

VERKLAREND ONDERZOEK DREMPELS WESTERSCHELDE

uitgevoerd door

INGENIEURSBUREAU SVAŠEK B.V.

in opdracht van

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat
DIRECTORAAT-GENERAAL RIJKSWATERSTAAT
Directie Zeeland
Rijksinstituut voor Kust en Zee**

PROJEKT OOSTWEST

DEEL 1: TEKST EN TABELLEN

"Enige subjectiviteit in het schematiseren van de vloed- en ebscharen moet men op de koop toenemen. Het schematiseren zelf is echter zeer leerzaam. Vooral wanneer men beschikt over een reeks peilkaarten uit een tijdvak van b.v. een eeuw kan men de ontwikkeling en het karakter van de geulsystemen goed leren kennen".

Joh. van Veen (1950)

VERKLAREND ONDERZOEK DREMPELS WESTERSCHELDE

INHOUDSOPGAVE

LIJST VAN TABELLEN

LIJST VAN FIGUREN

0. SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	9
1.1 ALGEMEEN	9
1.2 ACHTERGRONDEN VAN HET ONDERZOEK	10
1.3 OPBOUW VAN HET RAPPORT	10
2. METHODOLOGIE	13
2.1 AANPAK	13
2.2 NADERE BESCHRIJVING	13
3. LITERATUURONDERZOEK	17
3.1 ALGEMEEN	17
3.2 DR. IR. J. VAN VEEN	17
3.3 RELATIE GETIJVOLUME EN DOORSTROOMOPPERVLAK	17
3.4 WESTERSCHELDE - GERRITSEN EN DE JONG (1983)	19
3.5 KONKLUSIES	20
4. STABILITEITSONDERZOEK GEULEN	21
4.1 ALGEMEEN	21
4.2 KORREKTIE DEBIETMETINGEN	21
4.3 BEPALING EVENWICHTSRELATIE	22
4.4 HISTORISCHE ONTWIKKELING DEBIETRAAIEN	25
4.5 MOGELIJKE OORZAKEN AFWIJKINGEN	27
.....	28
4.6 KONKLUSIES	29
5. RUIMTELIJKE BESCHRIJVING	31
5.1 ALGEMEEN	31
5.2 BESCHRIJVING GIS BESTANDEN	31
5.3 DEFINITIE PARAMETERS	32
5.3.1 Algemeen	32
5.3.2 Hydraulische overwegingen	33
5.3.3 Te presenteren parameters	35
5.4 PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN	36
5.5 EVALUATIE GEKOZEN PARAMETERS	37
5.6 REPRESENTATIVITEIT VAN DE DEBIETRAAIEN	37
5.7 KONKLUSIES	39

6.	ANALYSE PER DREMPELGEBIED	41
6.1	ALGEMEEN	41
6.2	DREMPEL VAN BATH	43
6.2.1	Situatie	43
6.2.2	Stroombeeld tijdens eb	44
6.2.3	Stroombeeld tijdens vloed	44
6.2.4	Impulsbalans	45
6.2.5	Oorzaken drempelvorming	46
6.2.6	Konklusies	47
6.3	DREMPEL VAN VALKENISSE	48
6.3.1	Situatie	48
6.3.2	Stroombeeld tijdens eb	49
6.3.3	Stroombeeld tijdens vloed	49
6.3.4	Impulsbalans	50
6.3.5	Oorzaken drempelvorming	51
6.3.6	Konklusies	52
6.5	BOCHT VAN WALSOORDEN	54
6.5.1	Situatie	54
6.5.2	Stroombeeld tijdens eb	55
6.5.3	Stroombeeld tijdens vloed	55
6.5.4	Oorzaken onderhoudsbaggerwerk	56
6.5.5	Konklusies	56
6.6	DREMPEL VAN HANSWEERT	57
6.6.1	Situatie	57
6.6.2	Stroombeeld tijdens eb	58
6.6.3	Stroombeeld tijdens vloed	58
6.6.4	Impulsbalans	59
6.6.5	Oorzaken drempelvorming	60
6.6.6	Konklusies	61
6.7	OVERLOOP VAN HANSWEERT	62
6.8	DREMPEL VAN BAARLAND	62
6.8.1	Situatie	62
6.8.2	Stroombeeld tijdens eb	63
6.8.3	Stroombeeld tijdens vloed	64
6.8.4	Impulsbalans	65
6.8.5	Oorzaken drempelvorming	65
6.8.6	Konklusies	66
6.9	PUT VAN TERNEUZEN	67
6.10	DREMPEL VAN BORSSELE	67
6.10.1	Situatie	67
6.10.2	Bepaling P-waarde debietraaien 9 en 10	68
6.10.3	Stroombeeld tijdens eb	70
6.10.4	Stroombeeld tijdens vloed	71
6.10.5	Oorzaken drempelvorming	72
6.10.6	Konklusies	73
6.11	DREMPEL VAN VLISSINGEN	73

7. KONKLUSIES EN AANBEVELINGEN	75
7.1 KONKLUSIES	75
7.1.1 Algemeen	75
7.1.2 Oorzaken drempelvorming	75
7.1.3 Algemene ontwikkelingen in de Westerschelde	77
7.2 AANBEVELINGEN	77
7.2.1 Algemeen	77
7.2.2 Prognose baggervolumes	78
7.2.3 Algemene ontwikkelingen Westerschelde	79

LITERATUUROVERZICHT

TABELLEN

FIGUREN

APPENDIX 1 "Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992"

APPENDIX 2 "Diepteligging Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992".

LIJST VAN TABELLEN

1. Getijkarakteristieken van de totale debietraaien van de Westerschelde, herleid naar gemiddeld getij
2. Idem van de individuele geulen
3. Bepaling evenwichtsparameter P voor de geulen t.p.v. de debietraaien
4. Invloed debietcorrectie op evenwichtsparameter P.

LIJST VAN FIGUREN

- | | |
|--------------|---|
| 1.1 | Overzicht Westerschelde |
| 4.1 | Debietraaien Westerschelde |
| 4.2 a t/m h | Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen per tijdsinterval (1932 t/m 1991) |
| 4.3 a | Idem, alle jaren, niet gewogen |
| 4.3 b | Idem, alle jaren, gewogen |
| 4.4 | Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen, alle jaren (gewogen), met gedwongen nulpunt |
| 4.5 | Schatting verloop getijvolume sinds 1932 |
| 5.1 a t/m c | Lokatie geanalyseerde profielen 1960/61 |
| 5.2 a t/m c | Idem, 1977/78 |
| 5.3 a t/m c | Idem, 1992 |
| 5.4 a t/m g | Verloop van 7 morfologische kentallen in het Vaarwater boven Bath |
| 5.5 a t/m g | Idem, Nauw van Bath |
| 5.6 a t/m g | Idem, Appelzak |
| 5.7 a t/m g | Idem, Zimmermangeul |
| 5.8 a t/m g | Idem, Zuidergat/Overloop van Valkenisse |
| 5.9 a t/m g | Idem, Gat van Ossenissee/Overloop van Hansweert |
| 5.10 a t/m g | Idem, Middelgat |
| 5.11 a t/m g | Idem, Honte en Everingen |
| 5.12 a t/m g | Idem, Pas van Terneuzen |
| 5.13 a t/m g | Idem, Vaarwater langs Hoofdplaat |
| 5.14 | Verloop doorstroomprofiel van het estuarium, situatie 1960/61 |
| 5.15 | Idem, situatie 1977/78 |
| 5.16 | Idem, situatie 1992 |

- 6.1 Drempel/baggerlokaties Westerschelde
- 6.2 a/b Impulsbalans Drempel van Bath situatie ca. 1977 en ca. 1990
- 6.3 a/b Impulsbalans Drempel van Valkenisse, situatie ca. 1980 en ca. 1990
- 6.4 a/b/c Impulsbalans Drempel van Hansweert, situatie ca. 1960, ca. 1975 en ca. 1990
- 6.5 a/b/c Impulsbalans Drempel van Baarland, situatie ca. 1960, ca. 1975 en ca. 1990.

0. SAMENVATTING

In dit rapport wordt verslag gedaan van een verklarend onderzoek naar het ontstaan en de instandhouding van drempels in de Westerschelde. Het onderzoek is uitgevoerd door Ingenieursbureau Svasek B.V. in opdracht van Rijkswaterstaat, directie Zeeland (projekt OOSTWEST).

Na een verkennend literatuuronderzoek wordt een evenwichtsparameter bepaald waarmee de toestand van het dwarsprofiel van individuele geulen kan worden beschreven (te ruim, te krap of in evenwicht). De basis van deze evenwichtsparameter wordt gevormd door een relatie tussen dominant getijvolume van de geul (eb, resp. vloed) en het doorstroomoppervlak beneden NAP.

De evenwichtsparameter is een belangrijk hulpmiddel bij het karakteriseren van geulen en drempels en bij het signaleren van trends in de loop van de tijd.

De evenwichtsparameter is in eerste instantie alleen bepaald ter plaatse van de debietraaien, omdat daar gegevens beschikbaar zijn over eb- en vloedvolume.

Met behulp van het Arcinfo-systeem van Rijkswaterstaat zijn vervolgens voor een aantal jaargangen de ruimtelijke ontwikkelingen in beeld gebracht.

Hiertoe worden morfologische kentallen ontwikkeld zoals karakteristieke diepte en breedte van de geul, doorstroomoppervlak, stroomvoerend vermogen, etc.

Op basis van deze bewerkingen blijkt het onder meer mogelijk om schattingen van de evenwichtsparameter te bepalen in geulen waar geen debietmetingen zijn uitgevoerd.

Met de aldus verkregen inzichten in de morfologische omstandigheden van het estuarium, is een analyse gemaakt per drempelgebied. Hiertoe is een 10-tal lokaties beschouwd tussen de grens en Vlissingen. Daarvan zijn 7 lokaties als echte drempel aan te wijzen; de 3 overige lokaties betreffen wel baggergebieden, maar geen drempels.

De "echte" drempels blijken vrijwel alle op te treden aan het einde van een ebgeul, vlakbij een knooppunt waar de "ebrivier" en de "vloedrivier" elkaar kruisen. De belangrijkste oorzaak van het ontstaan van deze drempels is de afname van het eroderend vermogen van de ebstroom. Deze afname ontstaat doordat de ebstroom ter hoogte van de drempel beïnvloed wordt door de aanwezigheid van de eb-vreemde geul van de vloedrivier, met als gevolg stroomdivergentie en/of kortsluitgeulen.

Dit resultaat kan beschouwd worden als de hoofdkonklusie van het onderzoek. Daarnaast zijn in de loop van het onderzoek diverse konklusies getrokken en worden aanbevelingen gedaan waarvoor korthedshalve wordt verwezen naar de inhoud van het rapport.

Hier wordt volstaan met het noemen van twee grootschalige ontwikkelingen, te weten:

- een dreigende doorbraak van het Schaar van Valkenisse tussen Hansweert en Bath
- een aan de gang zijnde doorbraak van het Schaar van Spijkerplaat nabij de drempel van Borssele ten koste van de Honte.

Deze ontwikkelingen kunnen op termijn leiden tot grote veranderingen in het estuarium.

1. INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

De intensiteit van de baggerwerken in de Westerschelde wordt bepaald door een tweetal factoren, te weten:

- a) de nautische wensen en eisen; hieruit volgt een minimaal te handhaven *profiel van vrije ruimte voor de scheepvaart*
- b) het "natuurlijke" gedrag van het estuarium, met name de vorming van drempels of ondiepten in de hoofdgeulen.

In dit rapport wordt uitsluitend ingegaan op het tweede aspect: de "natuurlijke" ontwikkeling van drempels in de Westerschelde.

Deze ontwikkeling is in zoverre natuurlijk dat de aangroei van drempels tot stand komt via het hydrodynamische krachten spel in het estuarium.

Tegelijkertijd wordt dit krachten spel echter sterk door de mens beïnvloed, in het verleden door inpolderingen en oeververdedigingen en thans met name door bagger- en stortactiviteiten die samenhangen met het gewenste profiel van de vaargeul.

De doelstelling van het onderzoek is te komen tot een beschrijving van het krachten spel dat verantwoordelijk is voor het ontstaan en de instandhouding van drempels in het estuarium, waarbij zo mogelijk algemene systemen moeten worden geïdentificeerd die gelden voor (eventueel verschillende typen) drempels.

Het onderzoek is uitgevoerd door Ingenieursbureau Svasek B.V. in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland in het kader van het project OOSTWEST.

De redactie van dit rapport was in handen van ir. A.J. Blik, daarin bijgestaan door ir. M.N. Ruijter.

Bij de manipulatie met de (omvangrijke) databestanden werd voorts assistentie verleend door drs. L.A. Ult den Bogaard, Arcinfo-deskundige van Rijkswaterstaat (RIKZ)/Rijksuniversiteit Utrecht.

Van de zijde van Rijkswaterstaat werd het onderzoek begeleid door een werkgroep bestaande uit:

- directie Zeeland: ir. M. Meulblok, drs. C. Jeuken en drs. O. van Kleef;
- Rijksinstituut voor Kust en Zee RIKZ (voorheen Dienst Getijdewateren): ir. A. Langerak, ir. T. Pieters, drs. C. Storm en ir. J.H. Vroon;
- Rijksuniversiteit Utrecht: dr. J.H. van den Berg.

Het onderzoek werd uitgevoerd in de periode oktober 1993 - januari 1994.

1.2 ACHTERGRONDEN VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek naar de drempels van de Westerschelde wordt beperkt tot het gebied tussen de lijn Vlissingen - Breskens en de Belgisch - Nederlandse grens. In figuur 1.1 is een overzicht van het estuarium gegeven met daarin de namen van de belangrijkste geul- en plaatgebieden.

De hoofdroute van de scheepvaart loopt vanaf Vlissingen via de Honte, het Pas van Terneuzen en het Gat van Ossensisse naar Hansweert. Vanaf Hansweert loopt de route via het Zuidergat en de Overloop van Valkenisse naar het Nauw van Bath om tenslotte in het Vaarwater boven Bath de grens te passeren.

In het gebied ten oosten van Hansweert tot de grens wordt jaarlijks 8 à 10 miljoen m³ onderhoudsbaggerwerk uitgevoerd (gemeten in het schip) en in het gebied ten westen van Hansweert tot Vlissingen 1 à 2 miljoen m³.

De baggerspecie wordt voor het overgrote deel weer teruggestort in het estuarium en bestaat vrijwel uitsluitend uit zand.

In de jaren 1972-1976 is in de Westerschelde een verdieping van de vaargeul doorgevoerd.

Dit heeft geleid tot ongeveer een verdubbeling van het onderhoudsbaggerwerk.

Het huidige onderzoek moet gezien worden tegen de achtergrond van dit gegeven: kennelijk is het estuarium erg gevoelig voor ogenschijnlijk beperkte aanpassingen van het geulprofiel.

Het beheer van het estuarium in de toekomst, met mogelijk een verdere verdieping van de vaarweg in het verschiep, noopt tot het ontwikkelen van instrumenten waarmee de gevolgen voor de baggervolumes van ingrepen in het estuarium kunnen worden afgeschat.

Het onderhavige onderzoek wil een basis geven op grond waarvan deze instrumenten kunnen worden ontwikkeld.

1.3 OPBOUW VAN HET RAPPORT

Bij een algemeen onderzoek naar de oorzaken van drempelvorming is het van groot belang om goed na te denken over de te volgen onderzoeksmethode. Het resultaat van het onderzoek kan in sterke mate afhangen van de gekozen methode. In hoofdstuk 2 wordt daarom eerst ingegaan op de methodologie zoals die bij dit onderzoek is gehanteerd.

In de methodologie wordt in feite tevens de indeling van de overige hoofdstukken vastgelegd. Hoofdstuk 3 geeft een beknopt overzicht van bestaande kennis van drempelvorming op basis van relevante literatuur.

In hoofdstuk 4 worden de debietraaien in de Westerschelde geanalyseerd, resulterend in de formulering van een evenwichtsparemeter voor getijgeulen.

Hoofdstuk 5 beschrijft de ruimtelijke ontwikkelingen van de diverse geulenstelsels zoals die zijn bepaald met behulp van het GIS-systeem van Rijkswaterstaat (Arcinfo).

In hoofdstuk 6 wordt een analyse gemaakt per drempelgebied. In totaal worden hierin 10 (drempel)gebieden tussen de grens en Vlissingen behandeld.

Hoofdstuk 7 tenslotte geeft de konklusies van het onderzoek, gevolgd door aanbevelingen voor verder onderzoek, indien gewenst.

2. METHODOLOGIE

2.1 AANPAK

De aanpak van het onderzoek wordt gekenmerkt door 2 trefwoorden: empirisch en pragmatisch.

Empirisch: uit een verkennende studie van de gegevens aan het begin van het onderzoek is gebleken dat de beschikbare schat aan (meet)gegevens in de Westerschelde tot op heden nog niet ten volle is benut. Deze meetgegevens betreffen voornamelijk peilingen en stroom/debiet-metingen. Een nadere analyse van deze gegevens is daarom gekozen als hoofdspoor van het onderzoek.
Andere sporen, zoals een theoretische beschrijving van hydrodynamica en sedimenttransport en/of het opzetten van mathematische modellen, vallen daarmee af.
Deze aspecten worden slechts in beperkte mate in het onderzoek ingebracht, met als doel het verklaren c.q. aannemelijk maken van empirische verbanden.

Pragmatisch: de hoeveelheid gegevens van de Westerschelde is dusdanig omvangrijk dat het nodig bleek te zijn om een selectie te maken. Deze selectie is gebeurd op basis van inzicht in de processen die een rol spelen in een estuarium en is in zekere zin subjectief. Daarnaast heeft ook de vorm waarin de gegevens beschikbaar zijn een rol gespeeld: analyses waarvoor omvangrijke bewerkingen van het bestaande materiaal nodig waren zijn beperkt.

Op deze wijze is bewerkstelligd dat de hele Westerschelde van de grens tot Vlissingen op evenwichtige wijze in het onderzoek wordt betrokken, zodat konklusies getrokken kunnen worden over de ontwikkeling in hoofdlijnen van alle relevante drempels.

2.2 NADERE BESCHRIJVING

In het onderzoek zijn 4 fasen te onderscheiden die elkaar voor een deel overlappen.

Deze fasen zijn:

- a) literatuuronderzoek
- b) stabiliteitsonderzoek geulen
- c) visualisatie ruimtelijke ontwikkelingen
- d) analyse per drempelgebied.

ad a) Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek is beperkt gehouden om een tweetal redenen:

- de beschikbare literatuur die specifiek gericht is op drempels in estuaria is beperkt en vaak moeilijk in algemene termen te vertalen naar de situatie van de Westerschelde;
- de grote hoeveelheid beschikbare gegevens over de Westerschelde biedt zoveel mogelijkheden voor eigen onderzoek dat het inbrengen van bevindingen in rivieren met één stromingsrichting, waarover wel veel is gepubliceerd, vooralsnog niet als de meest belovende weg wordt aangemerkt.

ad b) Stabiliteitsonderzoek geulen

Een belangrijk deel van de beschikbare gegevens heeft betrekking op de zogeheten debietraaien. Dit zijn raaien van oever tot oever dwars over het estuarium waarin sinds 1932 meer of minder frekwent debietmetingen zijn uitgevoerd.

Op basis van deze metingen kan een relatie gelegd worden tussen hydraulische en morfologische parameters.

Omdat de debietraaien in het algemeen zo gekozen zijn dat ze in duidelijk gedefinieerde geulen liggen en dus niet over drempels lopen, kan op deze wijze voor "normale" geulen een evenwichtsparemeter worden ontwikkeld waaraan een geul kan worden getoetst (te breed, evenwicht of te krap).

Voor geulen is deze exercitie relatief eenvoudig te doen. Door de evenwichtsparemeter vervolgens ook toe te passen op de drempels kan een afwijking van de drempel ten opzichte van een "normale" geul worden aangegeven.

ad c) Ruimtelijke ontwikkelingen

Een belangrijk hulpmiddel bij het analyseren van lodinggegevens van de Westerschelde is het GIS-systeem Arcinfo.

Hierin is tot op heden een aantal vaklodingen van de Westerschelde vanaf 1960 ondergebracht.

Met dit systeem kunnen van nader te definiëren gebieden of geulen diverse vormparameters en kenmerken van de geul of het gebied worden bepaald.

Door gebruik te maken van dit systeem worden morfologische parameters in tijd en ruimte gedefinieerd.

De inzichten die bij de debietraaien zijn verkregen kunnen op deze wijze via morfologische kentallen en met behulp van de evenwichtsparemeter van de geulen ruimtelijk worden ingevuld.

Daarmee is de basis gelegd voor de vierde fase: de analyse per drempelgebied.

ad d) Analyse per drempelgebied

Gebruik makend van de bevindingen van de fasen a t/m c wordt nu per bagger- en/of drempelgebied, waarvoor een aantal lokaties tussen de grens en Vlissingen is geselecteerd, een kwalitatieve analyse gemaakt van de hydrodynamische en morfologische omstandigheden en worden de (vermoedelijke) oorzaken van het ontstaan van de drempel of het baggergebied aangegeven.
Dit onderdeel vormt de kern van het onderzoek.

3. LITERATUURONDERZOEK

3.1 ALGEMEEN

Het literatuuronderzoek is beperkt tot een aantal publikaties over de hydrodynamische ontwikkeling van estuaria. Over de ingangen van estuaria en inlets ("eb-delta's") is meer bekend, maar omdat de ontwikkeling daarvan mede bepaald wordt door de golfwerking en het langstransport langs de kust, is een vertaling daarvan naar de geulenstelsels in het estuarium zelf niet goed mogelijk.

Evenzo geldt dat een groot aantal studies is verricht naar meander- en vlechtingsprocessen van (beneden)rivieren. Omdat hierbij slechts sprake is van stroming in één richting geldt ook hiervan dat vertaling naar estuaria niet mogelijk is zonder grote onzekerheden te introduceren.

Door toch situaties die in wezen niet vergelijkbaar zijn op te drukken op het estuarium, loopt men het risico dat hierdoor het onderzoek een richting krijgt die bij een onbevangen benadering niet zou zijn gekozen.

3.2 DR. IR. J. VAN VEEN

Door Joh. van Veen is in de dertiger jaren een begin gemaakt met kwantitatief onderzoek in de Nederlandse estuaria.

Op zijn initiatief werden onder andere de eerste simultane debietmetingen in raaien dwars over het estuarium uitgevoerd (Haring, 1977).

In 1950 werd door Van Veen een algemene beschrijving van de eb- en vloodschaarsystemen in de Nederlandse Getijwateren (Van Veen, 1950) opgesteld die in feite nog steeds aktueel is.

In deze publikatie worden de hydrodynamische en morfologische processen die in estuariumgeulen optreden in globale en kwalitatieve zin beschreven.

3.3 RELATIE GETIJVOLUME EN DOORSTROOMOPPERVLAK

In 1931 wordt door O'Brien een relatie gelegd tussen getijvolume en doorstroomoppervlak in de zeegaten, gevolgd door Jac. Haring in 1967.

Daarna is dit ook in andere publikaties en rapporten gedaan, zoals: O'Brien (1969), Haring (1977), Van de Kreeke en Haring (1979), Gerritsen en De Jong (1983 en 1984) en J.H. van den Berg (1986).

Van den Berg (1986) geeft een vergelijkend overzicht van de resultaten van diverse onderzoekers. Van den Berg maakt daarbij nadrukkelijk onderscheid tussen ebgedomineerde geulen enloedgedomineerde geulen. Andere onderzoekers nemen vaak het totale doorstroomoppervlak van een raai, ongeacht het aantal geulen waaruit deze raai bestaat, als maatgevend oppervlak, waardoor niet altijd volledig vergelijkbare uitkomsten worden verkregen.

Ook Van den Berg lijkt hier overigens niet helemaal aan te ontkomen.

De relatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak heeft in het algemeen de volgende gedaante:

$$DV = a \cdot A + b$$

waarin:

- DV = dominant getijvolume (eb of vloed) [m³/getijfase]
- A = doorstroomoppervlak beneden NAP [m²]
- a = konstante (getijweg) [m/getijfase]
- b = konstante [m³/getijfase]

De diverse onderzoekers geven de volgende waarden voor a en b:

Naam	jaar	a	b	geultype
Haring	1967	13400	0	eb en vloed
O'Brien	1969	13160	0	onbekend
Haring	1977	12300	0	hele raai
Gerritsen	1983	12990	+ 21,1.10 ⁶	W'sch - eb
	1983	13000	+ 23,2.10 ⁶	W'sch - vloed
Gerritsen	1984	13500	+ 1,4.10 ⁶	Wadden - eb
	1984	14400	-5,2.10 ⁶	Wadden - vloed
v.d. Berg	1986	12200	+ 2.10 ⁶	eb en vloed

Hieruit blijkt dat, ondanks de onduidelijkheid over de wijze waarop doorstroomoppervlak en dominant getijvolume zijn gedefinieerd, er toch een behoorlijke uniformiteit in de uitkomsten bestaat. Dit doet vermoeden dat de relatie tussen getijvolume en doorstroomoppervlak een goede parameter kan zijn om getijgeulen te karakteriseren.

Een lineair verband tussen getijvolume en doorstroomoppervlak, met een waarde van b die (nagenoeg) gelijk is aan nul, impliceert dat de gemiddelde snelheid in een getijgeul (in de dominante getijfase) min of meer konstant is.

Per Bruun (1990, e.a.) toont op theoretische gronden aan dat een min of meer konstante gemiddelde snelheid in getijgeulen aannemelijk is.

Uit deze resultaten blijkt dat in de relatie tussen dominant getijvolume en doorstroomoppervlak per geul mogelijkheden liggen voor een karakterisering van geulen.

3.4 WESTERSCHELDE - GERRITSEN EN DE JONG (1983)

Voor de Westerschelde werd in 1983 door Gerritsen en De Jong een actualisatie gemaakt van de relatie tussen geulprofiel en stroomparameters. Naast de relatie tussen getijvolume en doorstroomprofiel (zie vorige paragraaf) werd daarbij ook een aantal andere stroomkarakteristieken onderzocht. De analyse werd verricht voor individuele geulen en voor totale dwarsdoorsneden van de rivier.

De relaties die door Gerritsen en De Jong zijn onderzocht luiden:

- $Q_{\max}$ versus A

- $\frac{Q_{\max}}{C\sqrt{\tau_s/\rho g}}$ versus A

- *getijvolume versus A .*

Uit de $Q_{\max}$ -relaties blijkt dat een ebgeul bij gegeven $Q_{\max}$ een aanmerkelijk ruimer profiel heeft dan een vloedgeul. Dit kan verklaard worden door het sterk gepiekte karakter van de vloedstroom: een hoog debiet met een korte duur. Bij eb daarentegen is sprake van een meer geleidelijk verlopend debiet.

Een nadere uitwerking van de relatie kan mogelijk tot interessante resultaten leiden. Hierbij moet worden aangetekend dat de meetfout in $Q_{\max}$ wellicht groter is dan de meetfout in een gemiddelde parameter over de hele getijfase.

De tweede relatie $\frac{Q_{\max}}{C\sqrt{\tau_s/\rho g}} - A$ valt af omdat bij de bepaling van C en τ_s

gebruik gemaakt is van de debietmetingen en het daarbij behorende doorstroomprofiel. Aan deze relatie mag dus geen waarde worden toegekend, ondanks het feit dat deze b.v. door Bruun (1990) uitvoerig wordt aangehaald.

Vergelijkt men eb- en vloedgeulen dan blijkt een grote mate van overeenstemming in de relatie voor beide type geulen (zie ook vorige paragraaf). Dit geeft aan dat eb- en vloedvolume wellicht een goede parameter is om de hydraulische omstandigheden in een geul te karakteriseren. Daarnaast blijkt dat het doorstroomoppervlak van individuele (eb- resp. vloed-)geulen in het algemeen afwijkt van het doorstroomoppervlak van de totale dwarsdoorsnede die uit meerdere geulen kan bestaan.

In een situatie waarbij een ebgeul en een vloedgeul samenkomen en als één hoofdgeul verder gaan ontstaat een situatie waarbij het profiel van de eb- en de vloedgeul samen groter is dan het profiel van de enkele hoofdgeul. De grootte van het verschil hangt af van de mate van scheefheid van de eb/vloed-verdeling over beide geulen.

Hieruit blijkt dat het totale dwarsprofiel van een raai geen eenduidige parameter is om een profiel te karakteriseren: de grootte van deze parameter is afhankelijk van de onderverdeling van de raai in eb- en vloedgeulen.

Deze konstateringen zijn aanleiding om de relaties tussen doorstroomprofiel en individuele geul nader te bezien.

3.5 KONKLUSIES

Het meestbelovende spoor voor een kwantitatieve karakterisering van getijgeulen bestaat uit een analyse van de relatie tussen dominant getijvolume en doorstroomoppervlak.

Een tweede spoor, dat eveneens goede resultaten kan opleveren, maar dat wellicht een wat grotere onzekerheidsmarge heeft wegens de grotere meet-afwijkingen, is de relatie tussen maximum debiet en doorstroomoppervlak.

Daarbij moet zorgvuldig een definitie van individuele geulen worden gemaakt; geulen die intern bestaan uit een ebdominante en een vloeddominante sectie dienen te worden uitgesloten van de analyse.

Publikaties die bruikbare kwantitatieve analyses van drempelgebieden in estuariumgeulen geven zijn in deze beknopte literatuurstudie niet geïdentificeerd. Van de kwalitatieve publikaties is Van Veen (1950) vooralsnog het sterkst.

4. STABILITEITSONDERZOEK GEULEN

4.1 ALGEMEEN

Uit de verkennende literatuurstudie blijkt dat over drempels in estuariumgeulen alleen kwalitatieve verhalen bestaan. Over geulen kunnen ook in kwantitatieve zin uitspraken worden gedaan.

Gebleken is dat er verschillen bestaan tussen de karakteristieken van de individuele geulen en van de totale dwarsraai, die bestaat uit de som van alle geulen in de raai. Dit onderscheid is tot op heden echter niet konsekwent gemaakt.

In dit hoofdstuk wordt dit wel gedaan.

De debietraaien van de Westerschelde die zijn beschouwd zijn weergegeven in figuur 4.1. De oudste debietmetingen die zijn gedaan dateren van 1932, de meest recente van 1991.

In de volgende paragrafen wordt allereerst een (beperkte) korrektie uitgevoerd op de totale eb- en vloedvolumes van de debietraaien, zodanig dat het verschil tussen eb en vloed altijd gelijk is aan de gemiddelde Schelde-afvoer. Vervolgens wordt een relatie vastgesteld voor de eb- en de vloedgeulen.

In aansluiting daarop wordt een evenwichtsparameter P gedefinieerd die gelijk is aan 1 als de betreffende geul tijdens de betreffende debietmeting exakt overeenkomt met deze relatie.

Tenslotte wordt een onderzoek ingesteld naar de mogelijke oorzaken waardoor de waarde van P in een bepaalde geul ongelijk aan 1 kan zijn en wordt voor iedere geul in de debietraaien het verloop van P in de tijd in beeld gebracht.

4.2 KORREKTIE DEBIETMETINGEN

Natuurmetingen van het debiet in een bepaalde dwarsraai kunnen om een aantal redenen slechts met een beperkte nauwkeurigheid worden uitgevoerd. Door Gerritsen en De Jong (1983) wordt de mogelijke fout van de naar gemiddeld getij herleide debieten geschat op 5 à 10%.

In nota GWAO-89.1004 "Debietgegevens van de Westerschelde vanaf 1932" (De Jong 1989) worden de naar gemiddeld getij herleide debieten van alle debietraaien en alle hoofdgeulen tussen 1932 en 1988 gepresenteerd. In 1993 is een aanvulling op deze nota verschenen die de periode tot 1992 betreft. Uit de nota blijkt dat het totale ebvolume en het totale vloedvolume in een bepaalde raai niet altijd overeenstemmen.

Om deze reden is besloten tot het doorvoeren van een correctie, zodanig dat het totale vloedvolume over de dwarsraai altijd enigszins kleiner is dan het totale ebvolume. Dit verschil is geschat op basis van een bovenafvoer van de Schelde van 100 m³/s en bedraagt dan 4.5 Mm³/getij. Dit getal komt overeen met het gemiddelde verschil van alle debietmetingen over alle raaien.

Bij deze correctie is verondersteld dat het totale getijvolume (som van eb en vloed) wel juist is.

Een verhoging van het ebvolume gaat dus gepaard met een identieke verlaging van het vloedvolume en omgekeerd.

De aldus verkregen correctiecoëfficiënten zijn gelijkelijk verdeeld over de diverse geulen die onderdeel uitmaken van de beschouwde dwarsdoorsnede. De gekorrigeerde volumina per geul zijn als basis gebruikt voor de bepaling van de relatie met het doorstroomoppervlak.

De resultaten zijn samengevat in tabel 1 en 2.

4.3 BEPALING EVENWICHTSRELATIE

Gekozen wordt voor een benadering per geul omdat op deze wijze rekening gehouden kan worden met het feit dat de ene dwarsdoorsnede bestaat uit een sterk geprononceerde ebgeul en een vloedgeul, terwijl dat in een andere dwarsdoorsnede veel minder het geval is.

Voorts wordt, in afwijking van o.m. Gerritsen en De Jong, vooralsnog onderscheid gemaakt in een aantal tijdvakken, zodanig dat een geul per tijdvak nooit meer dan één keer voorkomt. Op deze wijze wordt dubbel meetellen van geulen voorkomen.

De beschouwde periodes zijn:

- 1932 - 1937
- 1957 - 1961
- 1963 - 1969
- 1970 - 1974
- 1975 - 1980
- 1981 - 1985
- 1988
- 1989 - 1991

Voor het doorstroomoppervlak is telkens het gemeten oppervlak beneden NAP aangehouden.

In de regressie-analyse zijn alleen die geulen meegenomen die duidelijk uit één geul bestaan. Hierdoor vallen de volgende geulen af omdat deze gezien de bodemligging intern bestaan uit een eb- en een vloeddominant gedeelte:

- raai 10 : Honte + Schaar van Spijkerplaat
 - raai 9 : Honte, Schaar van Spijkerplaat en Vaarwater langs Hoofdplaat.
- Het meenemen van deze geulen is gezien het globale karakter van de debietgegevens ter plaatse thans niet mogelijk.

Voorts zijn de volgende geulen weggelaten:

- raai 3 : Zimmermangeul, omdat hier meestal sprake is van meerdere kleine geulen
- raai 4 : kombergingsgebied Saeftinge
- raai 1 : Ballastplaat, overstroming leidam.

In de figuren 4.2 a t/m h zijn de resultaten van de regressie-analyse gegeven, terwijl in figuur 4.3a ook de som van alle jaargangen is gepresenteerd. In figuur 4.3a komen de eb- en vloedgeulen van de debietraaien 5 en 6 zeven- à achtmaal voor, terwijl debietraai 8 slechts éénmaal voorkomt.

Hierdoor domineren de raaien 5 en 6 in de regressie-analyse. In feite wordt verondersteld dat de geulen bij een volgende meting onafhankelijk zijn van de vorige meting. Dit is niet juist.

Een ander uiterste gaat uit van de veronderstelling dat de geulen in de loop van de tijd wezenlijk niet wijzigen.

Dit is gesimuleerd door aan de individuele meetpunten een gewicht toe te kennen dat omgekeerd evenredig is met het aantal metingen dat in de loop van de tijd in de betreffende raai is uitgevoerd.

Het resultaat hiervan is gegeven in figuur 4.3b.

Uit deze figuren blijkt:

- er blijkt geen systematisch verschil te bestaan tussen ebgeulen en vloedgeulen;
- het nulpunt (coëfficiënt b in de regressie-analyse) blijkt in vrijwel alle gevallen dicht bij het punt (0,0) te liggen;
- het is moeilijk om een trend in de loop van de tijd te ontdekken; dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat zo'n trend niet bestaat, maar anderzijds ook doordat de verschillende jaargangen onderling niet goed vergelijkbaar zijn omdat het aantal geulen sterk wisselt.

In figuur 4.4 tenslotte is de regressieanalyse met gewogen geulen nogmaals uitgevoerd, maar nu met als dwangpunt (0,0). Indien geen onderscheid gemaakt wordt tussen eb- en vloedgeulen, geldt volgens figuur 4.4 voor "evenwichts"-geulen:

$$DV = 14632 * A \quad (1)$$

waarin:

- DV = vloedvolume in vloedgeulen
 ebvolume in ebgeulen [m³/getij]
- A = doorstroomoppervlak beneden NAP [m²]

Relatie (1) zegt in feite dat de gemiddelde stroomsnelheid gedurende de dominante getijfase in alle beschouwde geulen konstant is.

Stelt men ebduur en vloedduur gelijk dan bedraagt de ebgemiddelde ebsnelheid in ebgeulen 0,66 m/s, evenals de vloedgemiddelde vloodsnelheid in vloedgeulen.

Op basis van vergelijking (1) wordt een "evenwichtsparameter" voor geulen gedefinieerd, als volgt:

$$P = 14632 A / DV \quad (1a)$$

De grootte van P is omgekeerd evenredig met de afwijking van de gemiddelde snelheid in de geul.

Een coëfficiënt $P = 1.10$ betekent dat het profiel in werkelijkheid 10% ruimer is dan op basis van de evenwichtsrelatie mag worden verwacht; de snelheid is dan dus 10% lager.

Het is moeilijk om een fysische verklaring te geven voor het identieke gedrag van eb- en vloedgeulen.

Eerzijds geeft het feit dat het maximale vloeddebiet groter is dan het maximale ebdebiet aanleiding tot de veronderstelling dat een vloedgeul ruimer zou moeten zijn dan een ebgeul.

Anderzijds geldt dat het vloeddebiet door zijn sterke gepiektheid een grotere naijling, dus onderverzadiging in de sedimenttransporten tot gevolg heeft, terwijl het maximale vloeddebiet optreedt bij hoge waterstanden.

Dit pleit voor een kleinere vloedgeul.

Kennelijk blijken beide effecten elkaar ongeveer in evenwicht te houden.

Door Gerritsen en De Jong (1983, bijlage 22) werden de volgende relaties gevonden (eb- en vloedvolumina in miljoenen m^3):

- ebgeulen : $EV = 0,012994.A + 21,1$
- vloedgeulen : $VV = 0,013.A + 23,2$

Ook hier blijkt dat slechts marginale verschillen tussen eb- en vloedgeulen bestaan.

Vergelijkt men deze relaties met verg. (1) dan blijkt dat voor geulen met $A = \text{ca. } 16.000 m^2$ de resultaten gelijk zijn.

Bij kleinere A geeft verg. (1) een kleiner eb/vloedvolume en bij grotere A een groter.

Dit hangt zeer waarschijnlijk samen met het feit dat Gerritsen en De Jong in hun analyse ook de grote geulen van debietraai 9-11 hebben meegenomen.

Omdat deze geulen intern zijn opgebouwd uit een eb-vloedschaar systeem hebben deze een groter profiel dan echte eb- of vloedgeulen.

Deze grote geulen trekken dus de richtingscoëfficiënt van de regressielijn omlaag en veroorzaken tevens een nulpuntsverschuiving.

4.4 HISTORISCHE ONTWIKKELING DEBIETRAAIEN

De historische ontwikkeling van de diverse geulen ter plaatse van de debietraaien is geanalyseerd door de afwijkingen van de hiervoor bepaalde relatie (1) te beschouwen.

Per geul en per debietmeting is de evenwichtsparameter P bepaald.

Het resultaat is gegeven in tabel 3. In deze tabel zijn ook enkele geulen die bij de regressie-analyse buiten beschouwing zijn gelaten meegenomen.

Op basis van deze tabel kunnen per geul konklusies getrokken worden ten aanzien van de ontwikkeling in de tijd. Het beeld van de diverse debietraaien is als volgt:

Raai 1

Raai 1 bestaat uit het Vaarwater boven Bath en de Ballastplaat.

Deze laatste trekt alleen debiet als de leidam overstroomd wordt. In de analyses is de Ballastplaat verwaarloosd.

Het Vaarwater boven Bath blijkt systematisch te ruim te zijn: $P \approx 1,15$ à $1,20$.

Raai 2

Deze raai wordt gevormd door het Nauw van Bath (ebgeul) en het Schaar van de Noord (vloedgeul). Beide geulen lijken elkaar te nivelleren: in 1972 is de ebgeul te ruim en de vloedgeul te krap en in 1982 is dit omgekeerd, hetgeen in 1989 nog wordt versterkt.

Dit kan samenhangen met de definitie van het splitsingspunt tussen beide geulen.

Raai 3

Raai 3 bestaat uit de Overloop van Valkenisse (Zuidergat), plus enkele geultjes in het land van Saeftinge alsmede een deel van de Platen van Valkenisse (ebgeul) en de Zimmermangeul met eveneens een deel van de Platen van Valkenisse (vloedgeul).

Door de samenvoeging van een aantal kleine geulen met de hoofdgeul is mogelijk een niet geheel zuiver beeld ontstaan.

Het zeer warrige beeld in de Zimmermangeul zou hier gedeeltelijk door verklaard kunnen worden. Anderzijds is bekend dat dit gebied een sterke dynamiek vertoont met wisselende erosies en aanzandingen en soms grote stroomsnelheden. Zo lijkt het zeer krappe profiel in 1963 samen te hangen met de toentertijd opgetreden hoge snelheden, resulterend in een scheepsramp op 25 februari 1963.

Duidelijk is dat in de Zimmermangeul e.o. processen optreden die niet met de eenvoudige benadering van de enkele geul uit dit hoofdstuk kunnen worden verklaard.

Ook de ebgeul (Zuidergat/Overloop van Valkenisse) wordt enigszins verstoord door nevengeulen die bij de hoofdgeul zijn opgeteld. Niettemin is een duidelijke trend van geleidelijke verruiming van het profiel te ontdekken: van $P = \text{ca. } 0,85$ in 1933 tot bijna 1 in 1990.

Naast de genoemde trend tot vergroting van P is in het Zuidergat ook sprake van een vergroting van het doorstroomoppervlak sinds 1963. De totale vergroting in 28 jaar bedraagt bijna 30%.

Raai 5/5A

De ebgeul wordt gevormd door het Zuidergat plus een deel van de Platen van Walsoorden; de vloedgeul door het Schaar van Waarde en eveneens een deel van het platengebied.

Het dwarsprofiel van de ebgeul is sinds 1957 sterk toegenomen (tot 1988 ruim 50%). In de evenwichtsparameter P is moeilijk een trend te signaleren: er is sprake van een afwisselend te ruim en een te krap profiel, waarbij met name 1988 sterk afwijkt (te ruim).

Het Schaar van Waarde is tot 1975 afgenomen. Daarna is weer sprake van een toename van het profiel, terwijl over de hele periode vanaf 1937 sprake is van een te ruim profiel (alleen in 1964 nagenoeg evenwicht). Dit zou zeer wel kunnen samenhangen met het feit dat het Schaar van Waarde ondiep en breed is.

Raai 6

Deze raai bestaat uit het Middelgat (ebgeul) en het Gat van Ossenis (vloedgeul). Evenals in raai 5 is sprake van grote veranderingen in de loop van de tijd.

De ebgeul is sterk afgenomen (ca. 25%), waarbij P ongeveer gelijk aan 1 gebleven is. Er blijkt dus ondanks de afname van het profiel in de tijd min of meer sprake te zijn van een evenwichtsprofiel.

De vloedgeul daarentegen kent een toenemend vloedvolume, terwijl het doorstroomoppervlak zich in veel mindere mate aanpast. Dit leidt tot een systematische verkrapping in de loop van de tijd.

Raai 7 en 8

De ebgeul in raai 7 en 8 wordt gevormd door het Pas van Terneuzen; de vloedgeul door de Everingen.

Beide geulen zijn te krap.

Dit kan samenhangen met de bodemsamenstelling: het Pas van Terneuzen bestaat uit tertiaire klei die zeer moeilijk te eroderen is en de Everingen uit grof zand.

Het krappe profiel kan ook samenhangen met de grote waterdiepte van beide geulen: 30 à 35 m in het Pas van Terneuzen en 25 à 30 meter in de Everingen.

Dit wordt bevestigd door raai 8 waar slechts één meting is uitgevoerd (1958). Hoewel ook daar de bodem uit grof zand bestaat is niettemin sprake van een evenwichtsprofiel, zowel in de ebgeul als in de vloedgeul.

4.5 MOGELIJKE OORZAKEN AFWIJKINGEN

Het feit dat de evenwichtsparemeter P niet altijd gelijk is aan 1 kan een aantal oorzaken hebben:

A. Meetfouten, onder te verdelen in:

- meetfouten door stroomoppervlak; deze fout heeft een toevallig karakter
- verdraaiing geul t.o.v. debietraai: indien hiervoor niet is gecorrigeerd zou het geleidelijk wegdraaien van een geul tot een schijnbare trend in de parameter kunnen leiden
- fouten in de debietmeting: door de eerder genoemde correctie is slechts een deel van de fouten gecompenseerd. Ter illustratie is in figuur 4.5 voor alle debietraaien het verloop van het getijvolume (eb + vloed) in de tijd uitgezet.

Veronderstelt men nu dat het tijdsverloop van het getijvolume voor alle raaien gelijk is, dan kan men door het intekenen van een gemiddelde lijn per debietmeting een fout afschatten. Wordt deze fout vervolgens weer gelijkmatig toegerekend aan de verschillende geulen per raai, dan ontstaat per geul een correctie op de gevonden coëfficiënt.

Zie tabel 4. Door deze correctie blijken de toevallige fluctuaties wat kleiner te worden en worden de trends enigszins duidelijker, met name in debietraai 6.

NB: mogelijk is ook uit andere bron inzicht in het verloop van de getijvolumina in de tijd beschikbaar, waardoor de ontwikkeling van het gemiddelde in figuur 4.5 beter kan worden gedefinieerd.

B. Bagger- en stortactiviteiten

Hierdoor kan een profiel kunstmatig te groot of te klein zijn.

C. Bodemsamenstelling

Een sprekend voorbeeld hiervan is de aanwezigheid van tertiaire kleilagen, zoals in het Pas van Terneuzen.

Ook minder duidelijk afwijkende omstandigheden, zoals verschillen in korreldiameter van een zandbodem, kunnen echter invloed hebben, onder meer omdat hierdoor de bodemruwheid kan worden beïnvloed.

D. Hydraulische omstandigheden, onder te verdelen in:

- 3-dimensionale effecten, zoals spiraalstromen, waardoor de hoofdstroomrichting gemiddeld wel maar momentaan niet samenvalt met de geulrichting
- het effect van de vloedstroom in een ebgeul en omgekeerd; in sommige geulen mogelijk zelfs interne vloed/eb-schaarsystemen binnen de geul
- effect van de waterdiepte: dit is te zien aan de hand van Chézy:

$$V = C \sqrt{Ri} \quad (2)$$

waarin:

V = stroomsnelheid	[m/s]
C = Chézy-coëfficiënt	[m ² /s]
R = hydraulische straal	[m]
i = verhang	[-]

De stroomsnelheid V is omgekeerd evenredig met de evenwichtsparameter. Veronderstelt men nu konstant verhang, een hydraulische straal gelijk aan de waterdiepte h en een C volgens Manning:

$$C = h^{1/6}/n, \text{ met konstante } n\text{-waarde,}$$

dan volgt:

$$P = \text{konstante} * h^{-2/3} \quad (3)$$

Bij een geulsysteem waarbij een ebgeul en een vloedgeul zowel ten oosten als ten westen van de beschouwde raai samenkomen in één knooppunt kan men nog een stap verder gaan door het verhang niet konstant te veronderstellen.

In dit geval is het verval van knooppunt naar knooppunt konstant en is het verhang in de geulen omgekeerd evenredig met de geullengte L (gemeten van knooppunt naar knooppunt).

Vergelijking (3) gaat dan over in:

$$P = \text{konstante} * h^{-2/3} * L^{1/2} \quad (3a)$$

De bovenstaande overwegingen ten aanzien van de evenwichtsparameter P zullen in de volgende hoofdstukken bij de analyse van de ruimtelijke ontwikkelingen van geulen en drempelgebieden een belangrijke rol spelen.

4.6 KONKLUSIES

Er blijkt een eenvoudige relatie te bestaan tussen het ebvolume in ebgeulen en het vloedvolume in vloedgeulen enerzijds en het doorstroomoppervlak van deze geulen anderzijds.

Deze relatie is (toevalligerwijze?) identiek voor ebgeulen en voor vloedgeulen. Het doorstroomprofiel van een geul wordt niet significant beïnvloed door de hoeveelheid water die tijdens de niet-dominante getijfase door de geul stroomt.

De afwijkingen die in individuele geulen kunnen optreden (te ruim of te krap profiel) leveren een bruikbare aanzet voor de karakterisering van deze geulen. Hiertoe is een zgn. evenwichtsparameter P geïntroduceerd. Bij $P = 1$ is sprake van evenwicht; bij grotere P is het profiel in werkelijkheid te ruim en bij $P < 1$ is het profiel te krap.

Het gedrag van de parameter P is per geul verschillend. Dit wordt nader onderzocht bij de analyse per drempelgebied in hoofdstuk 6.

Allereerst wordt met behulp van het GIS-systeem Arcinfo inzicht gecreëerd in het verloop van enkele morfologische kentallen, waaronder het doorstroomoppervlak beneden NAP, in vrijwel alle geulen van het estuarium.

Door deze bewerking wordt de hele geul in de beschouwingen betrokken, waardoor eventuele lokale verstoringen ter plaatse van de debietraai, die niet representatief zijn voor de geul als geheel, kunnen worden gesignaleerd.

5. RUIMTELIJKE BESCHRIJVING

5.1 ALGEMEEN

Bij de analyse van de debietmetingen zoals die in het vorige hoofdstuk is uitgevoerd is alleen gebruik gemaakt van gegevens ter plaatse van de debietraaien.

Uitbreiding van deze analyse naar de hele Westerschelde is mogelijk door:

- a) gebruik te maken van afgeleide debietgegevens in andere raaien, b.v. de resultaten van hydraulische modellen
- b) gebruik te maken van de lodinggegevens buiten de debietraaien om morfologische parameters, waaronder het doorstroomoppervlak beneden NAP, in ruimte en tijd in beeld te brengen.

In dit onderzoek wordt om een aantal redenen afgezien van de eerste mogelijkheid, behoudens een handmatige afschatting van hydraulische gegevens voor verschillende drempelgebieden in hoofdstuk 6.

Het onderzoek wordt geconcentreerd op het tweede spoor: de ruimtelijke ontwikkeling van morfologische parameters.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van het GIS-systeem Arcinfo dat bij Rijkswaterstaat in opbouw is.

Na een selectie van de parameters die in het onderzoek worden meegenomen worden de resultaten van de parametrisering per geul(systeem) over de hele Westerschelde van de grens tot Vlissingen gepresenteerd voor een aantal jaargangen. Vervolgens wordt een analyse gemaakt van de representativiteit van de diverse debietraaien voor de bepaling van de evenwichtsparameter P per geul. Tevens wordt een globale evaluatie uitgevoerd van de mate van geschiktheid van de diverse kentallen voor het karakteriseren van een geul.

De ontwikkelingen in de geulen zelf worden niet in dit hoofdstuk beschreven; hiertoe wordt verwezen naar hoofdstuk 6 waar een analyse wordt gemaakt per drempelgebied.

5.2 BESCHRIJVING GIS BESTANDEN

In het GIS systeem van Rijkswaterstaat is de diepteligging van de Westerschelde voor verschillende jaargangen beschikbaar. De onderliggende digitale bestanden bevatten de diepteligging van de Westerschelde met een horizontale resolutie van 20 m.

De digitale bestanden kunnen op de volgende manieren zijn opgebouwd:

- Door het digitaliseren van bestaande lodings- en dieptelijnenkaarten.
- Door gebruik te maken van originele lodingsdata (raaigegevens).

De bestanden die gebaseerd zijn op raai-data tonen meer reliëf in de bodemligging dan de bestanden gebaseerd op BODKAR punten. Voor de parametrisering van de Westerschelde is daarom gekozen voor de bestanden gebaseerd op raaidata.

De volgende jaargangen zijn gebruikt:

- 1960/61 - Dit is het oudste digitale bestand gebaseerd op raaidata dat bij de aanvang van het onderzoek beschikbaar was.
- 1977/78 - Geeft de situatie in de Westerschelde weer vlak na de verdieping.
- 1992 - Bestand met de meest recente data.

Het aantal beschikbare jaargangen is groter en wordt door Rijkswaterstaat voortdurend uitgebreid, zowel door het toevoegen van tussengelegen jaren als door het digitaliseren van oudere gegevens.

5.3 DEFINITIE PARAMETERS

5.3.1 Algemeen

De morfologische parameters worden bepaald per geul. Hiertoe wordt handmatig een aantal raaien ingevoerd die zo goed mogelijk dwars op de geul staan. Binnen Arcinfo is vervolgens de mogelijkheid aanwezig om deze handmatige schatting te verfijnen door de raai dusdanig te laten roteren dat het kleinste dwarsprofiel ontstaat.

Als referentievlak voor alle bewerkingen is NAP gekozen.

In de eerste stap van de bewerkingen is van iedere raai het begin en einde bepaald. Langs de oever en langs hooggelegen platen worden deze punten bepaald door het snijpunt van het profiel met het NAP-vlak. Bij lager gelegen platen met een diepte beneden NAP wordt het hoogste punt (de waterscheiding) aangemerkt als het einde van de raai. Als dat geen bevredigend resultaat geeft bestaat tenslotte de mogelijkheid om zelf een eindpunt te kiezen.

De te presenteren parameters zijn beperkt tot een aantal hoofdkenmerken (oppervlak, breedte, diepte, etc.) van het profiel. De definitie van deze parameters is bepaald op basis van hydraulische overwegingen.

5.3.2 Hydraulische overwegingen

Verondersteld wordt dat rond maximum stroom in de geul een min of meer permanente stromingssituatie geldt, d.w.z. dat "Chézy" toepasbaar is.

Er geldt dan:

$$u(y) = C(y) \sqrt{R(y) \cdot i} \quad (4)$$

$$Q = \int_0^b u(y) \cdot h(y) dy \quad (5)$$

waarin:

y	= afstand dwars op geulrichting	[m]
u	= vertikaalgemiddelde snelheid	[m/s]
C	= Chézy-coëfficiënt	[m ² /s]
	= $h^{1/6}/n$	
h	= lokale waterdiepte	[m]
n	= Manning coëfficiënt	[s/m ^{1/3}]
R	= lokale hydraulische straal	[m]
	= h (aanname)	
i	= verhang (aanname: konstant)	[-]
b	= geulbreedte van waterscheiding tot waterscheiding (dijk)	[m]
Q	= geuldebiet	[m ³ /s]

Nadere uitwerking geeft:

$$u(y) = \text{const} \cdot h(y)^{2/3} \quad (6)$$

$$Q = \text{const} \cdot \int_0^b h(y)^{5/3} dy \quad (7)$$

Het stroomvoerend vermogen W van de geul wordt gedefinieerd volgens:

$$W = Q / \text{const} = \int_0^b h(y)^{5/3} dy \quad (7a)$$

De karakteristieke breedte B van de geul wordt gedefinieerd als dat deel van de totale breedte waarbinnen 90% van het debiet plaatsvindt, ofwel:

$B = y_2 - y_1$ waarbij y_2 en y_1 bepaald worden volgens:

$$\int_0^{y_2} h(y)^{5/3} dy = 0.95 \cdot W \quad (8a)$$

$$\int_0^{y_1} h(y)^{5/3} dy = 0.05 \cdot W \quad (8b)$$

Voorts geldt:

$$A_s = \int_{y_1}^{y_2} h(y) dy \quad (9)$$

waarin A_s = stroomvoerend doorstroomoppervlak [m²]

De karakteristieke breedte B en diepte H van een geul zijn aan elkaar gekoppeld via

$$A_s = B \cdot H \quad (10)$$

A_s is bekend uit (9) en B uit (8a/8b).

De geul-as wordt gedefinieerd als het punt y_3 waarvoor geldt:

$$\int_0^{y_3} h(y)^{5/3} dy = 0.5 \cdot W \quad (11)$$

De scheefheid van de geul kan gedefinieerd worden als:

$$S = 0.5 - \left| \frac{y_2 - y_3}{B} - 0.5 \right| \quad (12)$$

S heeft een waarde tussen 0 en 0.5; $S = 0.5$ betekent dat de geulas in het midden van de geul ligt.

5.3.3 Te presenteren parameters

Voor een aantal parameters kan op basis van de voorgaande overwegingen in iedere raai de positie (x, y) worden vastgesteld.

Deze parameters zijn:

- waterscheiding links en rechts
- breedtegrenzen volgens (8a) en (8b)
- geulas volgens (11).

Deze parameters worden ruimtelijk gepresenteerd in een dieptelijntekening van de Westerschelde.

Een aantal andere parameters levert een kental dat kenmerkend is voor de betreffende raai. Deze parameters zijn:

- Doorstroomoppervlak beneden NAP van waterscheiding tot waterscheiding.
- Stroomvoerend geuloppervlak beneden NAP, dit is het oppervlak waarbinnen 90% van het debiet optreedt, volgens (9).
- Karakteristieke geulbreedte, bepaald volgens (8a) en (8b).
- Karakteristieke diepte, bepaald uit het stroomvoerend oppervlak en de stroomvoerende breedte, gedefinieerd in (10).
- Stroomvoerend vermogen, bepaald volgens (7a).
- Geulscheefheid, gedefinieerd volgens (12).
- Bochtstraal, gedefinieerd door de ligging van de geulas in 3 naast elkaar gelegen raaien.

Deze gegevens, behalve de bochtstraal, worden voor iedere raai in tabelvorm gepresenteerd. Voor raaien die in een duidelijk te definiëren doorgaande geul liggen worden de parameters bovendien in figuren gepresenteerd.

Voor een nadere beschrijving van deze en andere parameters wordt verwezen naar de nota "Morfologische parameterisatie van de Westerschelde, deel 1", door L.A. Uit den Bogaard (Rijksuniversiteit Utrecht, december 1993).

5.4 PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN

De bewerkingen zijn uitgevoerd voor 3 jaargangen van het GIS-bestand, te weten:

- 1960/61
- 1977/78
- 1992.

Gezien de veranderingen van de ligging van de diverse geulen in de loop van de tijd bleek het noodzakelijk om voor iedere jaargang opnieuw raaien te definiëren.

Deze definitie heeft plaatsgevonden in 2 rondes, waarbij in de tweede ronde correcties zijn uitgevoerd op basis van de resultaten van de eerste ronde. Verdere verbeteringen en verfijningen blijven ook na de tweede ronde mogelijk.

In de figuren 5.1A-C t/m 5.3A-C is voor de drie beschouwde jaargangen de ligging van de raaien aangegeven.

Begin en eind van iedere raai (ofwel de waterscheiding) is in deze figuren aangegeven met het symbool Δ en de grenzen van de karakteristieke geulbreedte met het symbool $|$, terwijl de geulas is aangegeven door het symbool O .

De getalswaarden van de overige parameters (oppervlak tot en met scheefheid) zijn gegeven in appendix 1 voor alle raaien.

Voor een aantal geulen worden deze parameters tevens in figuurvorm gepresenteerd (figuur 5.4A-G t/m 5.13A-G).

Het nulpunt van de diverse geulen is daarbij telkens gekozen aan de stroomafwaartse (Vlissingse) kant. De raainummering in deze figuren verwijst naar de positie van de raaien zoals aangegeven in de figuren 5.1 t/m 5.3. Tevens is in deze figuren de positie van de debietraaien aangegeven die in het vorige hoofdstuk zijn behandeld.

Hoewel de analyse van de Westerschelde plaatsvindt in stroomafwaartse richting van de grens naar Vlissingen, is in de figuren 5.4 t/m 5.13 omwille van de leesbaarheid gekozen voor de omgekeerde richting (van links naar rechts). De bochtstraal van de geulen is in de figuren om praktische overwegingen gepresenteerd als 10000/bochtstraal. Een hoge waarde van deze parameter duidt dus op een sterke kromming.

Tenslotte is in de figuren 5.14 t/m 5.16 voor iedere jaargang een beeld gegeven van het verloop van het dwarsprofiel over het hele estuarium van Vlissingen tot de grens.

Als centrale as is in deze figuren zo goed mogelijk de waterscheiding tussen de hoofdgeulen aangehouden. Op knooppunten, waar deze waterscheiding ontbreekt, heeft interpolatie plaatsgevonden.

In deze figuren, waarin de trechtervorm van het estuarium duidelijk tot uiting komt, is tevens de jaarlijkse vergroting of verkleining van het profiel als gevolg van de bagger- en stortactiviteiten aangegeven.

5.5 EVALUATIE GEKOZEN PARAMETERS

Het geuloppervlak beneden NAP, de karakteristieke breedte, de karakteristieke diepte en het stroomvoerend vermogen blijken een goede indruk te geven van de ontwikkeling van de geulen in ruimte en tijd.

Het stroomvoerend vermogen lijkt in het algemeen een meer vloeiend verloop te hebben dan het doorstroomoppervlak.

Dit betekent dat het stroomvoerend vermogen vooralsnog wellicht de beste parameter is om een geul te karakteriseren.

Het stroomvoerend oppervlak geeft naast het totale geuloppervlak en het stroomvoerend vermogen niet veel extra informatie.

Geulscheefheid en bochtstraal vertonen in het algemeen een nogal grillig beeld. Voor het verkrijgen van een samenvattend overzicht van de gehele geul spelen deze parameters een ondergeschikte rol. Indien men de lokale omstandigheden aan een gedetailleerd onderzoek onderwerpt zullen deze parameters naar verwachting wel belangrijk blijken te zijn.

Het feit dat het stroomvoerend vermogen kennelijk een goede parameter is, is aanleiding om te overwegen om ook bij de debietmetingen het stroomvoerend vermogen te bepalen. Hiertoe dient een extra bewerking op de basisgegevens van iedere debietmeting te worden uitgevoerd.

Vervolgens kan dan, analoog aan de werkwijze bij de bepaling van de evenwichtsparameter P in hoofdstuk 4, ook een relatie worden bepaald tussen dominant getijvolume en stroomvoerend vermogen. Op basis daarvan kan dan een nieuwe evenwichtsparameter worden bepaald.

Deze nieuwe parameter zou in theorie alleen nog afhankelijk zijn van de geullengte, cq. het verhang (zie vergelijking 3a van par. 4.5). Daarmee verkrijgt deze parameter het karakter van een korrektieterm op de Manning-coëfficiënt, d.w.z. op de bodemruwheid. Op deze wijze kan een calibratiegegeven gegenereerd worden voor hydraulische modellen.

5.6 REPRESENTATIVITEIT VAN DE DEBIETRAAIEN

Raai 1 bevindt zich in het Vaarwater boven Bath (figuur 5.4). Ter plaatse van de debietraai is sprake van een afnemend doorstroomoppervlak in afwaartse richting. Deze tendens is gelijk voor alle raaien ondanks de toename van het profiel in de periode 1960-1977. Dit betekent dat debietraai 1 niet representatief is voor het gehele Vaarwater boven Bath; de ontwikkelingen in de tijd worden echter wel goed weergegeven.

Raai 2 bevindt zich in het Nauw van Bath (figuur 5.5) en het Schaar van de Noord. Van deze laatste geul zijn geen figuren gemaakt (te weinig raaien). Ter plaatse van raai 2 is het vaak moeilijk om beide geulen van elkaar te onderscheiden. De sterke verkrapping van het Nauw van Bath in 1989, in combinatie met een sterke verruiming van het Schaar van de Noord hangt hier waarschijnlijk mee samen. Raai 2 is wel representatief voor het totale raaidebiet, maar wellicht veel minder voor de debietverdeling over beide geulen.

Raai 3 ligt in de Overloop van Valkenisse en de Zimmermangeul (figuur 5.8 en 5.7). Uit figuur 5.8 blijkt dat het doorstroomprofiel ter plaatse van de debietraai afneemt in afwaartse richting (evenals bij debietraai 1).

De tendens tot afname wordt versterkt in de loop van de tijd als gevolg van profielverruiming ter plaatse van de debietraai. Dit betekent dat de resultaten niet representatief zijn voor de rest van het Zuidergat: op basis van figuur 5.8A lijkt in het Zuidergat afwaarts van debietraai 3 eerder sprake te zijn van een verkrapping (ebvolume neemt in de tijd sterker toe dan het profiel) dan van een verruiming (zoals bij debietraai 3 gevonden is).

Over de Zimmermangeul valt weinig te zeggen omdat de veranderingen hier zo sterk zijn dat steekproeven met een interval van 15 à 17 jaar geen duidelijk beeld geven.

Raai 5 loopt van Walsoorden naar Waarde en passeert het Zuidergat (figuur 5.8) en het Schaar van Waarde. Van deze laatste geul zijn wegens de sterke veranderingen geen aparte figuren gemaakt.

In het Zuidergat (figuur 5.8A) is sprake van een toenemend profiel in afwaartse richting en in de tijd. Dit laatste is aanleiding geweest om de raai in 1990 te verplaatsen naar raai 5A.

In alle gevallen lijkt de ontwikkeling van het vloodschaartje in de rand van de Plaat van Walsoorden in belangrijke mate de resultaten ter plaatse van de debietraai te beïnvloeden. Raai 5/5A is dus niet representatief voor het hele Zuidergat. Voor het Schaar van Waarde geldt evenals bij de Zimmermangeul dat de schematisatie in tijd en ruimte te grof is om uitspraken te kunnen doen.

Raai 6 betreft het Gat van Ossenis (figuur 5.9) en het Middelgat (figuur 5.10). In beide geulen is sprake van een geleidelijk verloop met toenemend profiel in afwaartse richting, zonder lokale discontinuïteiten. Raai 6 is derhalve als representatief te beschouwen; de berekende P-waarden geven wellicht een goede indruk van de geul als geheel.

Raai 7 kruist de Everingen (figuur 5.11) en het Pas van Terneuzen (figuur 5.12). In de Everingen is de raai representatief; de afname van het doorstroomoppervlak bij de laatste debietmeting (1989) blijkt echter niet uit figuur 5.11. De reden voor dit verschil is niet duidelijk.

In het Pas van Terneuzen is sprake van een grillig verloop van het doorstroomoppervlak in figuur 5.12A, terwijl de doorstroomoppervlakken volgens de debietmetingen kleiner en veel stabiel zijn. De oorzaak hiervan is niet duidelijk.

Over de raaien 8, 9 en 10 kunnen geen duidelijke uitspraken worden gedaan wegens het ontbreken van de relevante gegevens, en omdat op voorhand reeds vaststond dat deze raaien geen representatief beeld geven van individuele geulen.

5.7 KONKLUSIES

Met behulp van het GIS-systeem Arcinfo kan een duidelijk overzicht gemaakt worden van de ruimtelijke ontwikkelingen van het estuarium. De volgende basisparameters blijken voornamelijk het meest kenmerkend te zijn voor de ontwikkeling van een geul:

- geuloppervlak beneden NAP
- karakteristieke geulbreedte
- karakteristieke geuldiepte
- stroomvoerend vermogen.

Voor een aantal geulen blijken de debietraaien niet op de meest geschikte lokatie te liggen; dit betreft met name de raaien 2, 3 en 5. De in het vorige hoofdstuk gevonden P-waarden voor de geulen zijn in deze raaien niet zonder meer representatief voor de geul als geheel.

Het stroomvoerend vermogen heeft in het algemeen het meest vloeiende verloop langs de geulas.

Aanbevolen wordt om evenals bij het doorstroomprofiel beneden NAP ook voor het stroomvoerend vermogen een relatie te bepalen met het dominante getijvolume. Hiervoor is een bewerking van de basisgegevens van de debietmetingen nodig.

De evenwichtsparameter die uit deze bewerking zou kunnen volgen heeft het karakter van een korrektiefactor op de bodemruwheid (Manning-coefficient) en kan een calibratiegegeven vormen voor hydraulische modellen.

Voor een beschrijving van het verloop van de kentallen per individuele geul en de samenhang tussen de diverse geulen wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.

6. ANALYSE PER DREMPELGEBIED

6.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk wordt voor een aantal drempel- en baggergebieden in de Westerschelde een analyse gemaakt van de hydraulische situatie ter plaatse en van de overige factoren die drempelvorming kunnen beïnvloeden. Tevens wordt, waar mogelijk, de ontwikkeling in de tijd geanalyseerd.

De keuze van de te analyseren gebieden is bepaald door de baggerlokaties zoals die thans in de Westerschelde aanwezig zijn. Dit betekent dat ook die lokaties worden meegenomen die strikt genomen niet als drempel gekwalificeerd kunnen worden. Baggerwerk hoeft immers niet noodzakelijk samen te hangen met een tekort aan diepte, maar kan evenzeer nodig zijn wegens een te geringe breedte van de geul of door het feit dat de geul ter plaatse een alignement nastreeft dat uit overwegingen van nautische veiligheid niet gewenst is.

Naast de baggerlokaties zijn vervolgens enkele andere gebieden gedefinieerd die wel als drempel zijn aan te merken, maar waar niet wordt gebaggerd. Dit kunnen zowel drempels zijn die buiten het hoofdvaarwater liggen, als drempels met een diepte beneden de interventiediepte voor de scheepvaart.

Op deze wijze zijn, van oost naar west, de volgende lokaties gedefinieerd:

- Drempel van Bath
- Drempel van Valkenisse
- Overloop van Valkenisse
- Bocht van Walsoorden
- Drempel van Hansweert
- Overloop van Hansweert
- Drempel van Baarland
- Put van Terneuzen
- Drempel van Borssele
- Drempel van Vlissingen.

Op deze lokaties, waarvan de ligging is gegeven in figuur 6.1, wordt in de navolgende paragrafen van dit hoofdstuk nader ingegaan. Iedere lokatie is in principe benaderd met de volgende methode:

- a) beschrijving situatie, niet alleen de morfologische vormen, maar ook andere relevante aspecten, zoals bagger- en stortpraktijken
- b) stroombeeld tijdens eb: een kwalitatieve beschrijving waarin de bevindingen van de vorige hoofdstukken worden ingebracht
- c) stroombeeld tijdens vloed: idem
- d) impulsbalans: waar mogelijk wordt een impulsbalans opgesteld van de omgeving van de drempel voor verschillende jaargangen
- e) verklaring: op basis van de voorgaande analyses wordt een kwalitatief betoog opgebouwd, resulterend in een identificatie van de mogelijke oorzaken van de drempelvorming
- f) beknopte samenvatting oorzaken drempelvorming.

Uit praktische overwegingen is bij een aantal lokaties van deze indeling afgeweken.

In dit overzicht vraagt met name de wijze waarop de impulsbalans is opgesteld om een nadere toelichting.

Impuls is gedefinieerd als (water)massa maal (water)snelheid en heeft naast een grootte ook een richting. In de impulsbalans zoals hier bedoeld wordt de richting niet meegenomen.

De watermassa wordt gedefinieerd als het totale eb- resp. vloedvolume van de geul. Deze wordt handmatig afgeschat uitgaande van de gemeten getijvolumes in de debietraaien en met inachtneming van de komberging, d.w.z. een toename van het getijvolume in afwaartse richting.

De watersnelheid wordt gedefinieerd als de eb-, resp. vloedgemiddelde snelheid.

In het geval dat alle geulen voldoen aan de evenwichtsrelatie ($P = 1$) bedraagt deze snelheid in een ebgedomineerde geul tijdens eb 0,66 m/s (zie par. 4.3).

Tijdens vloed is de gemiddelde snelheid lager; de reductie-coëfficiënt is gelijk aan de verhouding tussen vloed- en ebvolume in de ebgeul.

In vloedgedomineerde geulen geldt het omgekeerde.

Bij de schatting van de eb- en vloedvolumes in de omgeving van de drempels blijkt dat het niet goed mogelijk is om te voldoen aan de continuïteitswet als men in alle geulen een P-waarde gelijk aan 1 aanhoudt.

Bovendien is dit niet in overeenstemming met de bevindingen in de debietraaien.

Derhalve is niet alleen een schatting gemaakt van de eb- en vloedvolumes maar ook van de P-waarden in de omgeving van de drempel.

De impulsbalans wordt opgesteld voor eb en vloed afzonderlijk, en zo mogelijk voor diverse jaargangen.

In de figuren waarin de impulsbalans wordt bepaald wordt achtereenvolgens gegeven:

- schatting van de eb- en vloedvolumes in de omgeving van de drempel;
- schatting van de P-waarde in de omgeving van de drempel;
- bepaling van de impulsbalans zonder rekening te houden met afwijkende P-waarden;
- idem met inachtneming van de geschatte variaties in de P-waarde.

Aanbevolen wordt om bij de analyse van de diverse drempelgebieden zoals die hierna volgt, gebruik te maken van de kaarten met de bodemligging van de Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992 die in Appendix 2 zijn opgenomen.

6.2 DREMPEL VAN BATH

6.2.1 Situatie

Het baggergebied ligt in het Vaarwater boven Bath nabij de linkeroever van de geul, in de binnenbocht van de vloedstroom rond de Plaat van Saeftinge. De drempeldiepte is in de periode 1972-1976 geleidelijk toegenomen van ca. NAP -11,5 m tot ca. NAP -14,0 m.

Ondanks deze toename van de diepte is geen sprake van een significante toename van de baggervolumina. Het Vaarwater boven Bath is een van de oudste baggergebieden in de Westerschelde. De baggervolumina in de periode 1966-1990 variëren van 9 tot 14 Mm³ per 5 jaar, (1,8 à 2,8 Mm³/jaar).

Aan de opwaartse zijde van de drempel bevindt zich een enkele geul die ter hoogte van de grens door een leidam over de Ballastplaat/overloop Appelzak wordt gekanaliseerd. De aanleg van deze dam vond plaats in ca. 1970.

Afwaarts is de situatie sedert meer dan 100 jaar globaal als volgt:

- De hoofdgeul wordt gevormd door het Nauw van Bath. Deze geul is ebdominant, maar heeft ook een belangrijke bijdrage tijdens vloed. Dit manifesteert zich door een tendens tot uitbochten ten oosten van Bath, resulterend in een separatie tussen het Vaarwater boven Bath (ebdominant) en de Appelzak (vloeddominant).
- Ten westen van Bath is sprake van een eb/vloedschaar-systeem dat zich afspeelt min of meer binnen de bedding van één hoofdgeul. De Overloop van Valkenisse, met geringe ebdominantie, gaat (gezien in vloedrichting) over in het ebdominante Nauw van Bath en het vloeddominante Schaar van de Noord.
- Het Schaar van de Noord heeft een typisch vloedschaar-karakter: verondiepend en verbredend. Ter hoogte van de drempel vloeit het overschot van het vloedvolume van het Schaar van de Noord (resulterend na lokale komberging) onder een bijna haakse hoek over in het Vaarwater boven Bath (het drempelgebied).

Zoals eerder gesteld varieert het baggervolume gedurende de afgelopen 25 jaar tussen 1,8 en 2,8 Mm³ per jaar (5-jarig gemiddelde).

Afwaarts van Bath vinden in de Overloop van Valkenisse eveneens intensieve baggerwerken plaats (zie paragraaf 6.3).

Daarnaast vinden ook stortingen van baggerspecie plaats. In de Appelzak bedroeg het stortvolume voor de aanleg van de leidam op de Ballastplaat (ca. 1970) gemiddeld 0,5 à 0,6 Mm³ per jaar.

Daarna, tot 1985, is dit teruggelopen tot 0,2 à 0,3 Mm³/jaar. Na 1985 zijn geen noemenswaardige stortingen in de Appelzak meer uitgevoerd.

Ook in het Schaar van de Noord vinden stortingen plaats: van 1950 tot 1980 gemiddeld ca. 1 Mm³/jaar; daarna gemiddeld ca. 0,5 Mm³/jaar. In de Overloop van Valkenisse, cq. het Zuidergat vinden stortingen plaats ter hoogte van het Konijnenschor en Baalhoek (boei 63), beiden tegen de linkeroever van de geul (ca. 4 Mm³/jaar).

Tenslotte wordt ook gestort in het Schaar van Waarde (ruim 1 Mm³ per jaar).

6.2.2 Stroombeeld tijdens eb

Ter hoogte van debietraai 1 (grens) is over de jaren 1971-1991 sprake van een te ruim profiel ($P = \text{ca. } 1,2$). Dit lijkt samen te hangen met dichtheidseffekten ter plaatse, waardoor tijdens vloed de bodemsnelheden groter zijn dan de oppervlakesnelheden. Dit heeft een schijnbare vergroting van het vloedvolume tot gevolg en daarmee een ruimer profiel.

Gezien het verloop van het doorstroomprofiel wordt geschat dat de P-waarde afneemt van ca. 1,2 bij de grens tot ca. 1,0 op het einde van de leidam. Dit betekent dat de ebstroom in dit gebied versnelt.

Verder afwaarts, ter hoogte van het drempelgebied, treedt vertraging op als gevolg van profielverruiming (eb/vloedschaarsysteem).

De geschatte gemiddelde P-waarde bedraagt hier 1,3 à 1,5. Door een scheve stroomverdeling zal tijdens eb nabij de linkeroever (Vaarwater boven Bath) de P-waarde lager zijn en nabij de rechteroever (Appelzak) hoger.

