gevraagd de invloedsfactoren tijdens elke vaart te nummeren volgens hun belang. De belangrijkste invloedsfactor krijgt als nummering 1. De mogelijke invloedsfactoren zijn:

- wind
- tijstroming
- waterdiepte
- verkeer
- schip (uitrusting, diepgang e.a.)
- bebakening (lichtenlijn, palen e.a.)
- andere (vrij in te vullen)

In Tabel 15 worden de resultaten van de enquête weergegeven. Men moet er bij de interpretatie van deze tabel wel mee rekening houden dat niet alle factoren een nummer van belang kregen bij elke beoordeling.

Tabel 15 Belangrijkheid van de invloedsfactoren tijdens het manoeuvre voor de loodsen

nummer belang	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***gemiddelde***
Wind (2)	IIIII I	IIIII III	IIIII	II	I		2.3
Tijstroming (1)	IIIII IIIII II	IIIII IIII	I	I			1.6
Waterdiepte (5)			IIII	IIIII	II	I	4.0
Verkeer (3)	III	IIII	III	I	II		2.6
Schip (4)	III	III	IIIII I	III	III	II	3.3
Bebakening (6)			I		III	IIIII III	5.5
Andere: positionering, breedte vaargeul							-

Voor de loodsen is de tijstroming de belangrijkste invloedsfactor. In deze studie werd immers alleen maar met maximale vloedstroom of maximale ebstroom gevaren. Daarna komt de wind samen met het andere verkeer. De kenmerken van het eigen schip, waterdiepte en bebakening zijn, in die volgorde, minder belangrijke invloedsfactoren. Bij één vaart (007) werd bij *andere* 'positionering' ingevuld en als belangrijkste invloedsfactor gezien. Bij een andere vaart (017) werd hier breedte vaargeul ingevuld. Bij deze vaart werd het schip door de ebstroom stroomopwaarts gestuwd, uit de draaicirkel, in de relatief smalle vaargeul.

4.3.4 Commentaar

In de onderstaandeTabel 16 worden de individuele opmerkingen weergegeven van de loodsen per conditie en per vaart. Indien een vaart er niet bij staat is dat omdat de loods er geen commentaar bij noteerde.

Tabel 16 Commentaar van de loodsen

vaartnr	richting	stroming	wind	andere	commentaar
003	afvaart	ebstroom	ZO6		beter vaargeulbreedte groter maken
006	afvaart	ebstroom	ZO6	machinebreuk	Bij machineproblemen proberen het schip in een zo veilig mogelijke positie te houden
012	afvaart	ebstroom	ZO6		Ik voelde mij meester van het manoeuvre
015	opvaart	ebstroom	ZO6		Simulator werkt goed. Geen gemakkelijk manoeuvre.
016	afvaart	ebstroom	ZO6	mist	indien je door omstandigheden (verkeer, wachten, breken sleeplijn) dwars op de rivier komt, eindigt dit manoeuvre ter hoogte van de CDW waar niet genoeg ruimte beschikbaar is
017	afvaart	ebstroom	ZO6		met opzet te laat beginnen bochten. Schip komt door eb (en wind) te snel in smal gedeelte van rivier
018	afvaart	ebstroom	ZO6	machinebreuk	een groot schip met onverwachte panne is niet gemakkelijk
019	opvaart	vloedstroom	NO8		te veel wind en stroom
024	afvaart	ebstroom	ZO6	machinebreuk	zelden (nooit!) zoveel pannes gehad op een echt schip. Niks geraakt

4.4 *Beoordeling onderzoeksplatform*

In Tabel 17 worden de aantallen weergegeven van de antwoorden met betrekking tot de beoordeling van het onderzoeksplatform. De verschillende onderdelen worden over het algemeen als goed tot zeer goed geëvalueerd. De radar zou echter nog verbeterd kunnen worden.

Tabel 17 Beoordeling van het onderzoeksplatform

	A	B	C	D	E
realisme buitenbeeld	III	IIIII			
realisme scheepsgedrag	III	IIIII			
realisme sleepboot	II	IIIII I			
realisme ECDIS	III	III	II		
realisme radar		IIIII	I	I	

legende
A = zeer goed
B = goed
C = voldoende
D = onvoldoende
E = ronduit slecht

5 SAMENVATTING EN VOORLOPIGE BESLUITEN

5.1 *Samenvatting*

Een zogenaamde Current Deflecting Wall (CDW) werd in de onderzoeksomgeving van de simulator ingebouwd. Deze CDW staat aan de noordelijke zijde van de monding van het Deurganckdok (Figuur 1). Het is in deze studie de bedoeling om de nautische implicaties van de aanwezigheid van deze CDW te onderzoeken. De opzet is niet een studie te maken naar het in- en uitvaren van het Deurganckdok. Dit laatste is wel gebeurd in [2].

In deze nieuwe situatie werden simulatievaarten uitgevoerd met een 352m lang containerschip *Con352*. Er werd zowel het dok in, als het dok uit gevaren. Bij het invaren werd er soms vooruit het dok ingevaren en soms werd er eerst op de rivier gezwaaid om achteruit het dok in te komen. Telkens werd er achteruit het dok uitgevaren om vervolgens te zwaaien op de rivier en de vaart vooruit stroomafwaarts verder te zetten. Eén vaart werd bij mist uitgevoerd, alle andere vaarten vonden overdag plaats bij goed zicht.

Er zijn een tiental verschillende condities gesimuleerd. Deze bestaan uit de combinatie van een richting, een stromingstoestand, een windrichting en windkracht. Enkele keren werd er tevens een volledige black out van het eigen schip gesimuleerd.

- afvaart, opvaart
- maximale ebstroom, maximale vloedstroom
- NO, NW, ZO, ZW
- 6, 7 en 8 Beaufort

Tabel 18 Overzicht van de condities

	ZO		ZW		NO		NW	
Afvaart	eb*	vloed	-	-	-	-	eb	-
Opvaart	eb	vloed	eb	-	-	vloed	-	vloed

*ook machinebreuk gesimuleerd

Van de 26 uitgevoerde vaarten werden er drie als niet geslaagd beoordeeld. Twee daarvan hadden problemen bij het zwaaien. De CDW had bij deze vaarten geen invloed op het niet slagen. De derde niet geslaagde vaart is veroorzaakt door een slechte startconditie. Op deze manier kan men besluiten dat alle vaarten gelukt zijn (met veel of weinig reserve) welke zonder CDW ook gelukt zouden zijn en dat de vaarten die niet gelukt zijn ook niet gelukt zouden zijn zonder CDW.

5.2 *Besluiten en voorstellen*

De invloed van de CDW is meer van “psychologische” aard. Men blijft nu eenmaal verder van een duidelijk zichtbare muur dan van een ongemarkeerde ondiepte. Het vaarwater lijkt op die manier kleiner. Dit is vooral het geval bij het zwaaien met ebstroom. Indien het schip te groot is om in het Deurganckdok te zwaaien moet er op de rivier gezwaaid worden. Als het zwaaimanoeuvre te lang duurt komt het schip door de ebstroom dwars in het vaarwater te liggen ter hoogte van de CDW (vaart 003).

Hierna volgen voorstellen om calamiteiten met de CDW te vermijden.

- De CDW dient erg duidelijk gemarkeerd te worden:
  - De CDW dient in een felle kleur (oranje) geverfd te worden om de zichtbaarheid bij daglicht te verhogen
  - De CDW zelf verlichten met een sterk wit licht om de ligging bij nacht duidelijker te maken

  - Op de CDW moeten radarreflectoren aangebracht worden om de zichtbaarheid ervan op de radar te vergroten
  - Op de CDW een groen-rood-rood licht aanbrengen. Dit is hetzelfde teken als voor steigers en maakt duidelijk dat het verboden is om achter de CDW door te varen

- Het is noodzakelijk dat de CDW hoog genoeg wordt gebouwd zodat deze nog duidelijk te zien is bij hoog water (springtij)

- Om aanvaringen te vermijden kunnen meerpalen/dukdalven aan de buitenzijde van de CDW geplaatst worden. Dit naar analogie met de Boudewijnsluis.

- Er moet duidelijk aan alle betrokkenen gecommuniceerd worden dat deze CDW er komt. De rivierloodsen, binnenvaart en onbeloodste vaart moet duidelijk ingelicht worden.

- De vaarbaan ter hoogte van de CDW verbreden naar 390m. Op deze manier is een groot schip in staat om het zwaaimanoeuvre schadeloos te vervolmaken op het ogenblik dat het door de ebstroom dwars op de rivier is gekomen.

- Door de aanwezigheid van stroming (zowel eb- als vloedstroom) op de rivier is een ronde draaicirkel zinloos. De draaicirkel zou ellipsvormig moeten worden met de smalle kant haaks op de oever en de lange kant langs de vaarweg (Figuur 9).

Tijdens de simulatievaarten formuleerden de loodsen geen voorstellen voor bijkomend simulatoronderzoek met betrekking tot de CDW. De moeilijkste manoeuvres zouden vervat zijn in deze studie.

Borgerhout, september 2005

ir. Evert Lataire
Projectingenieur

Voor gezien,

ir. Erik Laforce
Coördinator Nautische Studies

dr. Frank Mostaert
Afdelingshoofd

REFERENTIES

[1] Christiansen H., *Vorrichtung für flessende Gewässer*, EP 1 057 939 B1, Duitsland, 2000

[2] Laforce E., Wens F., *Containerdok West: Toegankelijkheid eindfase*, model 504/2, Antwerpen, 1996

[3] Bijlsma A. C., Toms G., Tilmans W. M. K., *Study of Density Currents in the Framework of the LTV for the Scheldt Estuary*, Delft, 2004

[4] Norrbin N. H., *Bank Clearance and Optimal Section Shape for Ship Canals*, Int. Navigation Congress, Brussel, 1985

BIJLAGE A: PILOT SHEET *CON352*

Algemene gegevens		
Scheepstype		Containerschip
Lengte over alles	[m]	352.18
Lengte tussen de loodlijnen	[m]	331.54
Breedte	[m]	42.8
Holte	[m]	24.1
Maximum diepgang	[m]	14.52
Deplacement (volledig geladen)	[tons]	134275
Deadweight (volledig geladen)	[tons]	104750
Diepgang beschouwde ladingstoestand	[m]	14
Frontale windoppervlakte	[m²]	1425
Zijdelingse windoppervlakte	[m²]	9100
Motortype		Diesel HITACHI B&W 12K 90 MC
Vermogen	[kW]	54840
Service snelheid	[kn]	22.8
Aantal schroeven		1
Schroefdiameter	[m]	8.9
Aantal roeren		1
Totale roeroppervlakte	[m²]	76.5
Boegschroef	[kW]	2210
Hekschroef	[kW]	2x925

BIJLAGE B: BEVRAGING VAN DE LOODSEN

Deel I: achtergrondinformatie

Inleiding

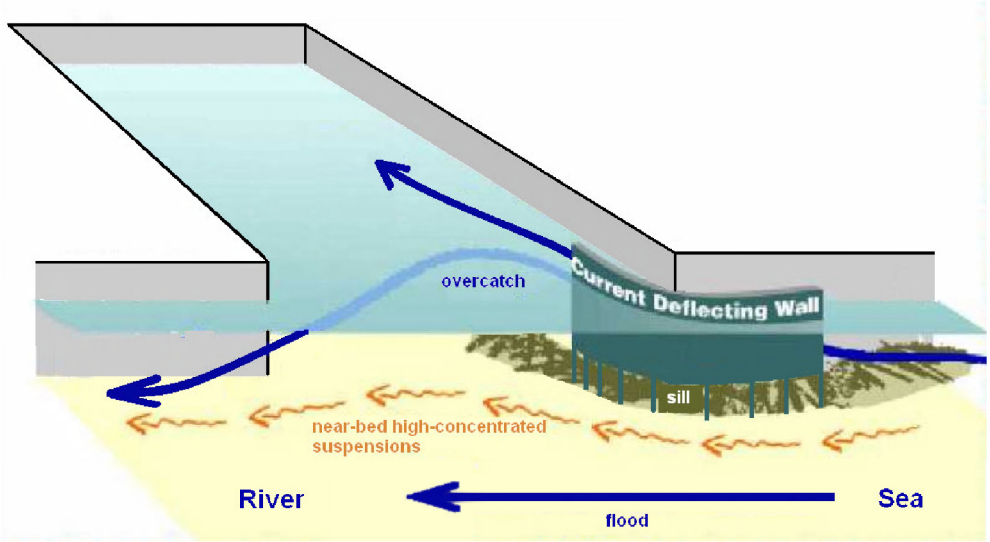
Deze bevraging maakt deel uit van een onderzoek naar de nautische implicaties van een CDW aan de monding van het Deurganckdok. Naast deze bevraging zal er eveneens een simulatorstudie uitgevoerd worden om de hinder van de CDW voor de scheepvaart te kunnen bepalen.

Eerst zal er een bondige uitleg over de CDW gegeven worden en daarna enkele praktische gegevens (ligging, stroming) i.v.m. de CDW aan het Deurganckdok. In het laatste stuk is de feitelijke bevraging te vinden.

Principe CDW

Wateruitwisseling tussen de rivier en de haven (getij, wervels “eddies”, densiteitverschillen) brengt slibrijk water in de haven. Binnen de haven zijn de stromingscondities ideaal opdat het slib er zich kan afzetten. Alzo worden havenbedrijven geconfronteerd met de noodzaak om te baggeren om de gewenste vaardiepte in stand te houden.

Een Current Deflecting Wall (CDW, gepatenteerd door dr. Hermann Christiansen) probeert deze aanslibbing op een eenvoudige manier te reduceren. Een CDW bestaat uit een gekromde muur en een drempel op de bodem. De drempel laat toe de onderste waterlagen, met hoger slibgehalte, af te buigen van de haveningang. De gekromde muur zorgt ervoor dat water uit de bovenste lagen, en dus minder rijk aan slib, naar de haven gestuurd wordt.



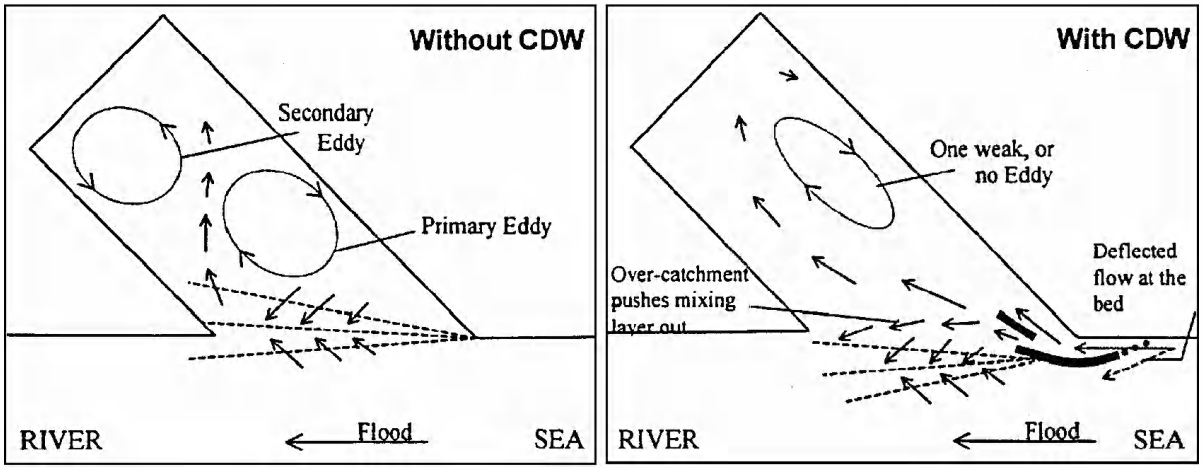
Figuur 1 Principeschets van de CDW

De wateruitwisseling tussen rivier en haven/dok bestaat uit verschillende bijdragen:

- getij-vulling/lediging door de half-dagelijkse getijcyclus met hoog- en laagwater
- wervels door de (scherpe) verbinding van het dok met de rivier
- densiteitstromingen door het naijlen van de saliniteit in het dok
- zwaartekracht gedreven stroming van hoog-concentratie sliblagen

Elk van deze bijdragen vertegenwoordigt een bepaald percentage van wateruitwisseling en zo ook van de sedimentuitwisseling.

Een CDW richt zich hoofdzakelijk op het reduceren van de wervel-bijdrage. De (scherpe) hoek tussen dok en rivier zorgt voor een wervelzone aan de ingang van het dok. Deze zone brengt een verhoogde aanslibbing met zich mee. Een CDW zorgt er in eerste instantie voor dat deze scherpe overgang opgevangen wordt en dus de wervelzone doorbroken wordt. In 2^{e} instantie zal er een teveel aan water door de CDW in de haven gestuwd worden, waardoor er een zgn. "overcatch" ontstaat in de haven, wat de wervelzone meer naar de rivier drukt.

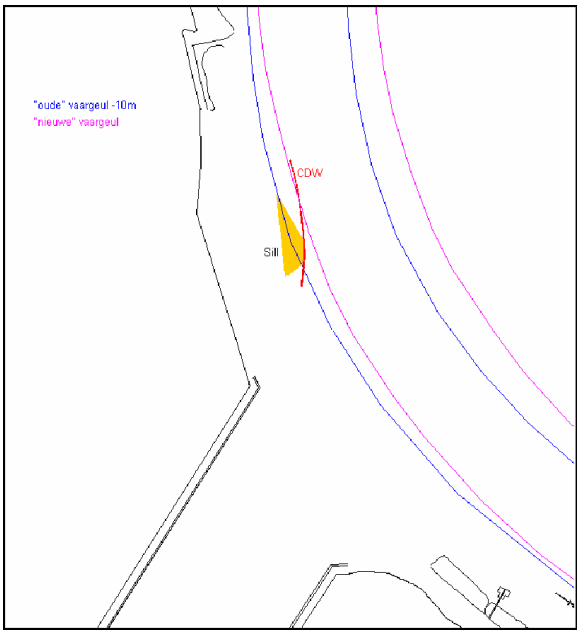


Figuur 2 Werkingsprincipe CDW

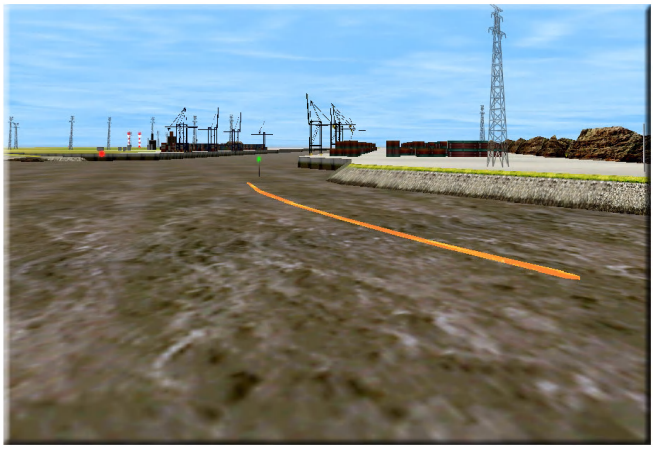
Naast deze overcatch, zorgt de drempel ervoor dat de onderste waterlagen, die het meest rijk zijn aan slib, van de haven afgebogen worden.

De CDW aan het Deurganckdok

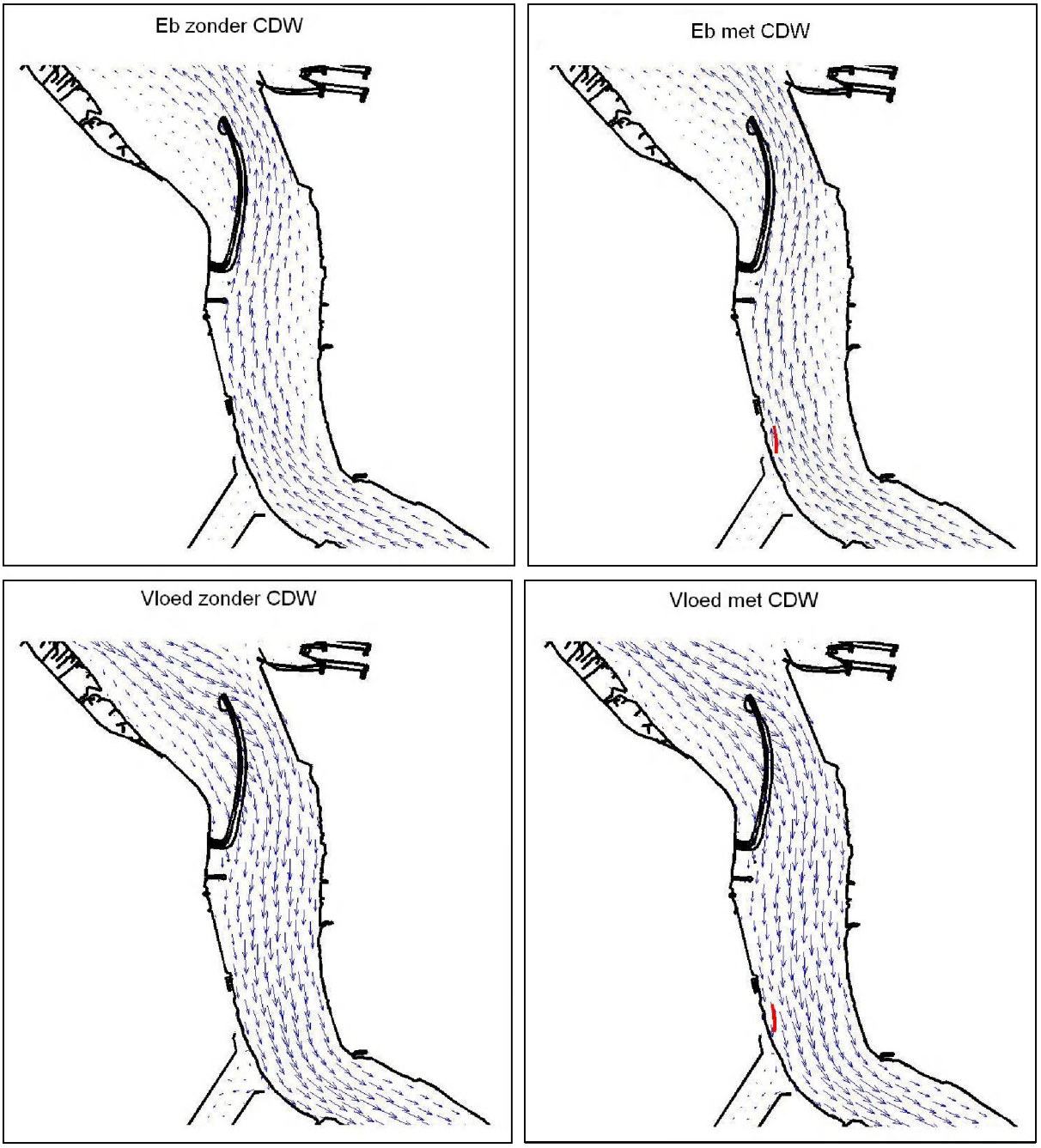
In **Figuur** is de ligging van de CDW aan de monding van het Deurganckdok weergegeven. De huidige vaargeul (-10 m TAW) (blauw) alsook de toekomstige verschoven vaargeul zijn weergegeven.



Figuur 3 De ligging van de CDW



Figuur 4 De CDW zoals ingevoerd in de scheepssimulator (bij vloed)



Figuur 5 De stroming zonder CDW en met CDW gemiddeld over de bovenste 14 m.

In figuur 5 is het stromingspatroon voor ebstroom en vloedstroom weergegeven zowel met de CDW als zonder CDW.

Deel II: bevraging

Persoonsgegevens

Naam:

Beroep/functie/graad:

Hebt u reeds vaarsimulaties uitgevoerd met CDW?

Ja	Nee

Kennis Current Deflecting Wall (CDW)

- Mijn kennis over de CDW is … (omcirkel wat van toepassing is):

nihil	beperkt	gewoon	goed	uitstekend

- Ik verwacht dat de impact van een CDW op de scheepvaart … is.

verwaarloosbaar	klein	matig	groot	gigantisch	geen idee

- Ik vind de ligging van de CDW … hinderlijk.

niet	een beetje	behoorlijk	zeer

- Ik verwacht dat de invloed van de CDW op de scheepvaart vooral komt door (bvb. stroming, ligging, oeverzuiging, andere…) Leg uit:

……..……...

……..……...

……..……...

……..……...

……..……...

……..……...

……..……...

- Ik verwacht vooral hinder van de CDW voor:

Nummer waarbij 1 meeste hinder heeft en 6 minste hinder.

scheepvaart (Loa>250m)	scheepvaart (250>Loa>120m)	scheepvaart (Loa<120m)	binnenvaart	sleepboten	andere:……..

Stroming met CDW

In figuur 2 staat de stroming zonder CDW en met CDW gemiddeld over de bovenste 14m. Dit voor verschillende momenten van het tij.

- Het verschil tussen beide stromingspatronen is op nautisch gebied … .

verwaarloosbaar	klein	matig	groot	gigantisch	geen mening

Verklaar uw keuze:

……..……...

……..……...

……..……...

……..……...

……..……...

Calamiteiten door/met de CDW

- Ik verwacht dat de CDW … aangevaren zal worden

vaak	regelmatig	soms	zelden	nooit

- In tijd betekent dit voor u:

wekelijks	maandelijks	jaarlijks	3-jaarlijks	10-jaarlijks	>10-jaarlijks	nooit

- Is het nodig maatregelen te treffen om aanvaringen met de CDW te vermijden/verminderen?

Ja	Nee

Zo ja, Welke? (verplaatsen van de CDW is onmogelijk):

……..……

……..……

……..……

……..……

……..……

……..……

……..……

- Is er een combinatie van schip, manoeuvre, wind, stroom, e.a. waarbij de kans op een aanvaring met de CDW groter is?

Ja	Nee

Zo ja, Welke?

……

……

……

……

Komt deze combinatie vaak voor?

> dagelijks	dagelijks	wekelijks	maandelijks	jaarlijks	nooit

Tot slot:

- Welke uitspraak past het best voor u?

- De aanwezigheid van een CDW wijzigt mijn vaart amper. De invloed van de CDW is voor mij verwaarloosbaar.
- De aanwezigheid van de CDW zal een aanpassing vergen maar ik zie daar geen probleem in.
- De aanwezigheid van de CDW zal een grote aanpassing vergen en een grondige training lijkt mij hiervoor aangewezen.
- De aanwezigheid van de CDW zal de scheepvaart ernstig hinderen.

Alvast bedankt voor de tijd die u aan deze bevraging wou besteden en indien u nog wat kwijt wil kan dat hier of kan u mij contacteren:

……

……

……

……

……

ir. Evert Lataire

studie-ingenieur nautisch onderzoek

Evert.Lataire@lin.Vlaanderen.be

tel. (direct) 03/224.69.58

tel. (onthaal) 03/224.60.35

BIJLAGE C: EVALUATIE LOODSEN

1 Loods

Naam loods	Vaartnummer

2 Conditie

Telkens wordt er met het 352m lange containerschip *CON352* gevaren.

Gewenning	Richting	Stroming	Wind	Andere:
Ja ☐	Opvaart ☐	Vloedstroom ☐	ZO6 ☐	
Nee ☐	Afvaart ☐	Ebstroom ☐	☐	

3 Beoordeling

3.1 Algemeen

Wat vond u van het manoeuvre? Werd de opdracht uitgevoerd zoals gepland? Zo niet: waarom niet?

gelukt met veel reserve	☐
gelukt met weinig reserve	☐
ten einde gebracht met incidenten (geen schade)	☐
niet gelukt met schade	☐
niet gelukt / opgegeven	☐

Commentaar:

3.2 Moeilijkheidsgraad op de simulator

het werd vlot uitgevoerd	☐
het werd normaal uitgevoerd	☐
meer dan normale moeilijkheid	☐
het was moeilijk	☐
het was uiterst moeilijk, riskant	☐
Onuitvoerbaar	☐

Commentaar:

3.3 Uitvoerbaarheid

Is dit manoeuvre - zoals u het op de simulator uitvoerde ook veilig uitvoerbaar op de rivier? (omcirkel Ja of Neen)

→ **Ja**

Welke van de parameters in **Tabel 1** is het meest kritisch, en zou bij verslechtering het manoeuvre onuitvoerbaar maken? Nummer de onderdelen in volgorde van belangrijkheid (1=belangrijkst)

Tabel 1

onderdeel	**nummer belang**	**Was er op dit onderdeel nog voldoende reserve?**
wind (kracht, richting)		
tijstroming		
waterdiepte (baggerwerk, tijstand)		
verkeer (dok, rivier)		
schip (uitrusting, diepgang)		
bebakening, lichtenlijnen		
andere:		

→ **Neen**

Heeft dit wat te maken met een verschil tussen werkelijkheid en simulatie?

→ **Ja**

Geef uw commentaar op het verschil tussen werkelijkheid en simulatie in **Tabel 2** aan.

Tabel 2

onderdeel	**quotering***	**Waarom geeft u deze quotering? Wat vindt u goed/slecht?**
realisme buitenbeeld		
realisme scheepsgedrag		
realisme sleepboot		
realisme ECDIS		
realisme radar		
andere:		

*Quotering van A= zeer goed, B= goed, C= voldoende, D= onvoldoende, E= ronduit slecht

→ **Neen**

Zijn hierbij bijzondere voorwaarden te vervullen op gebied van schip (roer/schroef), tijstroming, wind, verkeer, waterpeil, baggerwerken, bebakening... om het manoeuvre wel mogelijk te maken? Nummer uw opmerkingen in volgorde van belangrijkheid (1 = belangrijkst) in **Tabel 1** en leg uit.

BIJLAGE D: EINDEVALUATIE LOODSEN

1 Loods

Naam loods

2 Het onderzoek

Zijn er andere situaties die u nog zou onderzoeken? (Schip, zicht, weer, startpositie, stroom,…)

_____

_____

_____

_____

_____

3 Simulatie

Graag wisten wij uw opmerkingen over de simulator en de simulatie.

onderdeel	quotering*	Waarom geeft u deze quotering? Wat vindt u goed/slecht?
realisme buitenbeeld		
realisme scheepsgedrag		
realisme sleepboot		
realisme ECDIS		
realisme radar		
andere:		

*Quotering van A= zeer goed, B= goed, C= voldoende, D= onvoldoende, E= ronduit slecht

4 ANDERE Commentaar:

_____

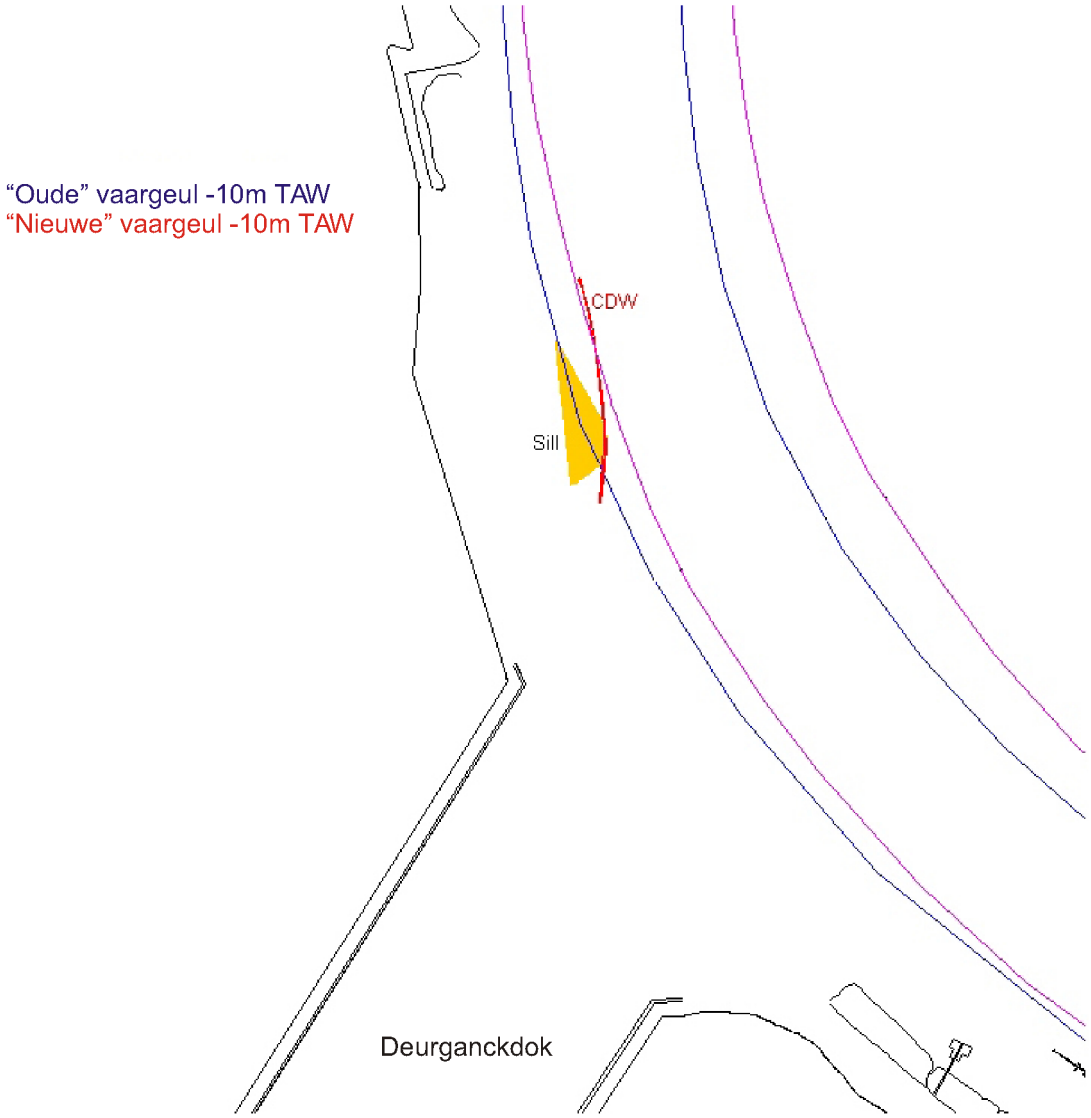
_____

_____

_____

_____

FIGUREN



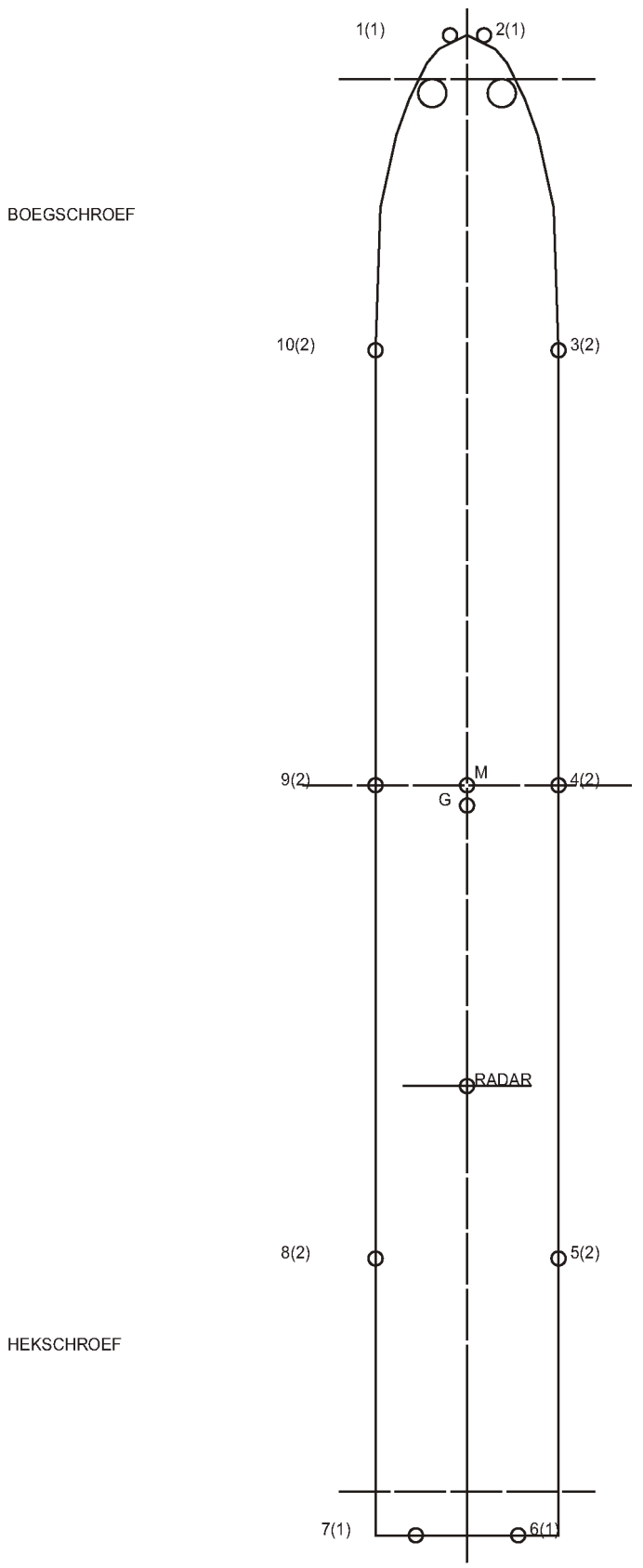
De ligging van de CDW en vaargeul

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Figuur 1

W.L. 05.0269



Lpp = 331.50 m

B = 42.80 m

T = 14.00 m

m = 131000 ton

Izz = 0.8990E+12 kgm2

XG = -4.75 m

Afront = 1425 m2

Alater = 9100 m2

Dieselmotor en FPP

Eq_number = 4027

G_Anker = 118515 N

L_Ketting = 339 m

G_Ketting =1372 N/m

zKluis = 9.00 m

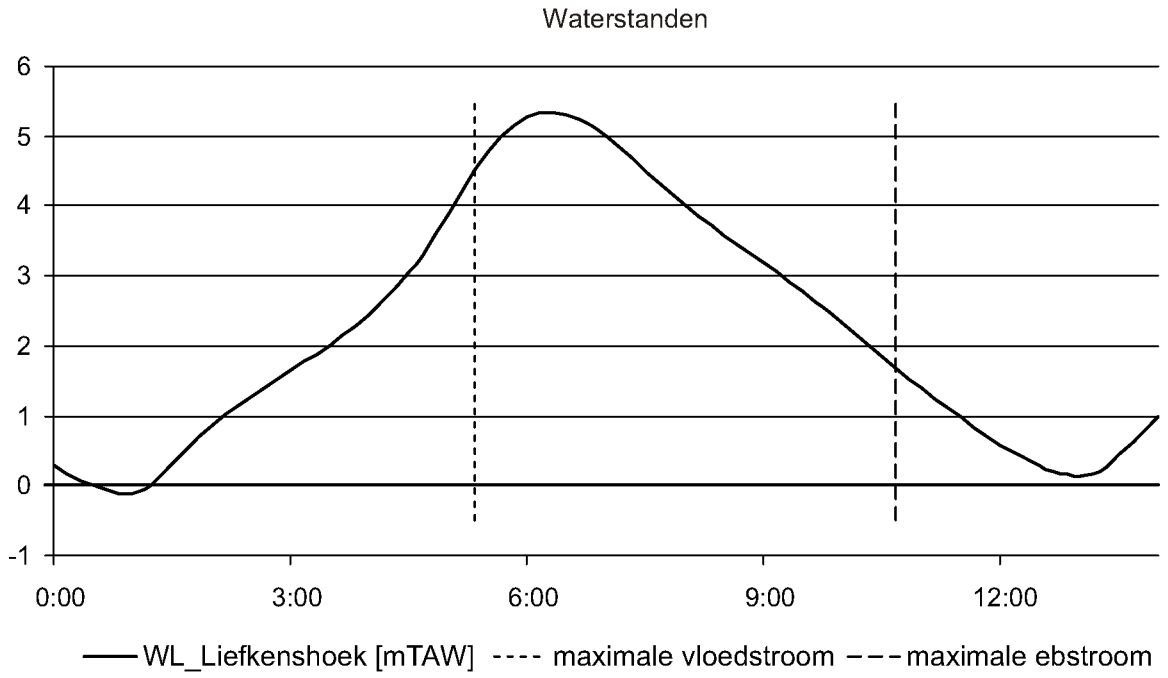
Bovenaanzicht van Con352 met de positie van de kluizen