Als gevolg van de vertraging treedt een verhoging op van de waterspiegel. Hierdoor ontstaat een tendens tot kortsluiting met het Schaar van de Noord. Door deze kortsluiting wordt ebwater aan de hoofdgeul onttrokken, waardoor de vertraging in de hoofdgeul wordt versterkt.

Voor de aanleg van de leidam op de Ballastplaat en de verdieping van de vaargeul zijn geen debietmetingen beschikbaar. Uit de bodemligging kan worden afgeleid dat de afstroming bij eb toen waarschijnlijk meer gespreid plaatsvond; d.w.z. dat de bijdrage van de Ballastplaat en de Appelzak aan de ebstroom in de periode voor 1970 groter was.

6.2.3 Stroombeeld tijdens vloed

Ter hoogte van debietraai 2 (Nauw van Bath - Schaar van de Noord) is door de jaren heen sprake van een veranderend beeld.

De ebgeul wordt gevormd door het Nauw van Bath; de vloedgeul door het Schaar van de Noord.

Er zijn 3 debietmetingen beschikbaar (1972-1982-1989).

De grootste veranderingen treden op tussen 1972 en 1982. In deze periode is het Nauw van Bath verdiept t.b.v. de scheepvaart van ca. NAP -11,5 m tot ca. NAP -14,0 m.

Wellicht heeft als gevolg hiervan een herverdeling van de debieten plaatsgevonden.

Het aandeel in het totale getijvolume (eb + vloed) van de debietraai bedraagt voor het Nauw van Bath in 1972 46% en loopt op tot 58% in 1982 en 60% in 1989.

Het Nauw van Bath kent in vloedrichting een verdere toename van het vloedvolume als gevolg van overlopend water uit het Schaar van de Noord. Dit wordt bevestigd door een luchtfoto-serie uit 1973. In later jaren is deze tendens nog versterkt als gevolg van erosie van de Plaat van Saeftinge in combinatie met een aangroei van het land van Saeftinge zelf en een daarmee gepaard gaande verdraaiing van het Schaar van de Noord in noord-oostelijke richting. Hierdoor wordt het vloedwater uit de vloodschaar eerder de hoofdgeul ingeleid dan in het verleden. Het toenemende vloedvolume in het ebgedomineerde Nauw van Bath heeft geleid tot een sterkere tendens tot uitbochten bij Bath. Dit is de reden waarom de Appelzak in de loop van de tijd in betekenis is toegenomen, ondanks herhaalde stortingen van baggerspecie en ondanks de aanleg van de leidam over de Ballastplaat.

De P-waarde van de vloedgeul van het Schaar van de Noord is vanaf 1972 tot heden gestaag toegenomen, althans in de debietraai.

De extreem hoge waarde in 1989 (1,30 à 1,36) lijkt overigens te groot te zijn, mogelijk als gevolg van het feit dat het ter plaatse van de debietraai steeds moeilijker wordt om eb- en vloedgeul van elkaar te onderscheiden.

6.2.4 Impulsbalans

Op basis van de resultaten van de parametrisering en de gemeten eb/vloedvolumina in de debietraaien is een opzet gemaakt van het verloop van de impuls over het drempelgebied voor een tweetal jaargangen: ca. 1977 en ca. 1990.

Voor een eerdere datum was het niet mogelijk om deze balans op te stellen vanwege het ontbreken van debietmetingen.

De impuls wordt bepaald op basis van getijgemiddelde omstandigheden. Hiertoe wordt voor de massa het eb- resp. vloedvolume van de betreffende geul aangehouden.

Voor de snelheid wordt in de dominante richting een snelheid van $0,66/P$ m/s aangehouden, waarbij P de stabiliteitsparameter van de betreffende geul voorstelt. In de niet-dominante richting wordt de snelheid gereduceerd met de verhouding van de eb/vloedvolumes.

De resultaten zijn gegeven in figuur 6.2 a en b voor beide jaargangen. Wegens de beperkte mate van nauwkeurigheid van de schatting van de eb/vloedvolumes in de diverse geulen buiten de debietraaien is de nauwkeurigheid van de impulsberekeningen beperkt.

Uit de figuren blijkt weinig verschil tussen beide jaargangen op te treden. Opvallend is dat bij eb de procentuele bijdrage van het drempelgebied aan het totale ebvolume van de raai ongeveer gelijk is aan de procentuele bijdrage aan de totale impuls. Bij vloed is de bijdrage aan het totale vloedvolume daarentegen ca. 2-maal zo groot als de bijdrage aan de impuls. Er is een tendens dat dit verschil toeneemt in de loop van de tijd.

Dit wijst op een sterke vertraging van de vloedstroom in het drempelgebied. Het verlies aan impuls tijdens vloed zal naar verwachting voor een belangrijk deel worden omgezet in een relatieve waterspiegelstijging tijdens vloed. Bij eb treedt ook vertraging op, doch deze is kleiner dan de vertraging tijdens vloed.

In het hydraulisch model WAQUA is de waterspiegelstijging als gevolg van de vertraging niet goed waarneembaar. Dit komt waarschijnlijk door het feit dat de opslingering van het getij rond HW ook resulteert in een waterstandsverhoging. Bij vloed valt maximum stroom vrijwel samen met HW. Dit betekent dat de toename van de waterstand in het drempelgebied als gevolg van de vertraging wordt overtroefd door de gradient in het niveau van HW.

6.2.5 Oorzaken drempelvorming

Op basis van bovengenoemde algemene beschouwingen van het stroombeeld, de impuls, het verloop van de diverse hydraulische parameters en de morfologie worden de volgende verschijnselen aangewezen als mogelijke, cq. waarschijnlijke oorzaak van de drempelvorming in het Vaarwater boven Bath:

- a) Het uitbochten van de vloedstroom vanuit het Nauw van Bath; doordat deze vloedstroom in de loop van de tijd toeneemt neemt ook het bochteffekt toe, d.w.z. een verdieping van de Appelpak en mogelijk een verdere vertraging van de vloedstroom ter hoogte van de drempel. Door een versterking van de spiraalstroom als gevolg van de toenemende vloed wordt bovendien meer sedimentrijk water nabij de bodem in de richting van de drempel gevoerd.
- b) De aangroei van het Land van Saeftinge en de verdraaiing van het Schaar van de Noord in noordoostelijke richting leidt tot een afname van het overloop-debiet vanuit het Schaar van de Noord ter hoogte van de drempel. De toename van de HW-standen, samen met de waterspiegelstijging door de vertraging van de hoofdstroom zijn de oorzaak van de reductie van dit overloopdebiet. Als gevolg hiervan neemt ook de zijdelingse toevoer van zand vanuit het Schaar van de Noord naar het drempelgebied in de loop van de tijd af, en daarmee ook de sedimentatiesnelheid.
- c) Als gevolg van vertikaalvorming door dichtheidseffekten heeft de ebstroom tussen de grens en Bath slechts een geringe bodemsnelheid. Dit resulteert in bezinking van fijn sediment (slib) van Belgische origine aan de bovenstroomse zijde van de drempel.
Verder bovenstrooms, nabij de grens, bezit de vloed voldoende eroderend vermogen, mede als gevolg van verhoogde bodemsnelheden door dichtheidseffekten, om de ebsedimentatie te elimineren.

Overigens was de bijdrage van de eb aan de drempelliging in de periode voor de aanleg van de leidam op de ballastplaat vermoedelijk veel groter dan thans. Dit verklaart mogelijkwijs dat de baggervolumes na de verdieping van de vaargeul niet significant zijn toegenomen.

Uitgaande van een enkele geul, d.w.z. bij afwezigheid van de Appelzak, zou het evenwichtsdoorstroom oppervlak ($P = 1$) ter plaatse van de drempel ca. 10.500 m² beneden NAP bedragen.

Bij een scheepvaartgeul met een diepte van NAP -14 m, een bodembreedte van 300 m en taludhellingen van 1:5 bedraagt het voor de scheepvaart benodigde profiel ongeveer de helft van het hydraulisch minimale evenwichtsprofiel. Ter plaatse van de drempel, met een geschat ebvolume van 130 Mm³, bedraagt het evenwichtsprofiel van de hoofdgeul zelfs minder dan 9000 m².

Het vermoeden bestaat dat de natuur in het drempelgebied een P-waarde groter dan 1 in stand zal houden, ook zonder baggeren.

Dit wordt veroorzaakt door een scheve verdeling van de stroomsnelheid over het dwarsprofiel en door het feit dat de evenwichtsdiepte in het drempelgebied kleiner is dan in een ongestoorde geul. Een evenwichtswaarde $P = 1,1$ impliceert een waterdiepte van 85% van een ongestoorde geul.

Gesteld dat op de drempel $P = 1,1$ inderdaad een evenwichtswaarde is, dan zou bij een ebvolume van 130 Mm³, het evenwichtsprofiel ter plaatse van de drempel bijna 10.000 m² bedragen.

In werkelijkheid is een doorstroomprofiel aanwezig van 11 à 12.000 m², d.w.z. 10 à 20% meer.

Door het baggerwerk wordt het profiel kunstmatig vergroot. Deze vergroting bedraagt jaarlijks ca. 1000 m², ofwel ca. 10% van het geschatte evenwichtsprofiel.

Op basis van deze getallen, en op basis van de balans van het eb- en vloedvolume en van de bijbehorende impuls wordt geschat dat 50 à 75% van de sedimentaanvoer tijdens vloed bezinkt. Tijdens eb wordt in het stroomafwaartse deel van de drempel een beperkt deel van deze sedimentatie opgeruimd. Het overgrote deel wordt verwijderd door baggeren.

6.2.6 Konklusies

De drempelvorming in het Vaarwater boven Bath kent 3 oorzaken (in volgorde van belangrijkheid):

- a) uitbochten van de vloedstroom vanuit het Nauw van Bath; deze bijdrage is in de loop van de tijd sterker geworden (stroomvertraging en spiraalstroom);
- b) overloop van vloedwater vanuit het Schaar van de Noord; deze bijdrage is in de loop van de tijd afgenomen;
- c) ebstroom; een sterke toename van deze bijdrage na de verdieping is vermoedelijk voorkomen door de aanleg van de leidam op de Ballastplaat.

Het vermoeden bestaat dat 50 à 75% van het sedimentaanbod bij vloed bezinkt op de drempel.

Bij eb is wellicht sprake van een geringe sedimentatie in het bovenstroomse deel van de drempel en erosie in het benedenstroomse deel. Hierdoor wordt een deel van de sedimentatie bij vloed opgeruimd. Het baggervolume bedraagt naar schatting ca. 50% van het aanbod tijdens vloed.

6.3 DREMPEL VAN VALKENISSE

6.3.1 Situatie

Het baggergebied dat bekend staat onder de naam Drempel van Valkenisse bevindt zich op de overgang tussen de Overloop van Valkenisse en het Nauw van Bath.

De diepte is in de periode 1973-1976 kunstmatig vergroot van ca. NAP -11,5 m tot ca. NAP -14,0 m.

Als gevolg van deze verdieping is het onderhoudsbaggerwerk toegenomen van ca. 1 Mm³/jaar tot 2 à 3 Mm³/jaar (5-jarlijks gemiddelde). In de periode 1985-1990 lijkt weer een afname op te treden.

Opwaarts van de drempel bevinden zich het Nauw van Bath (ebgeul) en het Schaar van de Noord (vloedschaar). Afwaarts bevindt zich de Overloop van Valkenisse.

Aan de rechteroever liggen de Platen van Valkenisse, met een sterke dynamiek. Naast het Schaar van Valkenisse en de Zimmermangeul bevindt zich in dit gebied een aantal kleine, snel wisselende ebgeultjes.

Aan de linkeroever bevindt zich het Land van Saeftinge (Marlemonsche Plaat).

Naast de onderhoudsbaggerwerken op de drempel zelf vinden in de omgeving de volgende bagger- en stortactiviteiten plaats:

- Schaar van de Noord: stortingen van 1970 tot 1980 ca. 1 Mm³ jaar, daarna gemiddeld ca. 0,5 Mm³/jaar, de laatste jaren nog verder afnemend
- Overloop van Valkenisse: stortingen langs de linkeroever voor Baalhoek/Konijnenschor op 4 à 6 km benedenstrooms van de drempel van ca. 4 Mm³/jaar sinds 1975; daarvoor ca. 1 Mm³/jaar
- Overloop van Valkenisse: baggerwerk langs de rechteroever tegenover het stortgebied, oplopend van nihil voor 1975 tot 1,5 à 2 Mm³/jaar in de periode 1986-1990
- Schaar van Waarde: afwaarts van het Schaar van Valkenisse vinden stortingen plaats in het Schaar van Waarde van ruim 1 Mm³/jaar, de laatste jaren afnemend.

6.3.2 Stroombeeld tijdens eb

Direkt bovenstrooms van het baggergebied bevindt zich debietraai 2. Hier zijn in 1972, 1982 en 1989 debietmetingen verricht.

Enkele kilometers benedenstrooms bevindt zich debietraai 3, met metingen in 1933, 1963, 1980, 1988 en 1990.

Het Nauw van Bath is ebdominant en kent in de periode 1972-1982 een toenemend ebvolume (ruim 20%). Dit gaat ten koste van de eb in het Schaar van de Noord, die in dezelfde periode met ca. 30% afneemt.

Het Nauw van Bath kent waarschijnlijk een sterke spiraalstroom, met opstuwung tegen de rechteroever. Als gevolg hiervan ontstaan op het platengebied van Valkenisse, nabij de uitloop van de Zimmermangeul ebschaartjes die in snel tempo in stroomafwaartse richting verplaatsen en vervolgens afsterven op het moment dat de spiraalstroom in het Nauw van Bath ophoudt te bestaan.

Door deze geultjes wordt ebwater onttrokken aan de hoofdgeul. Het volume neemt in de loop van de tijd af. Tegelijkertijd vindt toevoer van ebwater plaats vanuit het Land van Saeftinge (Hondegat). Beide volumes zijn beperkt.

De ebstroom uit het Nauw van Bath heeft een hoge snelheid (P -waarde < 1); het water uit het Schaar van de Noord heeft daarentegen een zeer lage snelheid, aangezien het hier ebwater betreft in een sterk door de vloed overheerste geul die bovendien tijdens vloed al een P -waarde groter dan 1 heeft.

Benedenstrooms, in de richting van debietraai 3, is sprake van een geul met toenemend ebvolume in de loop van de tijd (evenals het vloedvolume). Het profiel neemt in de omgeving van debietraai 3 echter nog sterker toe. Als gevolg hiervan is in de loop van de tijd de P -waarde toegenomen van ca. 0,9 in 1963 tot ca. 1,0 in 1990. De toename van het dwarsprofiel afwaarts van de drempel is vooral een gevolg van een geulverbreding naar beide oevers: de rechteroever als gevolg van een meer gestrekte uitloop van het Nauw van Bath (wellicht weer een gevolg van het toegenomen ebvolume), de linkeroever als gevolg van een doorgaand uitbochtingsproces in de Overloop van Valkenisse in de richting van het Land van Saeftinge.

6.3.3 Stroombeeld tijdens vloed

Het vloedvolume in de Overloop van Valkenisse is slechts enkele procenten lager dan het ebvolume. Dit betekent dat tijdens vloed het water met hoge snelheid het drempelgebied binnenkomt. Ter plaatse van de drempel heeft de vloed de neiging om rechtuit te stromen het Schaar van de Noord in. Bij de overgang naar het Nauw van Bath (ebgeul) treedt vertraging op; het Nauw van Bath heeft weliswaar een P -waarde kleiner dan 1, maar door het feit dat het vloedvolume in deze geul veel kleiner is dan het ebvolume is de vertraging toch aanzienlijk.

Vanuit het platengebied van Valkenisse en de Zimmermangeul vindt voorts nog een toestroming plaats die vrijwel volledig ten goede komt aan het Nauw van Bath.

In debietraai 2 is deze toestroming reeds opgenomen, zodat de stroomvertraging tijdens vloed ter hoogte van de drempel waarschijnlijk nog sterker is.

In de loop van de tijd treedt een aantal processen in dit gebied op:

- Zimmermangeul e.o.: geleidelijke afname van het profiel over de gehele lengte van de geul.
Het getijvolume daalt evenredig. Hierdoor wordt de voeding van de omgeving van de drempel via de platen van Valkenisse in de loop van de tijd kleiner.
- Nauw van Bath: strekking van de uitloop en erosie van de rechteroever, waardoor het Nauw van Bath beter aansluit bij de Overloop van Valkenisse.
- Overloop van Valkenisse: doorgaande uitbochtiging tijdens vloed, mogelijk ook tijdens eb, waardoor het Land van Saeftinge wordt aangetast en waardoor de uitloop tijdens vloed enigszins in noordoostelijke richting draait.
- Schaar van de Noord: verdraaiing in noordoostelijke richting, waardoor in de loop van de tijd de Plaat van Saeftinge, tussen het Nauw van Bath en het Schaar van de Noord, in betekenis afneemt en waardoor een veel direktere uitwisseling tussen beide geulen mogelijk is geworden.

6.3.4 Impulsbalans

Omdat van debietraai 2 voor 1972 geen gegevens beschikbaar zijn is besloten de impulsbalans te beperken tot ca. 1980 en ca. 1990. De resultaten, bepaald op basis van de debietmetingen en van de parametrisering van de geulen voor de tussengelegen raaien, zijn gegeven in de figuren 6.3a en 6.3b.

Uit de impulsbalans blijkt dat de vloedstroom ter plaatse van de drempel sterk achterblijft. Dit is met name het geval in 1980. In 1990 is de situatie aanmerkelijk verbeterd.

Evenals bij de drempel van Bath zou ook hier de vertraging tijdens vloed tot een relatief hogere waterstand in het drempelgebied kunnen leiden. Dit zou een van de oorzaken kunnen zijn van de afname van het stroomvoerend vermogen van het platengebied en de Zimmermangeul.

6.3.5 Oorzaken drempelvorming

De belangrijkste oorzaak van de drempelvorming ter plaatse is de divergentie van de geulassen tijdens eb en vloed. Hierdoor treedt een verbreding op van de geul en daarmee gepaard een afname van de diepte.

Bij het passeren van het drempelgebied behoudt de ebstroom voor een groot deel zijn snelheid/impuls; de vloedstroom daarentegen kent een forse vertraging ter plaatse van de drempel.

Het verloop van de vloed-impuls lijkt in 1990 aanmerkelijk vloeiender te zijn dan in 1980.

Het lijkt wat voorbarig om dit in verband te brengen met de afnemende baggervolumes in de periode 1985-1990. In hoofdstuk 4 is gebleken dat het doorstroomoppervlak in ebgeulen bepaald wordt door de ebstroom, en niet door de vloed. De Drempel van Valkenisse is duidelijk eb-gedomineerd. De afname van de baggervolumes zou dus ook goed verklaarbaar zijn door de versterking van de ebstroming in (de uitloop van) het Nauw van Bath, waardoor de eb in staat is om ondanks het aanbod van zand tijdens vloed een grotere diepte te onderhouden.

Bijkomende aspecten zijn:

- Het te krappe profiel van de Overloop van Valkenisse afwaarts van debietraai 3. Daardoor treden in de omgeving van het stortgebied Konijnenschor/Baalhoek grote snelheden op, zowel tijdens eb als tijdens vloed. De vloedstroom is ter hoogte van debietraai 3 derhalve aan het vertragen. Deze vertraging leidt tot oververzadiging van het transport, te meer omdat de vers gestorte specie gemakkelijk erodeerbaar is. Het zandaanbod bij de drempel tijdens vloed is dus "boven-gemiddeld". Dit verschijnsel is nagenoeg konstant over de periode 1980-1990. Opvallend is wel dat de toename van de baggervolumes op de Drempel van Valkenisse in de jaren zeventig niet alleen samenviel met de toename van de vaardiepte, maar ook met een sterke toename van de storthoeveelheden afwaarts van debietraai 3.
- Het zandaanbod tijdens vloed via de Platen van Valkenisse en de Zimmermangeul is in de loop van de tijd afgenomen vanwege de reductie van het vloedvolume in dit gebied. De vermindering van de vertraging tijdens vloed in de hoofdgeul, waardoor ook de waterstand lager wordt, zou overigens in de toekomst opnieuw tot een toename van de overloop over de platen en van de Zimmermangeul kunnen leiden.

De verstoring van het profiel als gevolg van het onderhoudsbaggerwerk bedraagt ter plaatse van de drempel 1000 à 1500 m² per jaar, ofwel 8 à 10% van het aanwezige profiel.

Evenals bij de drempel van Bath geldt dat het baggerwerk plaatsvindt op het punt waar het natuurlijke doorstroomoppervlak het grootst is.

Dit omdat een groot natuurlijk profiel ($P > 1$) in het algemeen samenhangt met een geringe natuurlijke diepte.

Het afschatten van de verhouding tussen baggervolume en natuurlijk transport is met de huidige gegevens niet goed te doen.

Op basis van de impulsbalans, rekening houdend met een vloed-spiraalstroom in de Overloop van Valkenisse, wordt geschat dat zowel in 1980 als in 1990 ongeveer de helft van het aanbod tijdens vloed bezinkt. Bij eb wordt een deel hiervan weer geërodeerd. Deze erosie-hoeveelheid neemt toe in de loop van de tijd.

6.3.6 Konklusies

De belangrijkste oorzaak van de drempelvorming op de Drempel van Valkenisse is de divergentie van de eb- en de vloedstroom.

Tijdens vloed treedt vertraging op, met als gevolg aanzanding. Deze aanzanding wordt mogelijk nog versterkt door de stortactiviteiten afwaarts van de drempel. Met de huidige gegevens is het niet goed mogelijk om een afschatting te geven van het percentage van het totale sedimentaanbod tijdens vloed dat op de drempel bezinkt.

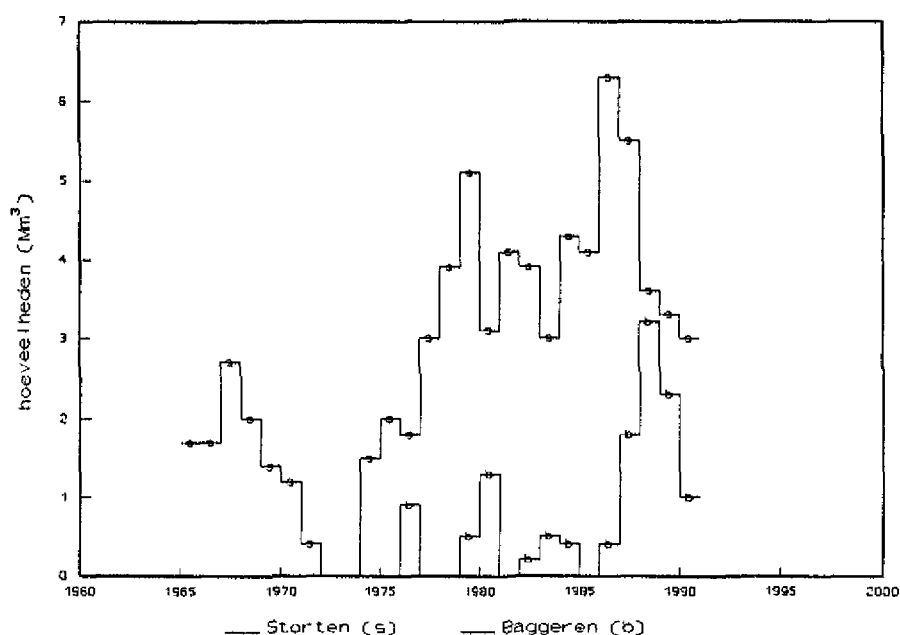
Tijdens eb treedt gedeeltelijke erosie op van het materiaal dat bij vloed is bezonken. Ook hiervan is moeilijk een percentage te geven.

6.4 OVERLOOP VAN VALKENISSE

Het baggergebied ligt in de binnenbocht van de Overloop van Valkenisse, tegenover het stortgebied Baalhoek (boei 63)/Konijnenschor.

Vòòr 1975 werd ter plaatse niet gebaggerd.

De baggerhoeveelheden lijken gecorreleerd te zijn met de storthoeveelheden aan de overzijde, met een naijling van 1 jaar. Zie onderstaande figuur.



De sedimentatie wordt derhalve waarschijnlijk veroorzaakt door de storting van specie in dezelfde geul.

Het doorstroomoppervlak van de geul en het stroomvoerend vermogen zijn in de laatste 30 jaar geleidelijk toegenomen. Deze toename is vermoedelijk enigszins kleiner dan de toename van het ebvolume in dezelfde periode. De P-waarde is derhalve enigszins afgenomen en bedraagt thans naar schatting ca. 0,8, d.w.z. dat het profiel ter plaatse zeer krap is en de snelheden hoog. De geul heeft dus een hoge sedimenttransport-capaciteit. In het verleden werd het systeem in stand gehouden door een groot sedimentaanbod tijdens vloed over de platen van Valkenisse en via het Schaar van Valkenisse, waardoor verruiming van het profiel door de hoge ebsnelheden werd voorkomen (gedeeltelijk ook door hoge vloodsnelheden).

Vermoedelijk treedt dit grote aanbod nog steeds op. Daarnaast is echter sprake van een toenemend kunstmatig aanbod door het storten van specie in het diepe deel van de geul aan de linkeroever. De vergroting van het doorstroomoppervlak in de afgelopen jaren heeft wellicht hierdoor hoofdzakelijk in de breedte plaatsgevonden, met als gevolg een verontdieping aan de rechteroever.

Het baggergebied in de Overloop van Valkenisse is derhalve niet als een drempel aan te merken, maar als een gevolg van het storten.

In de loop van de tijd is het beeld van storten en baggeren als volgt (in Mm^3/jaar , 5-jaarlijks gemiddelde)

periode	storten/jaar	baggeren/jaar
66-70	1,8	-
71-75	0,8	-
76-80	3,4	0,5
81-85	3,9	0,2
86-90	4,3	1,7

De stortvolumes zijn duidelijk veel eerder toegenomen dan de baggervolumes. Hiervoor zijn 2 verklaringen te geven:

- in de begintijd van de toegenomen stortingen is sprake van het opmaken van natuurlijke reserves (de veranderingen vonden plaats buiten het profiel van vrije ruimte voor de scheepvaart)
- de erosie-capaciteit van de geul bedraagt ca. $3 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$. Stortingen boven dit volume worden niet door de stroming afgevoerd, maar hooguit enigszins verplaatst.

Voor beide verklaringen valt iets te zeggen.

In de toekomst kan ook de ontwikkeling van het Schaar van Valkenisse zoals die hierna wordt besproken het baggergebied gaan beïnvloeden. Tot 1990 lijkt hiervan echter nog niet of nauwelijks sprake te zijn.

6.5 BOCHT VAN WALSOORDEN

6.5.1 Situatie

In de Bocht van Walsoorden wordt aan de rechteroever van de geul (Zuidergat) gedurende de laatste 30 jaar (vrijwel) ieder jaar gebaggerd. Het baggervolume varieert tussen 0,3 en 1,5 Mm³/jaar (5-jaarlijks gemiddelde). De baggerwerken vinden plaats wegens een te kleine breedte van de vaargeul; de diepte nabij de linkeroever bedraagt ruim 20 meter.

In het verleden ondervond de scheepvaart veel hinder van het Oude Hoofd van Walsoorden. In 1966/67 is dit hoofd ca. 165 m ingekort tot een bodemdiepte van NAP -15 m.

Na deze ingreep waren de baggervolumes enkele jaren van beperkte omvang; vanaf ca. 1975 is weer sprake van een hoger niveau. Deze stijging valt ongeveer samen met de verdieping.

Opwaarts van het baggergebied bevindt zich het Zuidergat. Deze geul is ebdominant.

Afwaarts bevindt zich de overgang naar het Schaar van Waarde en het drempelgebied van Hansweert. Ter hoogte van het Oude Hoofd van Walsoorden bevindt zich aan de rechteroever van de geul een aan betekenis toenemende vloodschaar in de Plaat van Walsoorden. In het verleden is dit eerder gebeurd; in 1860 en 1945 leidde de ontwikkeling van deze vloodschaar tot een doorbraak door de plaat. Hierdoor werd een deel van de Plaat van Walsoorden van de rest van de plaat gescheiden; de nieuwe geul nam in hoog tempo de rol van het oude Zuidergat over en begon vervolgens naar de oever te verplaatsen, tot dat het afgescheiden plaatje geheel werd geërodeerd en de geul weer in de oude positie lag.

Naast het baggerwerk in de Bocht van Walsoorden vinden in de omgeving de volgende bagger- en stortactiviteiten plaats:

- Overloop van Valkenisse: stortingen langs de linkeroever voor Baalhoek/Konijnenschor op 4 à 6 km bovenstrooms van het baggergebied van ca. 4 Mm³/jaar sinds 1975; daarvoor ca. 1 Mm³/jaar.
- Overloop van Valkenisse: tegenover het stortgebied langs de rechteroever, oplopend van nihil voor 1975 tot 1,5 à 2 Mm³ in de periode 1986-1990.
- Drempel van Hansweert: op 3 à 4 km afwaarts van het baggergebied wordt intensief gebaggerd op de drempel van Hansweert, oplopend van ca. 1 Mm³/jaar voor 1970 tot ca. 3 Mm³/jaar daarna.
- Schaar van Waarde: stortingen van ruim 1 Mm³/jaar, de laatste jaren afnemend.

6.5.2 Stroombeeld tijdens eb

Op 2 à 3 km stroomafwaarts bevindt zich debietraai 5 met 7 stroommetingen tussen 1937 en 1988. In 1990 vond een debietmeting plaats in raai 5A, ca. 1 km afwaarts van het baggergebied. Debietraai 3 bevindt zich ca. 6 km opwaarts van het baggergebied.

In debietraai 5 wordt onderscheid gemaakt in het Zuidergat en het Schaar van Waarde. In het Zuidergat is inbegrepen het eerder genoemde vloodschaar in de Plaat van Walsoorden; dit geeft een vertekend beeld van de werkelijke ebstroom in het Zuidergat.

Geschat wordt dat het eigenlijke Zuidergat ter plaatse van de debietraai en van het baggergebied over de volledige periode en P-waarde heeft die kleiner is dan 1 (ca. 0,9).

Dit betekent dat ter plaatse van het baggergebied een sterke ebstroom in de hoofdgeul heerst. Gezien de bochtstraal van 2000 à 3000 m is waarschijnlijk sprake van een sterk ontwikkelde spiraalstroom. Dit verklaart de grote diepte nabij de linkeroever en de versmalling van de geul.

Het vloodschaartje trekt tijdens eb vermoedelijk niet veel water.

6.5.3 Stroombeeld tijdens vloed

Het stroombeeld tijdens vloed wordt in belangrijke mate bepaald door het gedrag van het vloodschaartje in de Plaat van Walsoorden.

In het verleden was sprake van een min of meer cyclisch gebeuren.

De ontwikkeling van het vloodschaartje in de 80-er jaren lijkt het cyclische karakter te bevestigen. Rond 1990 heeft debietraai 5 (5A) een P-waarde bereikt die overeenkomt met de waarde van 1937, 7 jaar voor de doorbraak.

Hoewel dit niet eenduidig op basis van de huidige gegevens is vast te stellen lijkt de ontwikkeling van het vloodschaartje in de periode 1988-1992 sterk te zijn vertraagd, zo niet tot stilstand gekomen.

Tegelijkertijd is aan de oostzijde van de Plaat van Walsoorden een geul tot ontwikkeling gekomen. Dit zou kunnen leiden tot een ontlasting van het vloodschaartje in de Bocht van Walsoorden.

Het overloopgebied van het Schaar van Waarde is zeer dynamisch, met geulen die nabij Zuid-Beveland ontstaan en met de klok mee draaien om in de Platen van Valkenisse en Walsoorden af te sterven. In het verleden werden deze scharen afwisselend Schaar van Waarde en Schaar van Valkenisse genoemd. In 1992 ligt één van deze scharen, ditmaal "Valkenisse" geheten, ongeveer in één lijn met de brede geul beoosten Hansweert.

De afstand vanaf het drempelgebied van Hansweert naar de Overloop van Valkenisse bedraagt via deze geul slechts ca. 75% van de afstand via het Zuidergat. De diepte langs de korte verbinding bedraagt ruim 50% van de verbinding via het Zuidergat.

Volgens relatie (3a) uit hoofdstuk 4 zou dan de P-waarde verhouding bij evenwicht van de geulen ca. 0,7 bedragen, d.w.z. $P\text{-Zuidergat} = 0.7 \cdot P\text{-Schaar van Valkenisse}$.

Rekening houdend met een "netto" P-waarde in het Zuidergat, d.w.z. exkl. het vloodschaartje, van ca. 0,9, zou de P-waarde van het Schaar van Valkenisse derhalve ca. 1,2 bedragen. Dit komt ongeveer overeen met de in 1990 gevonden meetwaarde in de som van de vloedgeulen van debietraai 5A. Dit duidt op vloedvolumina die in verhouding zijn met de aanwezige profieloppervlakken, of groter (d.w.z. eroderend).

Opvallend is dat het oude Schaar van Waarde, waarvan nog slechts een restant aanwezig is, in 1988/92 niet langer over de Plaat van Walsoorden aansluiting heeft richting Zuidergat, maar dat deze geul aansluit bij het zich ontwikkelende Schaar van Valkenisse. Door deze aansluiting wordt het vermoeden bevestigd dat de vloed t.p.v. de ingang van het vloodschaartje in de Plaat van Walsoorden wordt ontlast.

Een prognose voor de toekomstige ontwikkeling van het Schaar van Valkenisse is moeilijk te geven. In elk geval is duidelijk dat de draaiing doorzet: zowel eb als vloed werken aan deze draaiing mee.

Vraag is of ook de verdieping van de geul doorzet; indien niet dan zou wellicht het vloodschaartje aan de westzijde van de Plaat van Walsoorden verder doorzetten; indien wel dan zou wellicht een grote kortsluitstroom kunnen ontstaan die het gehele stroombeeld ter plaatse op z'n kop zet.

Gezien de verkleining van de afstand over het ondiepe plaatgebied in vergelijking met vorige vloodscharen ter plaatse, lijkt een doorbraak van het Schaar van Valkenisse waarschijnlijk. Het stortgebied voor Konijnenschor/Baalhoek zou een remmend effect kunnen hebben op de ontwikkeling van deze doorbraak.

6.5.4 Oorzaken onderhoudsbaggerwerk

Het onderhoudsbaggerwerk in de Bocht van Walsoorden hoeft niet noodzakelijk samen te hangen met de ontwikkeling van het vloodschaartje in de plaatrand. Vermoedelijk is de sterke bochtstraal van de geul, waardoor asymmetrie ontstaat, in combinatie met een P-waarde lager dan 1 (krap profiel) reeds voldoende om baggerwerk te veroorzaken.

6.5.5 Konklusies

Het onderhoudsbaggerwerk in de Bocht van Walsoorden wordt vermoedelijk veroorzaakt door de sterke kromming van de geul (asymmetrisch profiel) in combinatie met een lage P-waarde.

Daarnaast speelt de ontwikkeling van een vloodschaartje in de rand van de Plaat van Walsoorden een rol.

Ten oosten van de Plaat van Walsoorden moet rekening gehouden worden met een mogelijke doorbraak van het Schaar van Valkenisse binnen enkele jaren. Dit zou de morfologie van het gehele gebied sterk wijzigen. Tot op heden heeft de ontwikkeling van het Schaar van Valkenisse echter nog geen sterke invloed op de ontwikkelingen in de baggergebieden.

6.6 DREMPEL VAN HANSWEERT

6.6.1 Situatie

De drempel van Hansweert is gelegen aan de oostzijde van de Platen van Ossenissee, opwaarts van de Put van Hansweert.

Bij deze put komen vanuit ebrichting gezien het Schaar van Waarde en het Zuidergat samen. Afwaarts van de Put van Hansweert bevinden zich het Middelgat en het Gat van Ossenissee.

Op de Drempel van Hansweert wordt ca. 3 Mm³/jaar gebaggerd; voor de verdieping van 1973-76 bedroeg dit volume ca. 1 Mm³/jaar.

Het drempelgebied ligt in de binnenbocht, met name tijdens vloed. In de loop van de tijd verschuift de vaargeul verder naar het oosten, waardoor de uitloop van het Zuidergat een min of meer noordelijke richting heeft gekregen.

Voorts zijn de volgende processen gaande in de omgeving van de drempel:

- opwaarts: toename van het profiel van het Zuidergat en afname van het profiel van het Schaar van Waarde; onder meer naar aanleiding van de verdraaiing van de uitloop van het Zuidergat is de rug tussen het Zuidergat en het Schaar van Waarde geleidelijk verdwenen
- afwaarts: sterke afname van het Middelgat, zowel getijvolume als doorstroomprofiel en toename van Gat van Ossenissee (alleen getijvolume, doorstroomprofiel is behoudens de Overloop van Hansweert nauwelijks toegenomen).

Naast de baggerwerken op de drempel vinden in de omgeving de volgende bagger- en stortactiviteiten plaats:

- Zuidergat, Bocht van Walsoorden: baggerwerk in de binnenbocht (rechteroever) variërend van 0,3 tot 1,5 Mm³/jaar (5-jarlijks gemiddelde)
- Overloop van Valkenisse: stortingen langs de linkeroever van ca. 4 Mm³/jaar sinds 1975; daarvoor ca. 1 Mm³/jaar
- idem: baggerwerk langs de rechteroever tegenover het stortgebied (binnenbocht), oplopend van nihil voor 1975 tot 1,5 à 2,0 Mm³/jaar in de periode 1986-1990
- Schaar van Waarde: stortingen oplopend tot ca. 3 Mm³/jaar in de periode 1971-75, daarna afnemend tot ca. 1 Mm³/jaar in de periode 1986-1990
- Platen van Ossenissee: langs het platengebied direkt ten westen van de drempel hebben in de periode 1981-1990 incidenteel speciëstortingen plaatsgehad (gemiddeld minder dan 0,5 Mm³/jaar)
- Gat van Ossenissee: stortingen op ca. 10 km afwaarts van het drempelgebied, oplopend van ca. 1 Mm³/jaar in de periode 1971-75 tot 2,5 à 3,0 Mm³/jaar in de periode 1986-90.

6.6.2 Stroombeeld tijdens eb

Tijdens eb wordt het drempelgebied voornamelijk aangestroomd vanuit het Zuidergat. Nabij Walsoorden (Oude Hoofd) heeft de ebgeul naar verwachting een P-waarde lager dan 1 (ca. 0,9); d.w.z. dat de snelheid in de aanstroming naar de drempel hoog is. Door de samenvloeiing van het Zuidergat met het Schaar van Waarde treedt ter plaatse van de drempel vertraging op. Naast de aanstroming vanuit het Zuidergat treedt ook vanuit het Schaar van Waarde toestroming naar de omgeving van de drempel op.

Op 1 à 2 km opwaarts van het baggergebied bevindt zich debietraai 5, met 7 stroommetingen in de periode 1937-1988. In de loop van de jaren is het steeds moeilijker geworden om ter plaatse van debietraai 5 onderscheid te maken tussen de beide hoofdgeulen Zuidergat en Schaar van Waarde; dit als gevolg van erosie van de rug tussen beide geulen.

In 1990 werd daarom besloten raai 5 ruim 1 km in opwaartse richting te verschuiven. Uit deze meting blijkt dat de veranderingen in ebvolume (evenals vloedvolume) in beide geulen in de loop van de tijd sterker zijn dan op basis van raai 5 werd gevonden.

De verhouding tussen beide geulen bedraagt voor het ebvolume in 1960 ca. 50-50% en in 1990 ca. 67-33% (Zuidergat sterker).

Het ebwater stroomt voor het overgrote deel via de Put van Hansweert af naar het Middelgat en het Gat van Ossenissee; een klein gedeelte wordt via het Schaar van Ossenissee dwars over het platengebied direkt afgevoerd naar het Gat van Ossenissee. Dit laatste gebeurt met name rond HW tijdens/net na de kentering in de geulen. Als gevolg van de opslingering van het getij in het oosten van de Westerschelde staat dan over de plaat een verval van ca. 0,2 m (resultaat stroommodel WAQUA). In de loop van de tijd is het doorstroomprofiel van het Schaar van Ossenissee afgenomen. Overigens is het door WAQUA berekende ebvolume in deze schaar vermoedelijk te groot.

De laatste jaren lijkt er een tendens te ontstaan dat de ebstroom vanuit het Zuidergat de afbuiging in noordelijke richting niet meer goed volgt: in de recent gesedimenteerde oostelijke flank van de Platen van Ossenissee is sprake van een beperkte bochtafsnijding waardoor opnieuw een aanzet lijkt te ontstaan tot een uitloop van het Zuidergat in een meer noordwestelijke richting.

6.6.3 Stroombeeld tijdens vloed

Tijdens vloed vindt de toevoer van water hoofdzakelijk plaats via de Put van Hansweert ten noorden van de platen van Ossenissee.

Een klein deel gaat via het Schaar van Ossenissee, met name tijdens de laatste fase van de vloed.

Afwaarts van de Put van Hansweert bevinden zich het Middelgat (ebgeul) en het Gat van Ossenissee (vloedgeul). In de loop van de tijd is het Gat van Ossenissee sterk in betekenis toegenomen ten koste van het Middelgat. De Overloop van Hansweert waar thans het grootste deel van de vloed passeert, had ca. 60 jaar geleden slechts het karakter van een beperkte kortsluitgeul.

Door deze groei treedt in de Overloop van Hansweert een uitbochtend effect op, waardoor de uitstroming vanuit het Gat van Ossenissee naar de Put van Hansweert in de loop van de tijd is gedraaid van noordoostelijk naar oostelijk en tegelijkertijd versterkt.

De vloedstroom vanuit het Middelgat heeft min of meer dezelfde richting behouden (ongeveer zuidoost), maar is wel in betekenis afgenomen.

Deze ontwikkelingen hebben tot gevolg gehad dat de totale binnenkomende impuls/energieflux vanuit de Put van Hansweert een meer oostelijke richting heeft gekregen in plaats van de meer zuidoostelijke richting in het verleden.

Dit betekent dat de tendens tot uitbochten tijdens vloed in de loop van de tijd is toegenomen.

Het Schaar van Waarde is in de loop van de tijd afgenomen. Het versterkte inscharingseffect langs de oever van Waarde zet dus niet door in het Schaar van Waarde zelf.

In debietraai 5A bedroeg in 1990 de verhouding Schaar van Waarde - Zuidergat tijdens vloed ca. 40-60%; in 1960 was dit nog ca. 67-33%.

Het lijkt waarschijnlijk dat de laatste jaren het vloedvolume in het Schaar van Waarde weer stijgt; dit in relatie tot de gesignaleerde erosie van het Schaar van Valkenisse. Vanwege de verplaatsing van raai 5 kan hierover echter geen uitsluitsel worden gegeven op basis van de debietmetingen.

De vloedstroom in het Zuidergat heeft de neiging om in te scharen in de rand van de Plaat van Walsoorden. Dit verschijnsel is besproken in de vorige paragraaf.

6.6.4 Impulsbalans

Vanwege de grote hoeveelheid debietgegevens in de raaien 5 en 6 kan voor een 3-tal jaargangen een benadering van de impulsbalans worden opgesteld: ca. 1960, ca. 1975 en ca. 1990.

De resultaten zijn gegeven in de figuren 6.4 a t/m c.

Evenals bij de drempels van Bath en Valkenisse geldt dat de nauwkeurigheid van deze balansen beperkt is in verband met de subjectieve handmatige afschattingen van de eb- en vloedvolumes in de omgeving van de drempel.

In de periode 1960-1975 blijkt het drempelgebied zowel tijdens eb als tijdens vloed meer water met meer impuls te gaan trekken.

In de periode 1975-1990 lijkt een stabilisatie op te treden, hoewel de uitkomst erg gevoelig is voor de (handmatig) afgeschatte debietverdeling over het eb- en vloedgedeelte van de brede geul in het drempelgebied.

Opvallend is dat bij de drempel van Hansweert, evenals bij de drempels van Valkenisse en Bath, de vloed-impuls achterblijft bij het vloeddebiet, en dat de vloed als geheel ter plaatse van de drempel achterblijft bij de eb.

Vanwege de handmatige afschatting blijft het moeilijk om harde kwantitatieve konklusies te trekken.

In de WAQUA-resultaten blijkt niet duidelijk een verhoging van de waterstand in het vertraginggebied op te treden.

Dit kan samenhangen met de grote breedte van de geul, waardoor dwarsverhagen zich gemakkelijk laten vertalen in vereffeningsstromen. Het gevolg hiervan is een uitwaaiing van de stroom in de hoofdstroming.

Het niet duidelijk optreden van de waterstandsverhoging in WAQUA kan ook samenhangen met de schematisatie; deze is in feite te grof om dit soort details goed te kunnen weergeven. Bovendien speelt de opslinging van het getij een belangrijke rol, waardoor rond HW een gradient in de waterstand optreedt.

6.6.5 Oorzaken drempelvorming

De vermoedelijk belangrijkste oorzaak van de drempelvorming bij Hansweert is de uitbochtende vloedstroom vanuit de Put van Hansweert.

Evenals in het Nauw van Bath treedt in de Put van Hansweert bij vloed wellicht een sterke spiraalstroom op; deze spiraalstroom voert sedimentrijk water naar het drempelgebied achter de platen van Ossensisse, waar het sediment in het drempelgebied bezinkt.

Tijdens eb treedt een krachtige stroming op vanuit het Zuidergat. Bij het passeren van het Schaar van Ossensisse treedt een (geringe, in de loop van de tijd afnemende) vertraging op wegens zijdelings afstromend water; bij maximum ebstroom in de hoofdgeul is dit effect gering.

Belangrijker is de vertraging bij de aansluiting met het Schaar van Waarde.

Daardoor stroomt een belangrijk deel van het ebwater af in de breedte waardoor het eroderend vermogen op de drempel verloren gaat. Dit is duidelijk te zien bij vergelijking van de debietmetingen van 1988 in de oude raai 5 en van 1990 in raai 5A.

Door de groei van het Gat van Ossensisse is de uitbochtiging tijdens vloed vanuit de Put van Hansweert versterkt. Of deze trend een grotere of een geringere afzetting van zand in het drempelgebied tot gevolg (gehad) heeft valt moeilijk te zeggen met de huidige inzichten.

De grootste afzetting vindt, mede door de spiraalstroom, plaats langs de plaatrand van de platen van Ossensisse.

Dit heeft tot gevolg dat de uitloop van het Zuidergat in de loop van de tijd met de klok mee verdraait.

Als gevolg van de verdraaiing van de uitloop van het Zuidergat gebeurt een aantal dingen:

- de rug die voorheen de scheiding vormde tussen het Zuidergat en het Schaar van Waarde neemt af tot (vrijwel) nihil
- omdat hierdoor de aansluiting Zuidergat-Schaar van Waarde steeds verder opwaarts verschuift, d.w.z. steeds verder in het vertragsgebied bij vloed, kan het Zuidergat in de loop van de tijd een steeds belangrijker rol gaan spelen tijdens vloed ten koste van het Schaar van Waarde; dit leidt tot een toename van het getijvolume in het Zuidergat die bij vloed sterker is dan bij eb
- de erosie van de scheidingsrug tussen beide geulen leidt voorts tot een verkorting van de afstand tot de Overloop van Valkenisse gemeten langs het Schaar van Waarde en een vergroting van de afstand via het Zuidergat. Hieruit volgt een labiel evenwicht met risico van doorbraak, zoals besproken in de vorige paragraaf (ontwikkelingen Schaar van Valkenisse)
- de ebstroom vanuit het Zuidergat heeft als gevolg van de erosie van de scheidingsrug steeds meer de neiging tot divergentie, en dus vertraging, d.w.z. een gereduceerde eroderende werking op de sedimentatie bij vloed
- de laatste jaren ontstaat een tendens tot kortsluiting tijdens eb vanuit het Zuidergat naar de Put van Hansweert (bochtafsnijding oostzijde Platen van Ossenisse). Hierdoor neemt de ebstroom in het drempelgebied verder af.

Het baggerwerk op de drempel vindt hoofdzakelijk plaats langs de binnenbocht; dit heeft de verdraaiing van de uitloop van het Zuidergat echter niet tegengehouden. Het baggerwerk heeft de verbreding van de geul bij de drempel wellicht in de hand gewerkt.

De afnemende ebsnelheden op de drempel leiden tot een vermindering van de eroderende werking van het bij vloed bezonken sediment.

Ook de verdieping van de vaargeul heeft aan deze afname meegewerkt.

Resumerend kan gesteld worden dat de sedimentatie op de drempel van Hansweert wordt veroorzaakt door de vloed.

Als gevolg van de verdieping en morfologische veranderingen is het eroderend vermogen van de ebstroom in het drempelgebied kleiner geworden, waardoor de baggerhoeveelheden zijn toegenomen.

Dit is te meer van belang omdat de aanstroming bij eb vanuit het Zuidergat plaatsvindt met hoge snelheid en waarschijnlijk ook met hoog sedimentaanbod.

6.6.6 Konklusies

De sedimentatie op de drempel van Hansweert wordt veroorzaakt door de vloedstroom.

De eroderende werking van de ebstroom is in de loop van de tijd afgenomen, waardoor de baggervolumes zijn gestegen.

Bij de afname van de eb speelt naast de verdieping ook de verdraaiing en verbreding van de overloop van het Zuidergat een grote rol en meer recent de tendens tot bochtafsnijding waardoor het Zuidergat weer terug naar zijn vroegere bedding lijkt te streven (richting NNW).

Het Schaar van Ossenissee heeft slechts een beperkte, in de loop van de tijd afnemende invloed in het drempelgebied.

6.7 OVERLOOP VAN HANSWEERT

Het baggergebied in de Overloop van Hansweert bevindt zich in de binnenbocht van de geul tussen het Gat van Ossenissee en de Put van Hansweert. Afwaarts werd in het verleden incidenteel ook gebaggerd langs de rechteroever tegenover Ossenissee.

Tot 1975 werd hier niet gebaggerd omdat het hoofdvaarwater toen via het Middelgat liep.

Sinds 1975 wordt gemiddeld ca. 0,3 Mm³ per jaar gebaggerd; dit volume is min of meer konstant in de tijd.

Ter plaatse van de Overloop van Hansweert zijn de geulbreedte en -diepte in de loop van de tijd sterk toegenomen: van een beperkt overloopgeultje in 1931 tot een doorstroomprofiel van zo'n 16.000 m² in 1992. De toename heeft zich ook in de periode 1978-1992 voorgedaan.

Het is daarom waarschijnlijk dat de baggerwerken ter plaatse van de Overloop van Hansweert, na een initiële verdieping in 1975 uitsluitend bedoeld zijn geweest om scherpe bochten in de vaargeul te voorkomen en niet om de waterdiepte te vergroten.

De geul is overal voldoende diep en breed.

Het gebied is m.a.w. geen drempel.

Een verdere analyse valt daarom buiten het kader van deze studie.

6.8 DREMPEL VAN BAARLAND

6.8.1 Situatie

De drempel van Baarland bevindt zich in het oude hoofdvaarwater op de overgang tussen het Pas van Terneuzen en het Middelgat.

Op deze drempel is gebaggerd in de periode 1969-1976. In dat laatste jaar is het hoofdvaarwater omgelegd via het Gat van Ossenissee.

Het baggervolume varieerde in de 7 jaren met onderhoudsbaggerwerk van bijna niets tot ca. 3,4 Mm³ per jaar, met een gemiddelde van 1,8 Mm³ per jaar.

Na beëindiging van het baggerwerk is de drempelhoogte verder toegenomen, tot minder dan NAP -10 m in de periode 1988-1992.

Aan de opwaartse zijde van de drempel bevindt zich het Middelgat. Deze geul is ebdominant en is over de gehele lengte in de loop van de tijd afgenomen.

Afwaarts bevindt zich de overloop van de vloeddominante Everingen. In dit gebied migreren met grote snelheid ebgeulen die ontstaan nabij de Zuid-Bevelandse oever en zuidwaarts verplaatsen.

Min of meer ten zuiden van de drempel zijn afwaarts het Pas van Terneuzen en opwaarts het Gat van Ossenissee aanwezig. Het Pas van Terneuzen is ebdominant en het Gat van Ossenissee vloeddominant. In het drempelgebied treedt dus een wisseling op van eb/vloeddominantie; dit ondanks het feit dat het Pas van Terneuzen en het Gat van Ossenissee in elkaars verlengde liggen en ogenschijnlijk één doorgaande geul vormen.

Naast het baggerwerk op de drempel in de periode 1969-1976 vinden in de omgeving de volgende stortingen van specie plaats:

- Gat van Ossenissee, langs de linkeroever bij de Platen van Hulst: stortingen oplopend van ca. 1 Mm³/jaar in de periode 1971-1975 tot 2,5 à 3 Mm³/jaar in de periode 1986-1990.
- Ebschaar naar de Everingen (1 à 2 km opwaarts van de drempel): in de periode 1971-1974 gemiddeld 1,2 Mm³/jaar en in de periode 1979-1987 gemiddeld 1,1 Mm³/jaar.
- Vloedschaar Everingen (12 km afwaarts): vanaf 1973 stortingen, oplopend tot gemiddeld 1,5 Mm³/jaar in de periode 1976-1980, daarna afnemend tot ca. 0,3 Mm³/jaar in de periode 1986-1990.

6.8.2 Stroombeeld tijdens eb

Op 3 à 4 km opwaarts van de drempel bevindt zich debietraai 6. Hier zijn sinds 1932 8 debietmetingen uitgevoerd.

Het ebvolume in het Gat van Ossenissee is in de loop der jaren sterk toegenomen ten koste van het Middelgat.

De verhouding tussen de ebvolumes van Middelgat en Gat van Ossenissee bedroeg in 1932 ca. 70-30% en is teruggelopen tot 55-45% in de zeventiger jaren. Einde jaren 80 is de verhouding ongeveer 50-50%. De vloedgeul (Gat van Ossenissee) trekt nu dus evenveel ebvolume als de ebgeul.

Voor de situatie tijdens eb in het drempelgebied is de stroming in het Middelgat de belangrijkste faktor. Tussen de debietraai en de drempel is sprake van overlopend water vanuit het Middelgat naar de Everingen. Dit gebeurt via ebschaartjes die in snel tempo naar het zuiden verplaatsen (orde 100 m per jaar) en daar doodlopen op de plaat.

Door deze zijdelingse afstroming is het ebvolume op de drempel aanmerkelijk kleiner dan in de debietraai.

Door de samenvloeiing van het Middelgat met het Gat van Ossenissee ontstaat op het einde van het Pas van Terneuzen tussen de drempel en de ingang van de Zuid-Everingen een geul met een groot ebvolume, terwijl het ebvolume in de relatief ruime Everingen sterk achterblijft.

Dit wordt gecorrigeerd door de aanwezigheid van de Zuid-Everingen, een kortsluitgeul die naar schatting 15 à 20% van het totale raaidebiet overhevelt van de zuidelijke geul (Pas van Terneuzen) naar de noordelijke geul (Everingen). De Zuid-Everingen verplaatst als gevolg van de ebstroom naar het westen met een snelheid van ca. 20 meter per jaar.

Ter hoogte van debietraai 7, die loopt van Ellewoutsdijk via Everingen, Middelpaas en Pas van Terneuzen naar de polder bewesten Terneuzen (7 à 8 km afwaarts van de drempel) bedraagt de verhouding tussen de ebvolumes van beide geulen vrijwel 50-50%, waarbij het Pas van Terneuzen enigszins sterker is. De veranderingen in de loop van de tijd bedragen enkele procenten (4 metingen sedert 1961). Beide geulen hebben ter plaatse van de debietraai een te krap profiel ($P = \text{ca. } 0,9$). Ook dit blijft min of meer konstant in de loop van de tijd.

6.8.3 Stroombeeld tijdens vloed

In debietraai 7 is tijdens vloed sprake van een dominantie van de Everingen over het Pas van Terneuzen.

De verhouding bedraagt 55-45% in 1961 en is maximaal in 1974: 60-40%. Daarna neemt de dominantie weer af tot 57-43% in 1989.

In hoeverre deze trends significant zijn valt gezien de nauwkeurigheid van de metingen niet goed te zeggen; de veranderingen bij vloed vertonen echter wel hetzelfde beeld als bij eb.

Via de Zuid-Everingen wordt een deel van het vloedvolume overgeheveld van de Everingen naar het Pas van Terneuzen. Het overige van het vloedvolume in de Everingen (na aftrek van lokale komberging) vindt via het nogal dynamische overloopgebied met afwisselend geulen en platen zijn weg naar het Middelpaas en naar het Gat van Ossensisse. De laatste hoeveelheid vloedwater moet het drempelgebied als het ware oversteken; dit omdat het vloedvolume van het Pas van Terneuzen (inclusief Zuid-Everingen) te klein is om het Gat van Ossensisse voldoende volume te geven, althans sinds het einde van de zestiger jaren. Daarvoor trad netto toevoer van water vanuit het Pas van Terneuzen via het drempelgebied naar het Middelpaas op.

Bij debietraai 6 is sprake van een verhouding tussen de vloedvolumes van Middelpaas en Gat van Ossensisse die zich ontwikkelt van 55-45% in 1932, via 50-50% midden zestiger jaren en 45-55% midden zeventiger jaren tot 40-60% in 1989.

Hieruit blijkt, evenals bij eb, dat de rol van het Gat van Ossensisse steeds belangrijker wordt en die van het Middelpaas sterk afneemt.

6.8.4 Impulsbalans

Aangezien zowel in debietraai 6 als in raai 7 metingen vanaf 1960 beschikbaar zijn, kon een 3-tal impulsbalansen worden opgesteld: ca. 1960, ca. 1975 en ca. 1990.

De resultaten zijn gegeven in de figuren 6.5 a t/m c.

Vanwege het dynamische karakter van het gebied met een aantal sterk veranderende kortsluitgeulen (Zuid-Everingen, Straatje van Willem en Ebschaar naar de Everingen) geldt voor deze drempel nog sterker dan bij de vorige dat deze balansen slechts een globale inschatting geven. Dit betreft zowel de geschatte debietverdeling als de P-waarde en de impuls.

Ook op deze drempel geldt dat de vloedimpuls achterblijft bij het vloeddebiet, en dat de vloed als geheel op de drempel een beduidend geringere impuls heeft dan de eb.

Voorts valt op het stabiele karakter van Everingen, Zuid-Everingen en Pas van Terneuzen, toch zeker in vergelijking met het drempelgebied en de opwaartse geulen, waar zeer grote wijzigingen optreden in de loop van de tijd.

6.8.5 Oorzaken drempelvorming

De toename van de hoogte van de drempel van Baarland in de loop van de tijd hangt uiteraard sterk samen met de afnemende betekenis van het Middelgat.

Gesteld dat deze geul nog steeds hoofdvaarwater zou zijn, dan zou inmiddels bij de drempel gebaggerd moeten worden over een lengte van 4 à 5 km en aan het andere einde van de geul bij Hansweert over een lengte van zeker 2 km. Inherent aan het feit dat de drempel gelegen is in de uitloop van een ebgeul geldt dat bij vloed sedimentatie optreedt die bij eb wordt opgeruimd.

Afhankelijk van de balans tussen bezinkvermogen bij vloed en eroderend vermogen bij eb ontstaat een evenwichtsligging van de drempel.

Dit is in hoofdlijnen hetzelfde mechanisme als bij de drempels van Hansweert, Valkenisse, Bath en (zoals later zal worden aangetoond) Borssele.

Al deze drempels liggen in de uitloop van de ebgeul op een omkeerpunt van de eb/vloed dominantie:

- Bath : ebgeul wisselt van linker- naar rechteroever
- Valkenisse : ebgeul wisselt van rechter- naar linkeroever
- Hansweert : ebgeul wisselt van linker- naar rechteroever
- Baarland : ebgeul wisselt van rechter- naar linkeroever
- Borssele : ebgeul wisselt van linker naar rechteroever.

Bij Baarland is de belangrijkste oorzaak van de aangroei van de drempel in de loop van de tijd het wegvallen van het eroderend vermogen van de ebstroom.

Dit heeft twee oorzaken:

- a) de algehele afname van het Middelgat, waardoor het aanbod van ebwater via het Middelgat aanzienlijk is afgenomen
- b) de afname van de rug tussen het Middelgat en de Everingen, waardoor een direkte verbinding tussen beide geulen is gegroeid (Ebschaar naar de Everingen).

Door het dynamische karakter van het overgangsgebied tussen Middelgat en Everingen wordt de algemene trend zoals hiervoor geschetst vaak vertroebeld door cyclische processen van opgaan, bloeien en afsterven van ebgeulen.

Indien de "hoofd"-kortsluitgeul (thans de Zuid-Everingen) door uitbochten te ver westwaarts is verplaatst ontstaat een nieuwe "hoofd"-kortsluitgeul vanuit de cyclische processen in het overgangsgebied tussen Middelgat en Everingen. Voorbeelden van oude kortsluitgeulen zijn de restanten van de Geul van de Suikerplaat en van het Stoombotengat. Beide zijn thans nog nauwelijks als geul te herkennen.

Door speciëstortingen in de Ebschaar naar de Everingen in de tachtiger jaren is de vrije ontwikkeling van deze geul mogelijk enigszins belemmerd.

Ook de aanvoer van sediment bij vloed heeft in de loop van de tijd veranderingen ondergaan, doordat de aanvoer van vloedwater vanuit het Pas van Terneuzen naar het Middelgat in de loop van de tijd is teruggelopen tot nul. Uit de figuren 6.5 a-c blijkt dat in 1960 nog sprake was van een geringe aanvoer vanuit het Pas van Terneuzen; in 1975 en 1980 is daarentegen sprake van een voeding van het Gat van Ossensisse direkt vanuit de Everingen. Er staat dan derhalve tijdens vloed een dwarsstroom in het drempelgebied. Als gevolg hiervan erodeert de zuidelijke punt van de Rug van Baarland.

De veranderingen in sedimenttoevoer naar het drempelgebied als gevolg van de gewijzigde stromingstoestand zijn moeilijk in te schatten.

6.8.6 Konklusies

De drempel van Baarland en de toename daarvan in de loop van de tijd vindt zijn oorzaak in de afname van het eroderend vermogen van de ebstroom uit het Middelgat.

Hierdoor wordt door de eb minder sediment geërodeerd dan de aanzanding die bij de voorgaande getijfase (vloed) is ontstaan, met als resultaat een netto sedimentatie per getij.

Aangezien op de Drempel van Baarland geen baggerwerken (meer) plaatsvinden heeft de aanzanding op de drempel op zich weer een versterkende invloed op de afname van het Middelgat. Men kan dus stellen dat het Middelgat bezig is zichzelf op te heffen.

6.9 PUT VAN TERNEUZEN

In het Pas van Terneuzen bevindt zich een beperkte drempel ca. 3 km oostwaarts van de sluizen van Terneuzen.

In het verleden is hier incidenteel een niet noemenswaardige hoeveelheid baggerwerk uitgevoerd.

De drempel bevindt zich ter plaatse van de inloop naar de Zuid-Everingen, tussen 2 diepe kontraktiepunten in het Pas van Terneuzen.

De oorzaak van deze ondiepte is waarschijnlijk het uitwaaieren van de ebstroom na het passeren van de diepe trog aan het einde van het Gat van Ossenissee. Dit uitwaaieren wordt veroorzaakt door de wateronttrekking via de Zuid-Everingen. Hierdoor treedt geulverbreeding en vertraging op, met als gevolg een hogere bodemligging.

De drempel is ontstaan tussen 1930 en 1950, op het moment dat de inloop naar de Zuid-Everingen westwaarts van de diepe trog aan het eind van het Gat van Ossenissee kwam te liggen.

Aangezien de Zuid-Everingen nog steeds verplaatst naar het westen is de verwachting dat de drempel ook verder naar het westen zal opschuiven. Dit betekent dat de drempel zal verdwijnen in de diepe trog voor de havendammen van Terneuzen.

6.10 DREMPEL VAN BORSSELE

6.10.1 Situatie

De drempel van Borssele ligt op de overgang van het Pas van Terneuzen en de Honte/Everingen. Op deze drempel wordt gebaggerd sinds 1973.

Het begin van het baggerwerk valt samen met de verdieping van de vaargeul. Het baggervolume bedraagt ongeveer 1 Mm³ per jaar, de laatste jaren (1986-1990) ruim 0,5 Mm³/jaar.

Honte en Everingen vormen een diepe, doorgaande geul waarin het Pas van Terneuzen zijdelings overloopt.

Net als bij de drempel van Baarland (par. 6.8) treedt ondanks deze schijnbare continuïteit bij de overgang van Honte naar Everingen een omslag op van ebdominantie naar vloeddominantie.

Aan de westzijde wordt de situatie gecompliceerd door de aanwezigheid van het Schaar van Spijkerplaat. Dit is een vloedschaar die in de loop van de tijd aanzienlijk in betekenis toeneemt en die zijdelings overloopt in het Pas van Terneuzen ter plaatse van de drempel.

Zowel in de Everingen als in het Schaar van Spijkerplaat vinden stortingen van baggerspecie plaats:

- Everingen (1 à 2 km ten oosten van de drempel): vanaf 1973 stortingen, oplopend tot gemiddeld $1,5 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ in de periode 1976-1980, daarna afnemend tot ca. $0,3 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ in de periode 1986-1990.
- Schaar van Spijkerplaat: stortingen van $0,3$ à $0,4 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ vanaf 1981.

6.10.2 Bepaling P-waarde debietraaien 9 en 10

In hoofdstuk 4 is voor een aantal markante eb- en vloedgeulen de relatie tussen eb- cq vloedvolume en doorstroomoppervlak bepaald.

Op basis daarvan is de evenwichtsparemeter P ontwikkeld.

Omdat in de debietraaien 9 en 10, die beiden de Honte en het Schaar van Spijkerplaat betreffen (zie fig. 4.1), geen duidelijke eb- of vloedgeulen te definiëren zijn, zijn deze raaien (behoudens het Vaarwater langs Hoofdplaat in raai 10) in hoofdstuk 4 buiten beschouwing gelaten.

Wetende dat de P-waarden in de geulen(stelsels) van raai 9 en 10 vanwege de interne eb/vloed verschillen binnen de geul wellicht groter dan 1 zullen zijn, is het niettemin interessant om de P-waarde te bepalen.

Voor de som van Honte en Schaar van Spijkerplaat geldt het volgende:

- raai 9:

jaar	ebvolume (Mm ³)	vloedvolume (Mm ³)	A _{NAP} (m ²)	P
1960	772	762	65.300	1,24
1979	829	835	66.350	1,16
1986	780 *)	780 *)	67.900	1,27
1991	745	733	69.080	1,36
*) schatting wegens onvolledige meting				

- raai 10:

jaar	ebvolume (Mm ³)	vloedvolume (Mm ³)	A _{NAP} (m ²)	P
1958	837	845	66.880	1,16
1971	852	858	68.280	1,16
1982	853	869	68.850	1,16
1989	834	841	67.790	1,18

In raai 9 is voor 3 van de 4 jaargangen voorts onderscheid gemaakt in het geulsysteem van de Honte enerzijds en dat van het Schaar van Spijkerplaat anderzijds. De resultaten daarvan zijn gegeven in de volgende tabel.

jaar	Honte			Schaar van Spijkerplaat		
	ebvol. (Mm ³)	A _{NAP} (m ²)	P	vloedvol. (Mm ³)	A _{NAP} (m ²)	P
1960	602	45.800	1,11	233	19.500	1,22
1986	490 *)	42.200	1,26	344 *)	25.700	1,09
1991	405	40.210	1,45	392	28.870	1,08
*) schatting wegens onvolledige meting						

Uit deze cijfers blijkt, zoals te verwachten was, dat alle gevonden P-waarden groter zijn dan 1.

Tevens blijkt:

- raai 10: de P-waarde is opvallend konstant in de loop van de tijd (som van Honte en Schaar)
- raai 9: sterke toename P-waarde Honte in combinatie met aanzanding van ca. 400 m² per jaar (0,4 Mm³ per km geul per jaar) in de periode 1986-1991
- raai 9: afname van P-waarde Schaar van Spijkerplaat, ondanks het feit dat deze (met name in 1991) bestaat uit 2 bijna volledig gescheiden geulen.

Deze bevindingen zullen bij de beschrijving van het stroombeeld en de morfologie een belangrijke rol spelen.

6.10.3 Stroombeeld tijdens eb

Aan de afwaartse zijde van de drempel bevinden zich de debietraaien 9 en 10, die hierboven zijn geanalyseerd; opwaarts bevinden zich debietraai 8 (ca. 1 km opwaarts, slechts 1 meting: 1958) en debietraai 7 (ca. 8 km opwaarts, 4 metingen sedert 1961).

De verhouding tussen de ebvolumes van Pas van Terneuzen en Everingen bedraagt in debietraai 7 ca. 50-50% met een tendens tot licht overwicht van het Pas van Terneuzen voor 1970 en na 1980 (zie ook par. 6.8: Drempel van Baarland).

In raai 8 is slechts 1 meting beschikbaar (1958). Toen bedroeg de verhouding Pas van Terneuzen - Everingen 43-57%. In deze raai domineert de Everingen dus duidelijk over het Pas van Terneuzen.

Het ebvolume van het Pas van Terneuzen is zelfs in absolute zin afgenomen:

- raai 8 (1958): 307 Mm³
- raai 7 (1961): 376 Mm³.

Tussen raai 7 en 8 vindt derhalve een duidelijke overheveling van ebwater plaats vanuit het Pas van Terneuzen naar de Everingen, via het Stoombotengat, de restanten van de Geul van de Suikerplaat en over de platen zelf.

In latere jaren zanden de oude kortsluitgeulen steeds verder aan. Men mag dus verwachten dat de overloop van ebwater naar de Everingen toe kleiner is geworden.

Als gevolg hiervan is nabij de drempel van Borssele het ebvolume van het Pas van Terneuzen in de loop van de tijd toegenomen. Naast de afname van de kortsluitgeulen naar de Everingen speelt hierbij ook een rol de afname van de overloop naar het Vaarwater langs Hoofdplaat.

Deze processen vormen een verklaring voor de toename van het natte doorstroomprofiel van het Pas van Terneuzen westelijk van raai 7 met ca. 10% sinds 1960.

Ter hoogte van de drempel treden in de loop van de tijd aanzienlijke veranderingen op in het gedrag van de ebstroom. Dit wordt veroorzaakt door de toenemende betekenis van het Schaar van Spijkerplaat direkt ten westen van het drempelgebied.

Hierdoor wordt een steeds toenemend deel van het ebwater uit het Pas van Terneuzen overgeheveld naar het Schaar van Spijkerplaat en wordt de overloop naar de Honte steeds minder.

Dit proces lijkt samen te hangen met de doorgaande verplaatsing naar het westen van het Pas van Terneuzen.

De hoeveelheid ebwater die daadwerkelijk over de drempel stroomt is afhankelijk van het stadium van de cyclus van de eb/vloedgeulen op het einde van het Schaar van Spijkerplaat.

In 1992 is het ebschaar ver uitgebocht en ligt deze vrijwel tegen de Honte aan. Hierdoor vindt de afsplitsing van ebwater naar het Schaar van Spijkerplaat pas plaats nadat het drempelgebied voor het grootste deel is gepasseerd.

Uit de debietmetingen in raai 9 ten westen van het drempelgebied blijkt duidelijk de toename van het ebvolume in het Schaar van Spijkerplaat: verdubbeling van 170 Mm³ tot 340 Mm³ in de periode 1960-1991.

De rol van het Schaar tijdens eb is daarmee bijna even belangrijk geworden als die van de ebgeul Honte (verhouding 45-55%).

6.10.4 Stroombeeld tijdens vloed

Tijdens vloed wordt de situatie ter plaatse van de drempel in belangrijke mate bepaald door de ontwikkelingen van het Schaar van Spijkerplaat.

In debietraai 10 is vooralsnog weinig of niets van deze ontwikkelingen te merken: de P-waarde is opvallend konstant in de loop van de tijd.

Ter plaatse van debietraai 9 neemt de verhouding Schaar-Honte m.b.t. het vloedvolume toe van 30-70% in 1960 tot 53-47% in 1991. In de periode tussen 1986 en 1991 heeft het Schaar van Spijkerplaat de rol van hoofdgeul tijdens vloed dus overgenomen van de Honte.

In het verleden (voor 1960) vond de overloop van vloedwater vanuit het Schaar naar de Honte en het Pas van Terneuzen voornamelijk plaats via het ondiepe platengebied.

Incidenteel ontstonden vloedgeultjes in de richting van het Pas van Terneuzen. Deze geultjes draaiden met de klok mee tot ze in het platengebied van de Hooge Springer verzandden. Thans is nog een restant van zo'n "oude" Schaar van Spijkerplaat waar te nemen.

In de loop van de tijd is de situatie aanmerkelijk veranderd: door het ebwater vanuit het Pas van Terneuzen gegenereerde ebgeulen trekken op hun beurt vloedwater aan waardoor de groei van het Schaar sterk is toegenomen. Het aanbod aan vloedvolume via het Schaar van Spijkerplaat is thans beduidend groter dan de vraag van het Pas van Terneuzen. Dit betekent dat een aanzienlijke hoeveelheid vloedwater het drempelgebied min of meer dwars oversteekt naar de Everingen.

6.10.5 Oorzaken drempelvorming

Wegens de beperkte hoeveelheid gegevens ter plaatse van de drempel is het niet mogelijk om voor dit gebied een impulsbalans op te stellen. Op basis van de bekende gegevens kan echter met grote waarschijnlijkheid worden gesteld dat ook hier, evenals bij de drempels van Baarland, Hansweert, Valkenisse en Bath sprake is van sedimentatie tijdens vloed en erosie tijdens eb.

De sedimentatie tijdens vloed wordt deels veroorzaakt door overloop vanuit het Schaar van Spijkerplaat. Door de toename van dit schaar in combinatie met de westelijke verplaatsing van het Pas van Terneuzen is deze overloop en daarmee de sedimenttoevoer in de loop van de tijd toegenomen.

Vanwege het cyclische karakter van met name de ebgeulen in het overloopgebied kan het sedimentaanbod van jaar tot jaar sterk veranderen. Het gebied kent verreweg de grootste dynamiek van het hele estuarium, waarbij geulen met een doorstroomoppervlak van 15000 m² met een snelheid van 50 à 75 meter per jaar verplaatsen (0,10 meter per getij). Er zijn in het gebied punten aan te wijzen waar in 1961 de diepte groter was dan 10 meter; vervolgens trad sedimentatie op tot ca. 5 meter, gevolgd door erosie tot ruim 15 meter diepte. Inmiddels is de diepte weer teruggelopen tot minder dan 5 meter (1992).

De tweede oorzaak van sedimentatie tijdens vloed is in het verleden de aanvoer van vloedwater vanuit de Honte geweest. Wegens het afnemende vloedvolume van de Honte in combinatie met een hoge P-waarde (lage snelheid) is het sedimentbezwaar van deze geul sterk afgenomen. Bovendien is door de toenemende betekenis van het Schaar thans nauwelijks of geen sprake meer van watertoevoer vanuit de Honte naar het drempelgebied, maar eerder vanuit het drempelgebied naar de Everingen.

Tijdens eb heeft de toename van het ebvolume in het westelijk deel van het Pas van Terneuzen een positief effect gehad op het eroderend vermogen van de ebstroom.

De toename van het contact met het Schaar van Spijkerplaat heeft daarentegen geleid tot een verlies van ebvolume en dus van eroderend vermogen op de drempel.

Ondanks de doorgaande groei van het Schaar van Spijkerplaat waren de gevolgen van deze ontwikkeling voor de drempel aan het eind van de zeventiger jaren groter dan omstreeks 1990.

Dit komt door het feit dat de ebgeul naar het Schaar van Spijkerplaat sterk is uitgebocht en thans vrijwel tegen de Honte aan ligt, waardoor het drempelgebied nu profiteert van dit ebwater.

Het afsterven van deze geul, en daaraan gekoppeld het ontstaan van een nieuwe ebschaar tussen Pas van Terneuzen en Schaar van Spijkerplaat zal naar verwachting binnen enkele jaren leiden tot een sterke toename van het baggervolume op de drempel van Borssele.

Gezien de lage P-waarde in raai 9 van het Schaar van Spijkerplaat lijkt de toename van dit schaar nog niet tot stilstand te zijn gekomen.

Daarom moet rekening gehouden worden met een volledige doorbraak van het Schaar van Spijkerplaat, met een vrijwel rechte direkte verbinding naar de Everingen en op de langere termijn (orde 50 jaar) een verzanding van de Honte.

6.10.6 Konklusies

De sedimentatie op de drempel van Borssele wordt veroorzaakt door de vloed. De eroderende werking van de ebstroom is onvoldoende om deze sedimentatie volledig op te ruimen en voldoende diepte in stand te houden. Zowel vloed als eb worden in sterke mate beïnvloed door de ontwikkeling van het Schaar van Spijkerplaat.

Als gevolg hiervan wordt binnen enkele jaren een toename van de baggervolumes op de drempel van Borssele verwacht, terwijl rekening gehouden moet worden met een direkte verbinding tussen Schaar van Spijkerplaat en Everingen en een doorgaande afname van de Honte.

6.11 DREMPEL VAN VLISSINGEN

De drempel van Vlissingen bevindt zich aan het westelijke einde van de ebgeul Honte, nabij de overgang naar het gekombineerde geulsysteem van de Wielingen.

De drempel bevindt zich op de rand van het in het GIS-bestand opgenomen gebied.

Hierdoor is het niet mogelijk om een goed beeld te vormen van de aanstromingssituatie van de drempel tijdens vloed.

De hoogte van de drempel lijkt min of meer konstant te zijn gedurende de afgelopen 30 jaar (15 à 20 m beneden NAP).

Detailonderzoek van de lodingen kan dit getal nader precisiëren.

Hoewel het niet mogelijk is om een afgerond oordeel over deze drempel te geven, lijkt de algehele vormgeving veel op die van de overige drempels: sedimentatie bij vloed en te weinig erosiecapaciteit bij eb.

Door de gesignaleerde afname van het ebvolume in de Honte, die wellicht in de toekomst doorgaat, lijkt het waarschijnlijk dat de drempelhoogte in de komende jaren zal toenemen. Dit zou kunnen betekenen dat de drempel van Vlissingen in de toekomst een baggergebied wordt, ook zonder verdere verdieping van de vaarweg.

Gezien het feit dat de huidige drempel nog een aanzienlijke reserve heeft, wordt deze situatie niet op korte termijn verwacht.

7. KONKLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 KONKLUSIES

7.1.1 Algemeen

- A. Er blijkt een eenvoudige relatie te bestaan tussen het ebvolume in ebgeulen en het vloedvolume in vloedgeulen enerzijds en het doorstroomoppervlak van deze geulen anderzijds. Deze relatie is identiek voor ebgeulen en vloedgeulen.

Het doorstroomprofiel van een geul wordt niet significant beïnvloed door de hoeveelheid water die tijdens de niet-dominante getijfase door de geul stroomt.

De genoemde relatie heeft geleid tot de definitie van een evenwichtsparameter P die gelijk is aan 1 als de betreffende geul volledig in overeenstemming is met de gevonden relatie.

Door de waarde van P voor de diverse jaargangen van de debietmetingen te bepalen kunnen trends in beeld worden gebracht.

- B. Met behulp van het GIS-pakket Arcinfo kunnen op snelle wijze diverse morfologische parameters in de geulen van de Westerschelde worden bepaald. In combinatie met de hiervoor genoemde evenwichtsparameter P kunnen zo gefundeerde schattingen gemaakt worden van de getijvolumes in geulen waarin geen metingen beschikbaar zijn en over trends in de hoofdgeulen buiten de debietraaien. Tevens kunnen uitspraken gedaan worden over de representativiteit van de ligging van de debietraai in de betreffende geul.

- C. Toepassing van de bevindingen in de geulen op de (omgeving van de) drempel- en/of de baggerlokatie blijkt goed mogelijk te zijn. Daar waar voldoende metingen in de loop van de tijd beschikbaar zijn kunnen gefundeerde schattingen gemaakt worden van de verdeling van de eb- en vloedvolumes over de diverse (sub)geulen in de omgeving van de drempel en op de drempel zelf. Tevens kan dan een impulsbalans worden opgesteld van het drempelgebied.

7.1.2 Oorzaken drempelvorming

- A. Er is een tiental lokaties nader onderzocht.
Hiervan zijn 7 lokaties als echte drempel aan te merken:
- Bath
 - Valkenisse
 - Hansweert
 - Baarland
 - Put van Terneuzen
 - Borssele
 - Vlissingen.

Bij de overige onderzochte gebieden (Overloop van Valkenisse, Bocht van Walsoorden en Overloop van Hansweert) gaat het om lokaties waar baggerwerk plaatsvindt wegens te kleine breedte van de geul en/of te sterke kromming.

De "echte" drempels vertonen met uitzondering van de Put van Terneuzen alle hetzelfde beeld: de drempel is gelegen aan het einde van een ebgeul, vlakbij een knooppunt waar de "ebrivier" en de "vloedrivier" elkaar kruisen. Bij Bath, Valkenisse, Hansweert, Baarland en Borssele gaat deze kruising gepaard met een omslag van de ebdominantie van de rechter- naar de linkeroever of omgekeerd.

- B. Uit de impulsbalansen die waar mogelijk zijn opgesteld blijkt telkens dat bij de "echte" drempels sprake is van een achterblijvende impuls bij vloed. Bij eb is de impuls in overeenstemming met het ebvolume dat via de drempel wordt afgevoerd. Dit impliceert dat de drempel wordt opgebouwd door sedimentatie tijdens vloed. Gedurende de eb wordt deze sedimentatie (voor een deel) weer opgeruimd.

De voor de hand liggende konklusie is dus dat de drempelvorming aan het einde van de ebgeul wordt veroorzaakt door de vloed.

Dit is echter niet juist: de belangrijkste oorzaak is de afname van het eroderend vermogen van de ebstroom op de drempel.

Voor deze afname zijn per drempel verschillende oorzaken aan te wijzen.

Voor het overgrote deel kunnen deze oorzaken worden herleid naar het feit dat ter hoogte van de drempel de stroming bij eb beïnvloed wordt door de aanwezigheid van het eb-vreemde element van de bedding van de "vloedrivier". Hierdoor treedt divergentie van de ebstroom op, waardoor de geul ter plaatse van de drempel breder en ondieper wordt. In de meeste gevallen treedt bovendien een kortsluiting op met de afwaarts gelegen vloedgeul ter hoogte van de drempel waardoor het eroderend vermogen op de drempel verder afneemt.

De konklusie dat de situatie op een ebgedomineerde drempel bepaald wordt door de eb en niet door de vloed is in overeenstemming met konklusie A van de vorige paragraaf, waarin gesteld wordt dat de niet-dominante getijfase geen significante invloed heeft op het doorstroomoppervlak van de geul.

- C. Voor een nadere analyse per drempel- cq. baggergebied wordt verwezen naar de betreffende paragrafen van hoofdstuk 6 waar iedere lokatie afzonderlijk wordt behandeld.

7.1.3 Algemene ontwikkelingen in de Westerschelde

De analyse van de drempelgebieden in de Westerschelde heeft vanwege de gevolgde werkwijze, waarbij vanuit de debietraaien in de hoofdgeulen is toegewerkt naar de drempellokaties, als een soort nevenprodukt ook inzicht opgeleverd in algemene morfologische processen die in de Westerschelde aan de gang zijn.

De belangrijkste ontwikkelingen worden als volgt samengevat:

- A. Het platengebied tussen de drempel van Hansweert en de drempel van Valkenisse staat op het punt van doorbreken. Hoewel de natuur in het algemeen mild is lijkt het erop dat hier binnen 5 à 10 jaar grote veranderingen zullen optreden.
- B. Het Middelgat is bezig zichzelf op te heffen. De trend die sinds meer dan 60 jaar bestaat zet nog steeds door.
- C. Het Schaar van Spijkerplaat is bezig de rol van de Honte over te nemen. De ontwikkelingen in de omgeving van de drempel van Borssele zijn zeer dynamisch. Ook hier is de natuur tot op heden mild. Op korte termijn (binnen 5 jaar) wordt een toename verwacht van de baggervolumes op de drempel van Borssele, terwijl op langere termijn (orde 50 jaar) gevreesd moet worden voor het afsterven van de Honte.

7.2 AANBEVELINGEN

7.2.1 Algemeen

- A. Het stabiliteitsonderzoek in de debietraaien is gebaseerd op de relatie tussen dominant getijvolume en doorstroomoppervlak per geul. Aanbevolen wordt om dezelfde bewerkingen uit te voeren met het stroomvoerend vermogen in plaats van het doorstroomoppervlak. Op deze wijze wordt het effect van diepteverschillen, dat nu doorwerkt in de waarde van de evenwichtsparameter, geëlimineerd. Een evenwichtsparameter die gebaseerd is op het stroomvoerend vermogen heeft het karakter van een korrektieterm op de bodemruwheid (Manning coefficient), zodat een relatie gelegd kan worden met hydraulische modellen van het estuarium.
- B. De parametrisering met behulp van Arcinfo is in dit onderzoek beperkt tot enkele jaargangen en tot een globaal overzicht van de hele Westerschelde. Aanbevolen wordt om de parametrisering uit te breiden in de tijd (meerdere jaargangen) en in de ruimte (meer detail per drempel). De belangrijkste parameters die in deze analyse moeten worden meegenomen zijn:
 - doorstroomoppervlak beneden NAP
 - stroomvoerend vermogen
 - karakteristieke breedte
 - karakteristieke diepte.

- C. De verdeling van de eb- en vloedvolumes over de diverse (sub)geulen in de omgeving van de drempels, en daaraan gekoppeld het opzetten van de impulsbalans, heeft thans handmatig plaatsgevonden met een globale schatting van de effecten van komberging, etc. Het verdient aanbeveling om bij deze bepaling mede te betrekken de getij-geïntegreerde resultaten van hydraulische modellen. Evenals aanbeveling A levert deze werkwijze wellicht een extra calibratiegegeven op voor mathematische modellen: middels de evenwichtsparemeter kan immers in iedere geul een schatting worden gemaakt van het dominante getijvolume (eb of vloed) die vergeleken kan worden met de uitkomsten van het model.

7.2.2 Prognose baggervolumes

- A. Bij enkele drempels (Valkenisse, Borssele) is in dit onderzoek reeds een voorzichtig verband gelegd tussen de hydrodynamische/morfologische ontwikkelingen en de baggervolumes in de loop van de tijd. Een nadere analyse per drempelgebied kan het inzicht in dit verband vergroten, resulterend in een meer kwantitatieve koppeling tussen hydrodynamische en morfologische trends en het onderhoudsbaggerwerk. Op basis hiervan kan een prognose worden gemaakt van de baggervolumes in de toekomst bij ongewijzigd beleid. Vooralsnog moet men hierbij wel rekening houden met ruime marges.
- B. In het kader van het opstellen en beoordelen van beleidsvoornemens inzake te nemen maatregelen met betrekking tot de bagger- en stortstrategie in de Westerschelde wordt aanbevolen om op basis van de resultaten van dit onderzoek een globale kwalitatieve inschatting te maken van de gevolgen van eventueel te nemen maatregelen, zoals:
- verdieping vaargeul
 - kunstmatige vergroting getijvolume ("ontpolderen")
 - aanleg van "klassieke" leidammen op vloedschaardrempels
 - aanleg van zanddammen elders in de vloedscharen/nevengeulen.
- C. Een gerichte analyse van de effecten van baggeren en storten ontbreekt in dit onderzoek, evenals een kritische evaluatie van de hypothesen die in eerdere studies zijn gemaakt ten aanzien van de zandbalans van het estuarium. Aanbevolen wordt om de hypothesen zoals die thans worden gehanteerd in het licht van de bevindingen van dit onderzoek kritisch te bezien.

7.2.3 Algemene ontwikkelingen Westerschelde

- A. Ten aanzien van de vermoedelijk op handen zijnde doorbraak van het Schaar van Valkenisse wordt aanbevolen om in dit gebied met voorrang de nadere analyse met behulp van Arcinfo (zie aanbeveling B van par. 7.2.1) uit te voeren.

Tevens dienen de konsekwenties van een eventuele doorbraak voor de morfologische ontwikkeling van het gebied als geheel en voor het onderhoudsbaggerwerk in de vaargeul te worden afgeschat en dienen maatregelen te worden overwogen om eventuele negatieve ontwikkelingen te voorkomen.

Een veelbelovende, maar ingrijpende maatregel is de afsluiting van het Schaar van Waarde middels een zanddam naar de Plaat van Walsoorden. Door een dergelijke dam wordt niet alleen een doorbraak verhinderd, maar wordt tevens een vergroting van het getijvolume in het Zuidergat en de Overloop van Valkenisse bewerkstelligd. De uitvoering van een dergelijke ingrijpende maatregel vergt een aanzienlijke voorbereidingstijd omdat alle belangen zorgvuldig moeten worden afgewogen.

- B. De gesignaleerde ontwikkelingen van het Schaar van Spijkerplaat vragen om permanente aandacht. Het is thans niet zinvol om maatregelen te overwegen die de ontwikkeling keren, niet alleen omdat maatregelen, willen ze werkelijk effect sorteren, vermoedelijk zeer omvangrijk zullen zijn, maar ook omdat de konsekwenties van een natuurlijke ontwikkeling nog niet kunnen worden overzien.

Om meer inzicht in de te verwachten natuurlijke ontwikkeling te verkrijgen, verdient het aanbeveling om in detail een analyse te maken van de debietverdeling binnen de debietraai die door het Schaar van Spijkerplaat en de Honte loopt (raai 9) en om ook hier een nadere analyse met behulp van Arcinfo uit te voeren.

LITERATUUROVERZICHT

ALGEMEEN

1. J. van Alphen: "De te verwachten veranderingen in het morfodynamisch gedrag van de Oosterschelde na het gereedkomen van de stormvloedkering", GEOMOR nota 83.01, 1982.
2. Anonymus: "Geomorfologische processen Oosterschelde - een pilot studie-", GEOMOR nota 84.01, 1984.
3. F. Berben: "Meandergeometrie en morfodynamisch gedrag van estuariumgeulen", Den Haag, december 1985.
4. J.H. van den Berg: "Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde", Rijkswaterstaat Communications, no. 43, 1986.
5. P. Bruun: "Port Engineering", Fourth Edition, volume 2, chapter 9, Gulf Publishing Company, Houston Texas, 1990.
6. J. Ehlers: "The morphodynamics of the Wadden Sea", Balkema, Rotterdam, 1988.
7. F. Gerritsen en H. de Jong: "Stabiliteit van doorstroomprofielen in Westerschelde", nota WWKZ-83.V008, nov. 1983.
8. F. Gerritsen en H. de Jong: "Stabiliteit van doorstroomprofielen in het Waddengebied", Rijkswaterstaat nota WWKZ-84.V016, 1984.
9. Jac Haring: "De verhouding van getijvolumina en doorstroomprofiel in de zeegaten", Driemaandelijks Bericht nr. 40, mei 1967.
10. Jac Haring: "De geschiedenis van de ontwikkeling van de waterbeweging en het profiel van de rivieren in het Noordelijk Deltabekken over de perioden 1870-1970-1976", nota nr. 44.011.02, Dir. W&W, juni 1977.
11. J. van de Kreeke en Jac Haring: "Equilibrium flow areas in the Rhine-Meuse Delta", Coastal Engineering 3 (1979), blz. 97-111, december 1979.
12. M.P. O'Brien: "Equilibrium Flow Areas of Inlets on Sandy Coasts", Proc. ASCE, Journal of Waterways, Harbours and Coastal Engineering Div., Vol. 95, WW1, 1969.
13. J. van Veen: "Eb- en vloodschaar systemen in de Nederlandse Getijdewateren", Tijdschrift KNAG, vol. 67(2), blz. 303-325, 1950.

WESTERSCHELDE

14. J.H. van den Berg, D. Schouten en C.J. van Westenbrugge: "Zandbalans Westerschelde 1965-70-75-'80-'85", nota NWL-91.36, april 1991.
15. L.A. uit den Bogaard: "Relatie zandbalans Westerschelde met de morfologie van de eb-getijdedelta en de kust", rapport GEOPRO 1991.021, Rijksuniversiteit Utrecht, 1991.
16. D. van Dam: "Inhoudsberekeningen en zandbalans Westerschelde over de periode 1984/85-1990", notitie NWL-91.55, nov. 1991.
17. D. van Dam: "Beschouwingen over de bodemveranderingen in de Westerschelde n.a.v. de in 1990 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte lodingen", notitie NWL-91.63, nov. 1991.
18. D. van Dam: "Beschouwingen over de bodemveranderingen in de Westerschelde n.a.v. de in 1990 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte lodingen", notitie NWL-91.64, nov. 1991.
19. P. Hengst: "Inhoudsberekeningen Scheldebekken Traject Vlissingen-Antwerpen, opnemng 1968-1969", nota WWKZ-79.V018, febr. 1980.
20. M.C.J.L. Jeuken: "Morfologische veranderingen van de platen en geulen in de Westerschelde gedurende de periode 1965-1990", nota NWL-93.13, 2 delen, maart 1993.
21. H. de Jong: "Debietgegevens van de Westerschelde vanaf 1932" (Voorlopige versie), nota GWA0-89.1004, april 1989.
22. P. McLaren: "Patterns of Sediment Transport in the Western portion of the Westerschelde", GeoSea Consulting (UK) Ltd., Cambridge, juli 1993.
23. D. de Looff en J. van Malde: "De cyclus der drempelgeulen bij de Zimmermangeul (Westerschelde), 2 delen, publ. nr. 22, Studiedienst Vlissingen, mei 1976.
24. D. de Looff: "Kaartering van de bodemsamenstelling van het oostelijk gedeelte van de Westerschelde", nota WWKZ-78.V013, dec. 1978.
25. D. de Looff: "Kaartering van de bodemsamenstelling van het westelijk gedeelte van de Westerschelde", nota WWKZ-80.V009, april 1980.
26. D.C. van Maldegen: "De bevaarbaarheid van de Westerschelde in 1983 en 1984", nota WWKZ-85.V001, okt. 1986.
27. J.C.J. Nihoul en R. Wollast: "L'estuaire de l'Escaut", Eindverslag Project Zee, deelrapport 10, 1976.

28. T. Pieters et al: "Het Schelde Estuarium: méér dan een vaarweg", nota GWWS-91.081, december 1991.
29. T. Pieters: "Het Schelde Estuarium: beheren of beheersen?", rapport DGW-93.032, april 1993.
30. Studiedienst Vlissingen: "Over de geulontwikkelingen sinds 1800 in de Westerschelde i.v.m. tracé-bepaling vaste oeververbinding", Nota 68.2, juni 1968.
31. Studierapport "Verdieping Westerschelde", 2 delen, Middelburg-Antwerpen, juni 1984.
32. Tijdschrift Water: "De Schelde: toegang tot Antwerpen", nr. 43/1, nov-dec 1988.
33. Werkgroep Waterbeheer Westerschelde: "Beleidsplan Westerschelde", deelrapport 4, "Morfologische structuur en Dynamiek", april 1989.

TABELLEN

raai	jaar	gemeten			gecorrigeerd		opp.profiel m ² tov NAP
		ebvolume 10 ⁶ m ³	vloedvolume 10 ⁶ m ³	tijvolume 10 ⁶ m ³	ebvolume 10 ⁶ m ³	vloedvolume 10 ⁶ m ³	
01	1971	142,5	134,5	277,0	141,2	135,7	12 600
01	1975	159,9	153,8	313,7	158,6	155,1	12 690
01	1982	169,5	152,0	321,5	163,0	158,5	13 425
01	1991	154,5	145,2	299,7	152,1	147,6	13 044
02	1972	211,1	208,1	419,2	211,9	207,4	16 895
02	1982	206,6	211,1	417,7	211,1	206,6	18 650
02	1989	189,6	196,9	386,5	195,5	191,0	17 488
03	1933	259,0	249,0	508,0	256,3	251,8	16 663
03	1963	246,0	239,3	484,3	244,4	239,9	14 590
03	1980	273,8	256,3	530,1	267,3	262,8	17 750
03	1988	252,2	252,0	504,2	254,4	249,9	17 885
03	1990	246,2	256,6	502,8	253,6	249,2	18 636
05	1937	390,0	368,5	758,5	381,5	377,0	32 938
05	1957	380,4	372,3	752,7	378,6	374,1	29 801
05	1964	359,0	352,1	711,1	357,8	354,3	28 610
05	1970	347,4	383,2	730,6	367,6	363,1	30 565
05	1975	365,8	373,4	739,2	371,9	367,4	29 975
05	1981	400,6	375,4	776,0	390,3	385,8	33 950
05	1988	354,7	372,3	727,0	365,8	361,3	33 302
05A	1990	361,2	335,3	696,5	350,5	346,0	29 386
06	1932	546,0	544,0	1089,0	546,8	544,2	43 430
06	1957	491,4	489,3	980,7	492,6	488,1	40 129
06	1968	542,0	522,5	1064,5	534,5	530,0	41 050
06	1972	505,9	503,8	1009,7	507,1	502,6	41 050
06	1978	540,2	540,5	1080,7	542,6	538,1	39 200
06	1983	536,7	513,4	1050,1	527,3	522,8	39 620
06	1988	500,6	517,7	1018,3	511,4	506,9	35 780
06	1989	543,6	521,3	1064,9	534,7	530,2	36 973
07	1961	689,4	674,0	1363,4	684,0	679,5	46 550
07	1974	683,0	722,0	1405,0	704,8	700,3	47 940
07	1982	723,6	683,3	1406,9	705,7	701,2	49 530
07	1989	698,8	680,6	1379,4	692,0	687,4	46 288
08	1958	711,6	704,9	1416,5	710,5	706,0	58 600
09	1960	890,5	890,8	1781,3	892,9	888,4	75 300
09	1979	954,4	943,1	1897,5	951,0	946,5	76 030
09	1991	838,7	834,4	1673,1	838,8	834,3	77 958
10	1958	985,6	987,9	1973,5	989,0	984,5	77 575
10	1971	991,2	967,1	1958,3	981,4	976,9	77 775
10	1982	980,7	977,4	1958,1	981,3	976,8	77 875
10	1989	956,4	947,4	1903,8	954,2	949,6	77 575
11	1932	1095,0	1076,0	2171,0	1087,8	1083,3	86 250
11	1966	1082,5	1118,9	2201,4	1103,0	1098,5	82 000
11	1975	1085,0	1122,7	2207,7	1106,1	1101,6	79 125
11	1985	1031,5	926,3	1957,8	981,2	976,7	80 250

GETIJKARAKTERISTIEKEN VAN DE TOTALE DEBIETRAAIEN DER WESTERSCHELDE
(herleid naar gem. getij)

raai	jaar	EBGEUL		VLOEDGEUL	
		gecorrigeerd ebvolume 10 ⁶ m ³	profiel- oppervlak m ² ben. NAP	gecorrigeerd vloedvolume 10 ⁶ m ³	profiel oppervlak m ² ben. NAP
01	1971	137,2	11 750	-	-
01	1975	156,3	12 130	-	-
01	1982	159,5	12 650	-	-
01	1991	149,7	12 420	-	-
02	1972	127,0	9 110	140,3	7 790
02	1982	149,7	10 150	114,9	8 500
02	1989	142,6	7 970	102,3	9 520
03	1933	200,3	11 790	62,2	4 880
03	1963	185,8	11 570	64,2	3 020
03	1980	208,9	13 200	63,5	4 550
03	1988*)	221,8	14 500	33,9	3 380
03	1990	225,0	15 260	28,0	3 380
05	1937	172,7	13 310	239,1	19 630
05	1957	181,5	10 930	260,4	18 870
05	1964	187,8	12 950	226,2	16 030
05	1970	201,4	14 190	212,1	16 380
05	1975	223,0	14 900	197,7	15 080
05	1981	238,7	16 950	211,7	17 000
05	1988	204,6	16 570	199,4	16 740
05A	1990	237,0	18 230	131,3	11 160
06	1932	389,2	24 030	245,3	19 400
06	1957	326,9	23 530	231,8	16 600
06	1968	335,7	22 250	277,2	18 800
06	1972	280,2	22 100	272,5	18 950
06	1978	295,5	20 200	304,9	19 000
06	1983	287,0	20 050	303,8	19 570
06	1988	259,4	18 110	288,8	17 670
06	1989	262,4	18 790	315,6	18 180
07	1961	376,1	22 700	375,8	23 850
07	1974	334,9	21 590	416,7	26 350
07	1982	361,7	22 130	409,5	27 400
07	1989	364,7	21 830	393,5	24 460
08	1958	307,2	20 840	547,2	37 760
10**)	1958	152,1	10 700	-	-
10	1971	131,0	9 500	-	-
10	1982	130,2	9 030	-	-
10	1989	119,8	9 790	-	-

*) scheiding der geulen wijkt af van vorige opnemingen

**) alleen Vaarwater langs Hoofdplaat beschouwd

GETIJKKARAKTERISTIEKEN VAN DE GEULEN IN DE DEBIETRAAIEN VAN DE
WESTERSCHELDE (herleid naar gem. getij)

TABEL 2

raai	jaar	A _{gemeten}			A _{berokend}			P = A _{gemeten} / A _{berokend}		
		ebgeul	vloedgeul	totaal	ebgeul	vloedgeul	totaal	ebgeul	vloedgeul	totaal
01	1971	11 750	-	11 750	9 380	-	9 380	1,25	-	1,25
01	1975	12 130	-	12 130	10 680	-	10 680	1,14	-	1,14
01	1982	12 650	-	12 650	10 900	-	10 900	1,16	-	1,16
01	1991	12 420	-	12 420	10 230	-	10 230	1,21	-	1,21
02	1972	9 110	7 790	16 900	8 680	9 590	18 260	1,05	0,81	0,93
02	1982	10 150	8 500	18 650	10 230	7 850	18 080	0,99	1,08	1,03
02	1989	7 970	9 520	17 490	9 750	6 990	16 740	0,82	1,36	1,04
03	1933	11 790	4 880	16 670	13 660	4 240	17 900	0,86	1,15	0,93
03	1963	11 570	3 020	14 590	12 680	4 380	17 060	0,91	0,69	0,86
03	1980	13 200	4 550	17 750	14 250	4 330	18 580	0,93	1,05	0,96
03	1988	14 500	3 380	17 880	15 130	2 310	17 440	0,96	1,46	1,03
03	1990	15 260	3 380	18 640	16 380	1 910	17 290	0,99	1,77	1,08
05	1937	13 310	19 630	32 940	11 780	16 310	28 090	1,13	1,20	1,17
05	1957	10 930	18 870	29 800	12 380	17 770	30 150	0,88	1,06	0,99
05	1964	12 950	16 030	28 980	12 810	15 430	28 240	1,01	1,04	1,03
05	1970	14 190	16 380	30 570	13 740	14 470	28 210	1,03	1,13	1,08
05	1975	14 900	15 080	29 980	15 210	13 490	28 700	0,98	1,12	1,04
05	1981	16 950	17 000	33 950	16 280	14 440	30 720	1,04	1,18	1,11
05	1988	16 570	16 740	33 300	13 960	13 600	27 560	1,19	1,23	1,21
05A	1990	18 230	11 160	29 390	16 200	8 970	25 170	1,13	1,24	1,17
06	1932	24 030	19 400	43 430	26 550	16 730	43 280	0,91	1,16	1,00
06	1957	23 530	16 600	40 130	22 300	15 810	38 110	1,06	1,05	1,05
06	1968	22 250	18 800	41 050	22 900	18 910	41 810	0,97	0,99	0,98
06	1972	22 100	18 950	41 050	19 120	18 590	37 710	1,16	1,02	1,09
06	1978	20 200	19 000	39 200	20 160	20 800	40 960	1,00	0,91	0,96
06	1983	20 050	19 570	39 620	19 580	20 730	40 310	1,02	0,94	0,98
06	1988	18 110	17 670	35 780	17 700	19 700	37 400	1,02	0,90	0,96
06	1989	18 790	18 180	36 970	17 930	21 570	39 500	1,01	0,84	0,94
07	1961	22 700	23 850	46 550	25 660	25 640	51 300	0,88	0,93	0,91
07	1974	21 590	26 350	47 940	22 850	28 430	51 280	0,94	0,93	0,93
07	1982	22 130	27 400	49 530	24 680	27 940	52 620	0,90	0,98	0,94
07	1989	21 830	24 460	46 290	24 920	26 890	51 820	0,88	0,91	0,89
08	1958	20 840	37 760	58 600	20 960	37 330	58 290	0,99	1,01	1,01

BEPALING EVENWICHTSPARAMETER P VOOR DE GEULEN T.P.V. DE DEBIETRAAIEN

TABEL 3

raai	jaar	EBGEUL		VLOEDGEUL		TOTAAL	
		ongecorr.	gecorr.	ongecorr.	gecorr.	ongecorr.	gecorr.
01	1971	1,25	1,19	-	-	1,25	1,19
01	1975	1,14	1,17	-	-	1,14	1,17
01	1982	1,16	1,21	-	-	1,16	1,21
01	1991	1,21	1,19	-	-	1,21	1,19
02	1972	1,05	1,09	0,81	0,85	0,93	0,97
02	1982	0,99	1,00	1,08	1,09	1,03	1,04
02	1989	0,82	0,77	1,36	1,30	1,04	0,99
03	1933	0,86	0,88	1,15	1,17	0,93	0,95
03	1963	0,91	0,88	0,69	0,66	0,86	0,83
03	1980	0,93	0,95	1,05	1,07	0,96	0,98
03	1988	0,96	0,96	1,46	1,46	1,03	1,03
03	1990	0,99	0,98	1,77	1,75	1,08	1,07
05	1937	1,13	1,15	1,20	1,22	1,17	1,19
05	1957	0,88	0,91	1,06	1,09	0,99	1,02
05	1964	1,01	0,98	1,04	1,01	1,03	1,00
05	1970	1,03	1,04	1,13	1,14	1,08	1,09
05	1975	0,98	0,95	1,12	1,09	1,04	1,01
05	1981	1,04	1,06	1,18	1,20	1,11	1,13
05	1988	1,19	1,17	1,23	1,21	1,21	1,19
05A	1990	1,13	-	1,24	-	1,17	-
06	1932	0,91	0,97	1,16	1,22	1,00	1,06
06	1957	1,06	1,01	1,05	1,00	1,05	1,00
06	1968	0,97	1,02	0,99	1,04	0,98	1,03
06	1972	1,16	1,13	1,02	0,99	1,09	1,06
06	1978	1,00	1,00	0,91	0,91	0,96	0,96
06	1983	1,02	1,00	0,94	0,92	0,98	0,96
06	1988	1,02	0,99	0,90	0,87	0,96	0,95
06	1989	1,01	1,03	0,84	0,86	0,94	0,96
07	1961	0,88	0,88	0,93	0,93	0,91	0,91
07	1974	0,94	0,95	0,93	0,94	0,93	0,94
07	1982	0,90	0,87	0,98	0,98	0,94	0,94
07	1989	0,88	0,87	0,91	0,91	0,89	0,88
08	1958	0,99	-	1,01	-	1,01	-

INVLOED DEBIETKORREKTIE OP EVENWICHTSPARAMETER P

TABEL 4

VERKLAREND ONDERZOEK DREMPELS WESTERSCHELDE

uitgevoerd door

INGENIEURSBUREAU SVAŠEK B.V.

in opdracht van

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat
DIRECTORAAT-GENERAAL RIJKSWATERSTAAT
Directie Zeeland
Rijksinstituut voor Kust en Zee**

PROJEKT OOSTWEST

DEEL 2: FIGUREN EN APPENDICES

LIJST VAN FIGUREN

- | | |
|--------------|---|
| 1.1 | Overzicht Westerschelde |
| 4.1 | Debietraaien Westerschelde |
| 4.2 a t/m h | Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen per tijdsinterval (1932 t/m 1991) |
| 4.3 a | Idem, alle jaren, niet gewogen |
| 4.3 b | Idem, alle jaren, gewogen |
| 4.4 | Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen, alle jaren (gewogen), met gedwongen nulpunt |
| 4.5 | Schatting verloop getijvolume sinds 1932 |
| 5.1 a t/m c | Lokatie geanalyseerde profielen 1960/61 |
| 5.2 a t/m c | Idem, 1977/78 |
| 5.3 a t/m c | Idem, 1992 |
| 5.4 a t/m g | Verloop van 7 morfologische kentallen in het Vaarwater boven Bath |
| 5.5 a t/m g | Idem, Nauw van Bath |
| 5.6 a t/m g | Idem, Appelzak |
| 5.7 a t/m g | Idem, Zimmermangeul |
| 5.8 a t/m g | Idem, Zuidergat/Overloop van Valkenisse |
| 5.9 a t/m g | Idem, Gat van Ossenissee/Overloop van Hansweert |
| 5.10 a t/m g | Idem, Middelgat |
| 5.11 a t/m g | Idem, Honte en Everingen |
| 5.12 a t/m g | Idem, Pas van Terneuzen |
| 5.13 a t/m g | Idem, Vaarwater langs Hoofdplaat |
| 5.14 | Verloop doorstroomprofiel van het estuarium, situatie 1960/61 |
| 5.15 | Idem, situatie 1977/78 |
| 5.16 | Idem, situatie 1992 |

- 6.1 Drempel/baggerlokaties Westerschelde
- 6.2 a/b Impulsbalans Drempel van Bath situatie ca. 1977 en ca. 1990
- 6.3 a/b Impulsbalans Drempel van Valkenisse, situatie ca. 1980 en ca. 1990
- 6.4 a/b/c Impulsbalans Drempel van Hansweert, situatie ca. 1960, ca. 1975 en ca. 1990
- 6.5 a/b/c Impulsbalans Drempel van Baarland, situatie ca. 1960, ca. 1975 en ca. 1990

APPENDIX 1 "Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992"

APPENDIX 2 "Diepteligging Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992".

Westerschelde 1992

Namen geulen en platen

Schaal 1:150000

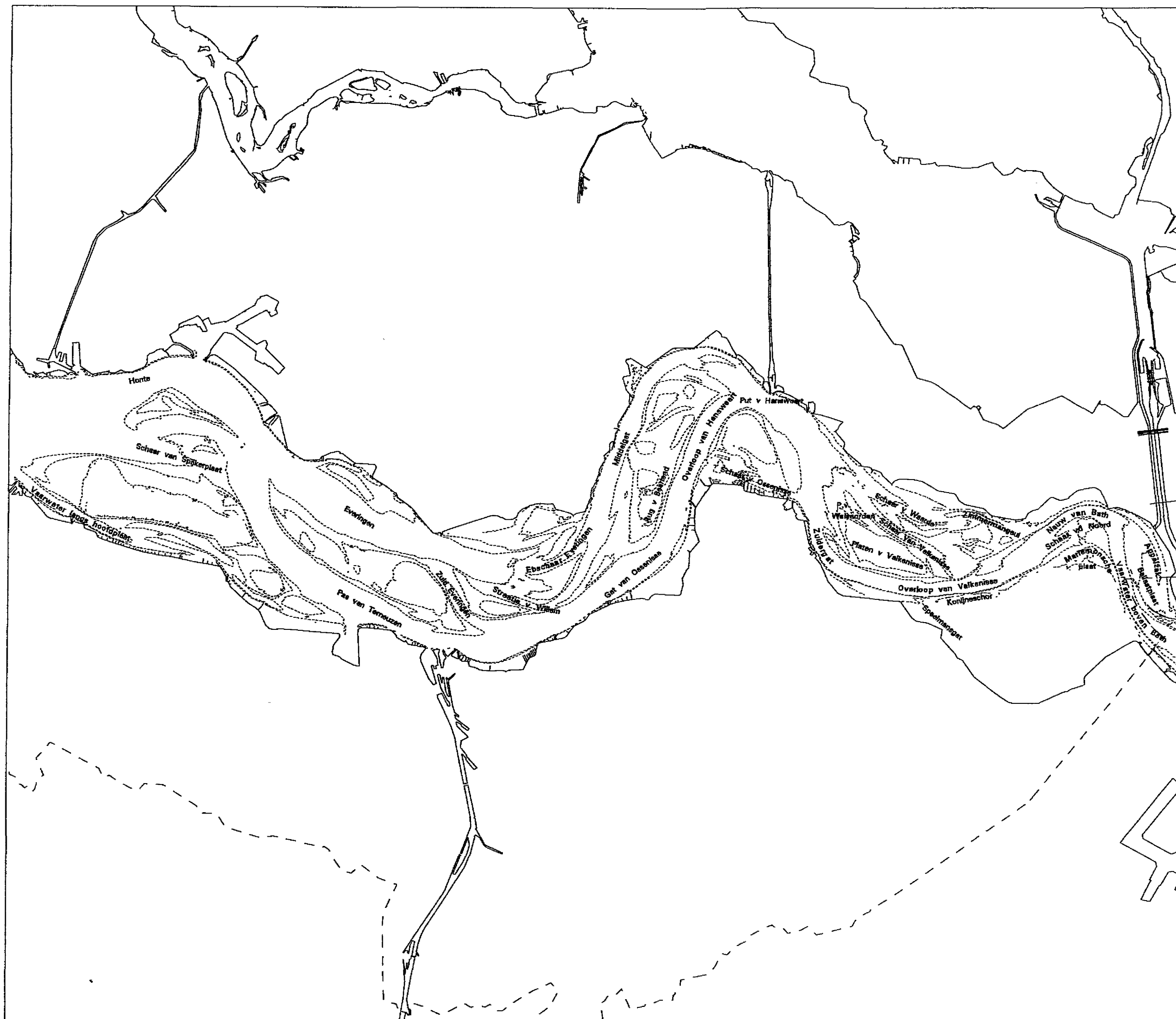
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Oostwest
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat
Arc-Info applicatie PlotGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 1.1



Westerschelde 1992

Debietraaien

Schaal 1:150000

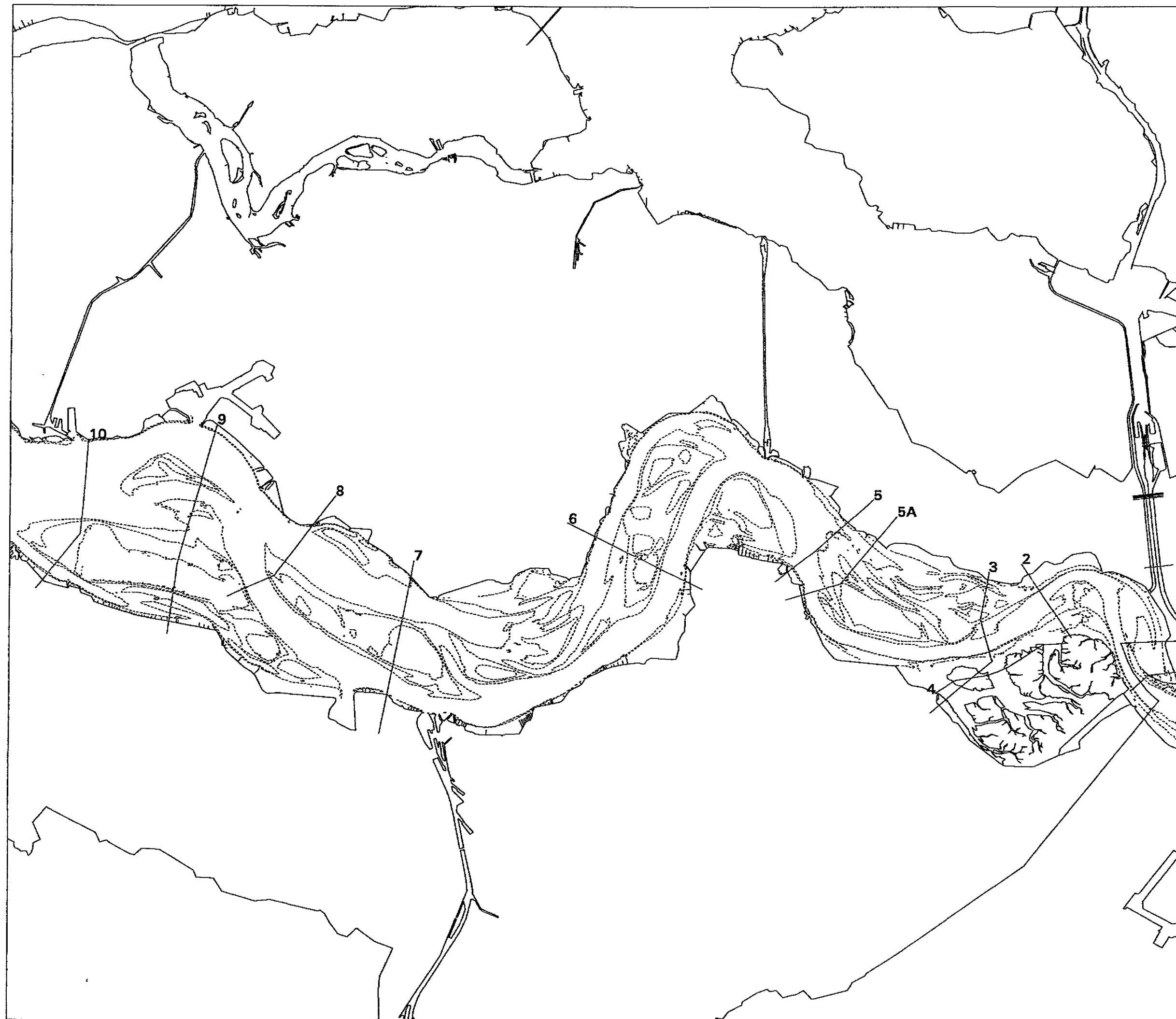
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

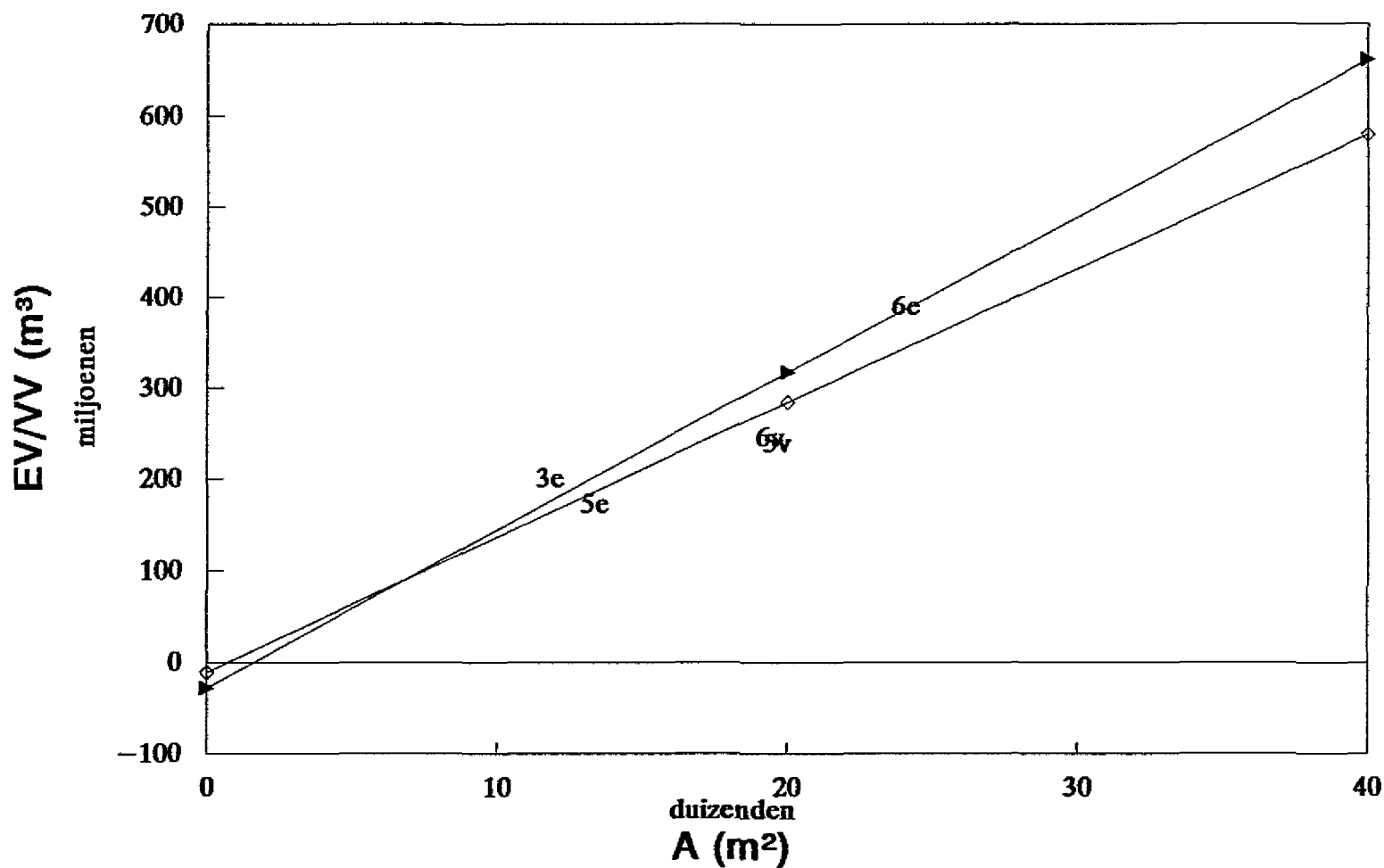
Oostwest
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat
Arc-Info applicatie PlotGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.1





—▶ EV: $a = 17226$, $b = -27911004$, $R = 0.95$ —□— VV: te weinig data
 —◇— AL: $a = 14748$, $b = -10639313$, $R = 0.78$

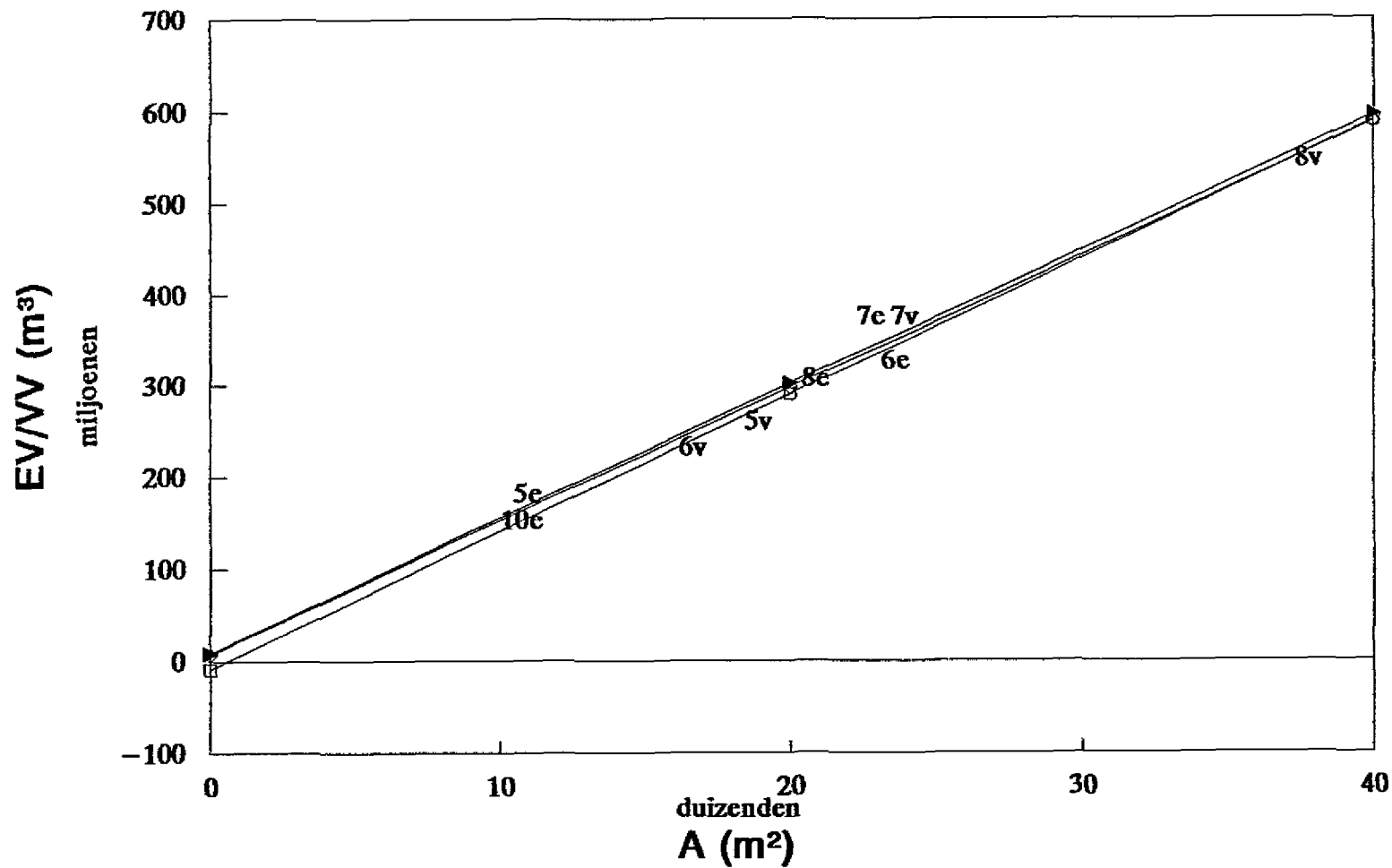
INGENIEURSBUREAU **S**VASEK B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: 1932-37

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.2a



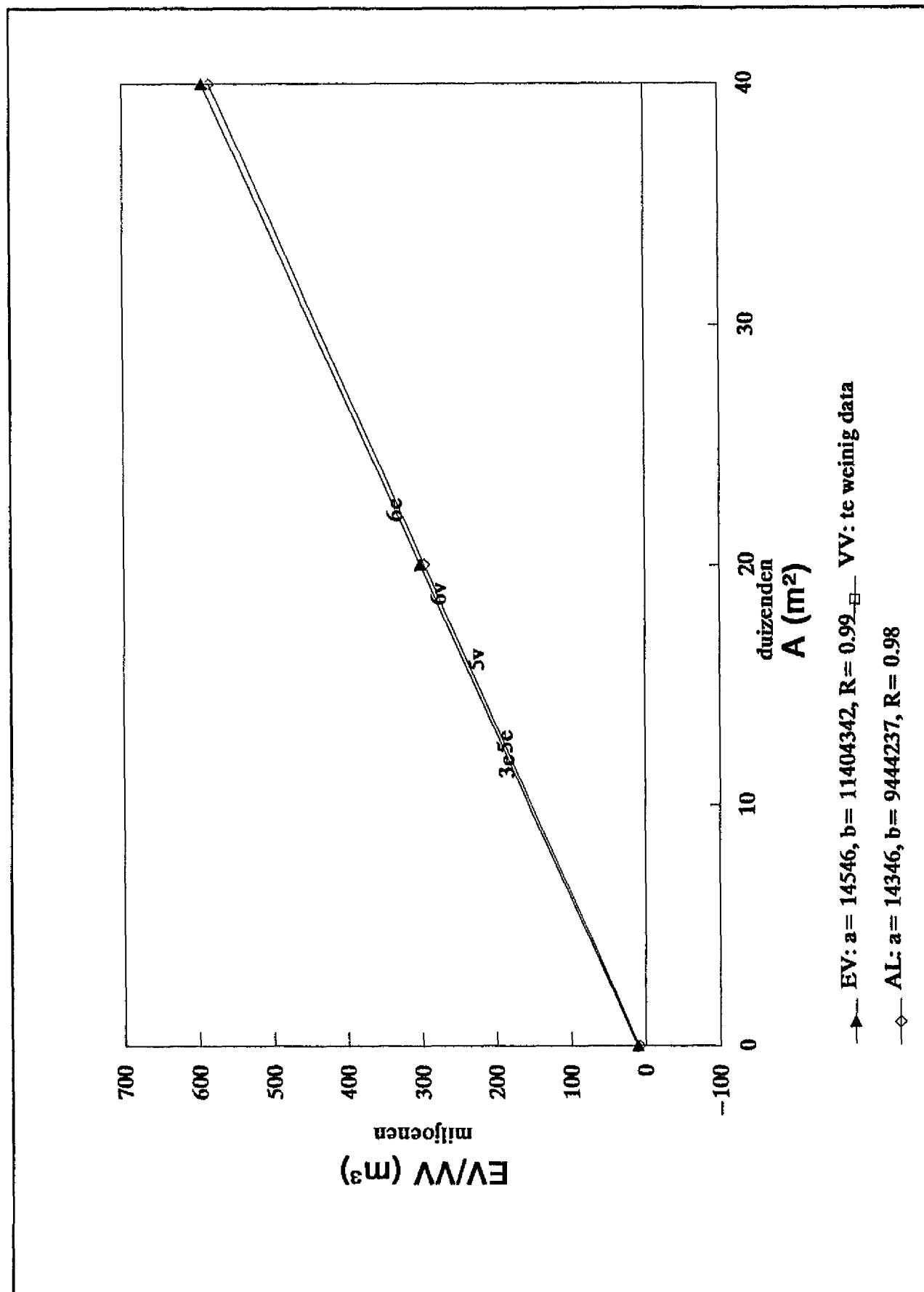
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: 1957-61

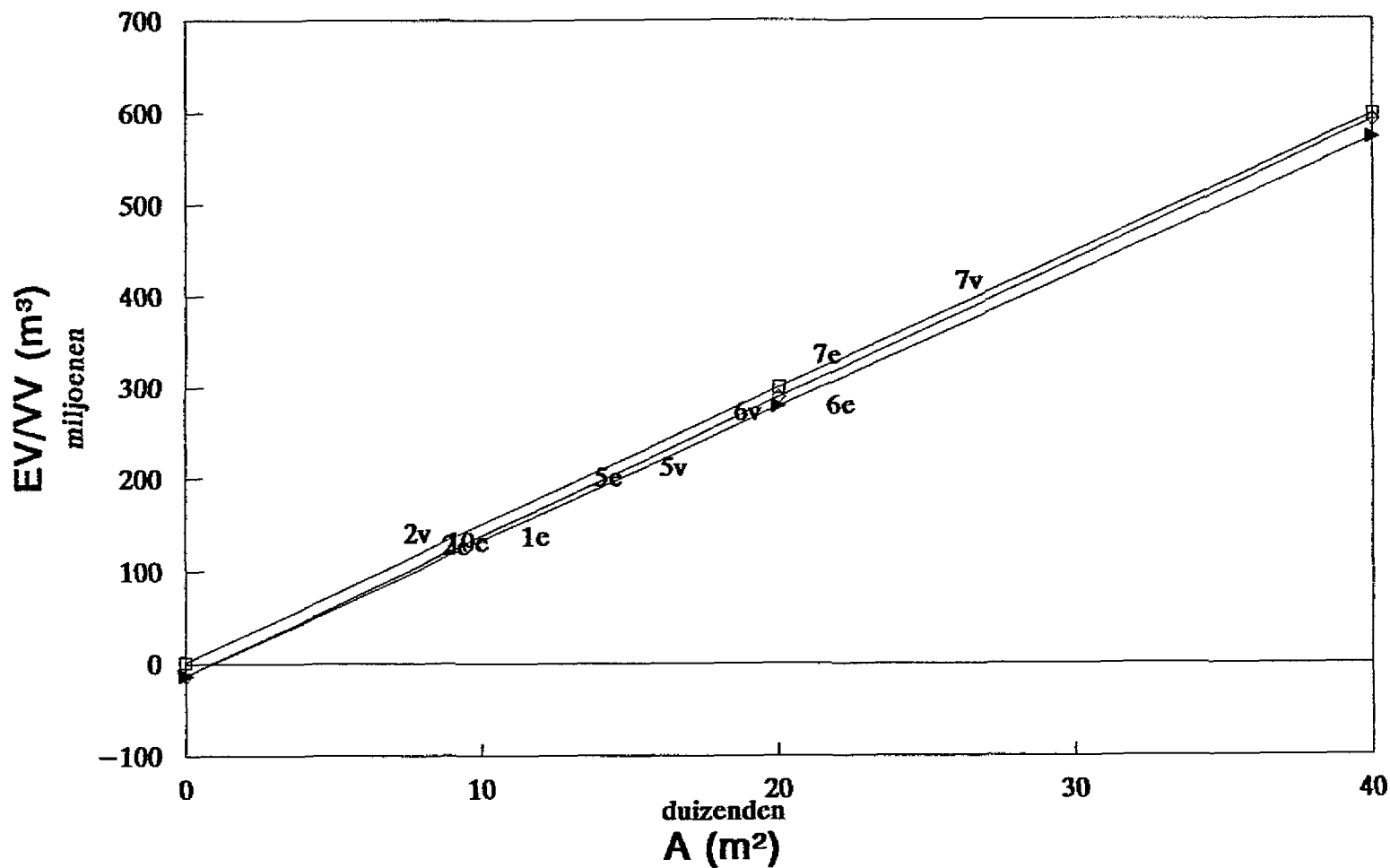
datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.2b



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen Periode: 1963-69	projekt : 940
	figuur : 4.2c



→ EV: $a = 14599$, $b = -12752930$, $R = 0.93$ □ VV: $a = 14901$, $b = 1598854$, $R = 0.94$
 ◇ AL: $a = 15091$, $b = -12675117$, $R = 0.94$

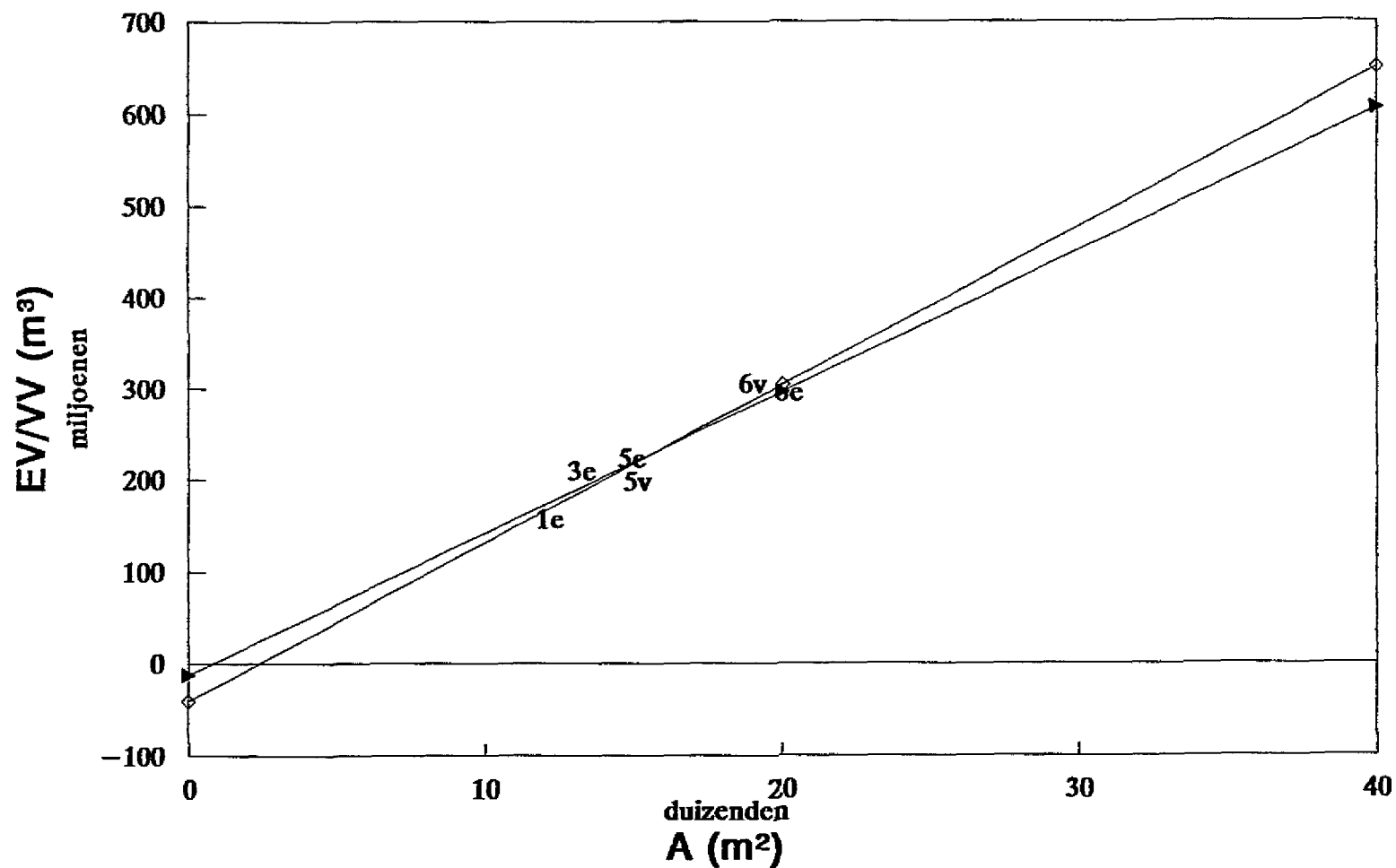
INGENIEURSBUREAU / **SVASEK** B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: 1970-74

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.2d



→ EV: $a = 15451$, $b = -12481324$, $R = 0.93$ □ VV: te weinig data

—◇— AL: $a = 17262$, $b = -40838534$, $R = 0.90$

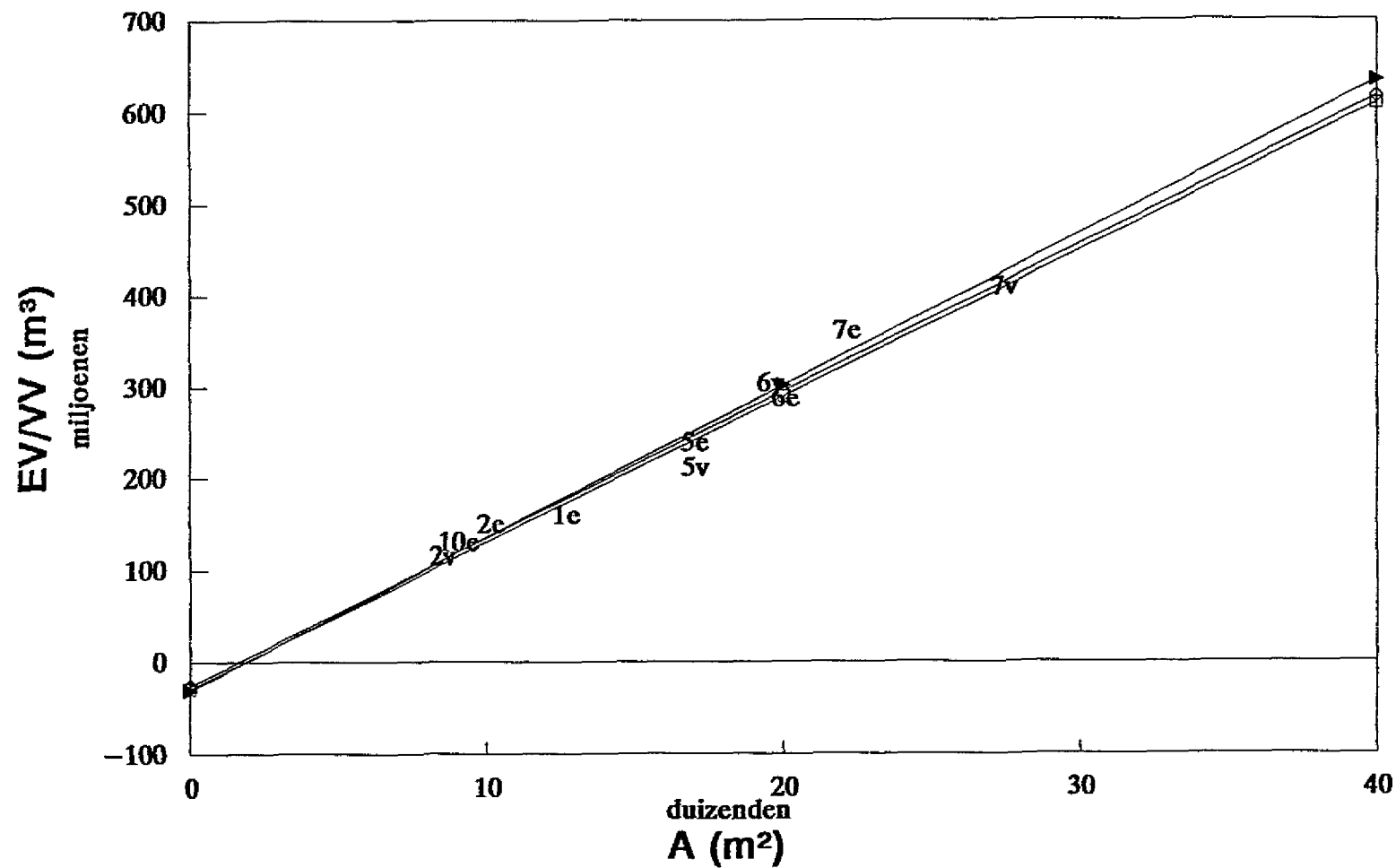
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: 1975-80

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.2e



▲ EV: $a = 16612$, $b = -30699996$, $R = 0.96$ □ VV: $a = 15937$, $b = -28761626$, $R = 0.97$
 ◇ AL: $a = 16048$, $b = -25609120$, $R = 0.96$

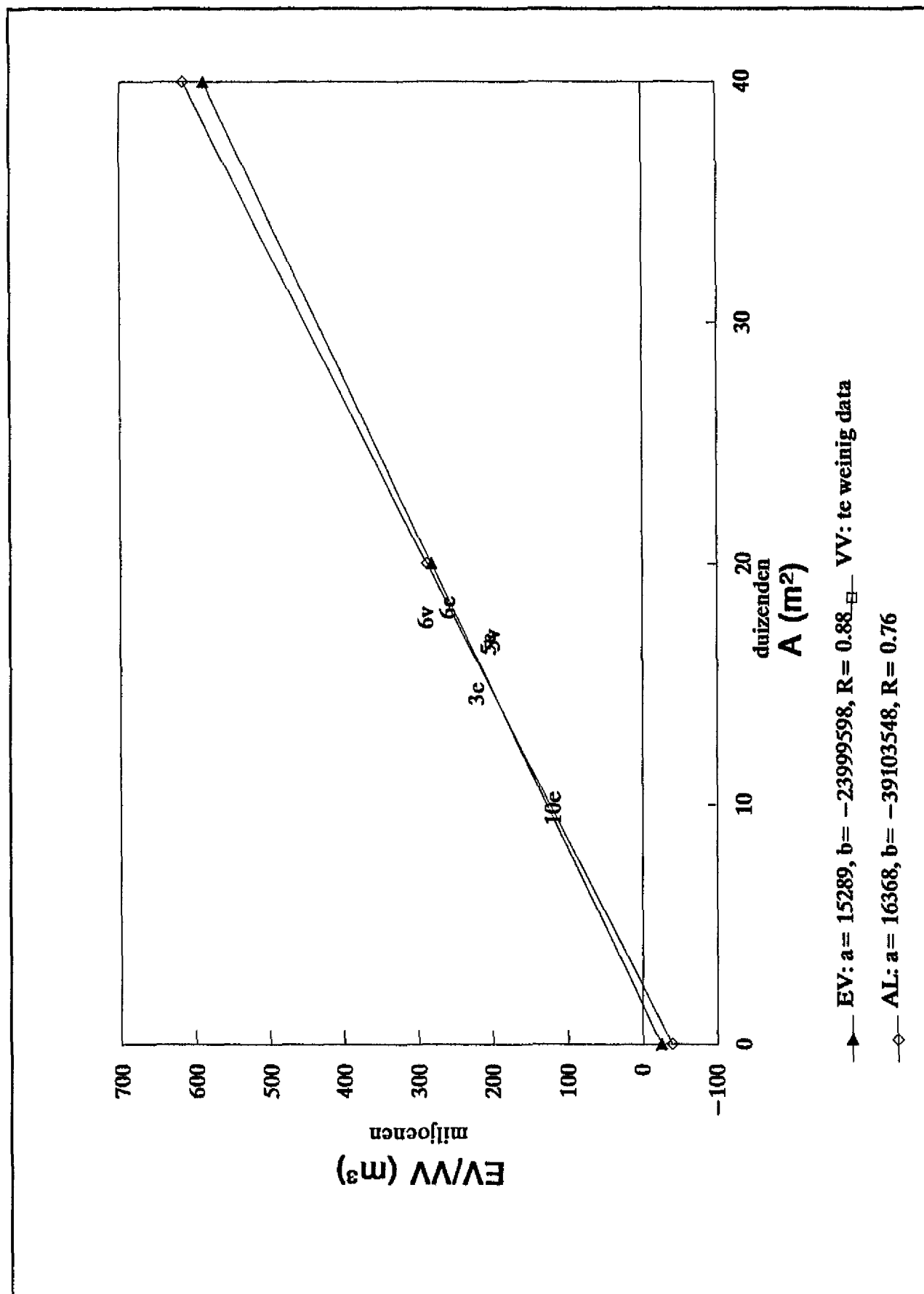
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: 1981-85

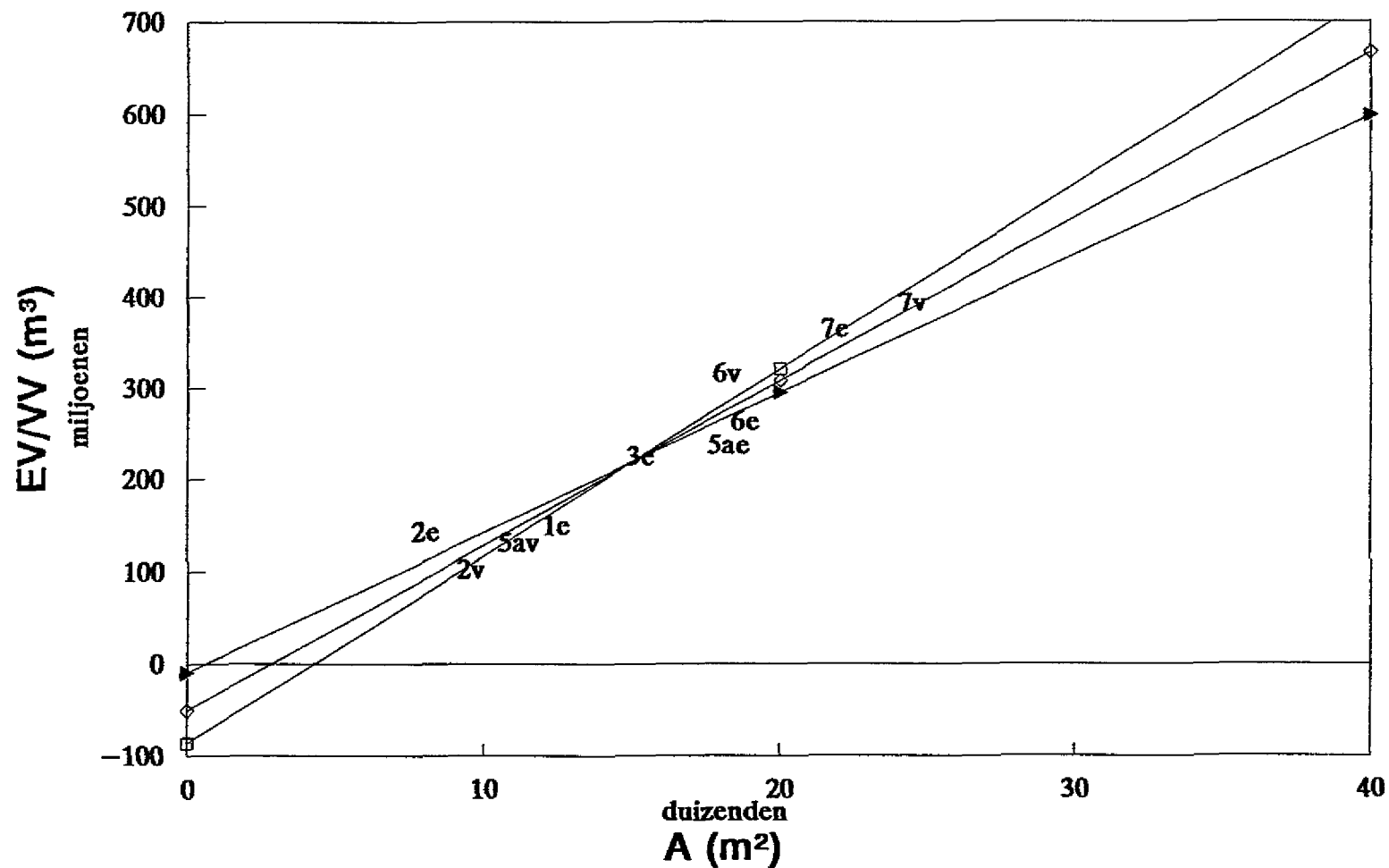
datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.2f



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen Periode: 1988	projekt : 940
	figuur : 4.2g



→ EV: $a = 15175$, $b = -8790021$, $R = 0.86$ —□— VV: $a = 20323$, $b = -85976131$, $R = 0.98$

—◇— AL: $a = 17922$, $b = -50415163$, $R = 0.91$

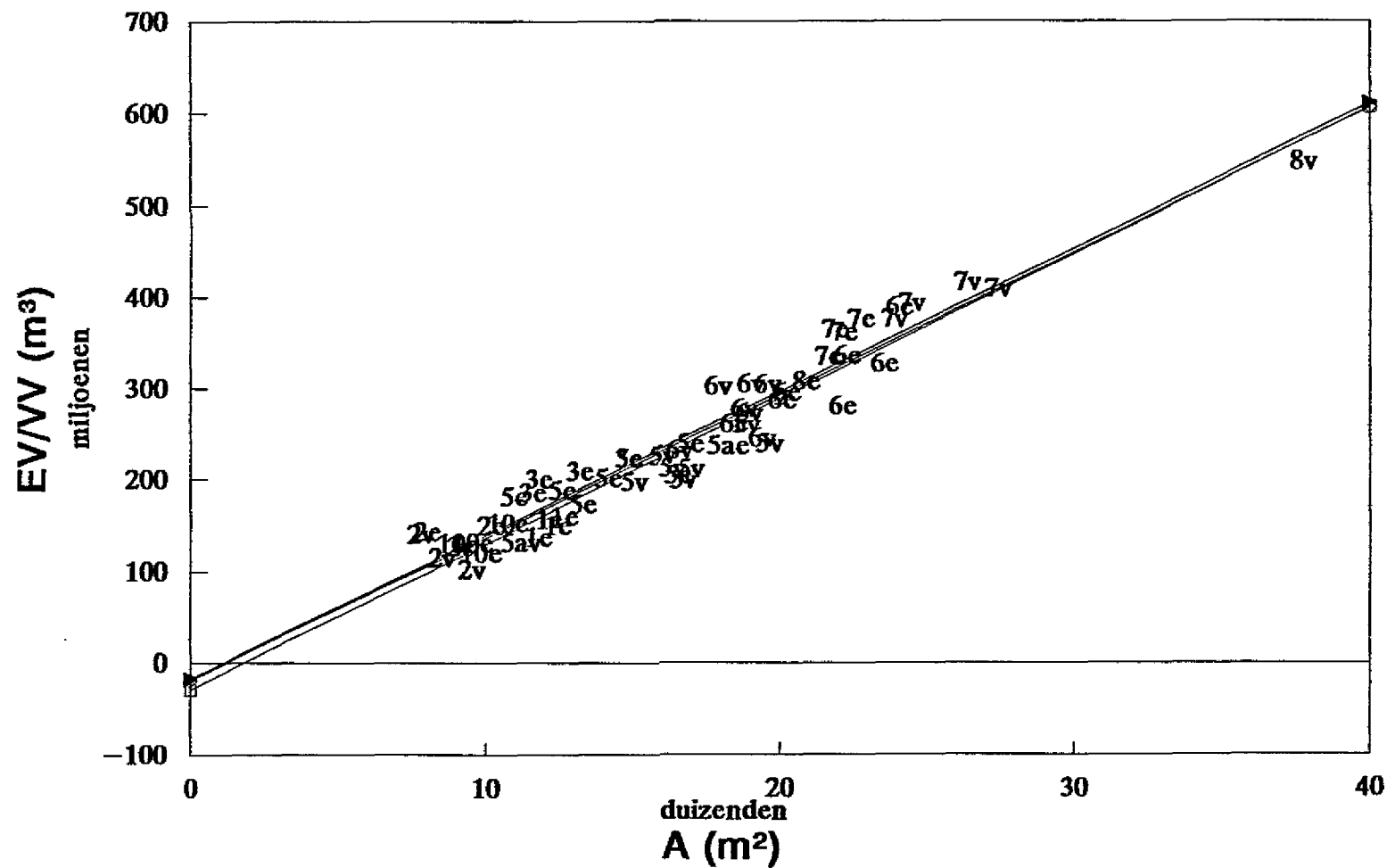
INGENIEURSBUREAU / **SVASEK** B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: 1989-91

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.2h



→ EV: $a = 15702$, $b = -17177628$, $R = 0.92$ □ VV: $a = 15868$, $b = -28527380$, $R = 0.94$

◇ AL: $a = 15607$, $b = -18865464$, $R = 0.93$

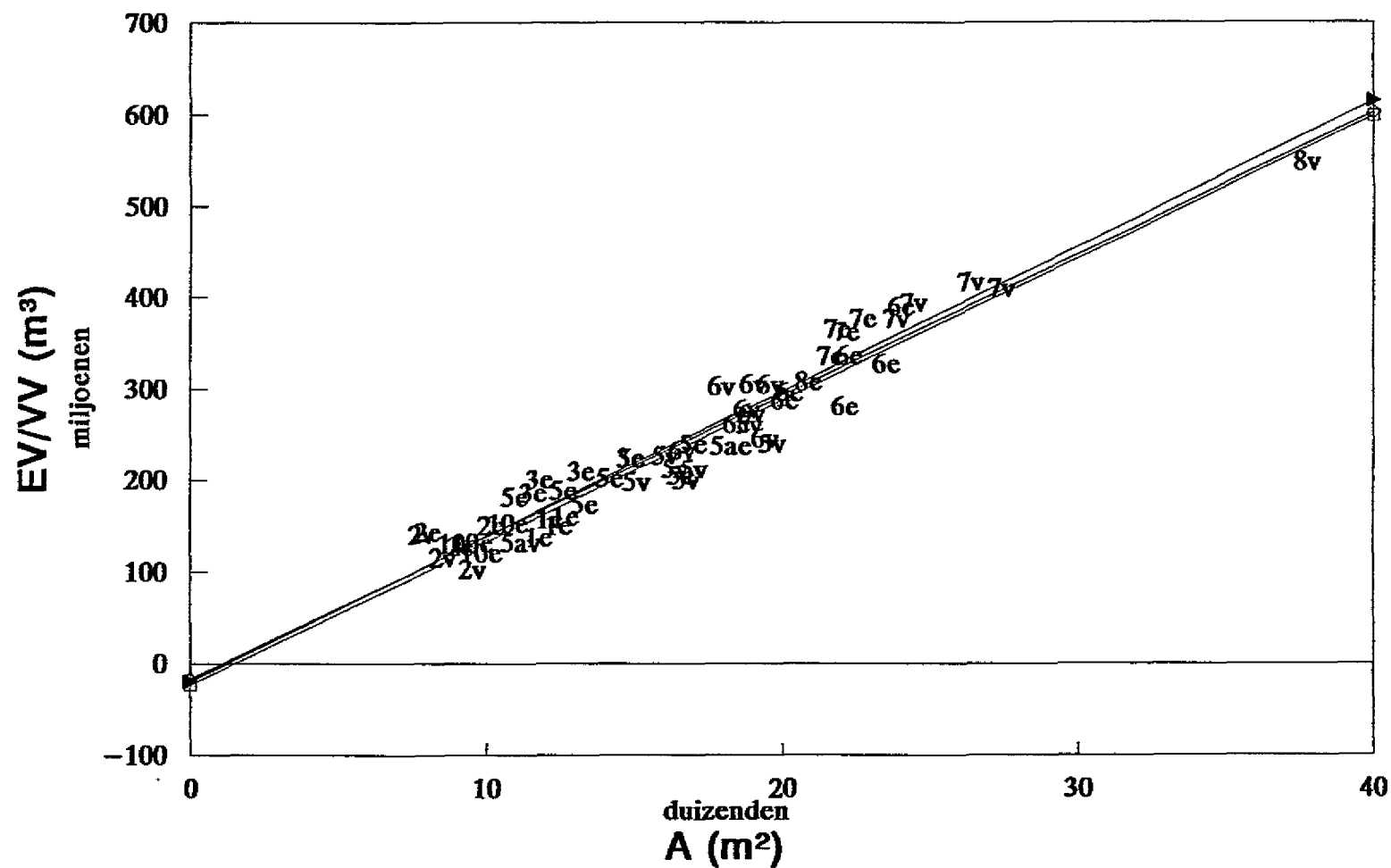
INGENIEURSBUREAU **Svasek** B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: Alle Jaren (niet gewogen)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 4.3a



— EV: $a = 15839$, $b = -19367317$, $R = 0.92$ — VV: $a = 15526$, $b = -22797177$, $R = 0.97$

— AL: $a = 15454$, $b = -16444153$, $R = 0.95$

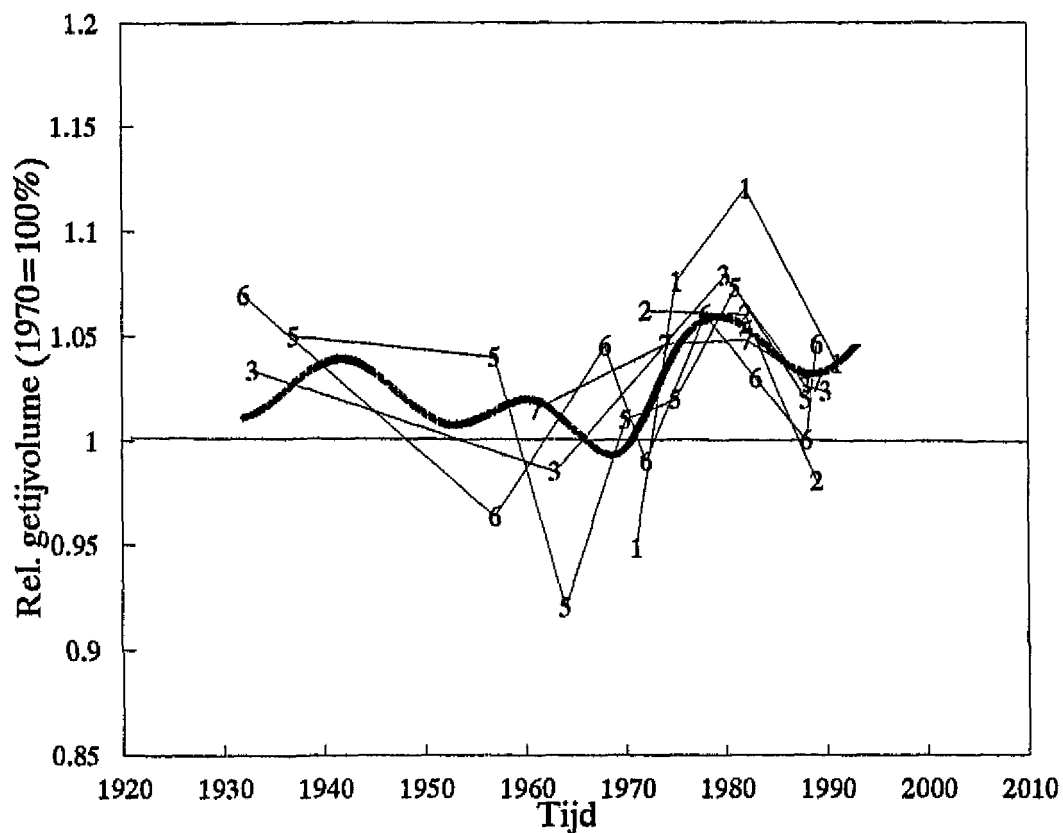
INGENIEURSBUREAU **S**VASEK B.V.

Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen
Periode: Alle Jaren (gewogen)

datum : januari 1994

projekt : 940

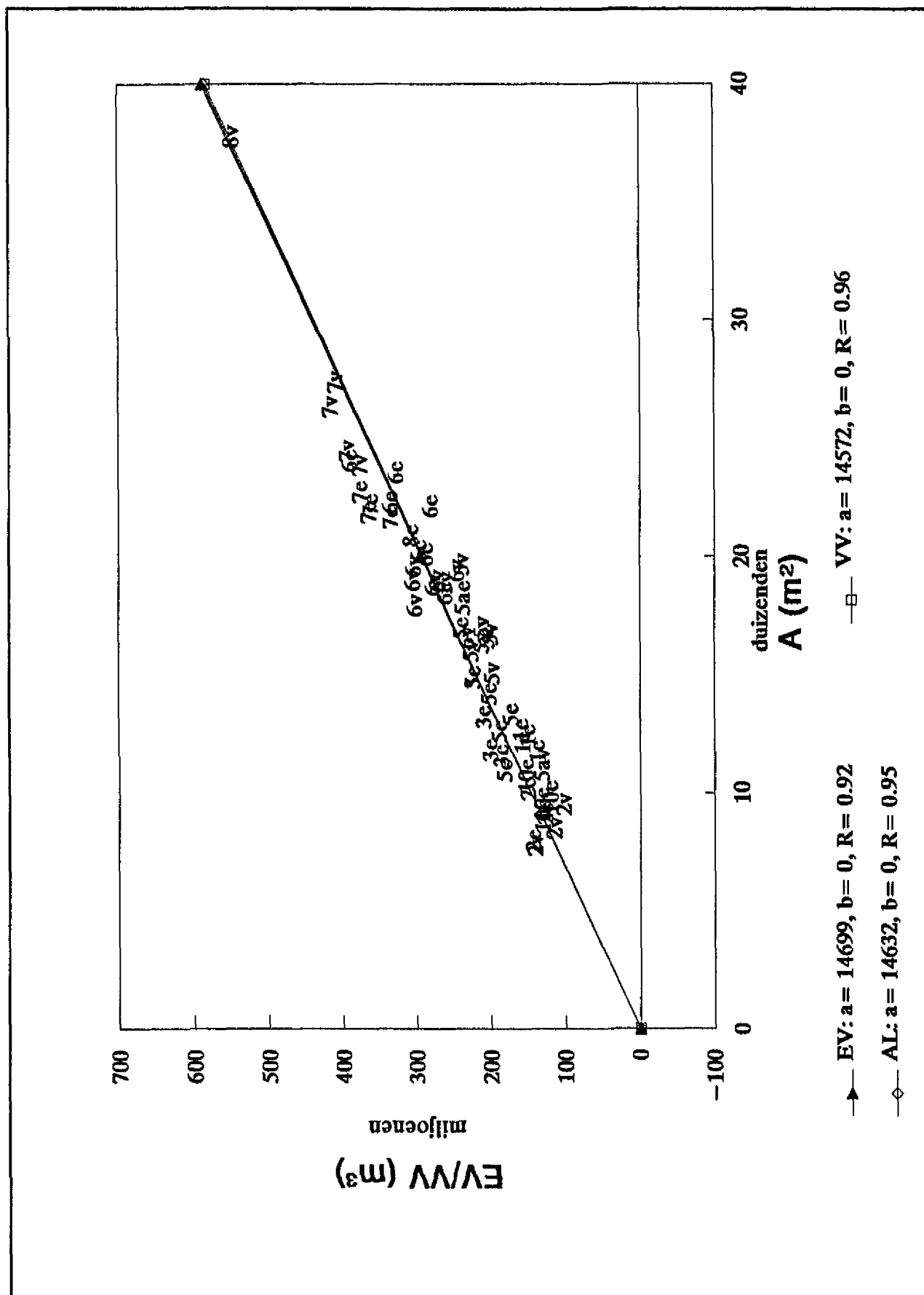
figuur : 4.3b



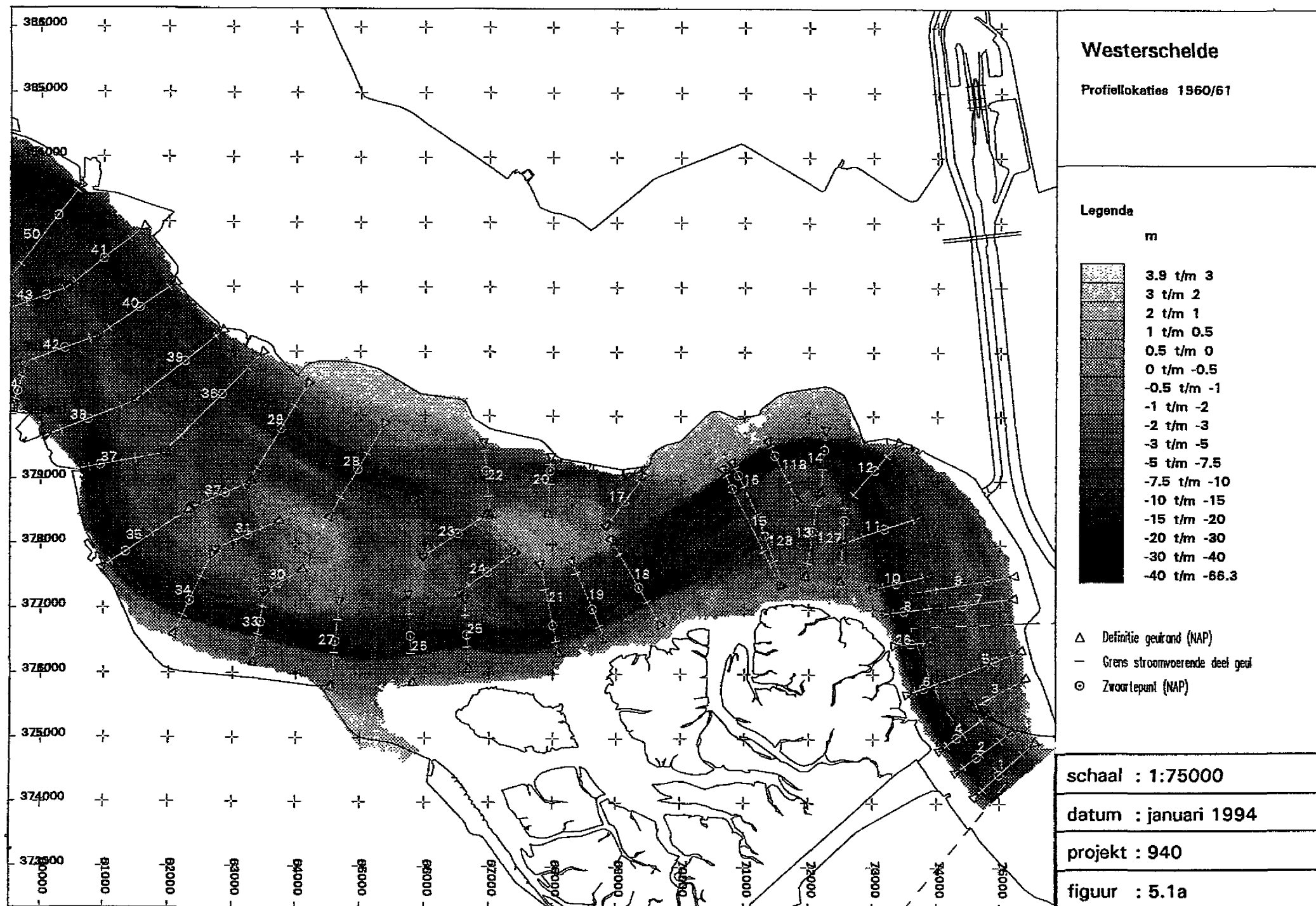
 Geschat verloop gemiddeld getijvolume (1970=100%)
 3 Werkelijk gemeten verloop Rel. gem. getijvolume (raai 3)

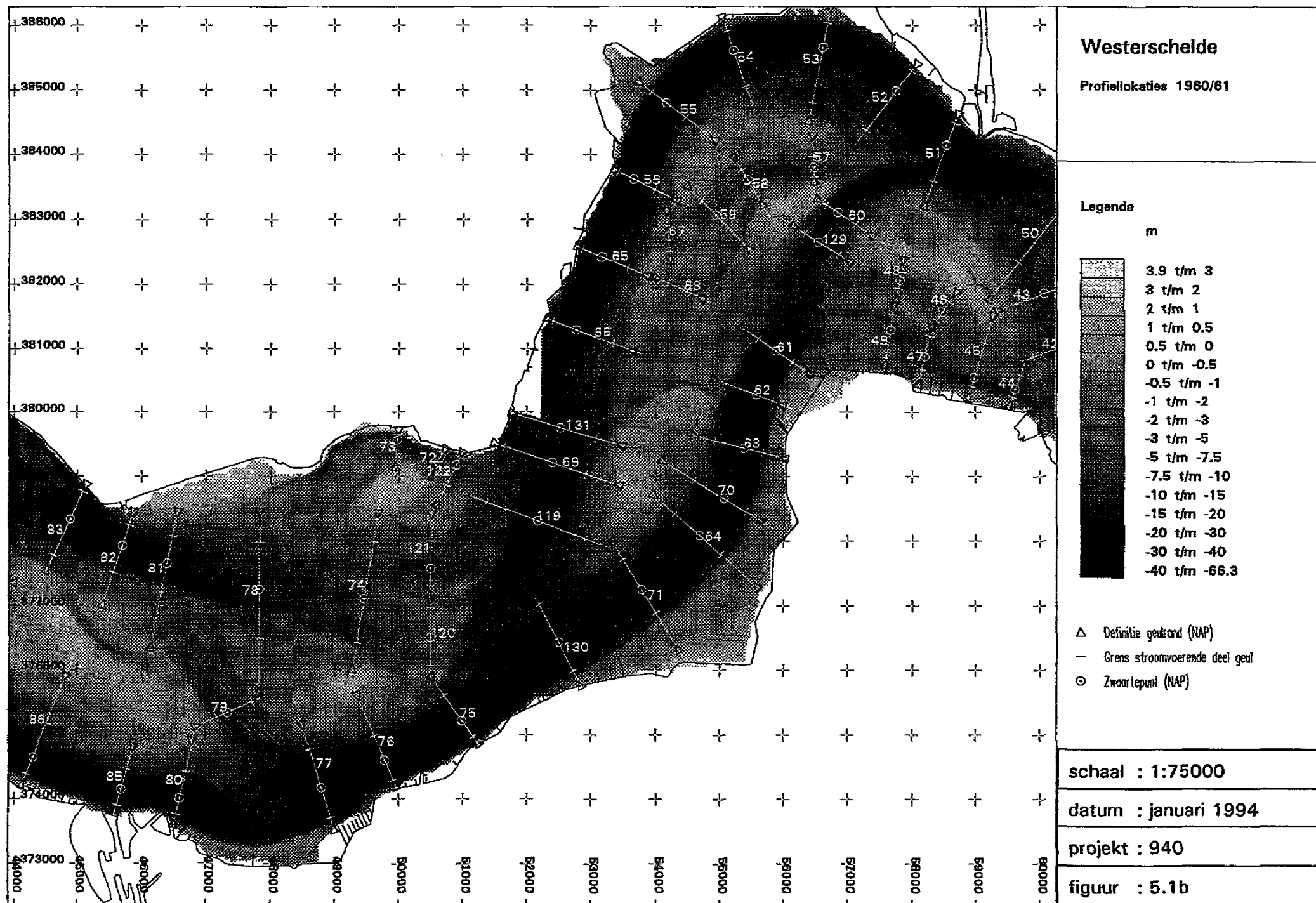
Het geschatte gemiddelde verloop van het relatieve getijvolume is bepaald op basis van:

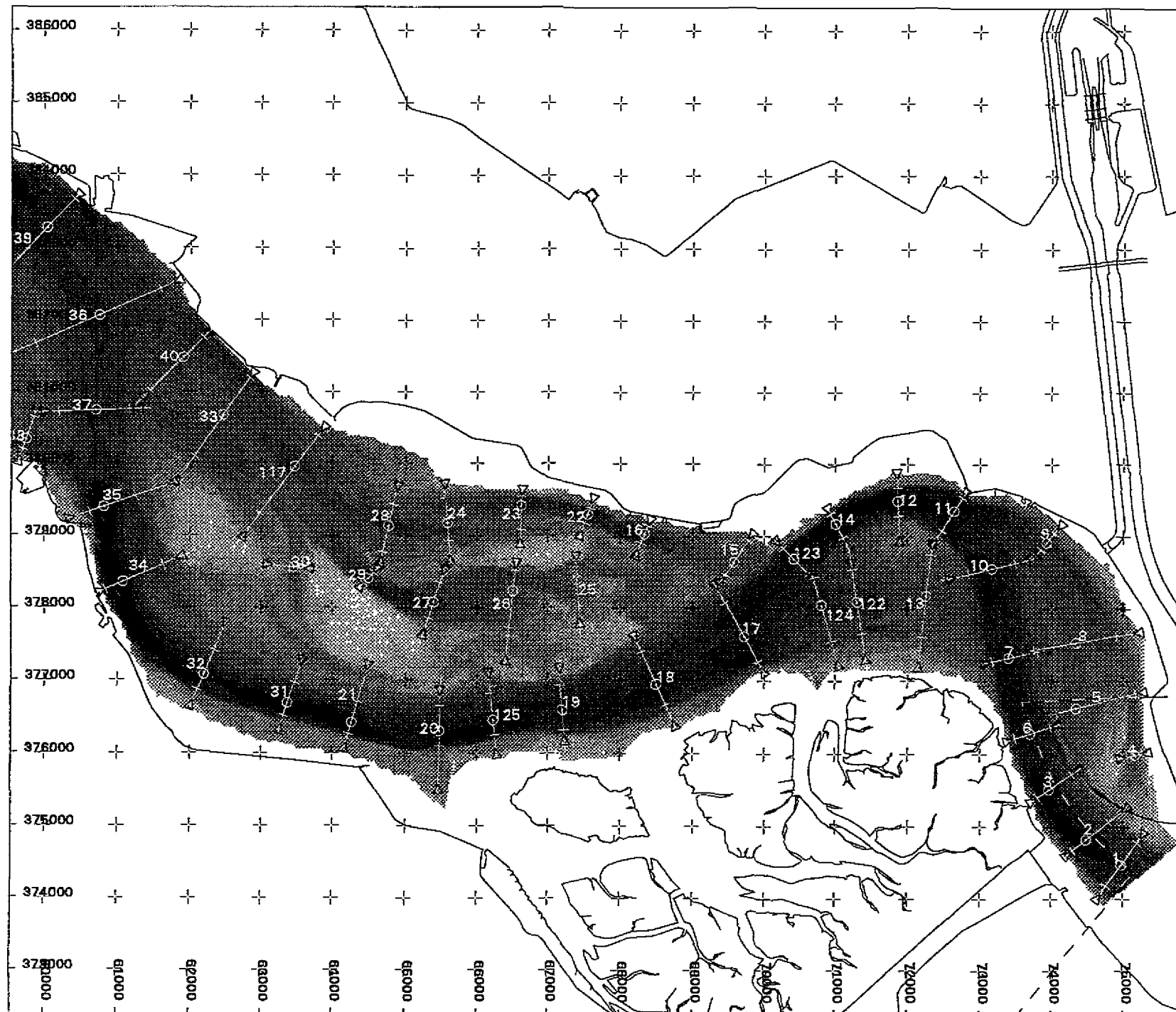
- Trend: Toename 0.5% per 10 jaar
- Cyclus: Amplitude 1.5%; periode 18.6 jaar
- Inpolderingen: Afname 3% in de periode 1950-1960
- Verdieping: Toename 3% in de periode 1970-1975



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Stabiliteitsanalyse eb- en vloedgeulen Periode: Alle Jaren (gewogen), met gedwongen nulpunt	project : 940
	figuur : 4.4





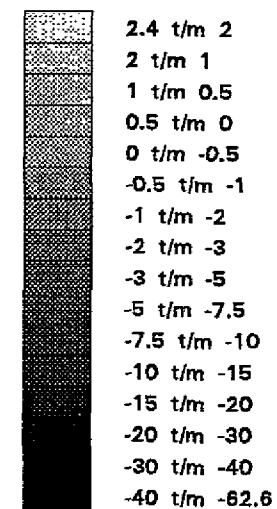


Westerschelde

Profiellokaties 1977/78

Legenda

m



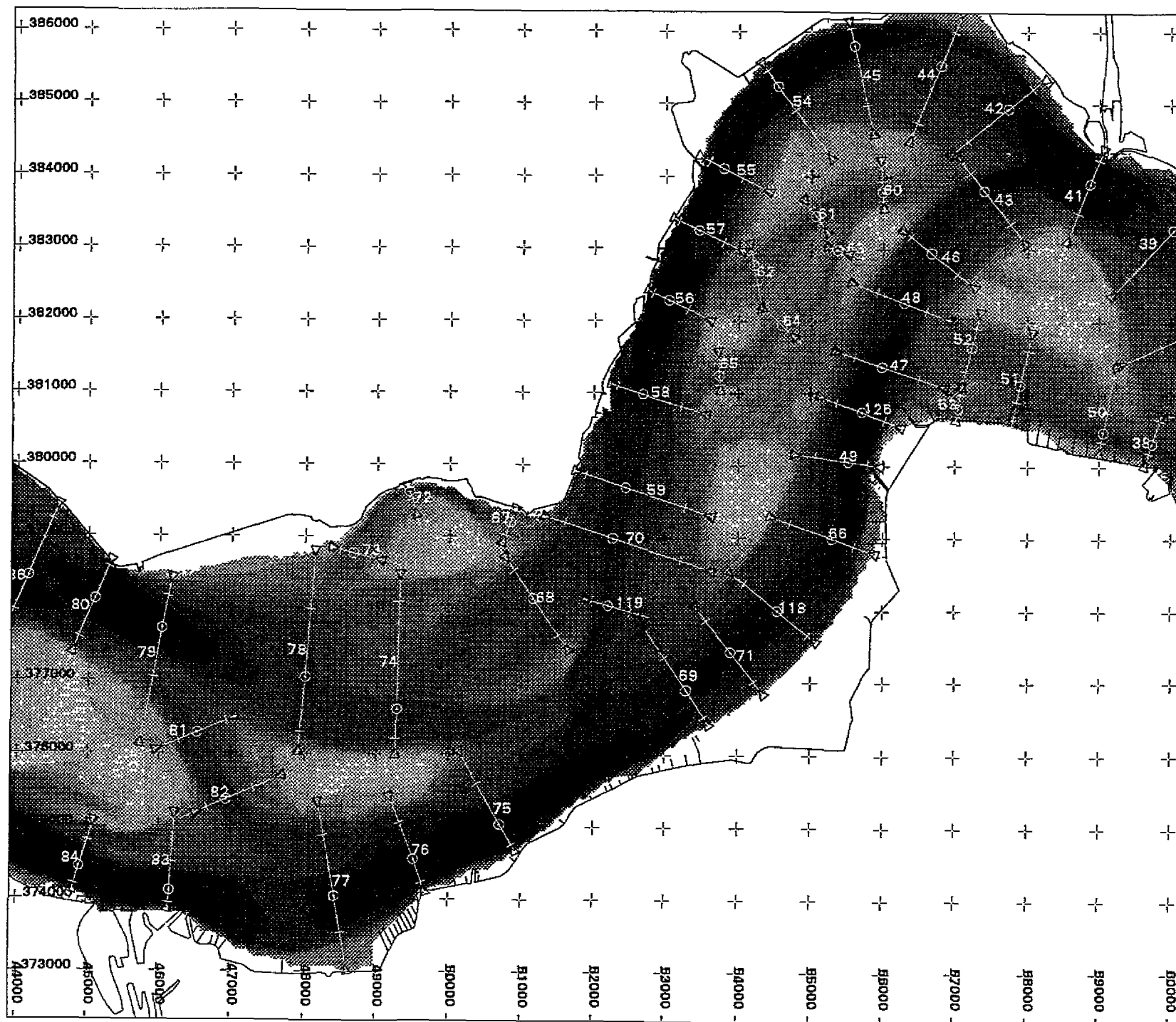
- △ Definitie geulrand (NAP)
- Grens stroomvoerende deel geul
- ⊙ Zwaartepunt (NAP)

schaal : 1:75000

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.2a

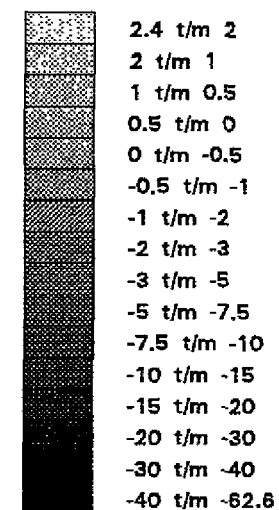


Westerschelde

Profiellokaties 1977/78

Legenda

m



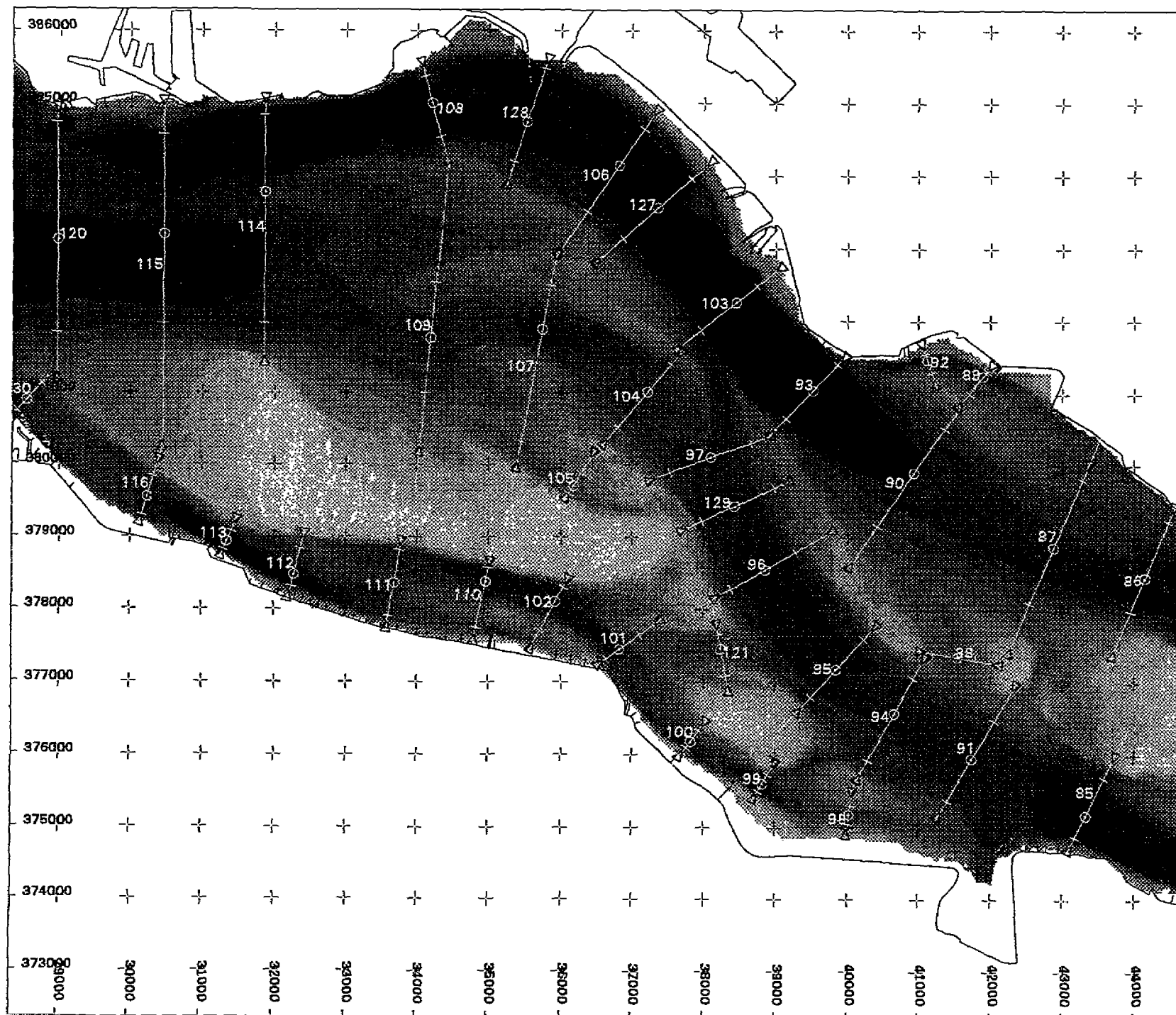
- △ Definitie geulrand (NAP)
- ~ Grens stroomvoerende deel geul
- Zwaartepunt (NAP)

schaal : 1:75000

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.2b

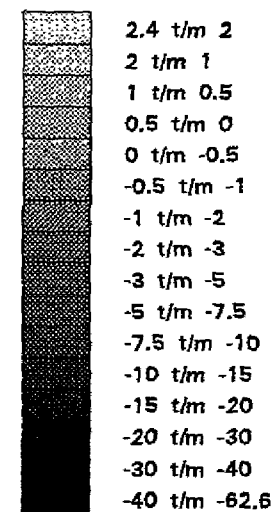


Westerschelde

Profiellokaties 1977/78

Legenda

m



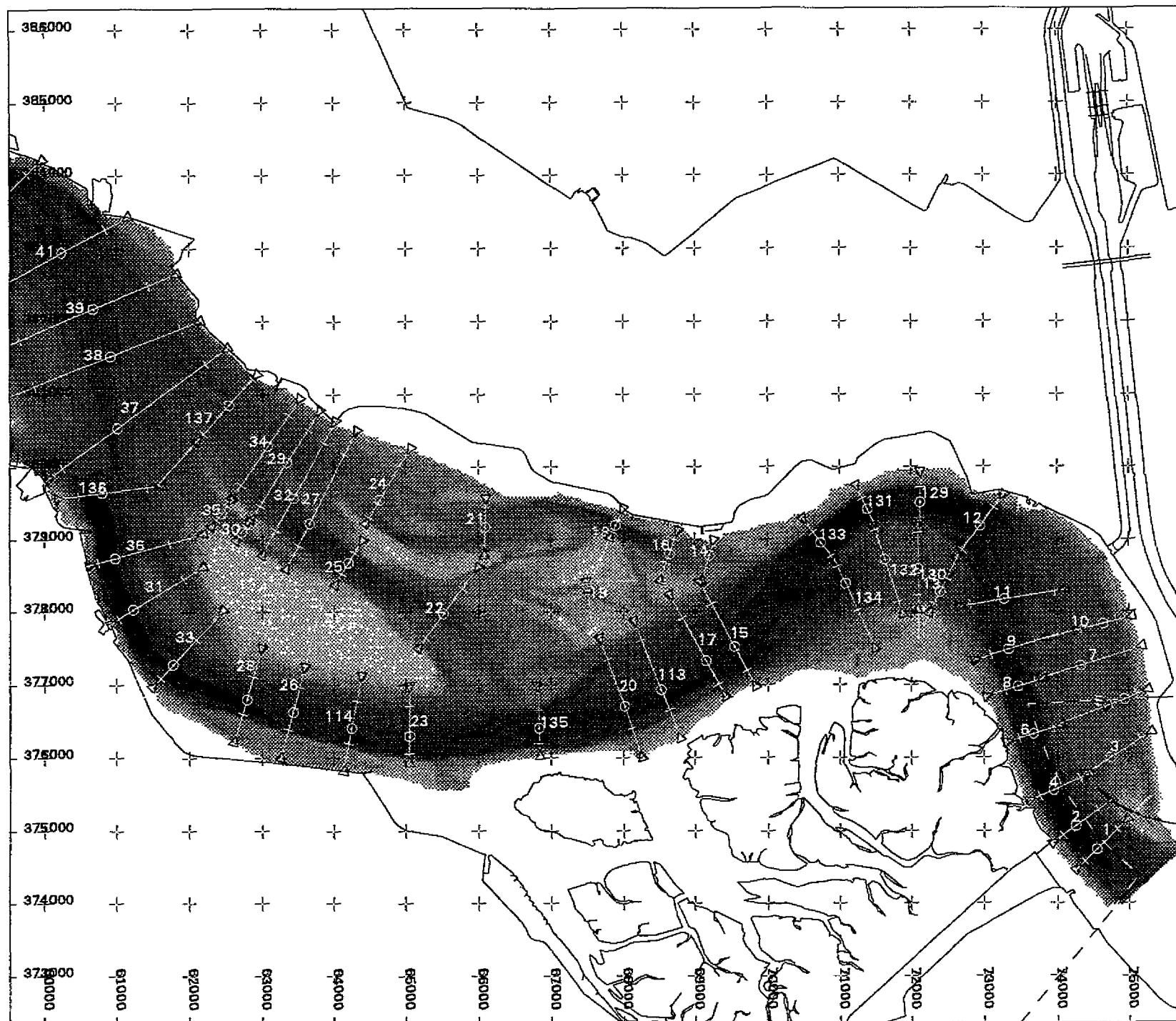
- △ Definitie geulrand (NAP)
- Grens stroomvoerende deel geul
- Zwaartepunt (NAP)

schaal : 1:75000

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.2c

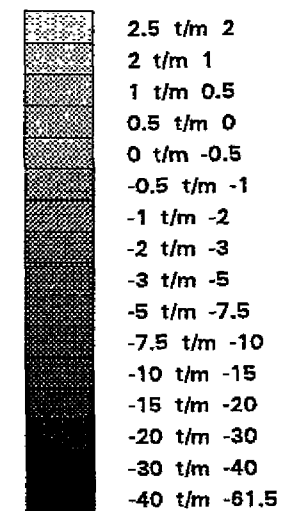


Westerschelde

Profiellokaties 1992

Legenda

m



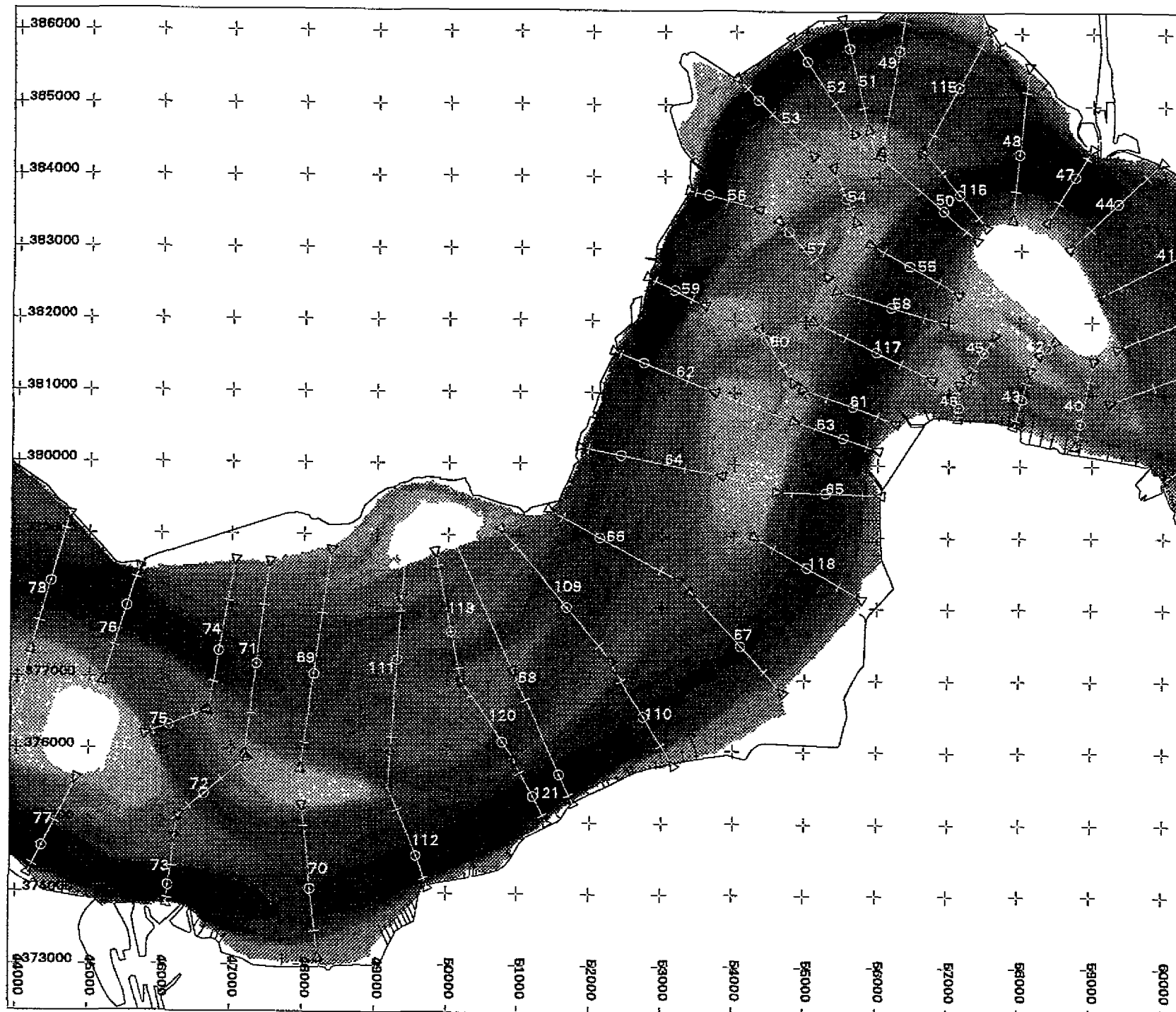
- △ Definitie geulrand (NAP)
- Grens stroomvoerende deel geul
- Zwaarlepunt (NAP)

schaal : 1:75000

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.3a



Westerschelde

Profiellokaties 1992

Legenda

m

	2.5 t/m 2
	2 t/m 1
	1 t/m 0.5
	0.5 t/m 0
	0 t/m -0.5
	-0.5 t/m -1
	-1 t/m -2
	-2 t/m -3
	-3 t/m -5
	-5 t/m -7.5
	-7.5 t/m -10
	-10 t/m -15
	-15 t/m -20
	-20 t/m -30
	-30 t/m -40
	-40 t/m -61.5

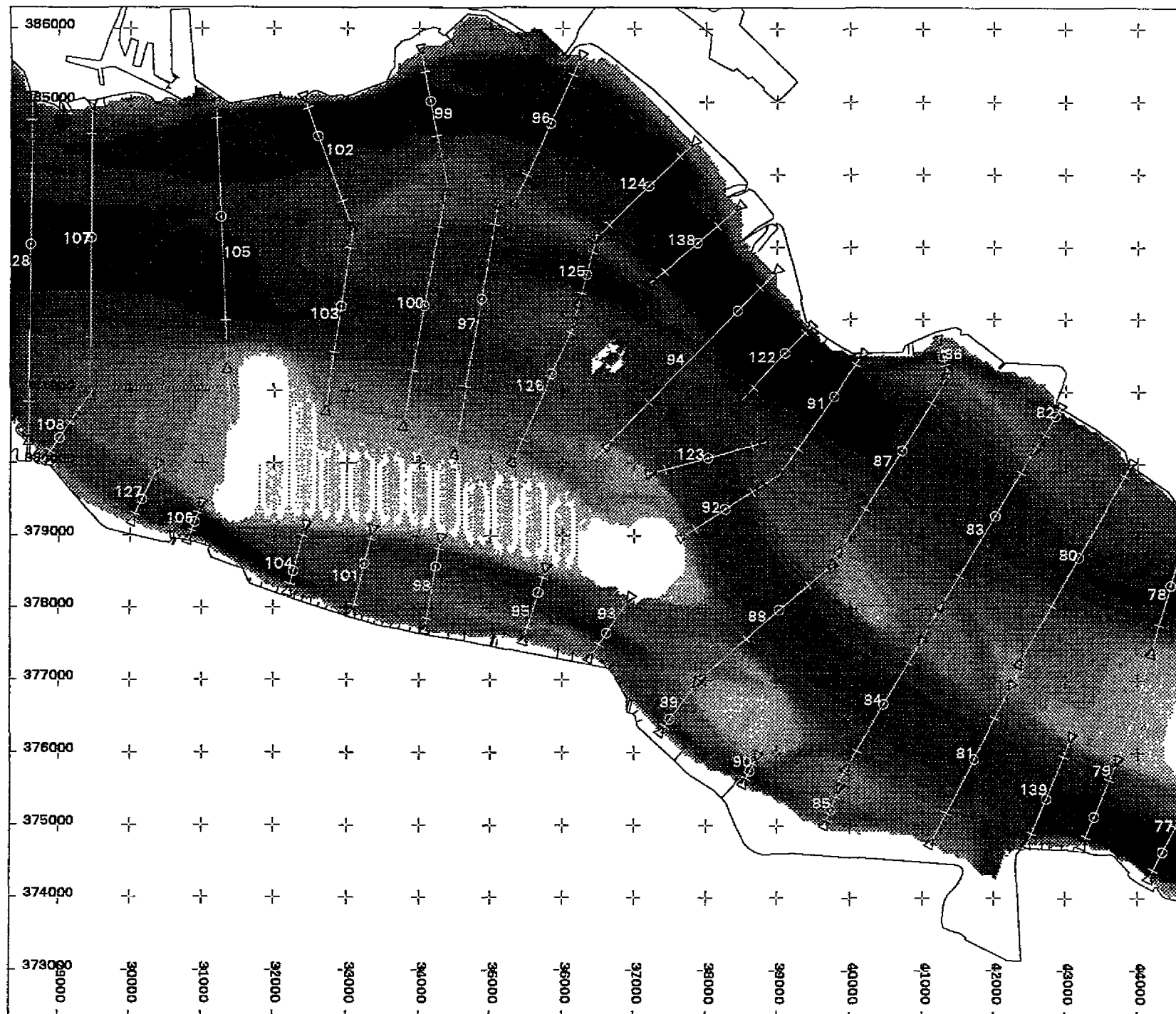
- △ Definitie geulrand (NAP)
- Grens stroomvoerende deel geul
- Zwaartepunt (NAP)

schaal : 1:75000

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.3b

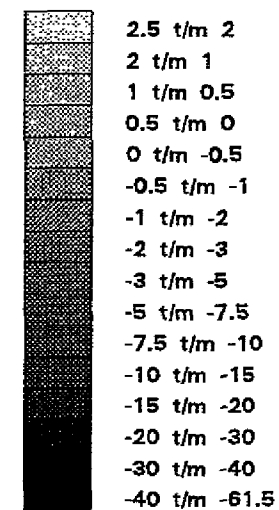


Westerschelde

Profiellokaties 1992

Legenda

m



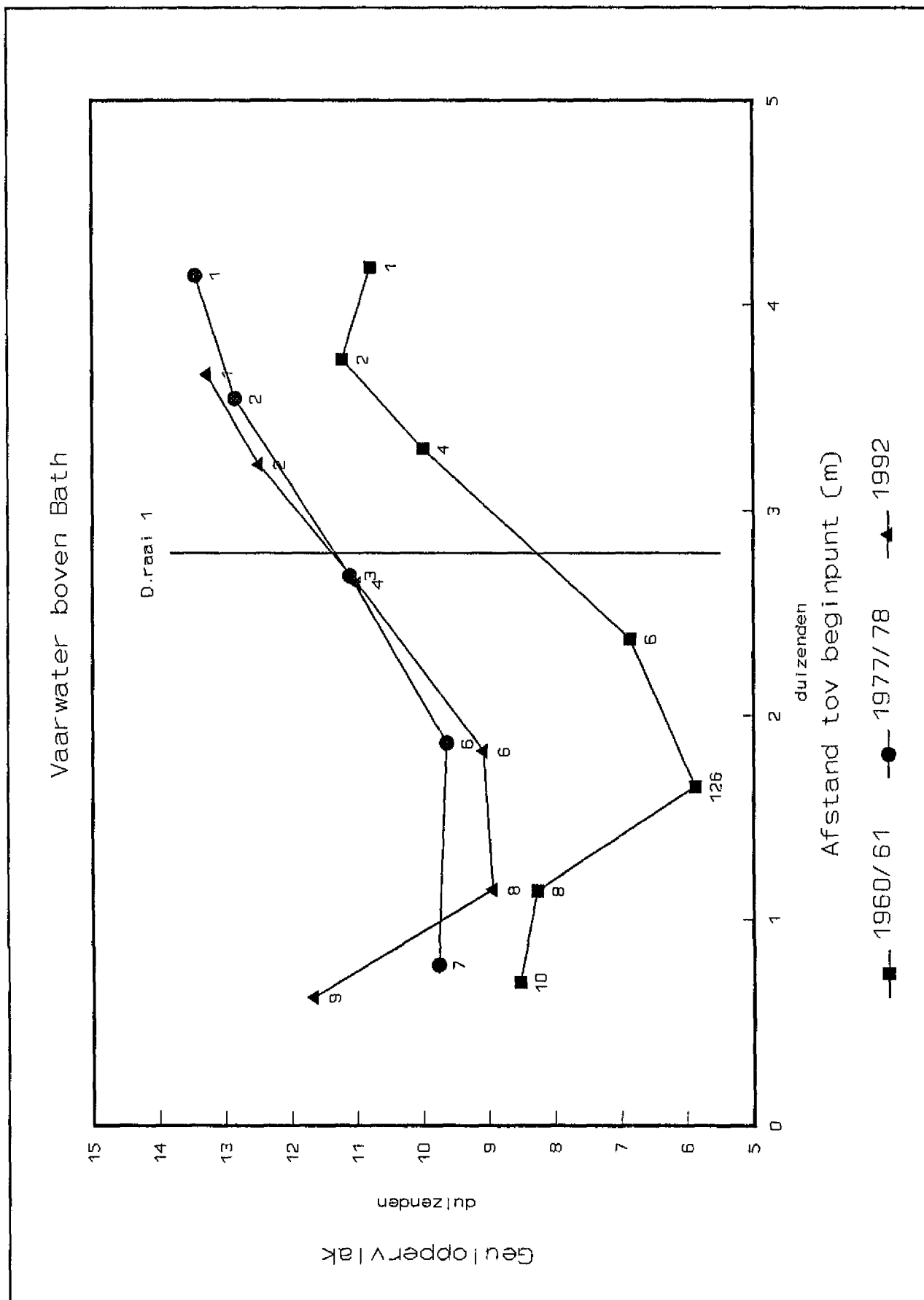
- △ Definitie geurand (NAP)
- Grens stroomvoerende deel geul
- ⊙ Zwaartepunt (NAP)

schaal : 1:75000

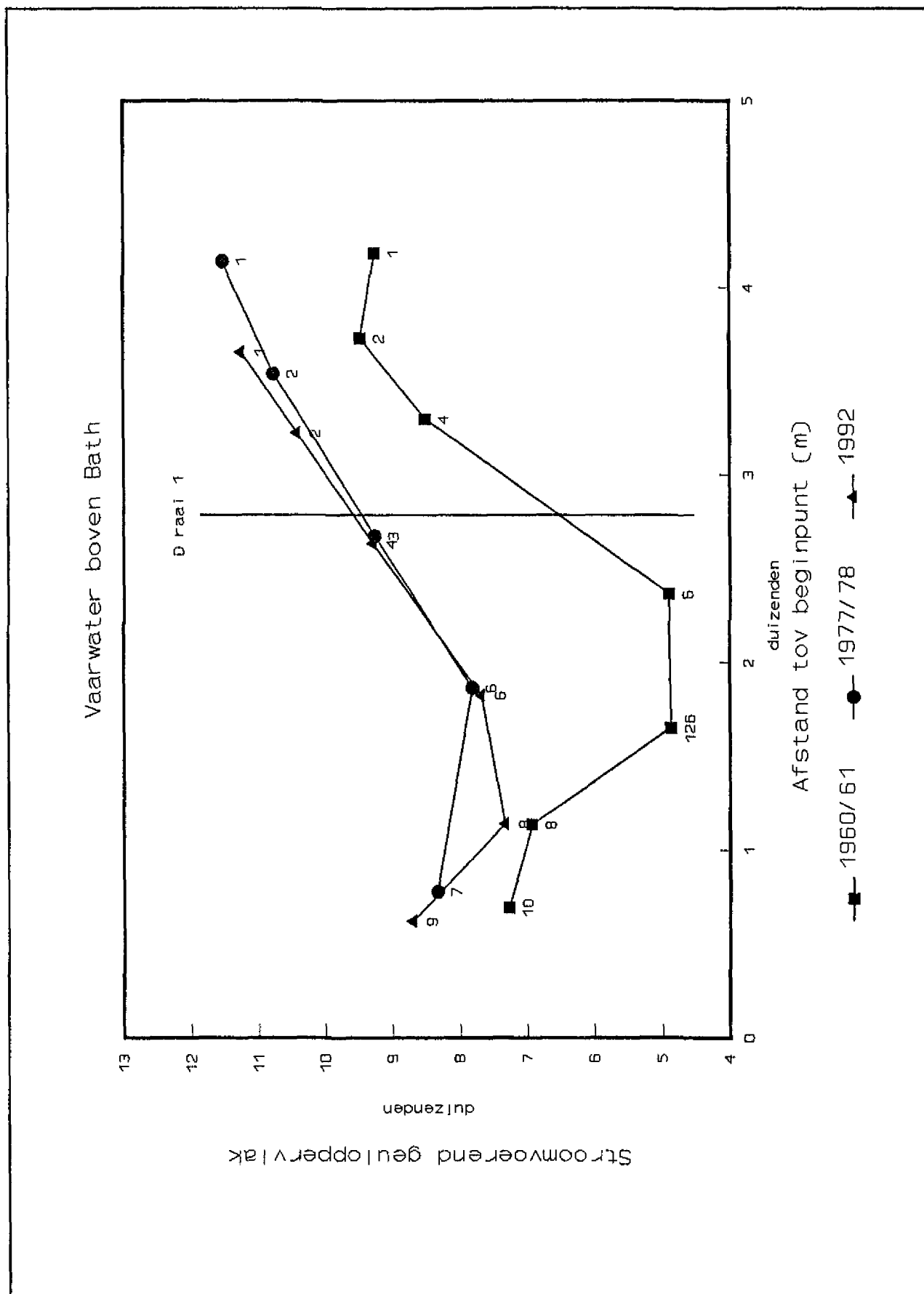
datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.3c



INGEMEURENBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Vaarwater boven Bath	projekt : 940
Geuloppervlak onder NAP (m²)	figuur : 5.4a



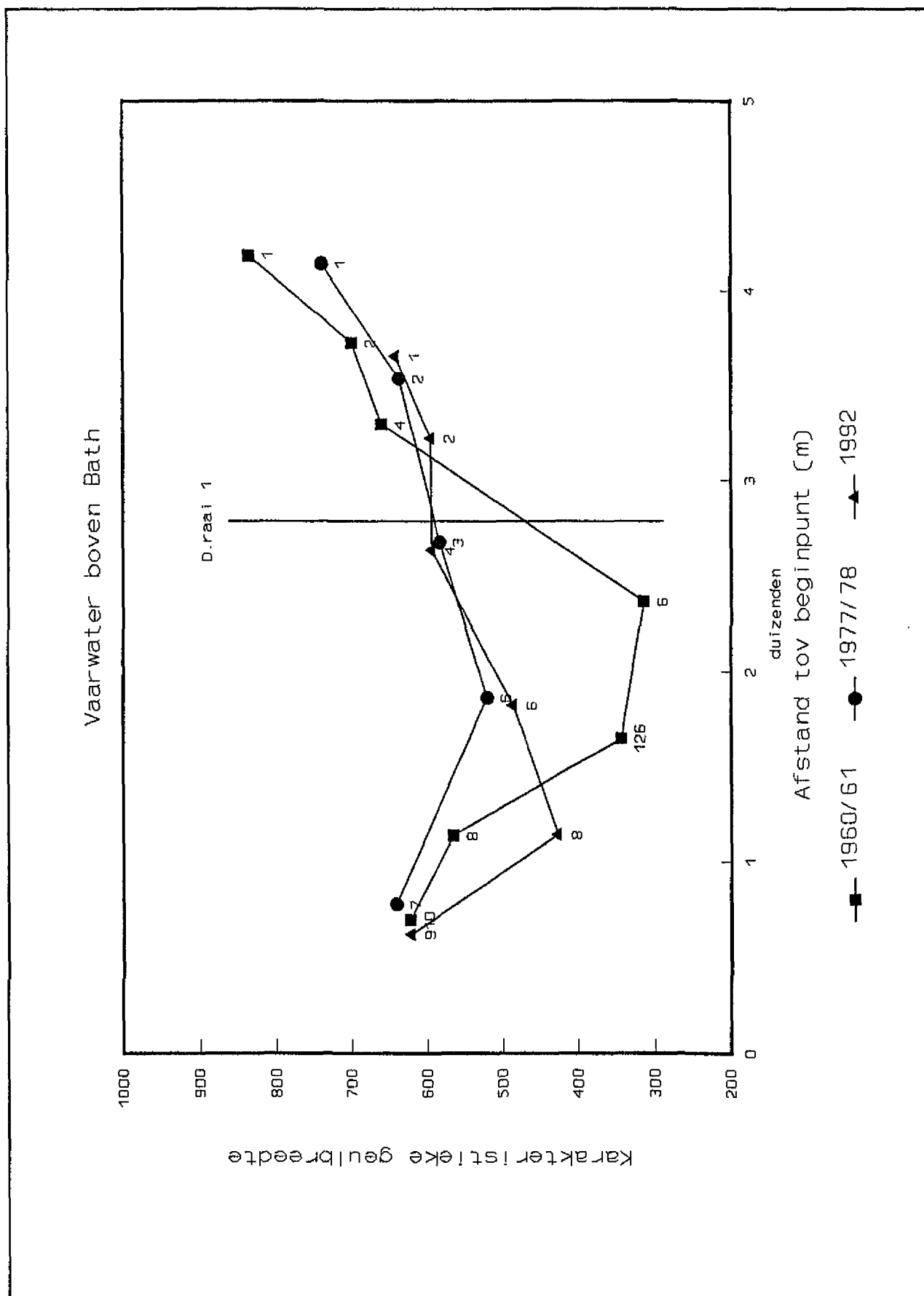
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Vaarwater boven Bath
Stroomvoerend geuloppervlak (m²)

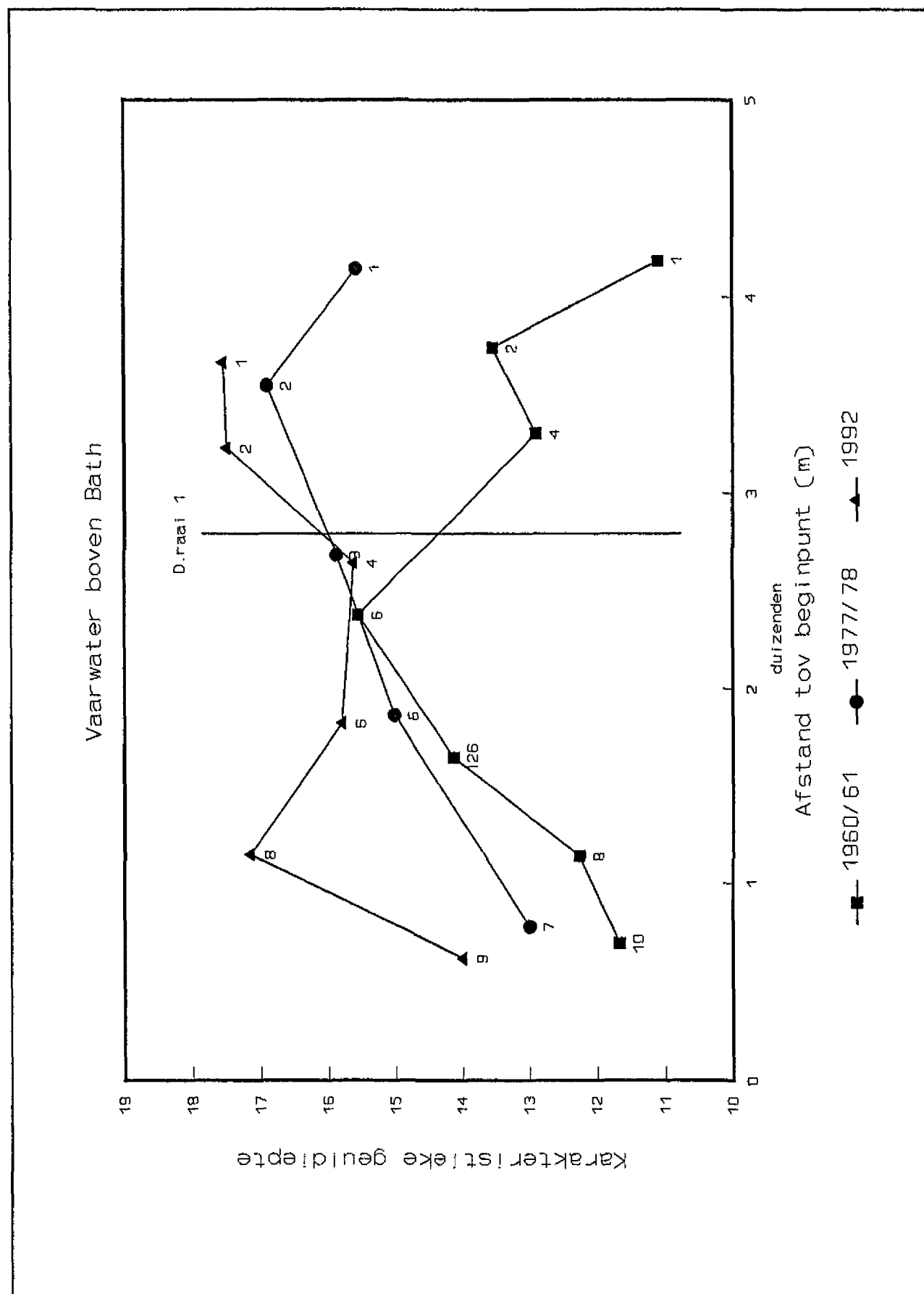
datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.4b



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Vaarwater boven Bath Karakteristieke geulbreedte (m)	projekt : 940
	figuur : 5.4c



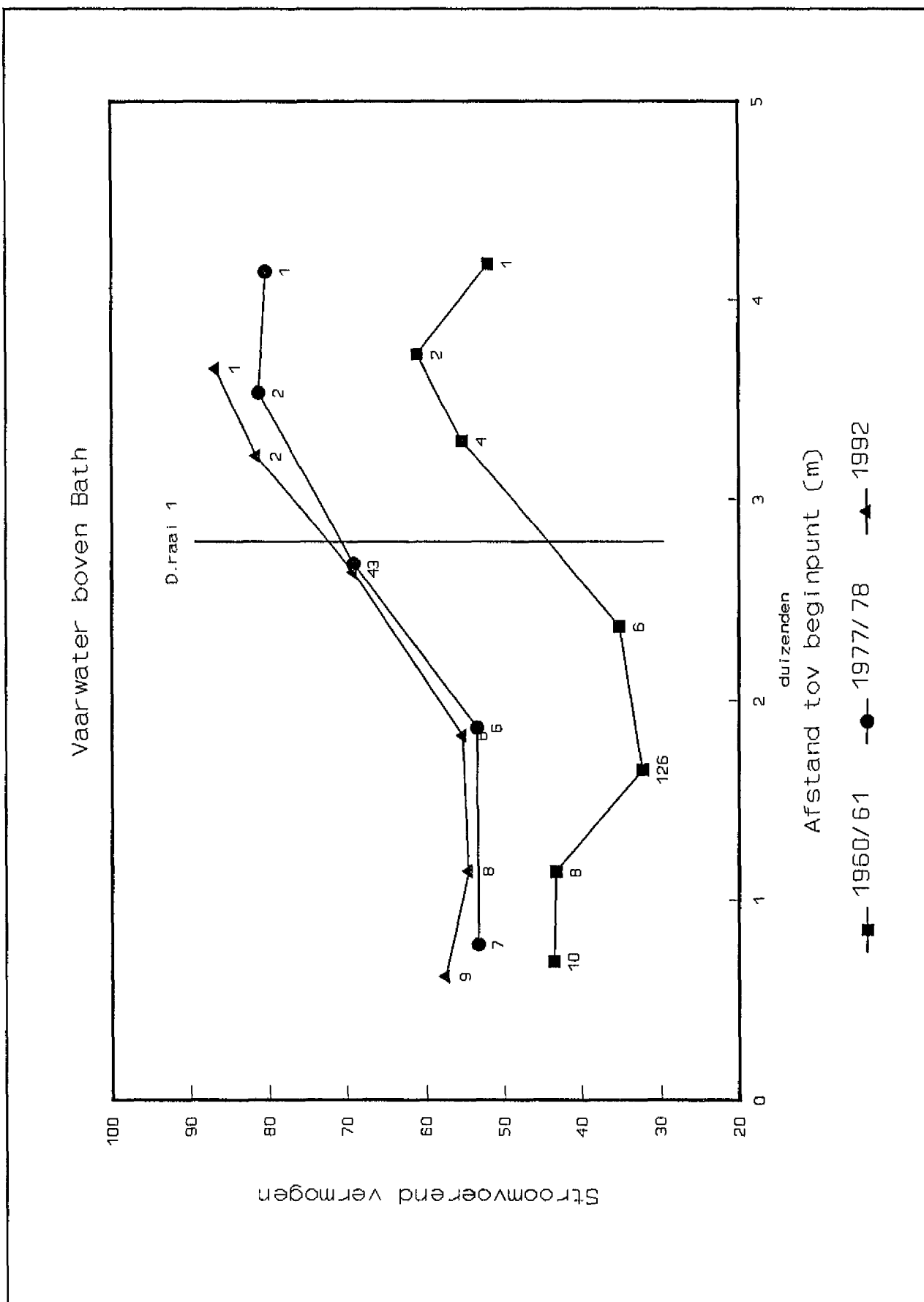
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Vaarwater boven Bath
Karakteristieke gouldiepte (m)

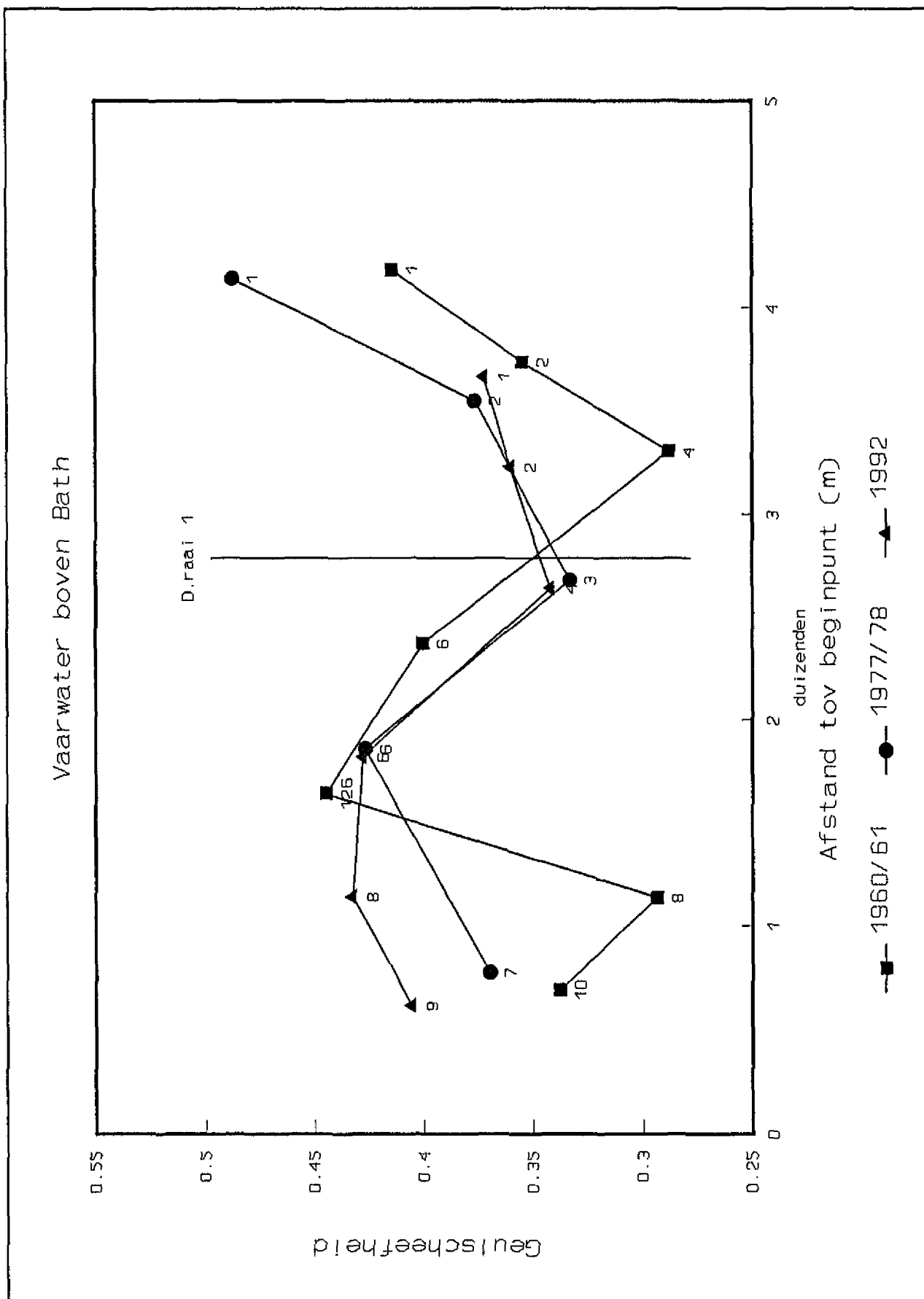
datum : januari 1994

projekt : 940

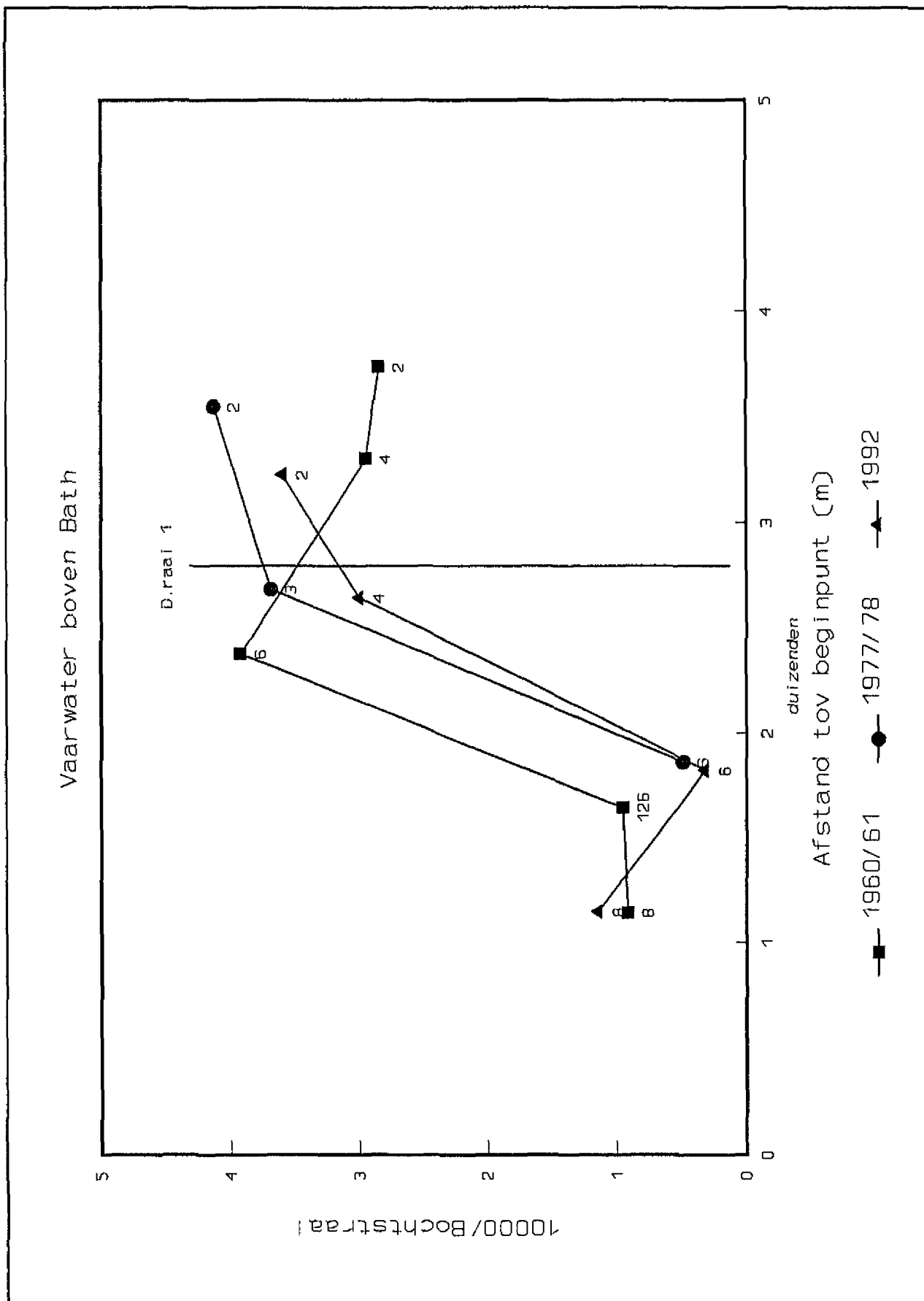
figuur : 5.4d



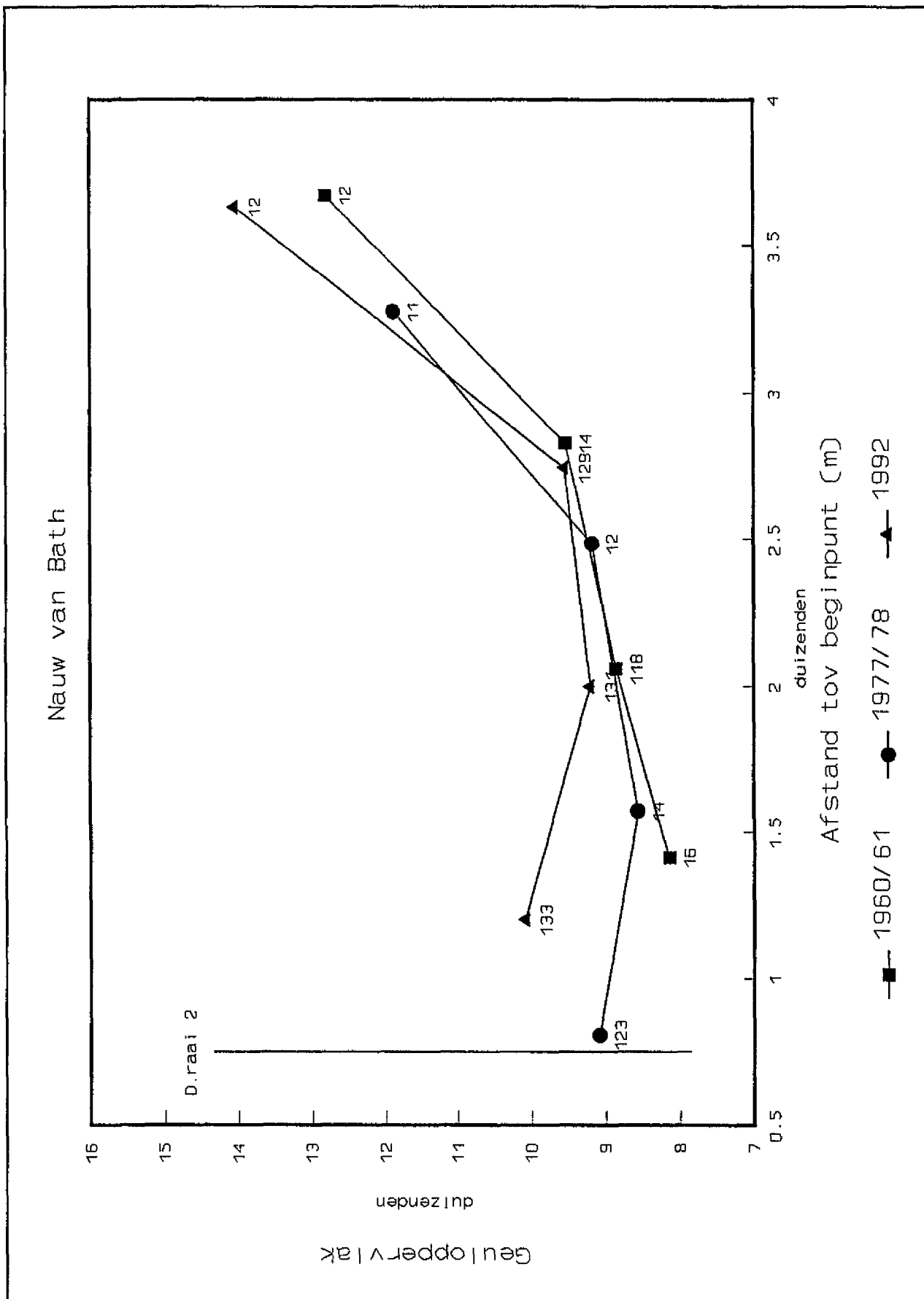
INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Vaarwater boven Bath Stroomvoerend vermogen ($m^{8/3}$)	projekt : 940
	figuur : 5.4e



Vaarwater boven Bath Geulscheefheid	INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.4f



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Vaarwater boven Bath 10000/Bochtstraal (1/m)	projekt : 940
	figuur : 5.4g

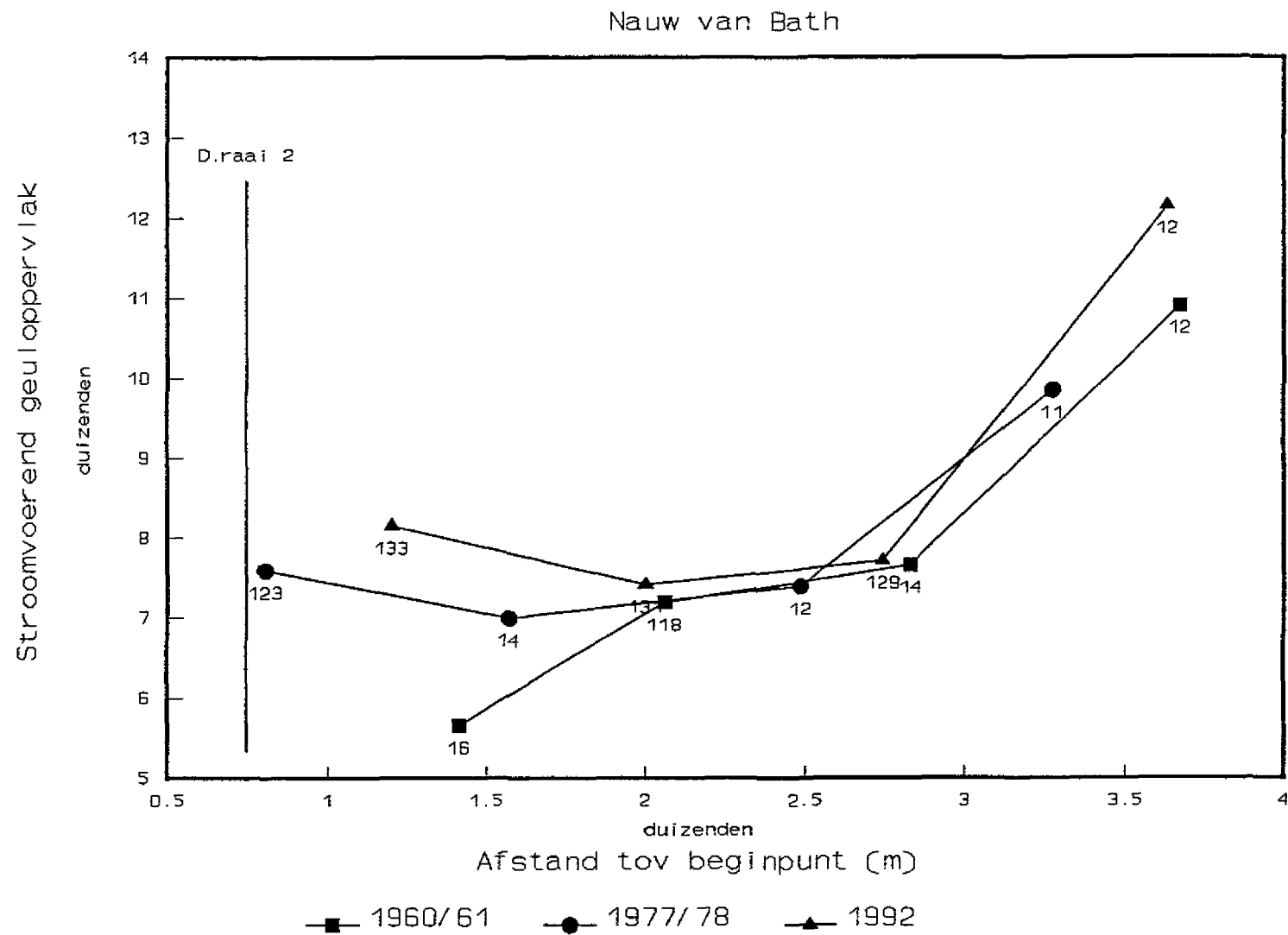


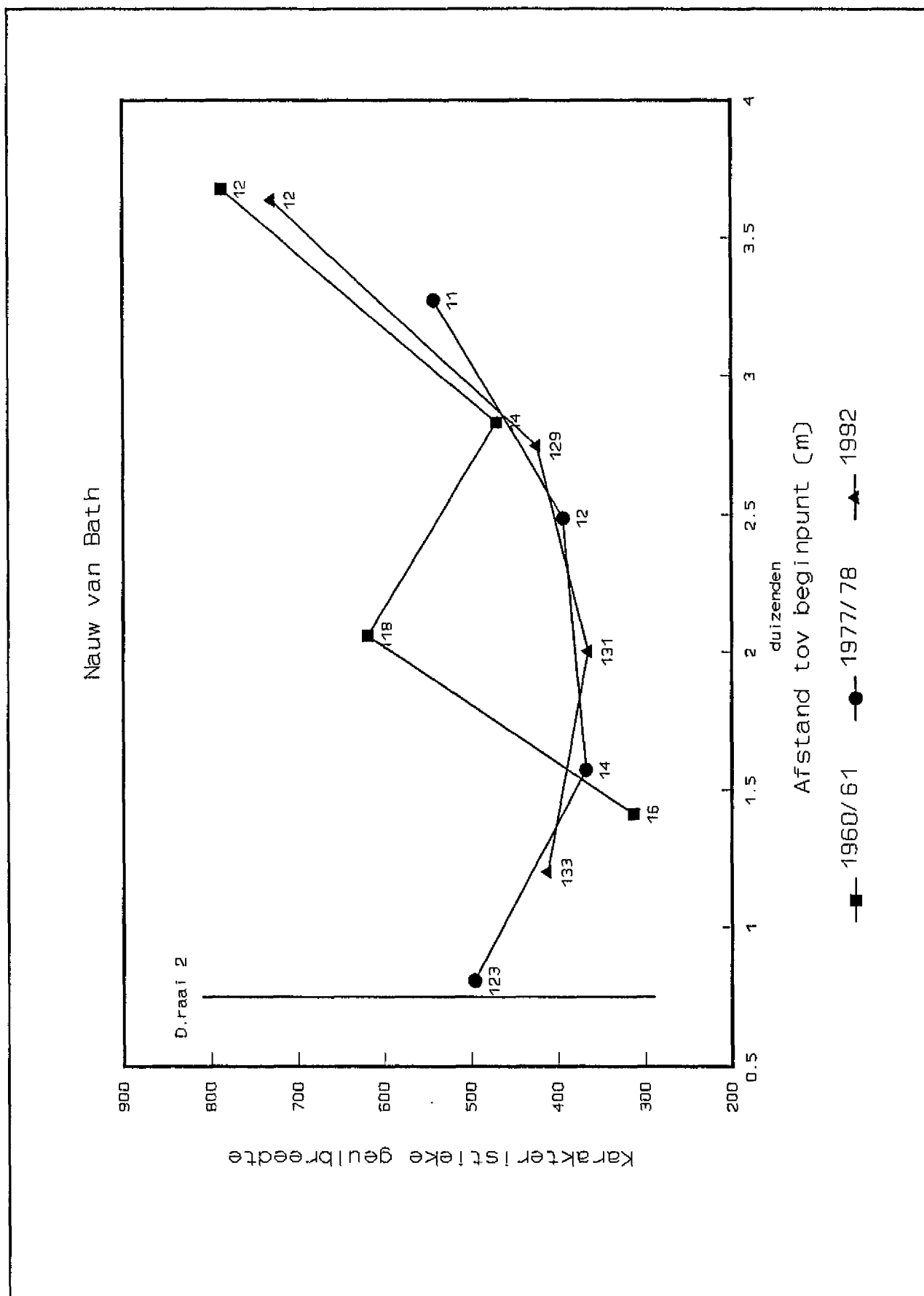
INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Nauw van Bath Geuloppervlak onder NAP (m ²)	datum : januari 1994
	projekt : 940
	figuur : 5.5a

Nauw van Bath
Stroomvoerend geuloppervlak (m²)

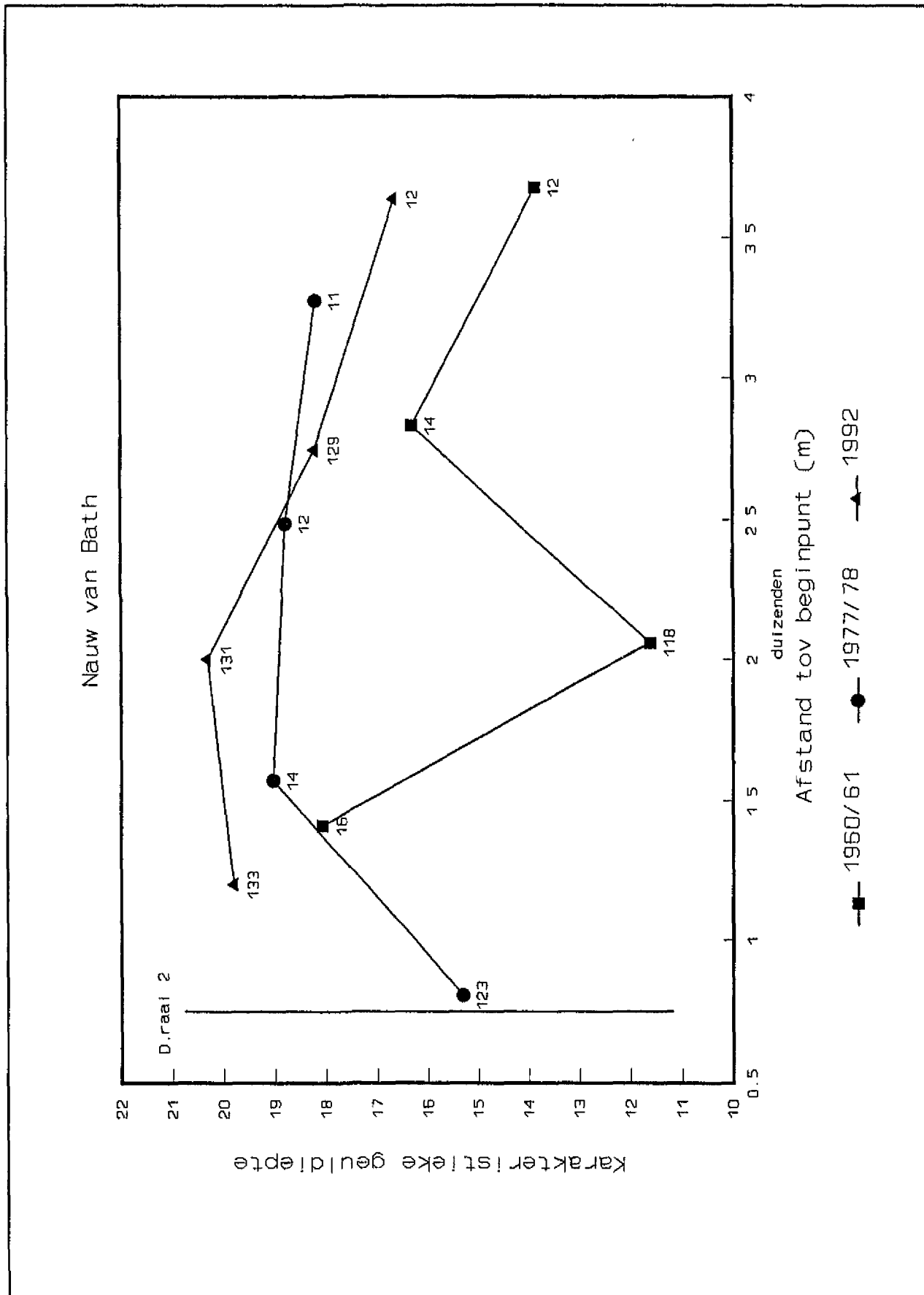
datum : januari 1994
projekt : 940
figuur : 5.5b

INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.