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Figuur 2

W.L. 05.0270



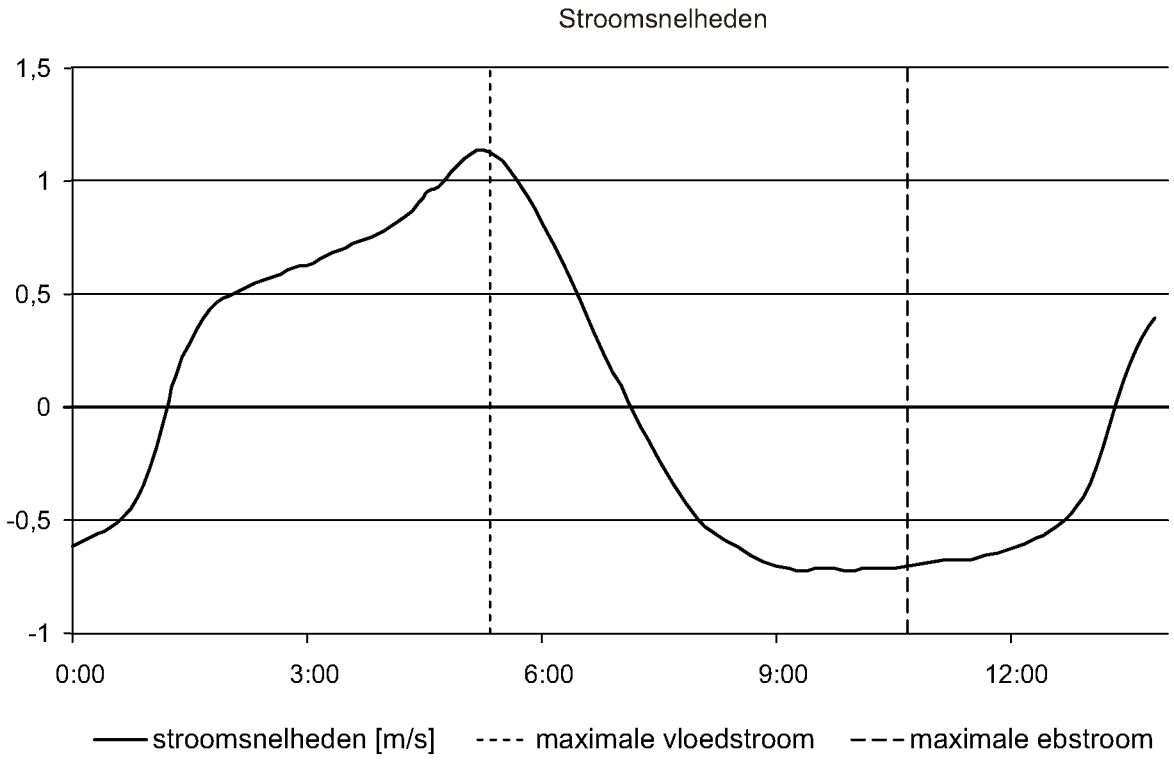
Waterstanden van de berekende tijcyclus

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Figuur 3

W.L. 05.0271

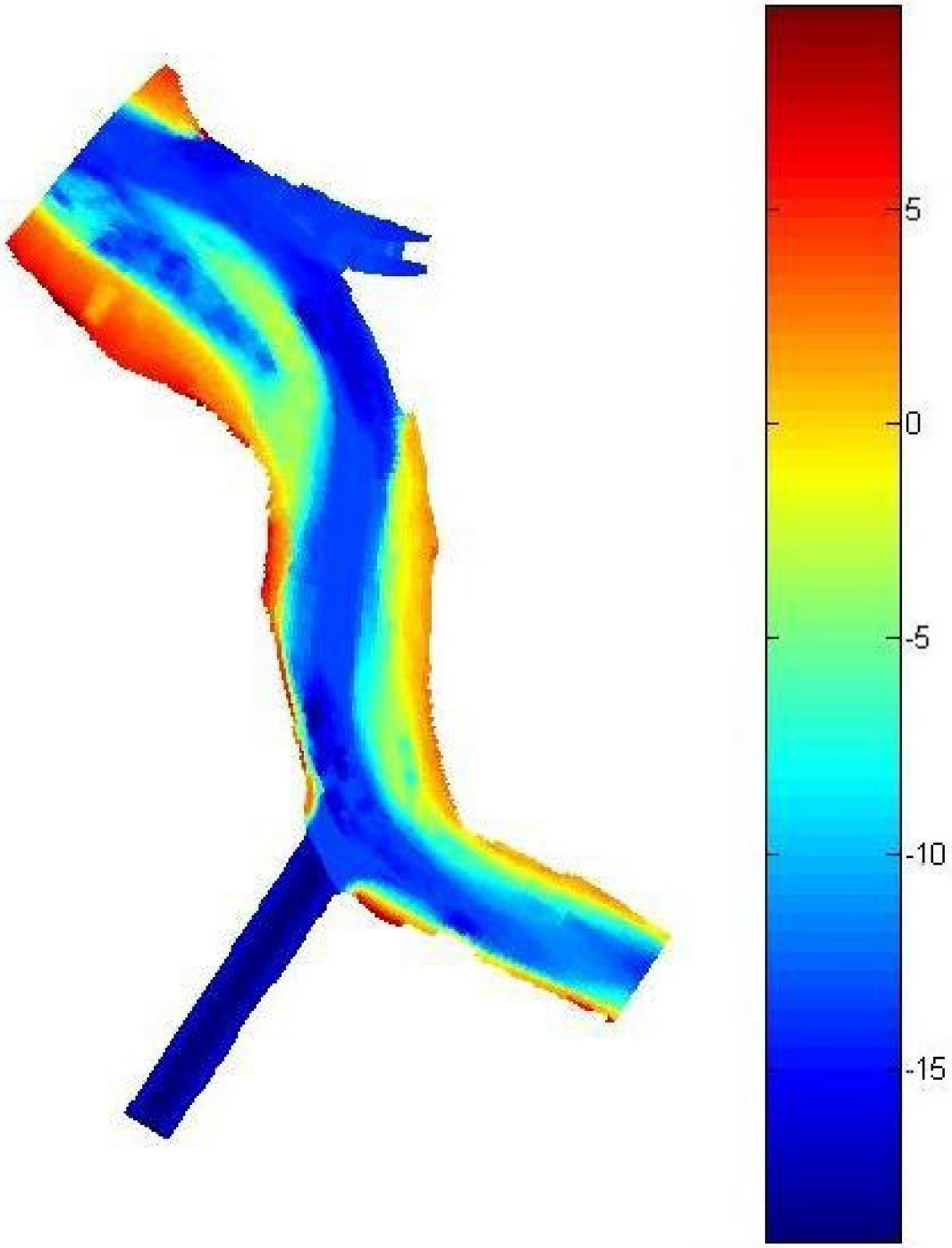


Stroomsnelheden van de berekende tijcyclus

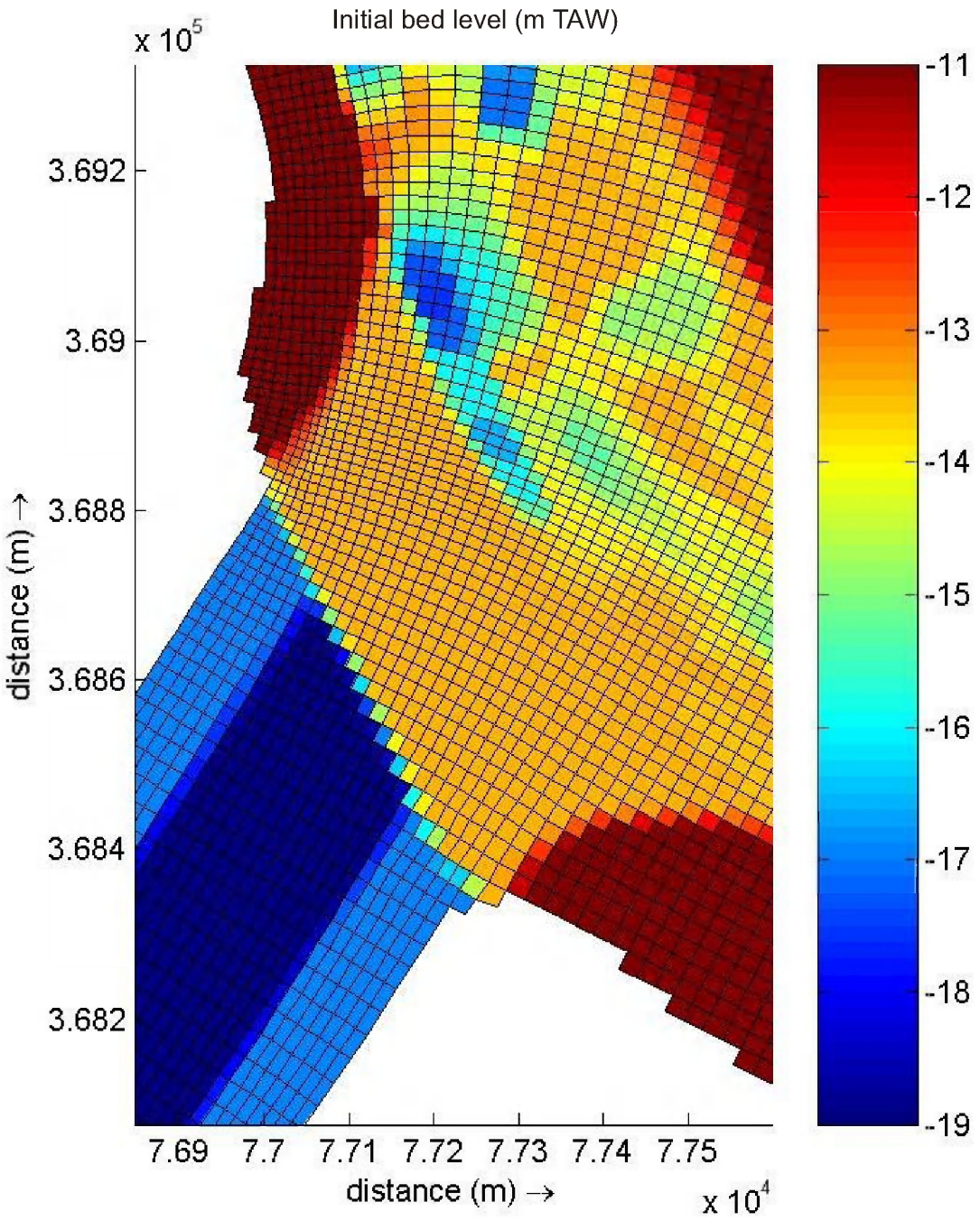
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK Borgerhout - Antwerpen	M 782	Figuur 4

W.L. 05.0272

Bathymetrie met CDW in m TAW



Bathymetrie van de vaaromgeving



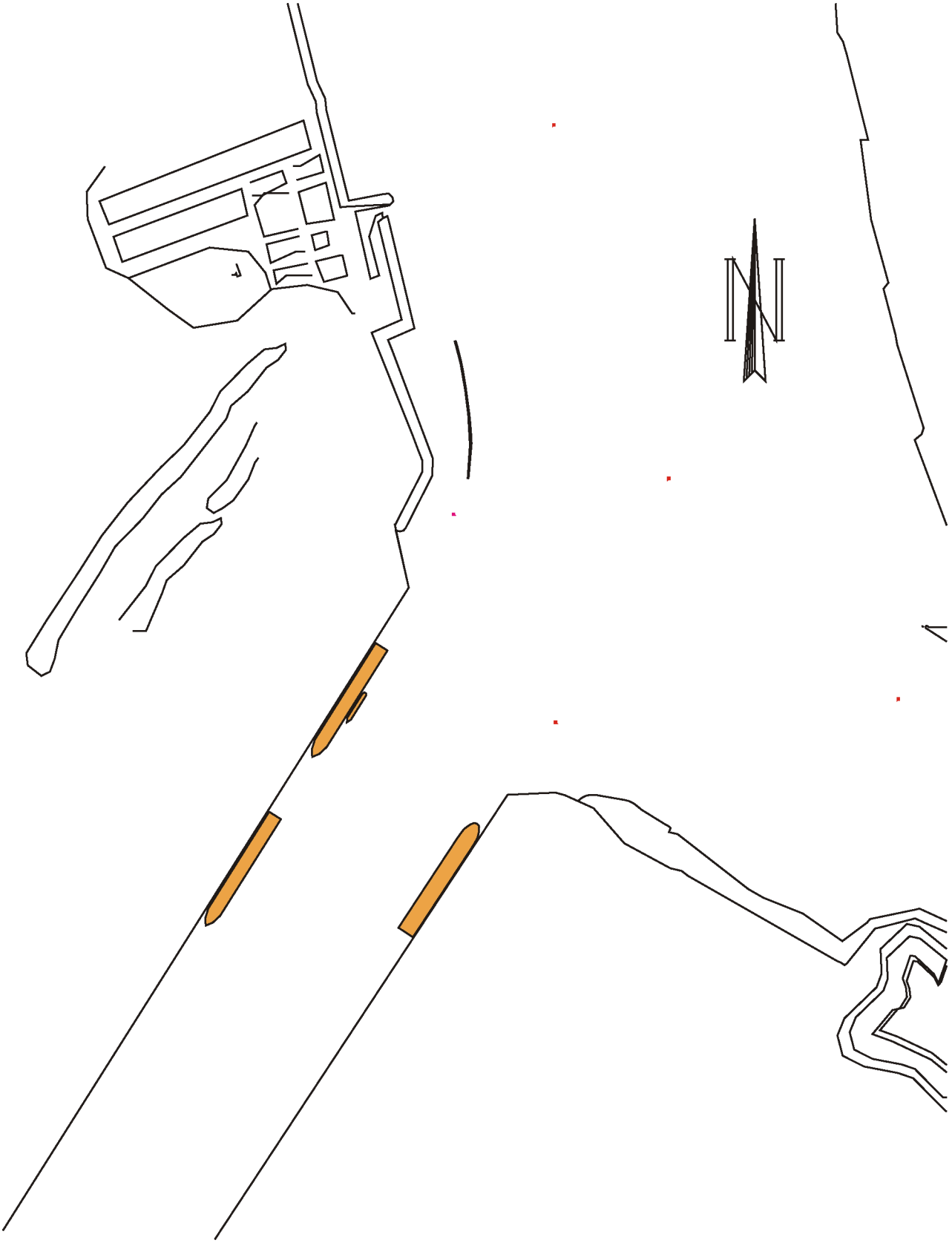
Bathymetrie aan de monding van het Deurganckdok

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Figuur 6

W.L. 05.0274



Positie van de vreemde schepen

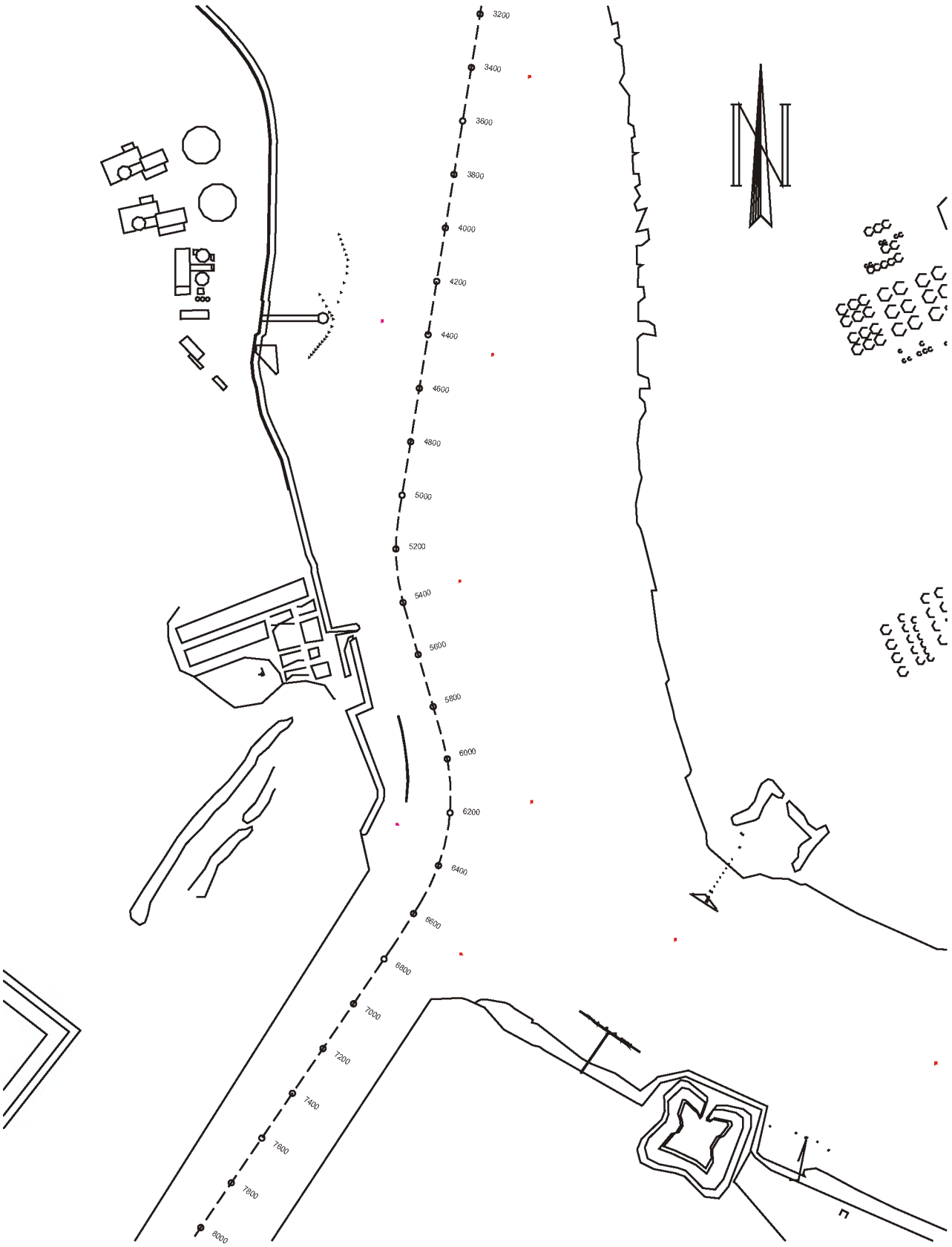
Plotinterval 60. s
Schaal 1:12500

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Figuur 7

W.L. 05.0275



Referentiebaan voor de berekening van de oeverzuiging

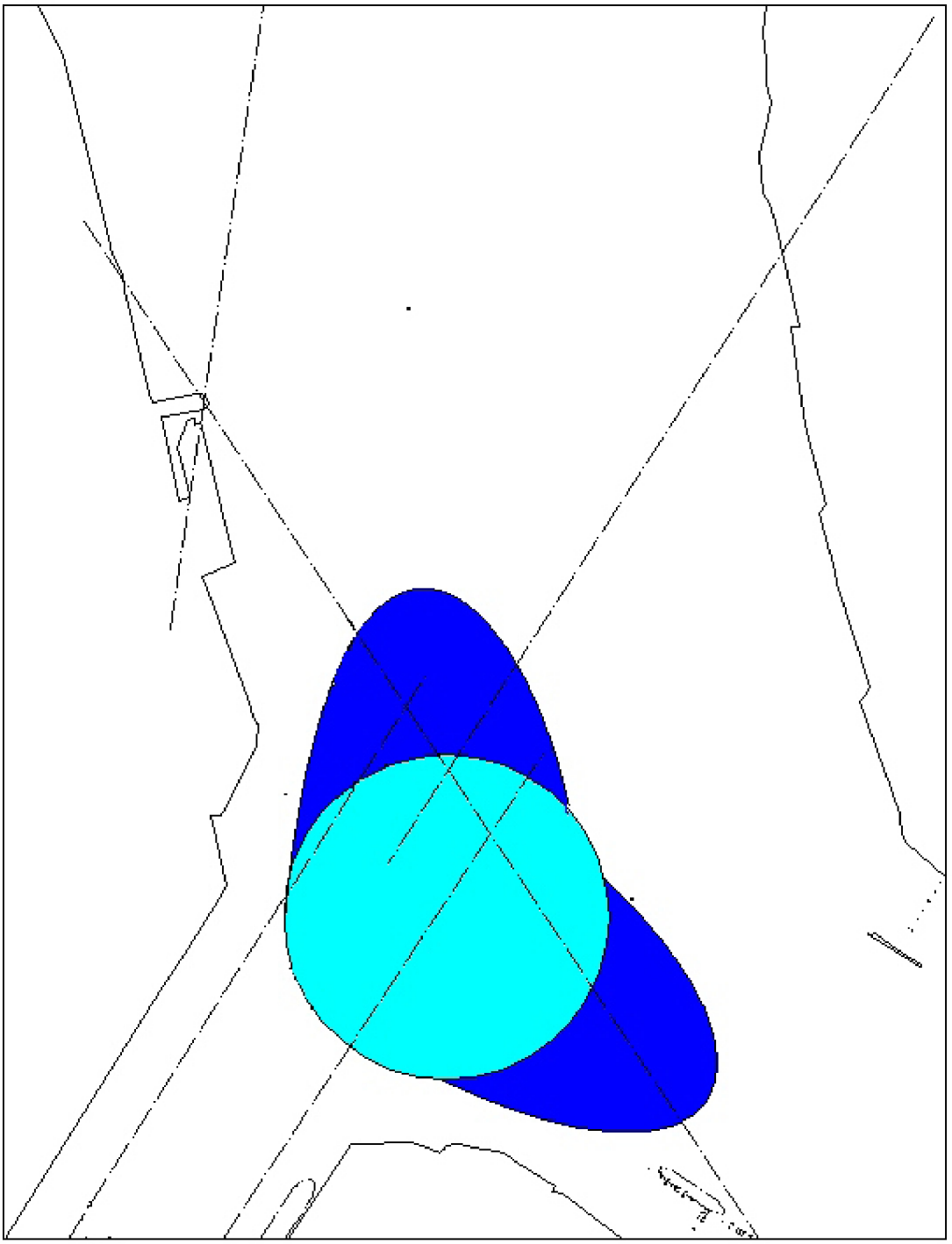
Afstand in meter (m)
Schaal 1:20000

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Figuur 8

W.L. 05.0276



Voorstel nieuwe zwaai"cirkel"

Schaal: 1/12500

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

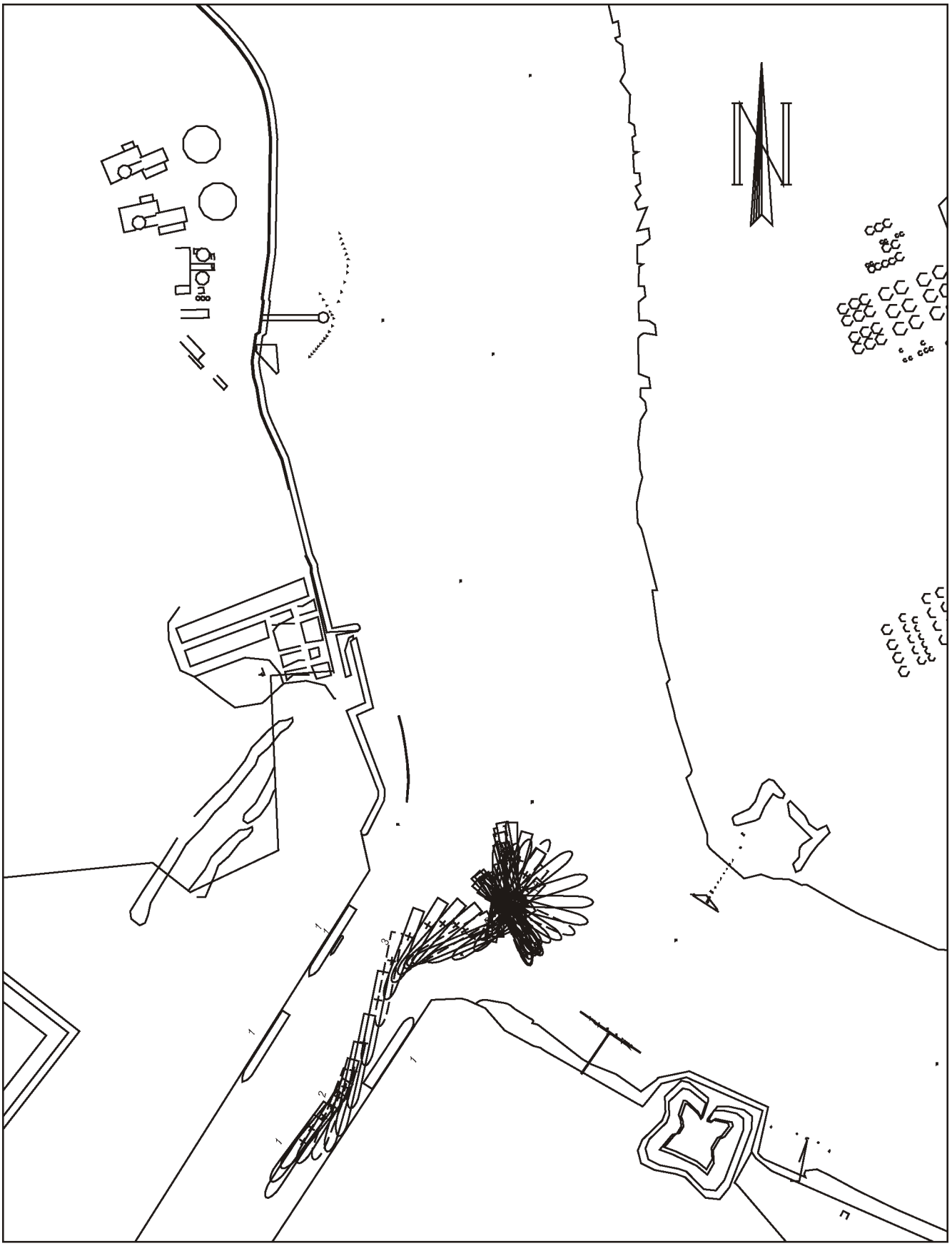
M 782

Figuur 9

W.L. 05.0277

Deel II

Vaarbaanplots

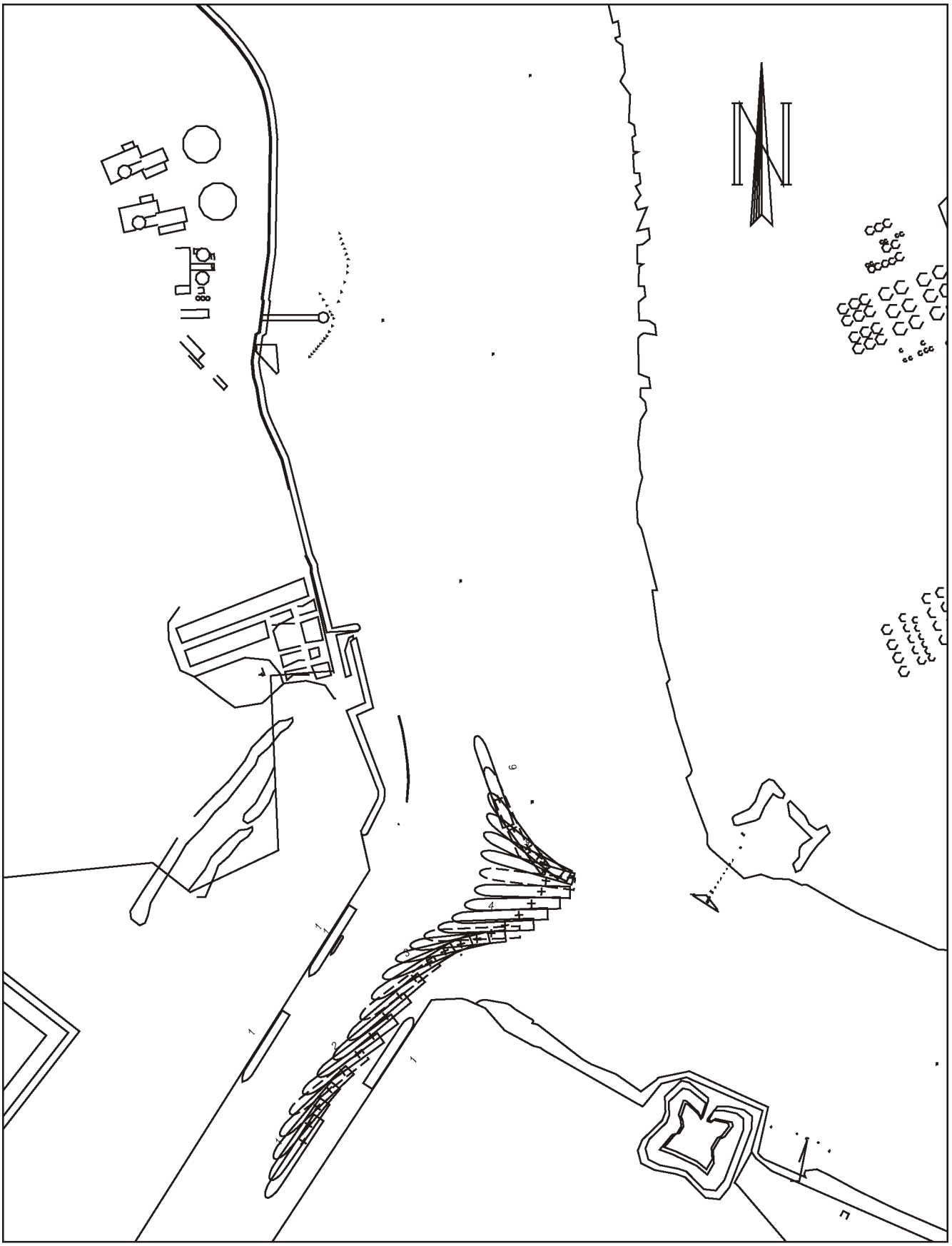


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb NW 7	vaartnummer 023

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 1

W.L. 05.0278

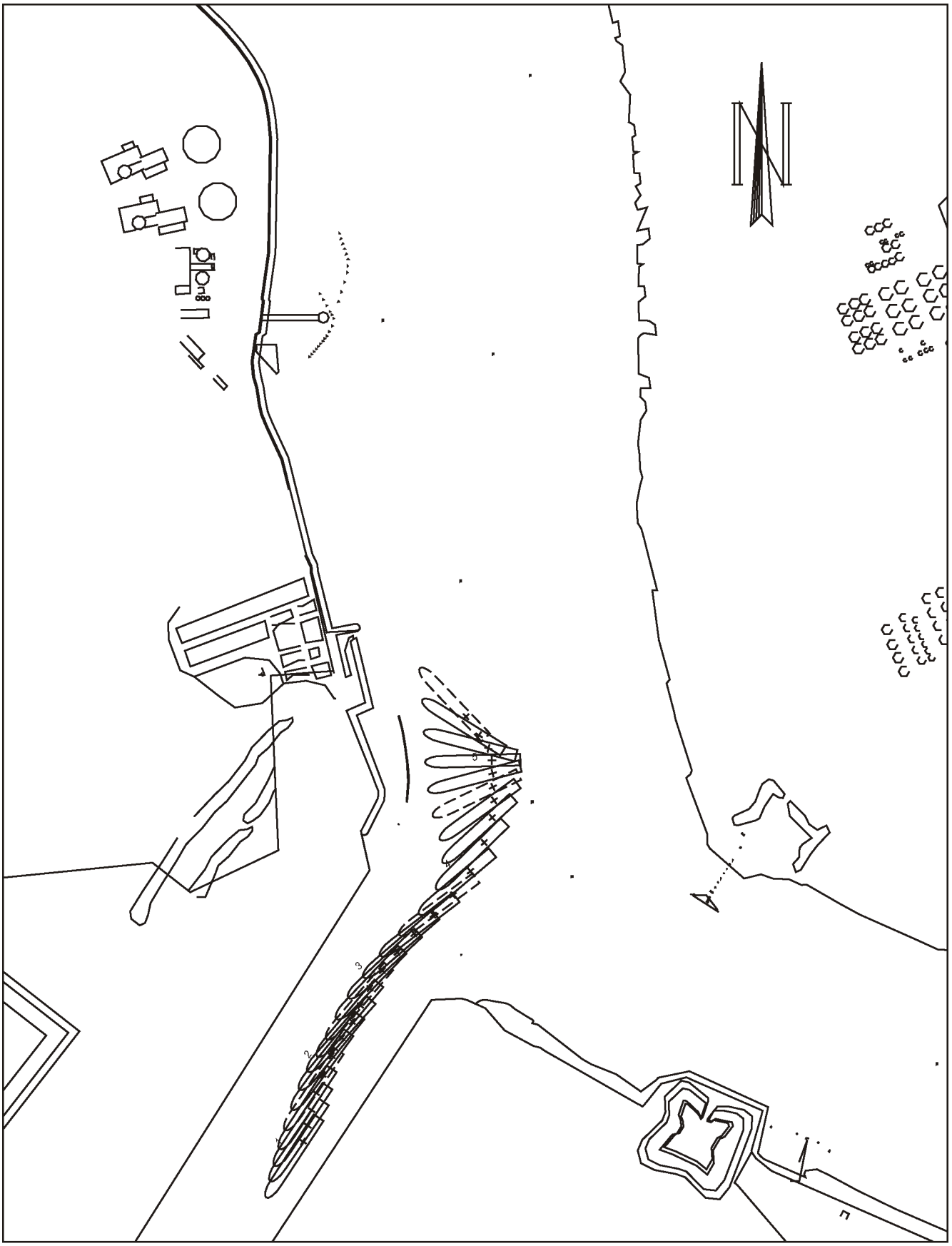


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 001

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 2

W.L. 05.0279



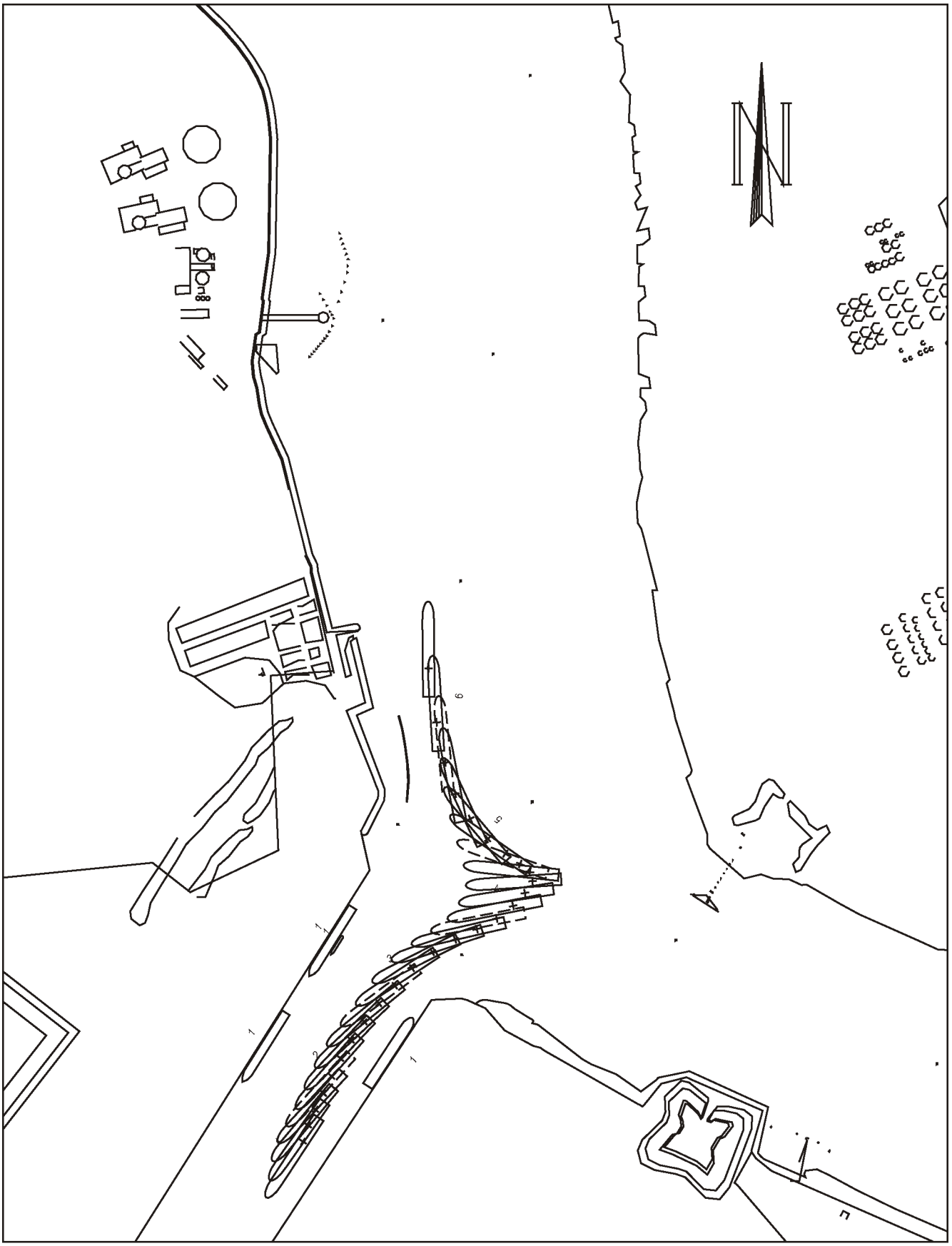
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 003

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 3

W.L. 05.0280



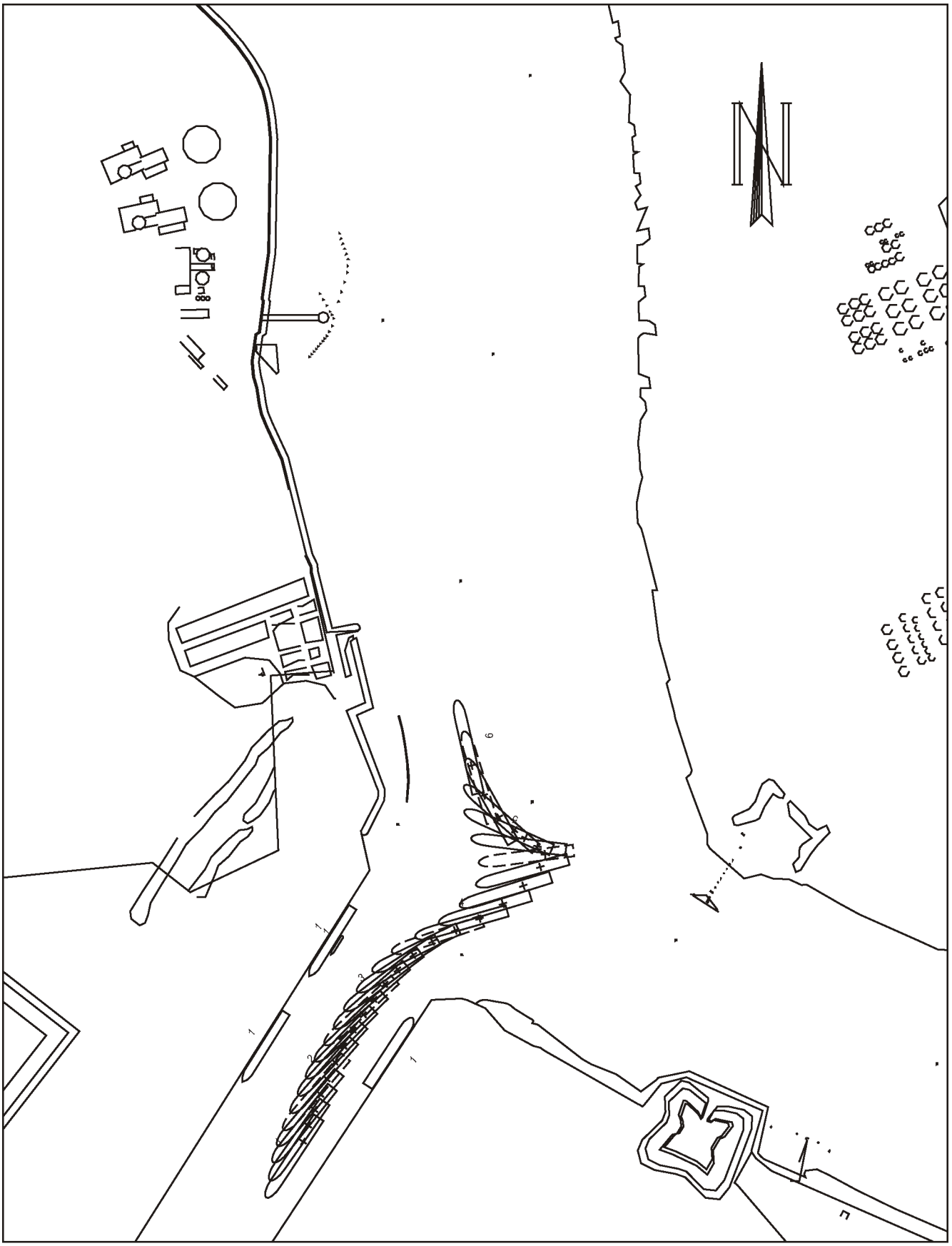
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 005

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 4

W.L. 05.0281



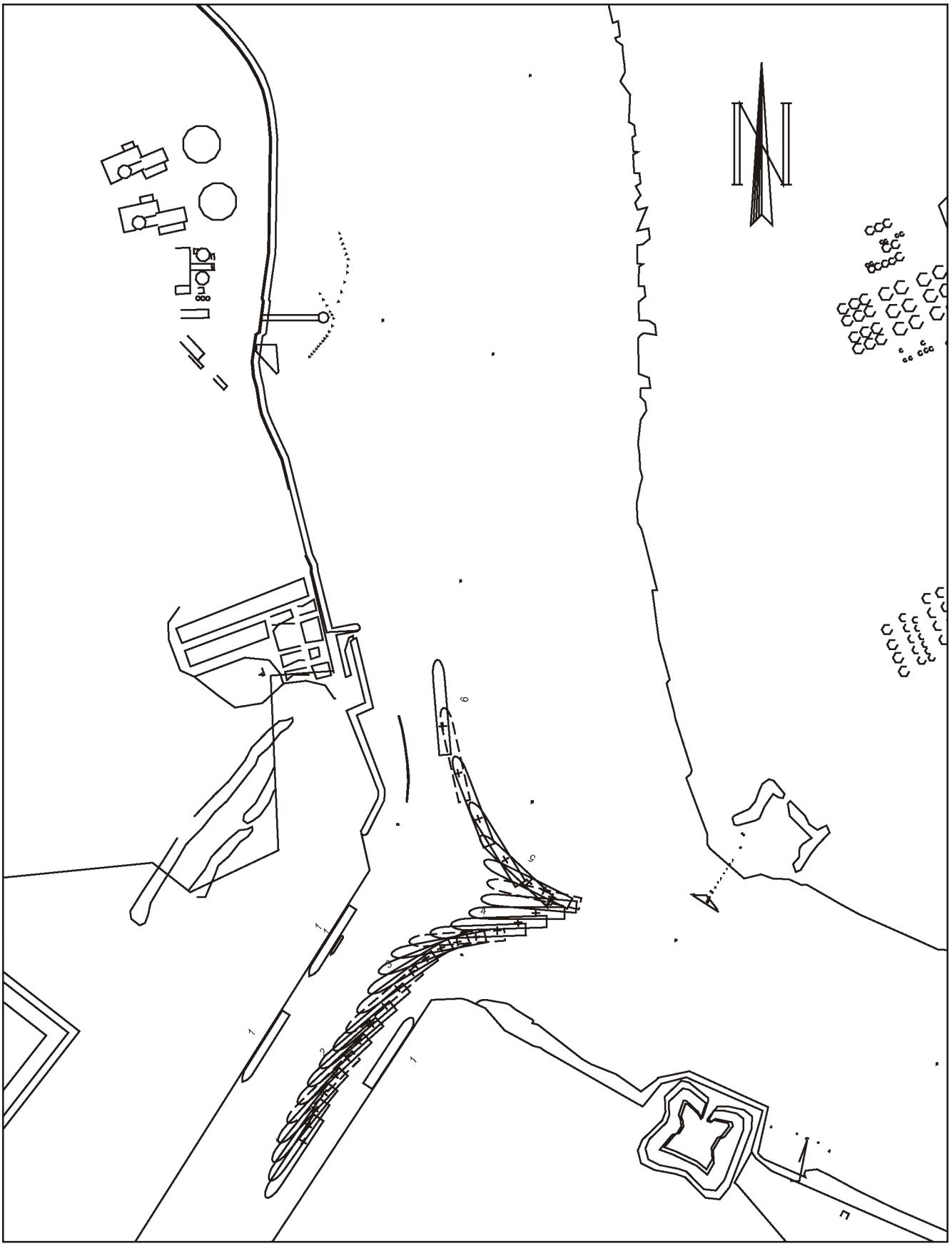
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 011

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 5

W.L. 05.0282

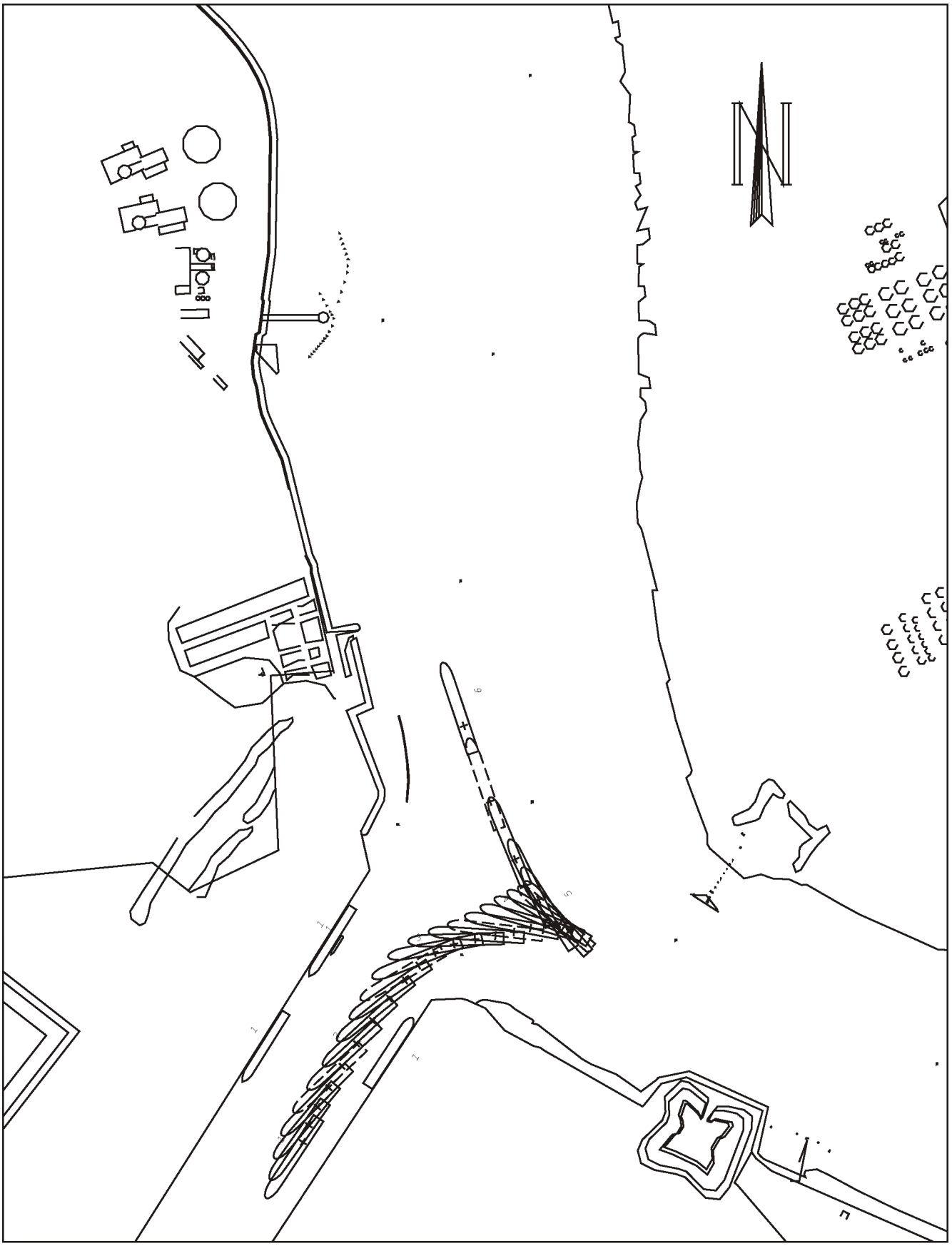


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 012

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 6

W.L. 05.0283



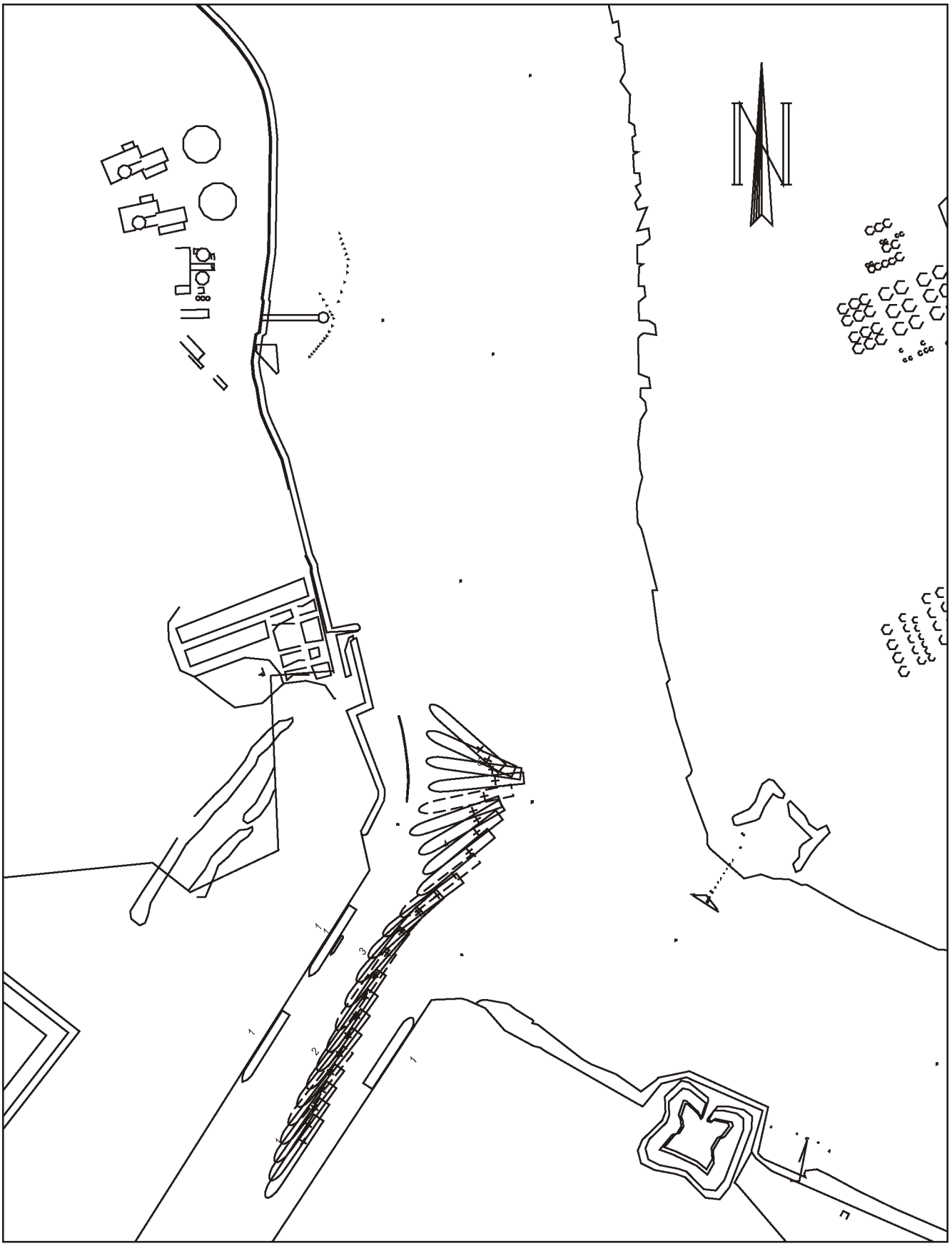
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 016

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 7

W.L. 05.0284



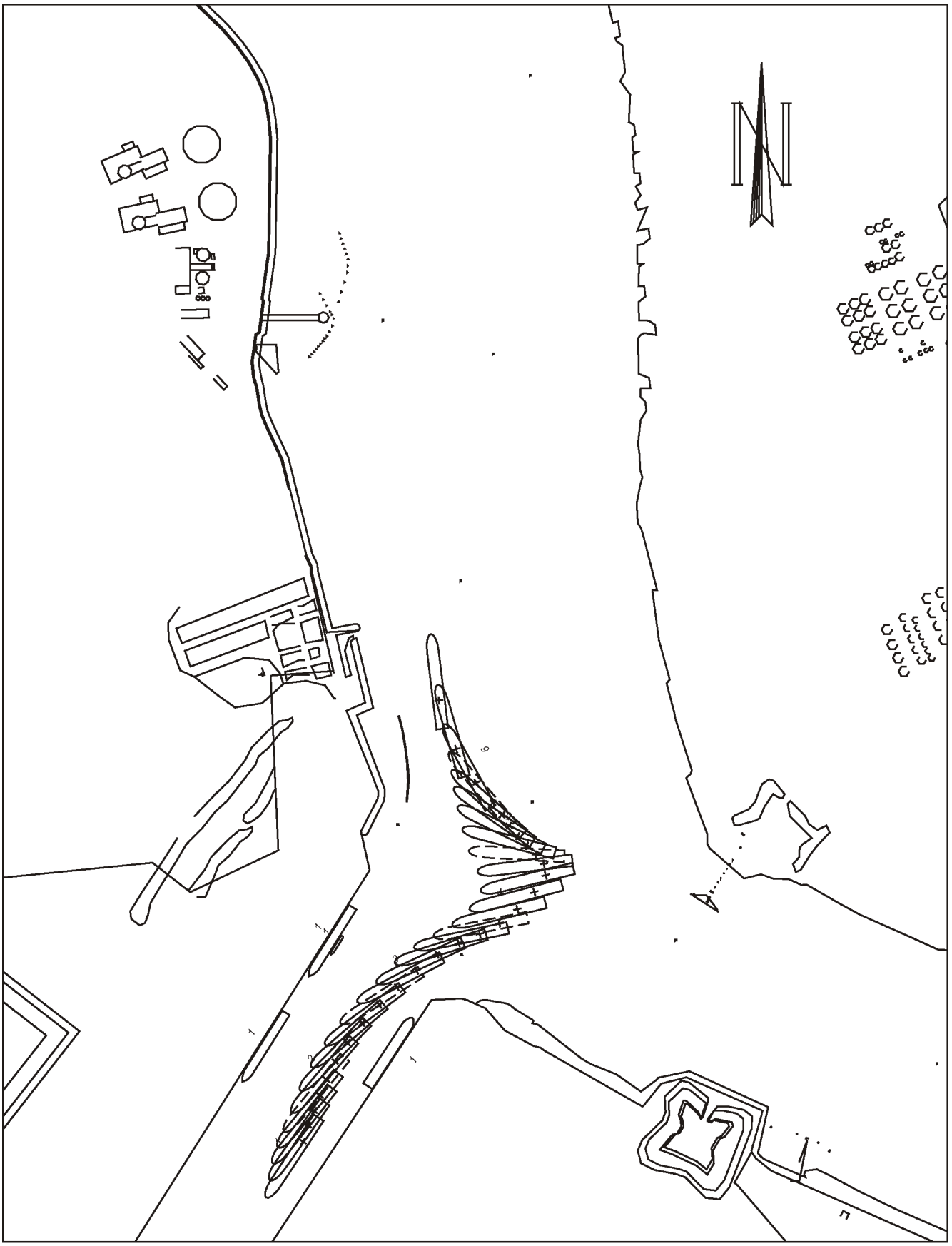
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 017

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 8

W.L. 05.0285

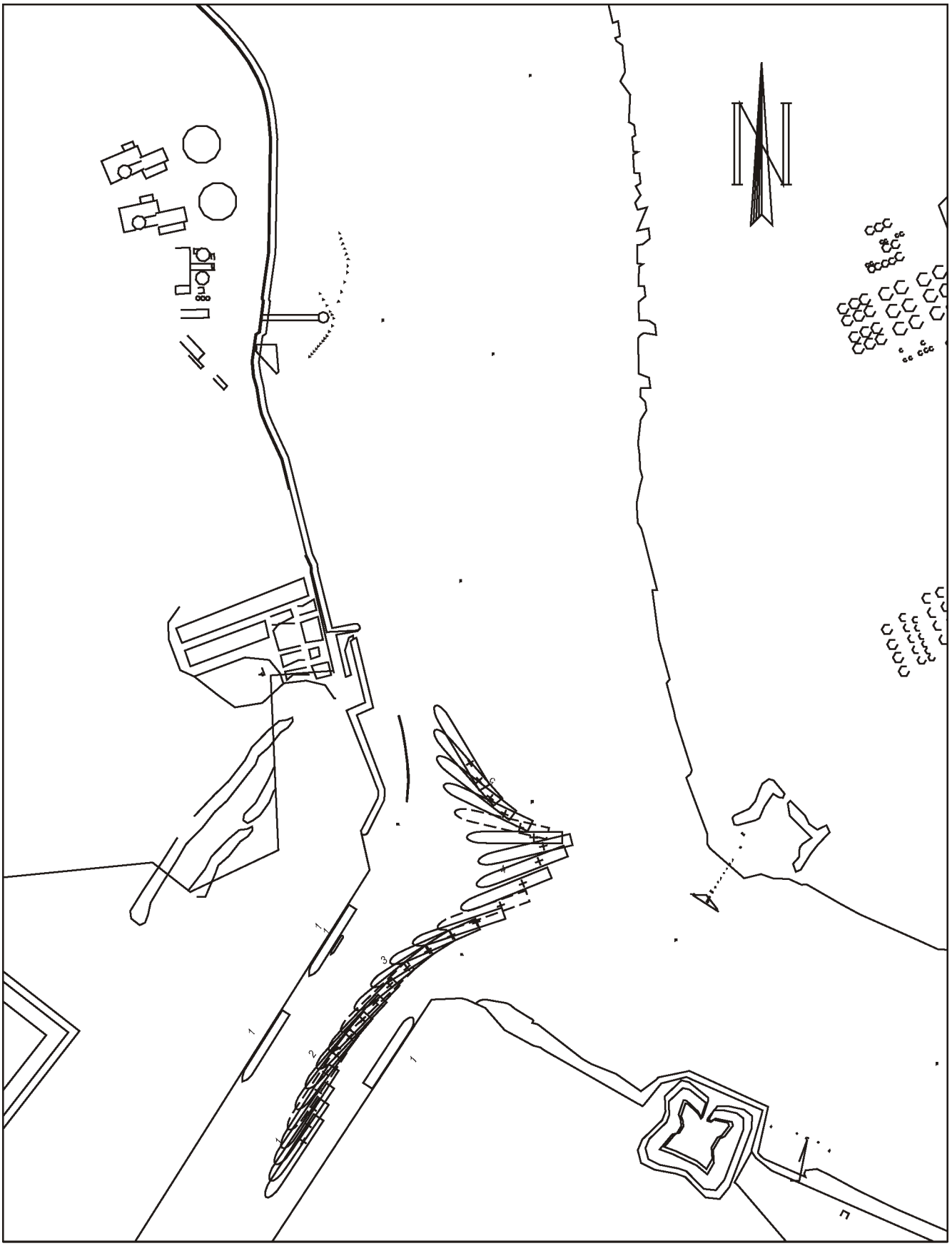


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6	vaartnummer 020

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 9

W.L. 05.0286



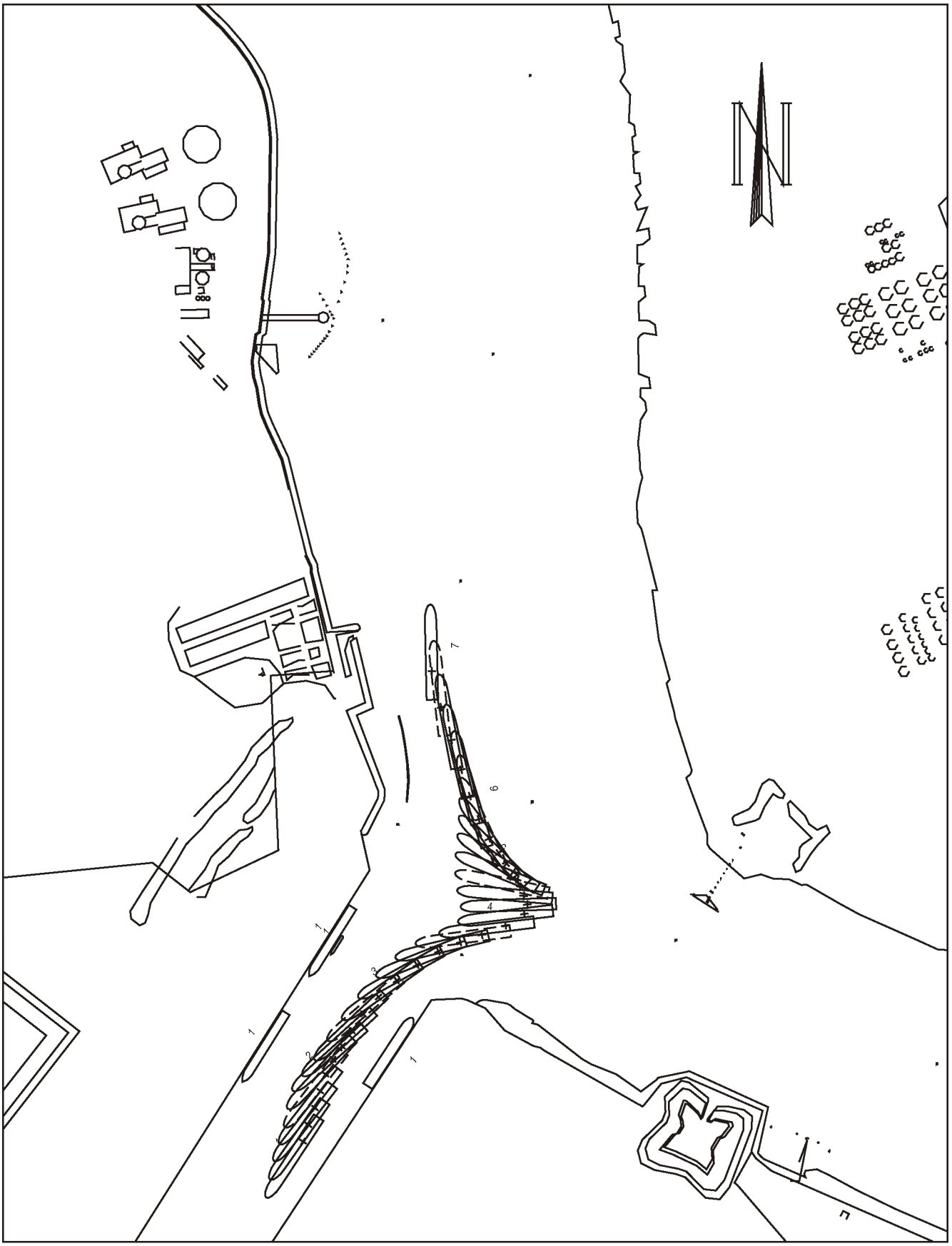
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6 (machinebreuk)	vaartnummer 006

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 10

W.L. 05.0287

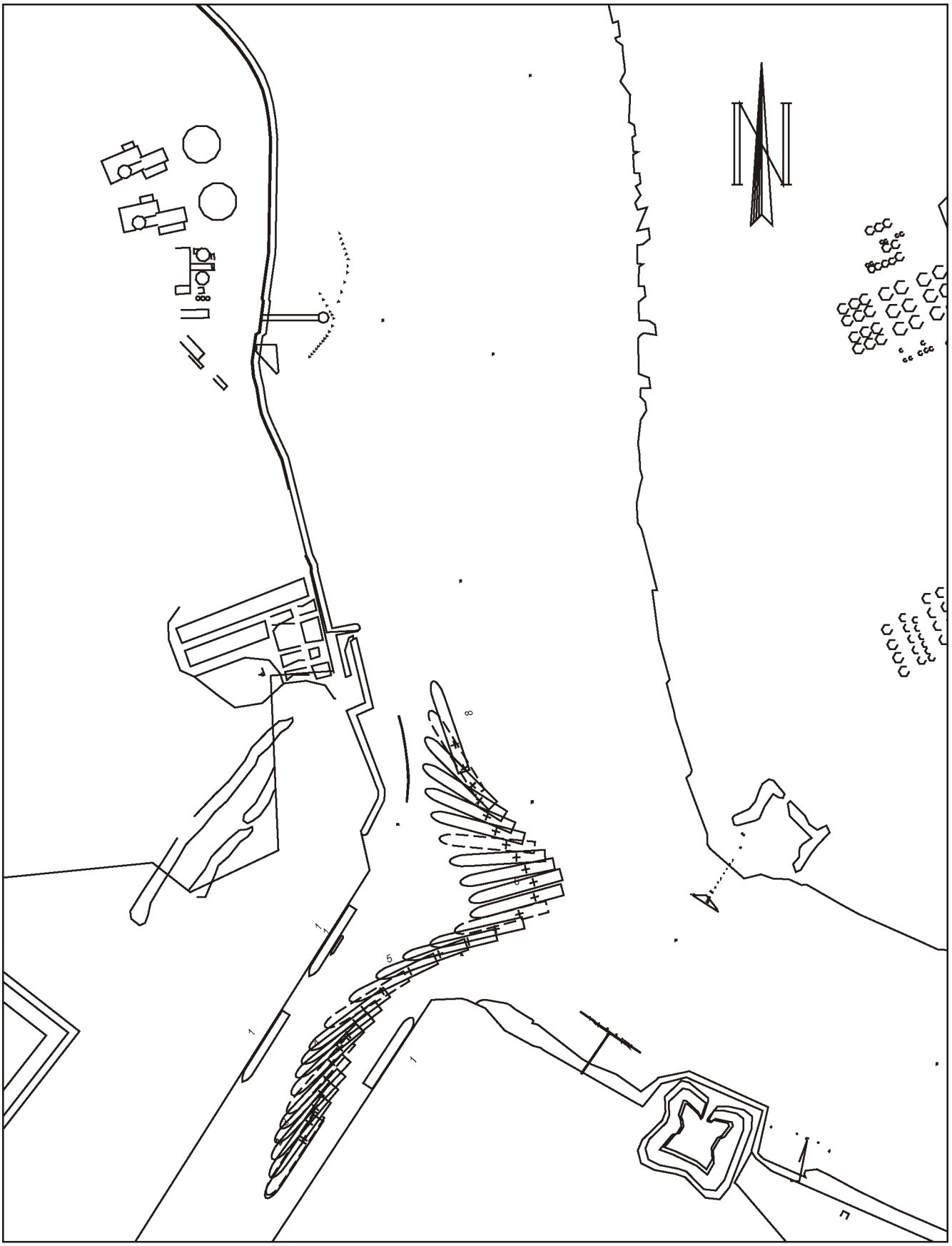


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6 (machinebreuk)	vaartnummer 018

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 11

W.L. 05.0288



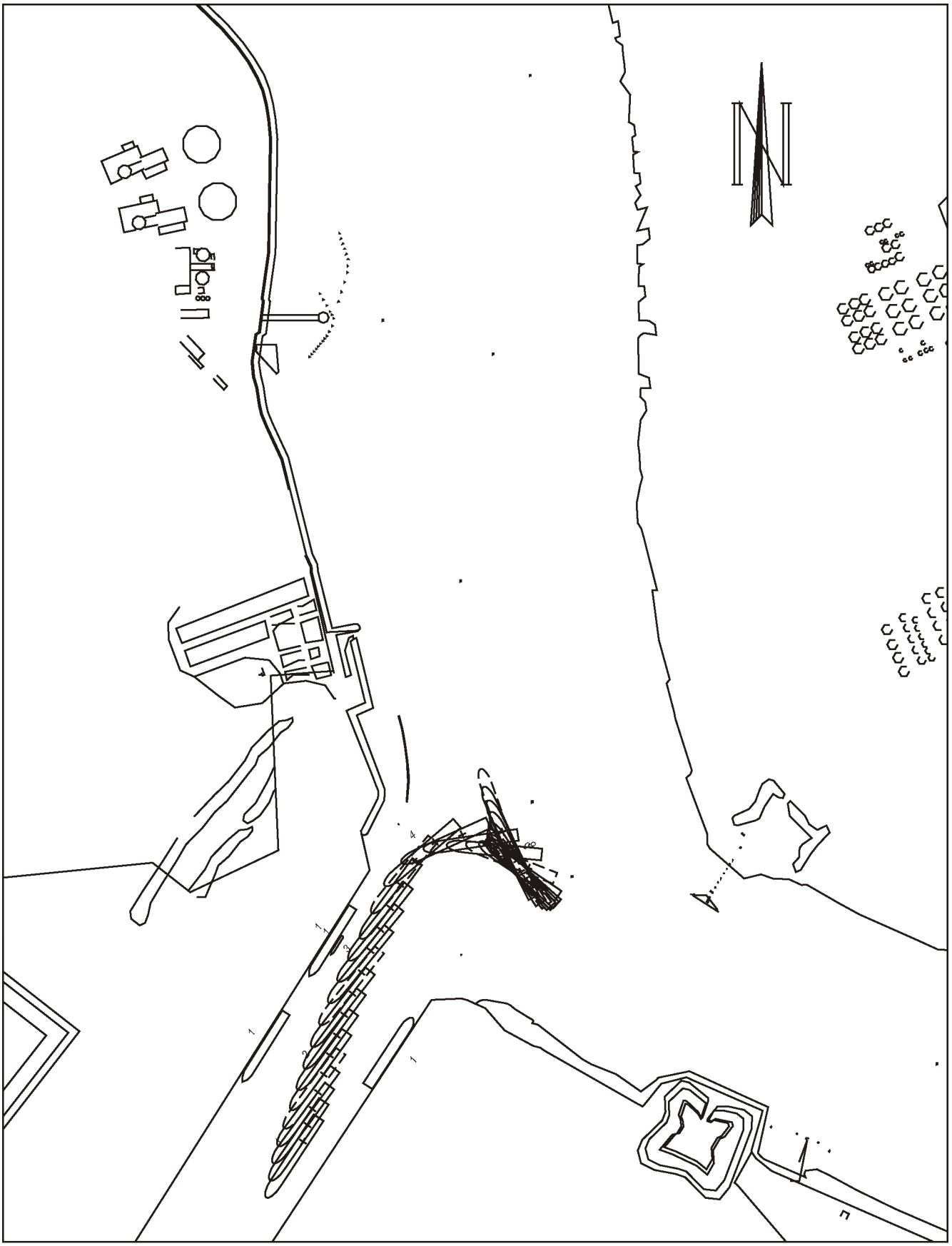
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart eb ZO 6 (machinebreuk)	vaartnummer 024

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 12

W.L. 05.0289

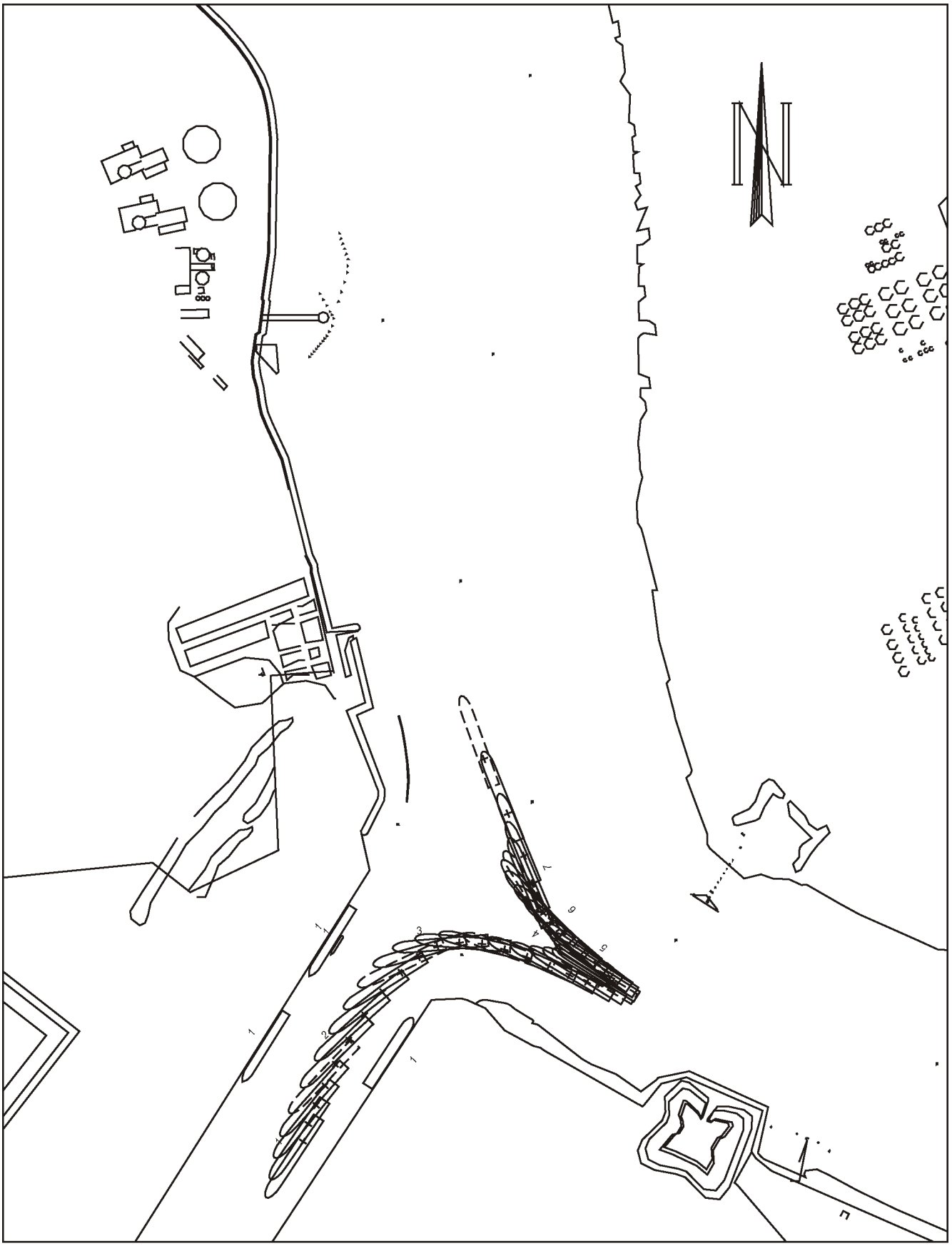


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart vloed ZO 6	vaartnummer 002

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 13

W.L. 05.0290

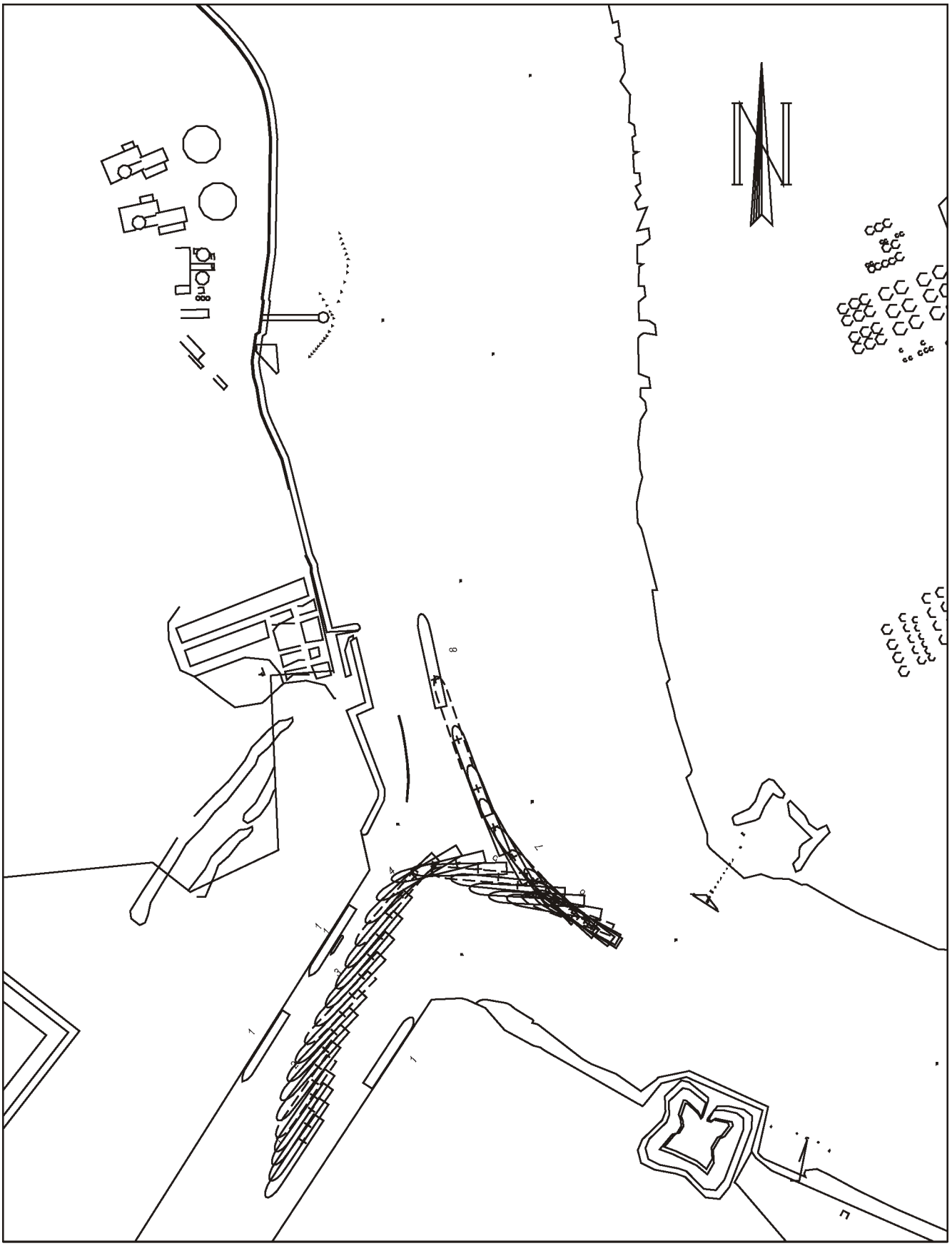


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart vloed ZO 6	vaartnummer 007

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 14

W.L. 05.0291



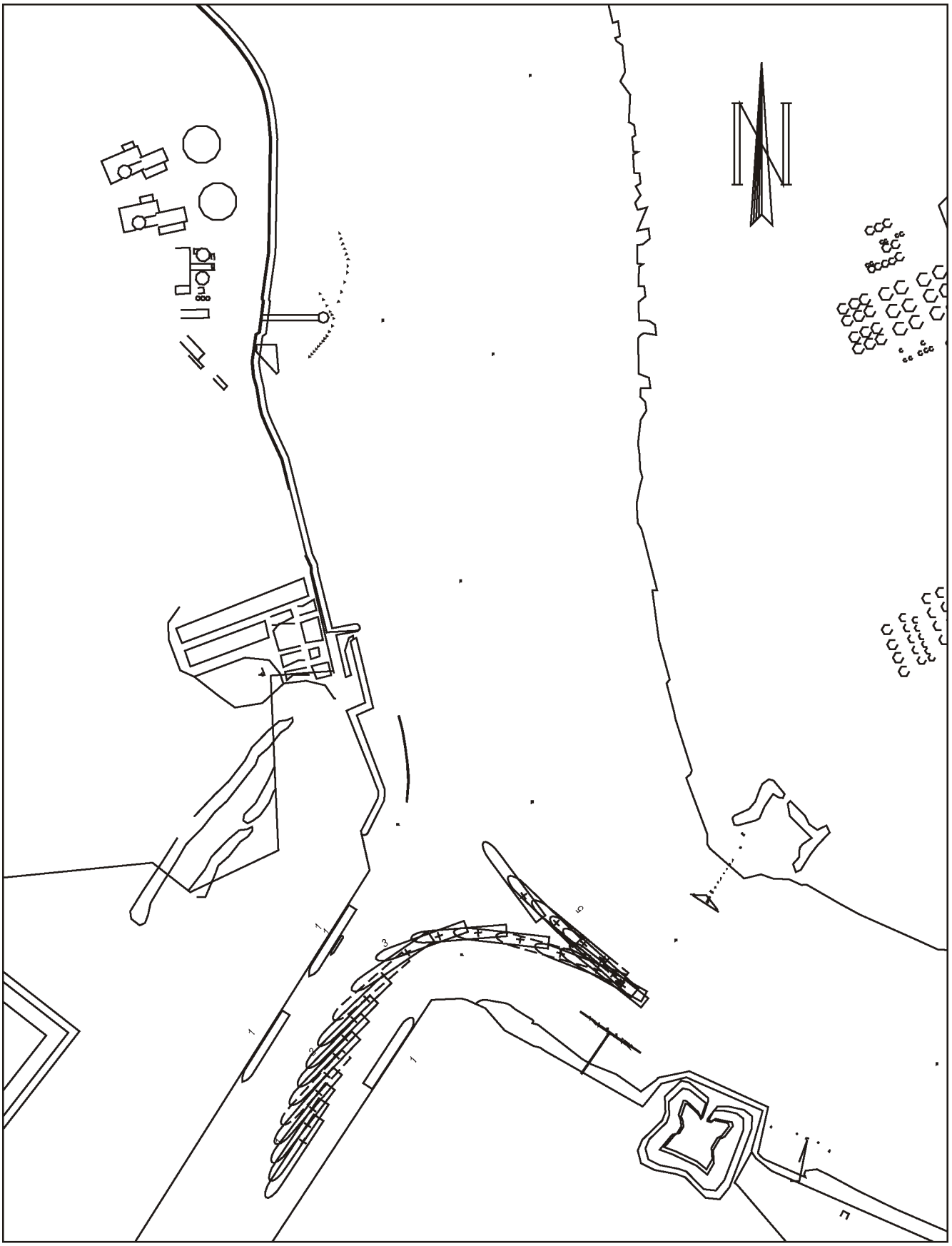
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart vloed ZO 6	vaartnummer 013

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 15

W.L. 05.0292

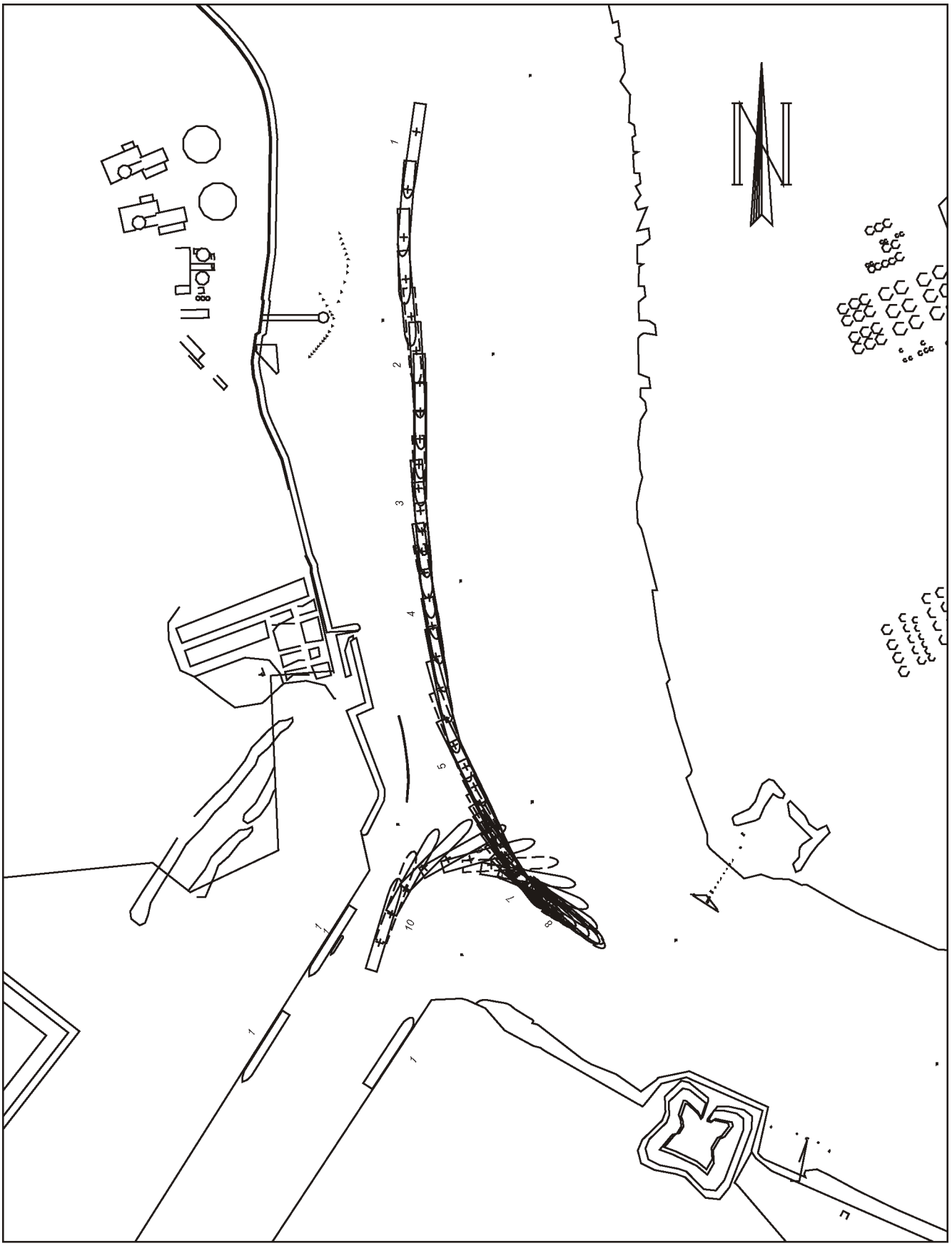


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Afvaart vloed ZO 6	vaartnummer 022

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 16

W.L. 05.0293



Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart eb ZO 6

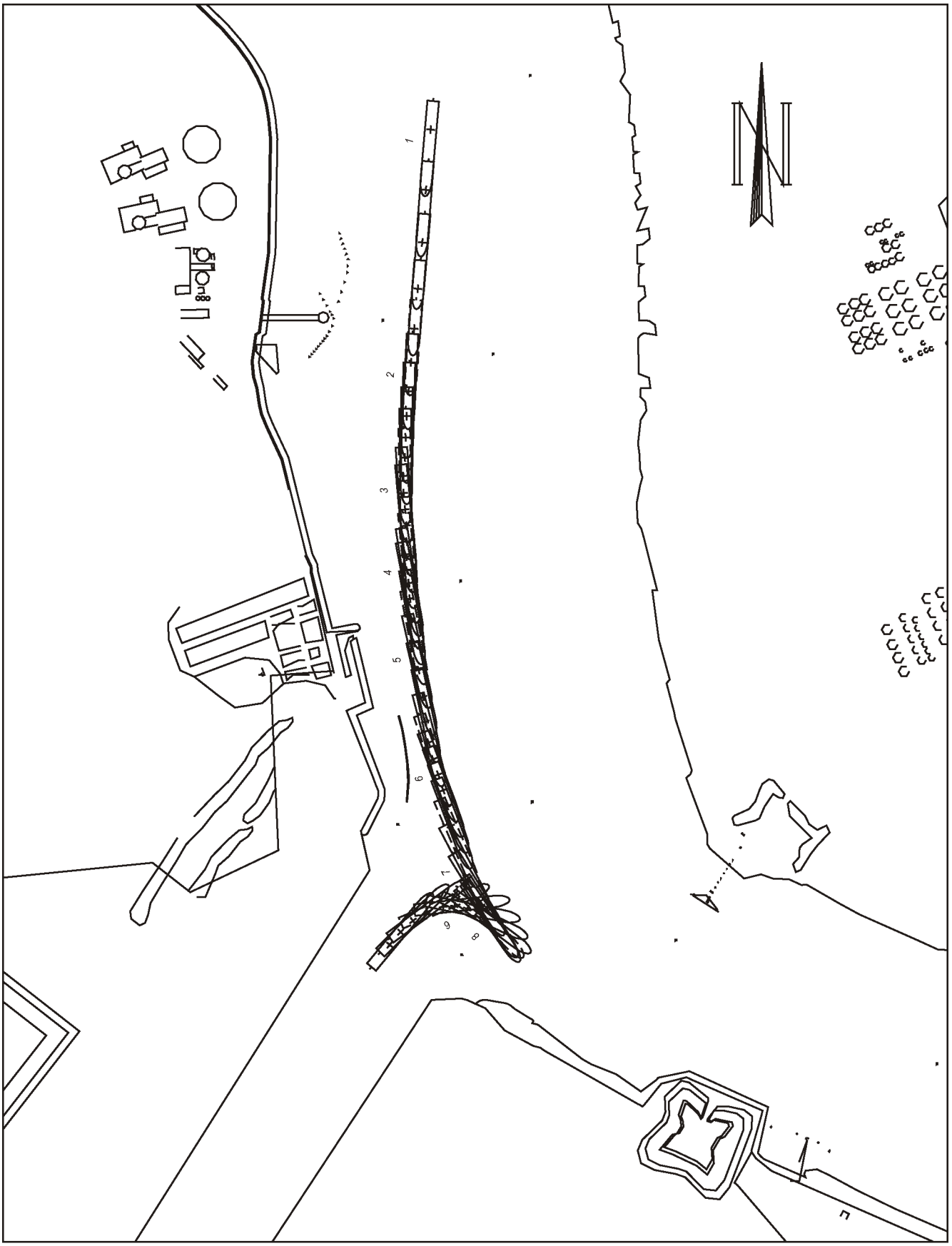
vaartnummer 009

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782

Kaart 17

W.L. 05.0294

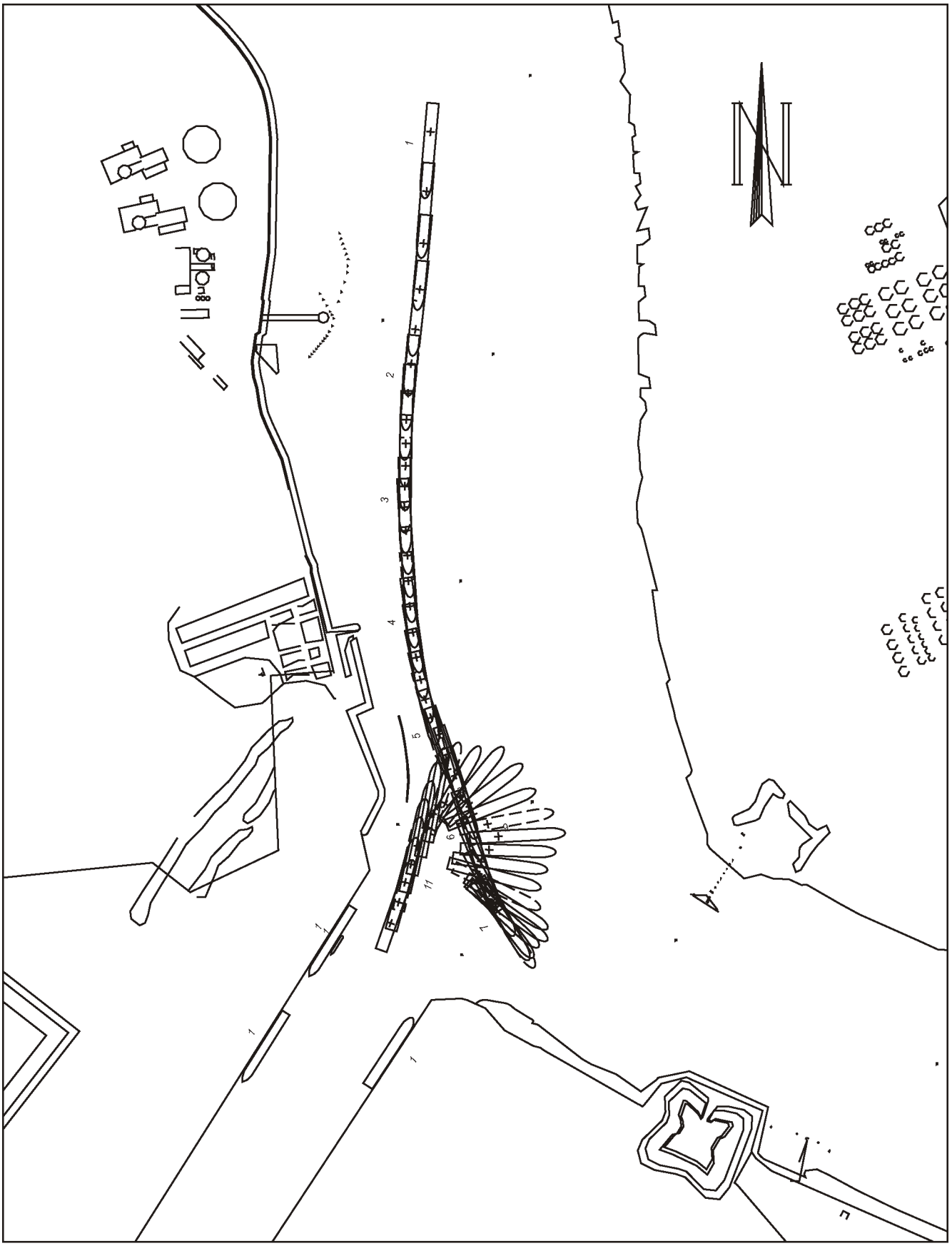


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart eb ZO 6	vaartnummer 015

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 18

W.L. 05.0295



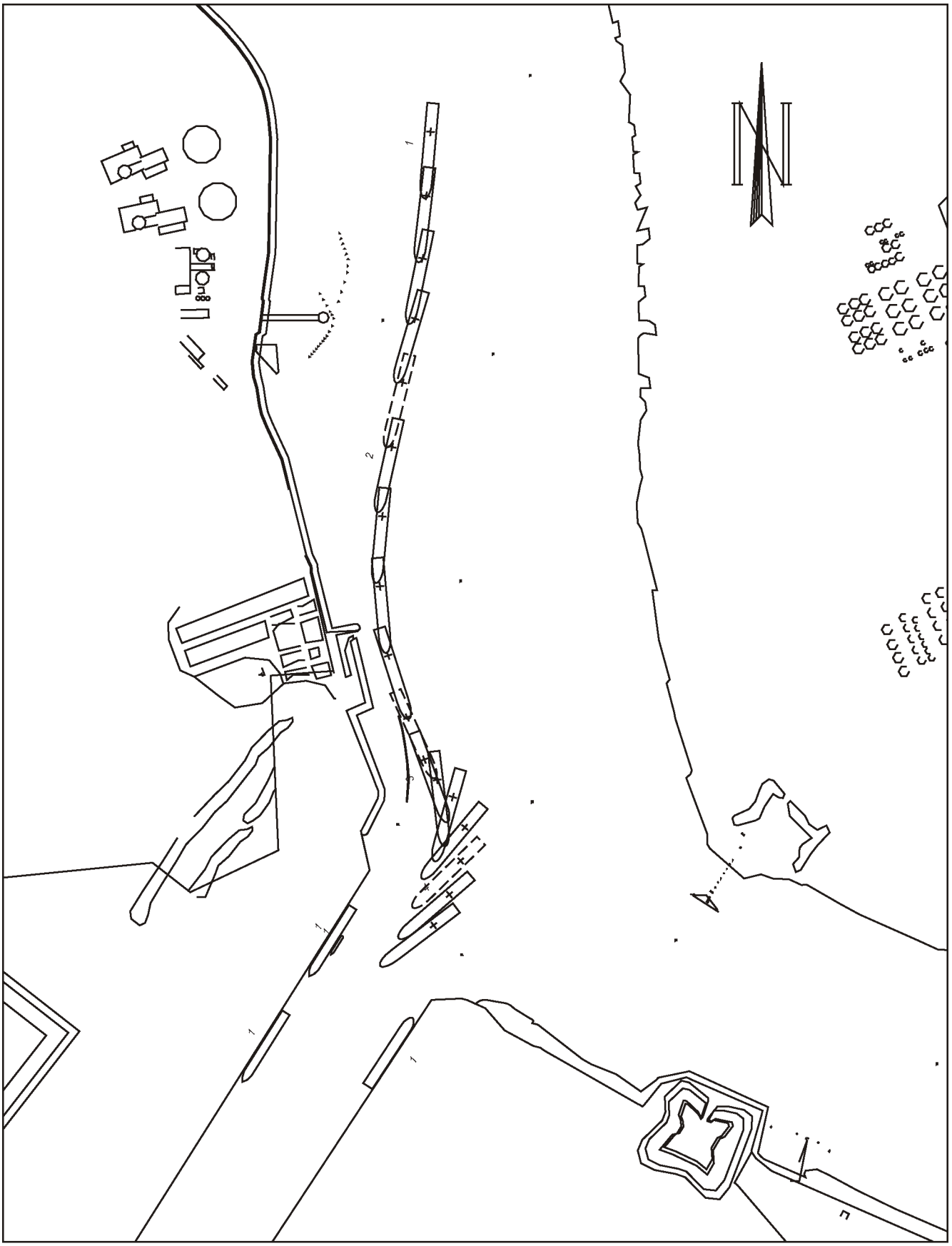
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart eb ZW 6	vaartnummer 021