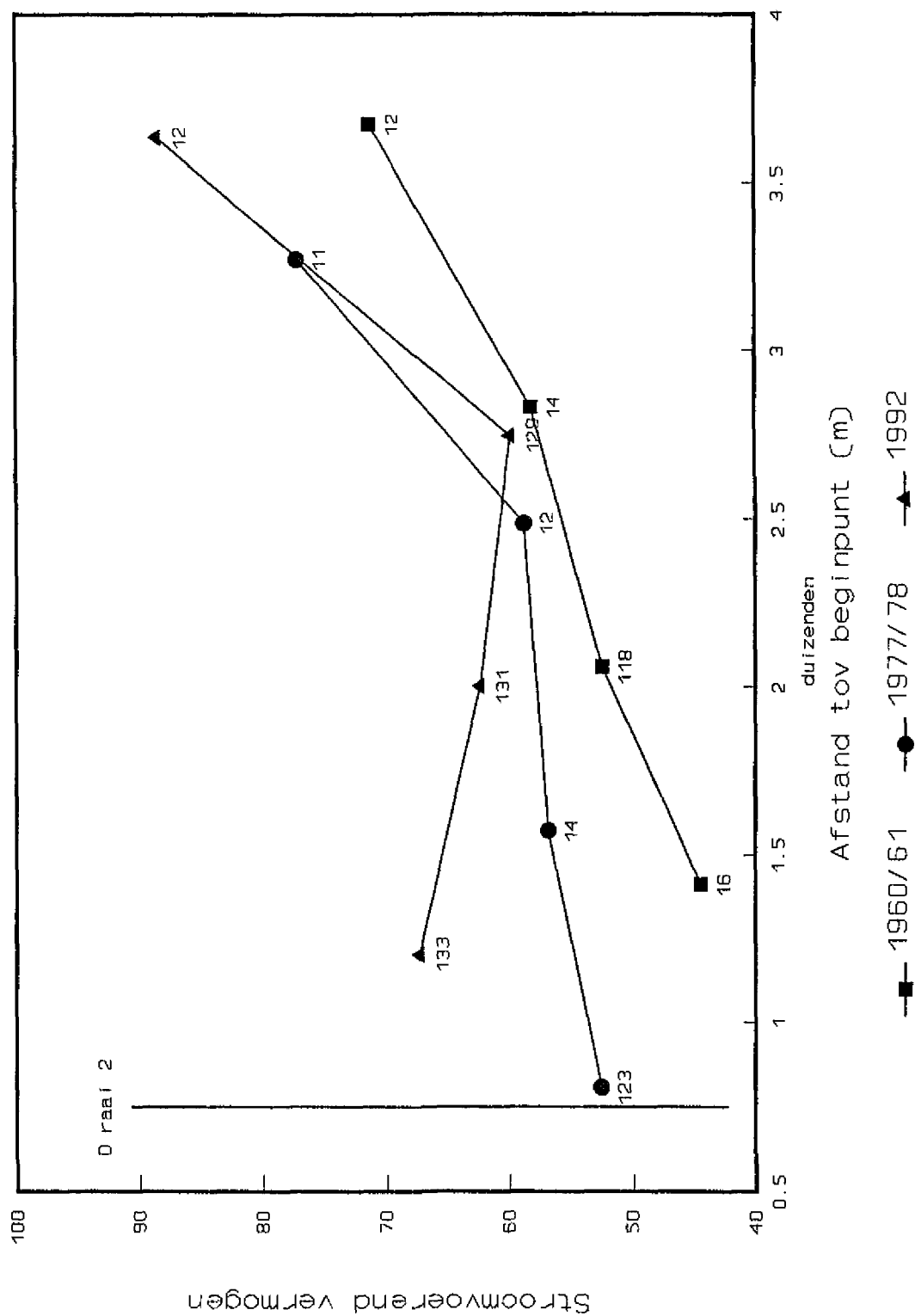


INGEBUREAU SVASEK B.V. Nauw van Bath Karakteristieke geulbreedte (m)	datum : januari 1994
	projekt : 940
	figuur : 5.5c



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Nauw van Bath Karakteristieke geuldiepte (m)	datum : januari 1994
	projekt : 940
	figuur : 5.5d

Nauw van Bath



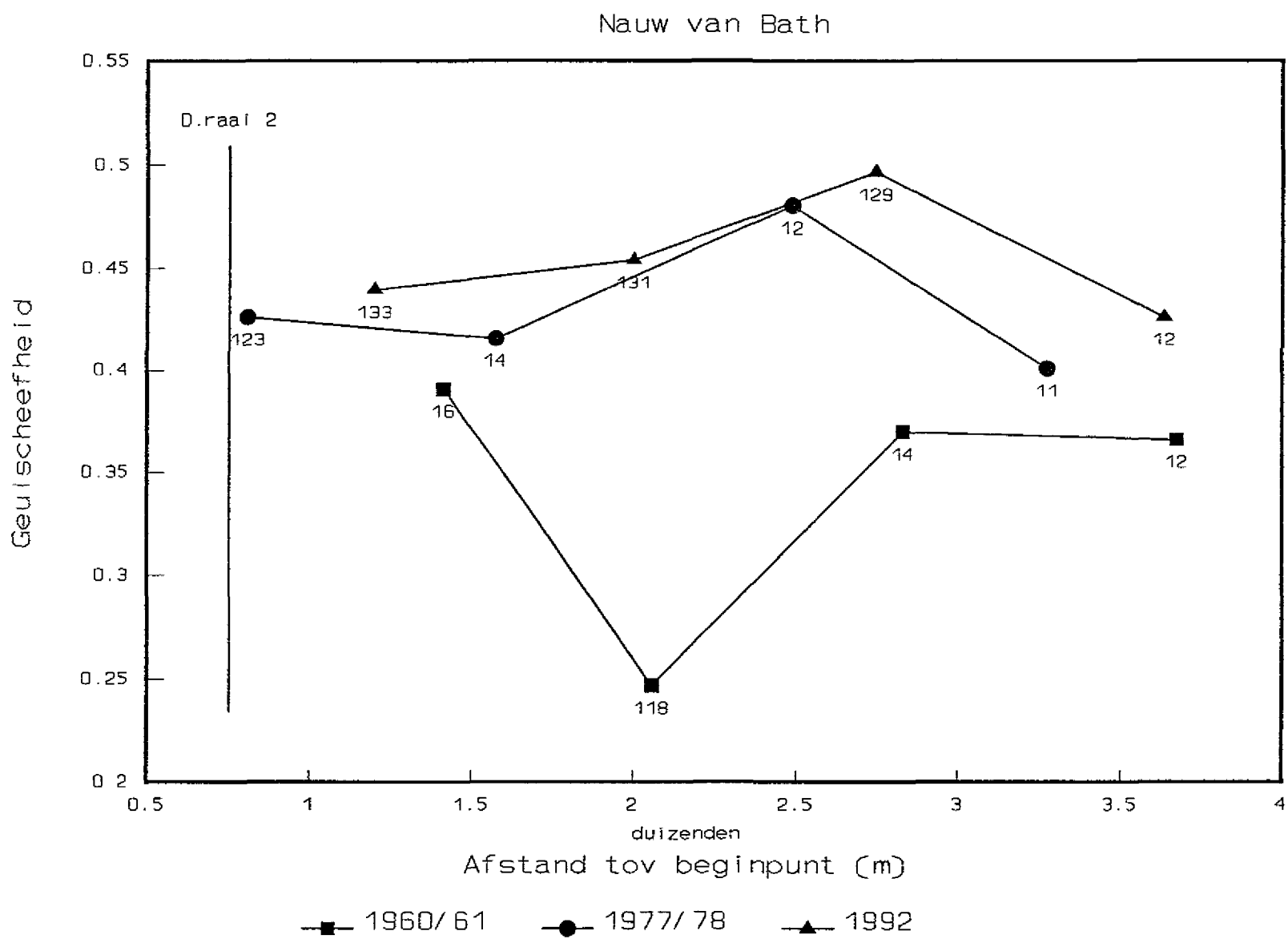
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Nauw van Bath
Stroomvoerend vermogen ($m^{8/3}$)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.5e



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Nauw van Bath
Geulscheefheid

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.5f

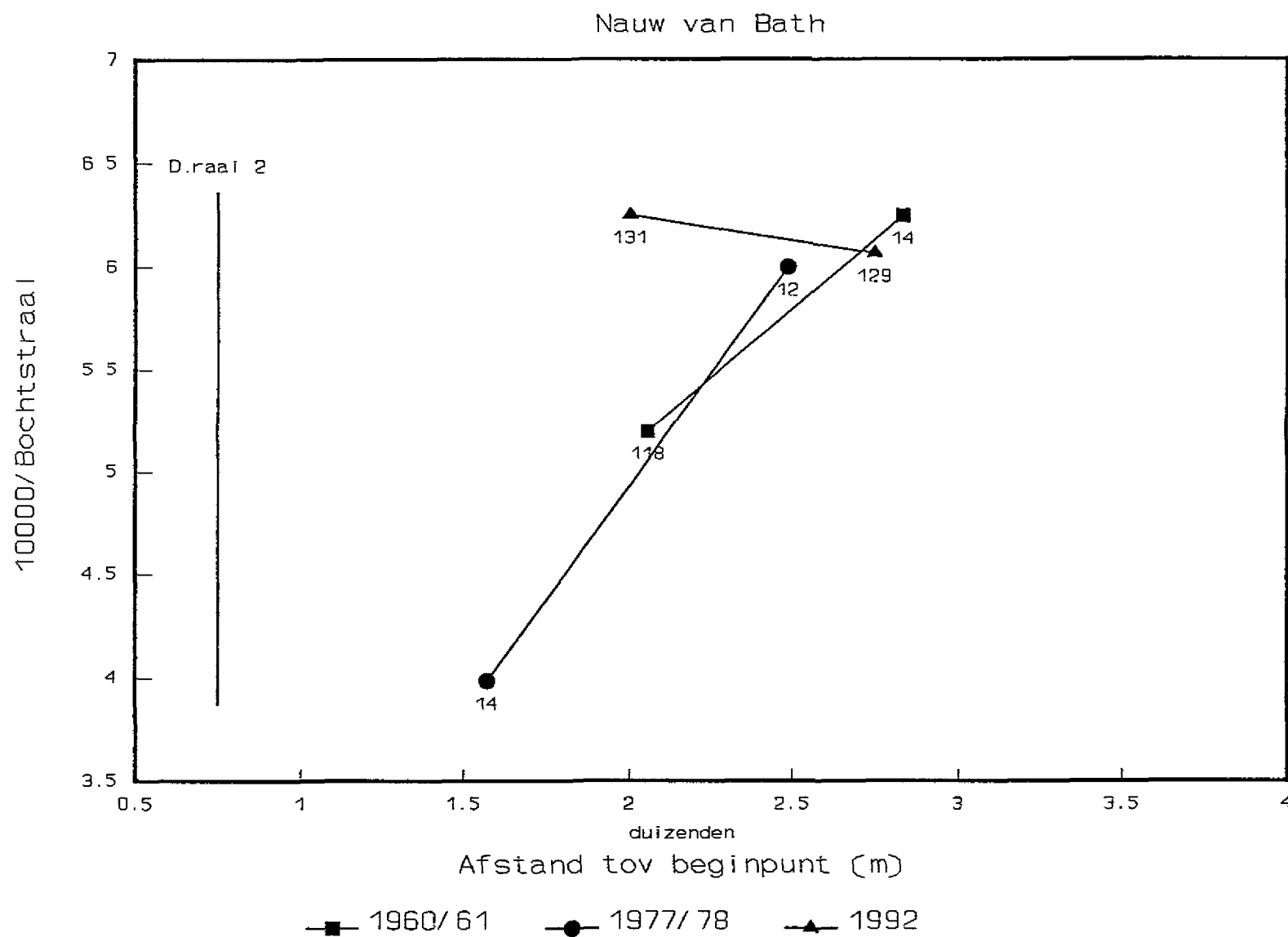
INGENIEURSBUREAU / **S**VASEK B.V.

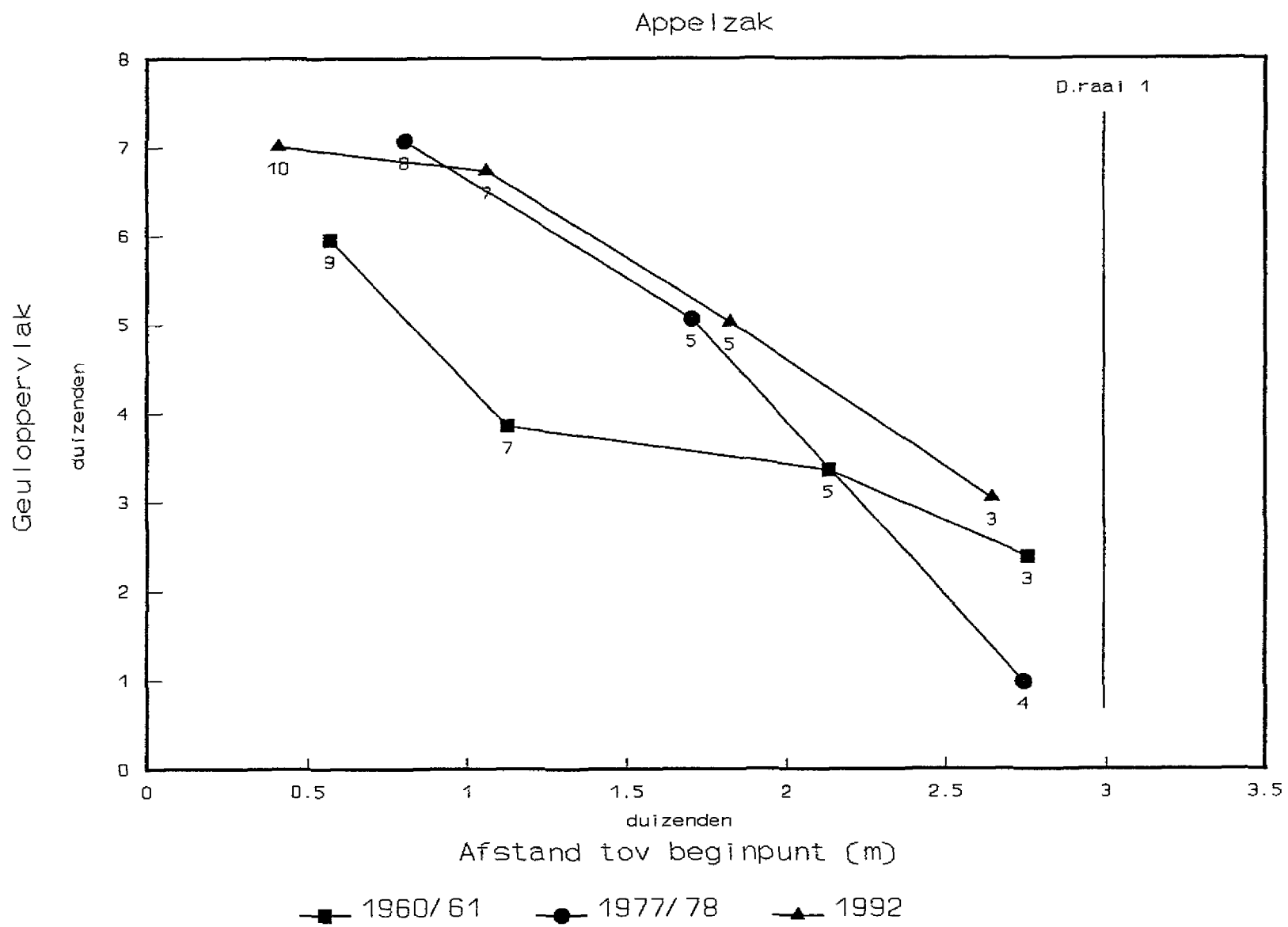
datum : januari 1994

Nauw van Bath
10000/Bochtstraal (1/m)

projekt : 940

figuur : 5.5g





INGENIEURSBUREAU **S** VASEK B.V.

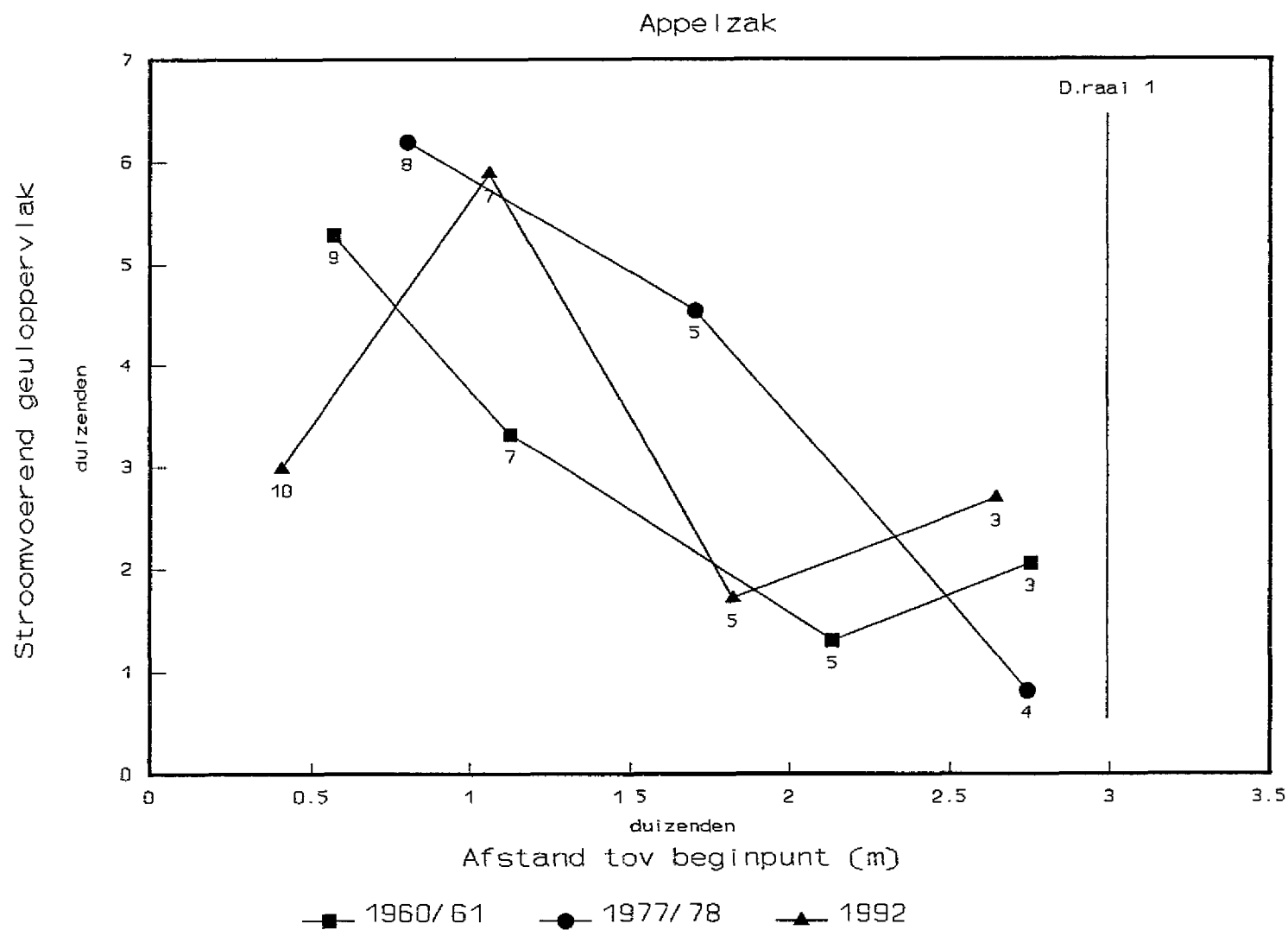
Appelzak
Geuloppervlak onder NAP (m²)

datum : januari 1994

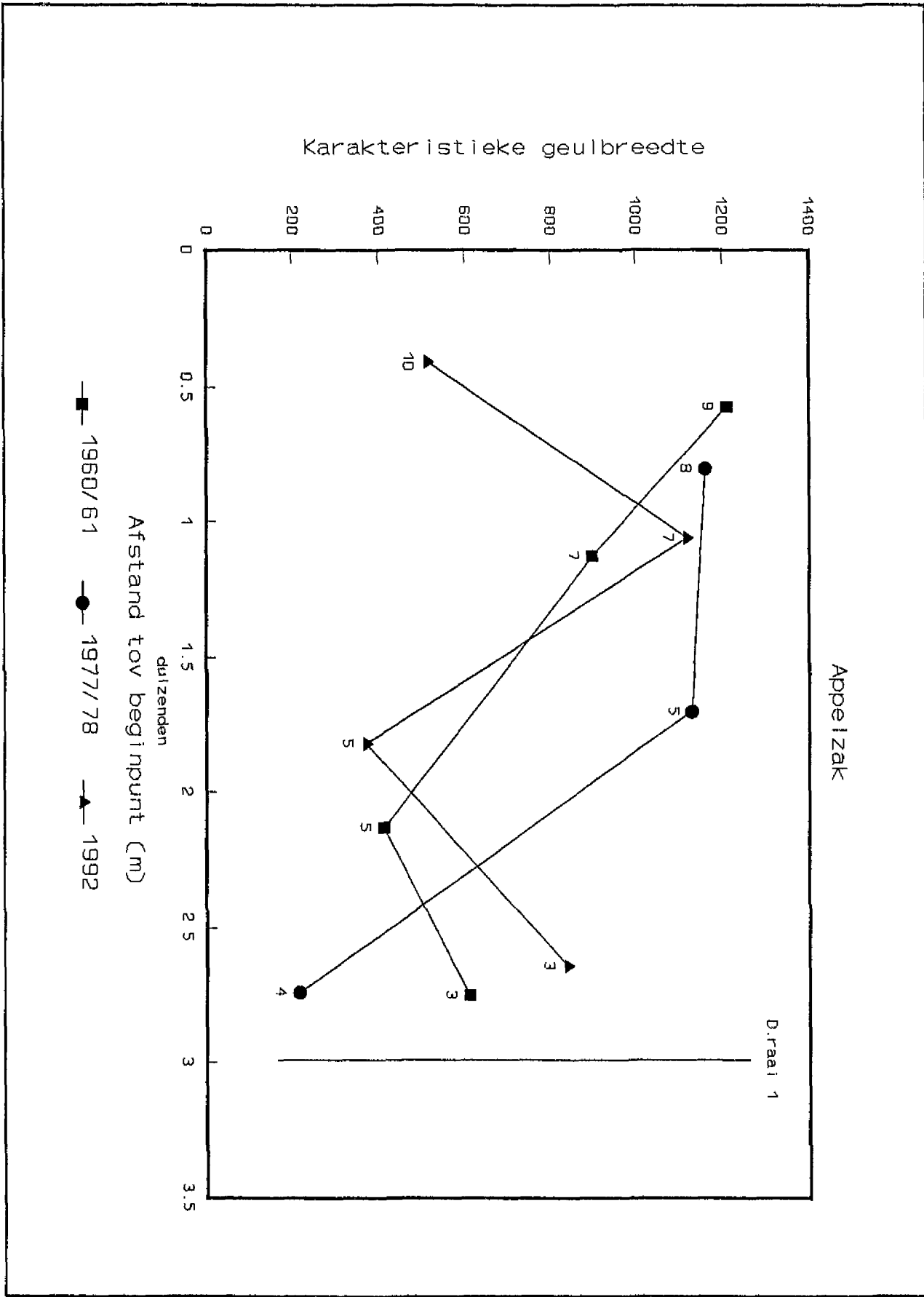
projekt : 940

figuur : 5.6a

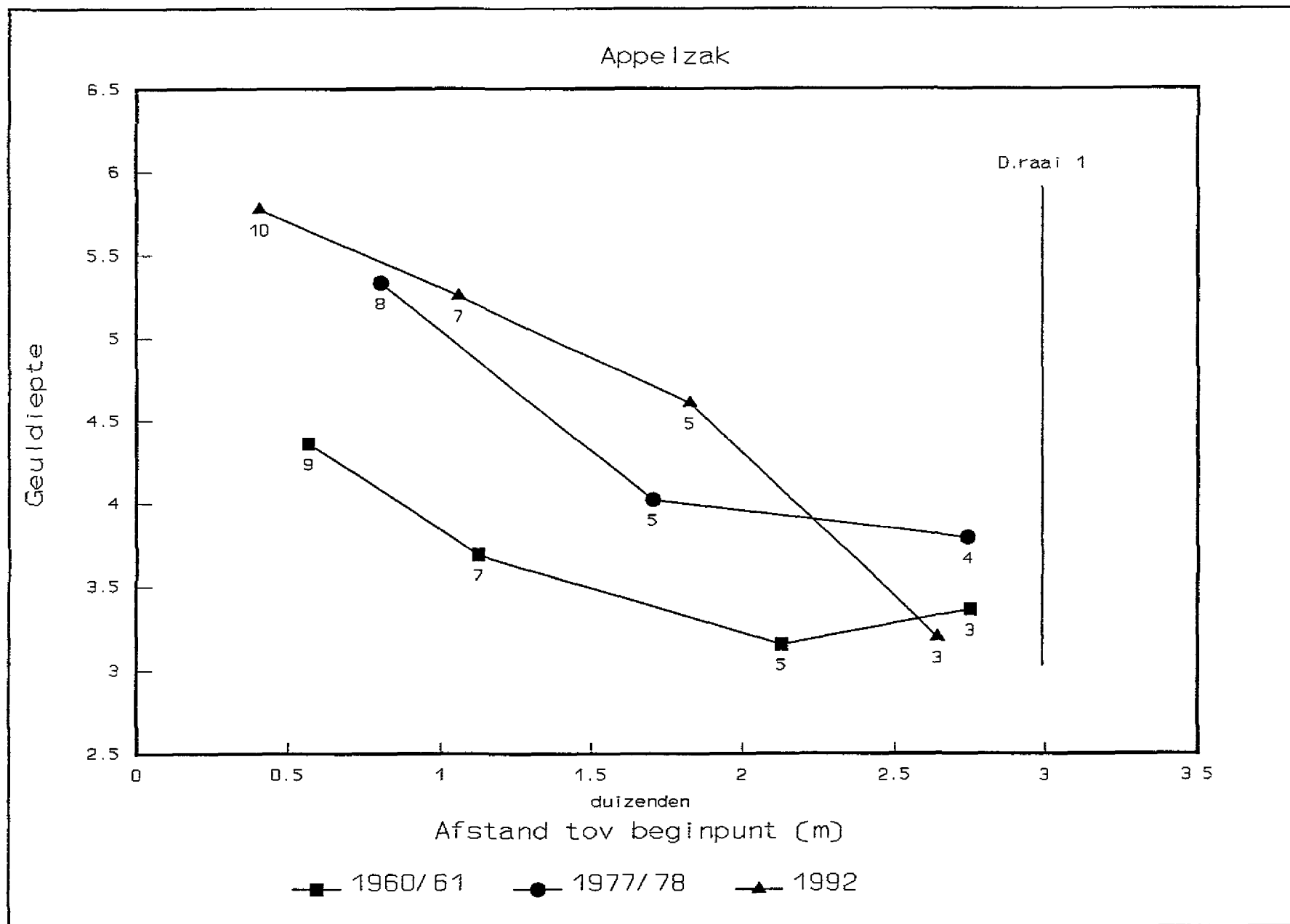
INGENIEURSBUREAU ST VASSEK B.V.	
Appelzak Stroomvoerende geuloppervlak (m ²)	datum : januari 1994 projekt : 940 figuur : 5.6b

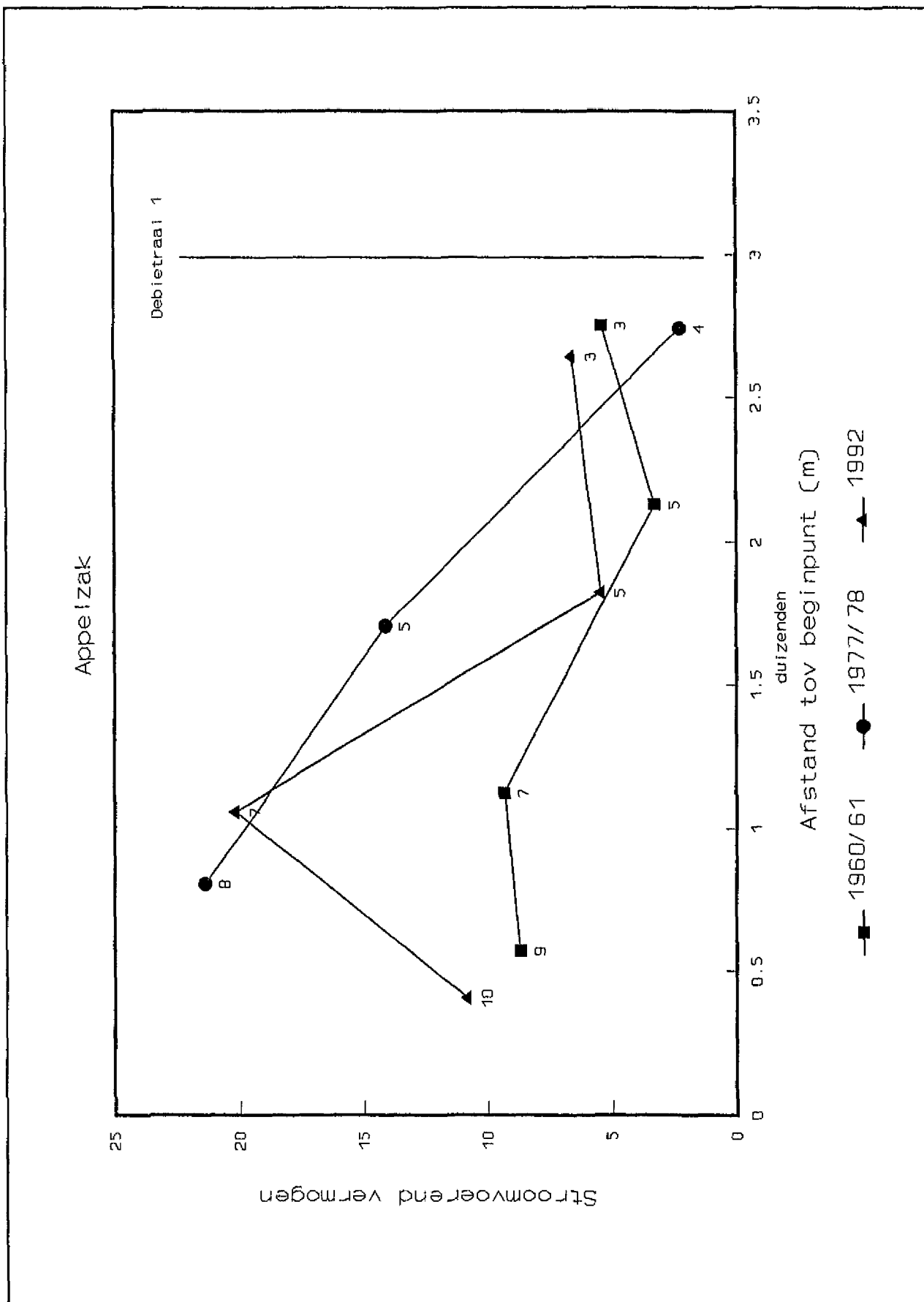


INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.		Appelzak
Karakteristieke geulbreedte (m)		projekt : 940
datum : januari 1994		figuur : 5.6c

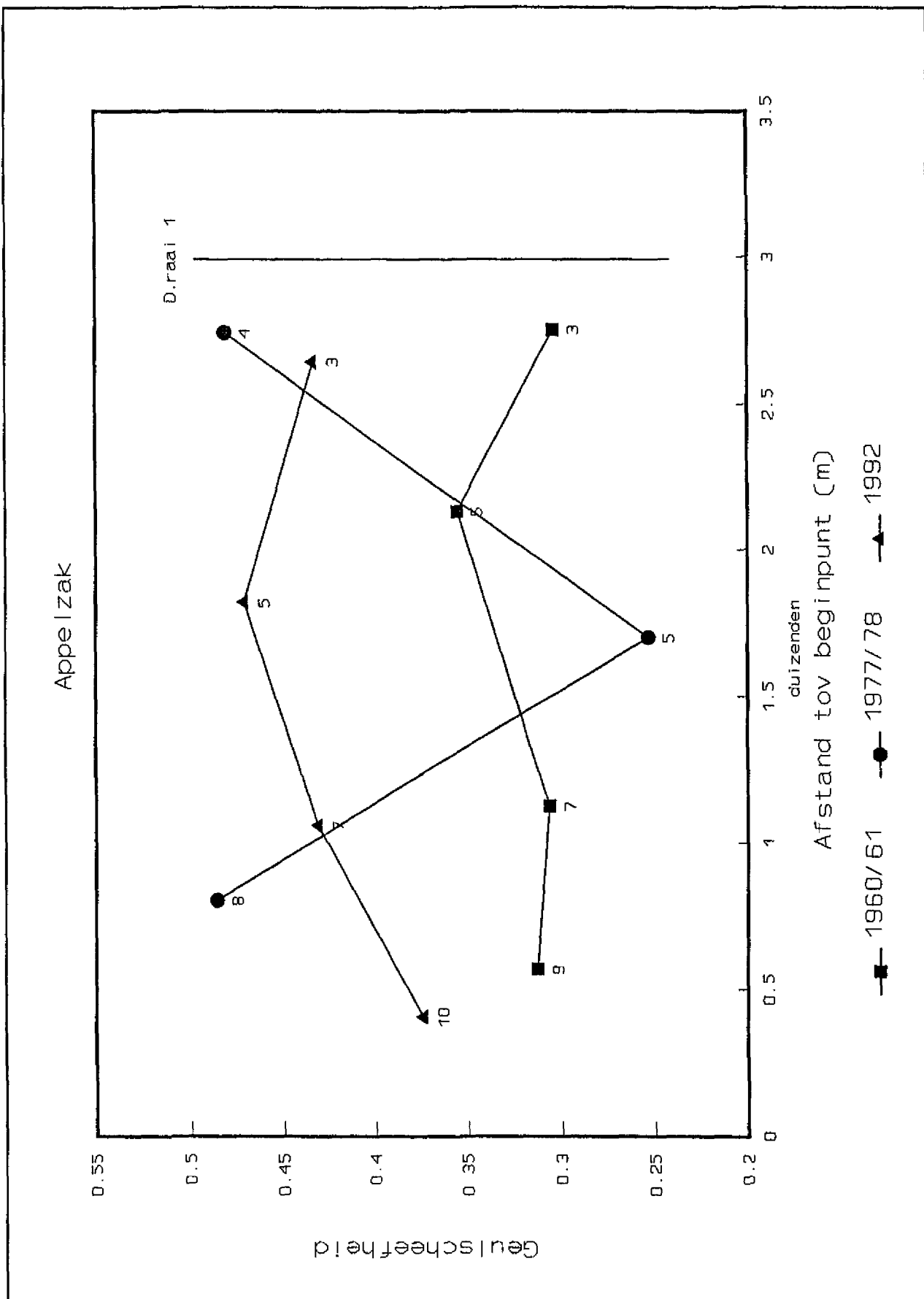


Appelzak Karakteristieke geuldiepte (m)		ingenieursbureau / Svasek B.V.
datum : januari 1994	projekt : 940	
figuur : 5.6d		



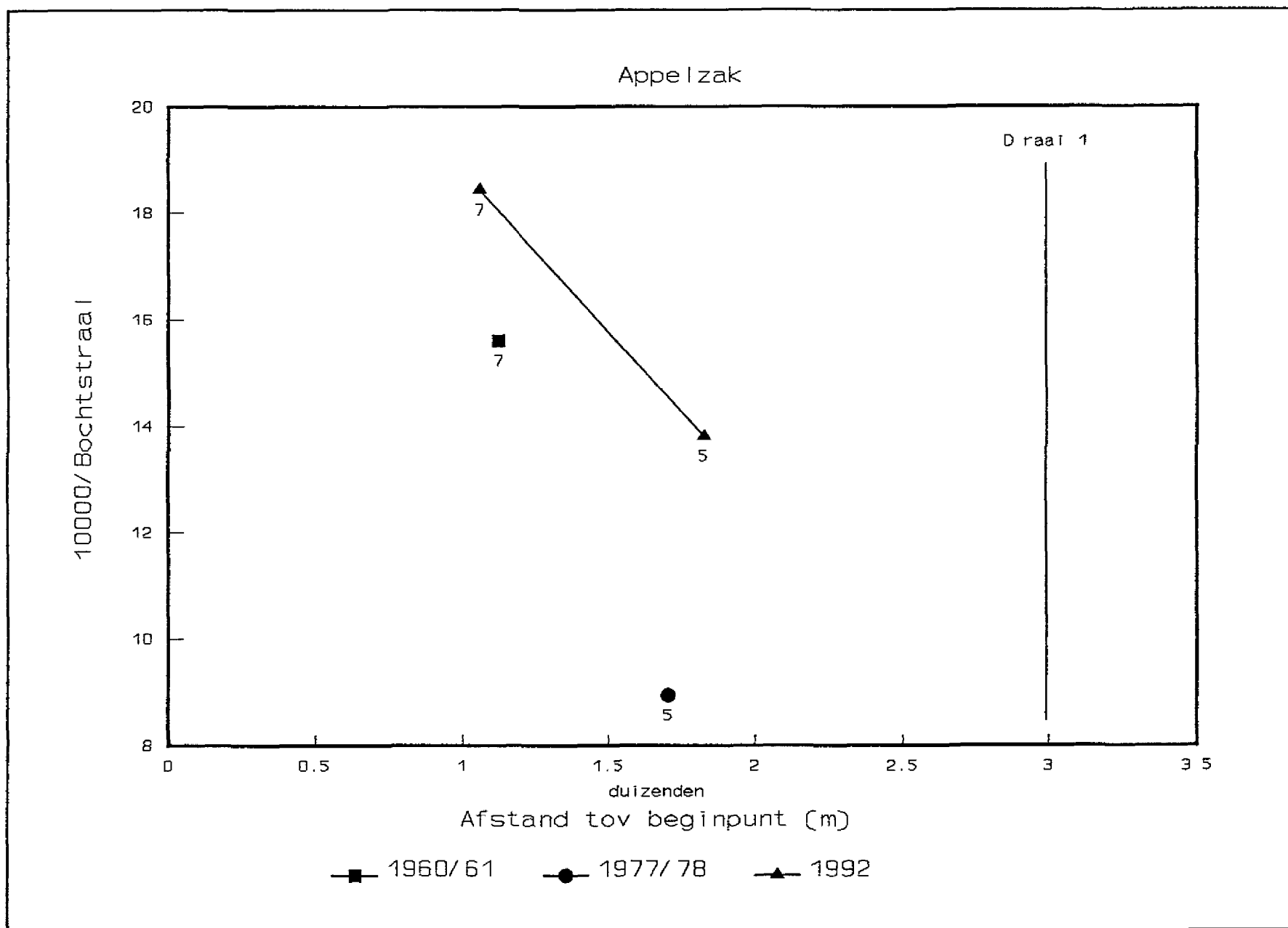


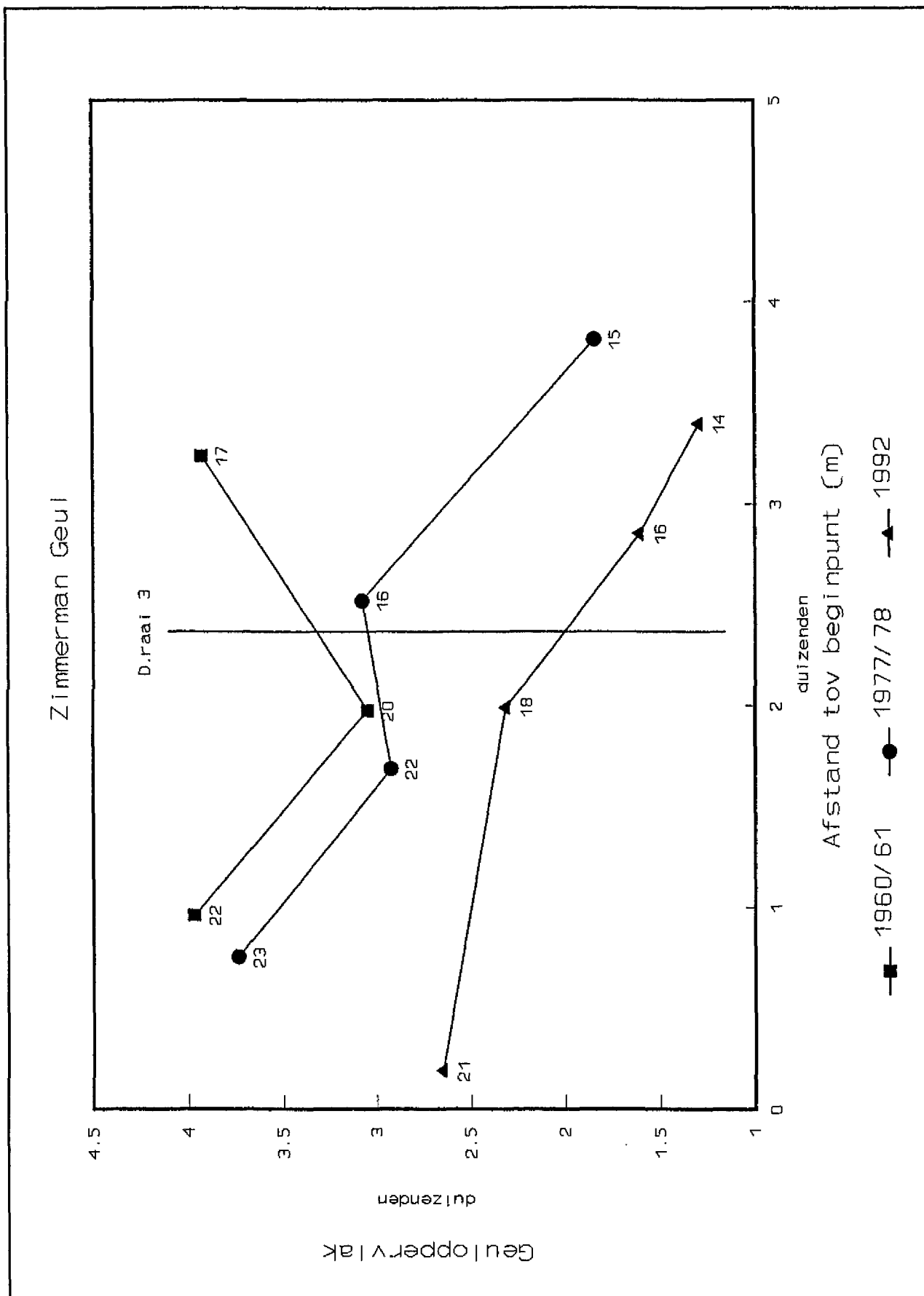
Appelzak Stroomvoerend vermogen (m ^{8/3})	INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.6e



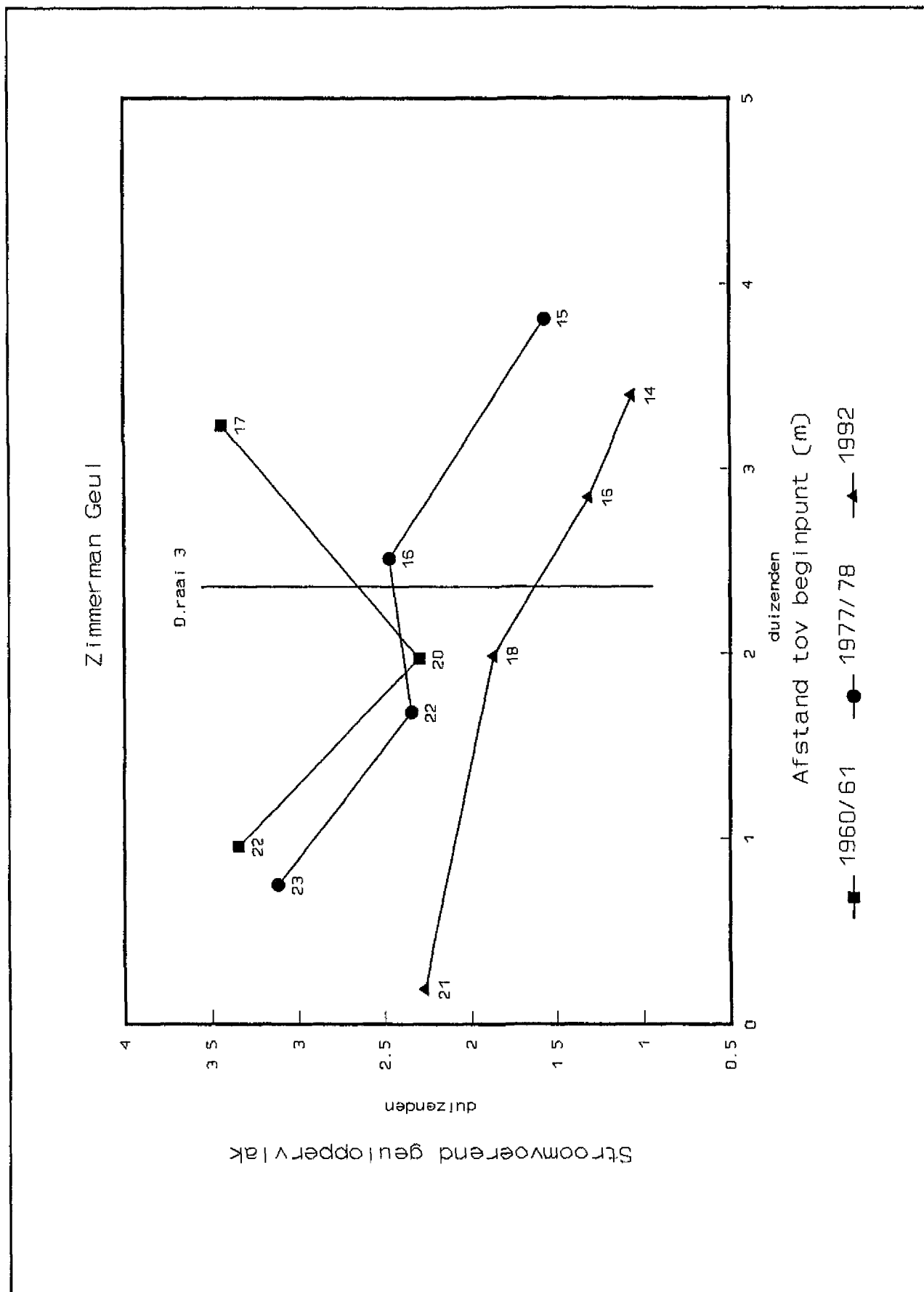
Appelzak Geulscheefheid	INGENIEURSBUREAU / SVASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.6f

INGENIEURSBUREAU Svasek B.V. Appelzak 10000/Bochtstraal (1/m)		datum : januari 1994 projekt : 940 figuur : 5.6g
--	--	--



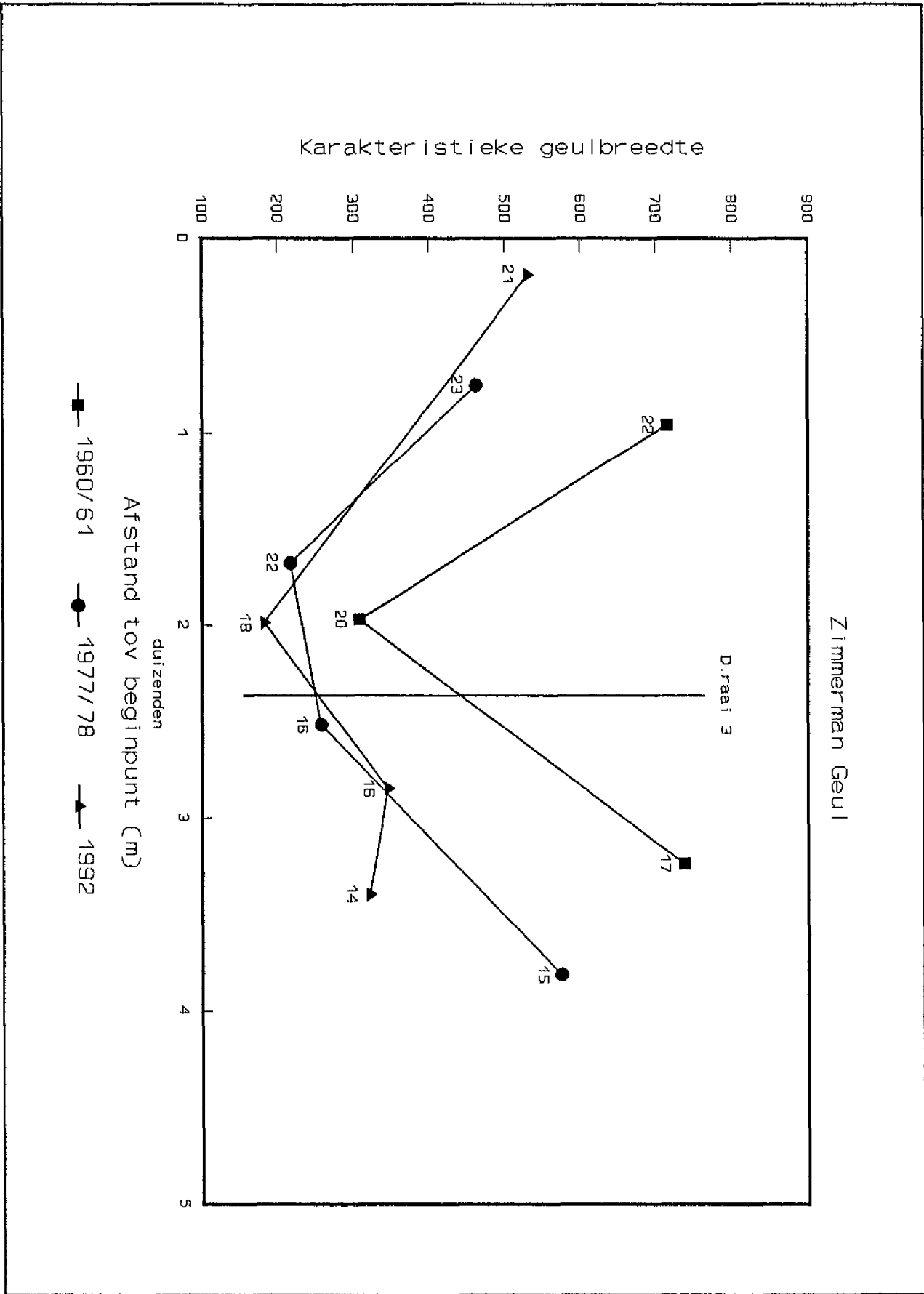


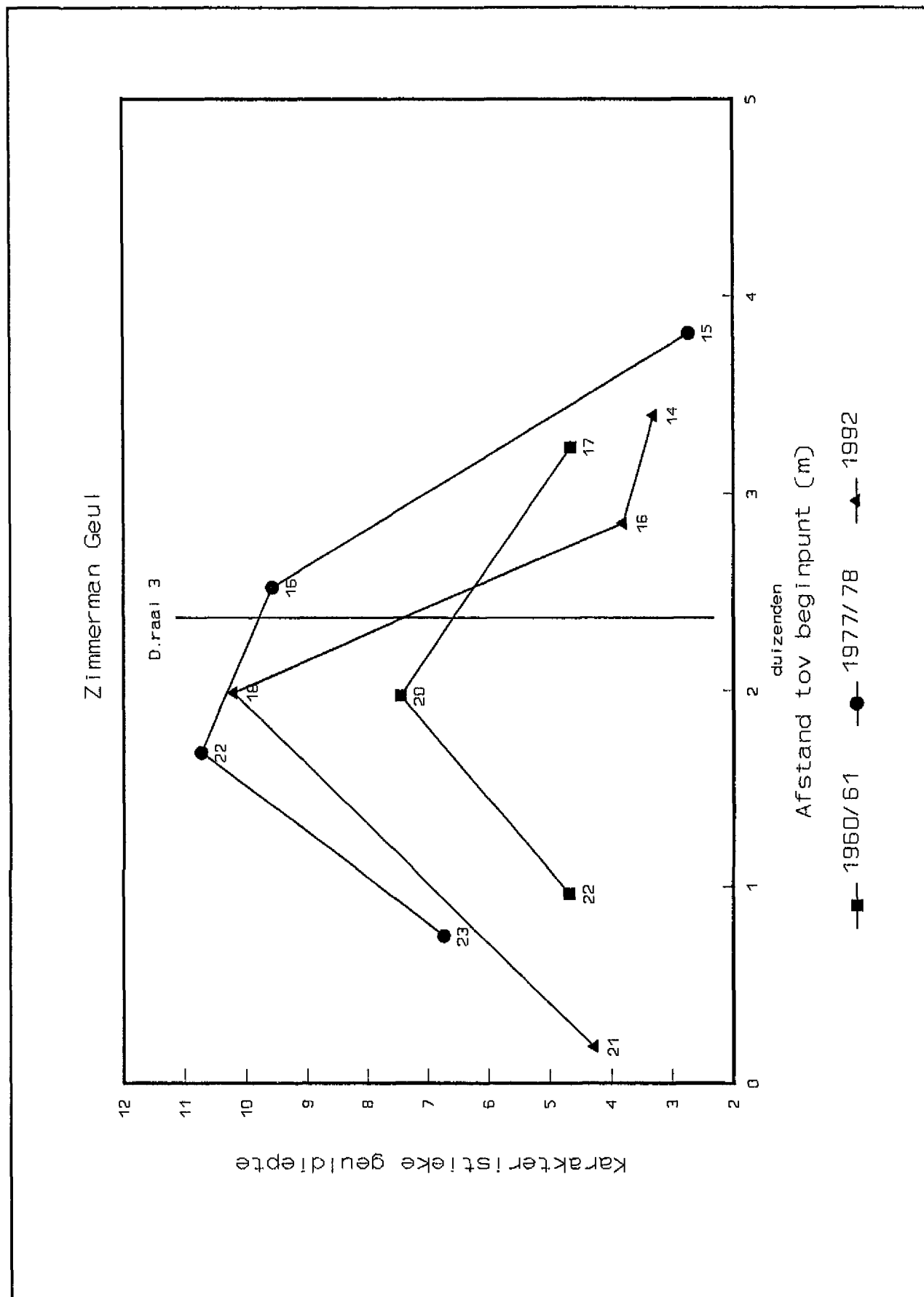
INGENIEURSBUREAU / SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Zimmerman Geul Geuloppervlak onder NAP (m ²)	projekt : 940 figuur : 5.7a



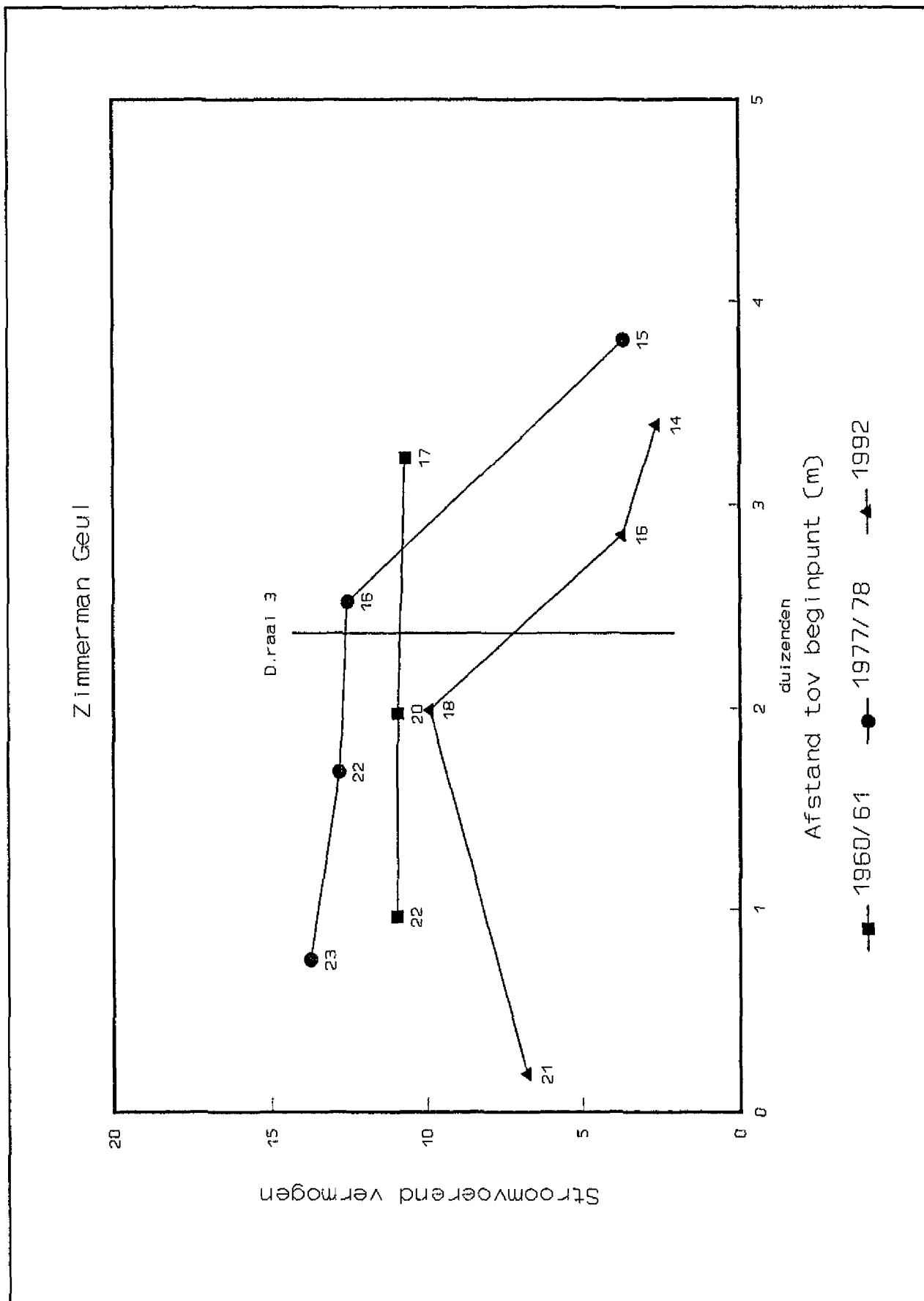
INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Zimmerman Geul Stroomvoerend geuloppervlak (m ²)	projekt : 940
	figuur : 5.7b

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.		Zimmerman Geul
Karakteristieke geulbreedte (m)		projekt : 940
datum : januari 1994		figuur : 5.7c



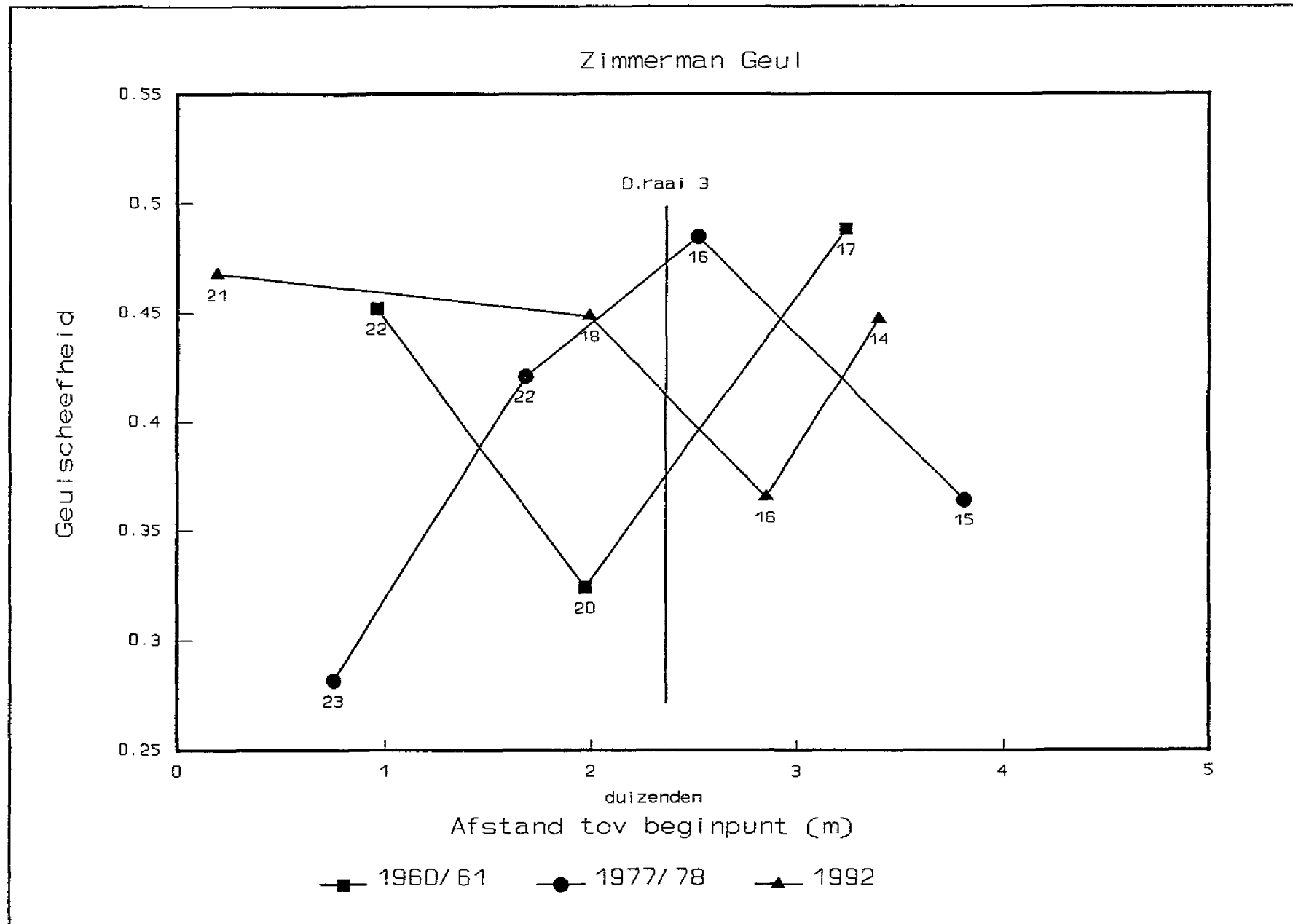


INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Zimmerman Geul Karakteristieke gouldiepte (m)	projekt : 940
	figuur : 5.7d

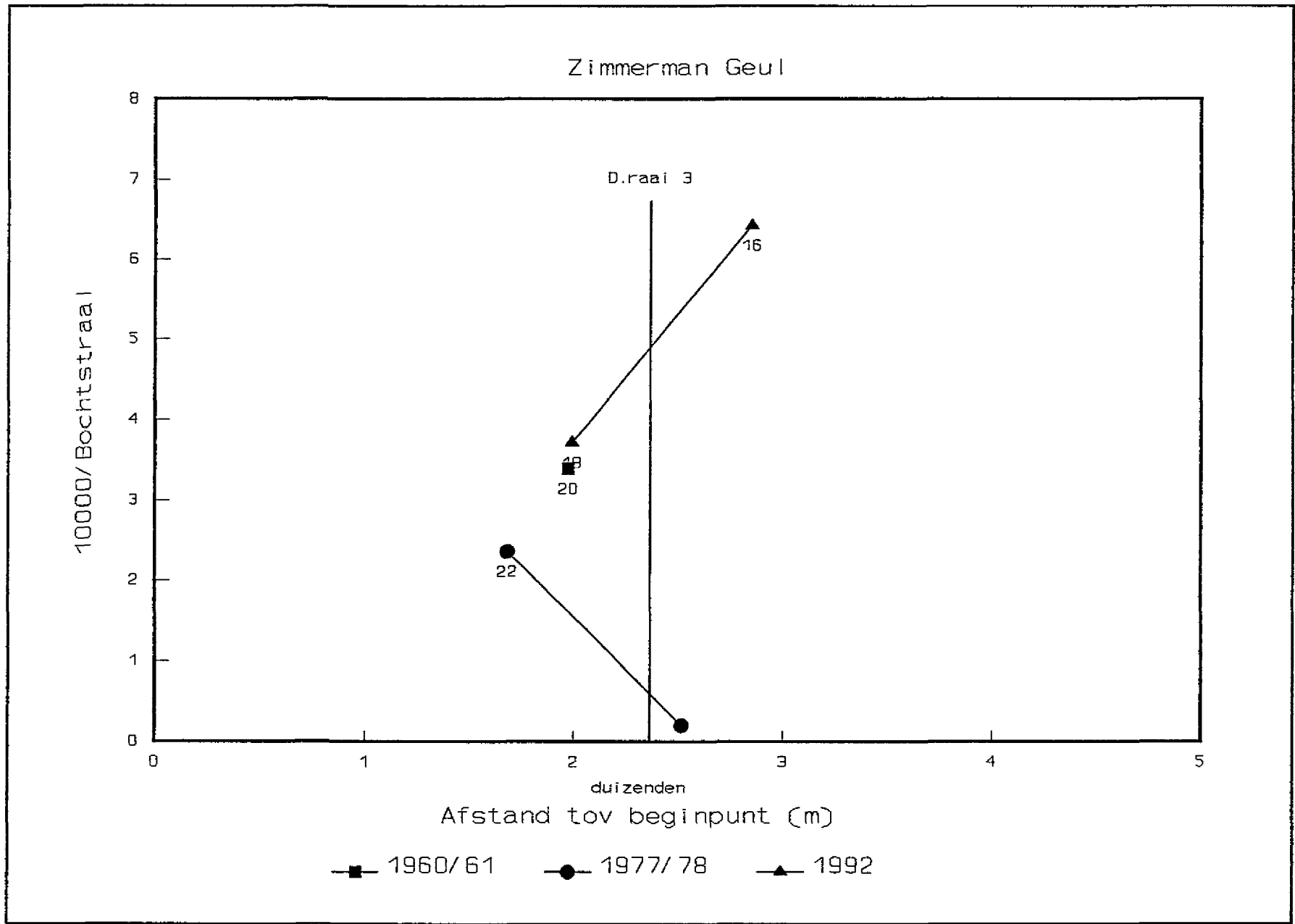


Zimmerman Geul Stroomvoerend vermogen (m ^{8/3})	INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.7e