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 19

W.L. 05.0296



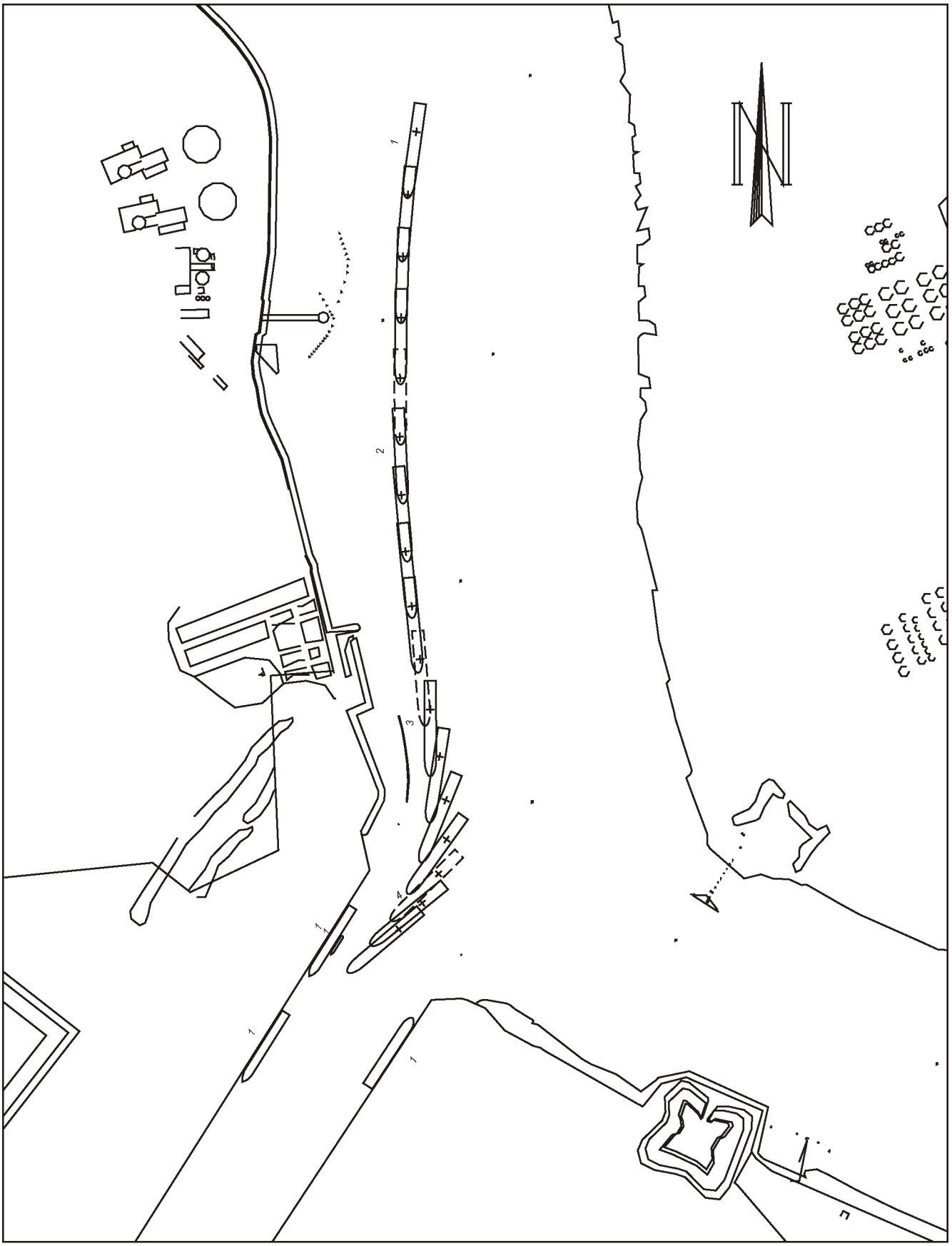
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed NO 8	vaartnummer 019

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 20

W.L. 05.0297

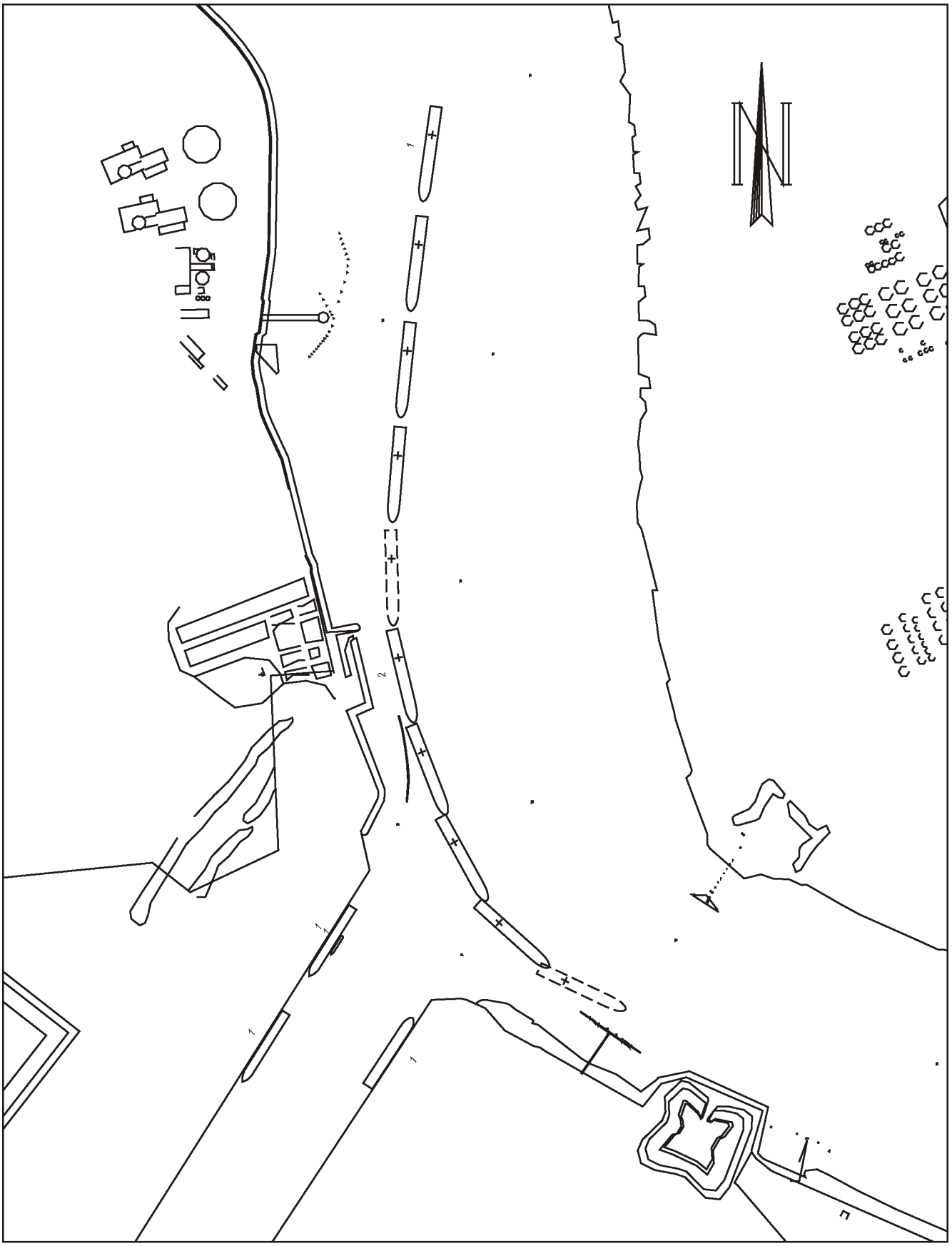


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed NW 6	vaartnummer 004

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 21

W.L. 05.0298



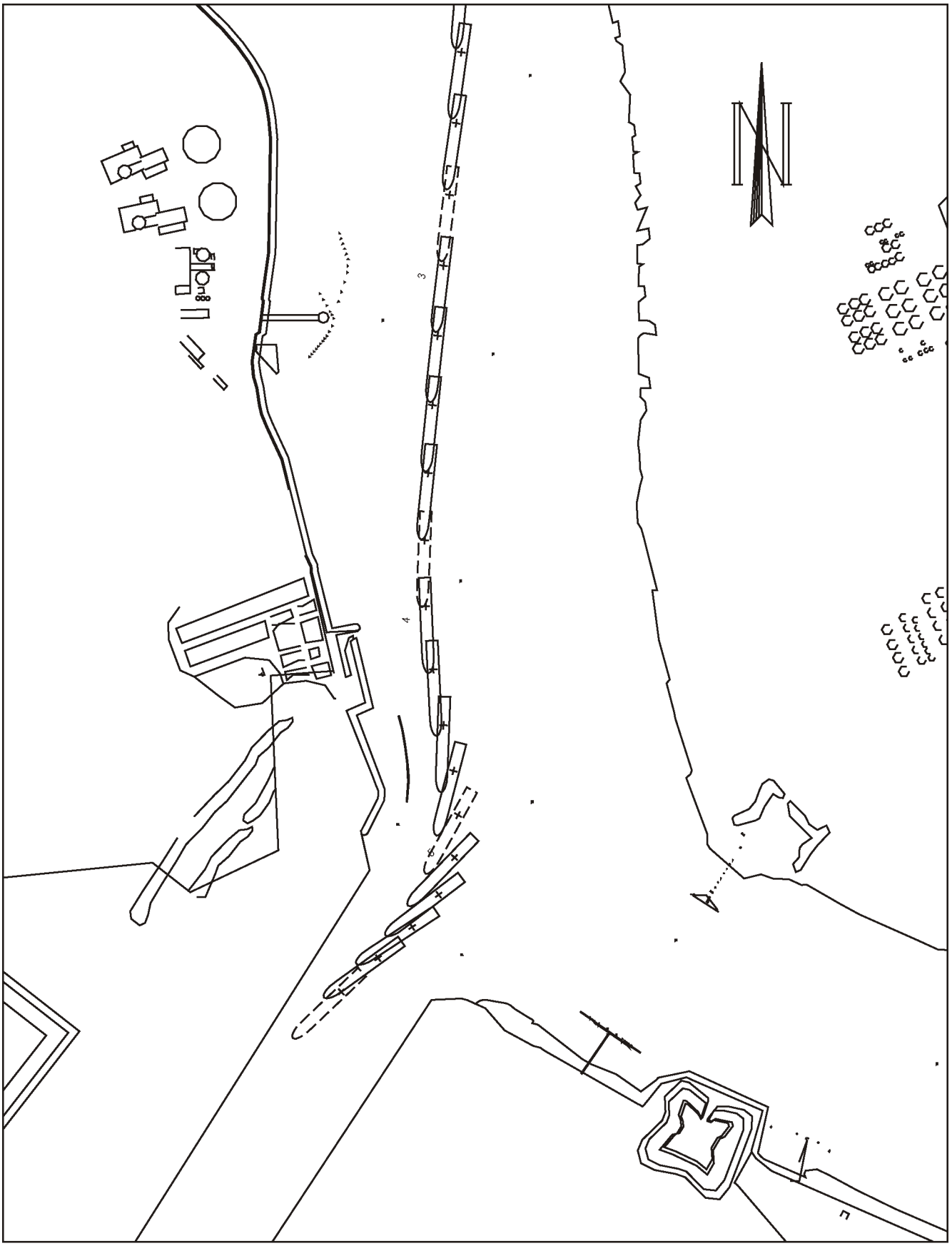
Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed NW 6	vaartnummer 026

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK
Borgerhout - Antwerpen

M 782 | Kaart 22

W.L. 05.0299

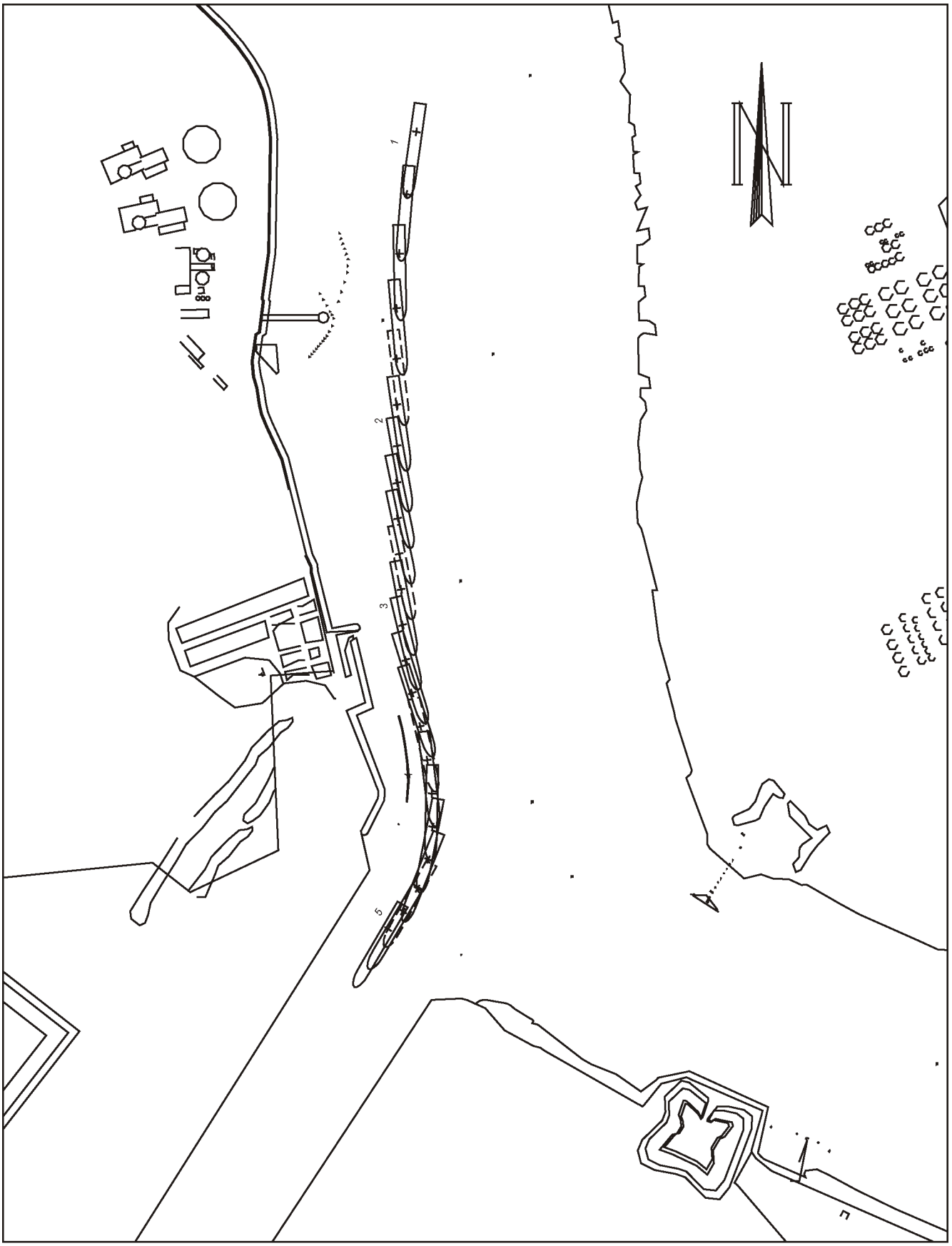


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed NW 8	vaartnummer 025

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 23

W.L. 05.0230

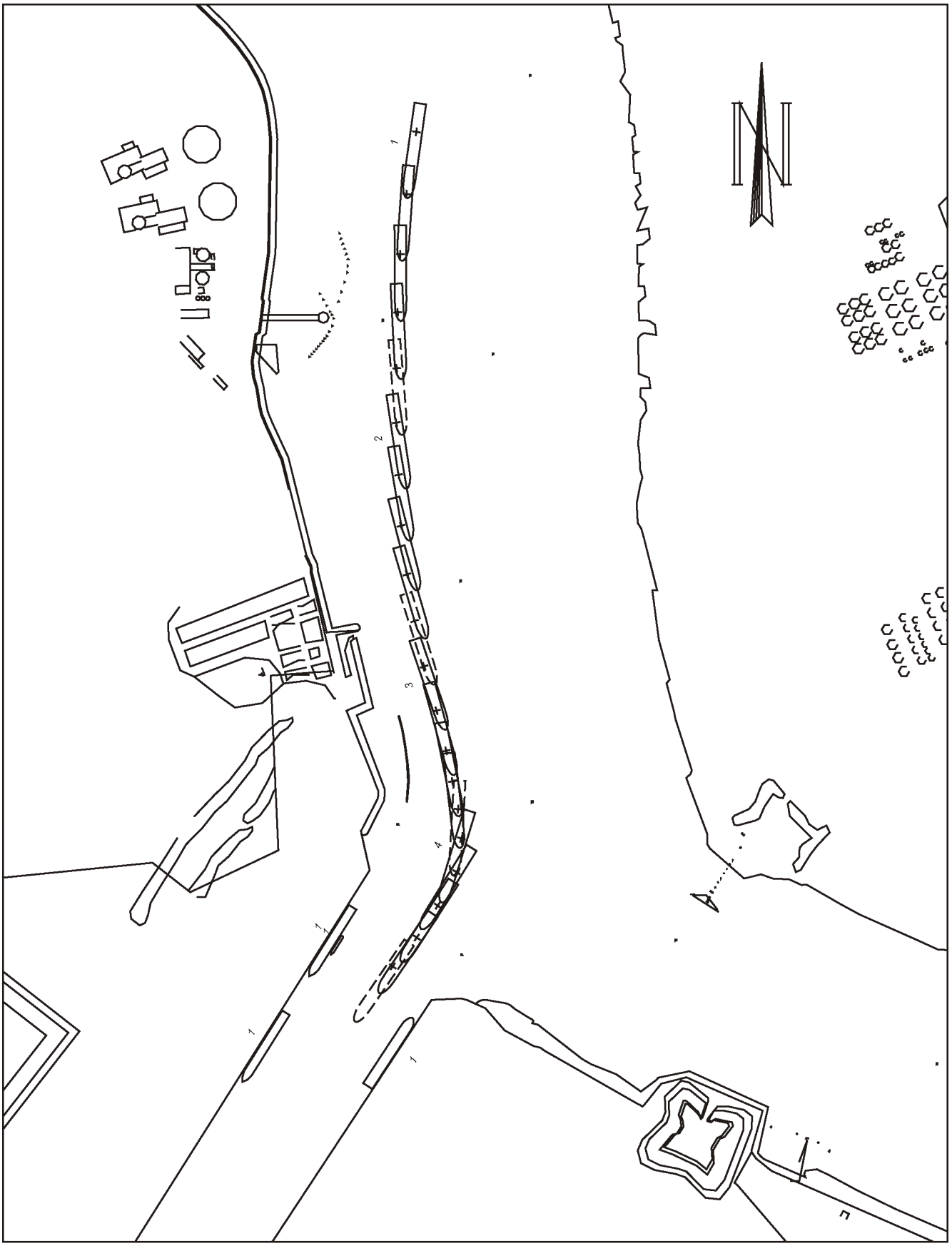


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed ZO 6	vaartnummer 000

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 24

W.L. 05.0301

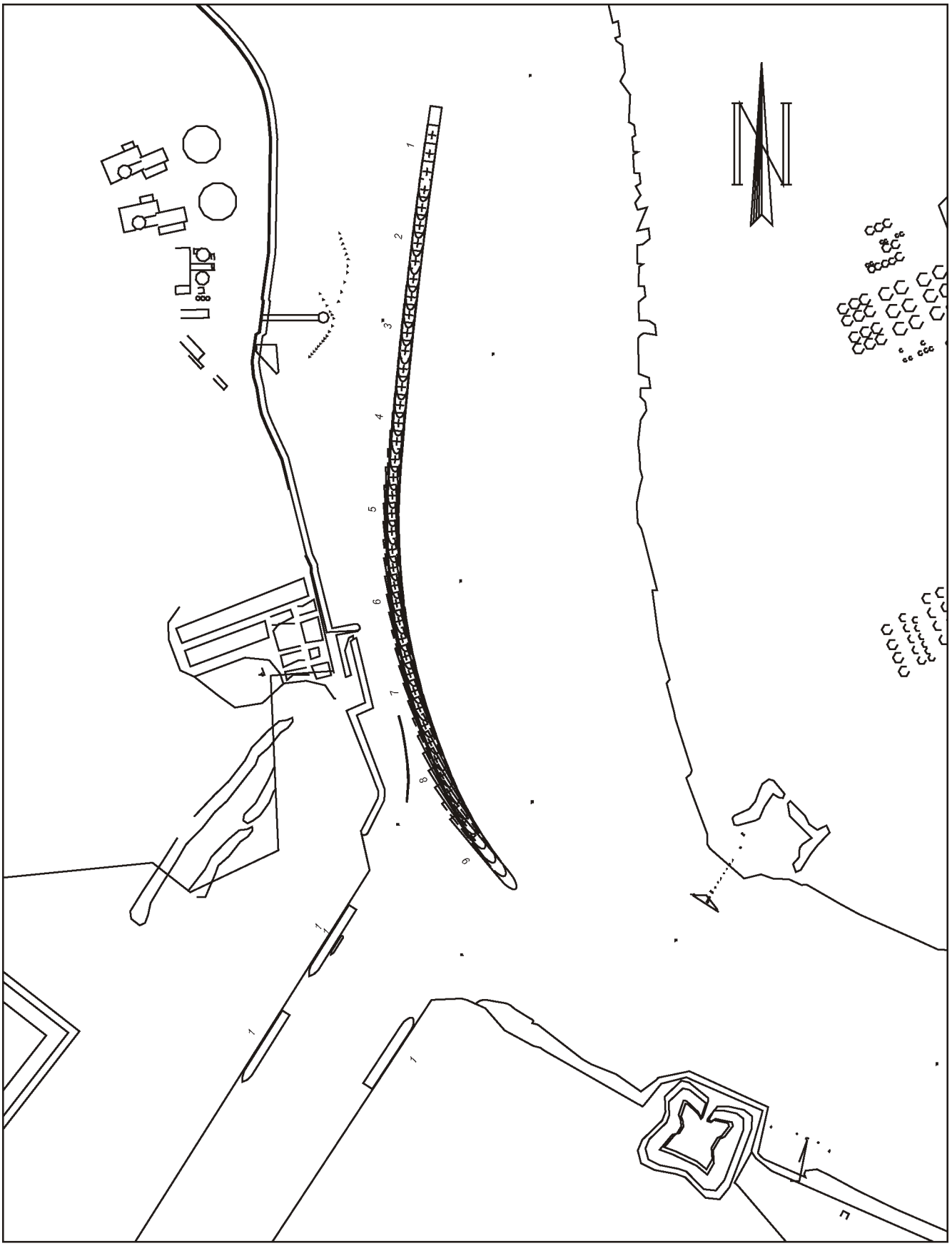


Plotinterval 60. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed ZO 6	vaartnummer 010

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 25

W.L. 05.0302



Plotinterval 10. s

Vaarbaanplot - Opvaart vloed ZO 6	vaartnummer 014

	WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK **Borgerhout - Antwerpen**	**M 782**	Kaart 26

W.L. 05.0303

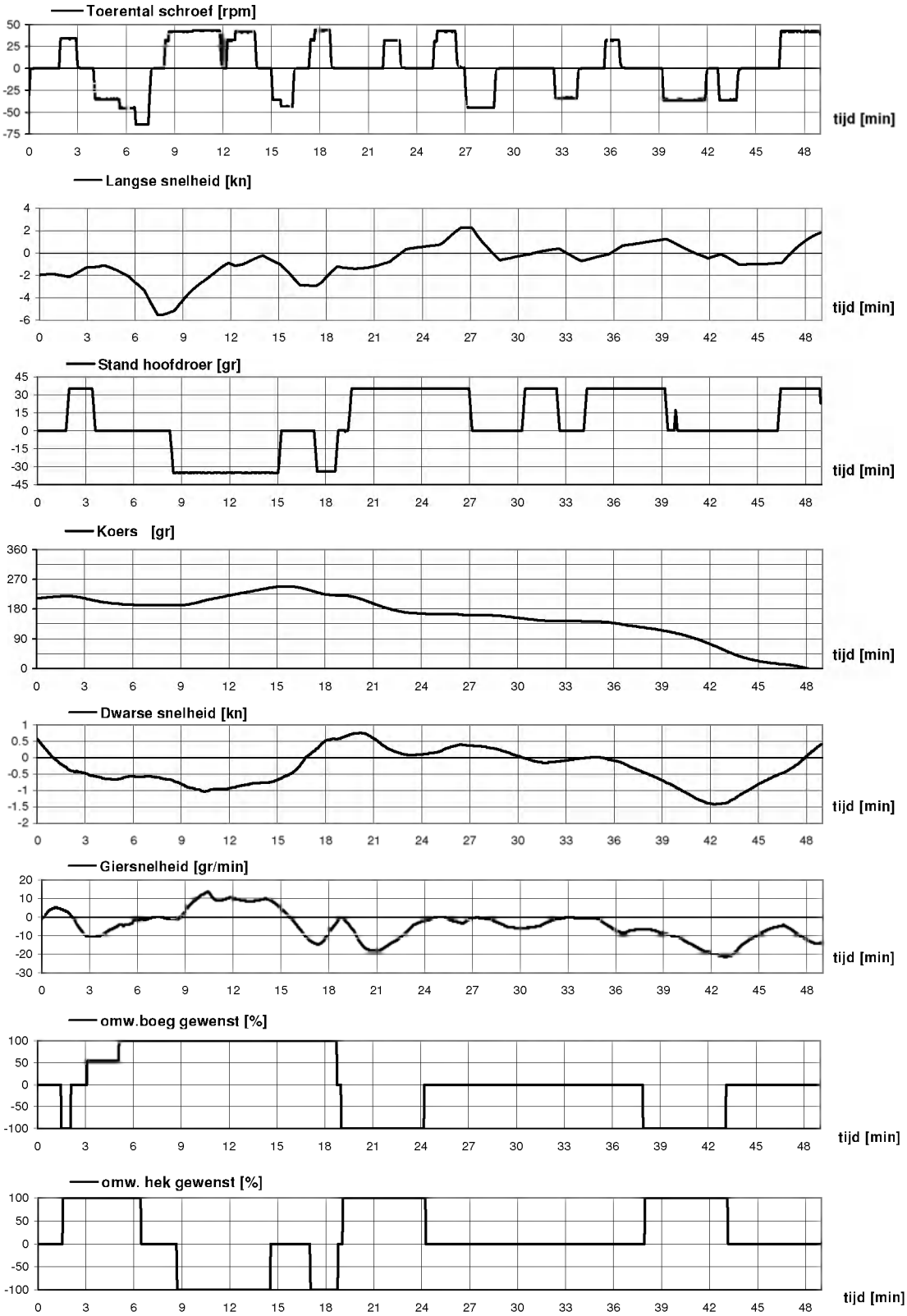
Schip

MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_023***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb NW7

duur 49 min

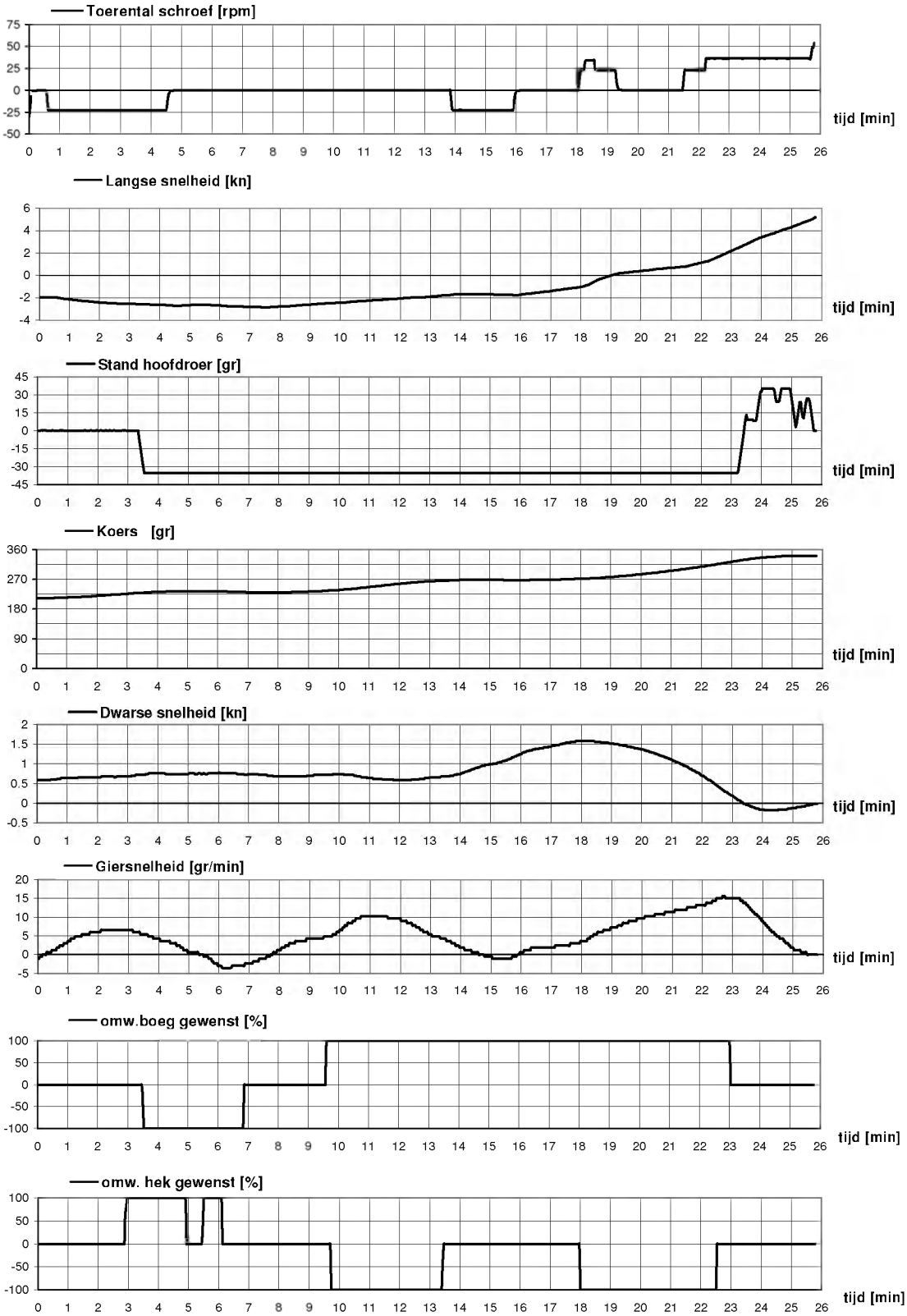


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_001***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6

duur 26 min

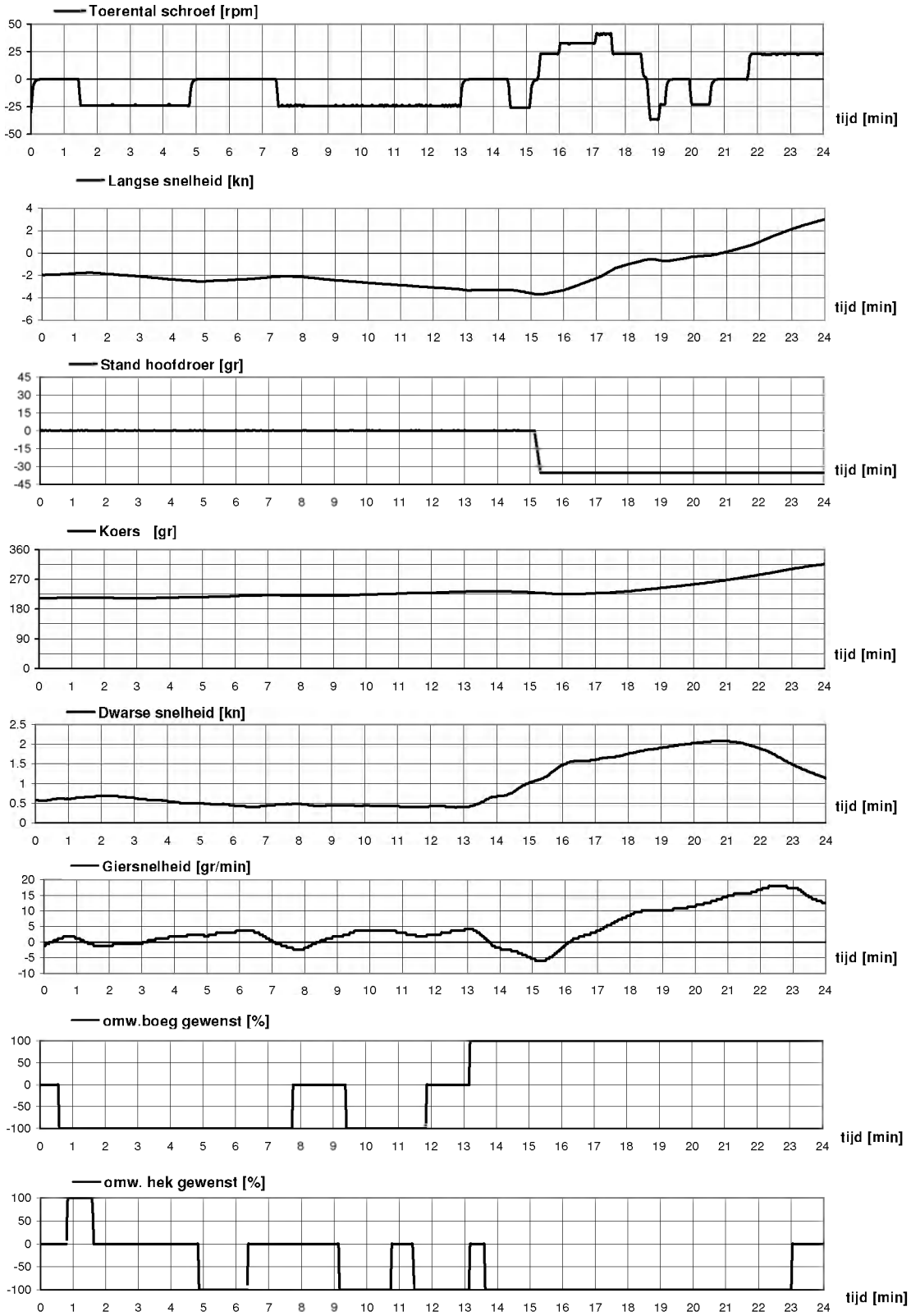


MACHINE, SNELHEID **Vaart** ***m782_003***

ROER, KOERS

BOEG- EN HEKSCHROEF ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***

duur 24 min

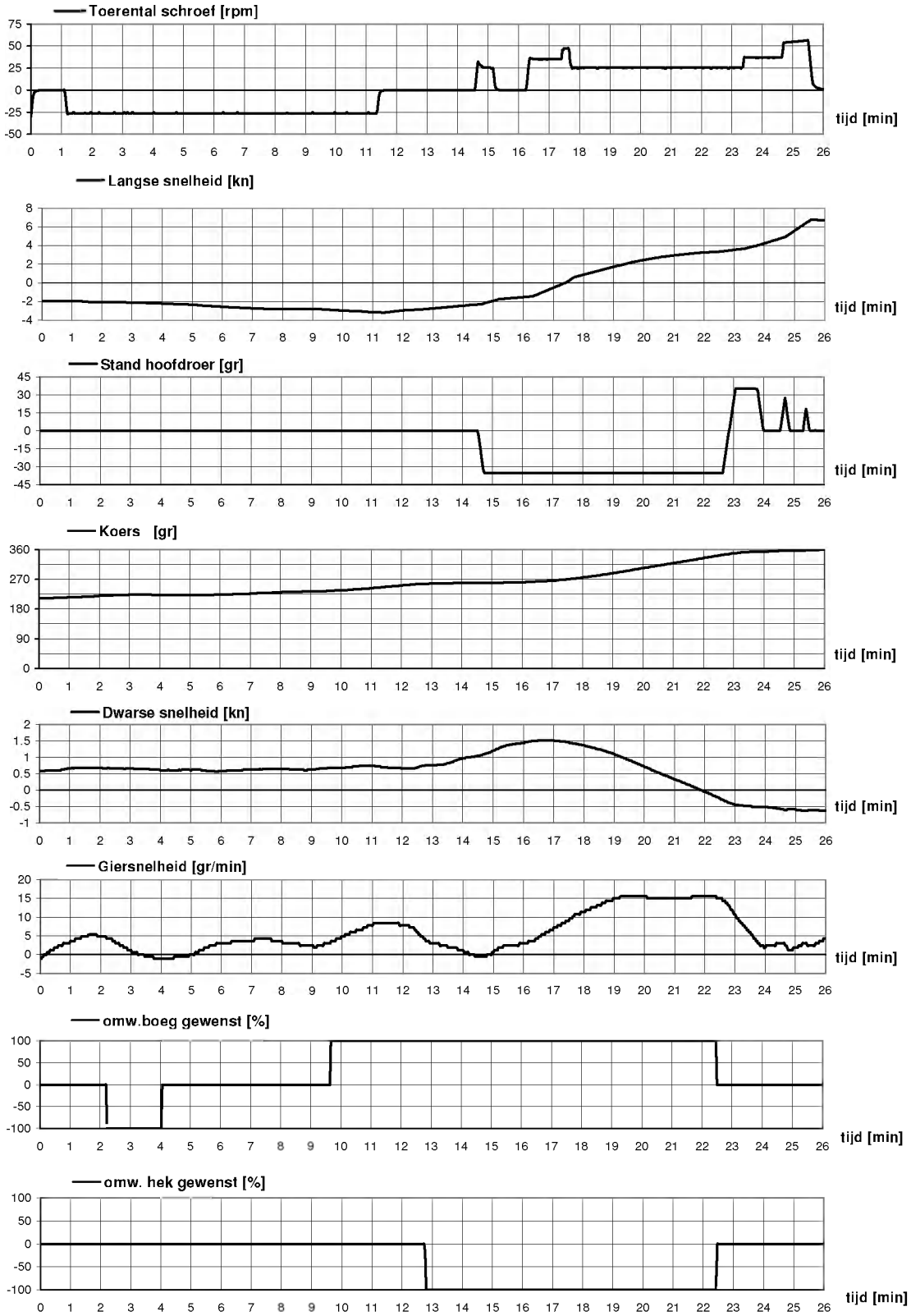


MACHINE, SNELHEID **Vaart** ***m782_005***

ROER, KOERS

BOEG- EN HEKSCHROEF ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***

duur 26 min

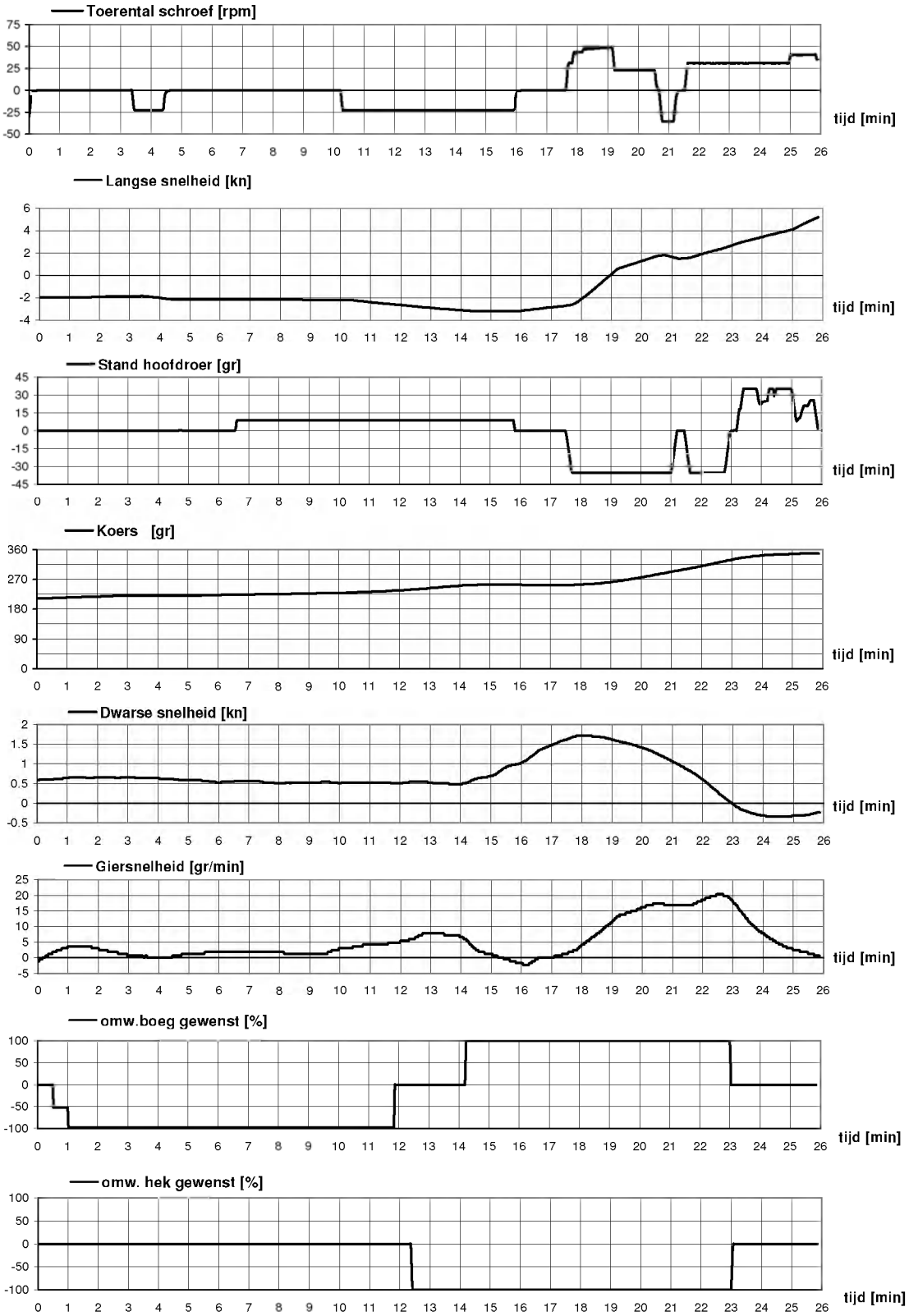


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_011***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6