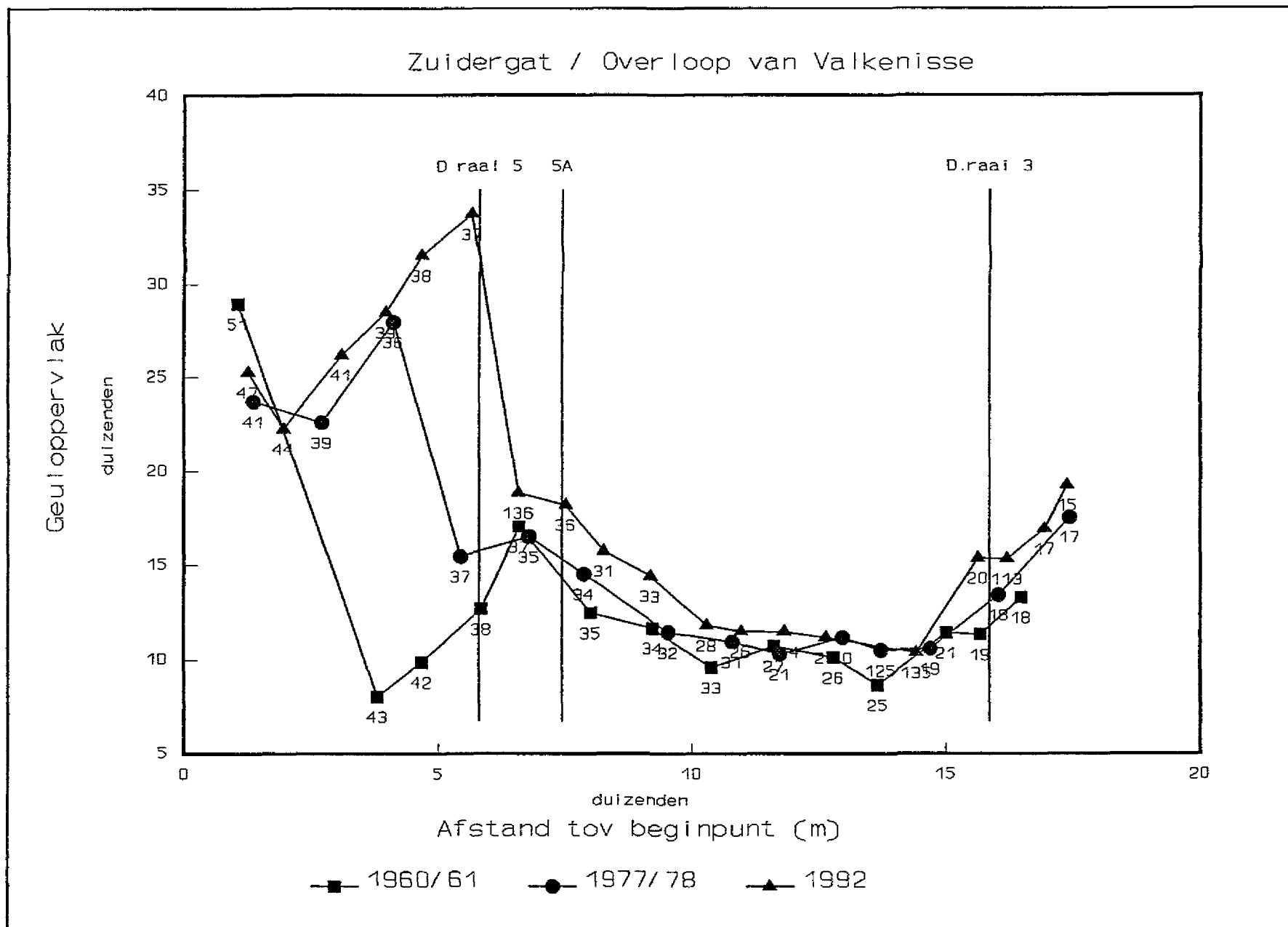
INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	
Zimmerman Geul	datum : januari 1994
Geulscheefheid	projekt : 940
	figuur : 5.7f



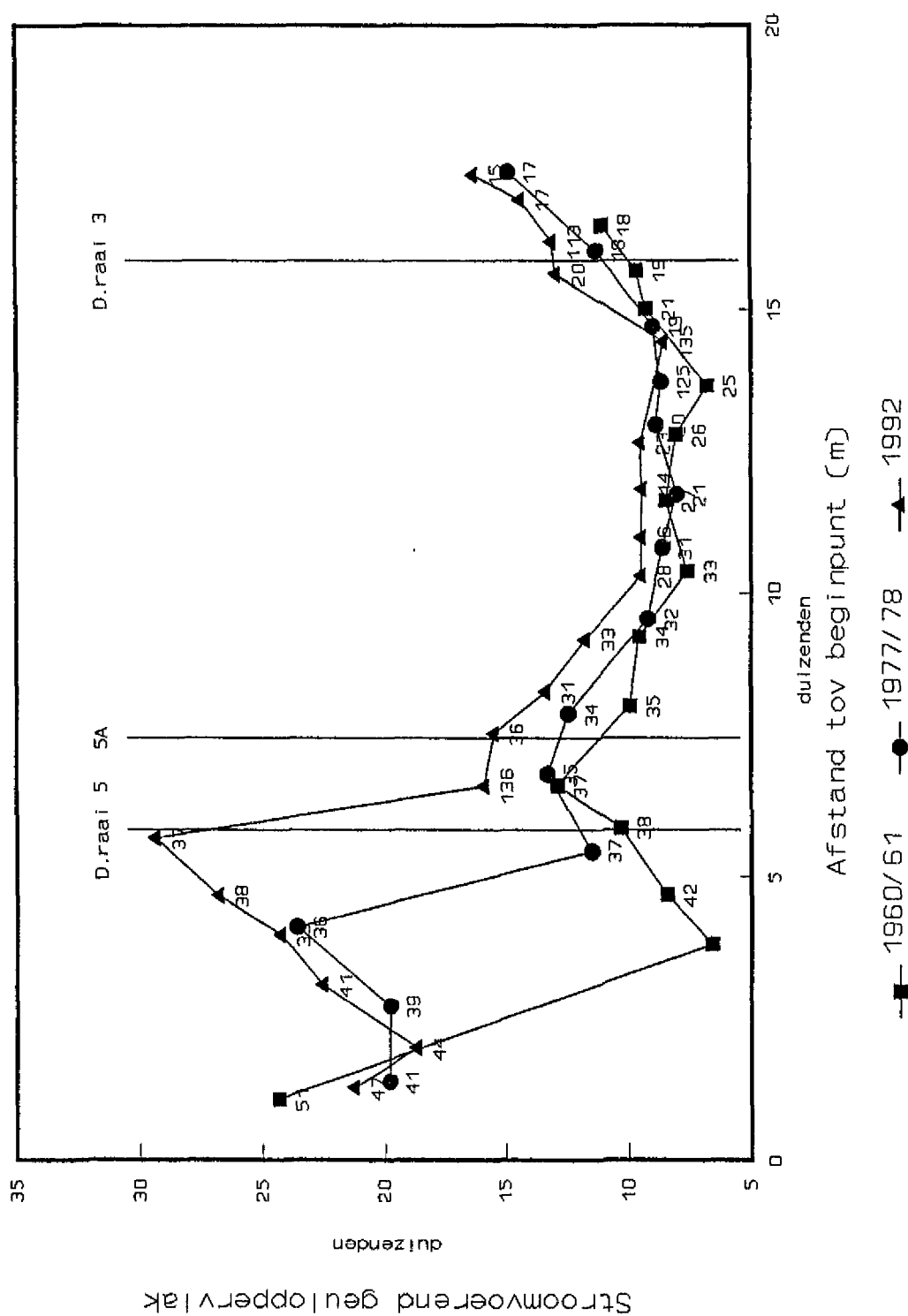
INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Zimmerman Geul 10000/Bochtstraat (1/m)	
datum : januari 1994 projekt : 940 figuur : 5.7g	



INGENIEURSBUREAU S VASEK B.V.	
Zuidergat / Overloop van Valkenisse	datum : januari 1994
Geuloppervlak onder NAP (m ²)	projekt : 940
	figuur : 5.8a



Zuidergat / Overloop van Valkenisse



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

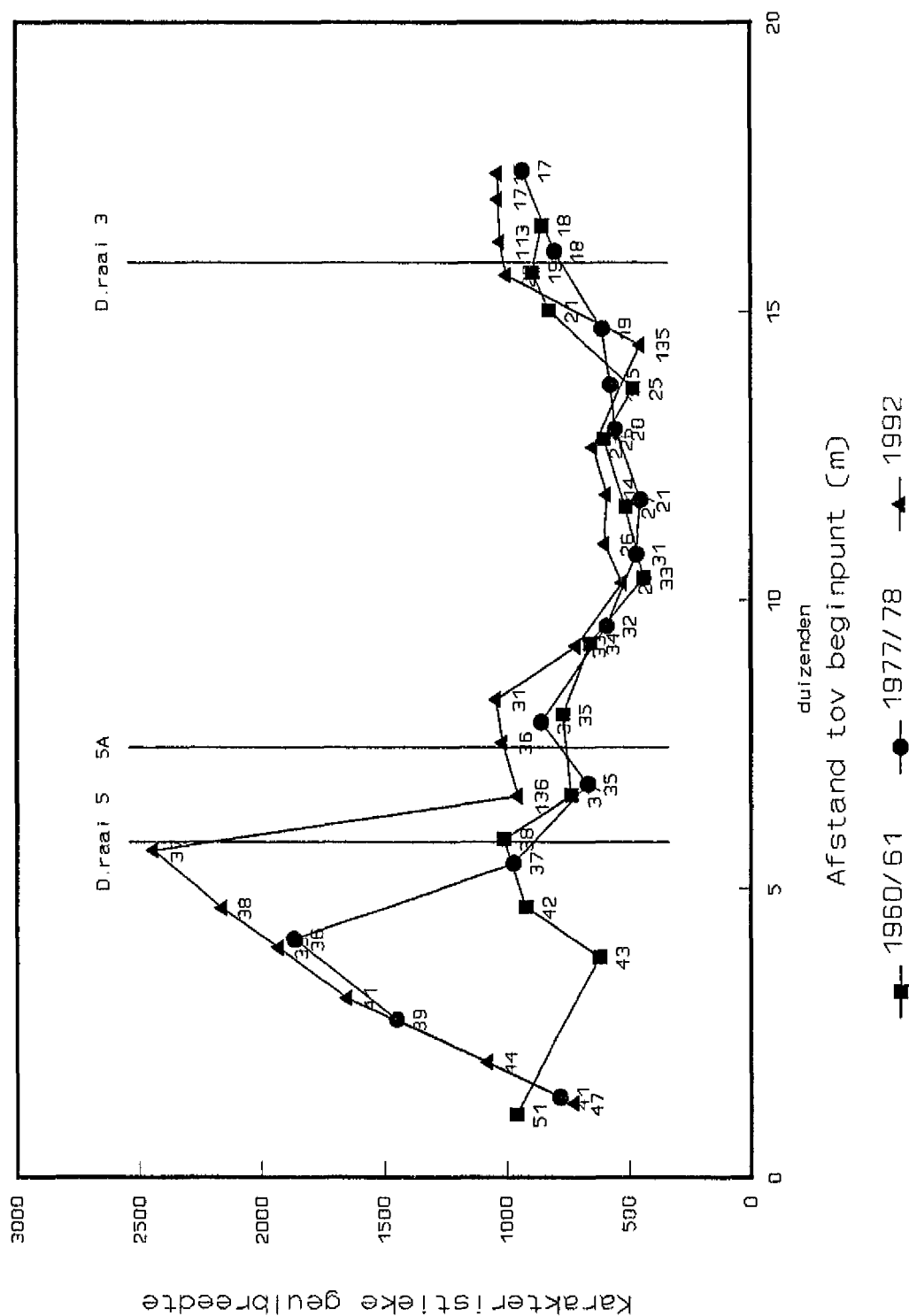
Zuidergat / Overloop van Valkenisse
Stroomvoerend geuloppervlak (m²)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.8b

Zuidergat / Overloop van Valkenisse



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

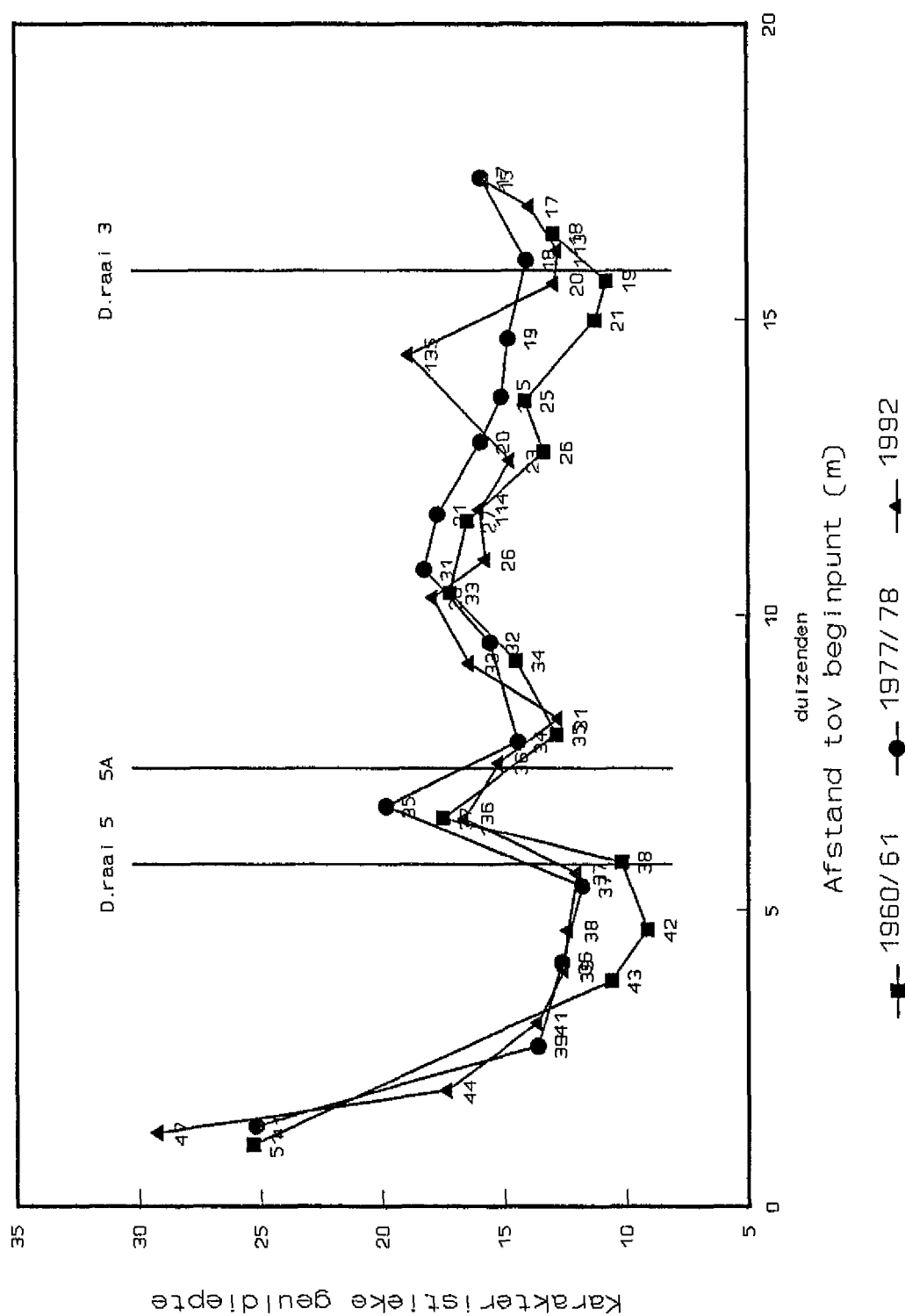
Zuidergat / Overloop van Valkenisse
 Karakteristieke geulbreedte (m)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.8c

Zuidergat / Overloop van Valkenisse



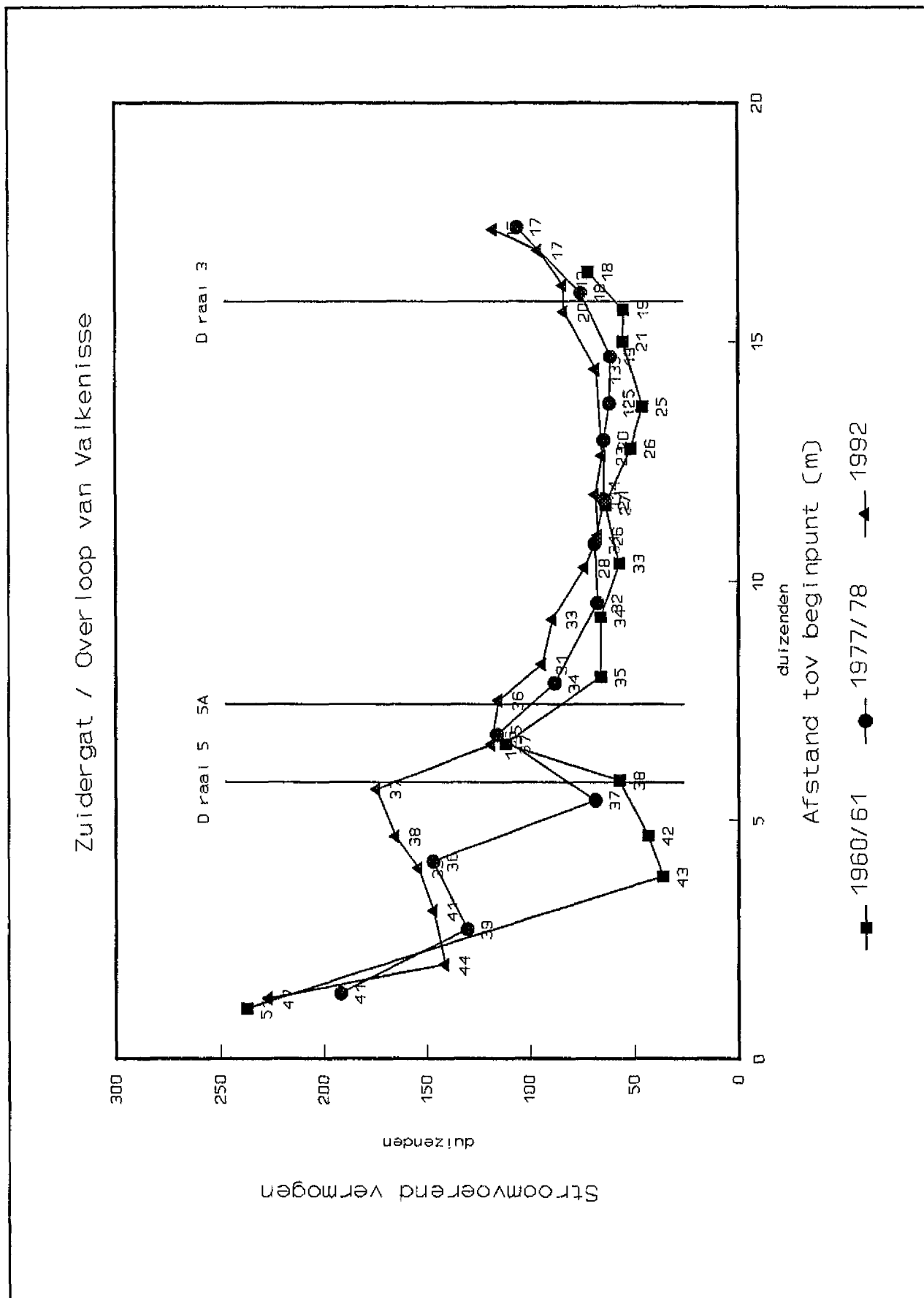
INGENIEURSBUREAU / SVASEK R.V.

Zuidergat / Overloop van Valkenisse
Karakteristieke guldiepte (m)

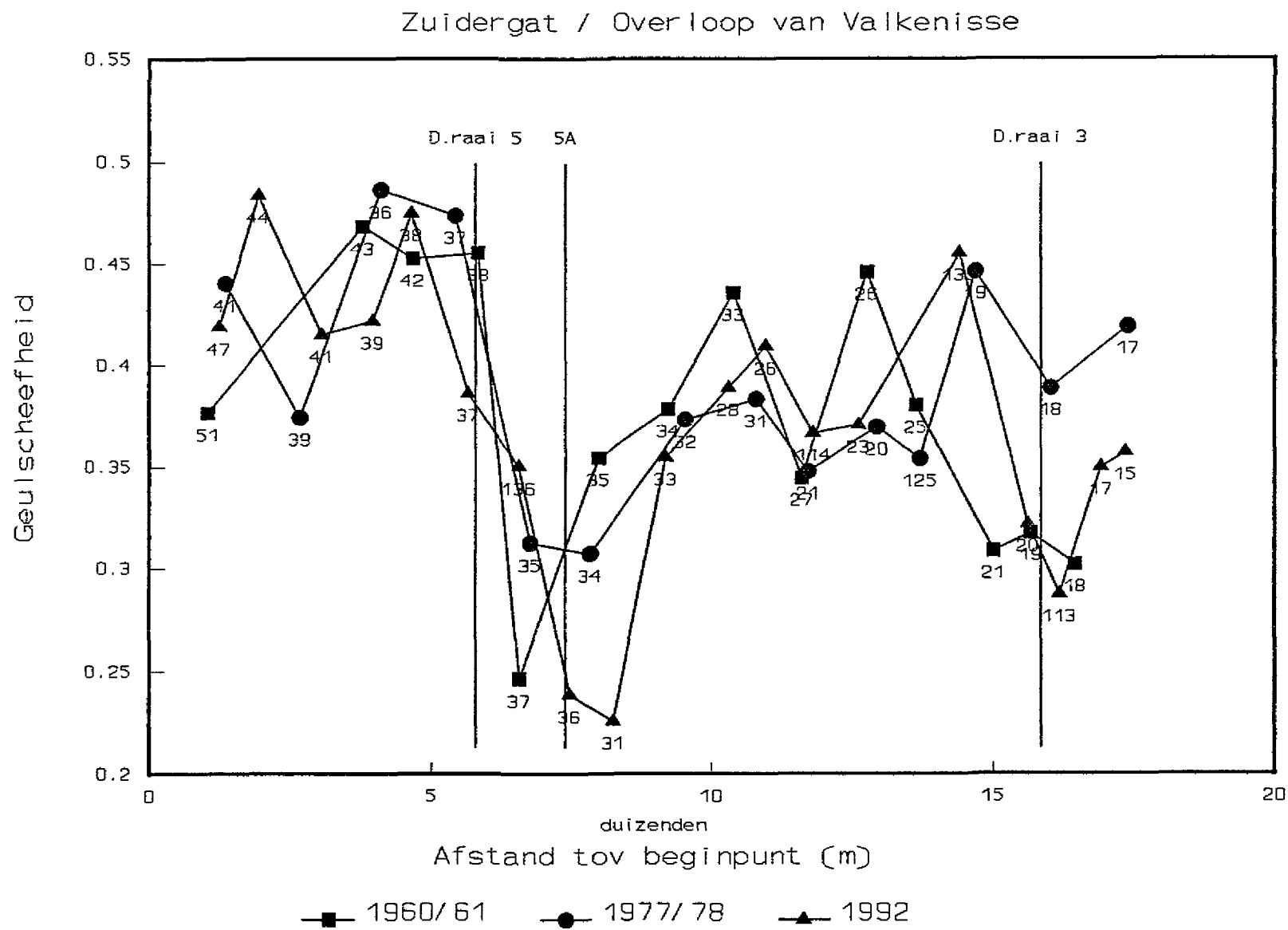
datum : januari 1994

projekt : 940

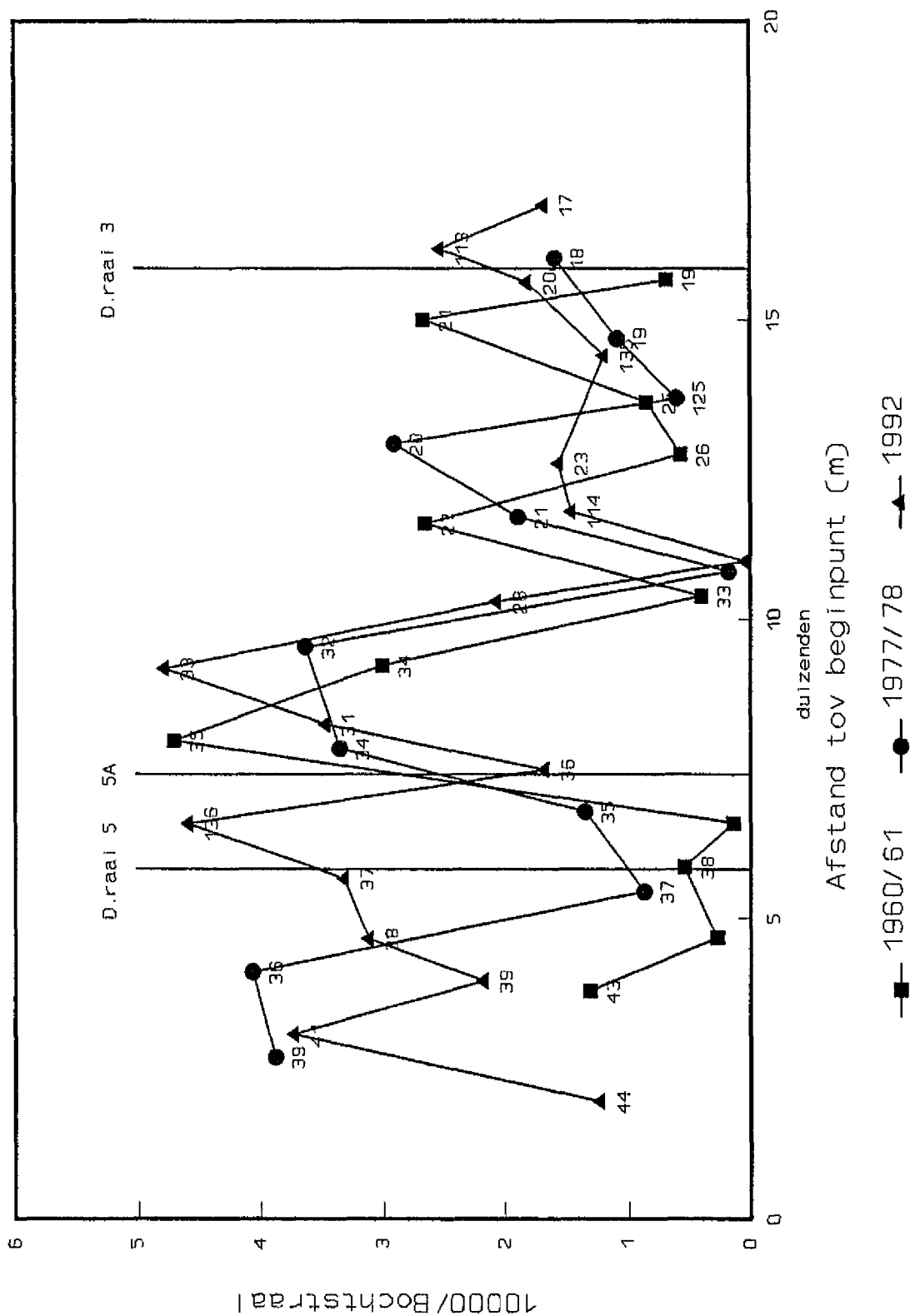
figuur : 5.8d



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Zuidergat / Overloop van Valkenisse Stroomvoerend vermogen (m ^{8/3})	datum : januari 1994
	projekt : 940
	figuur : 5.8e



Zuidergat / Overloop van Valkenisse



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

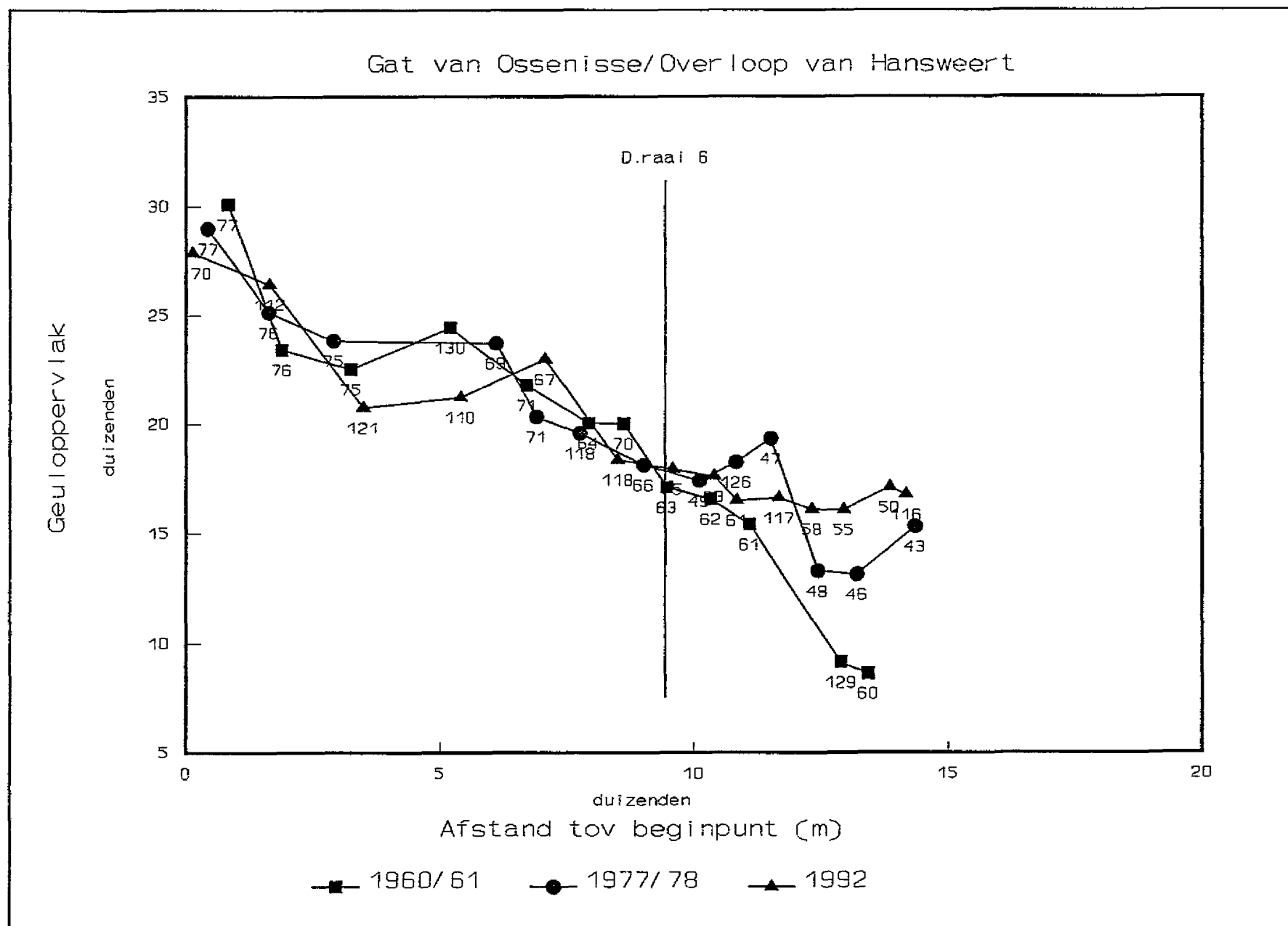
Zuidergat / Overloop van Valkenisse
10000/Bochtstraal (1/m)

datum : januari 1994

projekt : 940

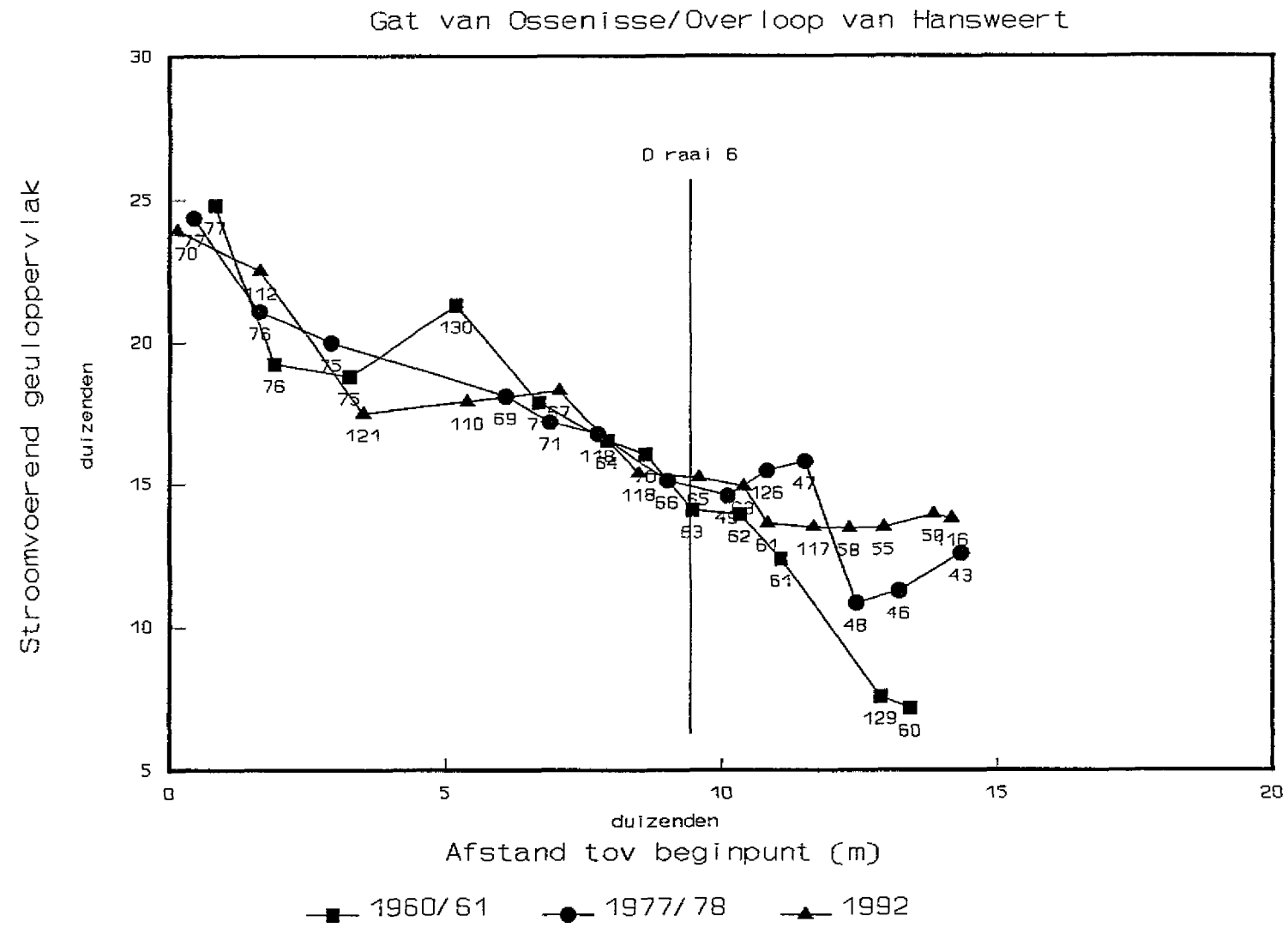
figuur : 5.8g

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	
Gat van Ossenissee / Overloop van Hansweert Geuloppervlak onder NAP (m ²)	
datum : januari 1994	projekt : 940
	figuur : 5.9a

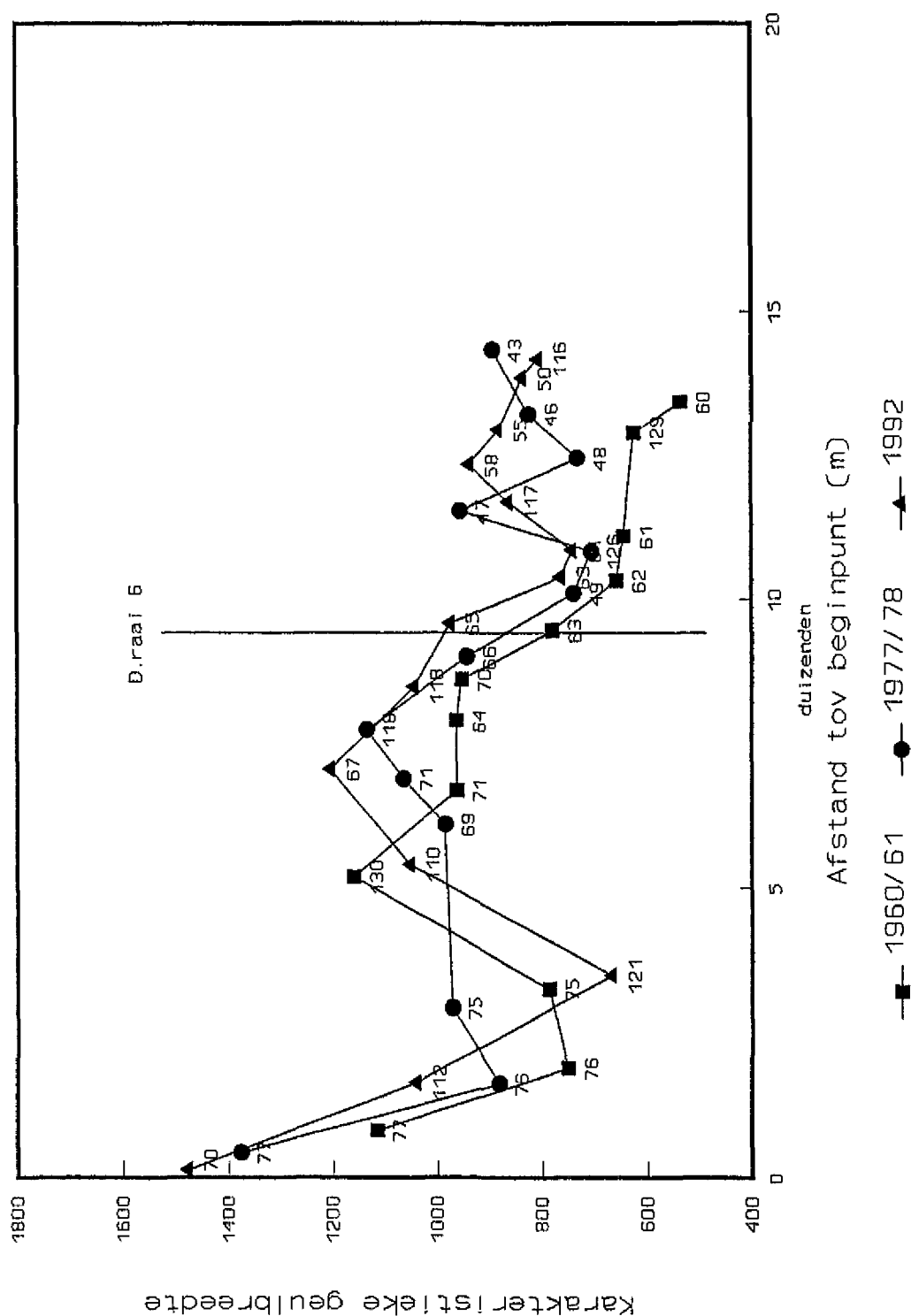


INGENIEURSBUREAU / **Svasek** B.V.
 Gat van Ossenissee / Overloop van Hansweert
 Stroomvoerend geuloppervlak (m²)

datum : januari 1994
 projekt : 940
 figur : 5.9b



Gat van Ossenissee/Overloop van Hansweert



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

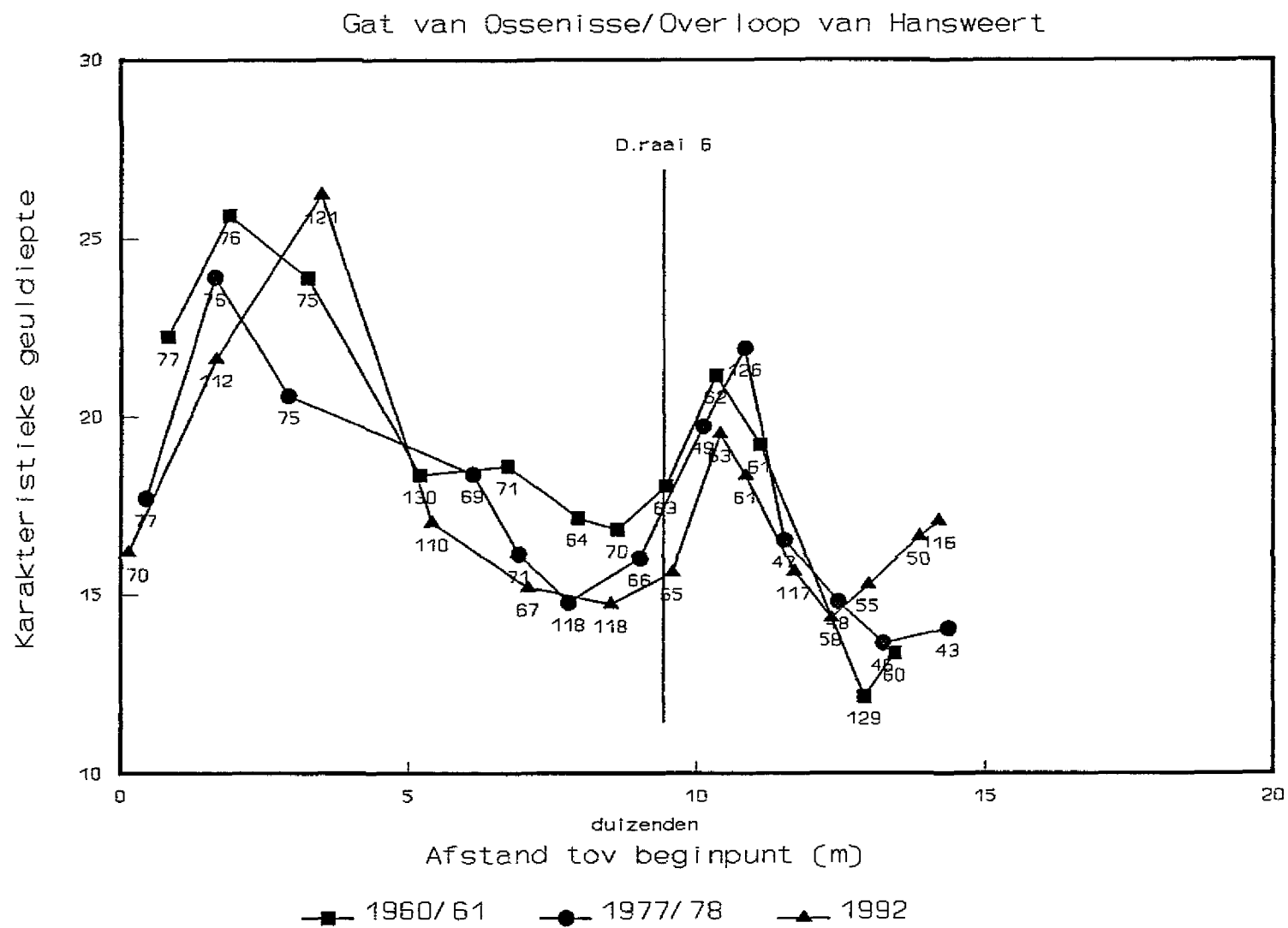
Gat van Ossenissee / Overloop van Hansweert
Karakteristieke geulbreedte (m)

datum : januari 1994

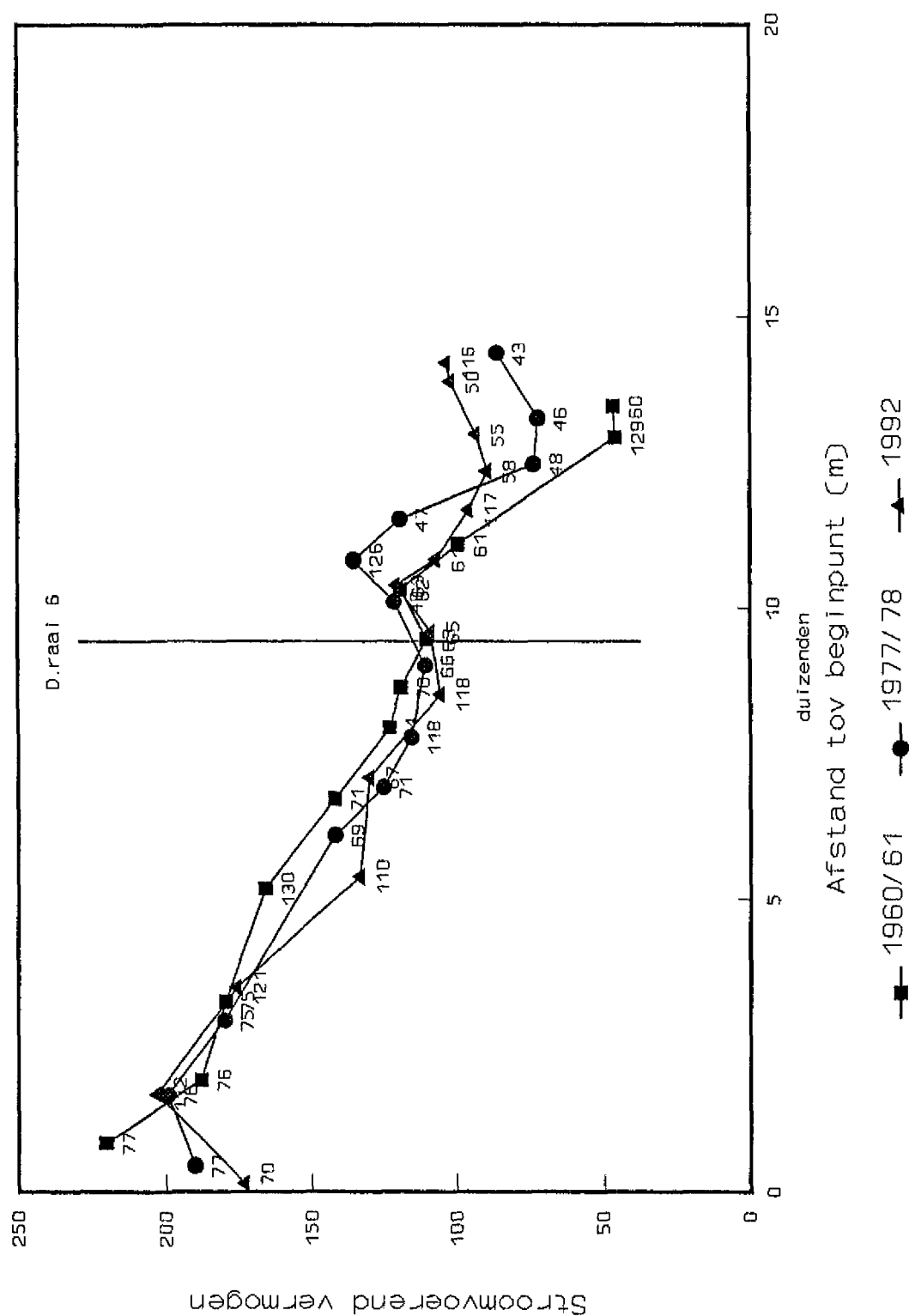
projekt : 940

figuur : 5.9c

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	
Gat van Ossenissee / Overloop van Hansweert	
Karakteristieke geuldiepte (m)	
datum : januari 1994	projekt : 940
	figuur : 5.9d



Gat van Ossenisse/Overloop van Hansweert



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

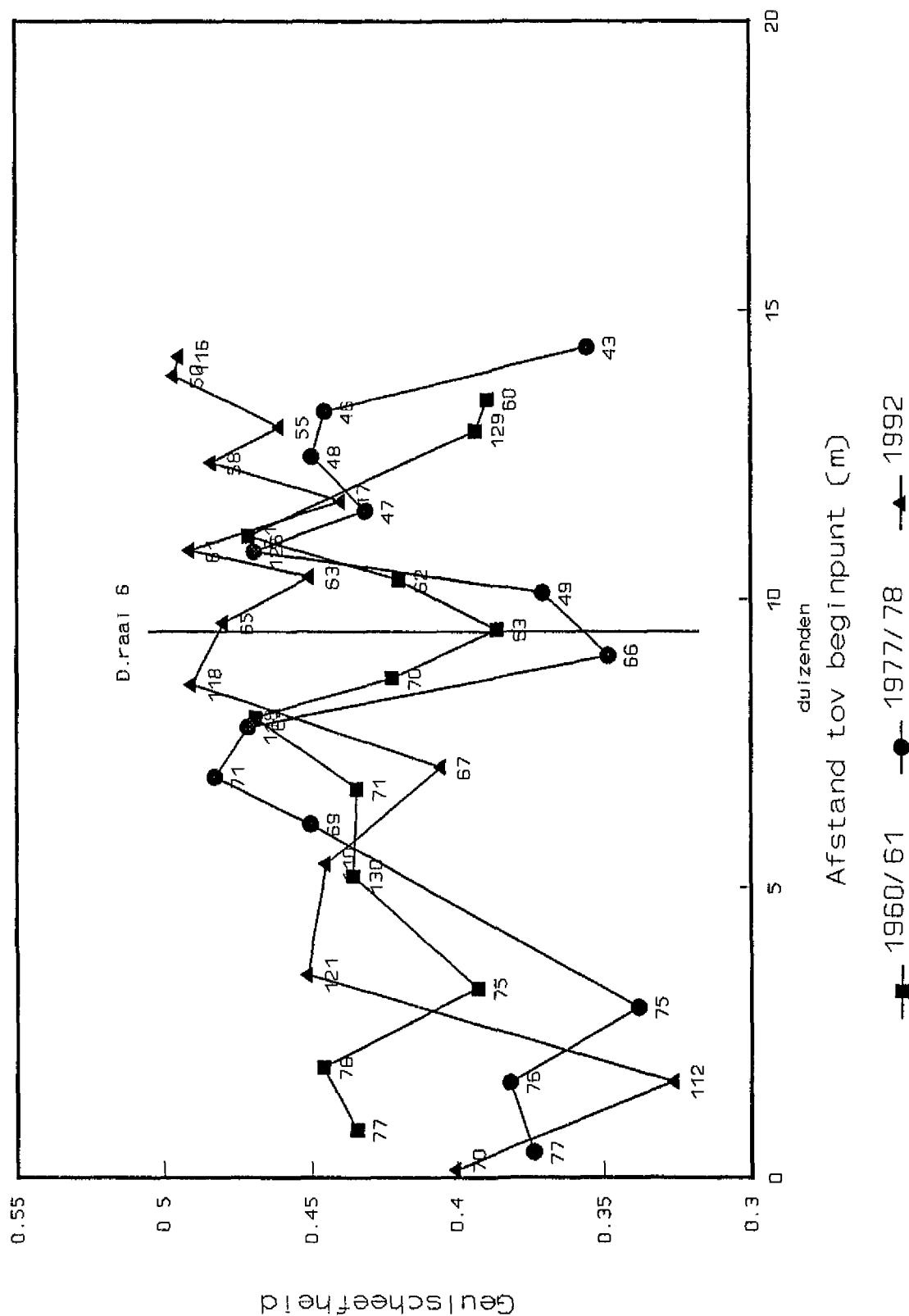
Gat van Ossenisse / Overloop van Hansweert
Stroomvoerend vermogen (m³/s)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.9e

Gat van Ossenissee/Overloop van Hansweert



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.

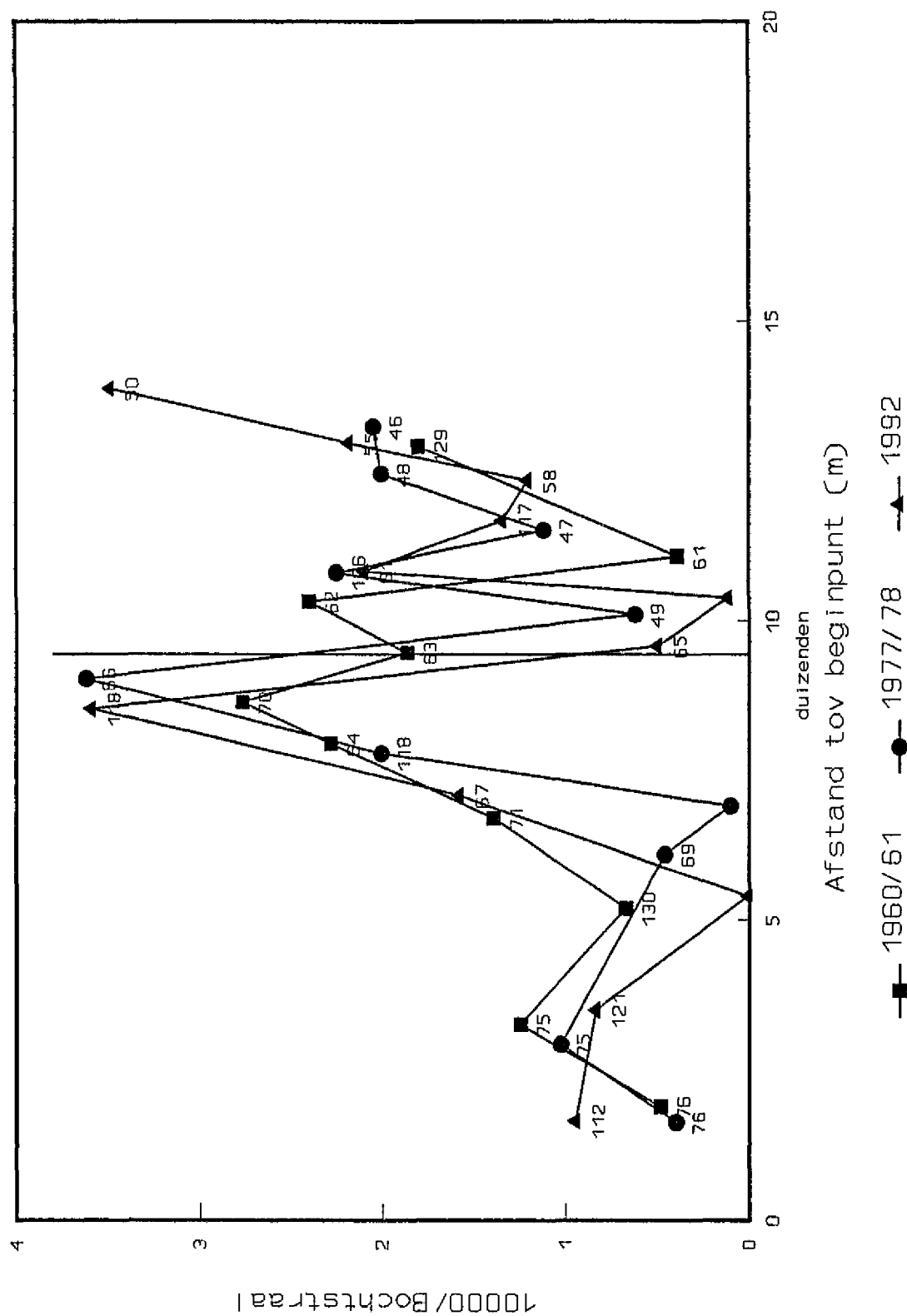
Gat van Ossenissee / Overloop van Hansweert
Geulscheefheid

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.9f

Gat van Ossenissee/Over loop van Hansweert



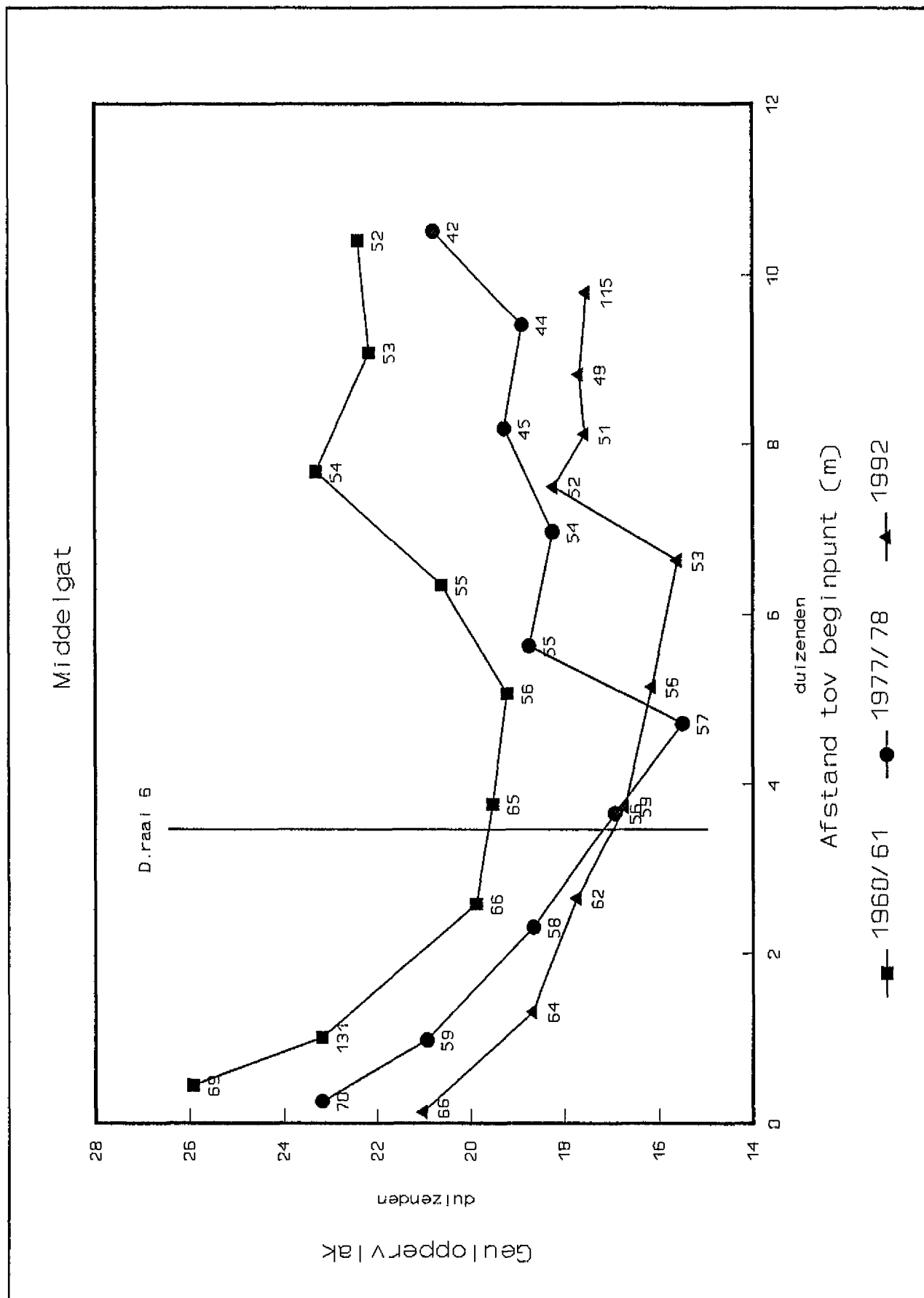
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Gat van Ossenissee / Overloop van Hansweert
10000/Bochtstraal (1/m)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.9g



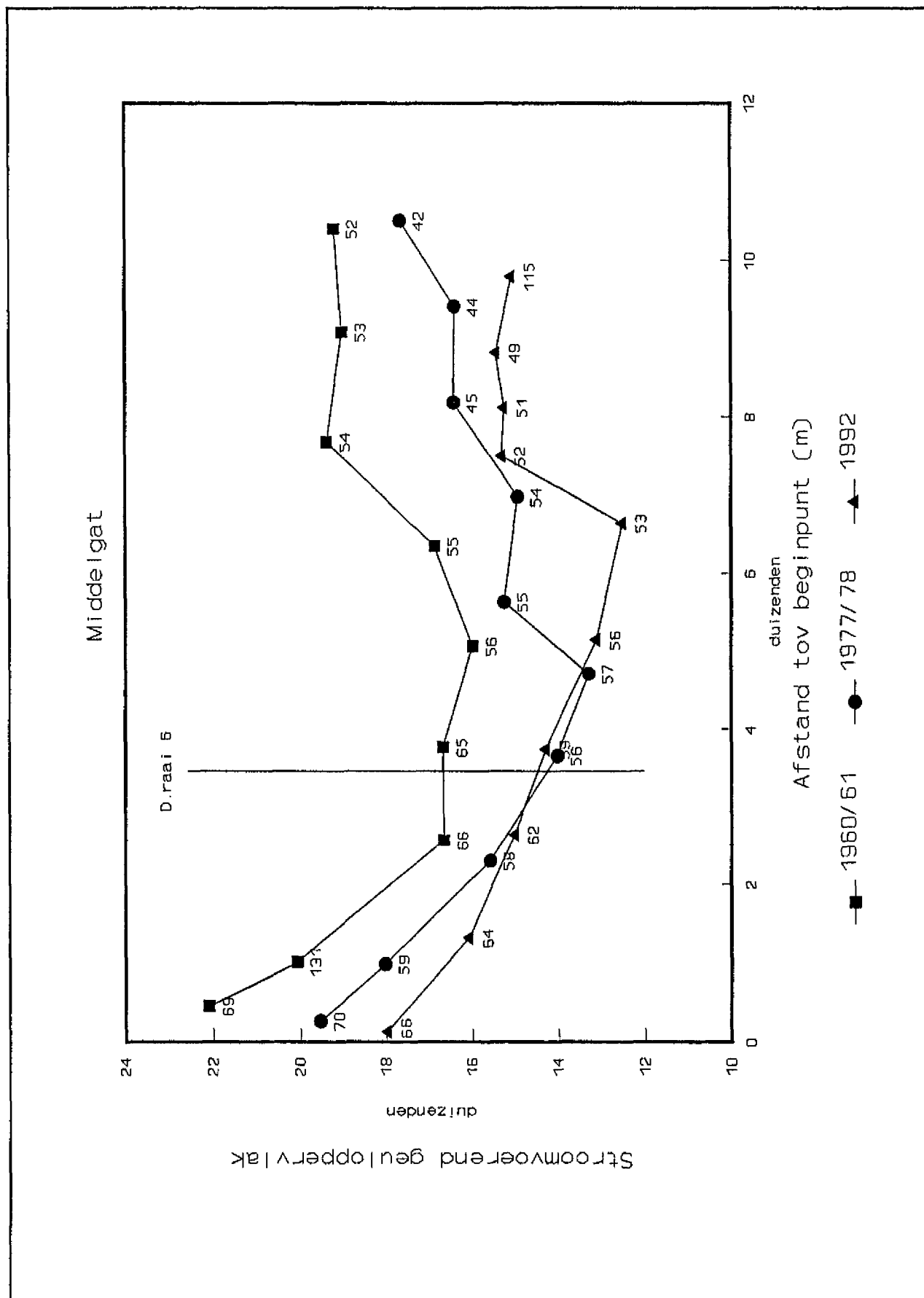
INGENIEURSBUREAU **Svasek** B.V.

Middelgat
Geuloppervlak onder NAP (m²)

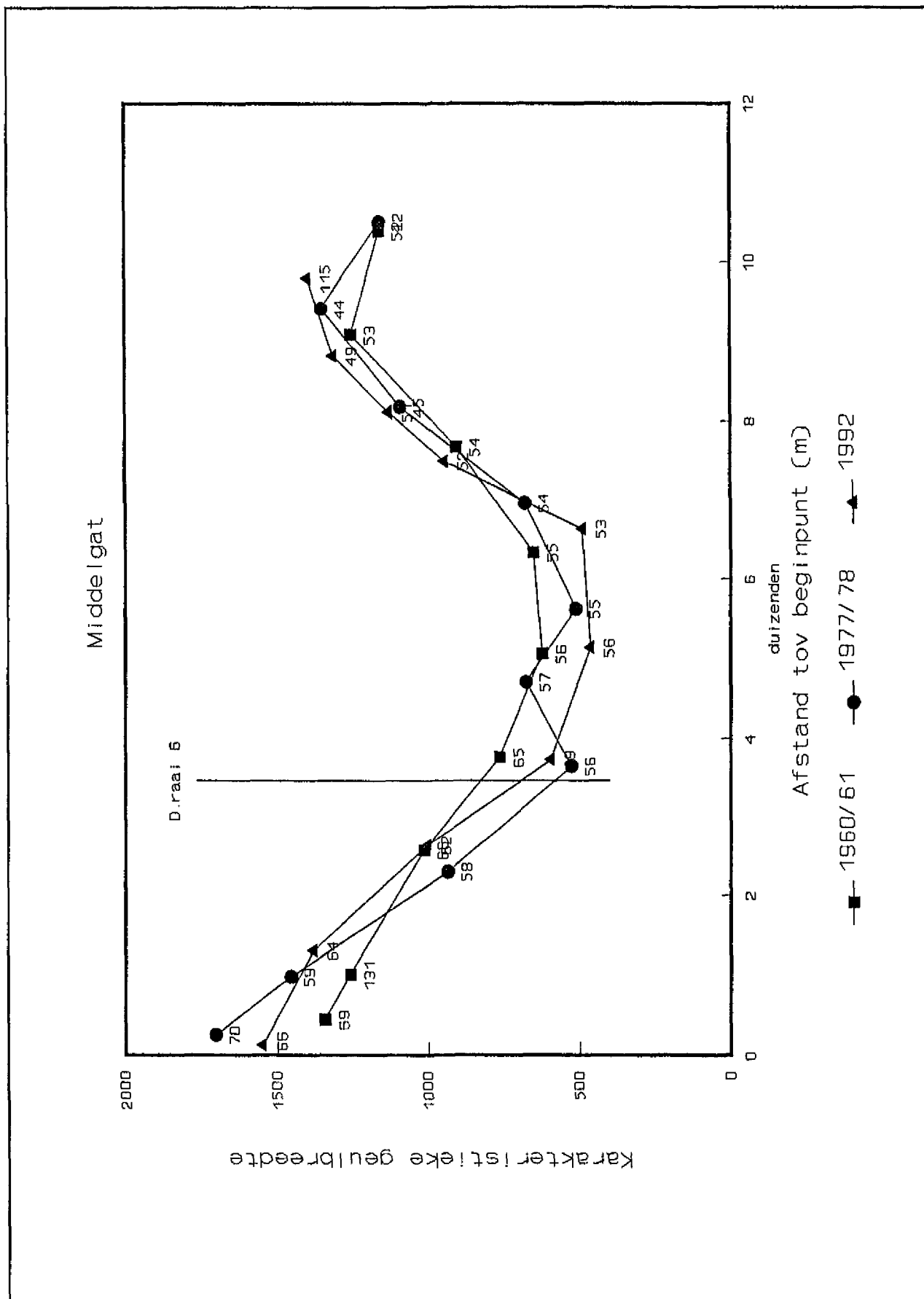
datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.10a

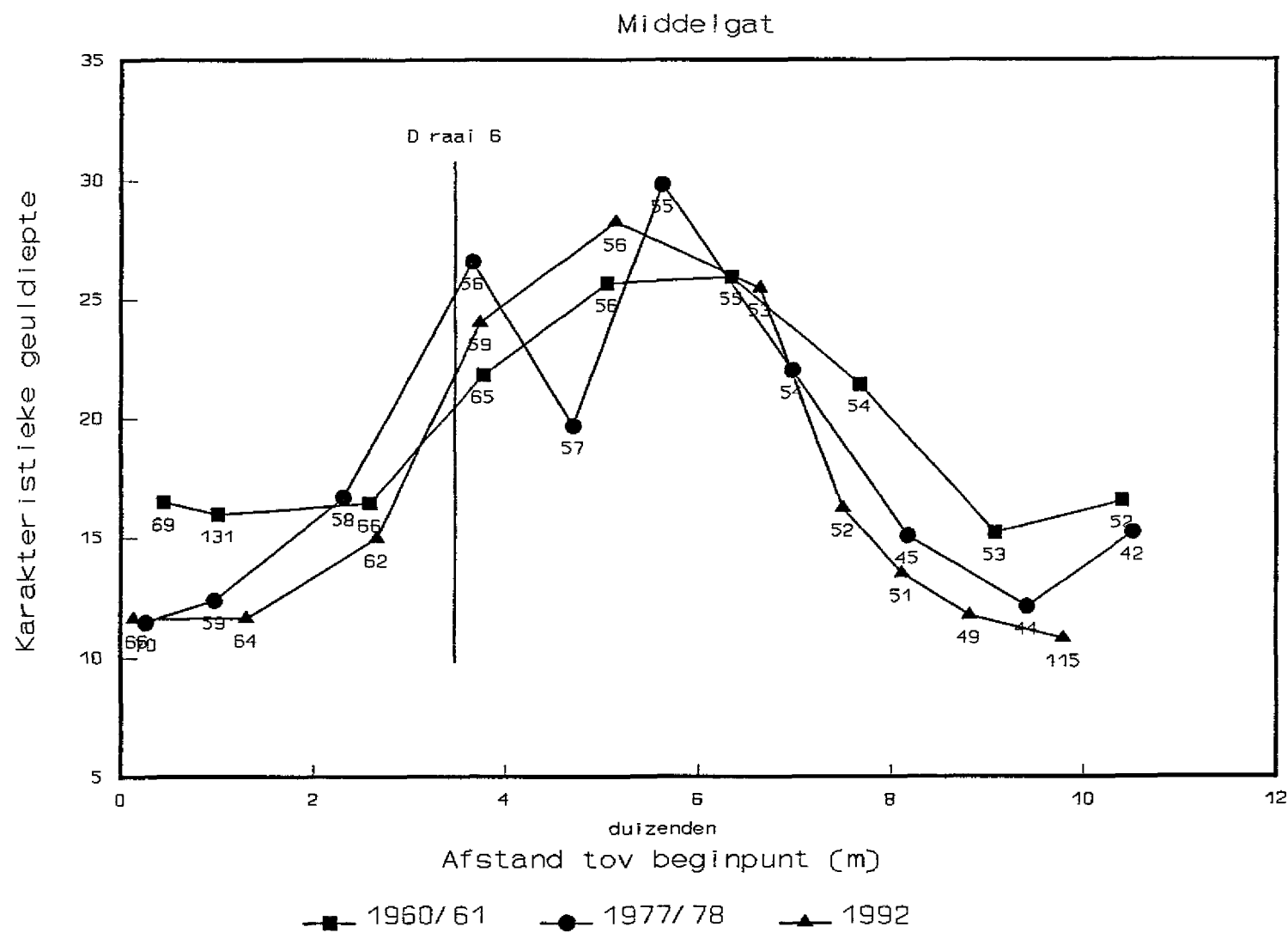


Middelgat Stroomvoerend geuloppervlak (m²)	INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.10b

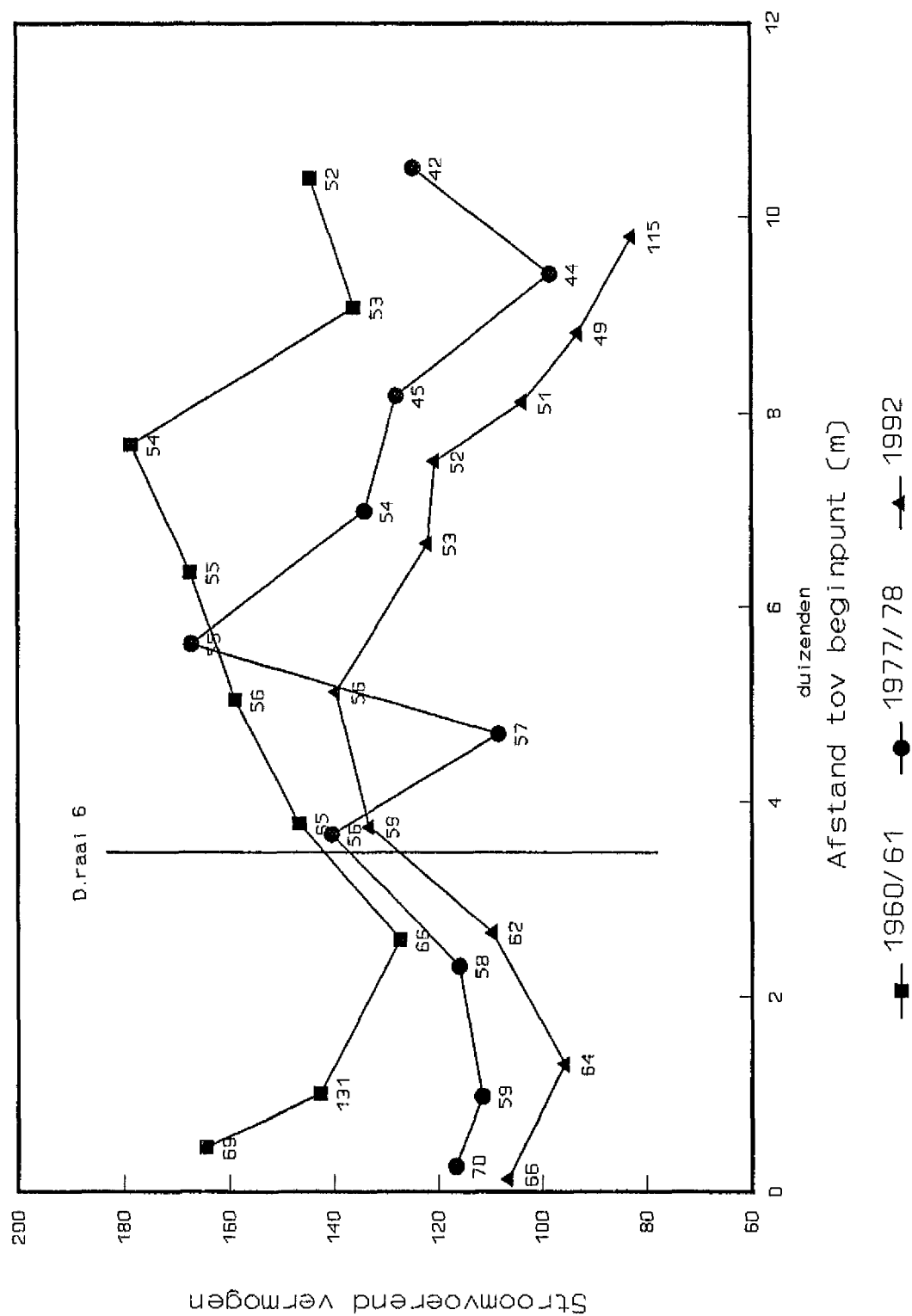


INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Middelgat Karakteristieke geulbreedte (m)	projekt : 940
	figuur : 5.10c

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	
Middelgat	datum : januari 1994
Karakteristieke geuldiepte (m)	projekt : 940
	figuur : 5.10d



Middelgat



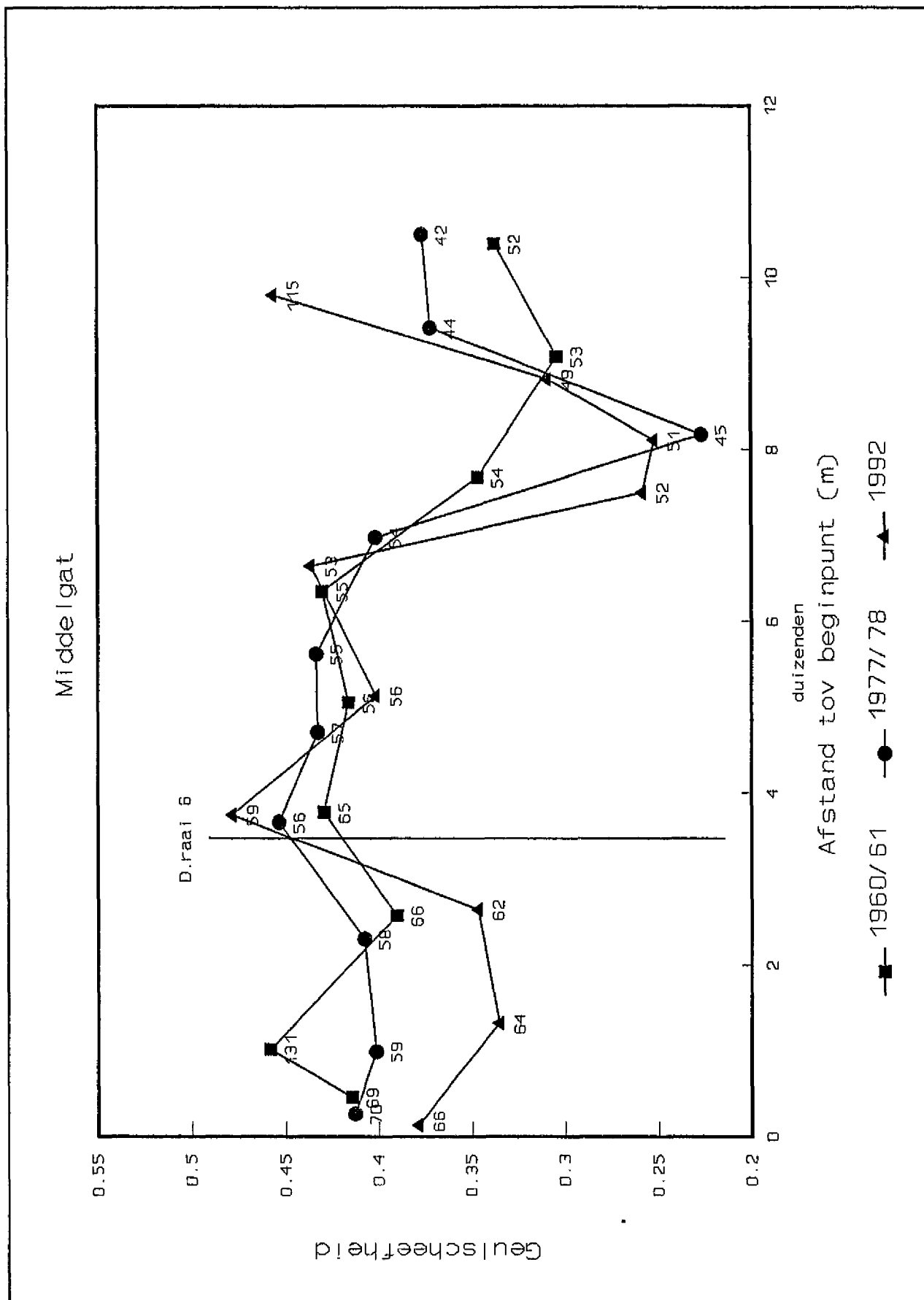
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Middelgat
Stroomvoerend vermogen (m^{8/3})

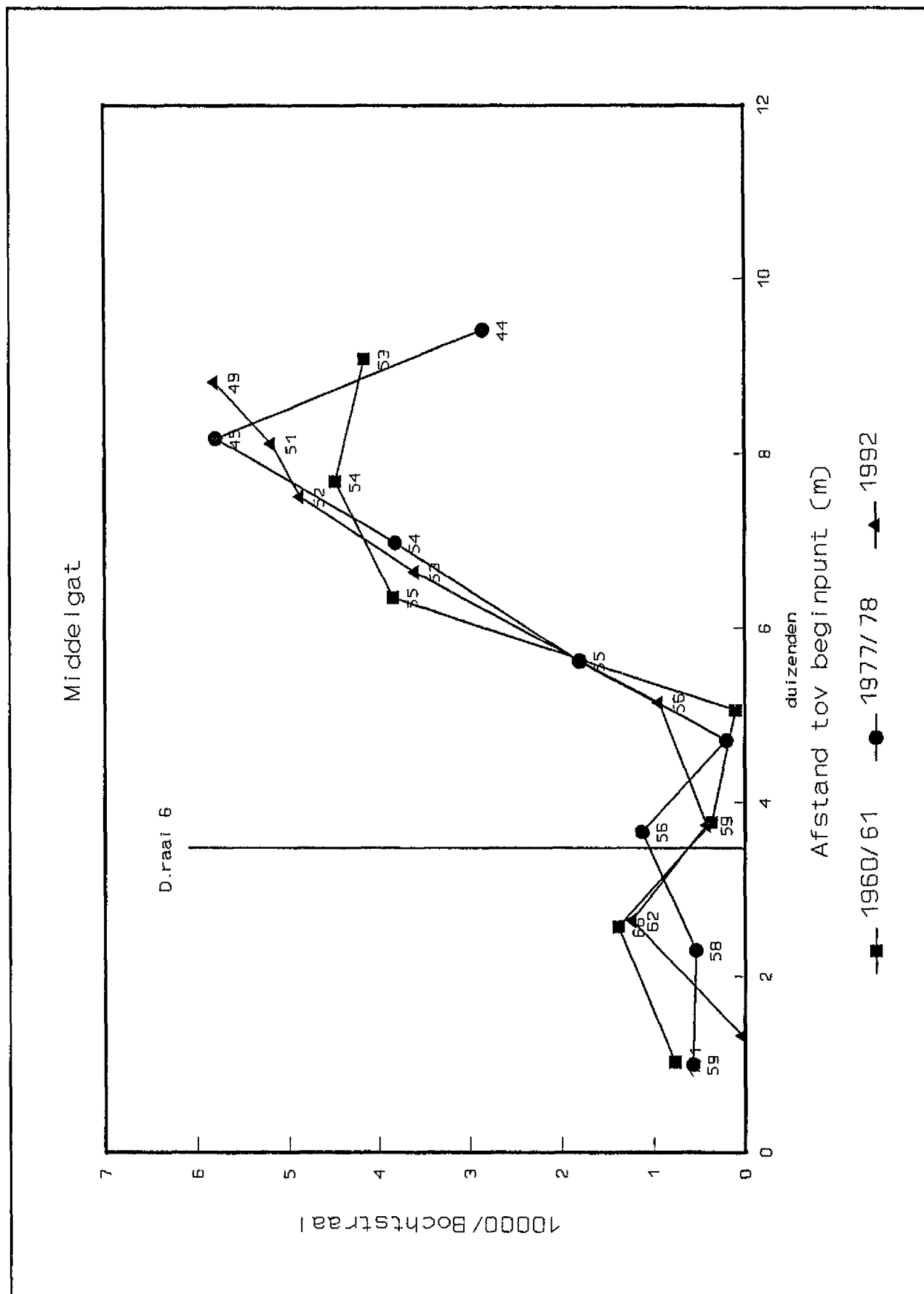
datum : januari 1994

projekt : 940

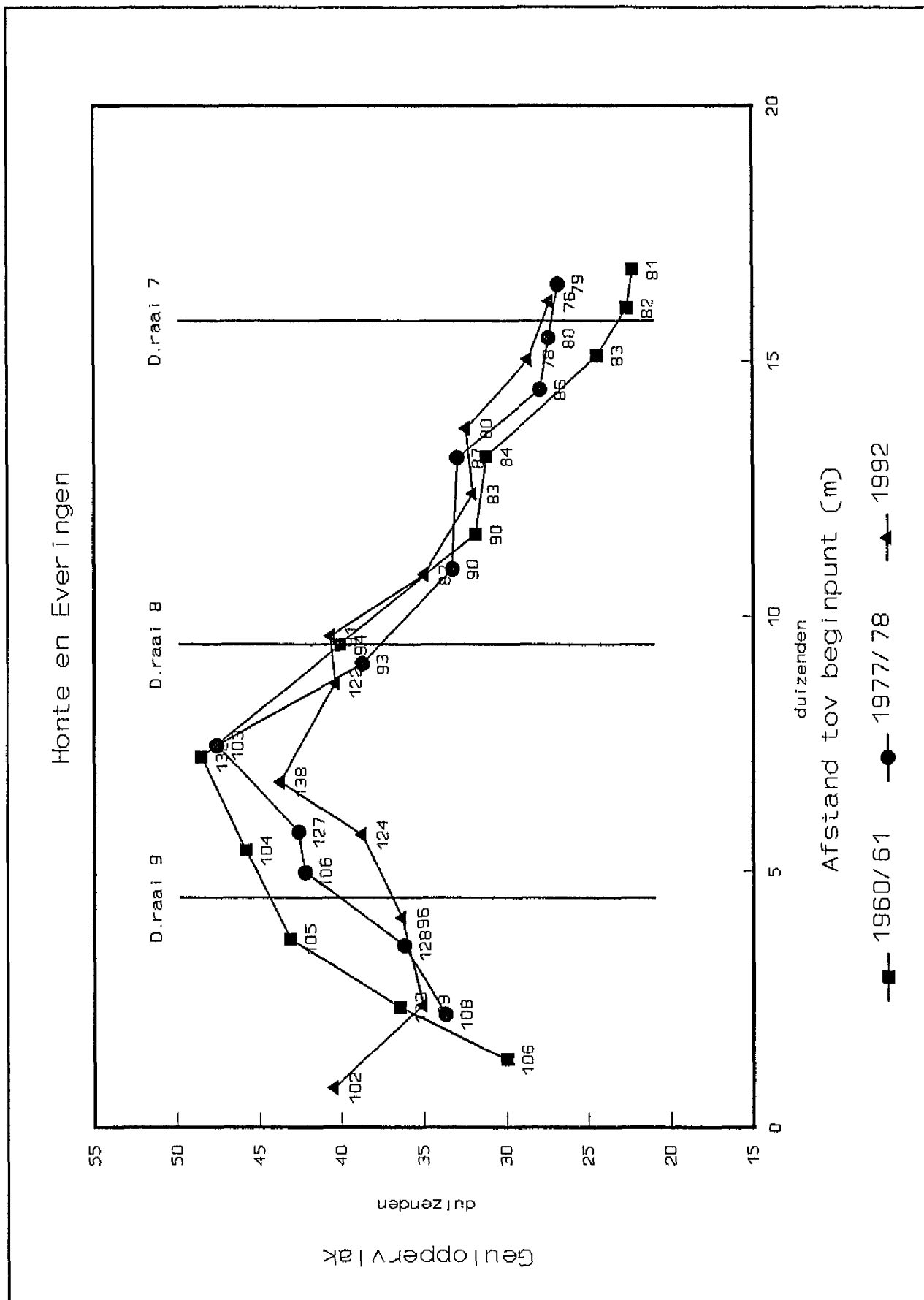
figuur : 5.10e



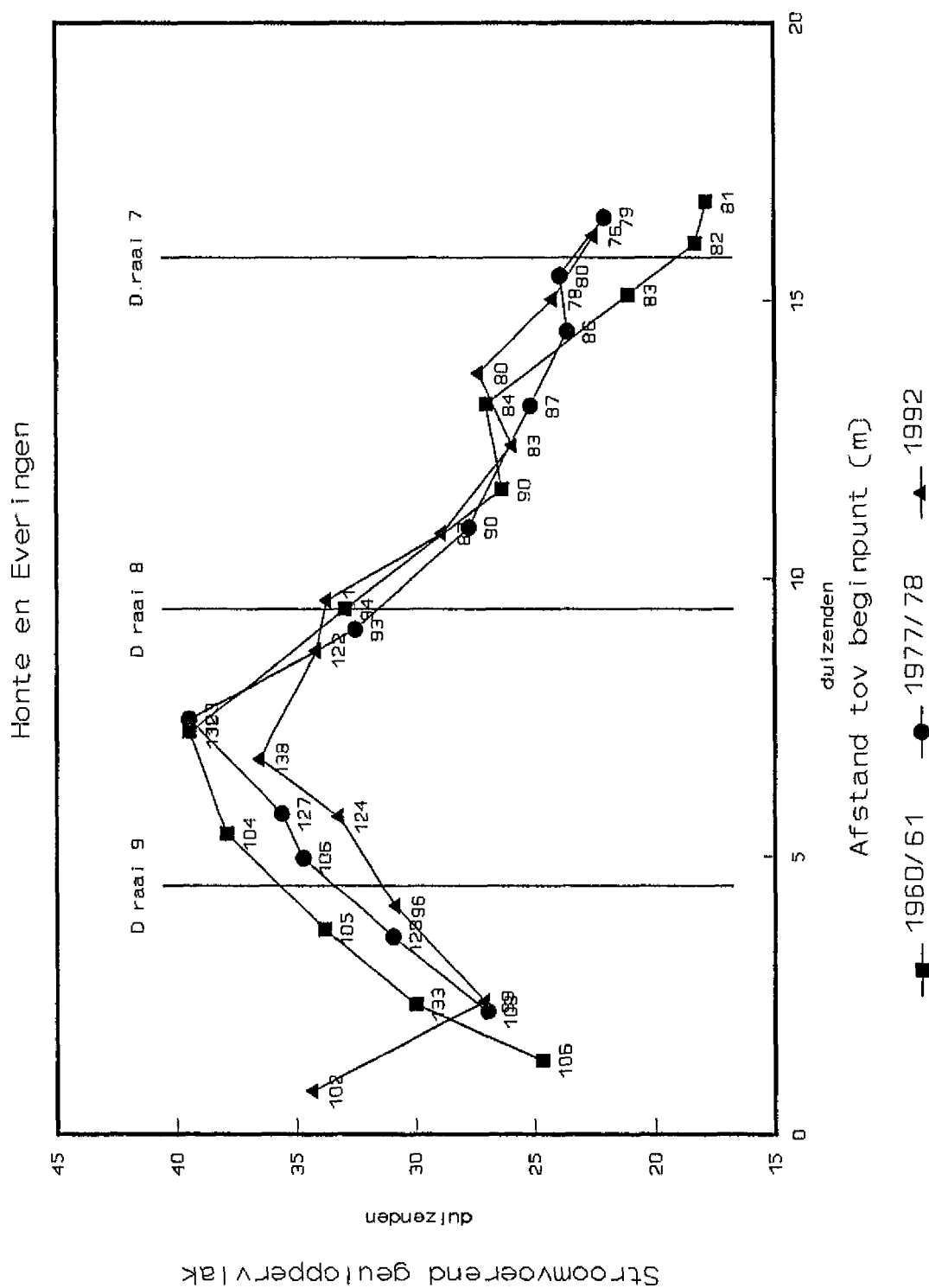
Middelgat Geulscheefheid	INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.10f

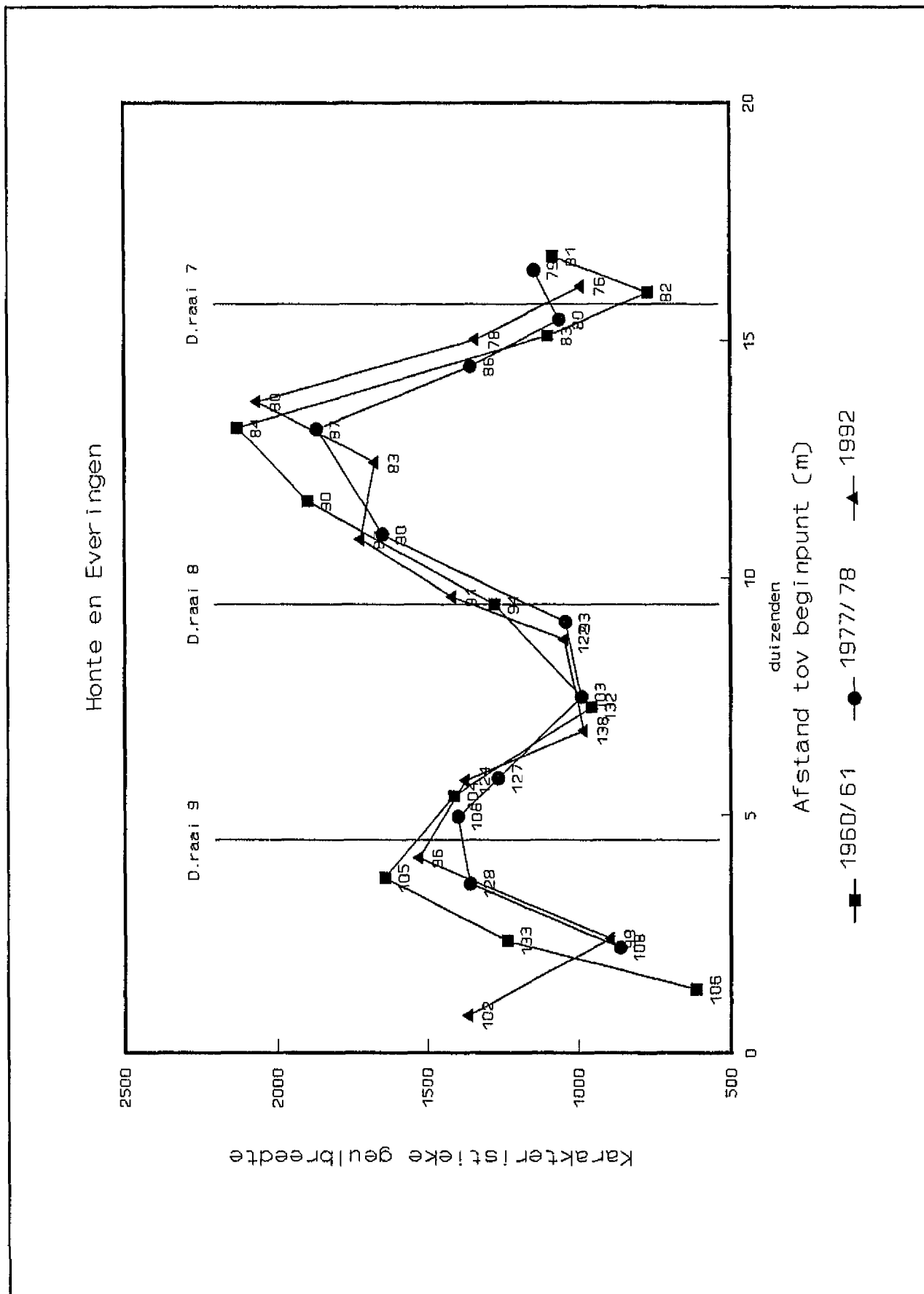


INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Middelgat 10000/Bochtstraal (1/m)	projekt : 940
	figuur : 5.10g



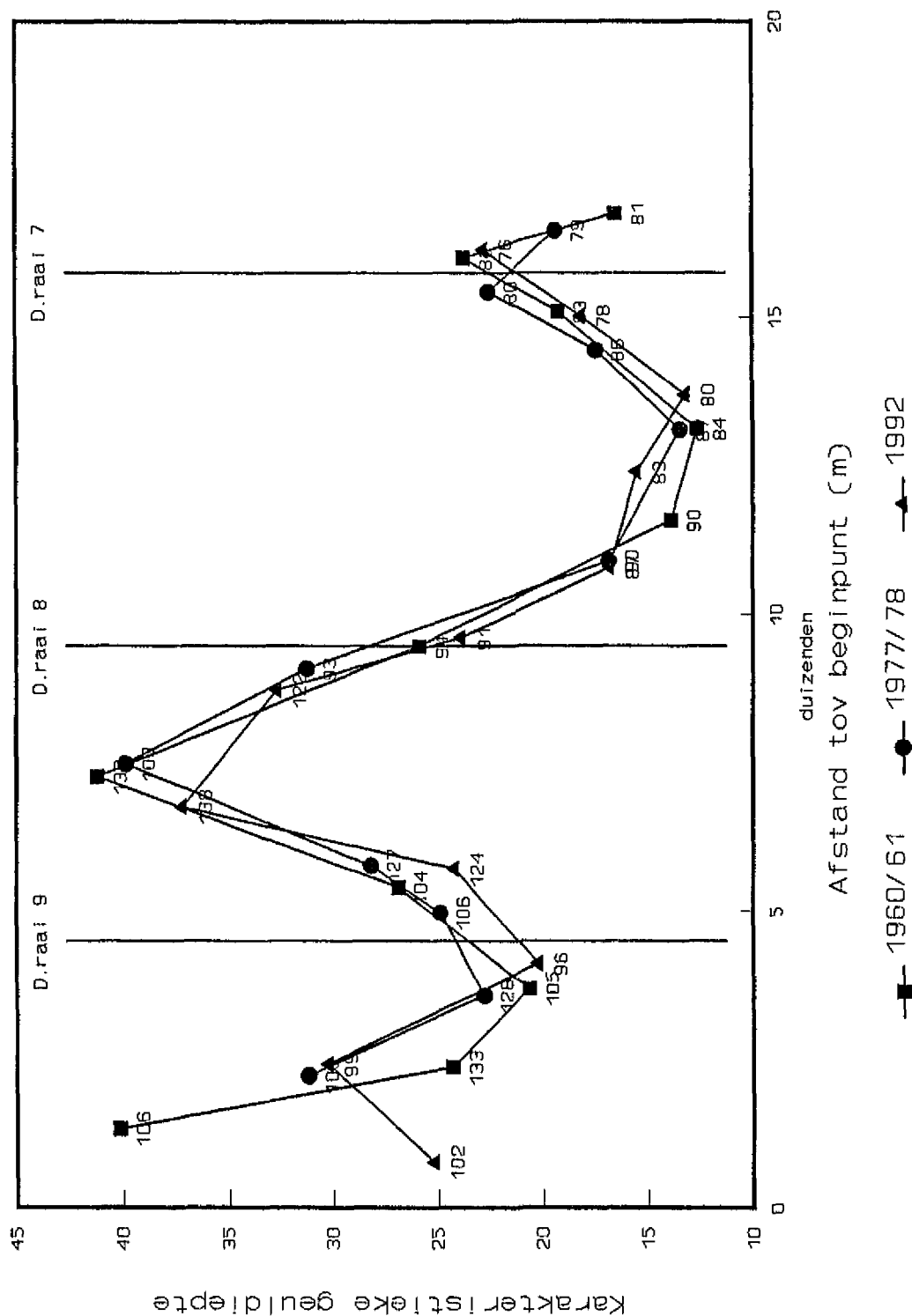
INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994	
Honte en Everingen Geuloppervlak onder NAP (m ²)	projekt : 940	figuur : 5.11a





INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Honte en Everingen	projekt : 940
Karakteristieke geulbreedte (m)	figuur : 5.11c

Honte en Everingen



INGENIEURSBUREAU / **SVASEK** B.V.

Honte en Everingen
Karakteristieke geuldiepte (m)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.11d

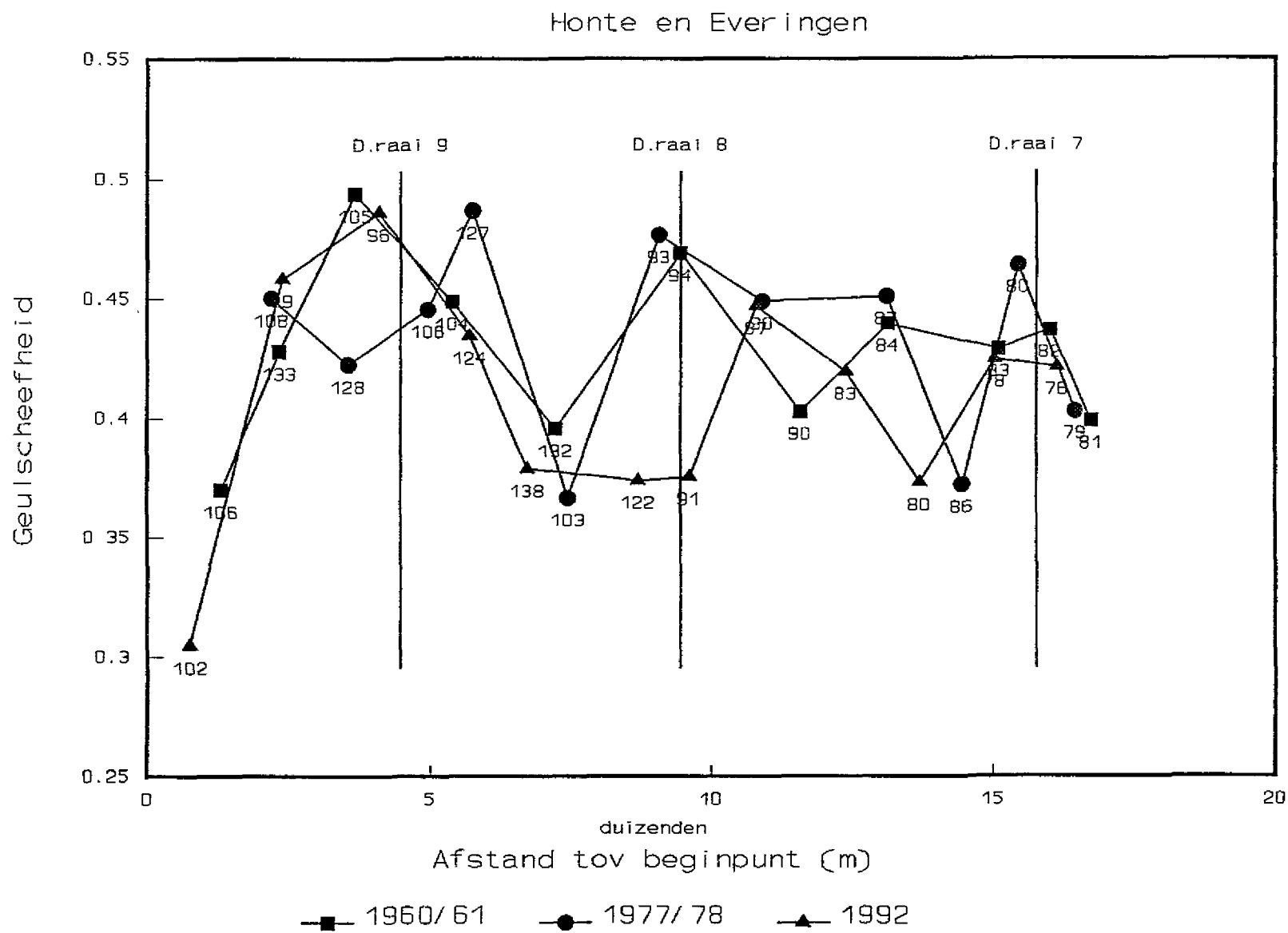
INGENIEURSBUREAU / S VASEK B.V.

Honte en Everingen
Geulscheefheid

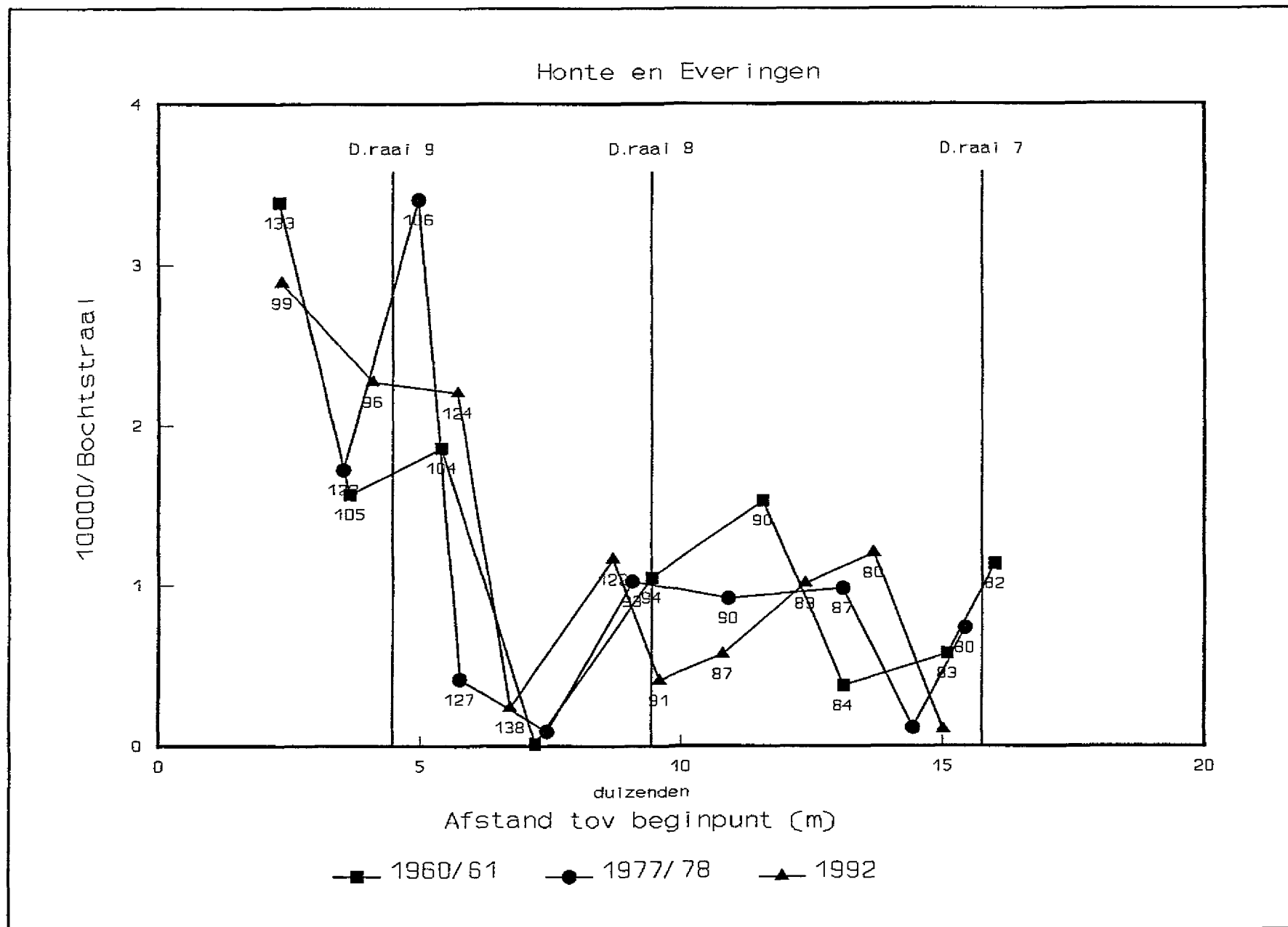
datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.11f

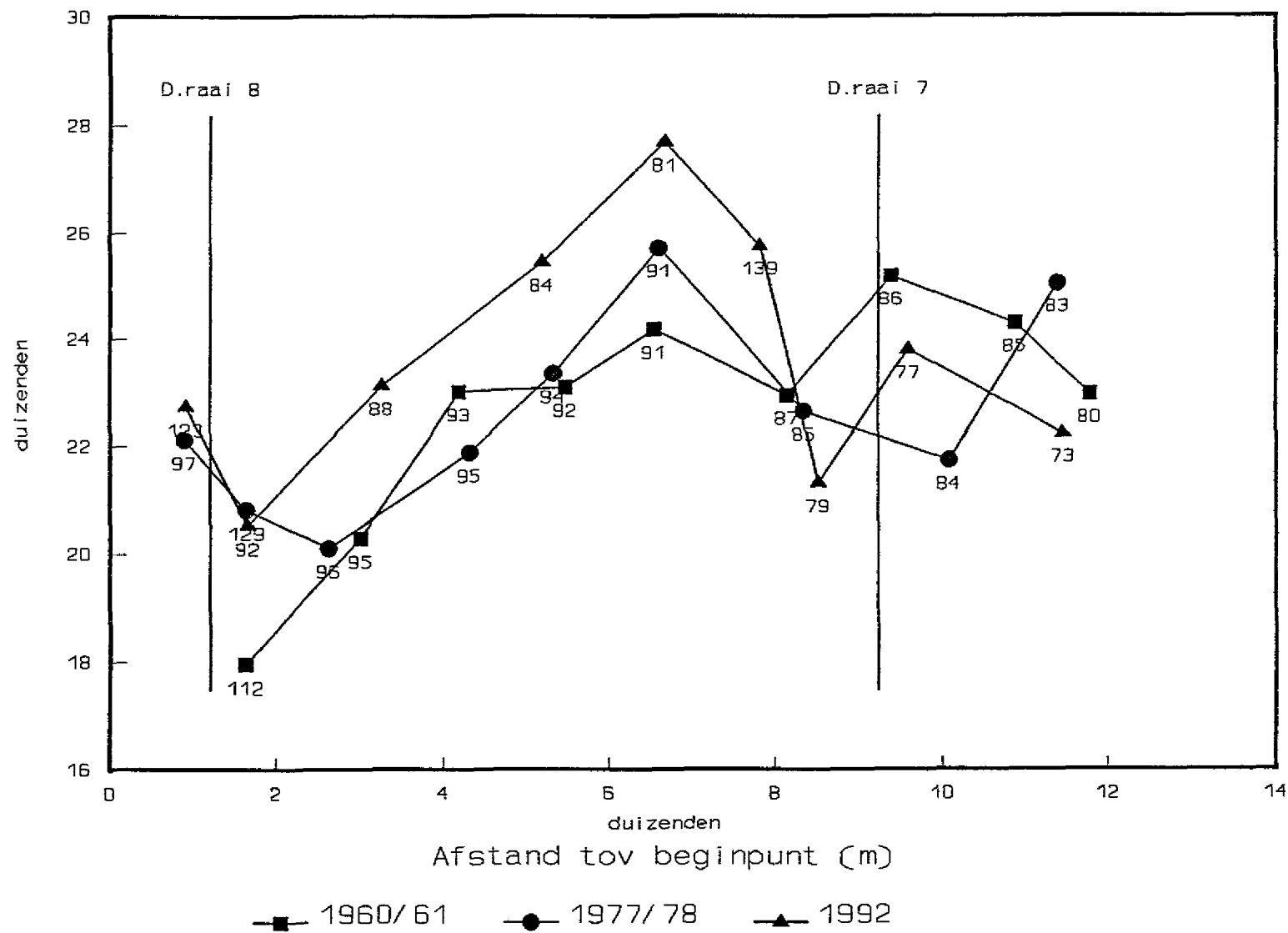


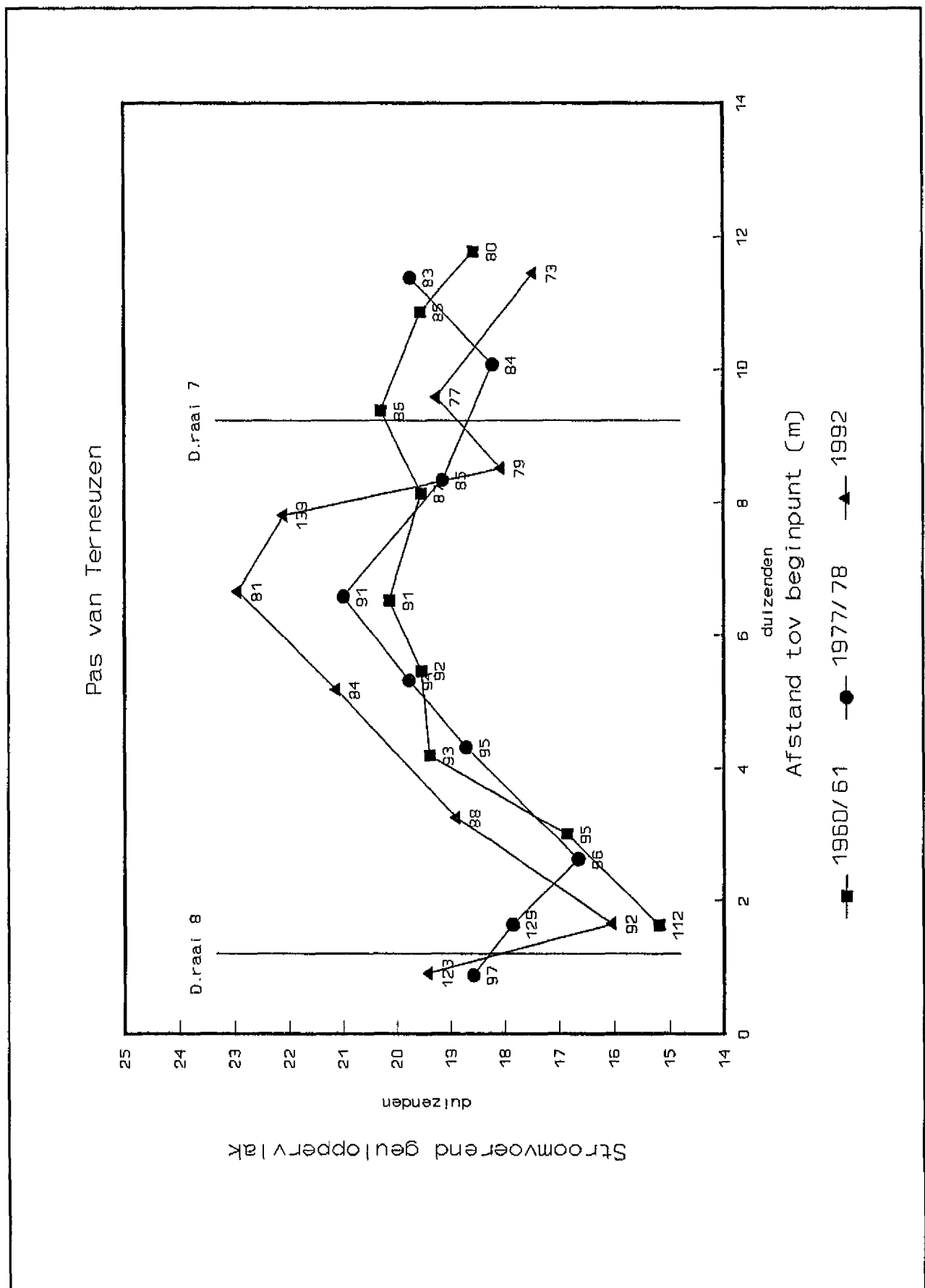
INGENIEURSBUREAU / SWA&EK B.V.	
Honte en Everingen 10000/Bochtstraat (1/m)	datum : januari 1994
figuur : 5.11g	projekt : 940



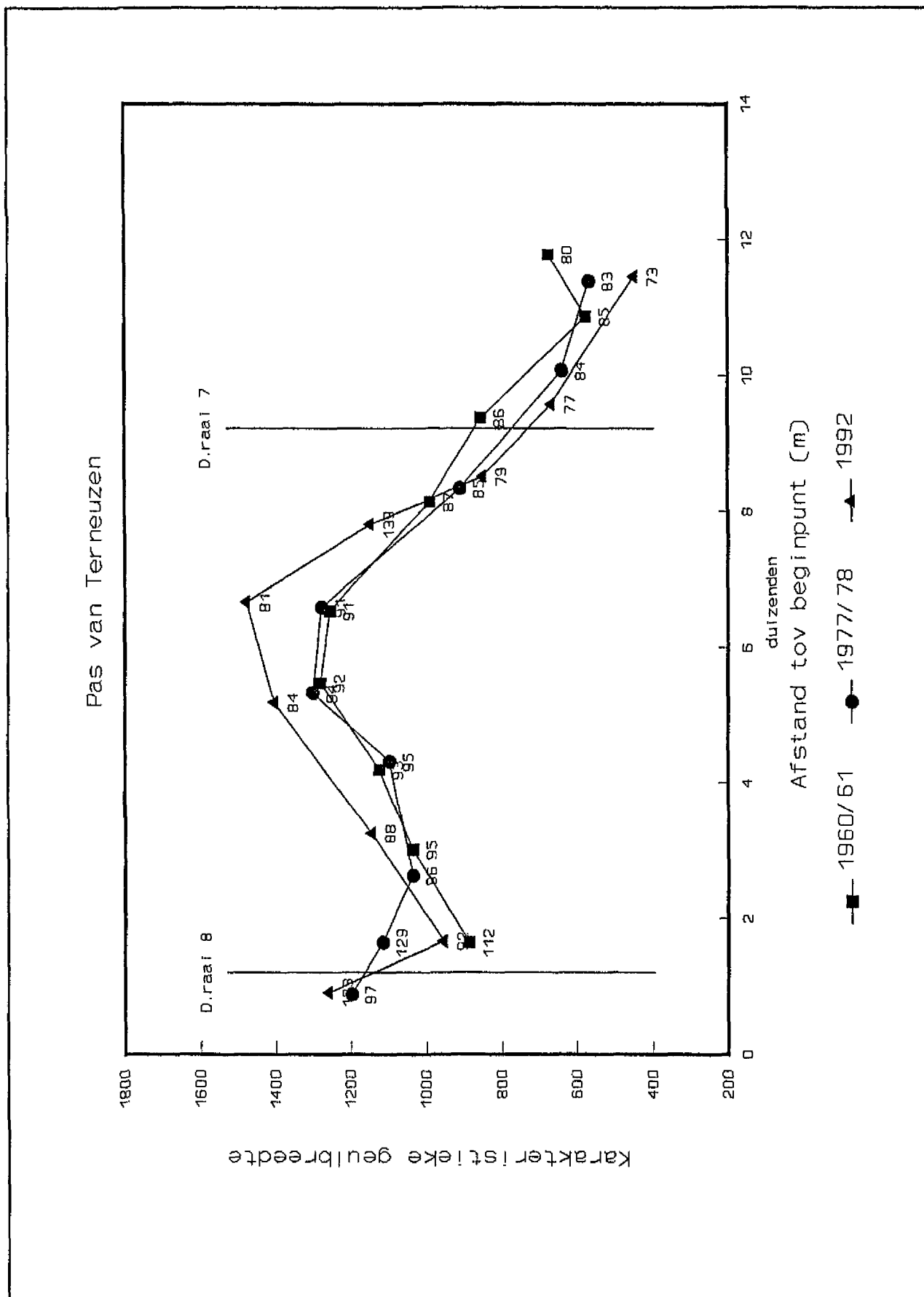
Geuloppervlak

Pas van Terneuzen



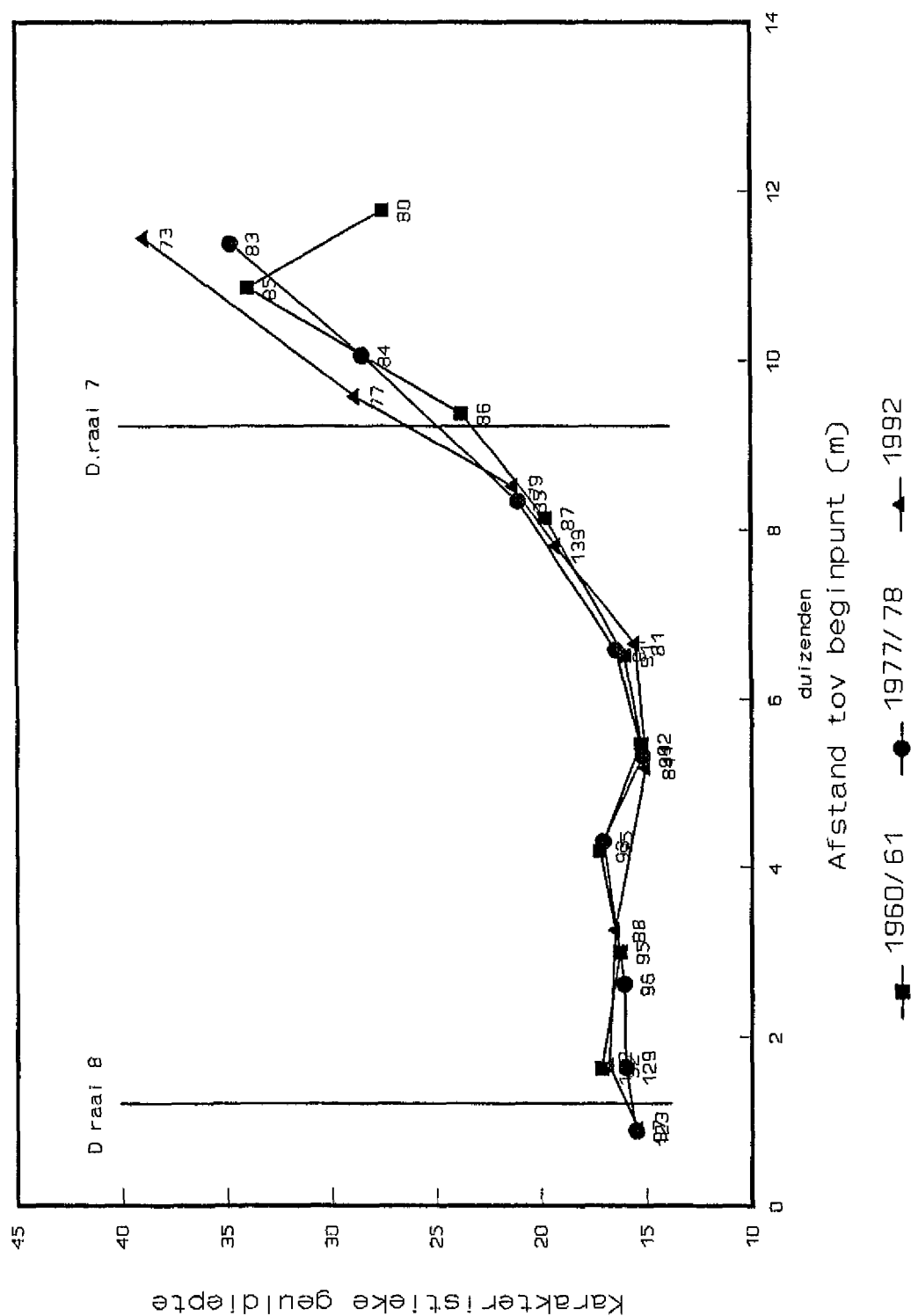


INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Pas van Terneuzen Stroomvoerend geuloppervlak (m²)	datum : januari 1994
	projekt : 940
	figuur : 5.12b



Pas van Terneuzen Karakteristieke geulbreedte (m)	INGENIEURSBUREAU S VASEK B.V.	datum : januari 1994
		projekt : 940
		figuur : 5.12c

Pas van Terneuzen



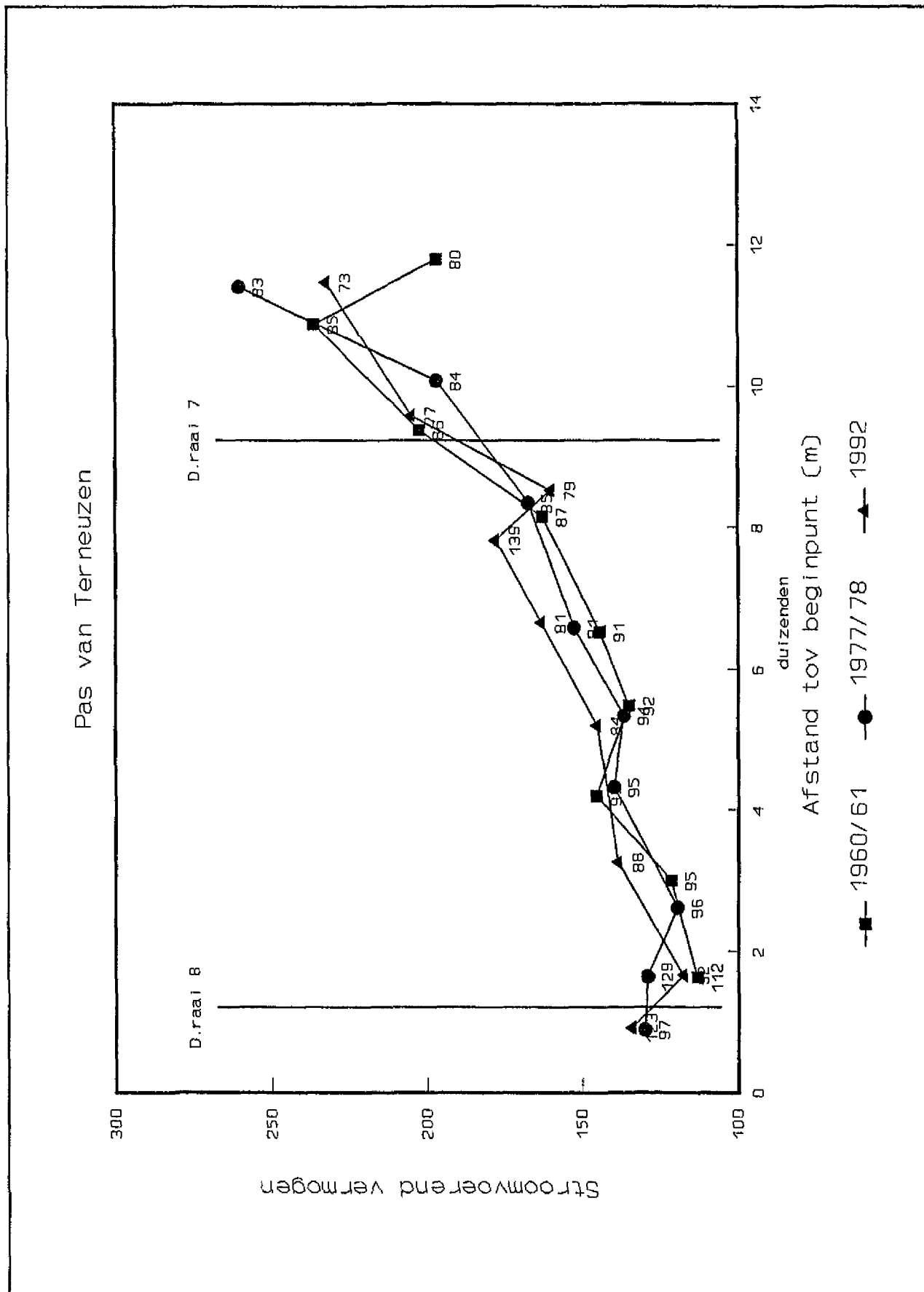
INGENIEURSBUREAU **S**VASEK B.V.

Pas van Terneuzen
Karakteristieke geuldiepte (m)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.12d



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Pas van Terneuzen Stroomvoerend vermogen (m ^{8/3})	datum : januari 1994
	projekt : 940
	figuur : 5.12e

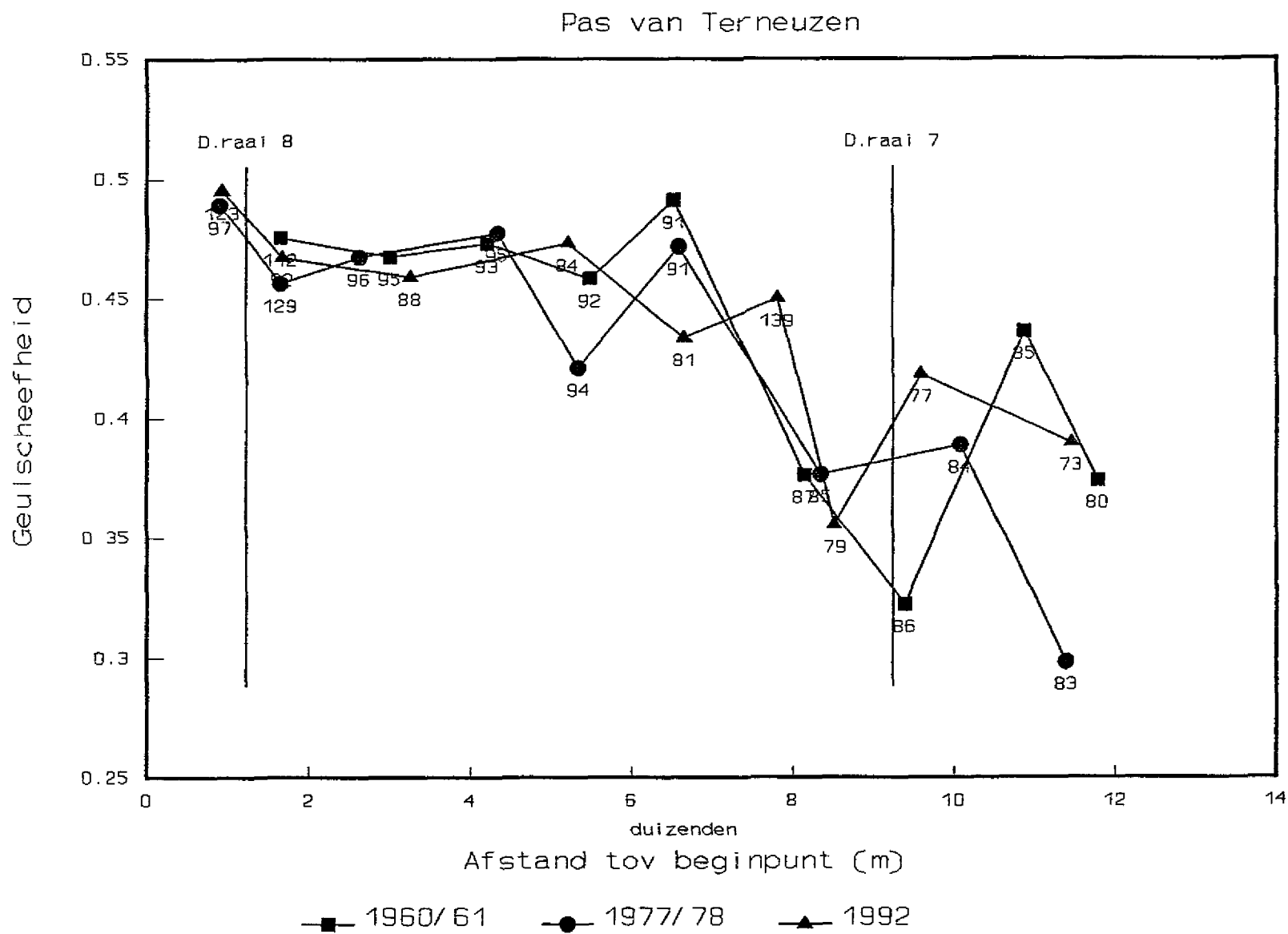
Pas van Terneuzen
Geulscheefheid

INGENIEURSBUREAU / **S**VASEK B.V.

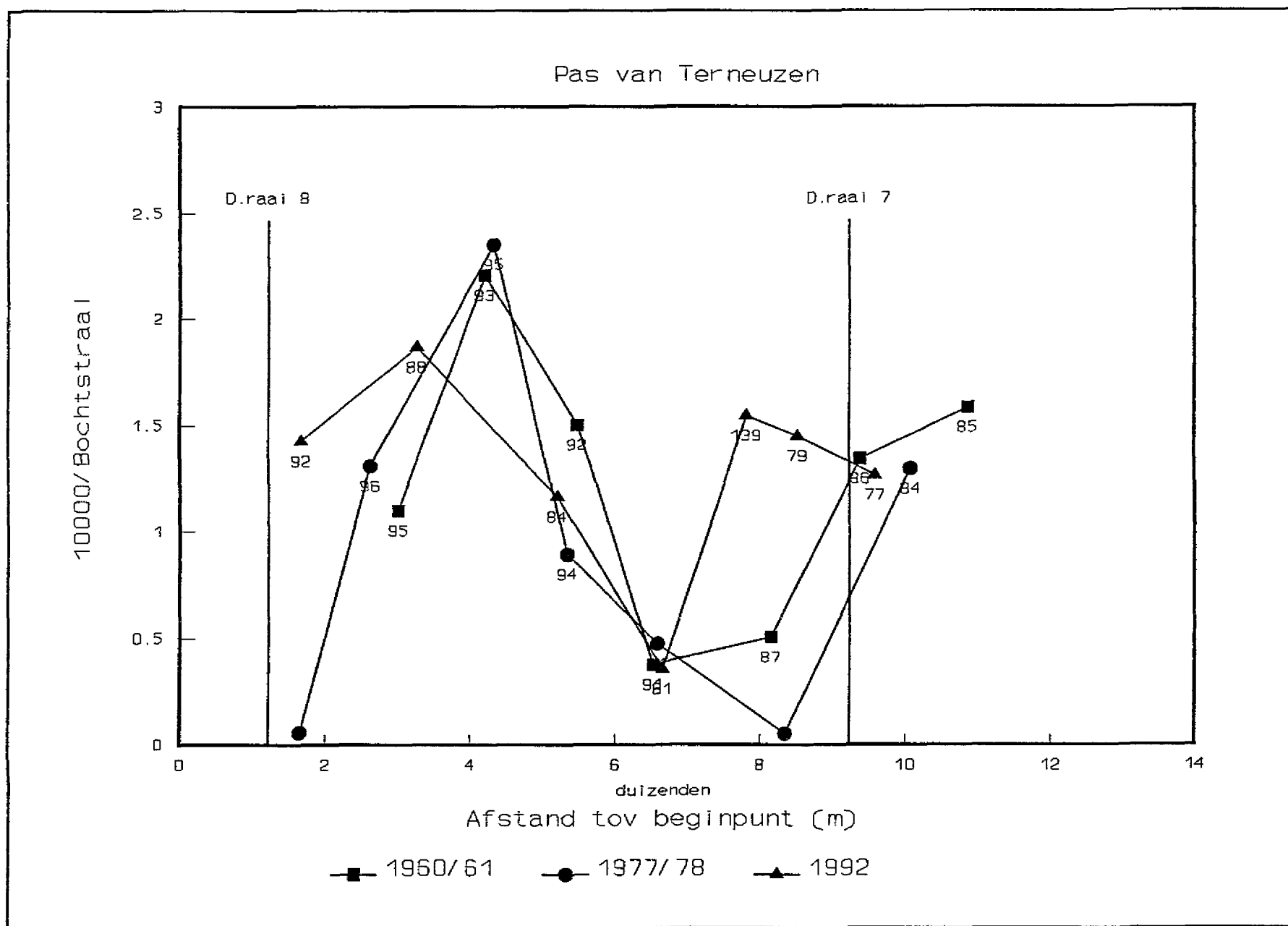
datum : januari 1994

projekt : 940

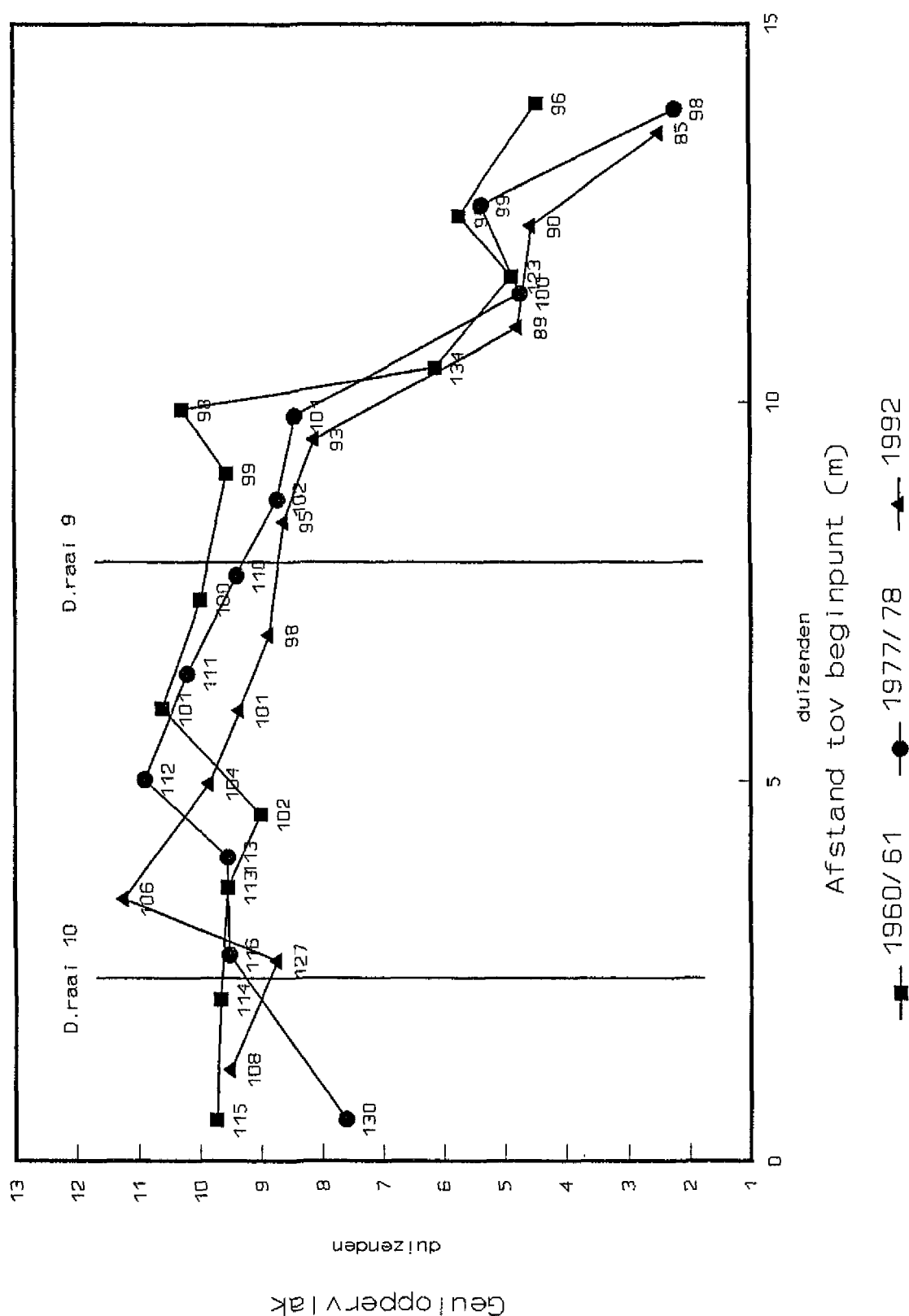
figuur : 5.12f



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	
Pas van Terneuzen 10000/Bochtstraat (1/m)	
datum : januari 1994	projekt : 940
figuur : 5.12g	



Vaarwater langs Hoofdplaat



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

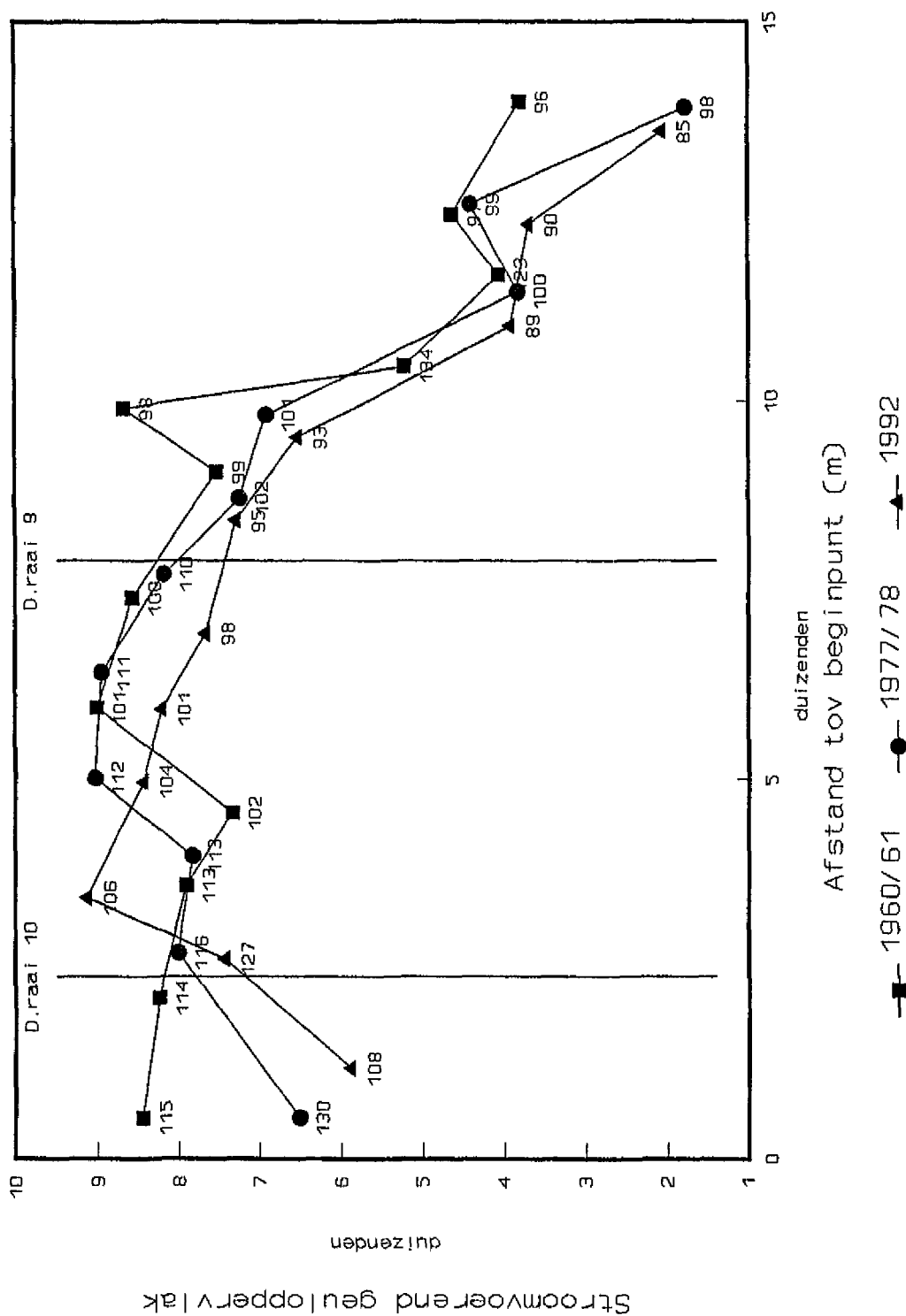
Vaarwater langs Hoofdplaat
Geuloppervlak onder NAP (m²)

datum : januari 1994

projekt : 940

figuur : 5.13a

Vaarwater langs Hoofdplaat



INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

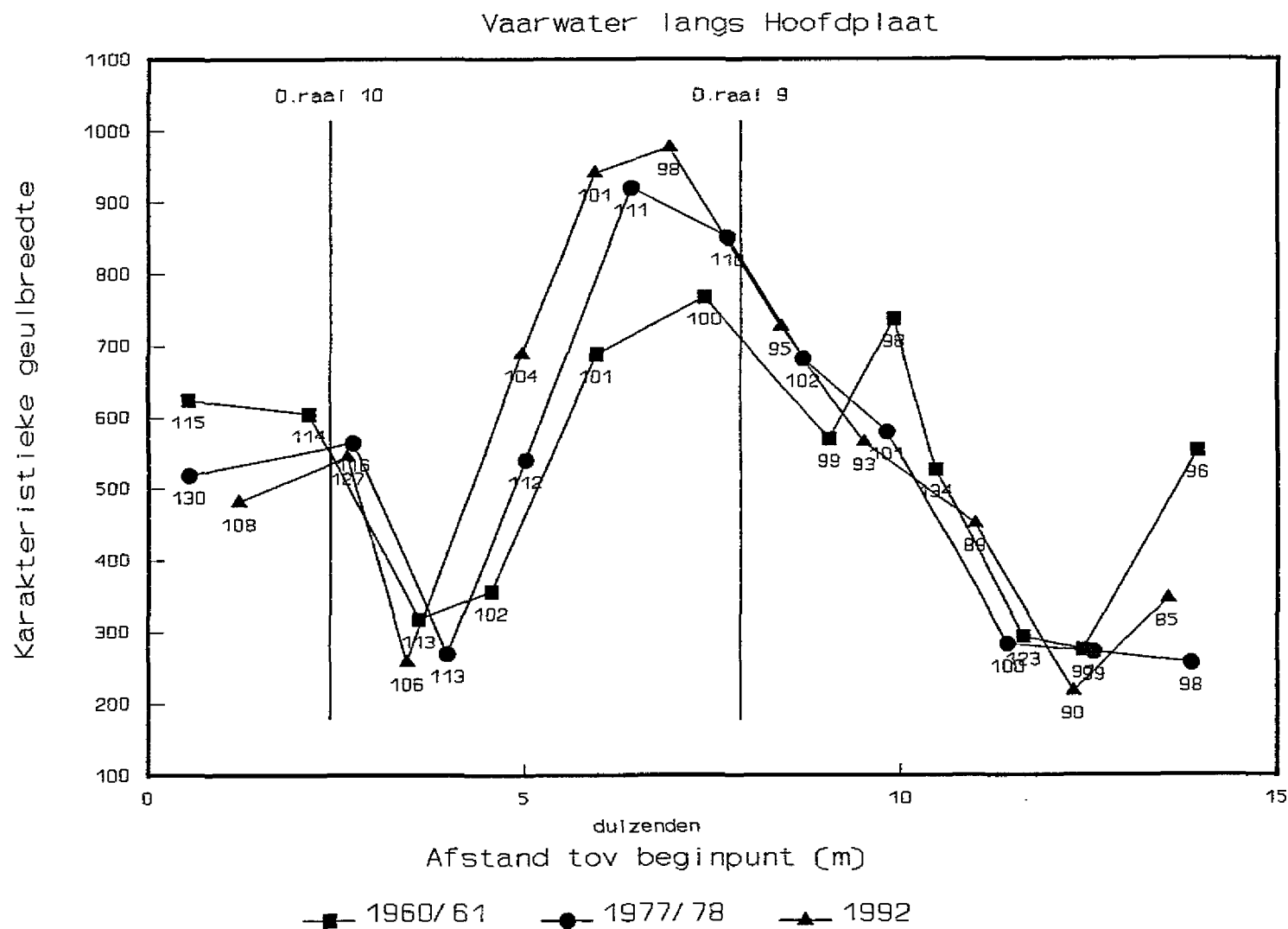
Vaarwater langs Hoofdplaat
Stroomvoerend geuloppervlak (m²)

datum : januari 1994

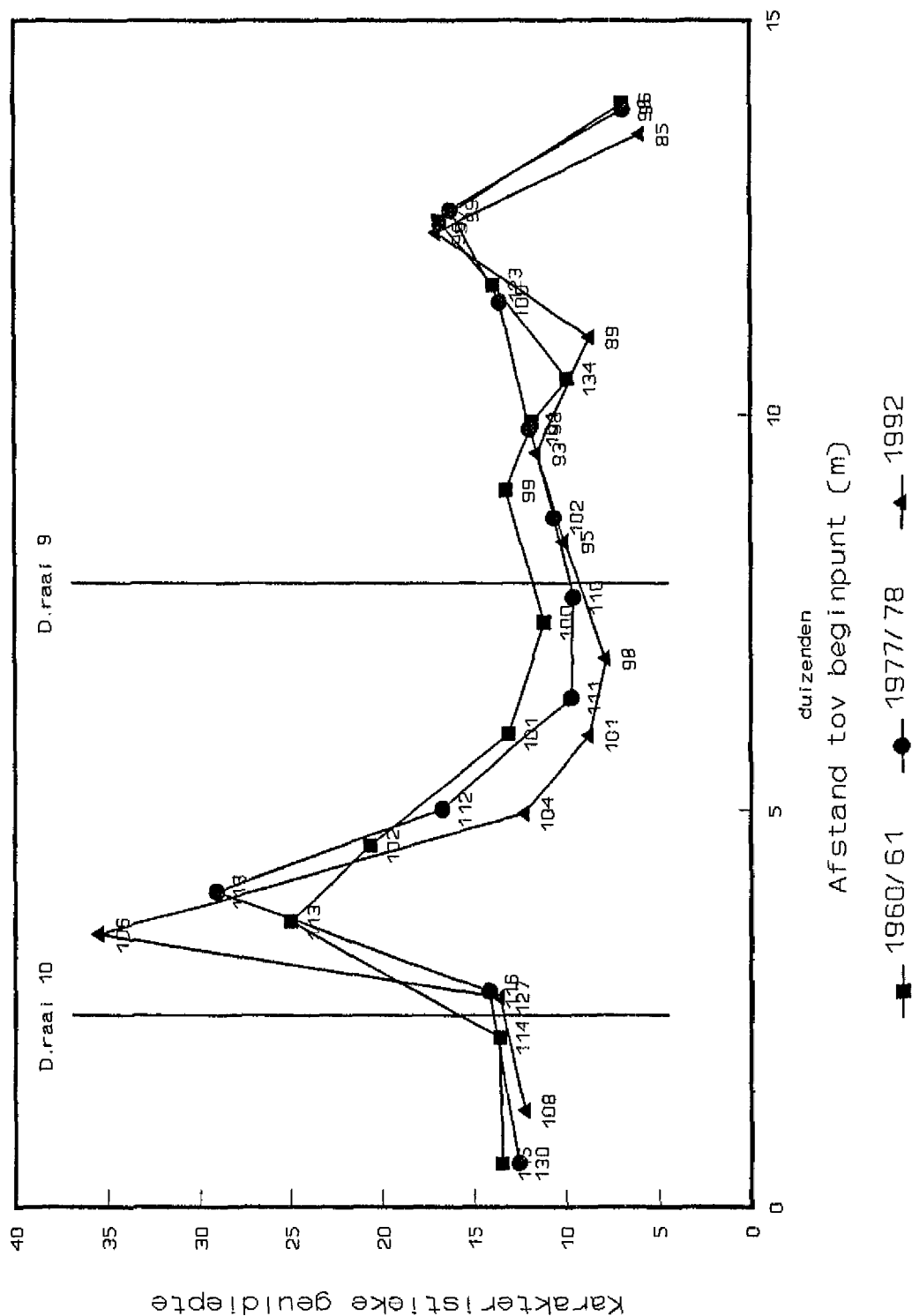
projekt : 940

figuur : 5.13b

INGENIEURSBUREAU S VASEEK B.V.	
Vaarwater langs Hoofdplaat	datum : januari 1994
Karakteristieke geulbreedte (m)	projekt : 940
	figuur : 5.13c



Vaarwater langs Hoofdplaat



INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.