duur 26 min

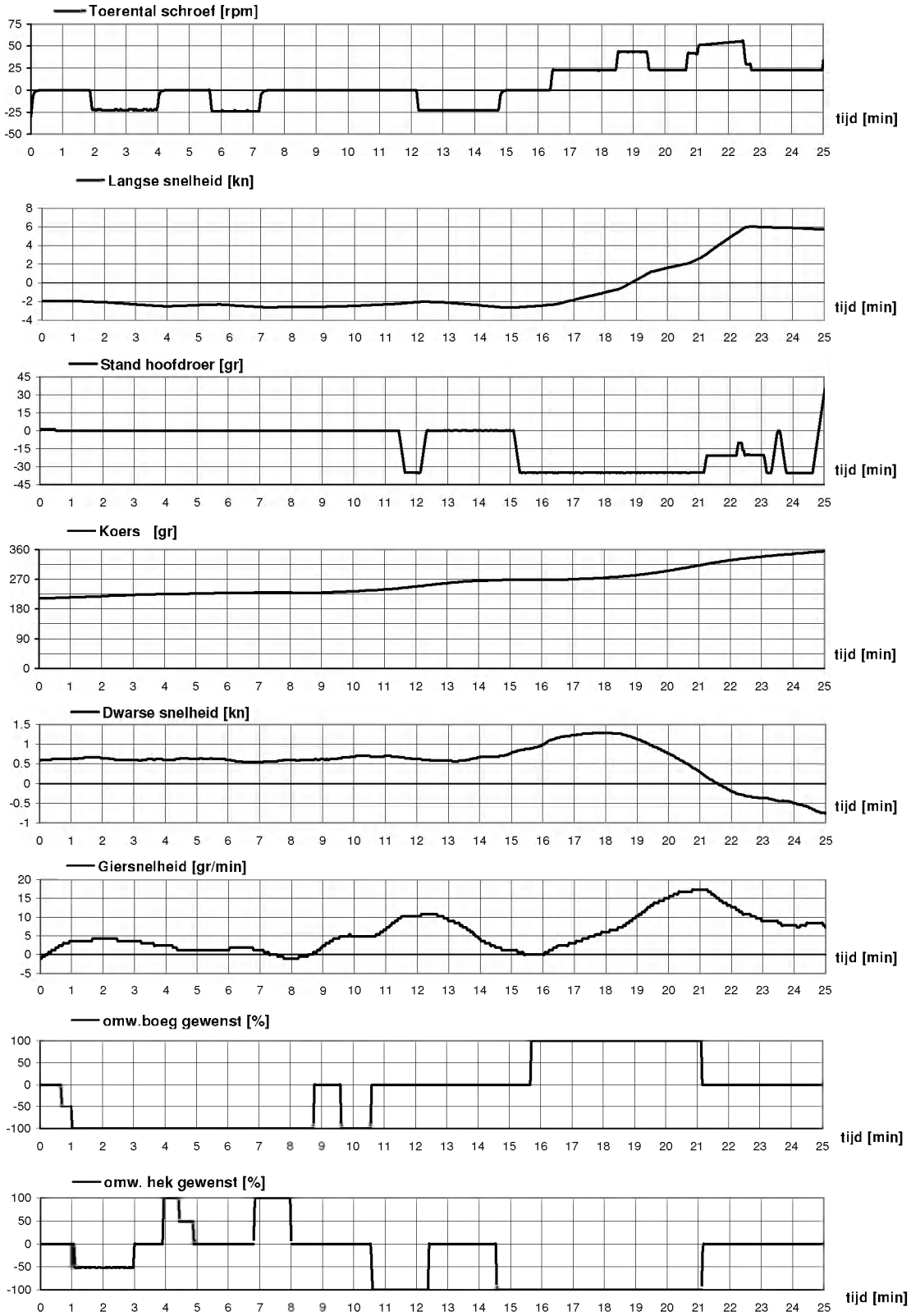


MACHINE, SNELHEID **Vaart** ***m782_012***

ROER, KOERS

BOEG- EN HEKSCHROEF ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***

duur 25 min

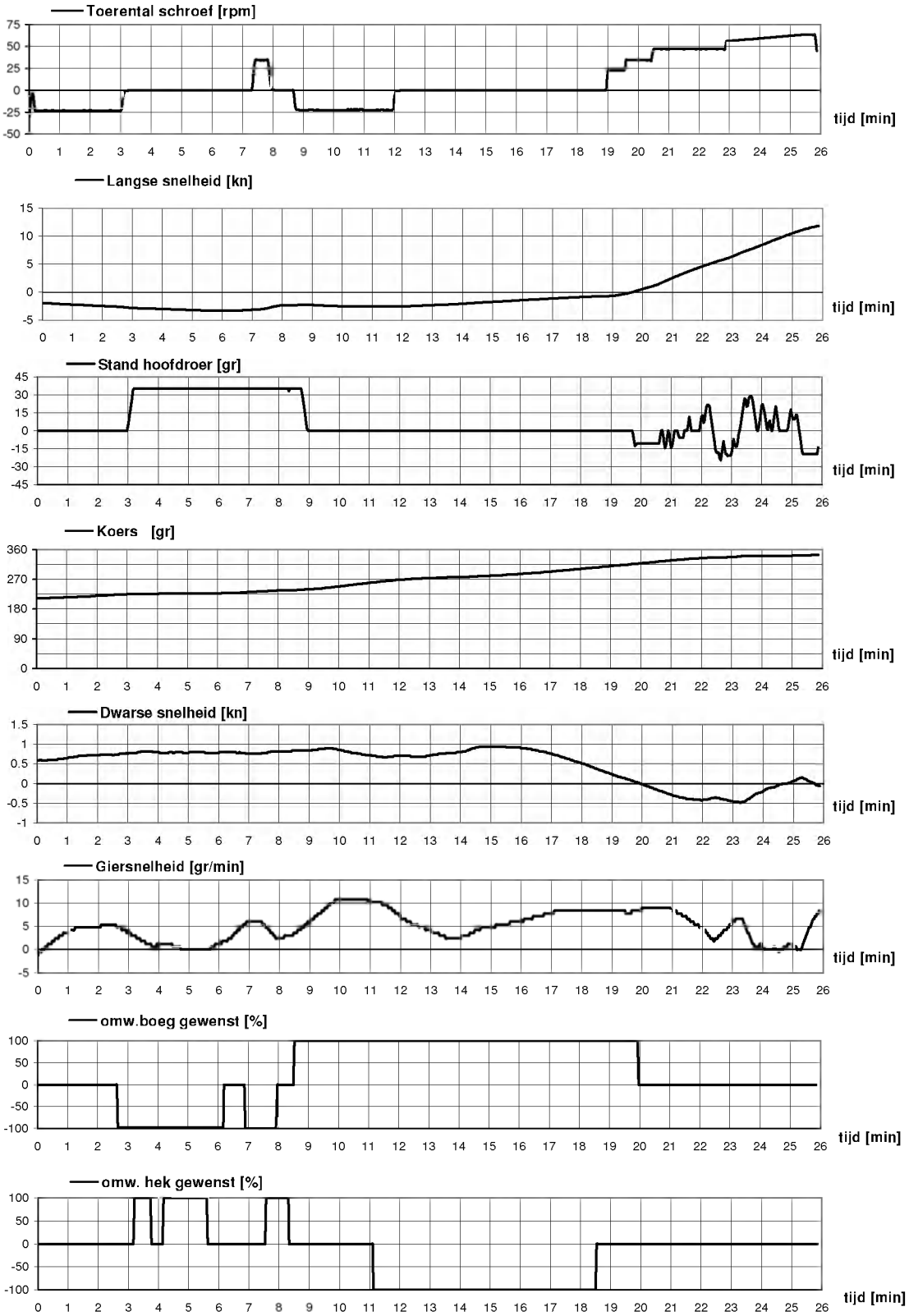


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_016***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb mist ZO6

duur 26 min

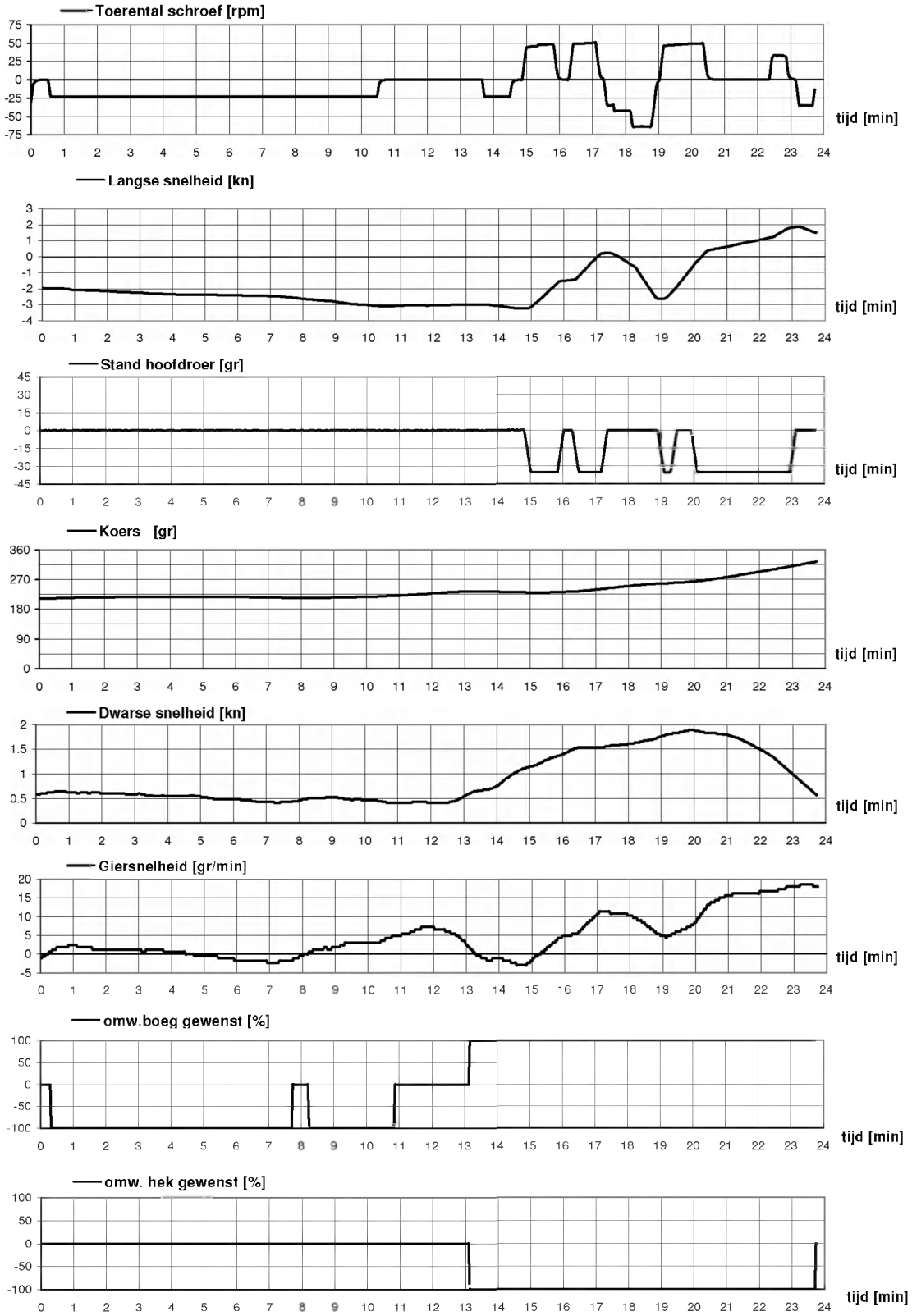


MACHINE, SNELHEID **Vaart** ***m782_017***

ROER, KOERS

BOEG- EN HEKSCHROEF ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***

duur 24 min

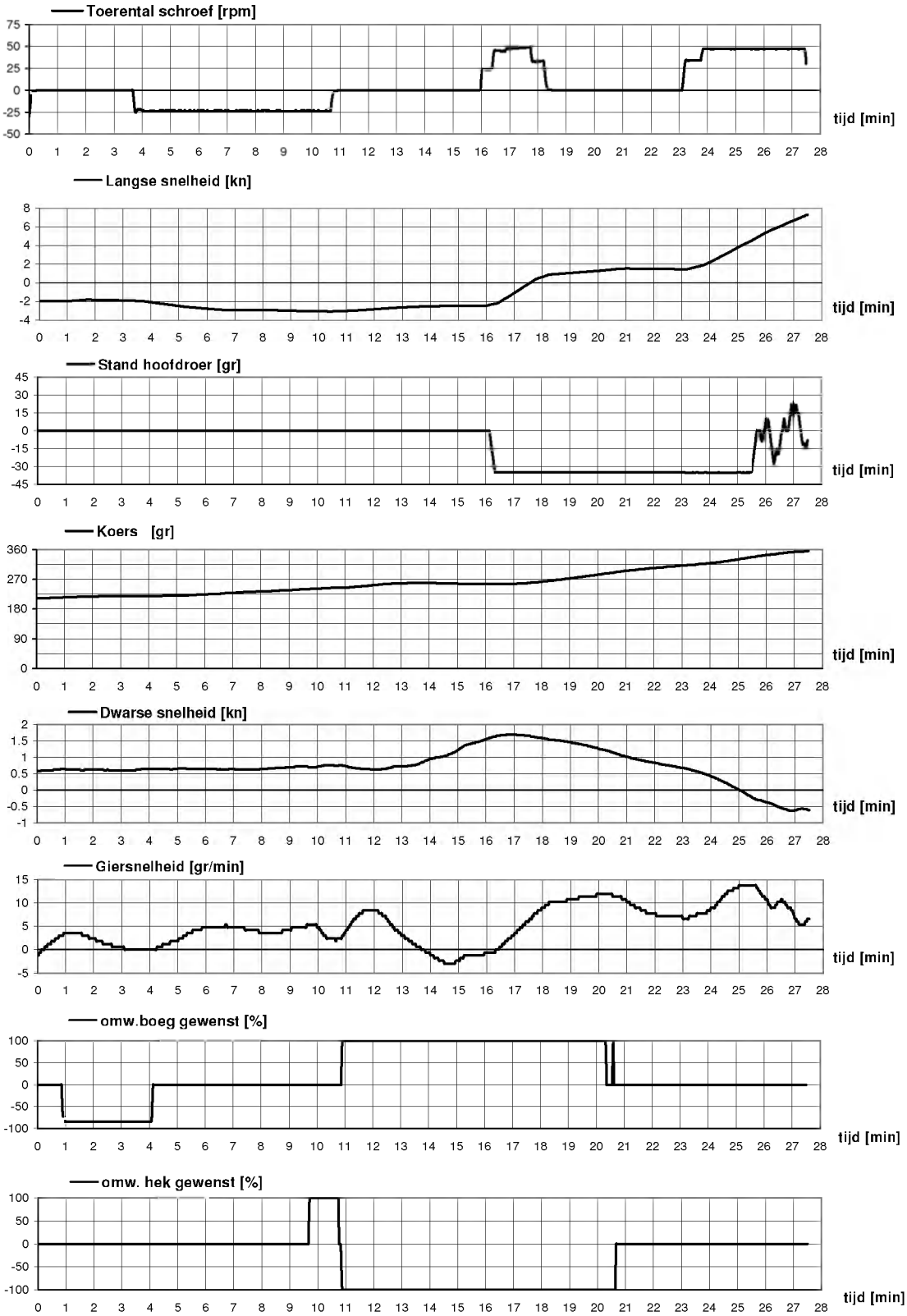


MACHINE, SNELHEID **Vaart** ***m782_020***

ROER, KOERS

BOEG- EN HEKSCHROEF ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***

duur 28 min

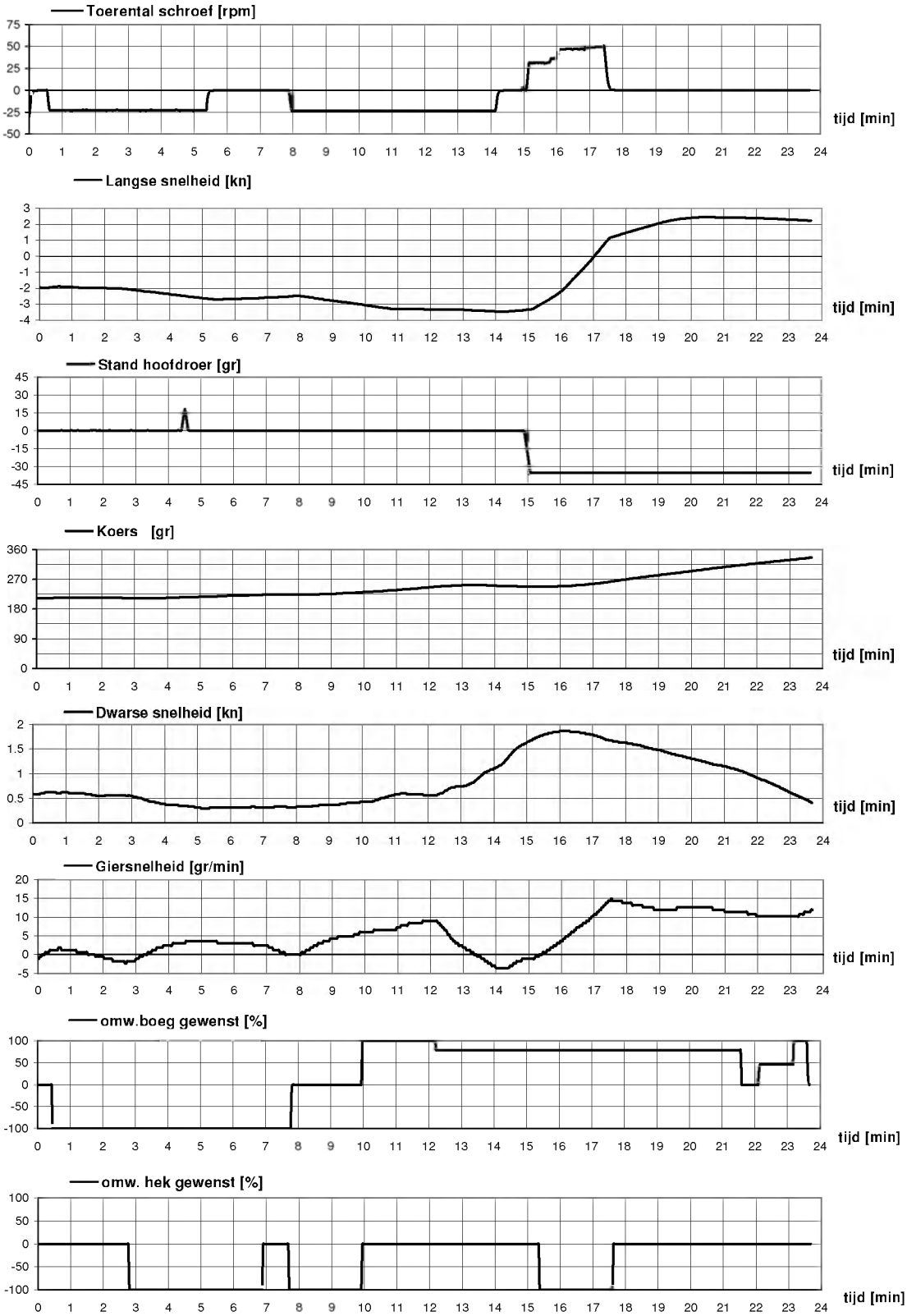


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_006***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6 machinebreuk

duur 24 min

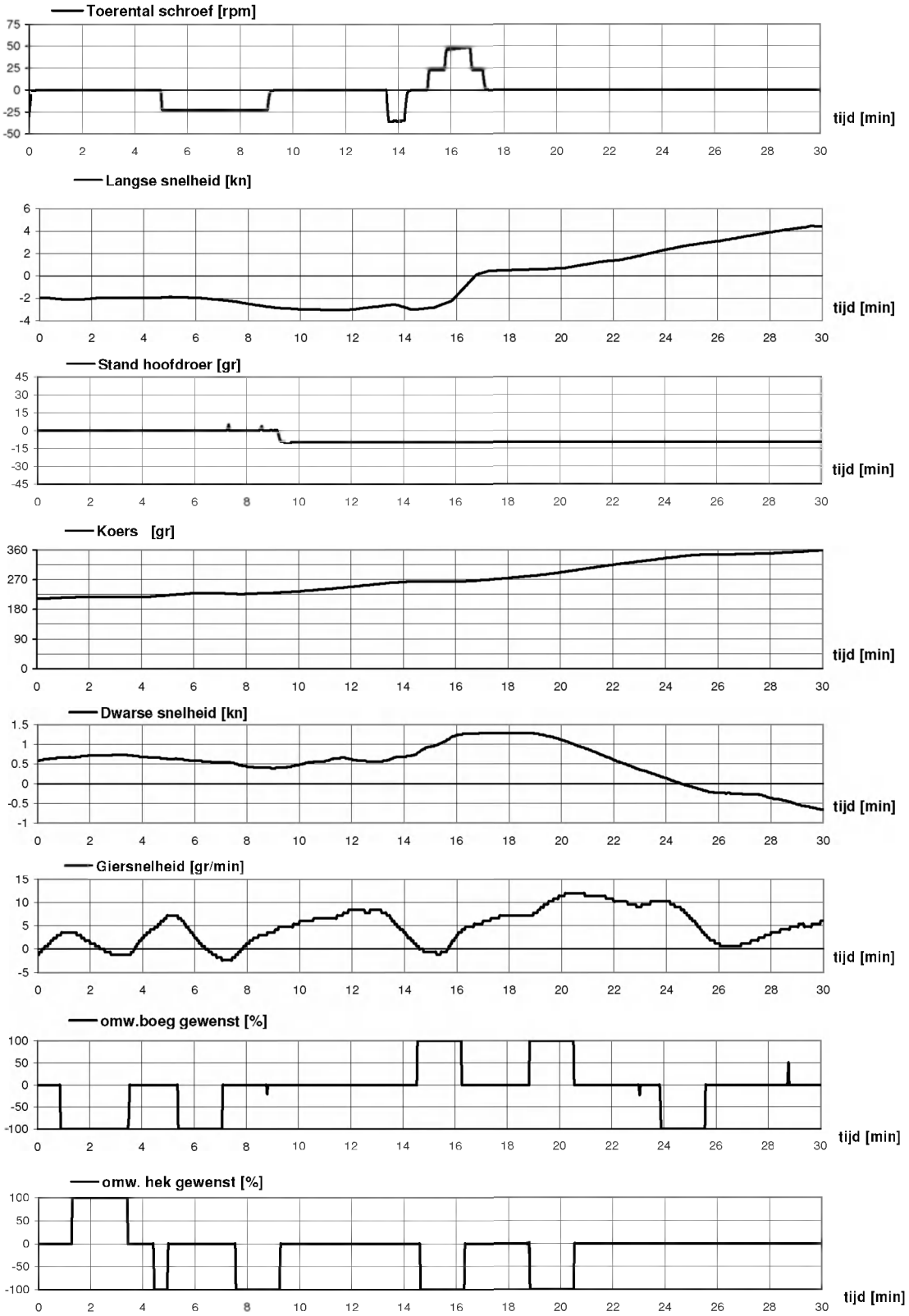


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_018***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6 machinebreuk

duur 30 min

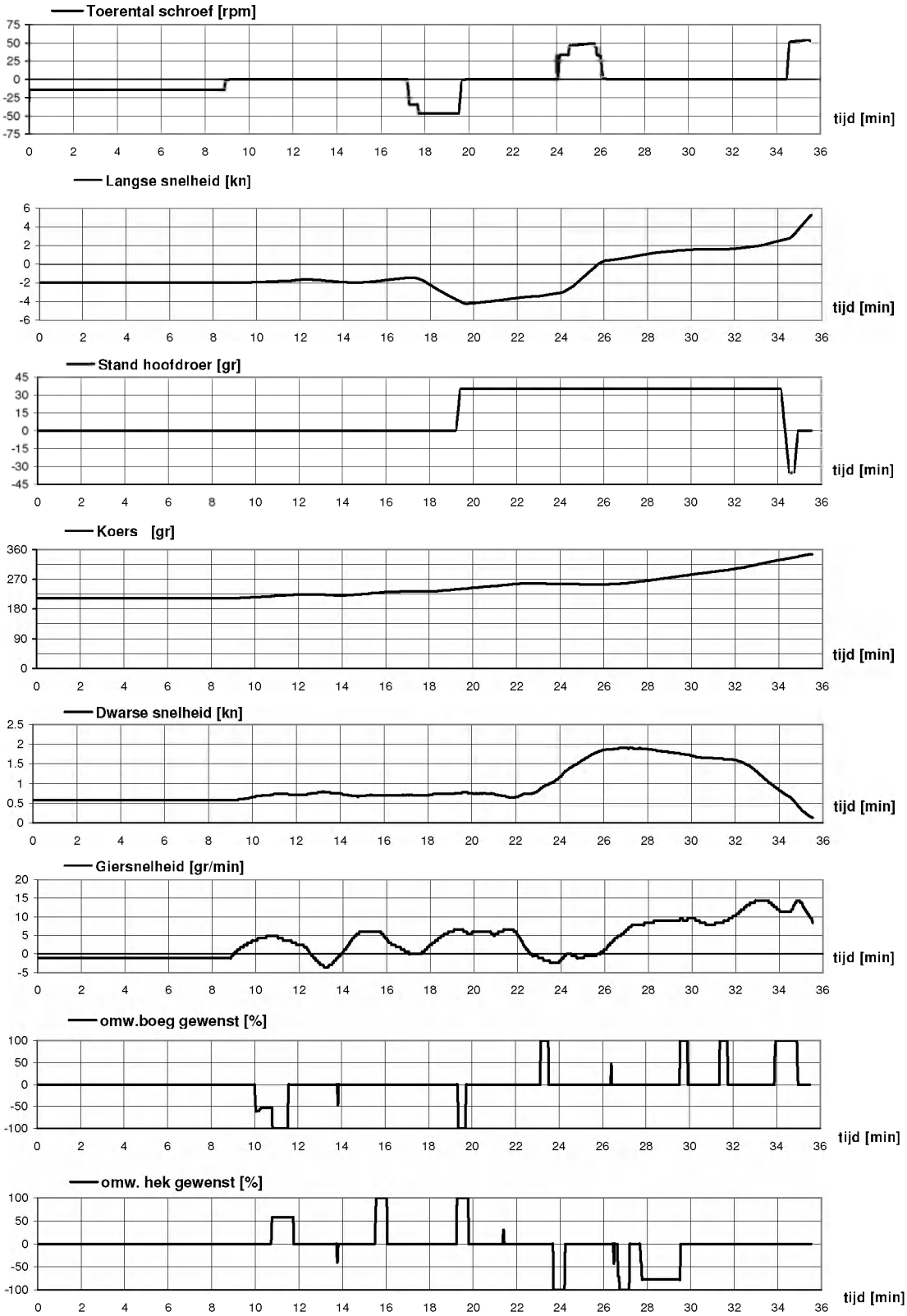


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_024***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6 machinebreuk

duur 36 min

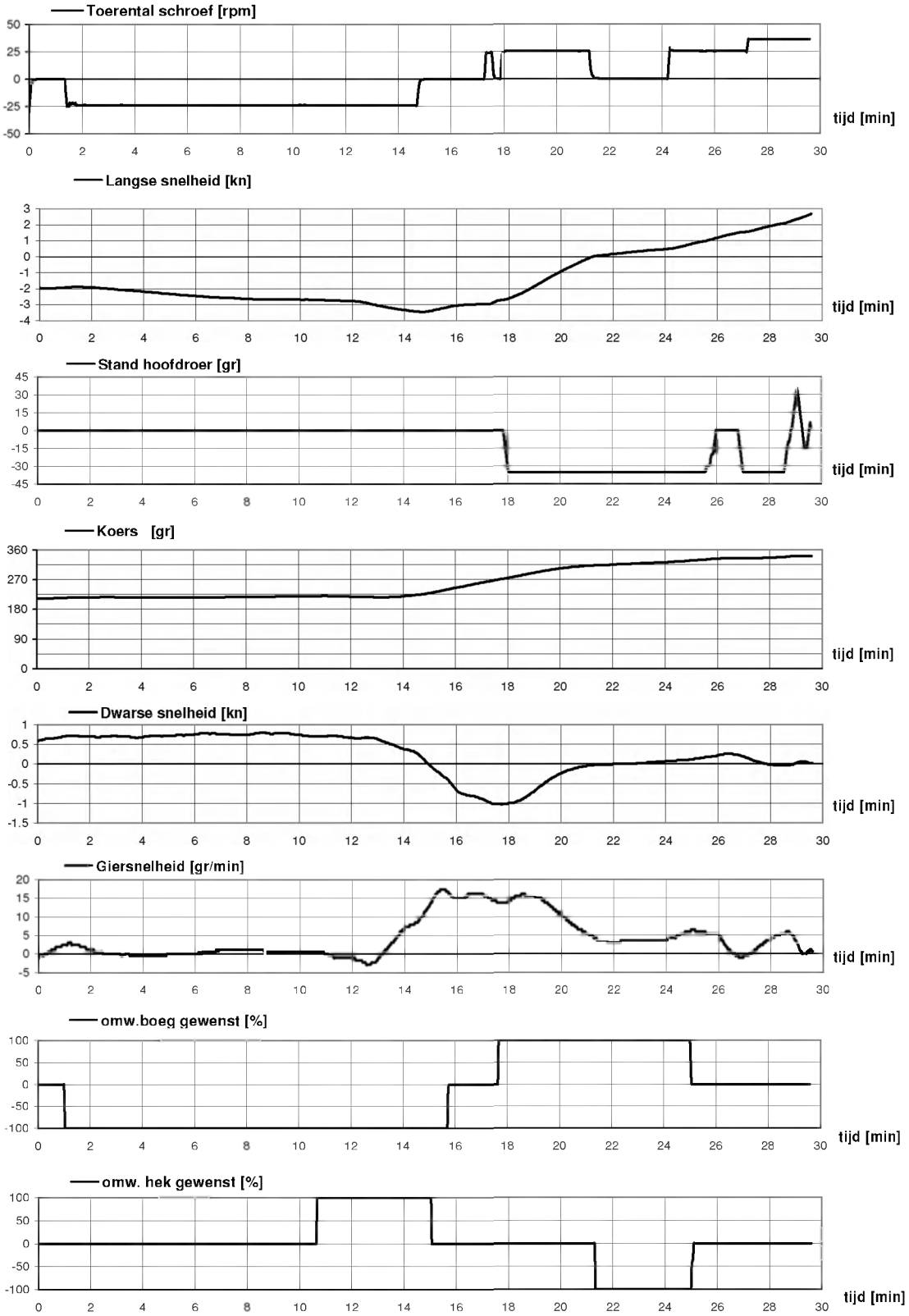


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_002***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6

duur 30 min

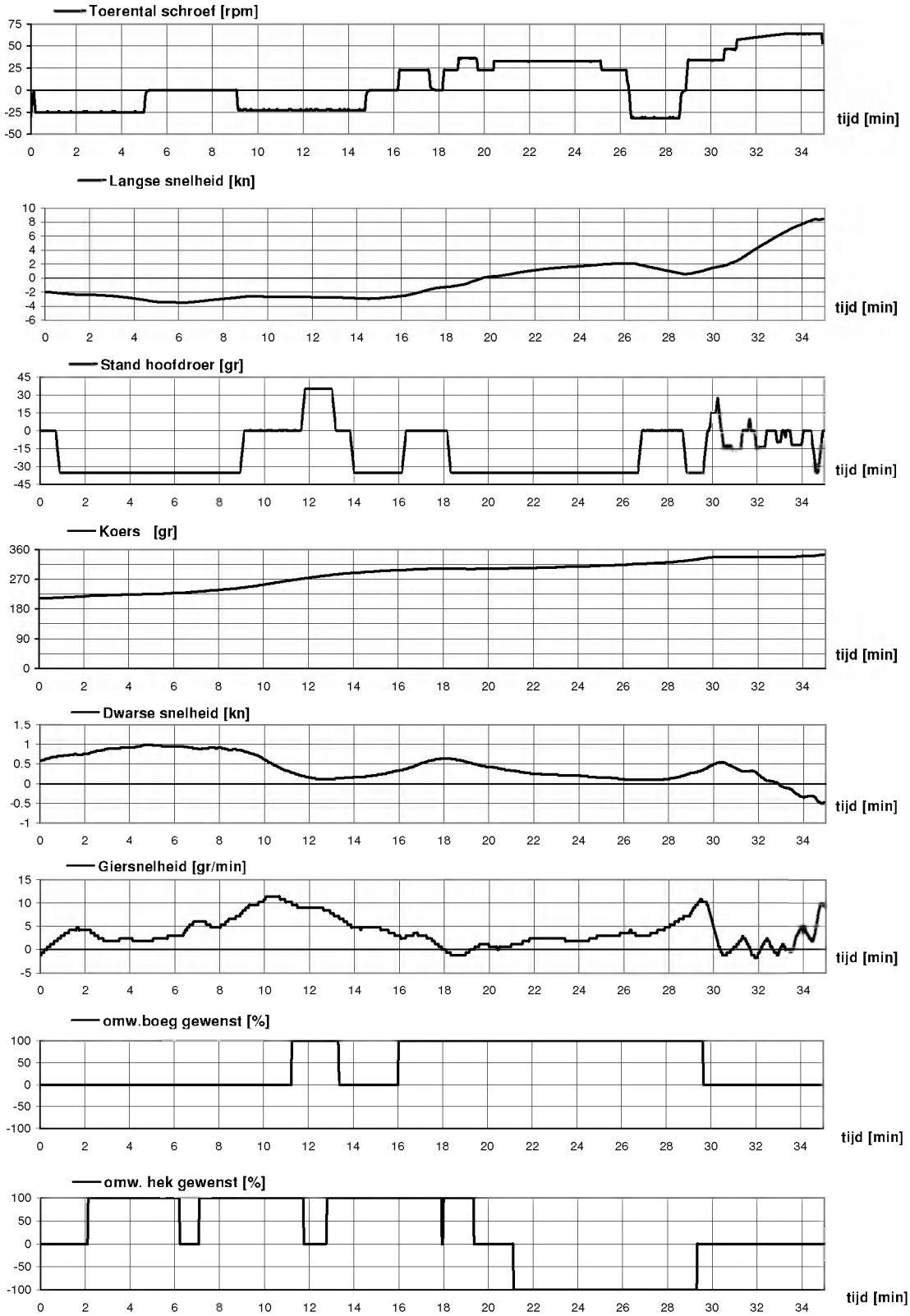


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_007***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6

duur 35 min

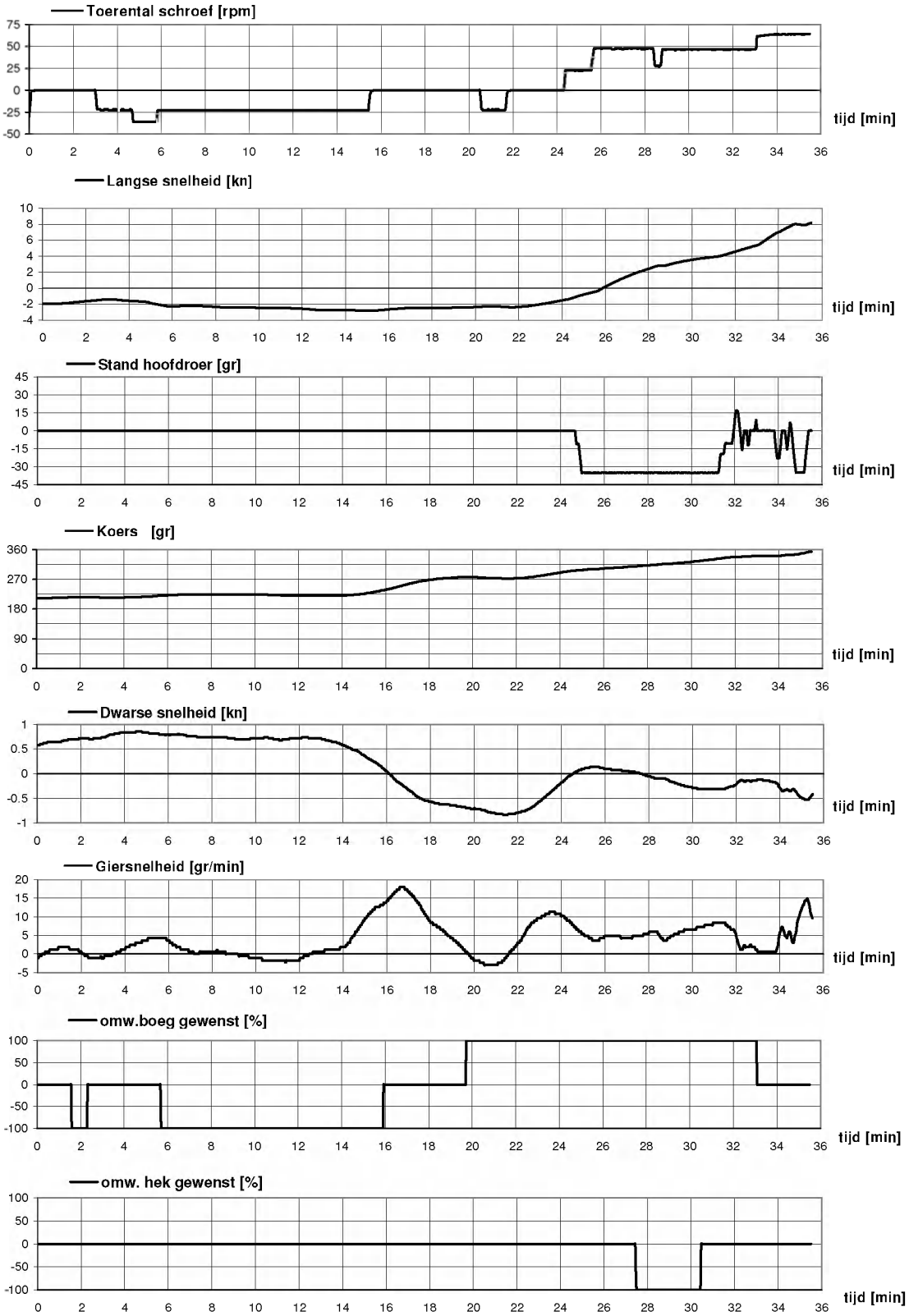


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_013***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6

duur 36 min

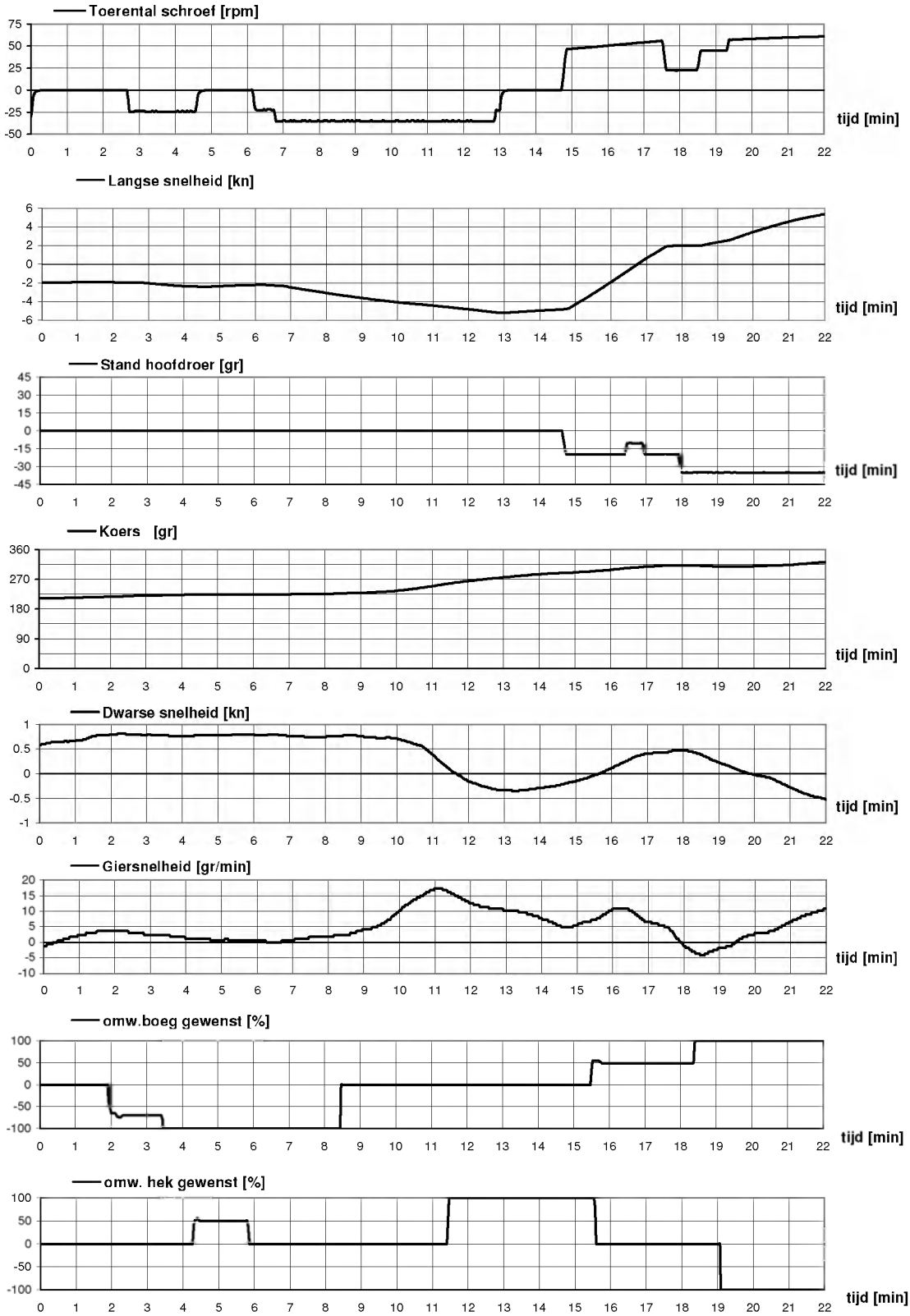


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_022***

M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6

duur 22 min

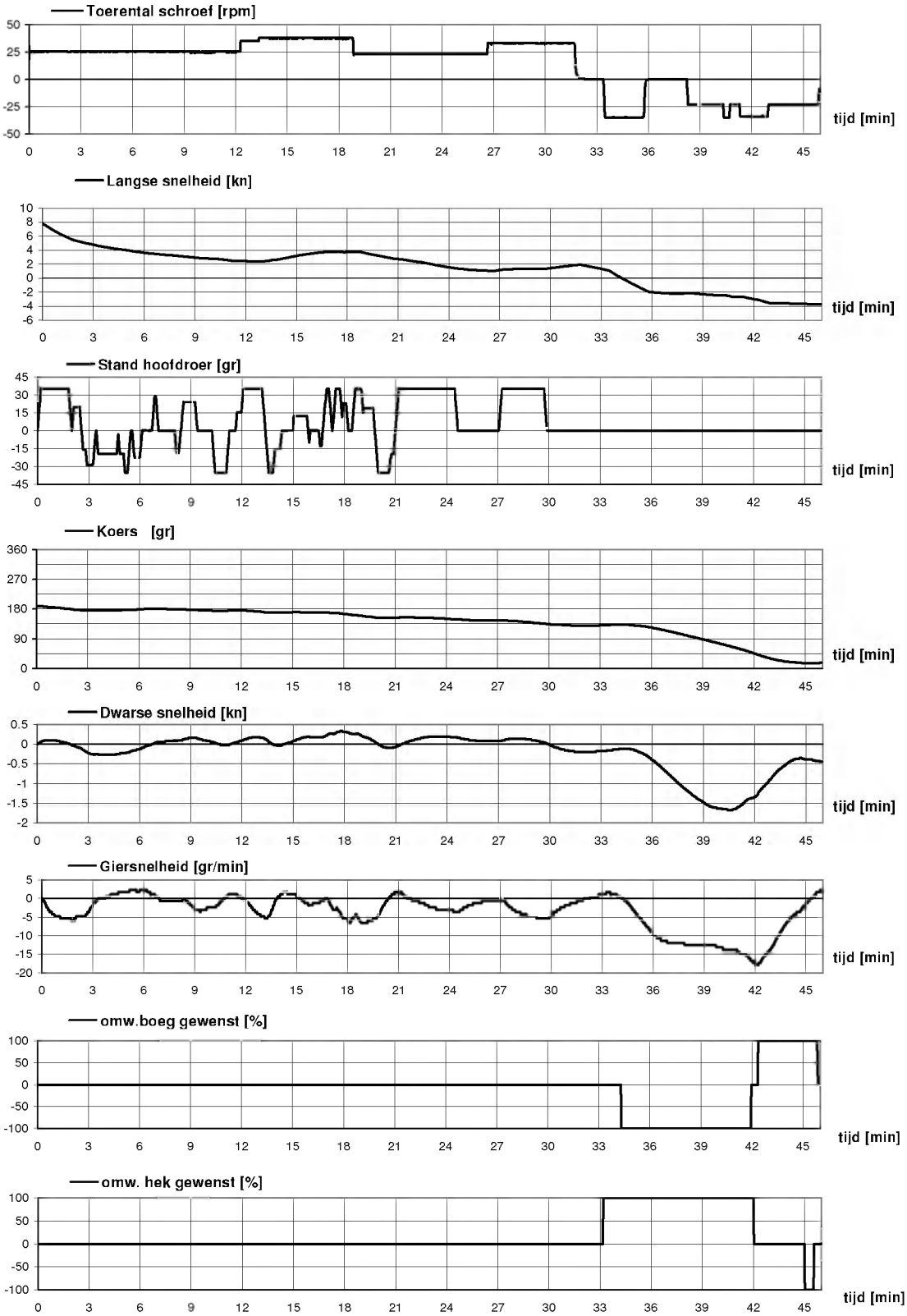


MACHINE, SNELHEID **Vaart** ***m782_009***

ROER, KOERS

BOEG- EN HEKSCHROEF ***M782 CDW : Opvaart achteruit in DGD bij eb ZO6***

duur 46 min

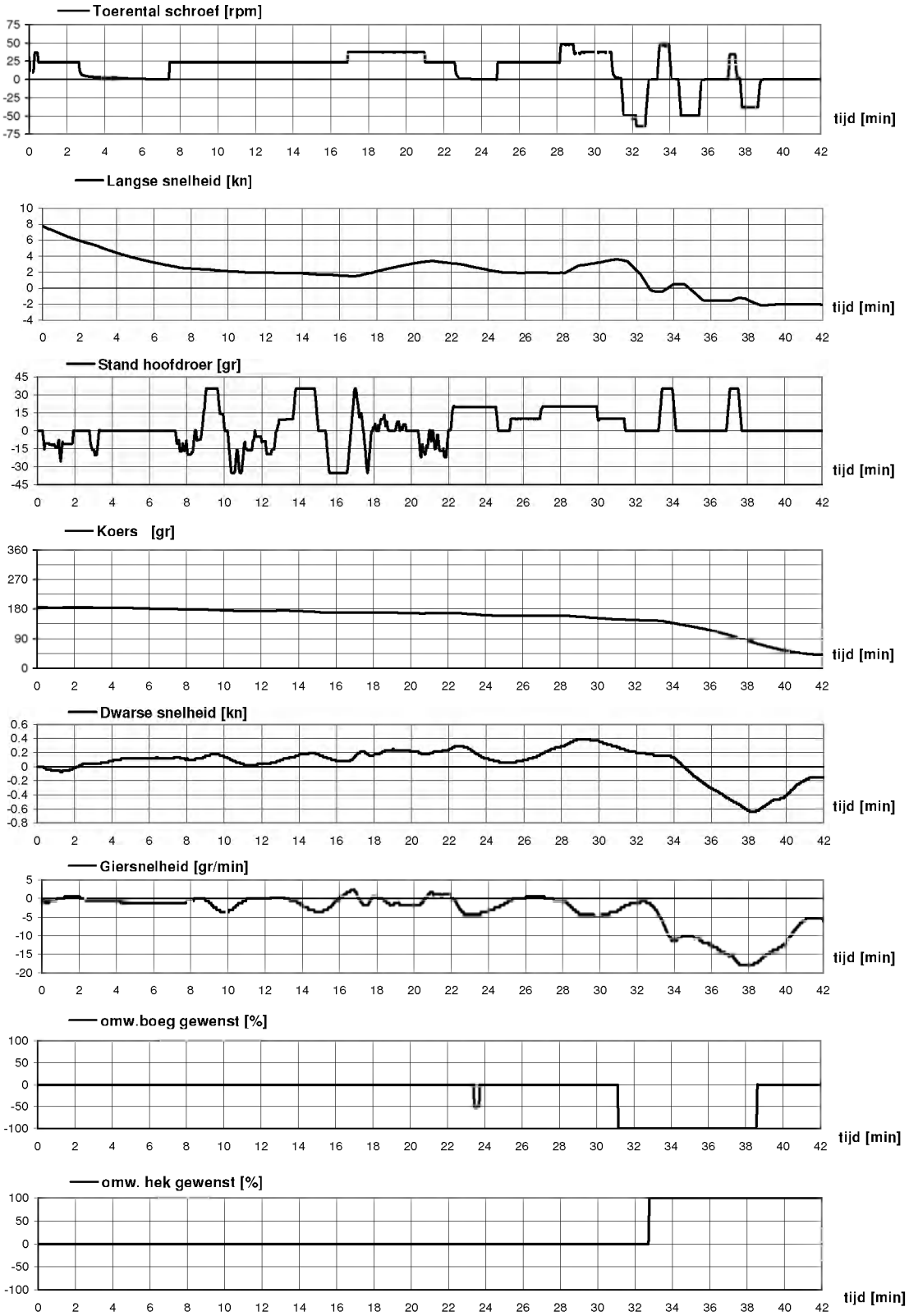


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_015***

M782 CDW : Opvaart zwaaien voor DGD bij eb ZO6

duur 42 min

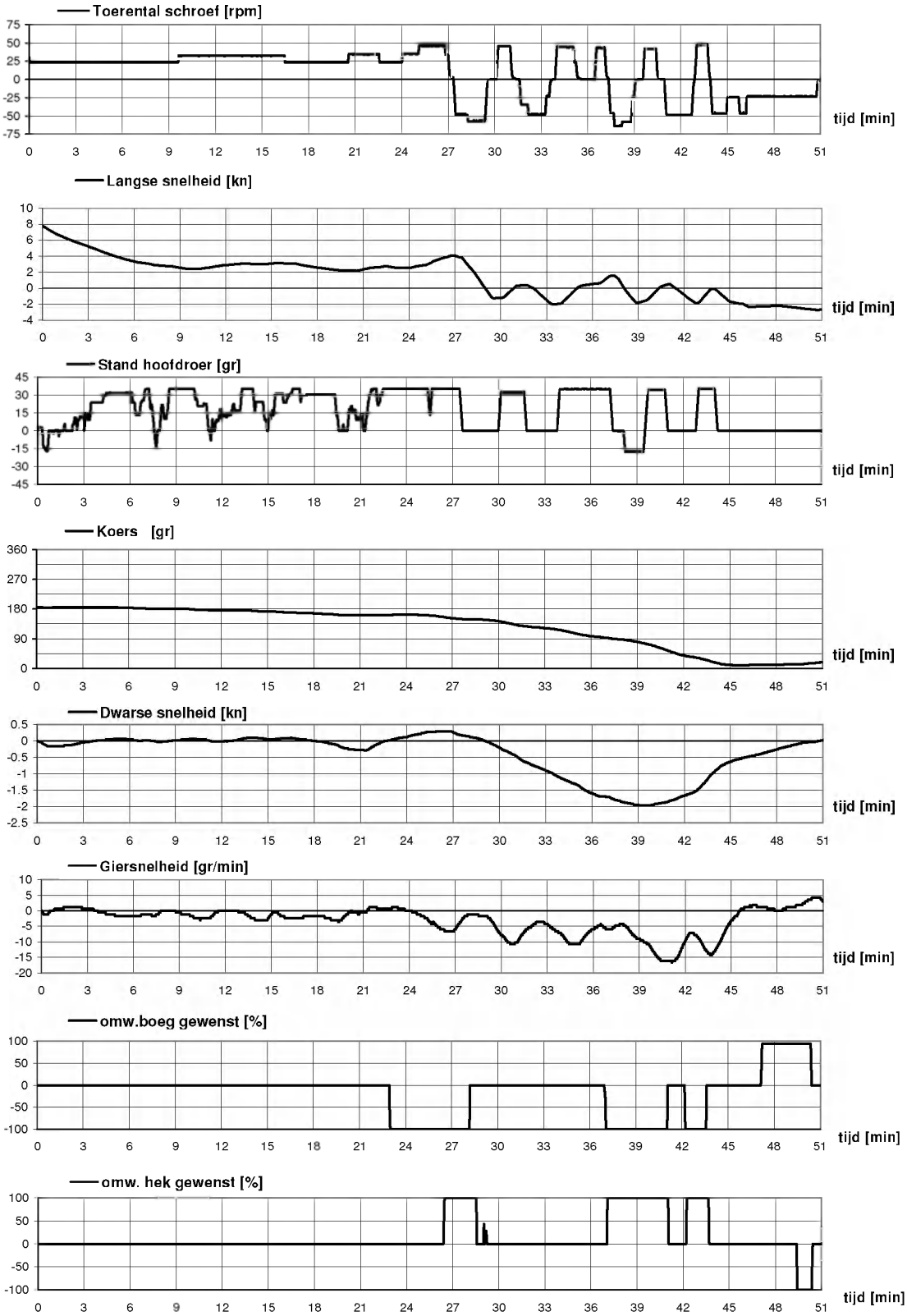


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_021***

M782 CDW : Opvaart achteruit in DGD bij eb ZW6

duur 51 min

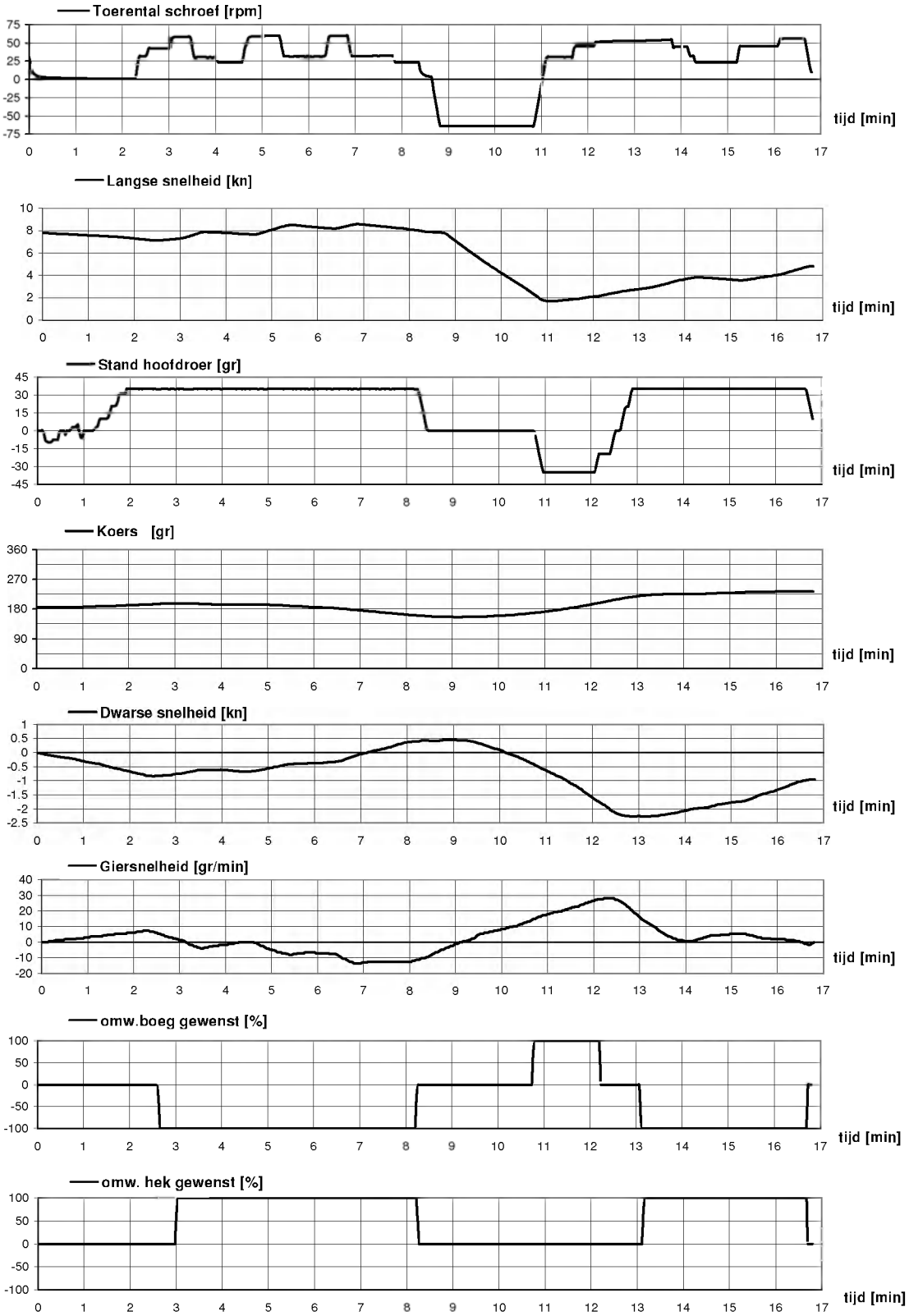


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_019***

M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed NW8

duur 17 min

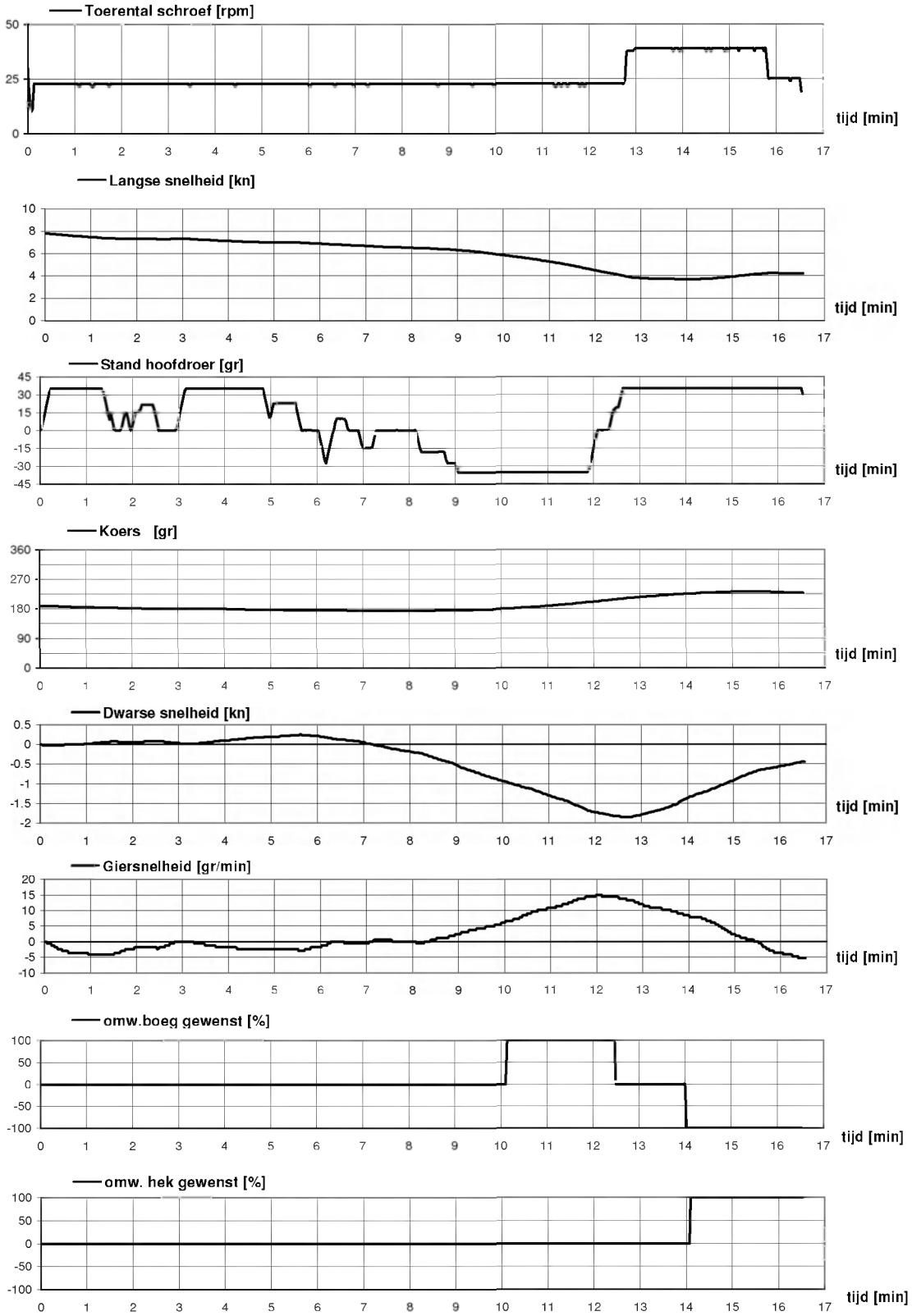


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_004***

M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed NW6

duur 17 min

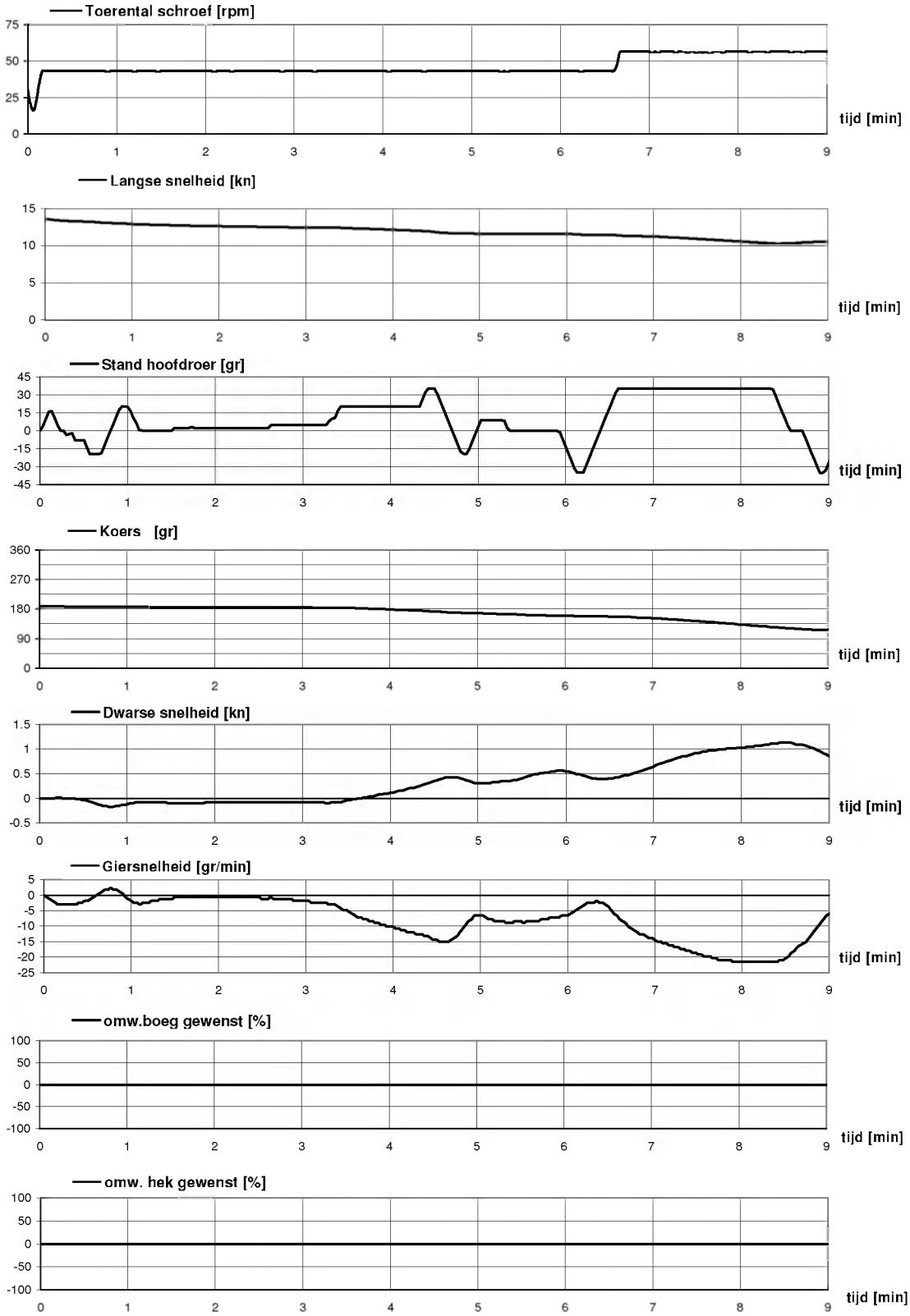


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_026***

M782 CDW : Opvaart naar A'pen bij vloed NW6

duur 9 min

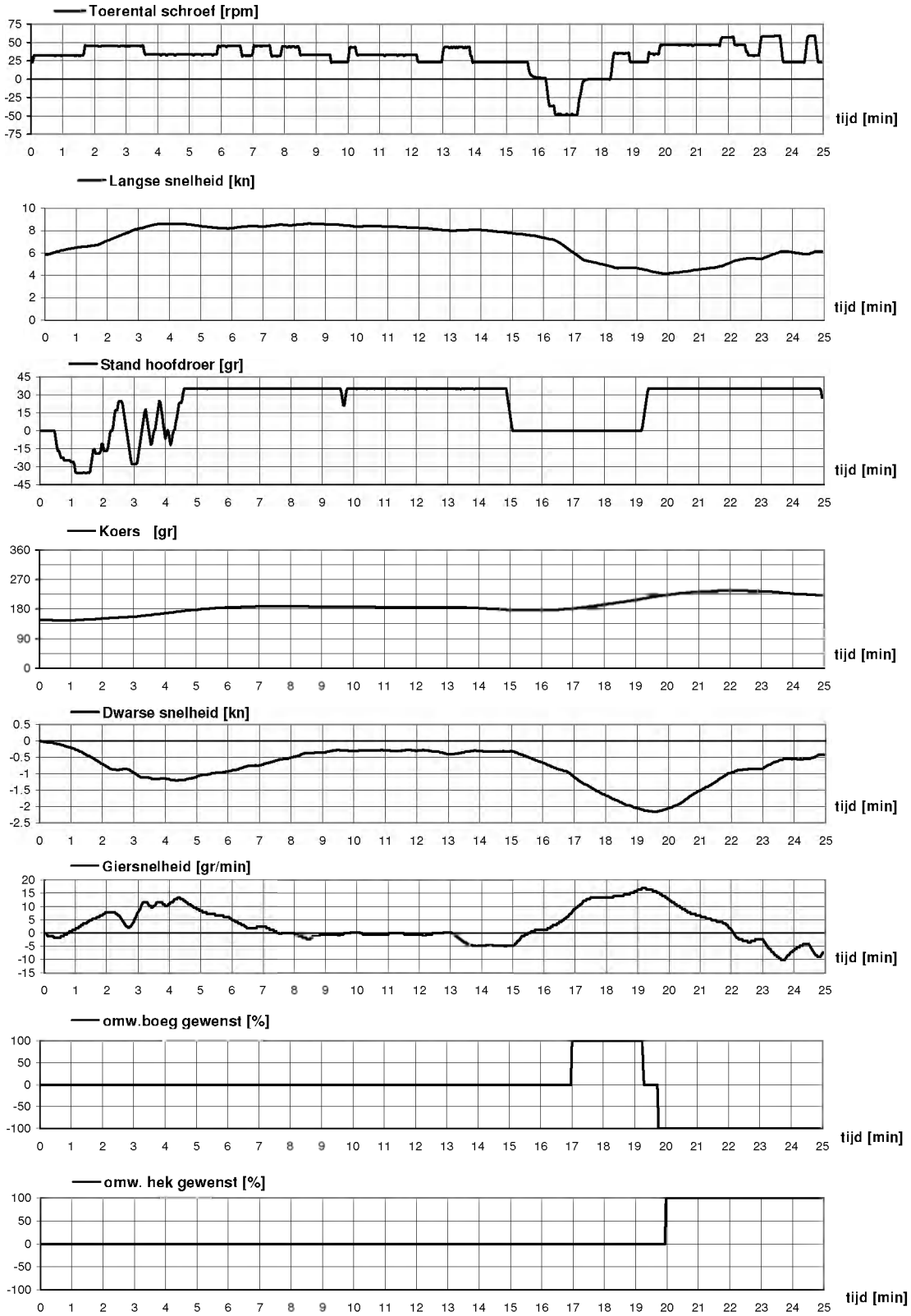


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_025***

M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed NW8

duur 25 min

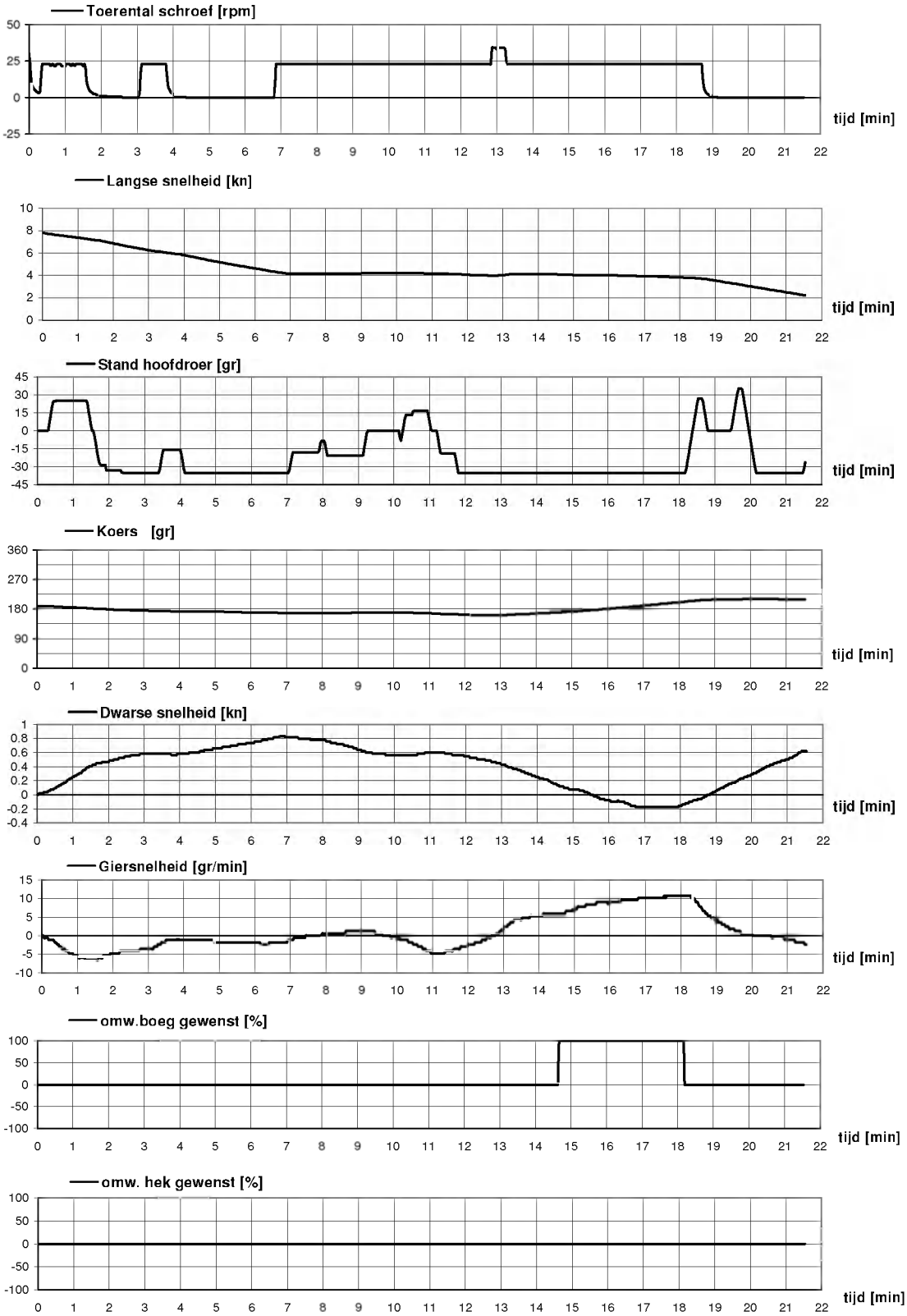


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_000***

M782 CDW : Opvaart naar DGD Vloed ZO6

duur 22 min

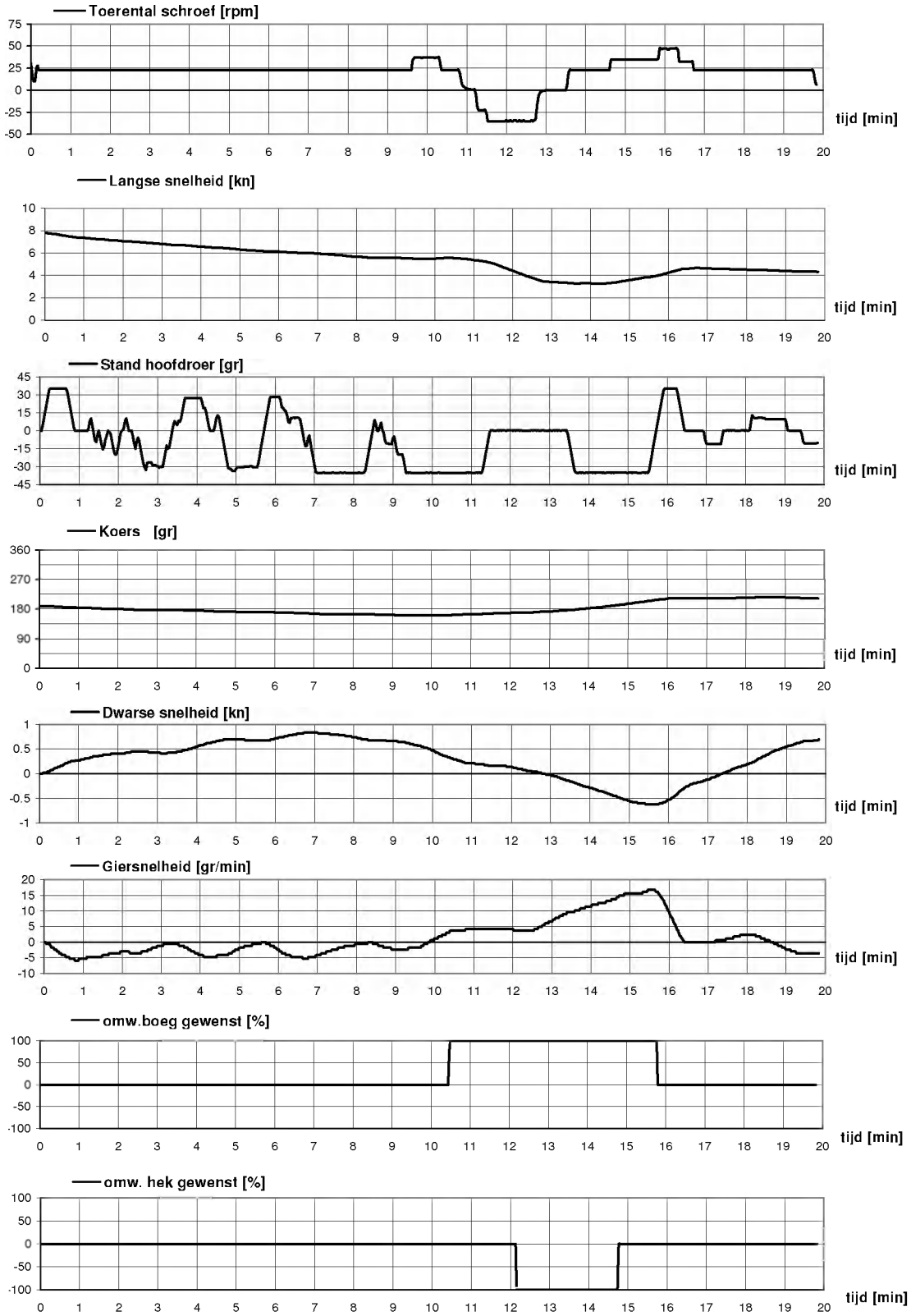


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_010***

M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed ZO6

duur 20 min

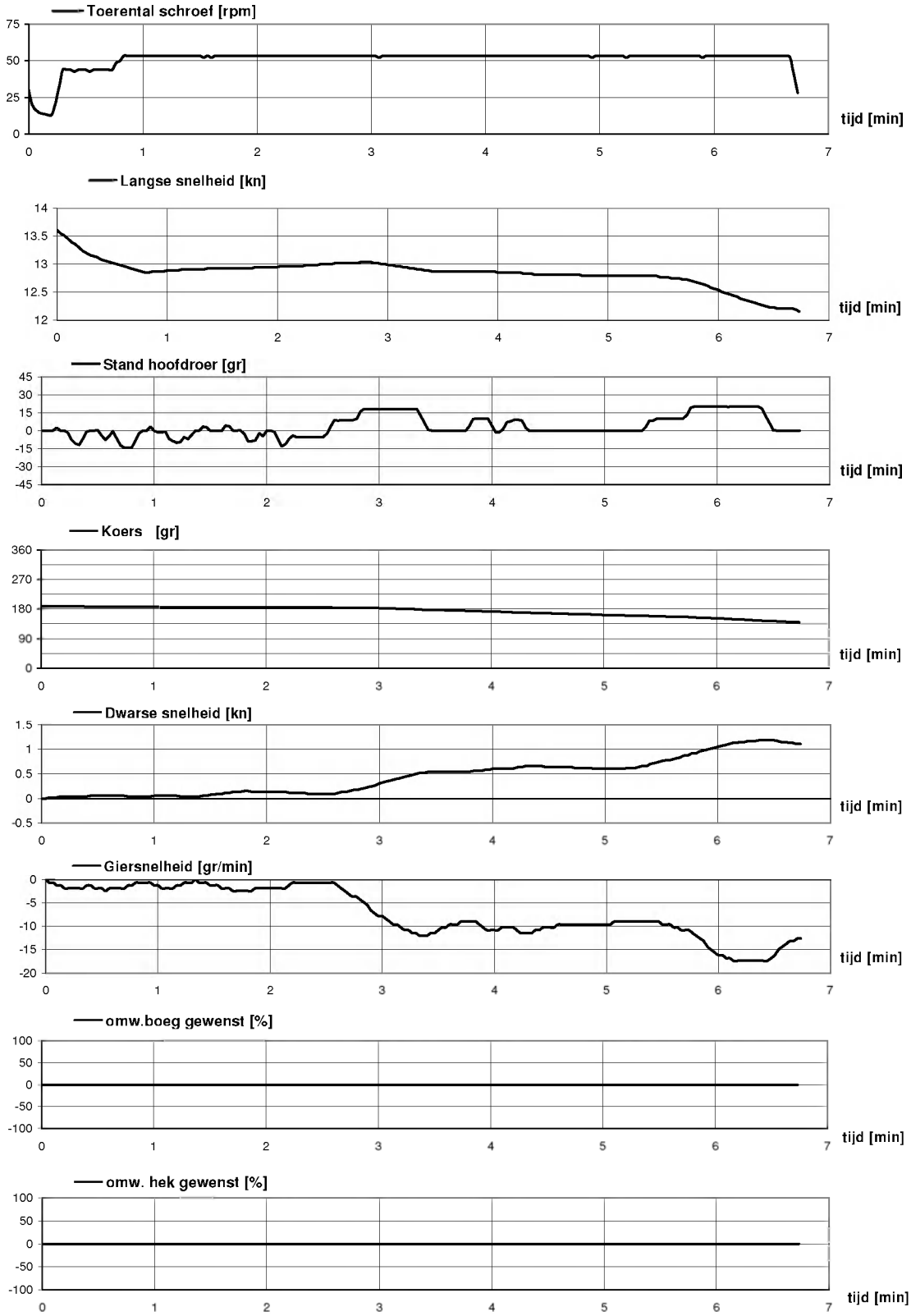


MACHINE, SNELHEID
ROER, KOERS
BOEG- EN HEKSCHROEF

Vaart ***m782_014***

M782 CDW : Opvaart naar A'pen bij vloed ZO6

duur 7 min

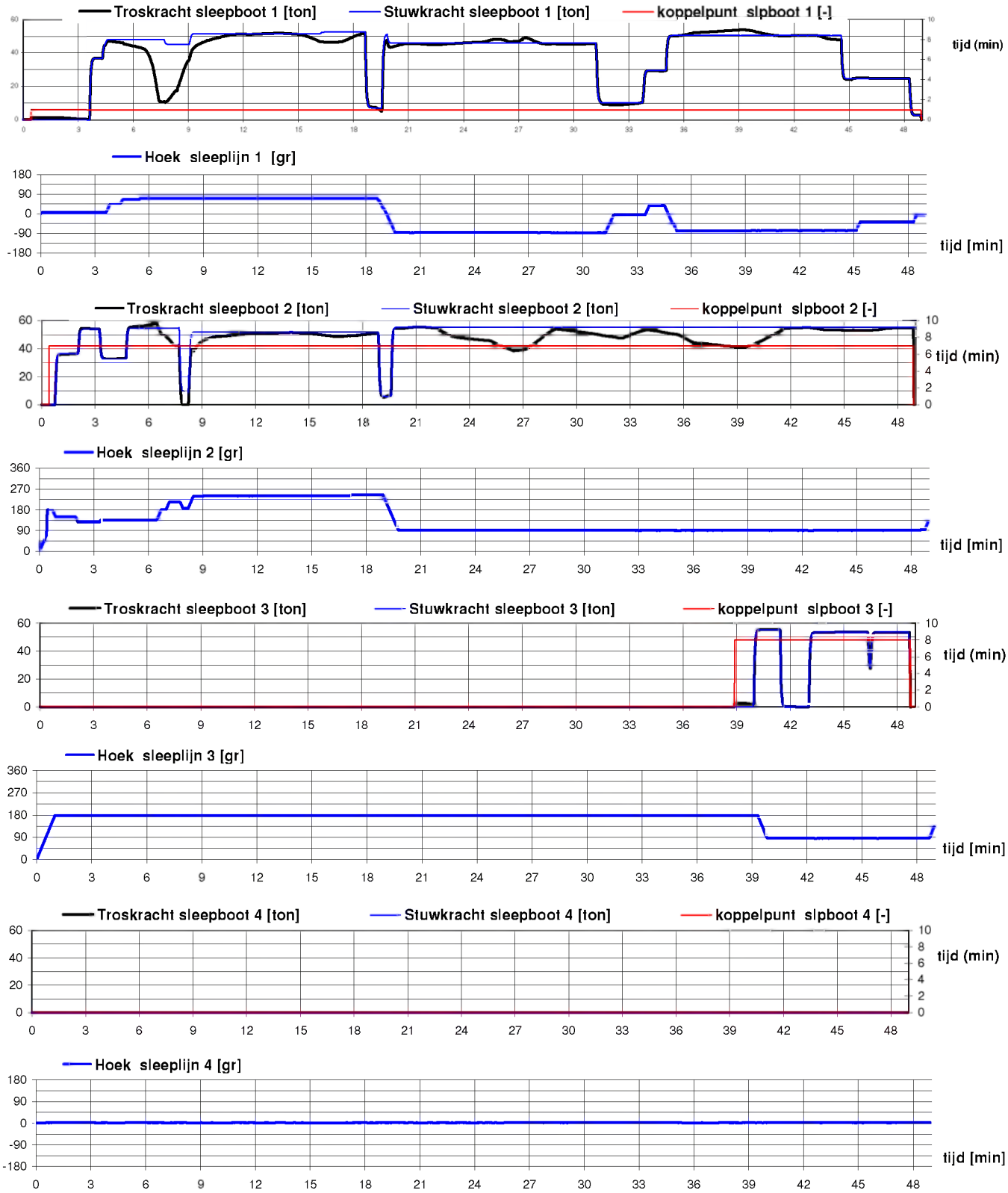


Sleepboot

Vaart ***m782_023***

SLEEPBOOTGEBRUIK

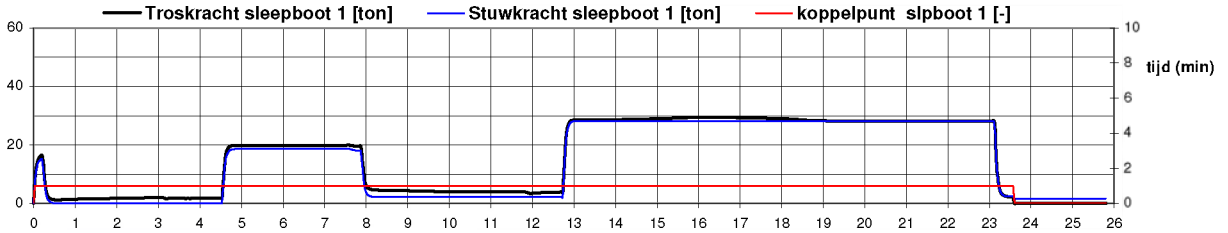
M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb NW7

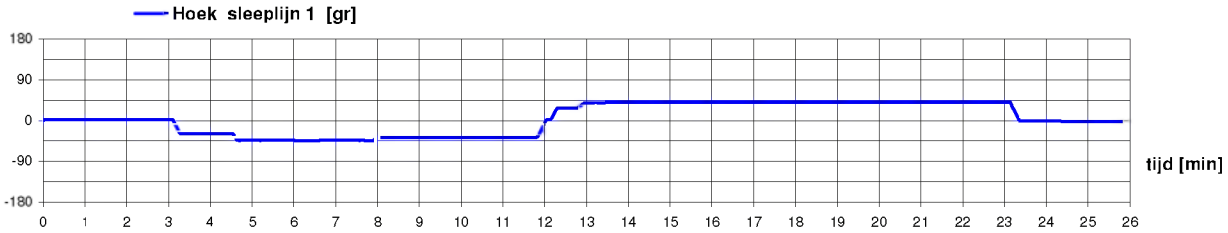


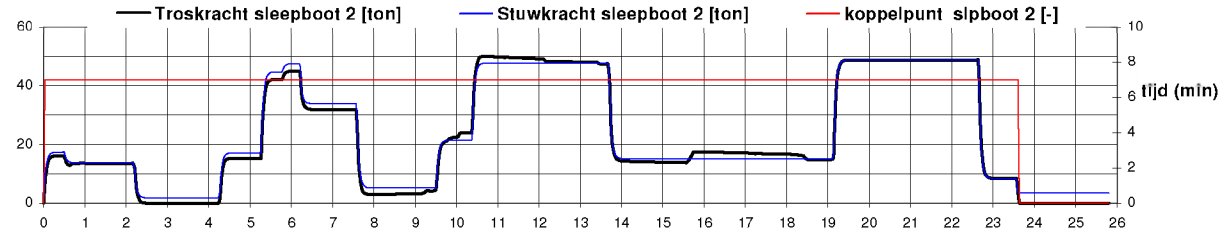
Vaart ***m782_001***

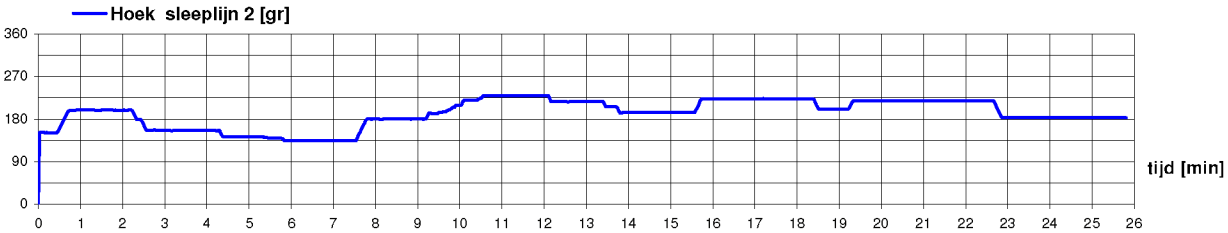
SLEEPBOOTGEBRUIK

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6



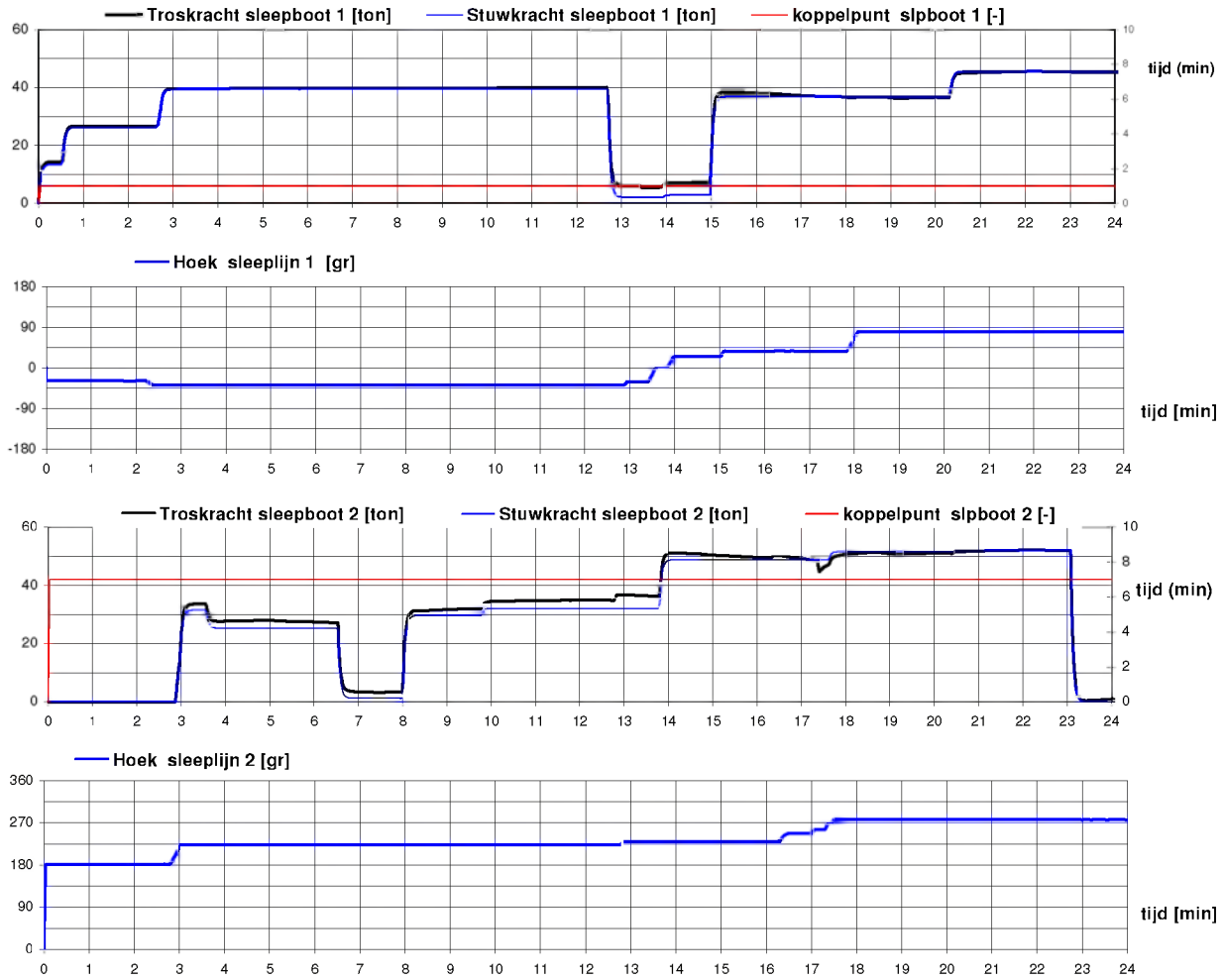






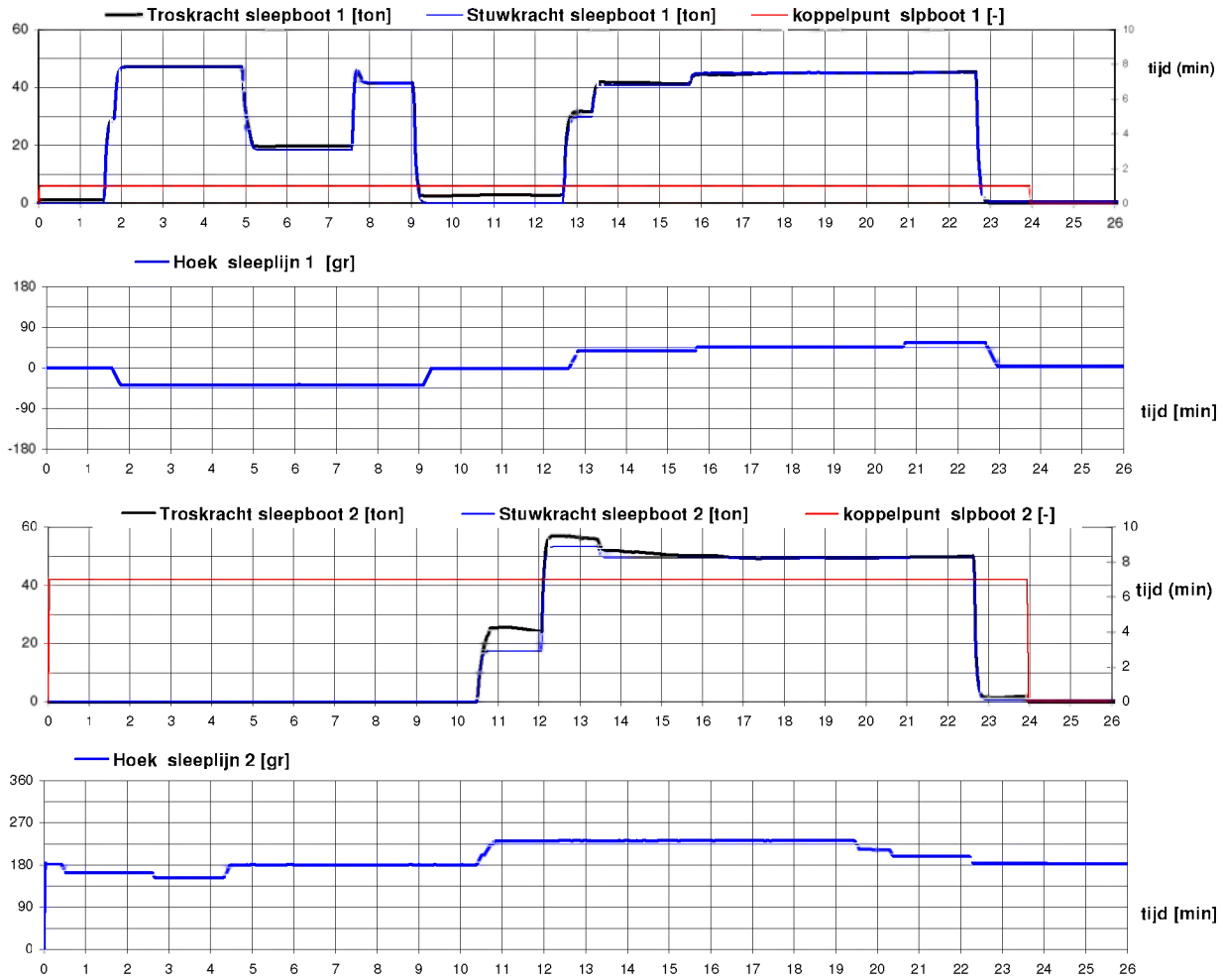
Vaart ***m782_003***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***



Vaart ***m782_005***

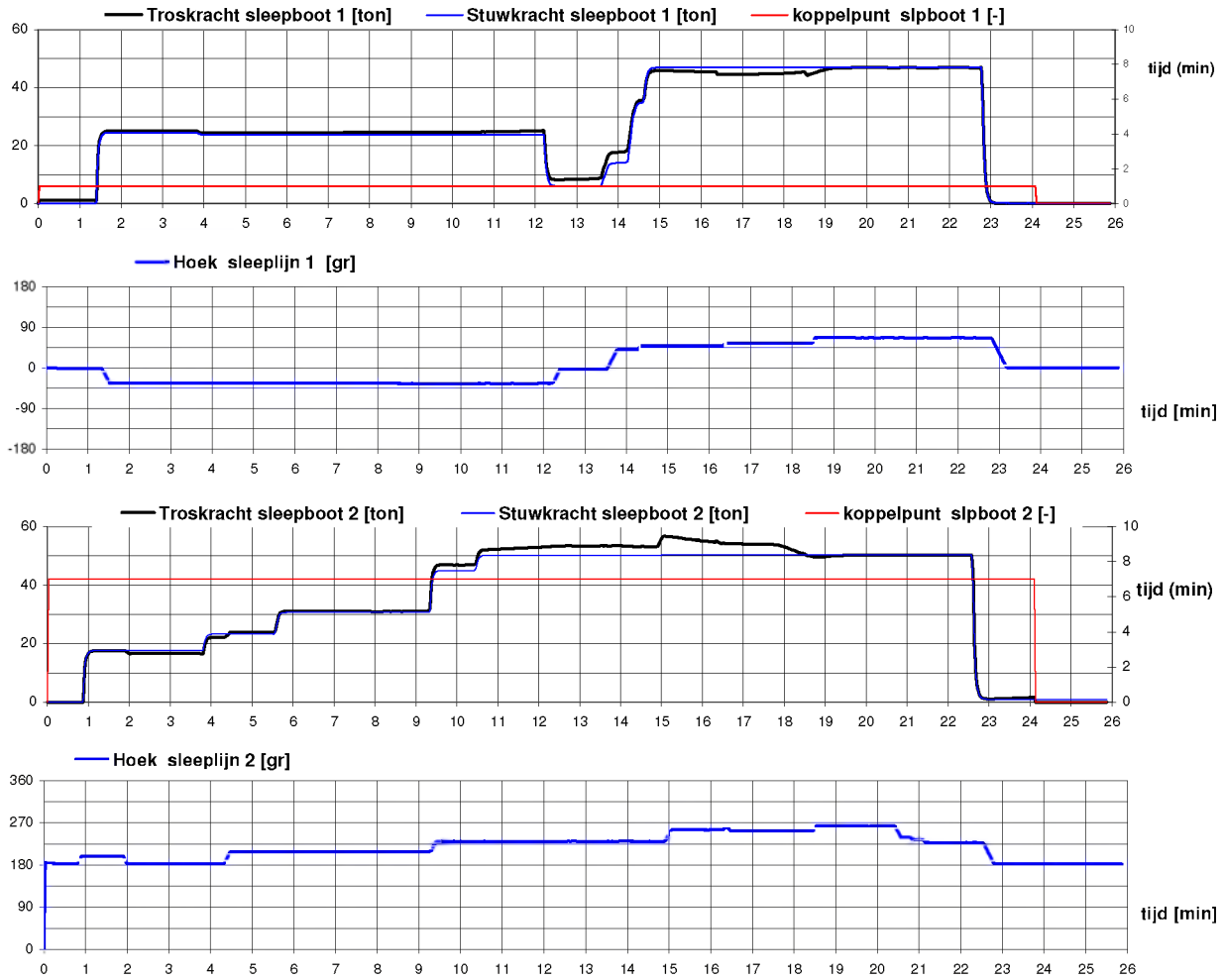
SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***



Vaart ***m782_011***

SLEEPBOOTGEBRUIK

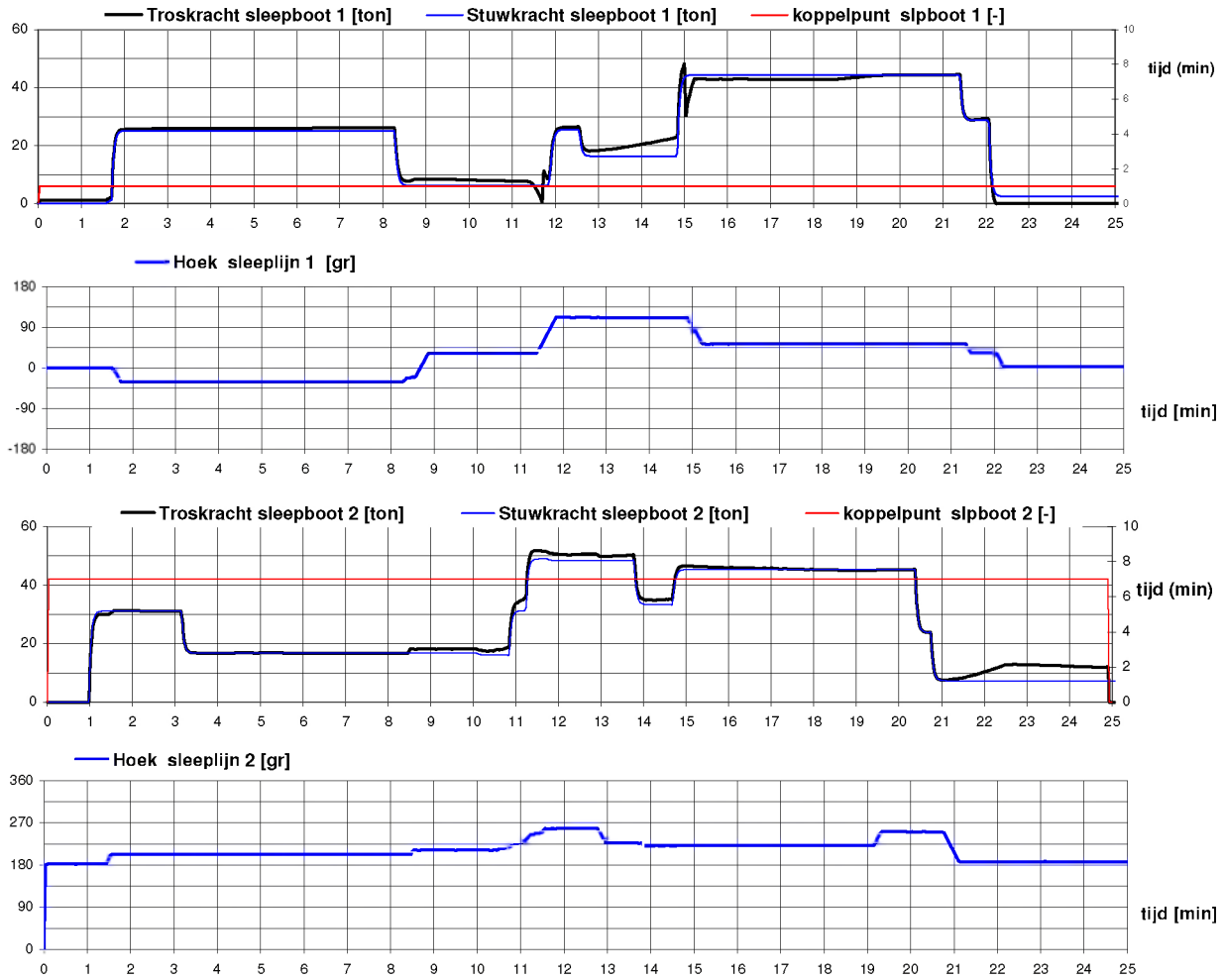
M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6



Vaart ***m782_012***

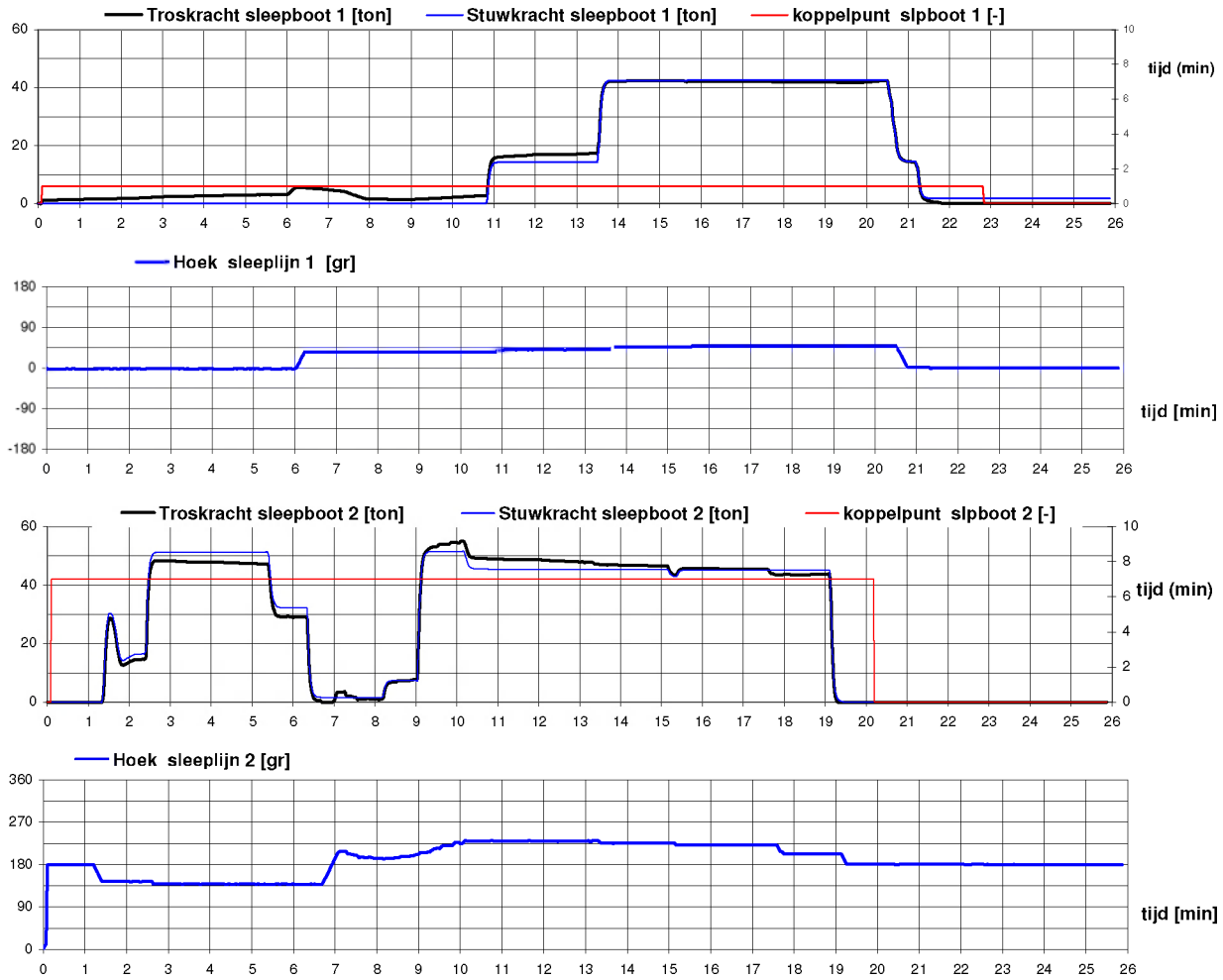
SLEEPBOOTGEBRUIK

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6



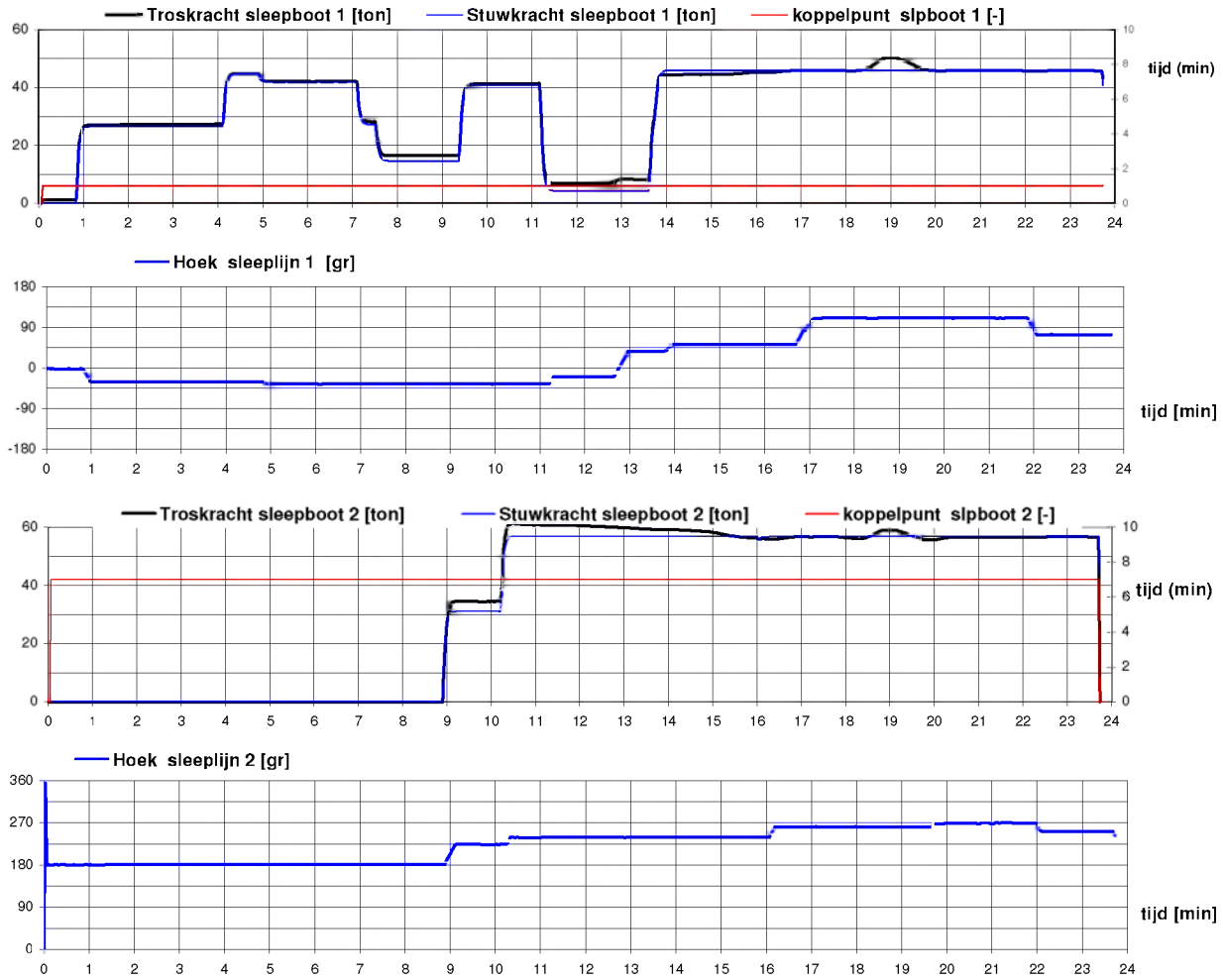
Vaart ***m782_016***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb mist ZO6***



Vaart ***m782_017***

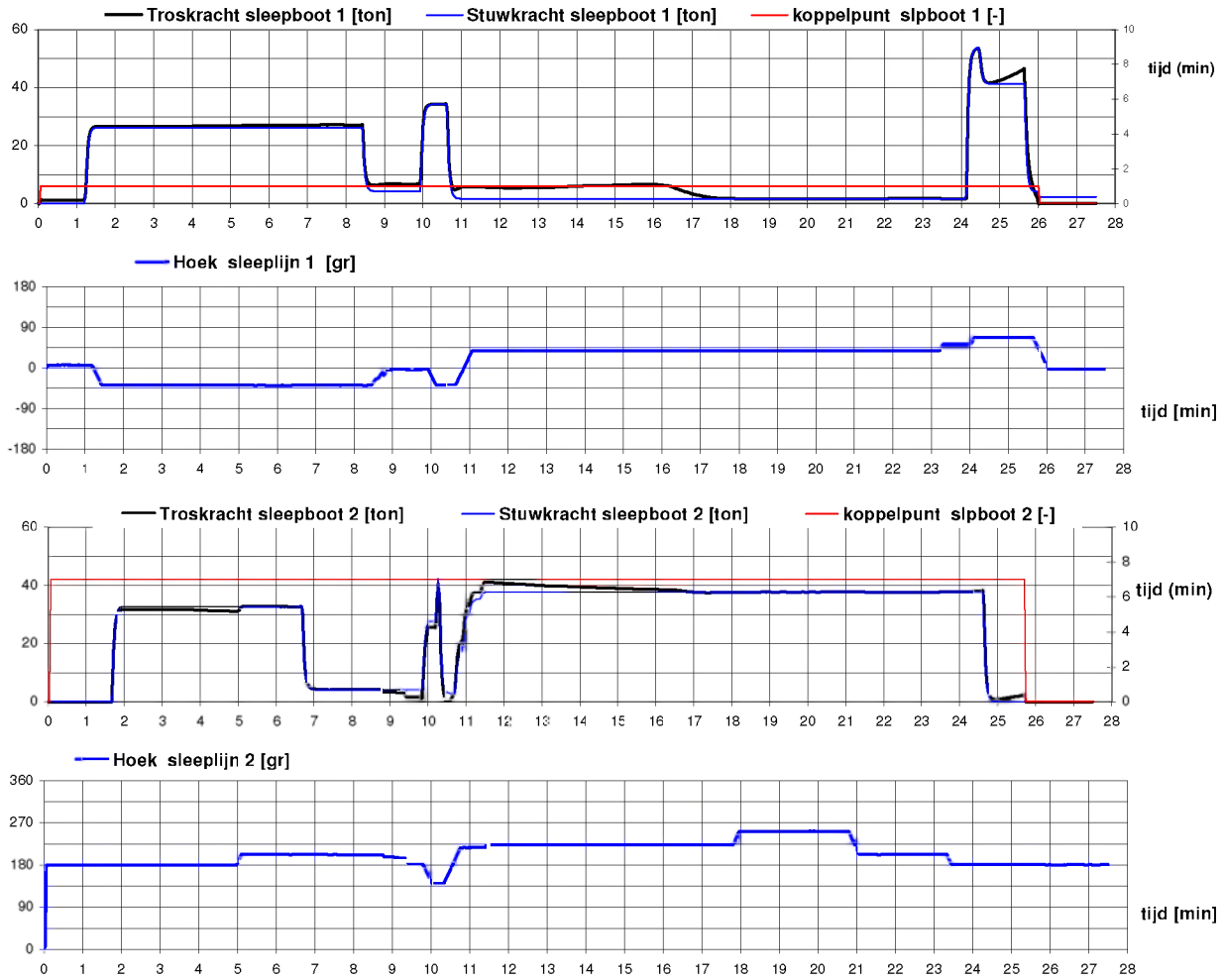
SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6***



Vaart ***m782_020***

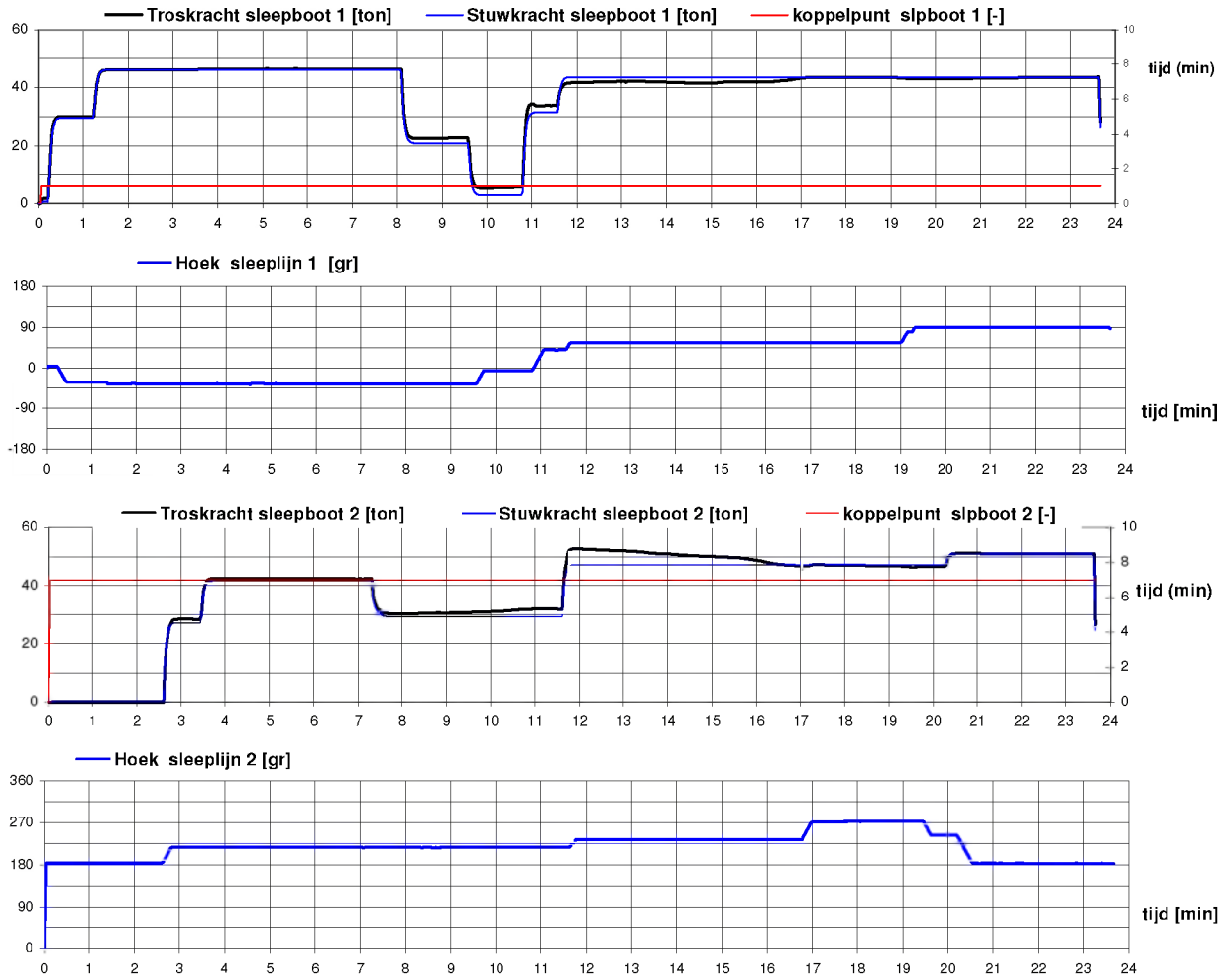
SLEEPBOOTGEBRUIK

M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6



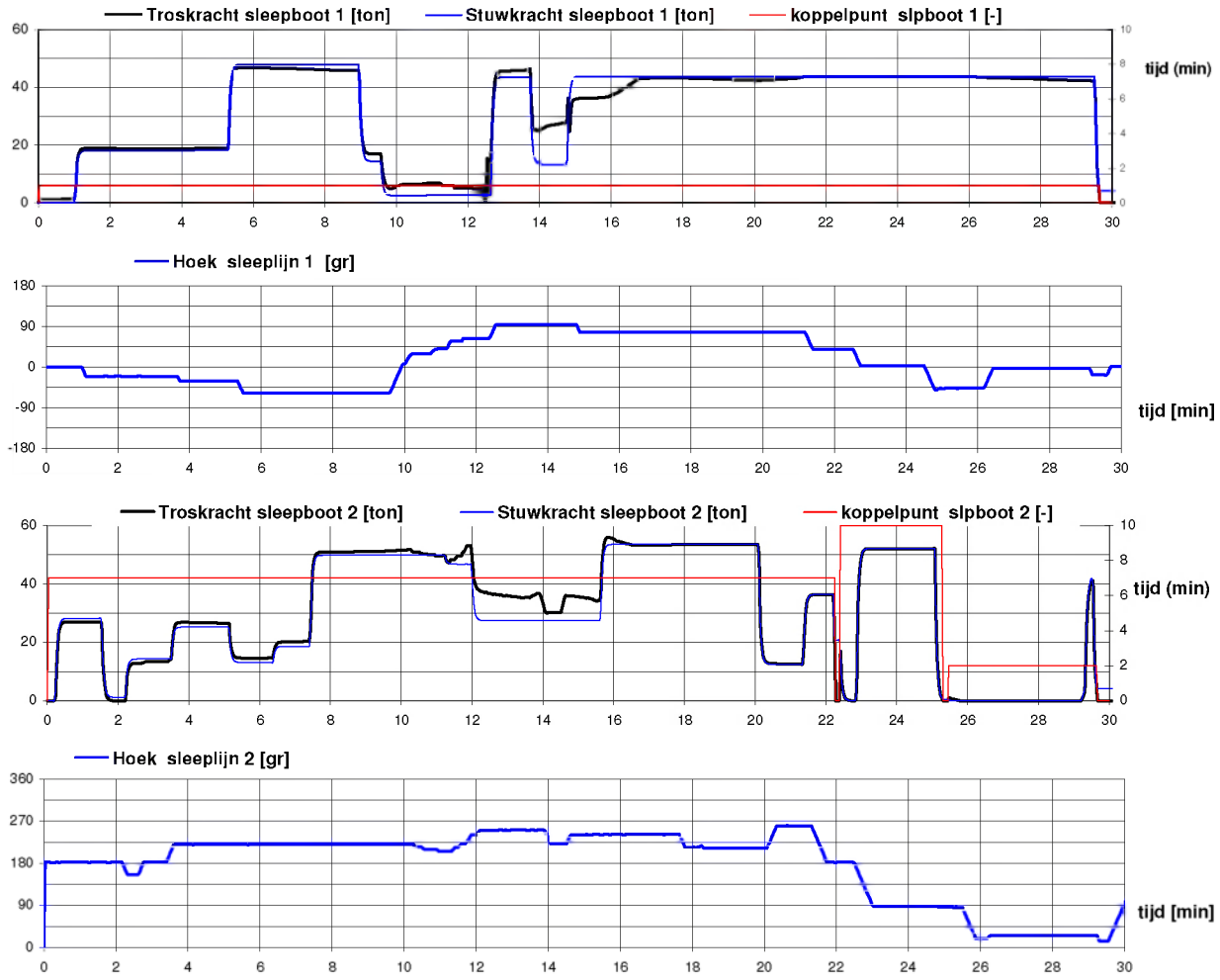
Vaart ***m782_006***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6 machinebreuk***



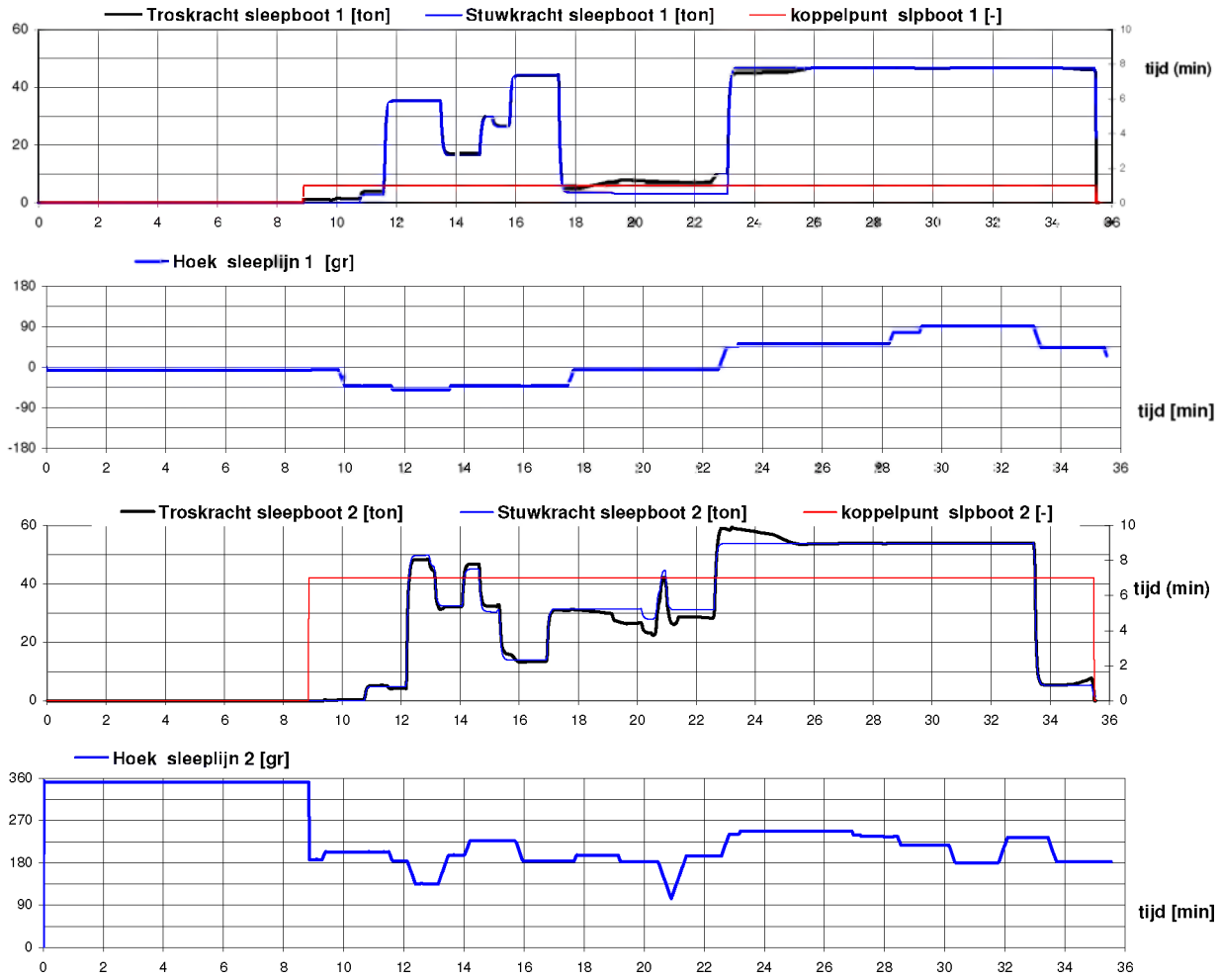
Vaart ***m782_018***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6 machinebreuk***



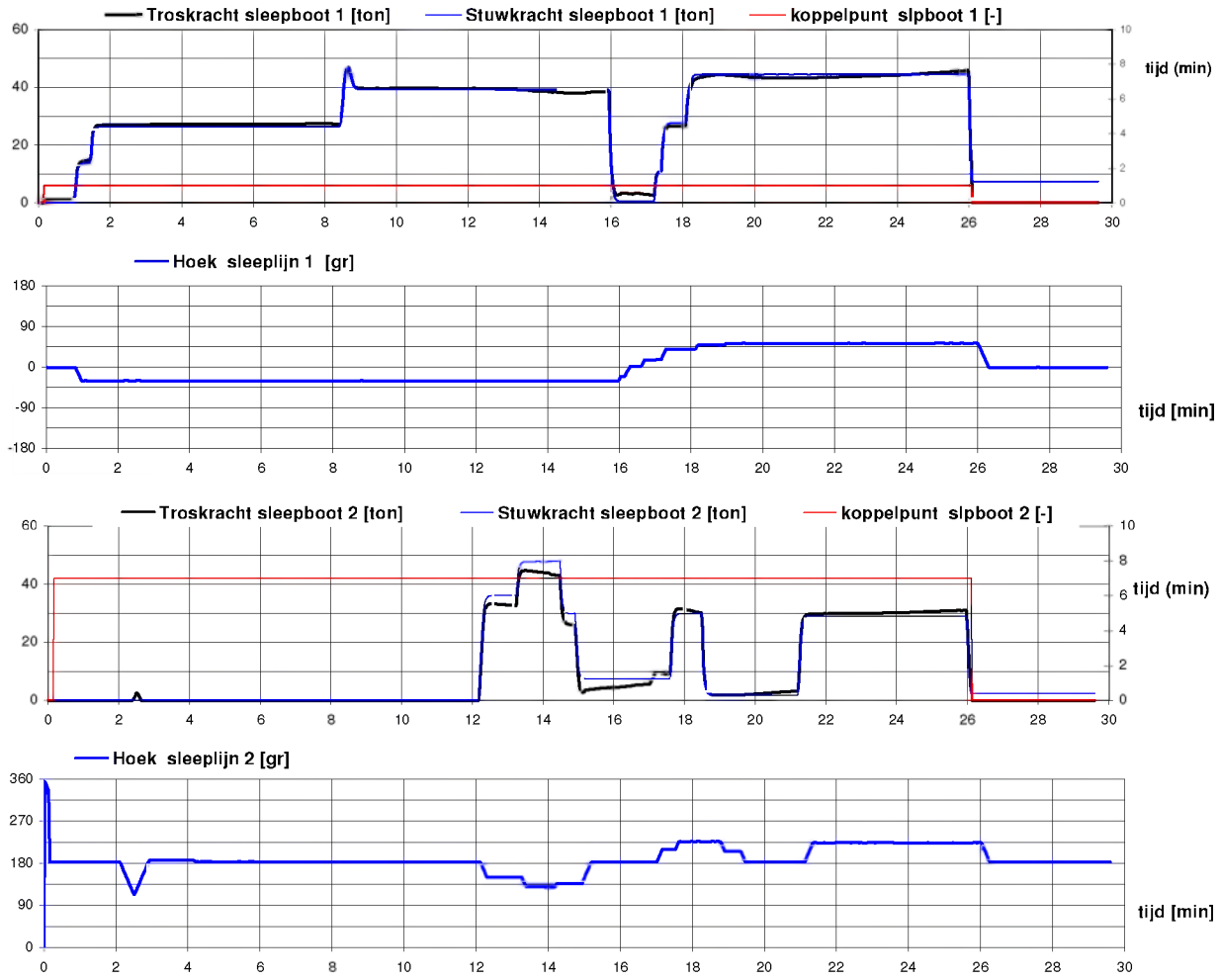
Vaart ***m782_024***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij eb ZO6 machinebreuk***



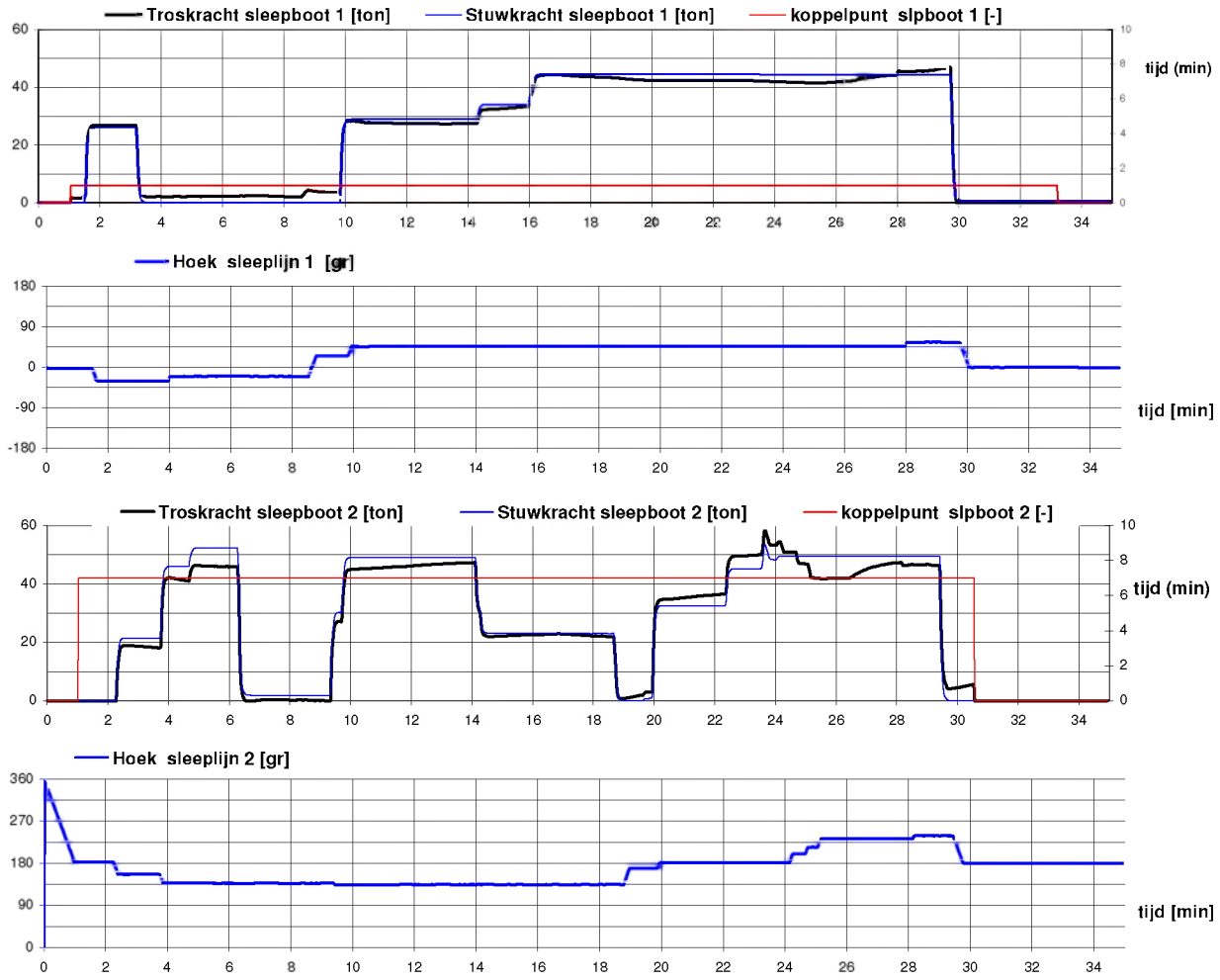
Vaart ***m782_002***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6***



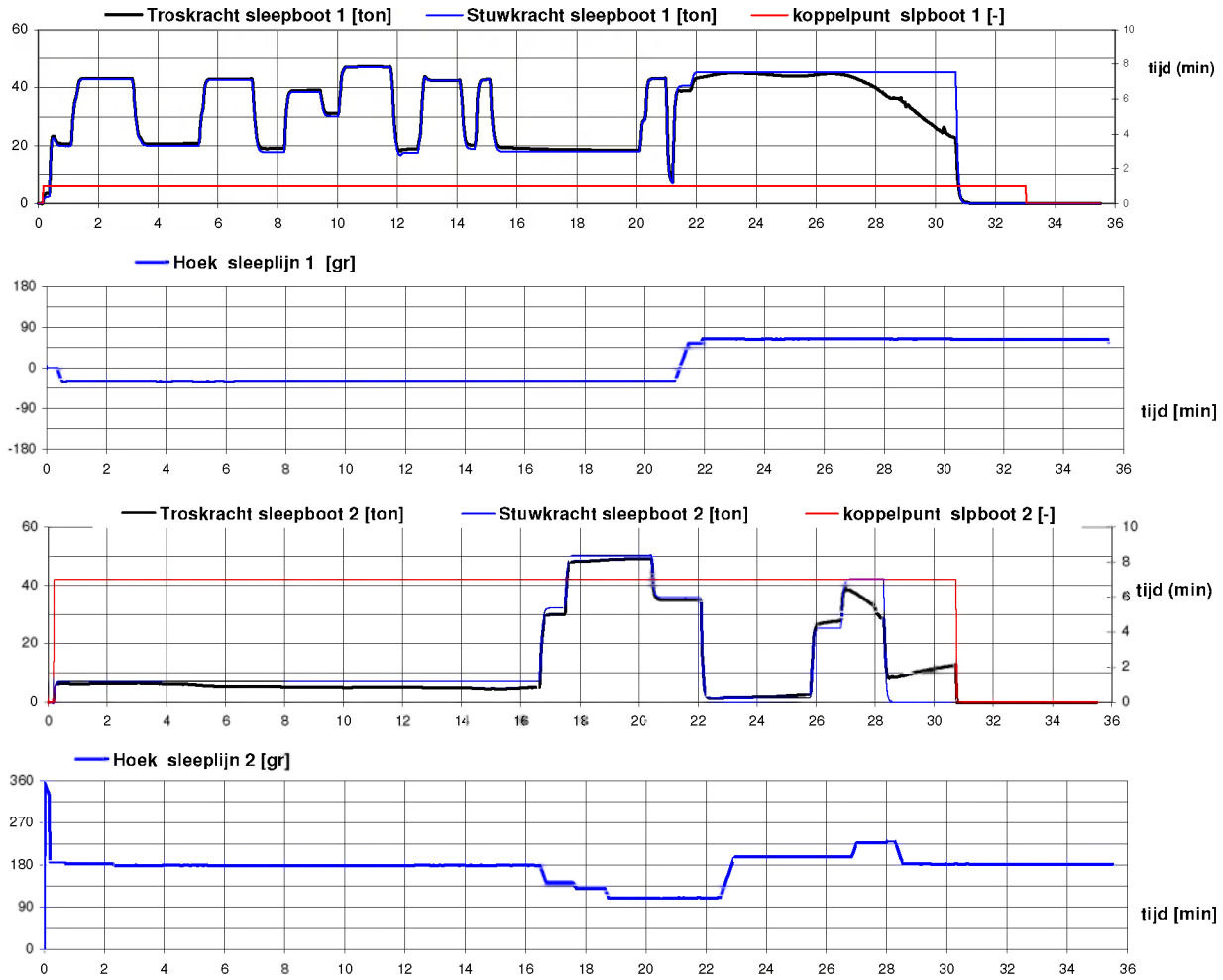
Vaart ***m782_007***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6***



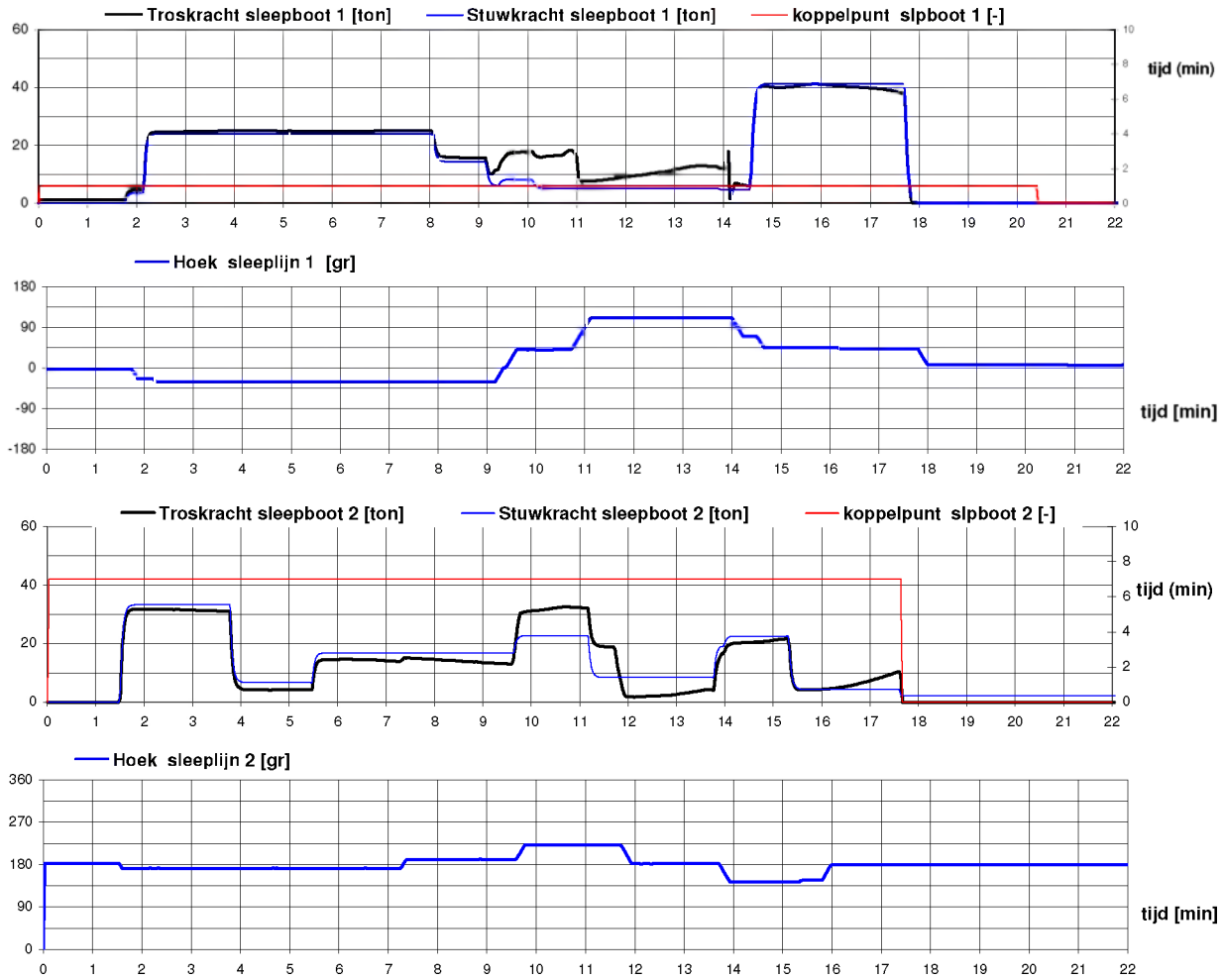
Vaart ***m782_013***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6***



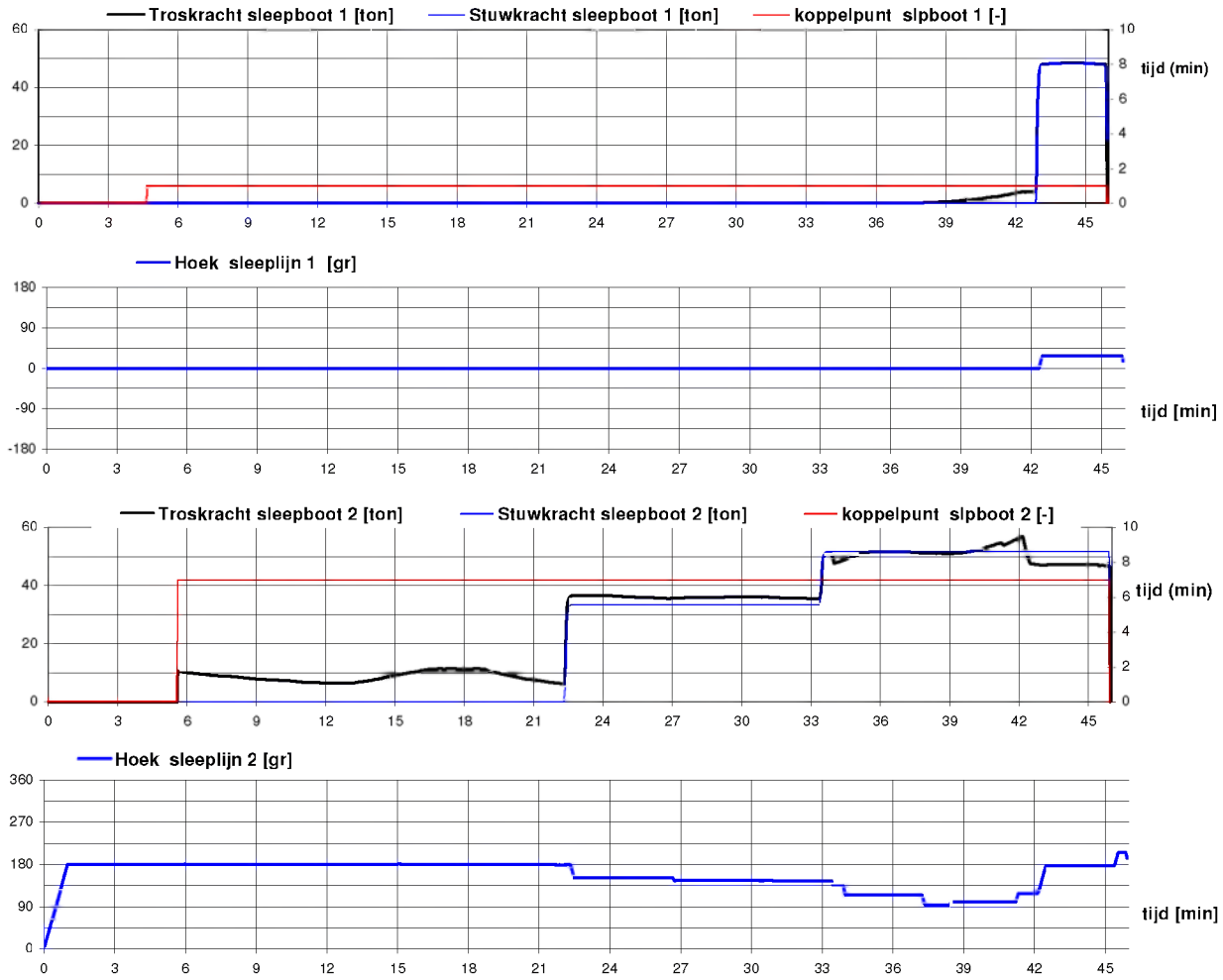
Vaart ***m782_022***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Afvaart van DGD bij vloed ZO6***



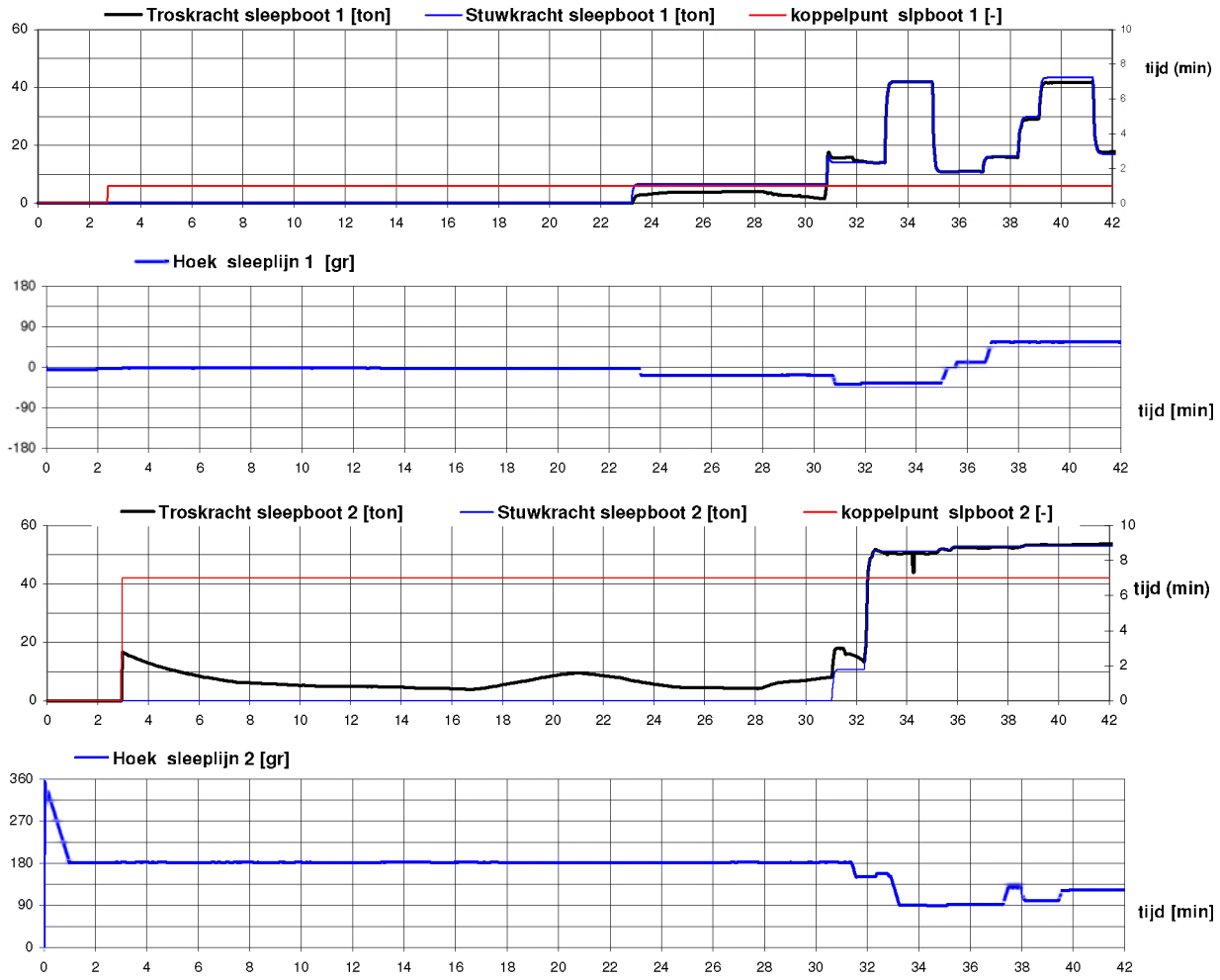
Vaart ***m782_009***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart achteruit in DGD bij eb ZO6***



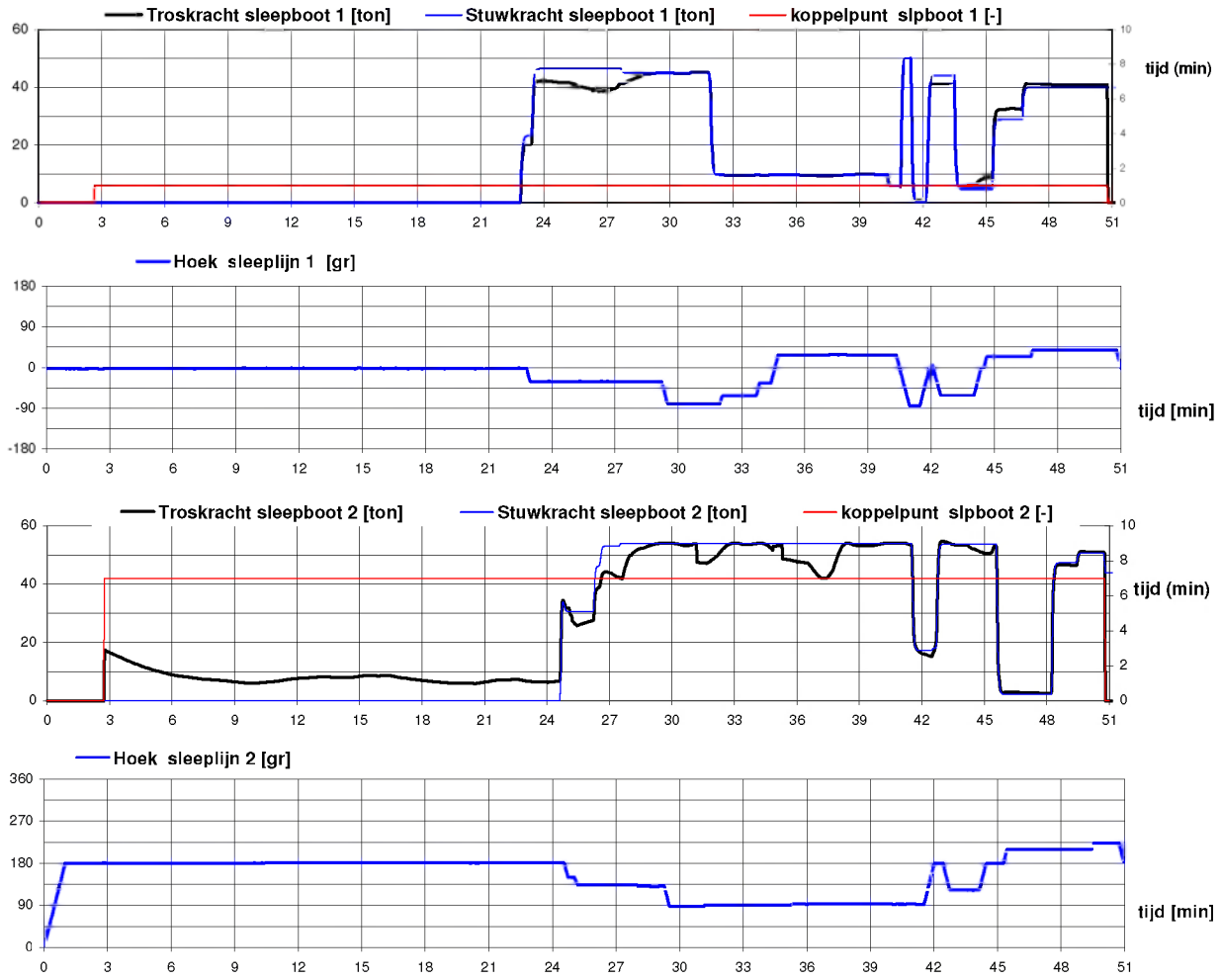
Vaart ***m782_015***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart zwaaien voor DGD bij eb ZO6***



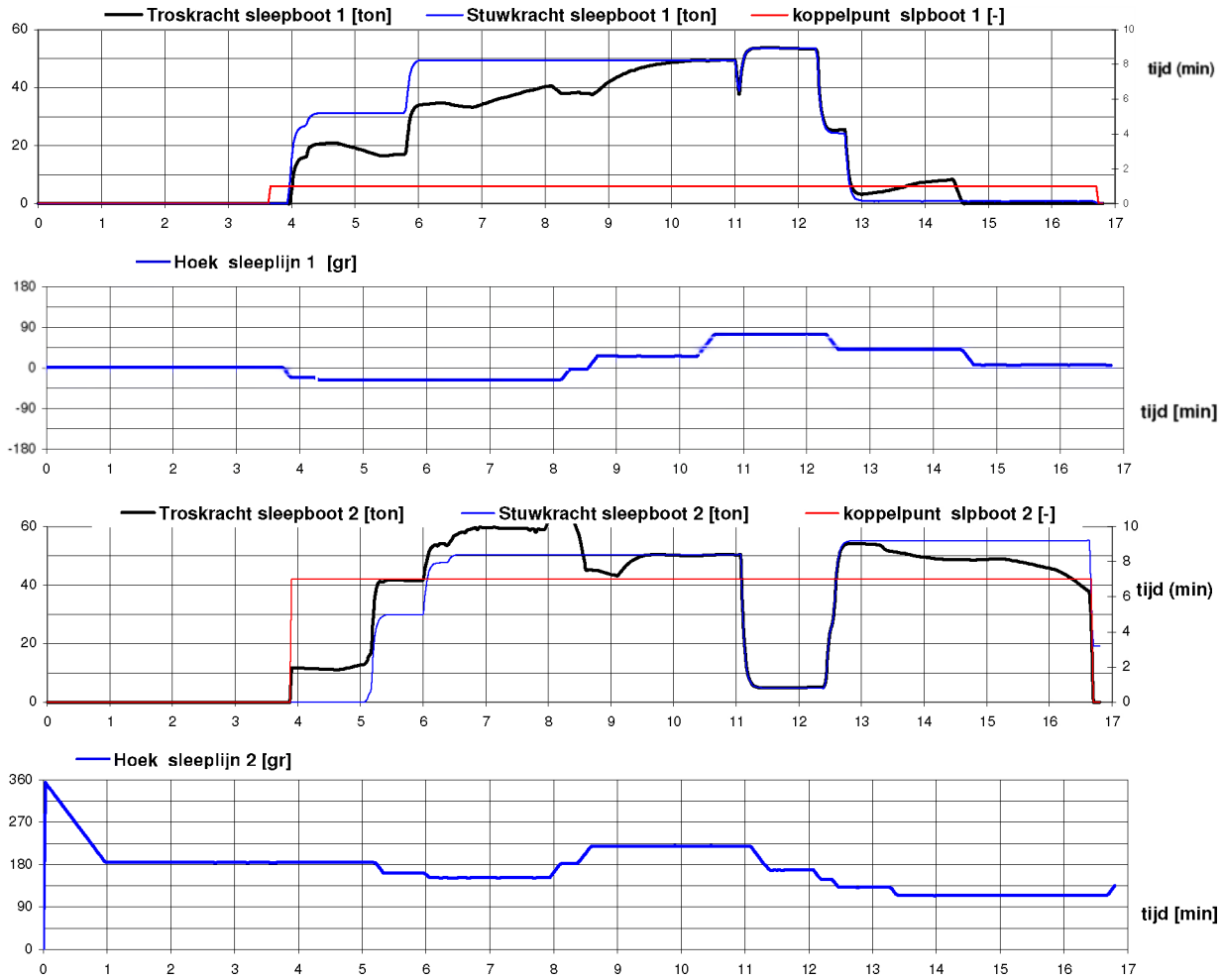
Vaart ***m782_021***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart achteruit in DGD bij eb ZW6***



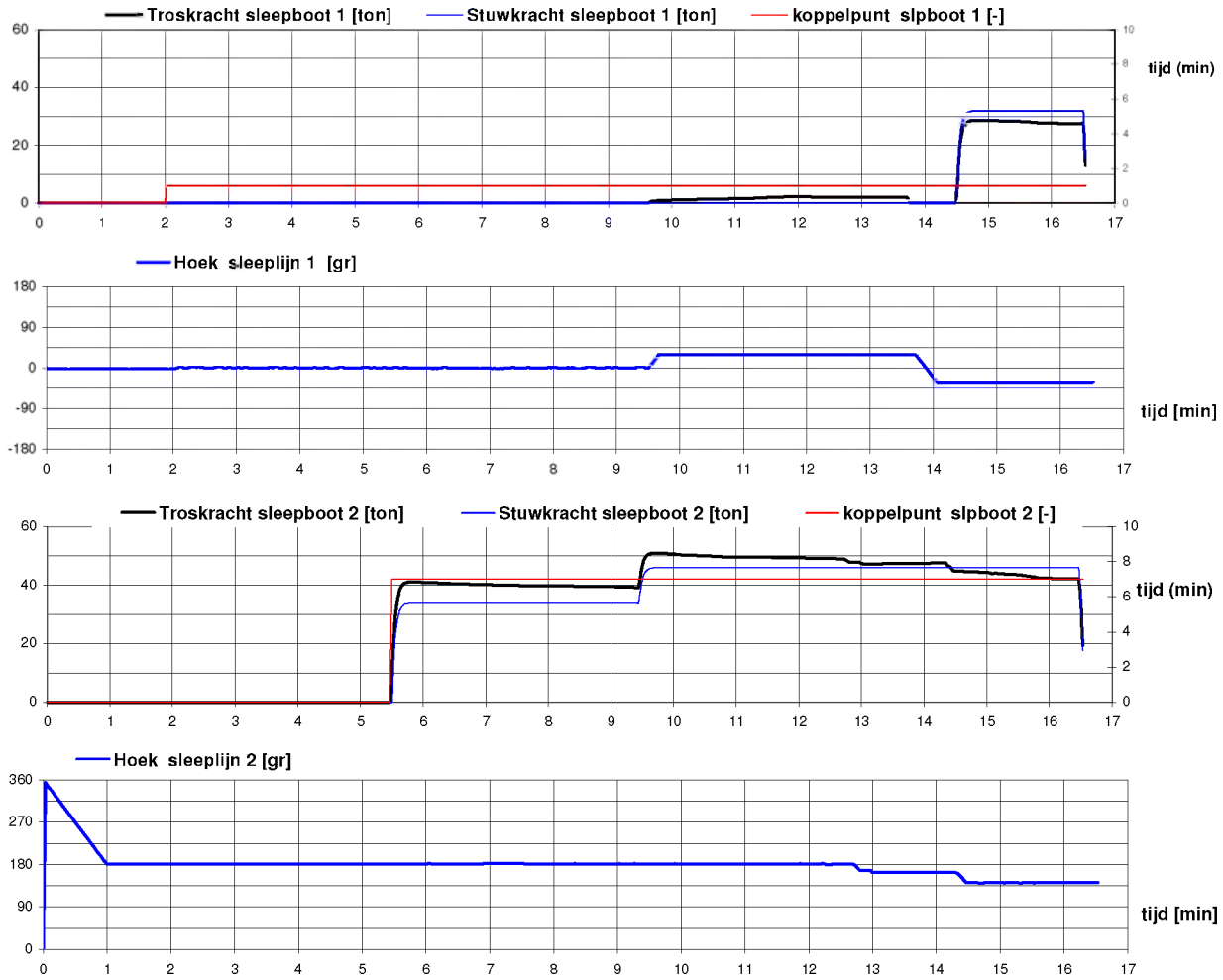
Vaart ***m782_019***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed NW8***



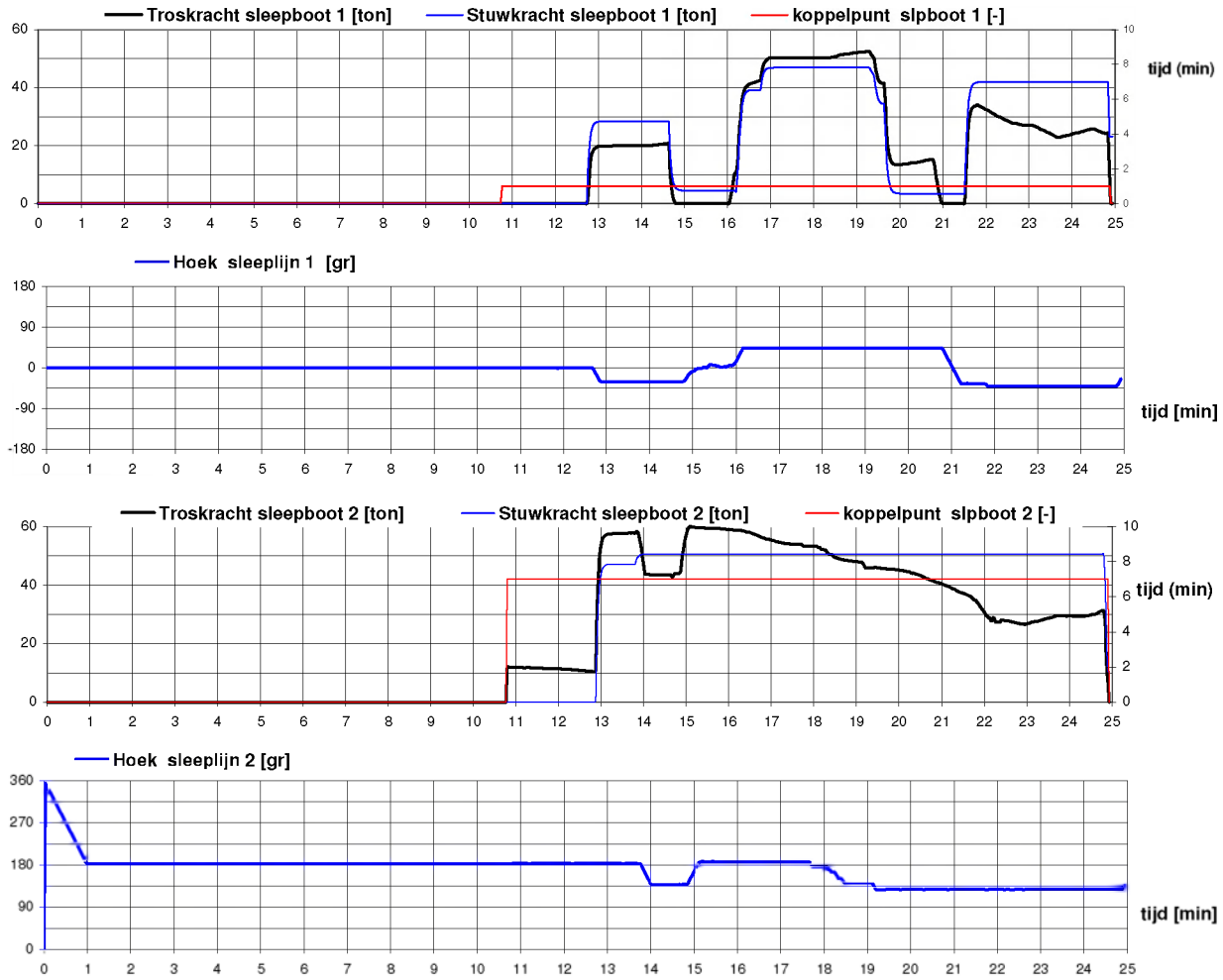
Vaart ***m782_004***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed NW6***



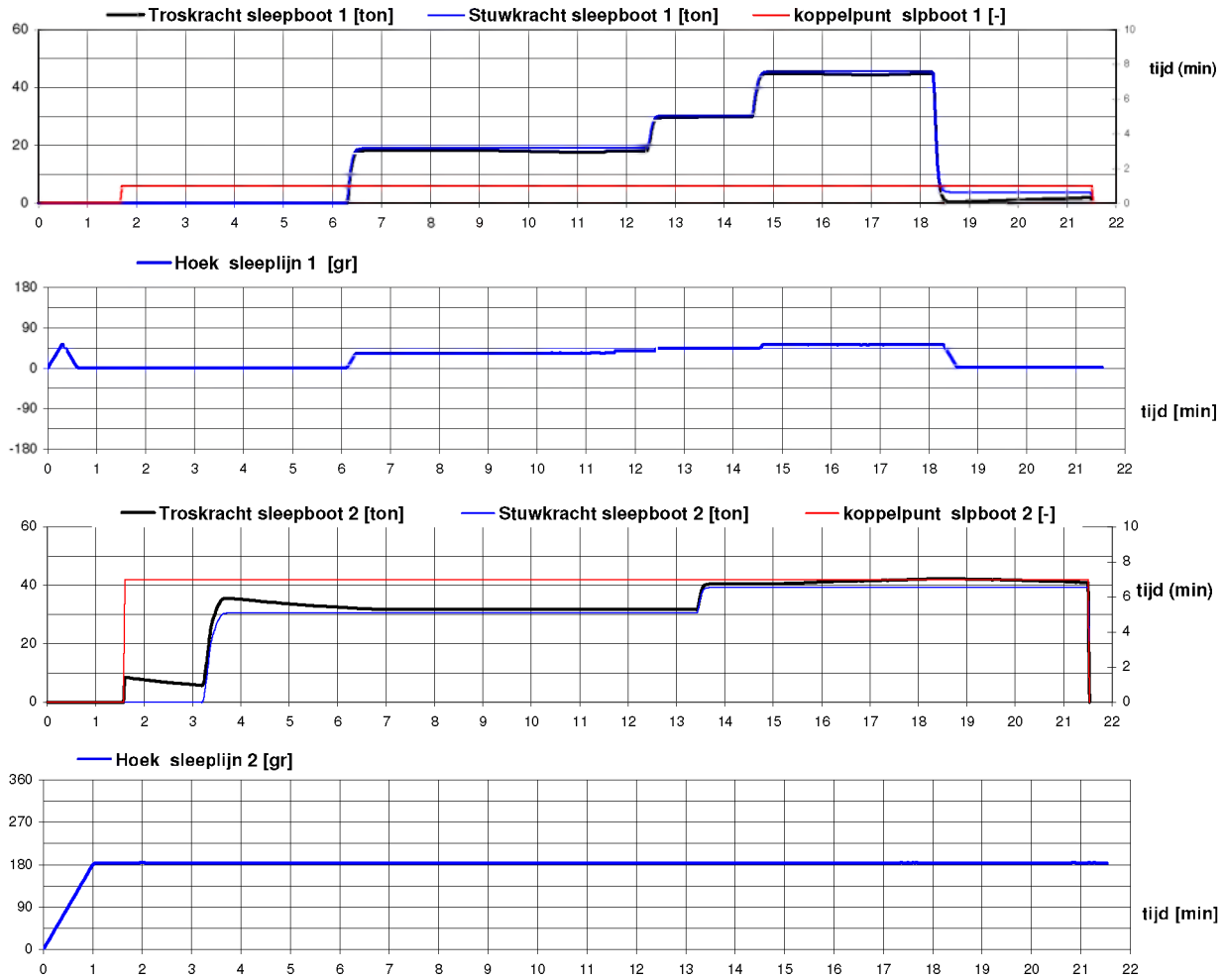
Vaart ***m782_025***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed NW8***



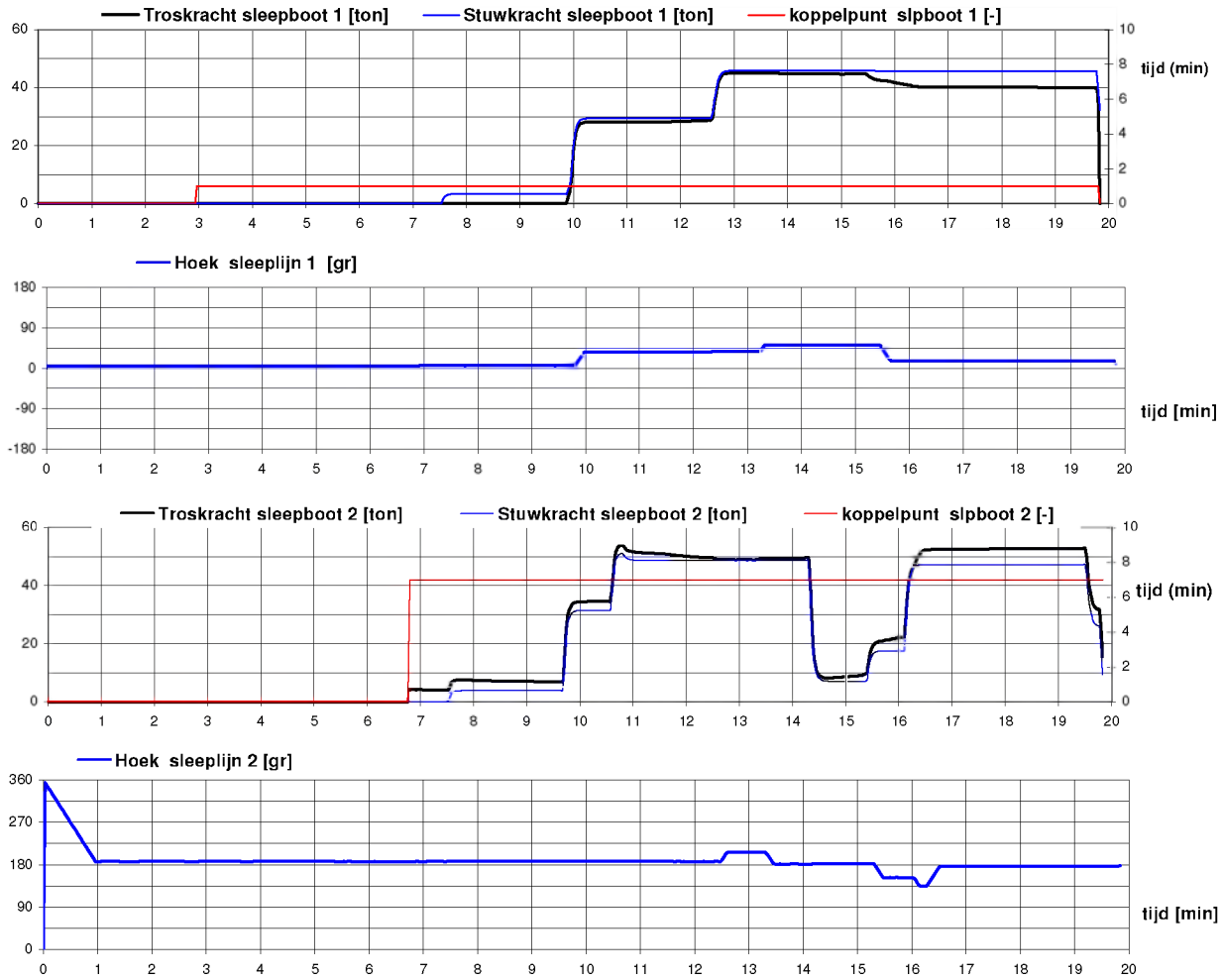
Vaart ***m782_000***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart naar DGD Vloed ZO6***



Vaart ***m782_010***

SLEEPBOOTGEBRUIK ***M782 CDW : Opvaart naar DGD bij vloed ZO6***



WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

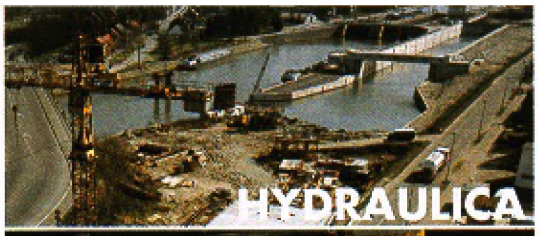
Berchemlei 115
B- 2140 ANTWERPEN
tel. 32(0)3/224 60 35
fax 32(0)3/224 60 36
e-mail: flanders.hydraulics@lin.vlaanderen.be
watlab@lin.vlaanderen.be

http://watlab.lin.vlaanderen.be

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH



ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
departement Leefmilieu en Infrastructuur
administratie Waterwegen en Zeewezen
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium

WWW.INFITTO.BE