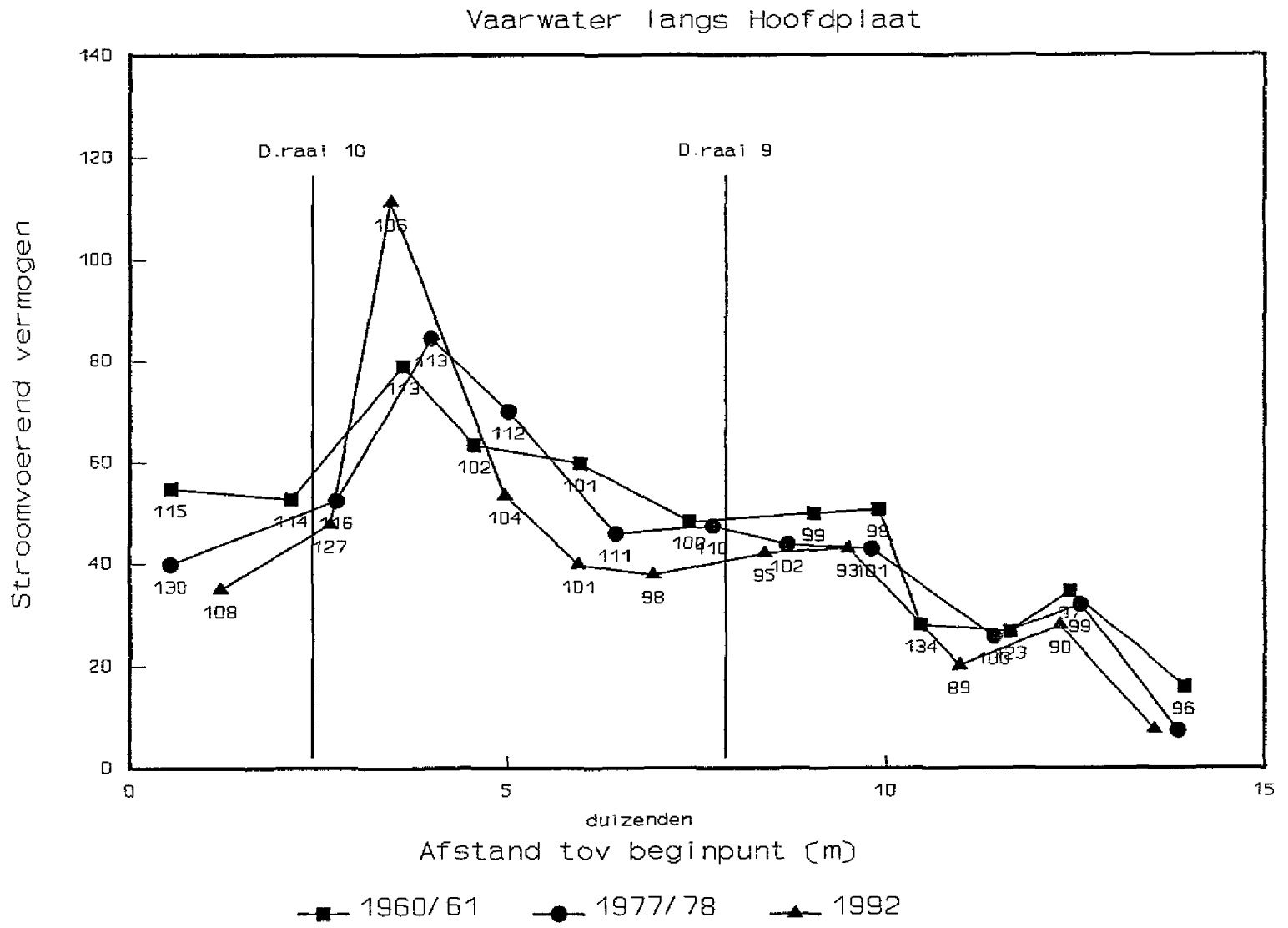
Vaarwater langs Hoofdplaat
Karakteristieke guldiepte (m)

datum : januari 1994

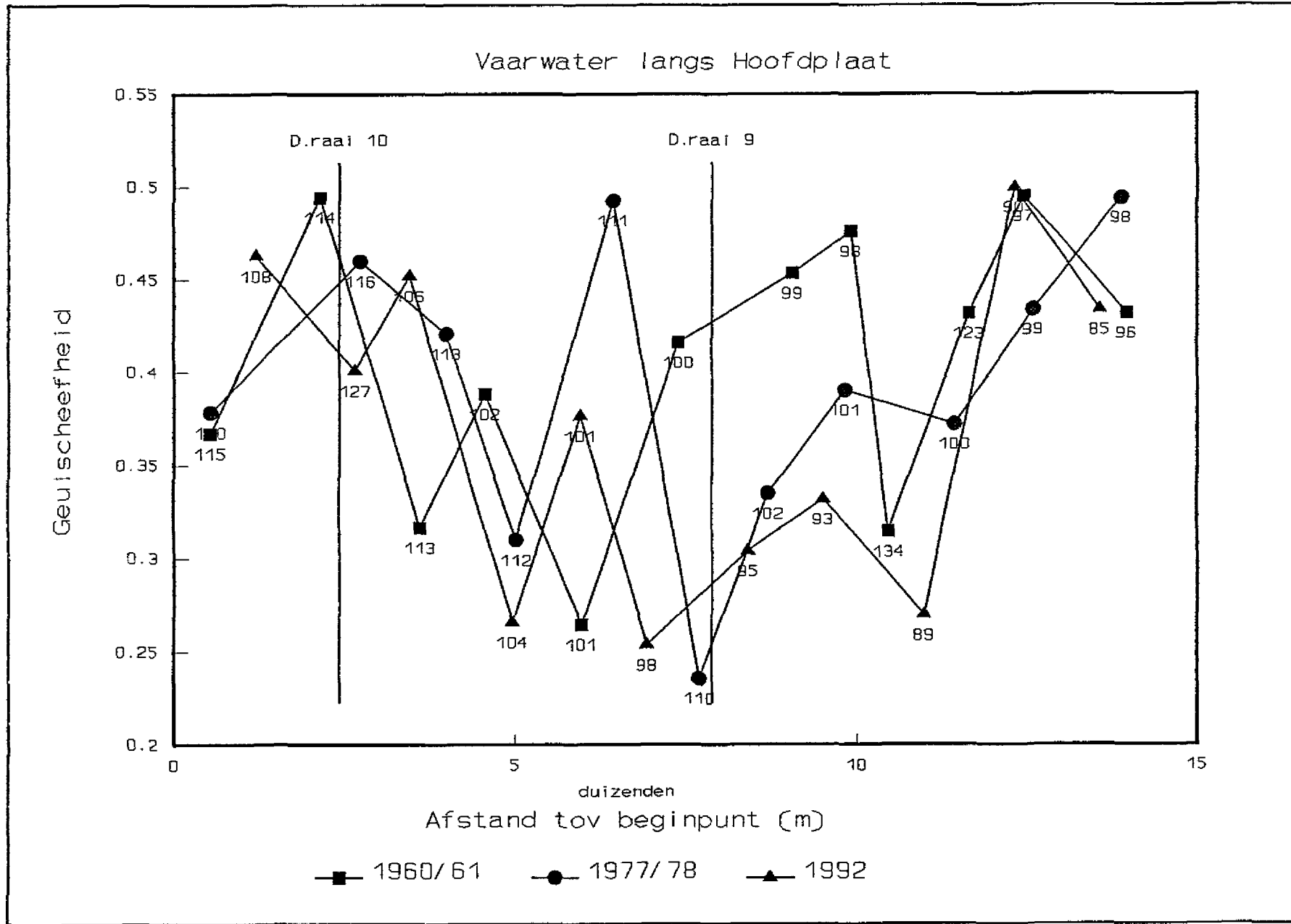
projekt : 940

figuur : 5.13d

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V. Vaarwater langs Hoofdplaat Stroomvoerend vermogen (m ^{8/3})	
datum : januari 1994 projekt : 940 figuur : 5.13e	

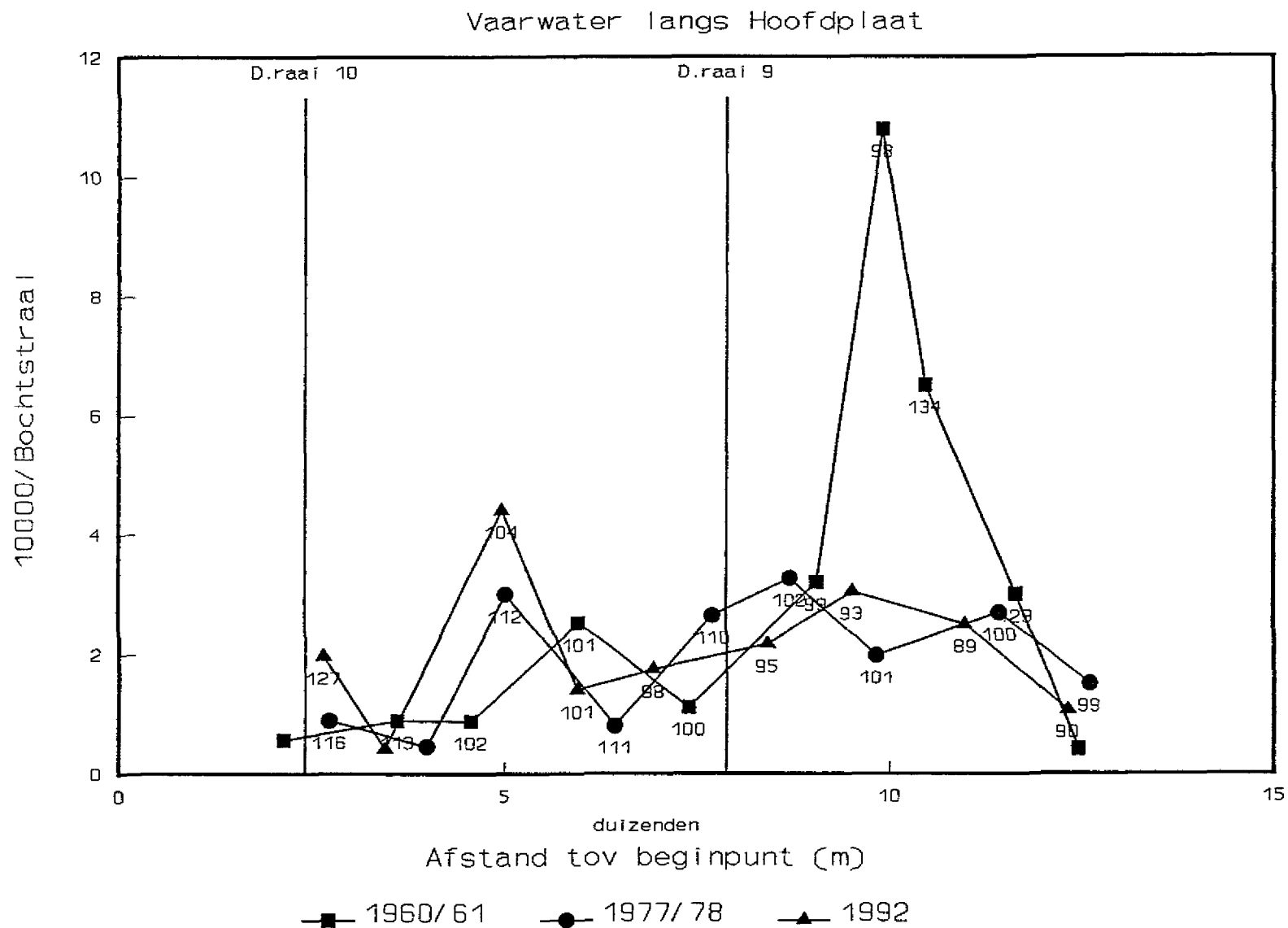


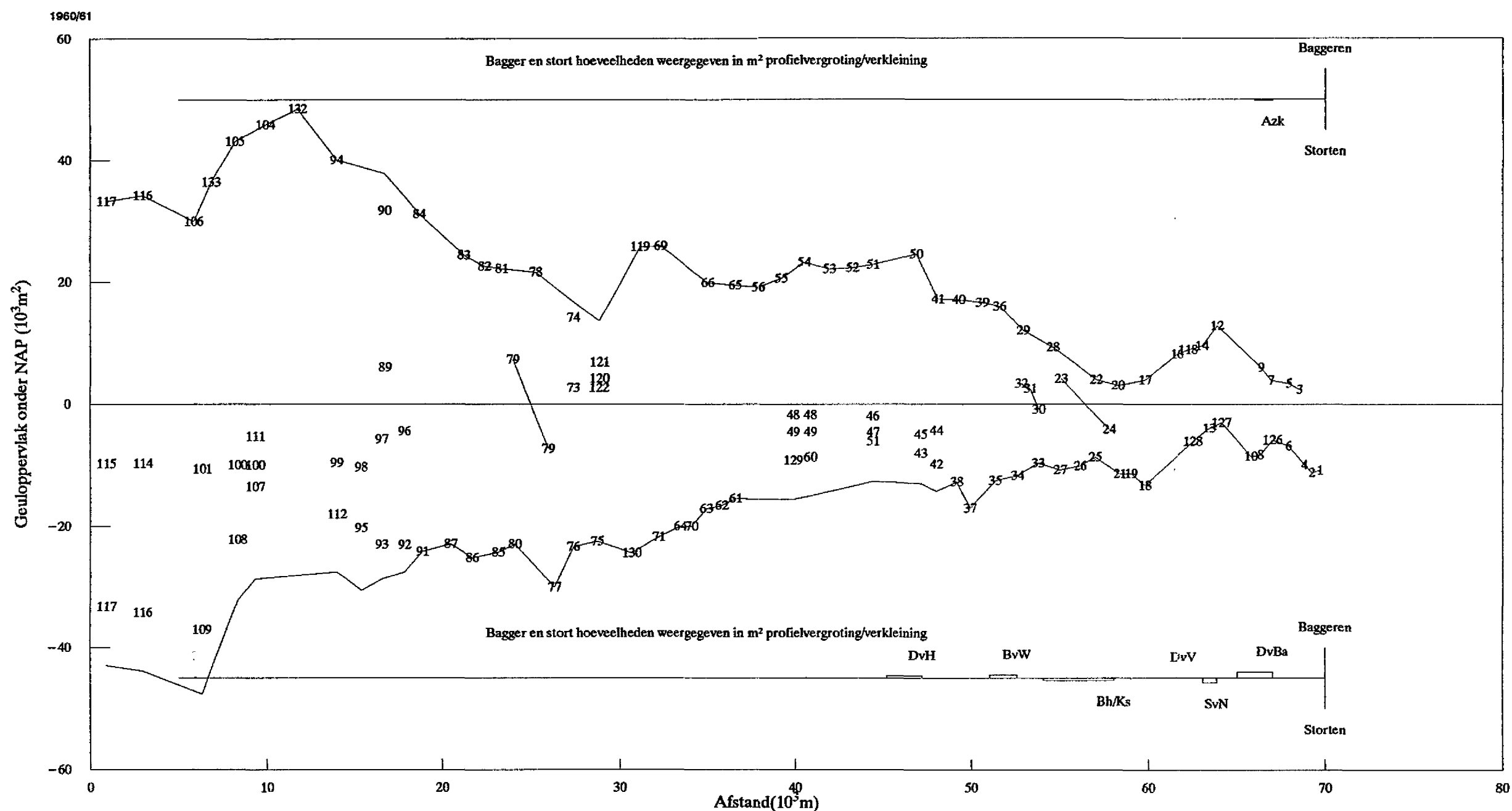
INGENIEURSBUREAU / SWA&EK B.V.	
Vaarwater langs Hoofdplaat	datum : januari 1994
Geulscheefheid	projekt : 940
	figuur : 5.13f



INGENIEURSBUREAU / **SVASEK** B.V.
 Vaarwater langs Hoofdplaat
 10000/Bochtstraal (1/m)

datum : januari 1994
 projekt : 940
 figuur : 5.13g

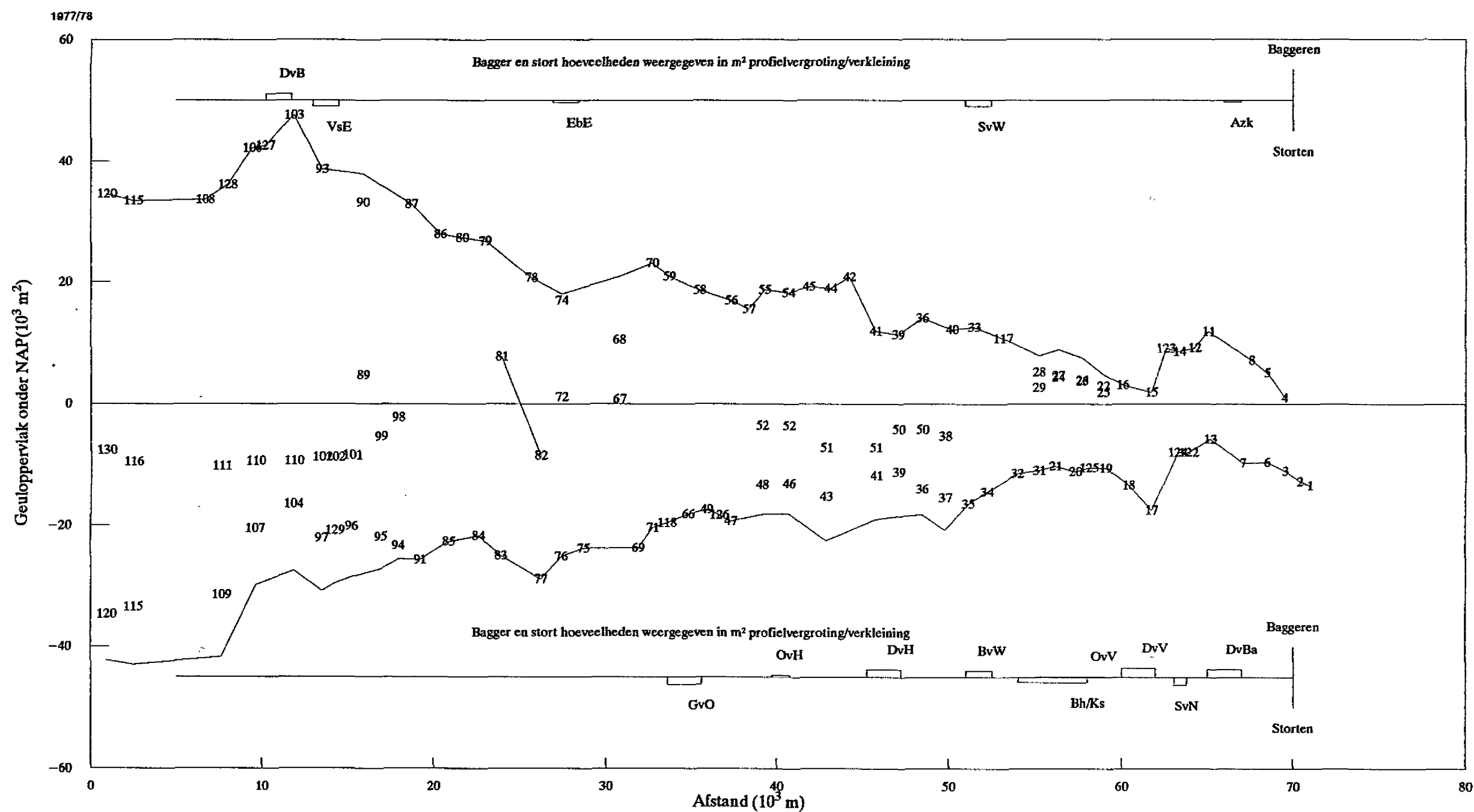




Baggergebieden:
 DvH: Drempel van Hansweert
 BvW: Bocht van Walsoorden
 DvV: Drempel van Valkenisse
 DvBa: Drempel van Bath

Stortgebieden:
 Azk: Appelzak
 Bh/Ks: Baalhoek, Konijnenschor
 SvN: Schaar van de Noord

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Verloop doorstroomprofiel v.h. estuarium situatie 1960/61, zie figuur 5.1a t/m c voor de lokatie van de profielen	projekt : 940
Bagger en stortgegevens gebaseerd op jaar: 1965	figuur : 5.14



Baggergebieden:

DvB: Drempel van Borssele
 OvH: Overloop van Hansweert
 DvH: Drempel van Hansweert
 BvW: Bocht van Walsoorden
 OvV: Overloop van Valkenisse
 DvV: Drempel van Valkenisse
 DvBa: Drempel van Bath

Stortgebieden:

VsE: Vloedschaar Everingen
 EbE: Ebschaar Everingen
 GvO: Gat van Ossenisse
 SvW: Schaar van Waarde
 Azk: Appelzak
 Bh/Ks: Baalhoek, Konijnschor
 SvN: Schaar van de Noord

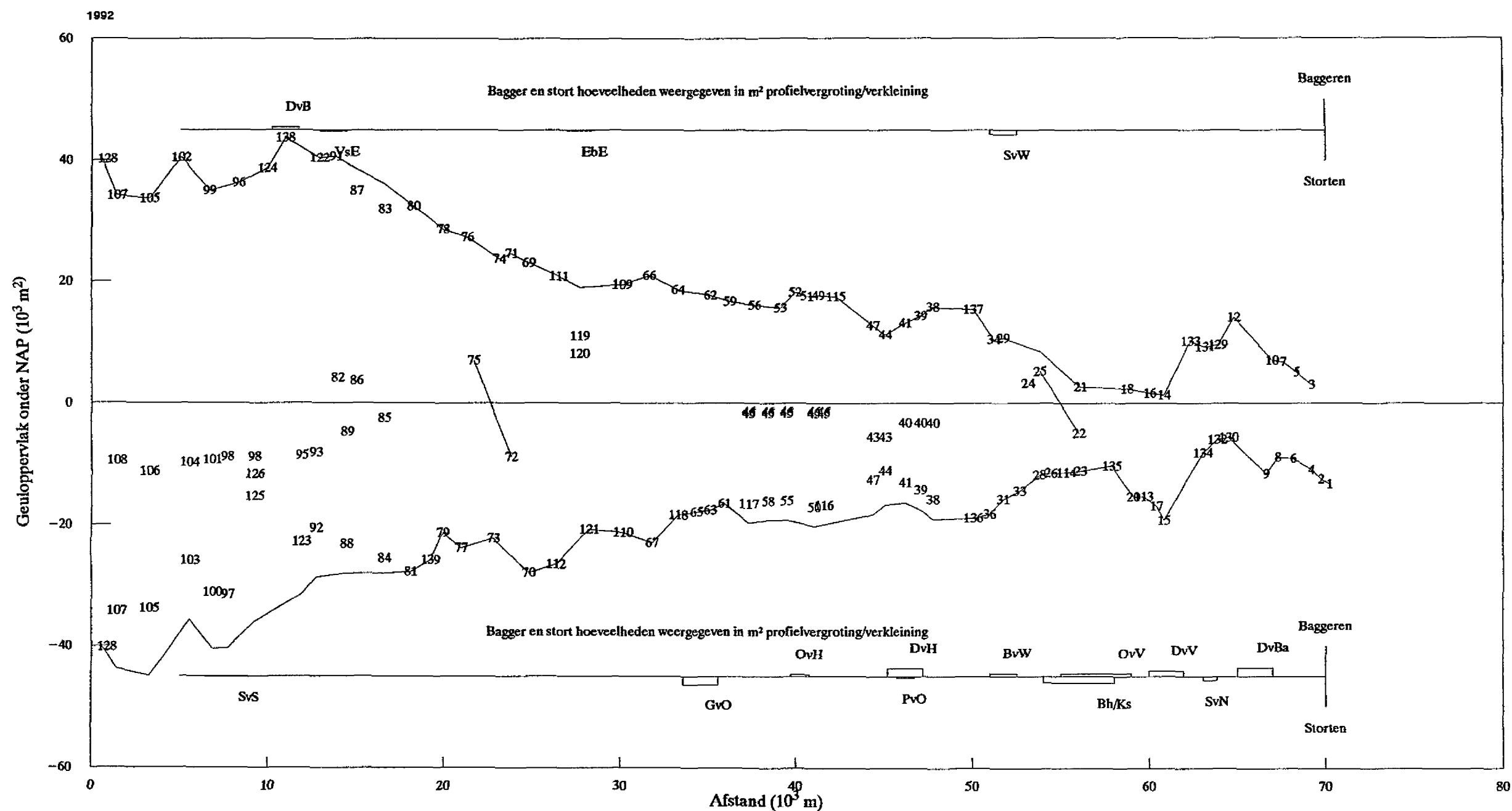
INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

datum : januari 1994

Verloop doorstroomprofiel v.h. estuarium situatie 1977/78,
 zie figuur 5.2a t/m c voor de lokatie van de profielen
 Bagger en stortgegevens gebaseerd op jaargem. 1976-80

projekt : 940

figuur : 5.15



Baggergebieden:

DvB: Drempel van Borssele
 OvH: Overloop van Hansweert
 DvH: Drempel van Hansweert
 BvW: Bocht van Walsoorden
 OvV: Overloop van Valkenisse
 DvV: Drempel van Valkenisse
 DvBa: Drempel van Bath

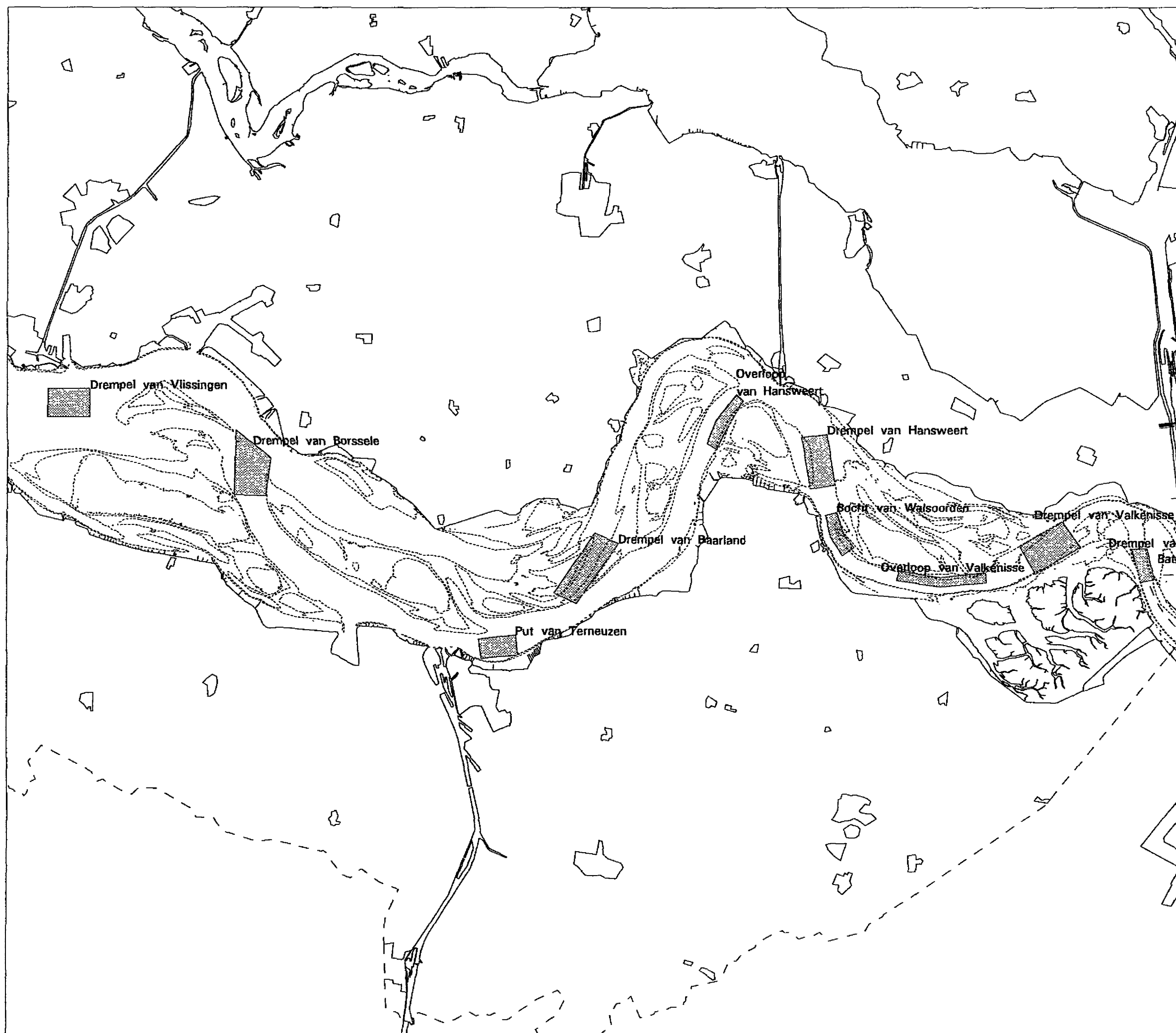
Stortgebieden:

SvS: Schaar van Spijkerplaat
 VsE: Vloedschaar Everingen
 EbE: Ebschaar Everingen
 GvO: Gat van Ossensisse
 PvO: Platen van Ossensisse
 SvW: Schaar van Waarde
 Bh/Ks: Baalhoek, Konijnenschor
 SvN: Schaar van de Noord

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Verloop doorstroomprofiel v.h. estuarium situatie 1992, zie figuur 5.3a t/m c voor de lokatie van de profielen. Bagger en stortgegevens gebaseerd op jaargem. 1986-90	project : 940
	figuur : 5.16

Westerschelde 1992

Drempels



Schaal 1:150000

INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

Oostwest
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat
Arc-Info applicatie PlotGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard

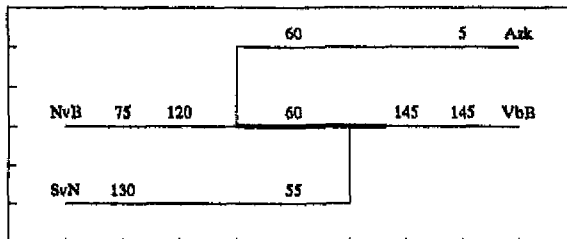
datum : januari 1994

projekt : 940

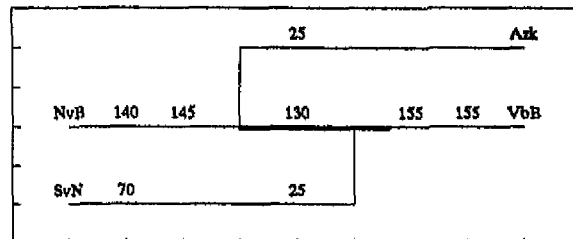
figuur : 6.1

Drempel van Bath ca 1977

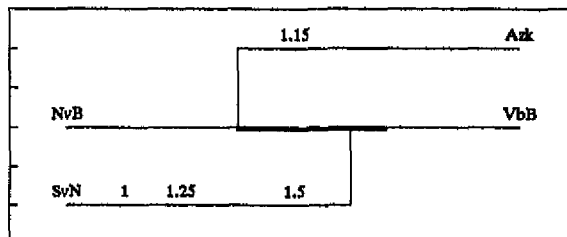
Vloedvolumes ($10^6 m^3$)



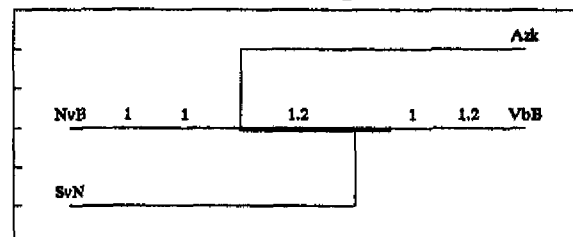
Ebvolumes ($10^6 m^3$)



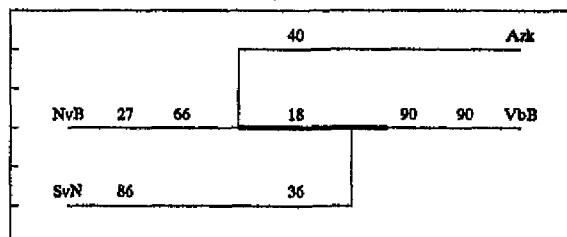
P-waarden Vloedgeulen



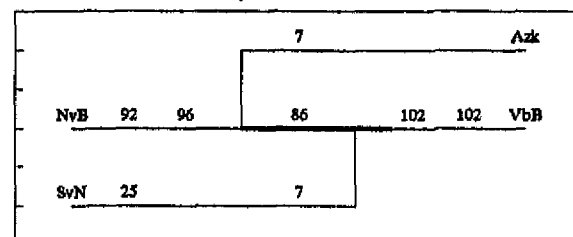
P-waarden Ebgeulen



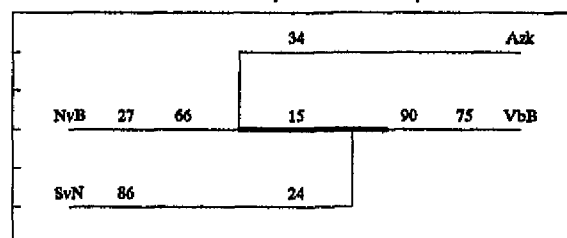
Vloed-impuls met $P=1$



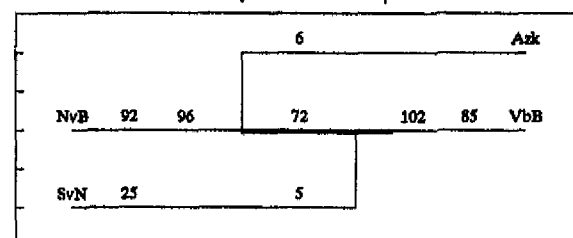
Eb-impuls met $P=1$



Vloed-impuls met $P \neq 1$



Eb-impuls met $P \neq 1$



Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: -ca 34% totale raaidetlet -ca 72% totale raaidetlet
-ca 23% totale aankomende impuls -ca 71% totale aankomende impuls

NvB; Nauw van Bath, SvN; Schaar van de Noord
Azk; Appelzak, VbB; Vaarwater boven Bath

INGENIEURSBUREAU / SVAŠEK B.V.

datum : januari 1994

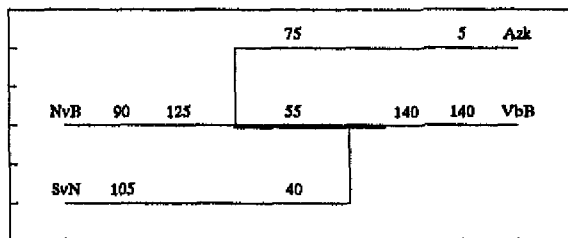
Impulsbalans drempel van Bath, situatie ca 1977

projekt : 940

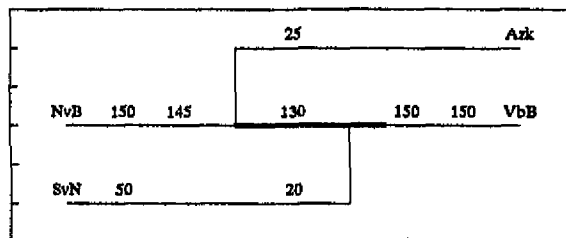
figuur : 6.2a

Drempel van Bath ca 1990

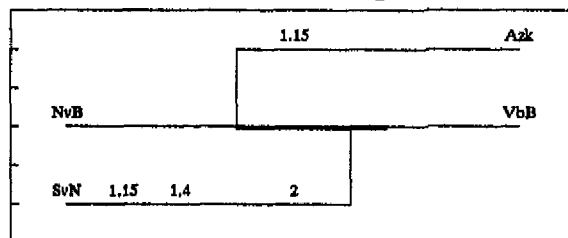
Vloedvolumes ($10^6 m^3$)



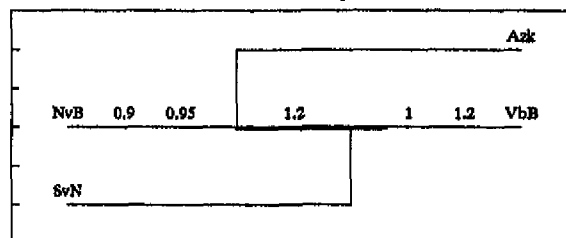
Ebvolumes ($10^6 m^3$)



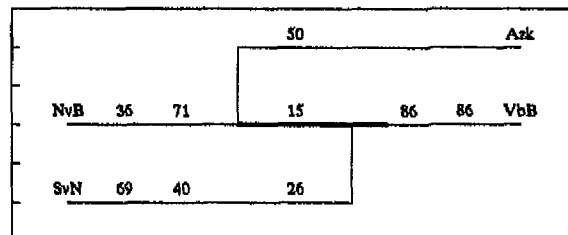
P-waarden Vloedgeulen



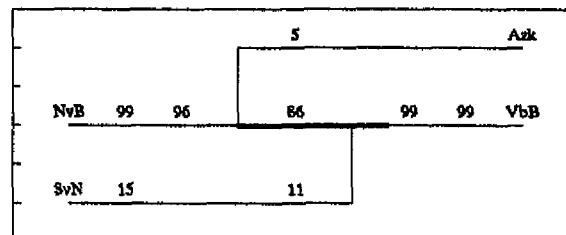
P-waarden Ebgeulen



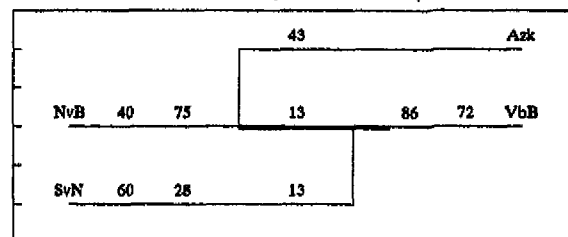
Vloed-Impuls met $P=1$



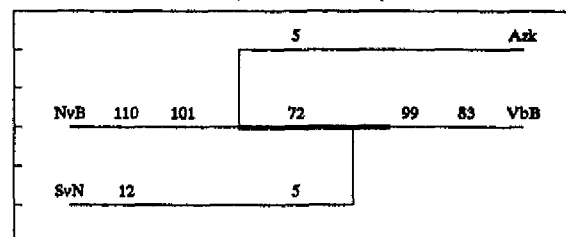
Eb-Impuls met $P=1$



Vloed-Impuls met $P \neq 1$



Eb-Impuls met $P \neq 1$



Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel - ca 32% totale raaidebiet - ca 74% totale raaidebiet
- ca 17% totale aankomende impuls - ca 71% totale aankomende impuls

NvB; Nauw van Bath, SvN; Schaar van de Noord
Azk; Appelizak, VbB; Vaarwater boven Bath

INGENIEURSBUREAU / SVAŠEK B.V.

datum : januari 1994

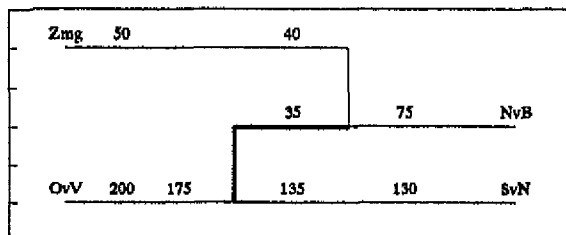
Impulsbalans drempel van Bath, situatie ca 1990

projekt : 940

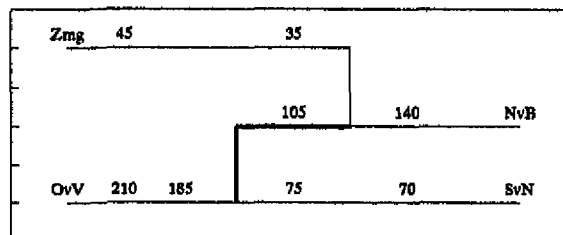
figuur : 6.2b

Drempel van Valkenisse ca 1980

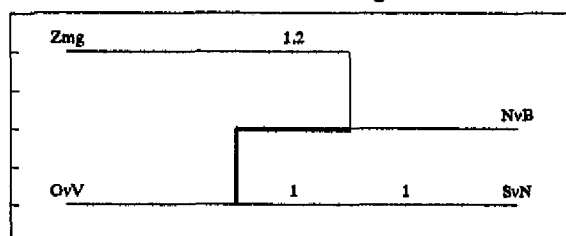
Vloedvolumes ($10^6 m^3$)



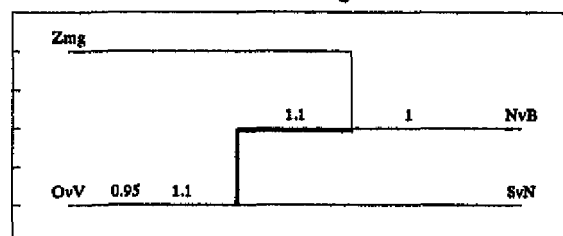
Ebvolumes ($10^6 m^3$)



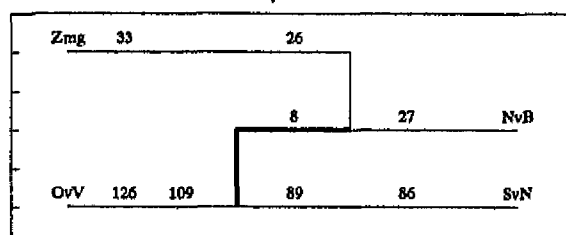
P-waarden Vloedgeulen



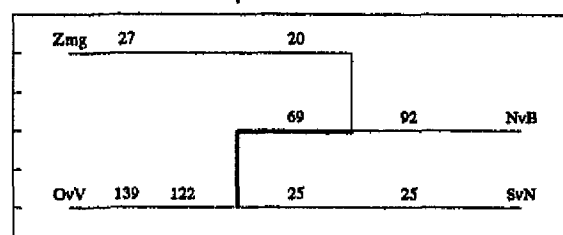
P-waarden Ebgeulen



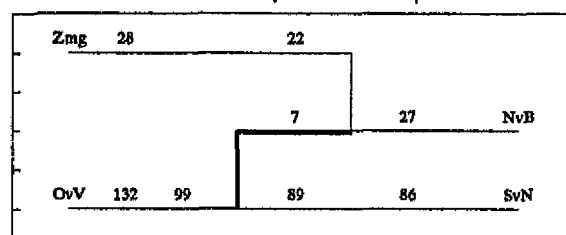
Vloed-Impuls met $P=1$



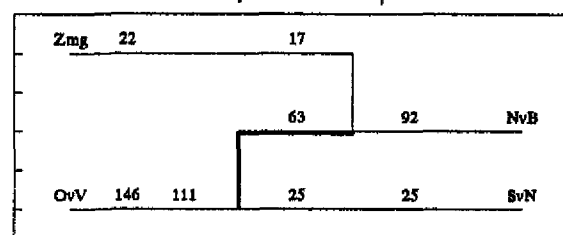
Eb-Impuls met $P=1$



Vloed-Impuls met $P \neq 1$



Eb-Impuls met $P \neq 1$



Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel — ca 17% totale raaldebiet

— ca 49% totale raaldebiet

— ca 6% totale aankomende impuls — ca 54% totale aankomende impuls

Zmg; Zimmermangeul, OvV; Overloop van Valkenisse

NvB; Nauw van Bath, SvN; Schaar van de Noord

INGENIEURSBUREAU / SVASEK B.V.

datum : januari 1994

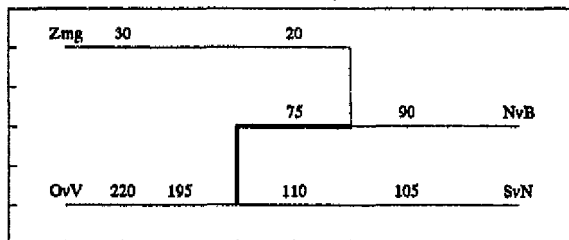
Impulsbalans drempel van Valkenisse, situatie ca 1980

projekt : 940

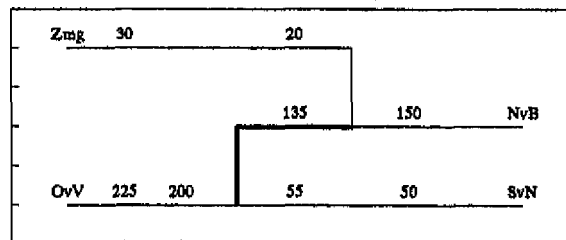
figuur : 6.3a

Drempel van Valkenisse ca 1990

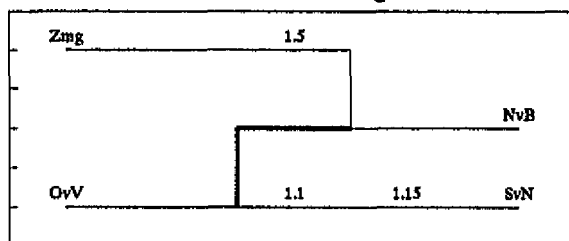
Vloedvolumes ($10^6 m^3$)



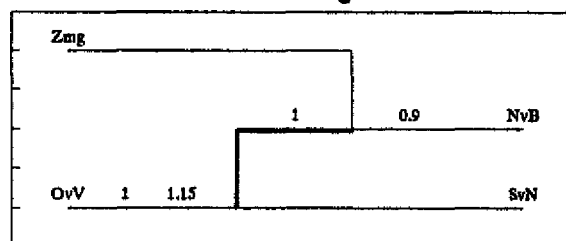
Ebvolumes ($10^6 m^3$)



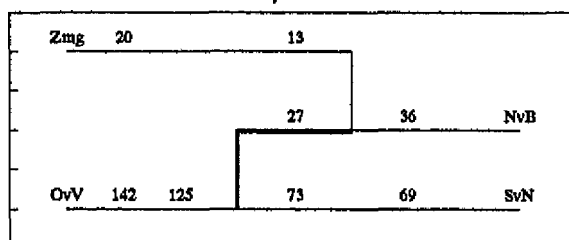
P-waarden Vloedgeulen



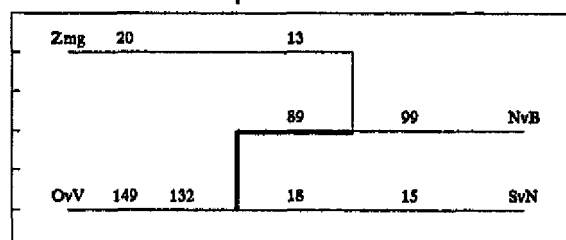
P-waarden Ebgeulen



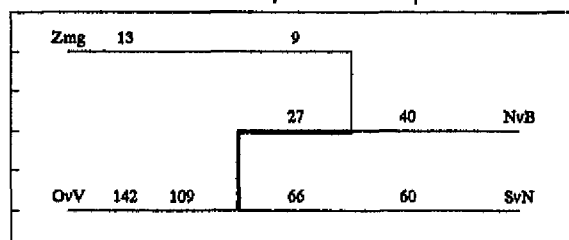
Vloed-Impuls met $P=1$



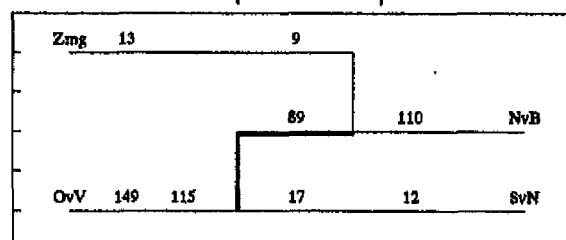
Eb-Impuls met $P=1$



Vloed-Impuls met $P \neq 1$



Eb-Impuls met $P \neq 1$



Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel - ca 37% totale raaldebiet

- ca 64% totale raaldebiet

- ca 23% totale aankomende impuls - ca 70% totale aankomende impuls

Zmg; Zimmermangeul, OvV; Overloop van Valkenisse

NvB; Nauw van Bath, SvN; Schaar van de Noord

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.

datum : januari 1994

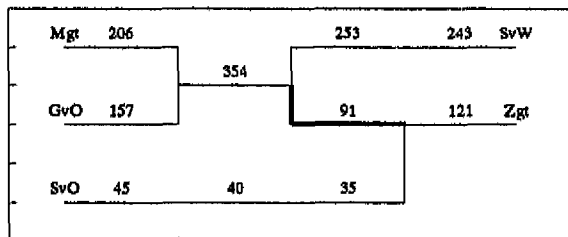
Impulsbalans drempel van Valkenisse, situatie ca 1990

projekt : 940

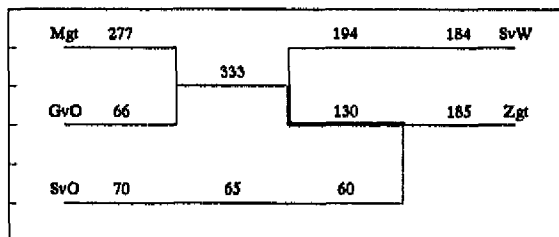
figuur : 6.3b

Drempel van Hansweert ca 1960

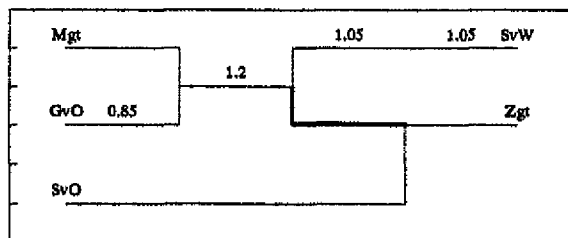
Vloedvolumes ($10^6 m^3$)



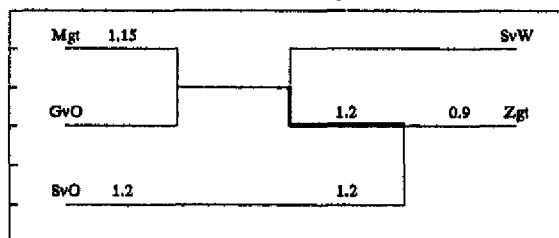
Ebvolumes ($10^6 m^3$)



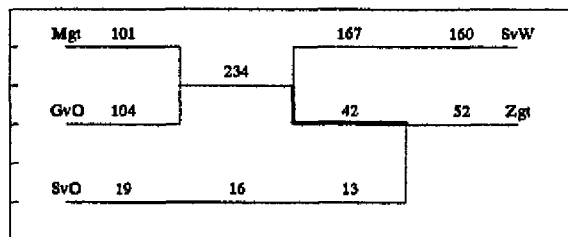
P-waarden Vloedgeulen



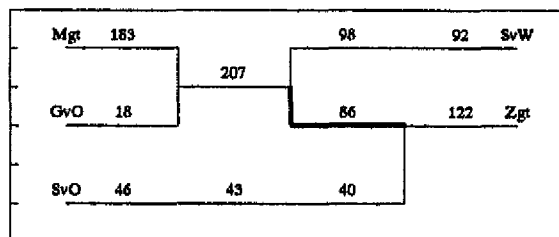
P-waarden Ebgeulen



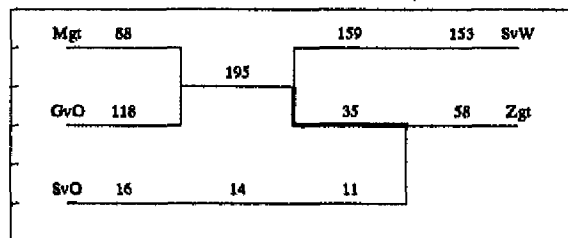
Vloed-Impuls met $P=1$



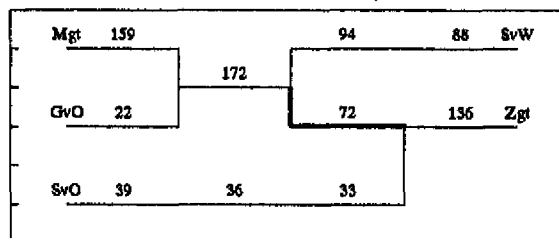
Eb-Impuls met $P=1$



Vloed-Impuls met $P \neq 1$



Eb-Impuls met $P \neq 1$



Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: - ca 24% totale raaidbiet

- ca 34% totale raaidbiet

- ca 18% totale aankomende impuls - ca 32% totale aankomende impuls

Mgt; Middelgat, GvO; Gat van Ossensisse, SvO; Schaar van Ossensisse

SvW; Schaar van Waarde, Zgt; Zuidergat

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.

datum : januari 1994

Impulsbalans drempel van Hansweert, situatie ca 1960

projekt : 940

figuur : 6.4a

Drempel van Hansweert ca 1975

Vloedvolumes ($10^6 m^3$)

Mgt	171		214	204	SvW
		375			
GvO	214		154	174	Zgt
SvO	35	30	25		

Ebvolumes ($10^6 m^3$)

Mgt	228		163	153	SvW
		355			
GvO	137		185	230	Zgt
SvO	60	55	50		

P-waarden Vloedgeulen

Mgt			0.9	0.9	SvW
		0.95			
GvO	0.9				Zgt
SvO					

P-waarden Ebgeulen

Mgt	1.2				SvW
GvO			1.2	0.9	Zgt
SvO	1.2		1.2		

Vloed-impuls met $P=1$

Mgt	85		141	135	SvW
		248			
GvO	141		85	87	Zgt
SvO	13	11	8		

Eb-impuls met $P=1$

Mgt	150		82	76	SvW
		222			
GvO	58		122	152	Zgt
SvO	40	36	33		

Vloed-impuls met $P \neq 1$

Mgt	71		157	150	SvW
		261			
GvO	157		71	97	Zgt
SvO	11	9	7		

Eb-impuls met $P \neq 1$

Mgt	125		91	84	SvW
		233			
GvO	64		102	169	Zgt
SvO	33	30	28		

Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: -ca 39% totale raaidebiet

-ca 46% totale raaidebiet

-ca 27% totale aankomende impuls -ca 40% totale aankomende impuls

Mgt; Middelgat, GvO; Gat van Ossensisse, SvO; Schaar van Ossensisse
SvW; Schaar van Waarde, Zgt; Zuidergat

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.

datum : januari 1994

Impulsbalans drempel van Hansweert, situatie ca 1975

projekt : 940

figuur : 6.4b

Drempel van Hansweert ca 1990

Vloedvolumes ($10^6 m^3$)

Mgt	149		210	200	150	SvW
		385				
GvO	246		166	181	211	Zgt
SvO	30	25	20			

Ebvolumes ($10^6 m^3$)

Mgt	197		184	174	124	SvW
		375				
GvO	188		182	212	242	Zgt
SvO	45	40	35			

P-waarden Vloedgeulen

Mgt			1.1	1.1	1.15	SvW
		0.95				
GvO	0.95					Zgt
SvO						

P-waarden Ebgeulen

Mgt	1.25					SvW
GvO			1.2	1	0.9	Zgt
SvO	1.2	1.2	1.2			

Vloed-impuls met $P=1$

Mgt	74		139	132	99	SvW
		254				
GvO	162		100	102	121	Zgt
SvO	13	10	8			

Eb-impuls met $P=1$

Mgt	130		106	100	68	SvW
		241				
GvO	95		120	140	160	Zgt
SvO	30	26	23			

Vloed-impuls met $P \neq 1$

Mgt	59		126	120	86	SvW
		267				
GvO	171		83	102	135	Zgt
SvO	11	9	6			

Eb-impuls met $P \neq 1$

Mgt	104		97	91	59	SvW
		254				
GvO	100		100	140	177	Zgt
SvO	25	22	19			

Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: - ca 42% totale raaidebiet - ca 45% totale raaidebiet
- ca 31% totale aankomende impuls - ca 43% totale aankomende impuls

Mgt; Middelgat, GvO; Gat van Ossensisse, SvO; Schaar van Ossensisse
SvW; Schaar van Waarde, Zgt; Zuidergat

INGENIEURSBUREAU / SVASEK B.V.

datum : januari 1994

Impulsbalans drempel van Hansweert, situatie ca 1990

projekt : 940

figuur : 6.4c

Drempel van Baarland ca 1960

Vloedvolumes ($10^6 m^3$)

Ev	376	349	266	EbE	130	280	269	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			70		125	161		
PvT	304		282		325		271	244
							GvO	

Ebvolumes ($10^6 m^3$)

Ev	308	281	173	EbE	85	354	343	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			100		77	280		
PvT	376		354		427		201	174
							GvO	

P-waarden Vloedgeulen

Ev	0.95	0.95	1.05	EbE	1			Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
					0.9			
PvT						1.15	1	GvO

P-waarden Ebgeulen

Ev				EbE	1	1		Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			1		1.05			
PvT	0.9		1		0.85			GvO

Vloed-Impuls met $P=1$

Ev	248	230	176	EbE	86	146	139	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			32		83	61		
PvT	162		148		163		179	161
							GvO	

Eb-Impuls met $P=1$

Ev	167	149	74	EbE	37	234	226	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			66		31	185		
PvT	248		234		282		98	82
							GvO	

Vloed-Impuls met $P \neq 1$

Ev	261	242	167	EbE	86	146	139	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			32		92	58		
PvT	180		148		192		156	161
							GvO	

Eb-Impuls met $P \neq 1$

Ev	175	157	71	EbE	37	234	226	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			66		35	176		
PvT	276		234		332		86	82
							GvO	

Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: - ca 29% totale raaldebiet - ca 49% totale raaldebiet
- ca 16% totale aankomende impuls - ca 55% totale aankomende impuls

Ev; Everingen, PvT; Pas van Terneuzen, Z-Ev; Zuid Everingen, SvW; Straatje van Willem
EbE; Ebschaar naar de Everingen, Mgt; Middelgat, GvO; Gat van Ossenisse

INGENIEURSBUREAU / S VASEK B.V.

datum : januari 1994

Impulsbalans drempel van Baarland, situatie ca 1960

projekt : 940

figuur : 6.5a

Drempel van Baarland ca 1975

Vloedvolumes ($10^6 m^3$)

Ev	413	386	303	EbE	138	246	235	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			70		150	115		
PvT	280		258		306		320	293 GvO

Ebvolumes ($10^6 m^3$)

Ev	366	339	216	EbE	146	303	292	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			110		65	168		
PvT	332		310		393		267	240 GvO

P-waarden Vloedgeulen

Ev	0.95	1.05	1	EbE				Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
					1			
PvT							1	0.9 GvO

P-waarden Ebgeulen

Ev				EbE	1.1	1.1	1.05	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			1			1		
PvT	0.95		1.1		1			GvO

Vloed-Impuls met $P=1$

Ev	273	255	200	EbE	86	132	125	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			29		99	52		
PvT	156		142		157		211	193 GvO

Eb-Impuls met $P=1$

Ev	214	196	102	EbE	96	200	193	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			73		19	111		
PvT	219		205		259		147	130 GvO

Vloed-Impuls met $P \neq 1$

Ev	287	243	200	EbE	78	120	119	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			29		99	52		
PvT	164		129		157		211	215 GvO

Eb-Impuls met $P \neq 1$

Ev	225	187	102	EbE	88	182	184	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			73		19	111		
PvT	231		186		259		147	144 GvO

Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: - ca 18% totale raaidebiet

- ca 29% totale raaidebiet

- ca 16% totale aankomende impuls - ca 34% totale aankomende impuls

Ev; Everingen, PvT; Pas van Terneuzen, Z-Ev; Zuid Everingen, SvW; Straatje van Willem
EbE; Ebschaar naar de Everingen, Mgt; Middelgat, GvO; Gat van Ossensisse

INGENIEURSBUREAU / SVAŠEK B.V.

datum : januari 1994

Impulsbalans drempel van Baarland, situatie ca 1975

projekt : 940

figuur : 6.5b

Drempel van Baarland ca 1990

Vloedvolumes ($10^6 m^3$)

Ev	398	371	288	EbE	154	221	210	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			70		123	78		
PvT	296		274		317		337	310
							GvO	

Ebvolumes ($10^6 m^3$)

Ev	330	303	180	EbE	134	268	257	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			110		36	145		
PvT	369		347		430		296	269
							GvO	

P-waarden Vloedgeulen

Ev	0.9	1.05	1.1	EbE	1.05			Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
					1			
PvT							0.9	0.85
							GvO	

P-waarden Ebgeulen

Ev				EbE		1.1	1.1	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			1			0.95		
PvT	0.9		0.95		0.9			GvO
							GvO	

Vloed-impuls met $P=1$

Ev	263	245	190	EbE	102	120	113	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			29		81	28		
PvT	157		143		154		222	205
							GvO	

Eb-impuls met $P=1$

Ev	181	163	74	EbE	77	177	170	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			73		7	96		
PvT	243		229		284		172	154
							GvO	

Vloed-impuls met $P \neq 1$

Ev	292	233	173	EbE	97	109	113	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			29		81	29		
PvT	174		150		171		247	241
							GvO	

Eb-impuls met $P \neq 1$

Ev	201	156	68	EbE	73	161	170	Mgt
			Z-Ev		SvW			Mgt
			73		7	101		
PvT	271		241		315		191	181
							GvO	

Drempelgebied

Drempelgebied

Drempel: - ca 14% totale raaidet - ca 25% totale raaidet
- ca 8% totale aankomende impuls - ca 29% totale aankomende impuls

Ev; Everingen, PvT; Pas van Terneuzen, Z-Ev; Zuid Everingen, SvW; Straatje van Willem
EbE; Ebschaar naar de Everingen, Mgt; Middelgat, GvO; Gat van Ossensisse

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.

datum : januari 1994

Impulsbalans drempel van Baarland, situatie ca 1990

project : 940

figuur : 6.5c

APPENDIX 1

"Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden
in de Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992"

Drsn	X-coord. geulas in R.D. (m)	Y-coord. geulas in R.D. (m)	Geulopp onder NAP (m ²)	Stroom- voerend geulopp (m ²)	Karakt. geul- breedte (m)	Karakt. geul- diepte (m)	Geul- scheef- heid	Stroom- voerend verm. (m ^{8/3})
32	62880	378785	3331	2704	575	4.7	0.46	8588
33	63433	376788	9599	7595	441	17.2	0.44	56955
34	62331	377117	11661	9566	660	14.5	0.38	65836
35	61342	377870	12458	9932	772	12.9	0.35	65681
36	62825	380327	16020	13469	1487	9.1	0.38	66494
37	60946	379214	17042	12867	736	17.5	0.25	111595
38	60747	379928	12671	10326	1013	10.2	0.46	56868
39	62252	380842	16628	14146	1342	10.5	0.45	76265
40	61552	381673	17134	14677	1111	13.2	0.48	91649
41	60995	382430	17221	14782	1078	13.7	0.46	94644
42	60375	381037	9866	8442	922	9.2	0.45	43316
43	60074	381860	8026	6608	623	10.6	0.47	36346
44	59626	380368	4345	3153	364	8.7	0.36	15560
45	58981	380546	4945	3970	710	5.6	0.20	16700
46	58476	381573	1946	1624	372	4.4	0.46	4860
47	58197	380881	4608	3829	538	7.1	0.39	16140
48	57819	382069	1759	1332	263	5.1	0.50	4480
49	57665	381293	4578	3417	682	5.0	0.36	11777
50	60274	383090	24650	21160	1447	14.6	0.34	144542
51	58549	384141	28944	24331	961	25.3	0.38	237130
52	57760	384987	22400	19191	1160	16.5	0.34	144332
53	56623	385665	22164	19009	1252	15.2	0.30	135972
54	55225	385615	23301	19368	904	21.4	0.35	178555
55	54171	384803	20623	16863	650	25.9	0.43	167392
56	53664	383616	19215	15971	622	25.7	0.42	158807
57	56482	383804	2414	1979	319	6.2	0.46	7506
58	55441	383605	2900	2375	487	4.9	0.37	8354
59	54936	383070	3794	3184	852	3.7	0.36	9080
60	56846	383108	8639	7173	537	13.4	0.39	46557
61	55892	380964	15414	12373	644	19.2	0.47	99437
62	55583	380274	16571	13923	658	21.2	0.42	119377

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde 1960/61	projekt : 940
	Appendix: 1a

Drsn	X-coord. geulas in R.D. (m)	Y-coord. geulas in R.D. (m)	Geulopp onder NAP (m ²)	Stroom- voerend geulopp (m ²)	Karakt. geul- breedte (m)	Karakt. geul- diepte (m)	Geul- scheef- heid	Stroom- voerend verm. (m ^{8/3})
94	39845	380783	40058	32965	1274	25.9	0.47	329978
95	39149	378235	20302	16859	1036	16.3	0.47	121455
96	40022	375121	4453	3799	552	6.9	0.43	15969
97	38660	375742	5726	4628	275	16.8	0.49	34599
98	36984	377484	10282	8675	737	11.8	0.48	50572
99	36270	377943	9565	7529	569	13.2	0.45	49873
100	34634	378218	9990	8571	767	11.2	0.42	48227
101	33199	378208	10609	9007	688	13.1	0.26	59767
102	31880	378696	9011	7343	356	20.6	0.39	63310
103	38189	382565	53413	42199	1817	23.2	0.18	534128
104	37121	383781	45833	37935	1410	26.9	0.45	392935
105	35607	384611	43125	33824	1640	20.6	0.49	294635
106	33310	384813	29939	24687	615	40.2	0.37	332886
107	35676	381862	13462	11559	1318	8.8	0.28	57899
108	34872	381660	22215	16686	1637	10.2	0.36	93216
109	33419	382360	37091	30904	2369	13.0	0.42	194549
110	35835	379981	3466	2752	415	6.6	0.27	12162
111	35268	380307	5280	3328	385	8.6	0.34	16266
112	38518	379444	17976	15191	886	17.1	0.48	113119
113	31025	379119	9542	7912	316	25.0	0.32	79001
114	29785	379911	9673	8244	605	13.6	0.49	52600
115	28524	380882	9738	8442	624	13.5	0.37	54730
116	30857	383279	68478	58843	2661	22.1	0.48	521769
117	28874	382754	66516	39683	1831	21.7	0.44	349605
118	71478	379388	8854	7190	618	11.6	0.25	52453
119	52180	378310	25836	21724	1635	13.3	0.48	141639
120	50492	376510	4174	3510	904	3.9	0.48	9891
121	50501	377576	6868	5611	688	8.2	0.38	26943
122	50895	379174	2637	2116	477	4.4	0.28	7162
123	37950	376109	4864	4068	293	13.9	0.43	26691
124	41884	381266	5729	4425	371	11.9	0.25	29375

INGENIEURSBUREAU **SVASEK** B.V.

datum : januari 1994

Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde 1960/61

projekt : 940

Appendix: 1a

Drsn	X-coord. geulas in R.D. (m)	Y-coord. geulas in R.D. (m)	Geulopp onder NAP (m ²)	Stroom- voerend geulopp (m ²)	Karakt. geul- breedte (m)	Karakt. geul- diepte (m)	Geul- scheef- heid	Stroom- voerend verm. (m ^{8/3})
125	41224	381476	4398	2664	210	12.7	0.40	16666
126	73594	376483	5881	4871	345	14.1	0.44	32272
127	72553	378392	2994	2568	882	2.9	0.23	6481
128	71317	378141	6042	4747	781	6.1	0.46	17817
129	56549	382657	9166	7589	624	12.2	0.39	45964
130	52499	376436	24434	21290	1160	18.4	0.44	166069
131	52529	379760	23183	20074	1258	16.0	0.46	142601
132	38355	382417	48522	39469	958	41.2	0.40	540168
133	34321	384956	36450	29973	1234	24.3	0.43	305702
134	37104	376938	6130	5218	526	9.9	0.31	28081

--

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde 1960/61	projekt : 940
	Appendix: 1a

Drsn	X-coord. geulas in R.D. (m)	Y-coord. geulas in R.D. (m)	Geulopp onder NAP (m ²)	Stroom- voerend geulopp (m ²)	Karakt. geul- breedte (m)	Karakt. geul- diepte (m)	Geul- scheef- heid	Stroom- voerend verm. (m ^{8/3})
1	74970	374476	13438	11522	740	15.6	0.49	80341
2	74485	374827	12838	10764	637	16.9	0.38	81236
3	73968	375519	11100	9258	584	15.9	0.33	69132
4	75167	375995	985	819	216	3.8	0.48	2234
5	74350	376637	5067	4543	1130	4.0	0.25	14102
6	73703	376290	9640	7814	521	15.0	0.43	53487
7	73398	377330	9772	8332	642	13.0	0.37	53330
8	74344	377538	7077	6194	1161	5.3	0.49	21394
9	73934	378915	3117	2065	293	7.1	0.42	8748
10	73167	378559	11954	8809	664	13.3	0.50	56339
11	72650	379354	11884	9849	542	18.2	0.40	77184
12	71871	379485	9180	7391	393	18.8	0.48	58779
13	72262	378170	5771	4926	1144	4.3	0.50	14805
14	71014	379172	8563	6995	368	19.0	0.42	56794
15	69573	378632	1843	1568	574	2.7	0.36	3669
16	68343	379027	3076	2471	258	9.6	0.48	12549
17	69721	377603	17524	14860	934	15.9	0.42	105563
18	68501	376956	13419	11277	803	14.1	0.39	75091
19	67204	376597	10572	9008	609	14.8	0.45	61020
20	65483	376306	11167	8881	557	15.9	0.37	64280
21	64268	376419	10296	8050	455	17.7	0.35	64293
22	67553	379299	2923	2342	218	10.7	0.42	12820
23	66628	379413	3737	3115	462	6.7	0.28	13752
24	65591	379169	4274	3526	601	5.9	0.41	13009
25	67409	378396	1838	1593	644	2.5	0.43	3519
26	66509	378231	3830	3213	794	4.0	0.36	9384
27	65400	378077	4610	3792	513	7.4	0.45	16287
28	64778	379128	5201	4110	673	6.1	0.45	16568
29	64496	378400	2624	2013	204	9.9	0.46	10497
30	63465	378558	723	533	139	3.8	0.39	1498
31	63380	376690	10949	8628	473	18.2	0.38	68644

INGENIEURSBUREAU S VASEK B.V.	datum : januari 1994
Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde 1977/78	project : 940
	Appendix: 1b

DATE	DESCRIPTION	AMOUNT	CHECK NO.	BANK	INITIALS
10/1/20	DEPOSIT	100.00			
10/5/20	PAYROLL	50.00	101		
10/10/20	RENT	200.00	102		
10/15/20	SALES	75.00			
10/20/20	UTILITIES	30.00	103		
10/25/20	DEPOSIT	150.00			
10/30/20	PAYROLL	50.00	104		
11/5/20	RENT	200.00	105		
11/10/20	SALES	80.00			
11/15/20	UTILITIES	35.00	106		
11/20/20	DEPOSIT	160.00			
11/25/20	PAYROLL	55.00	107		
11/30/20	RENT	210.00	108		
12/5/20	SALES	85.00			
12/10/20	UTILITIES	40.00	109		
12/15/20	DEPOSIT	170.00			
12/20/20	PAYROLL	60.00	110		
12/25/20	RENT	220.00	111		
12/30/20	SALES	90.00			
1/5/21	UTILITIES	45.00	112		
1/10/21	DEPOSIT	180.00			
1/15/21	PAYROLL	65.00	113		
1/20/21	RENT	230.00	114		
1/25/21	SALES	95.00			
1/30/21	UTILITIES	50.00	115		
2/5/21	DEPOSIT	190.00			
2/10/21	PAYROLL	70.00	116		
2/15/21	RENT	240.00	117		
2/20/21	SALES	100.00			
2/25/21	UTILITIES	55.00	118		
2/28/21	DEPOSIT	200.00			
3/5/21	PAYROLL	75.00	119		
3/10/21	RENT	250.00	120		
3/15/21	SALES	105.00			
3/20/21	UTILITIES	60.00	121		
3/25/21	DEPOSIT	210.00			
3/30/21	PAYROLL	80.00	122		
3/31/21	RENT	260.00	123		
4/5/21	SALES	110.00			
4/10/21	UTILITIES	65.00	124		
4/15/21	DEPOSIT	220.00			
4/20/21	PAYROLL	85.00	125		
4/25/21	RENT	270.00	126		
4/30/21	SALES	115.00			
5/5/21	UTILITIES	70.00	127		
5/10/21	DEPOSIT	230.00			
5/15/21	PAYROLL	90.00	128		
5/20/21	RENT	280.00	129		
5/25/21	SALES	120.00			
5/30/21	UTILITIES	75.00	130		
5/31/21	DEPOSIT	240.00			
6/5/21	PAYROLL	95.00	131		
6/10/21	RENT	290.00	132		
6/15/21	SALES	125.00			
6/20/21	UTILITIES	80.00	133		
6/25/21	DEPOSIT	250.00			
6/30/21	PAYROLL	100.00	134		
6/31/21	RENT	300.00	135		
7/5/21	SALES	130.00			
7/10/21	UTILITIES	85.00	136		
7/15/21	DEPOSIT	260.00			
7/20/21	PAYROLL	105.00	137		
7/25/21	RENT	310.00	138		
7/30/21	SALES	135.00			
7/31/21	UTILITIES	90.00	139		
8/5/21	DEPOSIT	270.00			
8/10/21	PAYROLL	110.00	140		
8/15/21	RENT	320.00	141		
8/20/21	SALES	140.00			
8/25/21	UTILITIES	95.00	142		
8/30/21	DEPOSIT	280.00			

INGENIEURSBUREAU / S VASEK B.V.	datum : januari 1994
Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerscheide 1977/78	projekt : 940
	Appendix: 1b

[illegible]

Drsn	X-coord. geulas in R.D. (m)	Y-coord. geulas in R.D. (m)	Geulopp onder NAP (m ²)	Stroom- voerend geulopp (m ²)	Karakt. geul- breedte (m)	Karakt. geul- diepte (m)	Geul- scheef- heid	Stroom- voerend verm. (m ^{8/3})
124	70807	378047	7943	6896	912	7.6	0.43	29726
125	66233	376456	10509	8685	576	15.1	0.35	61471
126	55707	380745	18244	15469	706	21.9	0.47	135328
127	37356	383559	42606	35633	1264	28.2	0.49	379672
128	35524	384738	36168	30936	1356	22.8	0.42	286133
129	38436	379434	20833	17856	1115	16.0	0.46	128947
130	28533	380885	7616	6514	519	12.6	0.38	39882

--

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde 1977/78	projekt : 940
	Appendix: 1b

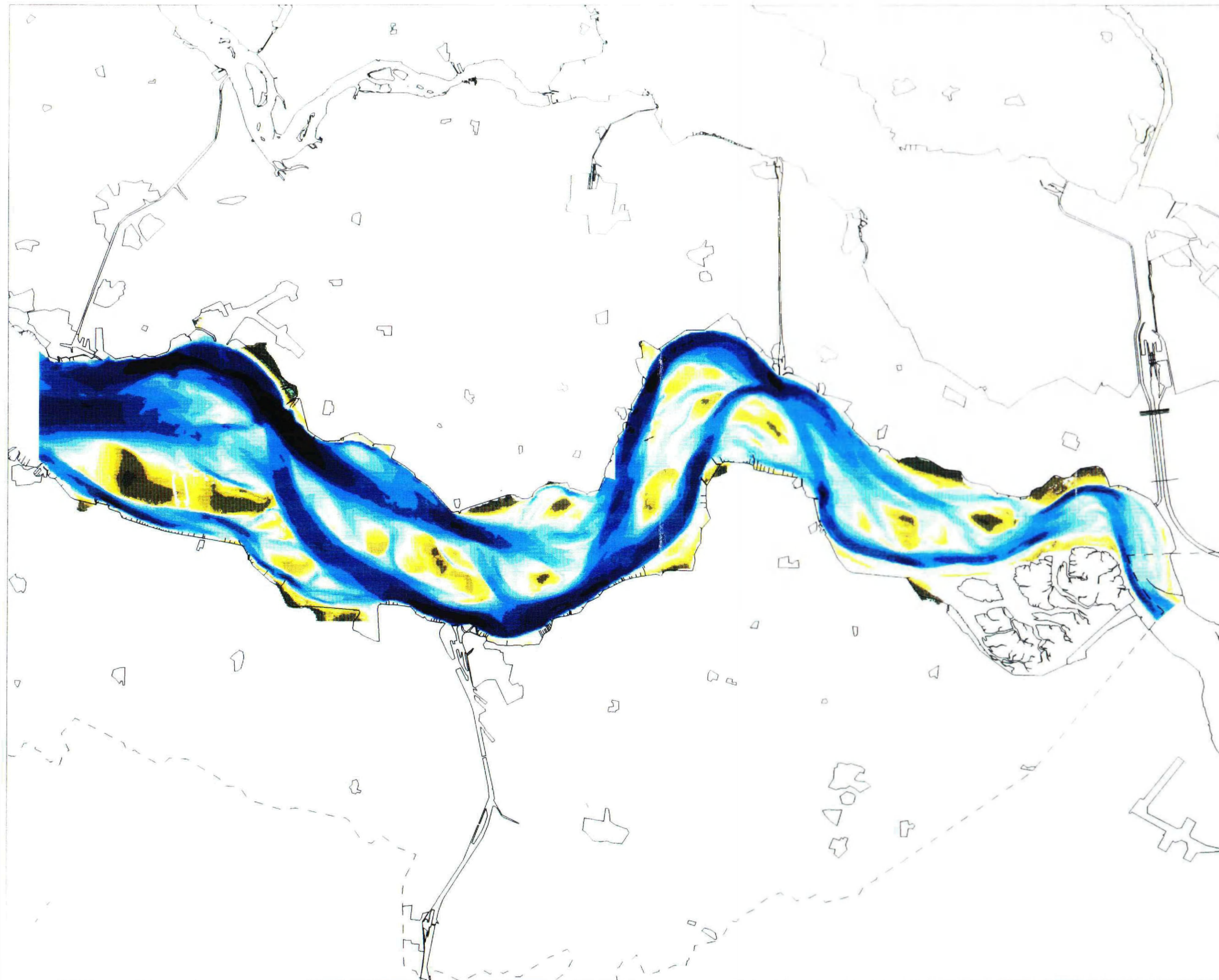
Drsn	X-coord. geulas in R.D. (m)	Y-coord. geulas in R.D. (m)	Geulopp onder NAP (m ²)	Stroom- voerend geulopp (m ²)	Karakt. geul- breedte (m)	Karakt. geul- diepte (m)	Geul- scheef- heid	Stroom- voerend verm. (m ^{8/3})
125	36329	382612	15361	11621	592	19.6	0.45	95290
126	35849	381231	11721	9979	1620	6.2	0.39	38797
127	30165	379499	8747	7425	545	13.6	0.40	47728
128	28611	383026	80397	70310	3910	18.0	0.44	559232
129	72127	379504	9547	7712	423	18.2	0.50	59819
130	72095	378584	5667	4654	863	5.4	0.42	16013
131	71390	379409	9200	7413	365	20.3	0.45	62334
132	71632	378715	5988	5317	1032	5.2	0.41	17766
133	70737	378948	10080	8150	412	19.8	0.44	67276
134	71080	378380	8177	6512	666	9.8	0.40	33910
135	66832	376412	10357	8564	454	18.9	0.46	67927
136	60802	379649	18833	15845	953	16.6	0.35	118291
137	62539	380854	15368	8225	1015	8.1	0.48	37129
138	37876	383057	43734	36536	982	37.2	0.38	470405
139	42735	375374	25759	22090	1148	19.2	0.45	177694

--

INGENIEURSBUREAU SVASEK B.V.	datum : januari 1994
Morfologische kentallen van diverse geuldoorsneden in de Westerschelde 1992	projekt : 940
	Appendix: 1c

APPENDIX 2

"Diepteligging Westerschelde in 1960/61, 1977/78 en 1992"

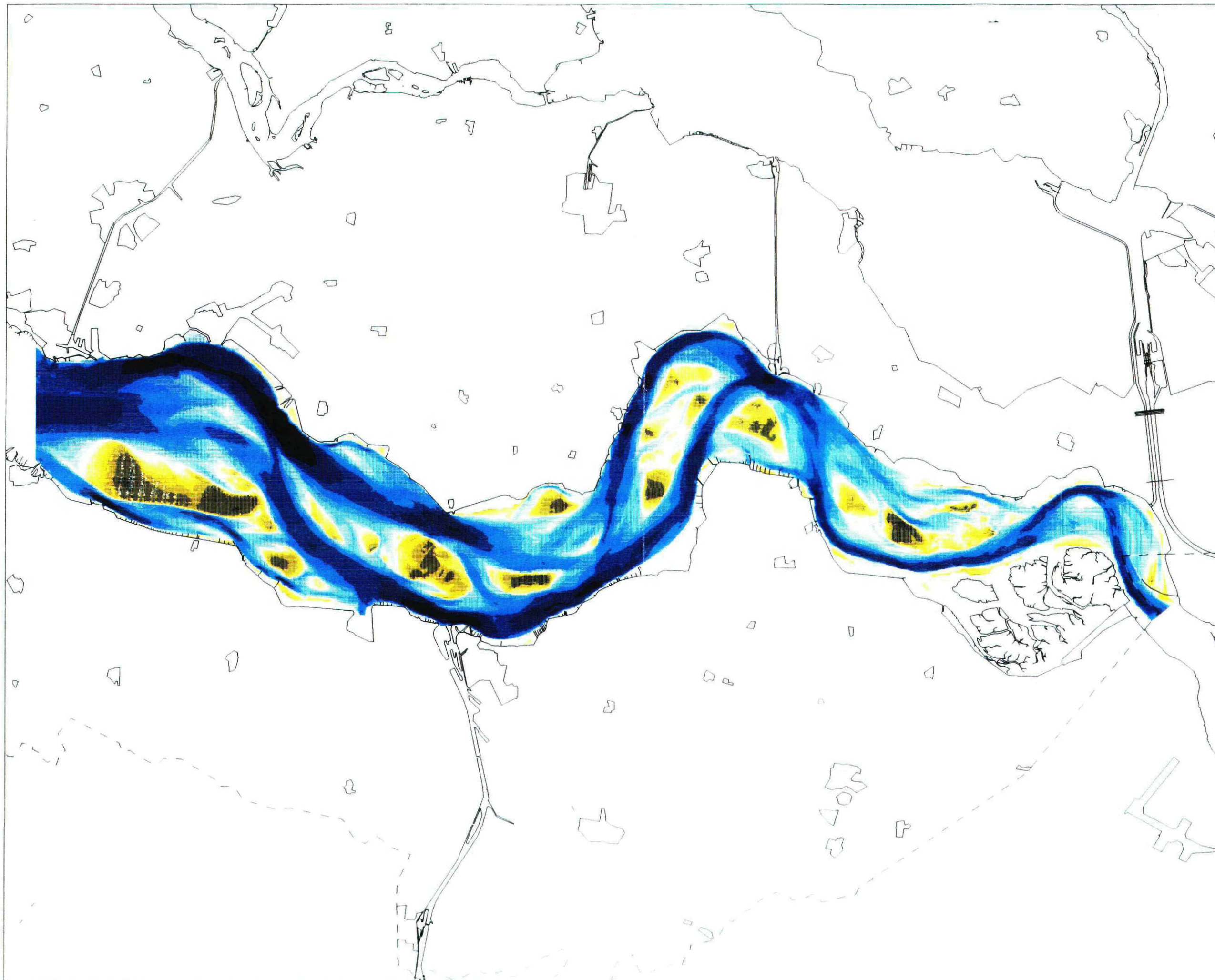


Legenda

m

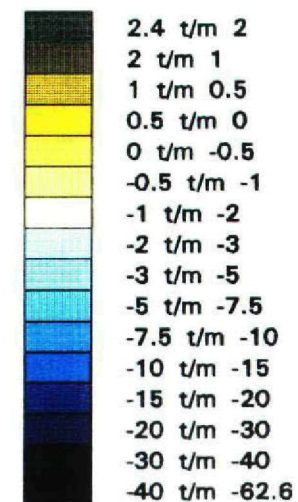
	3.9 t/m 3
	3 t/m 2
	2 t/m 1
	1 t/m 0.5
	0.5 t/m 0
	0 t/m -0.5
	-0.5 t/m -1
	-1 t/m -2
	-2 t/m -3
	-3 t/m -5
	-5 t/m -7.5
	-7.5 t/m -10
	-10 t/m -15
	-15 t/m -20
	-20 t/m -30
	-30 t/m -40
	-40 t/m -66.3

Scale: 1:150000

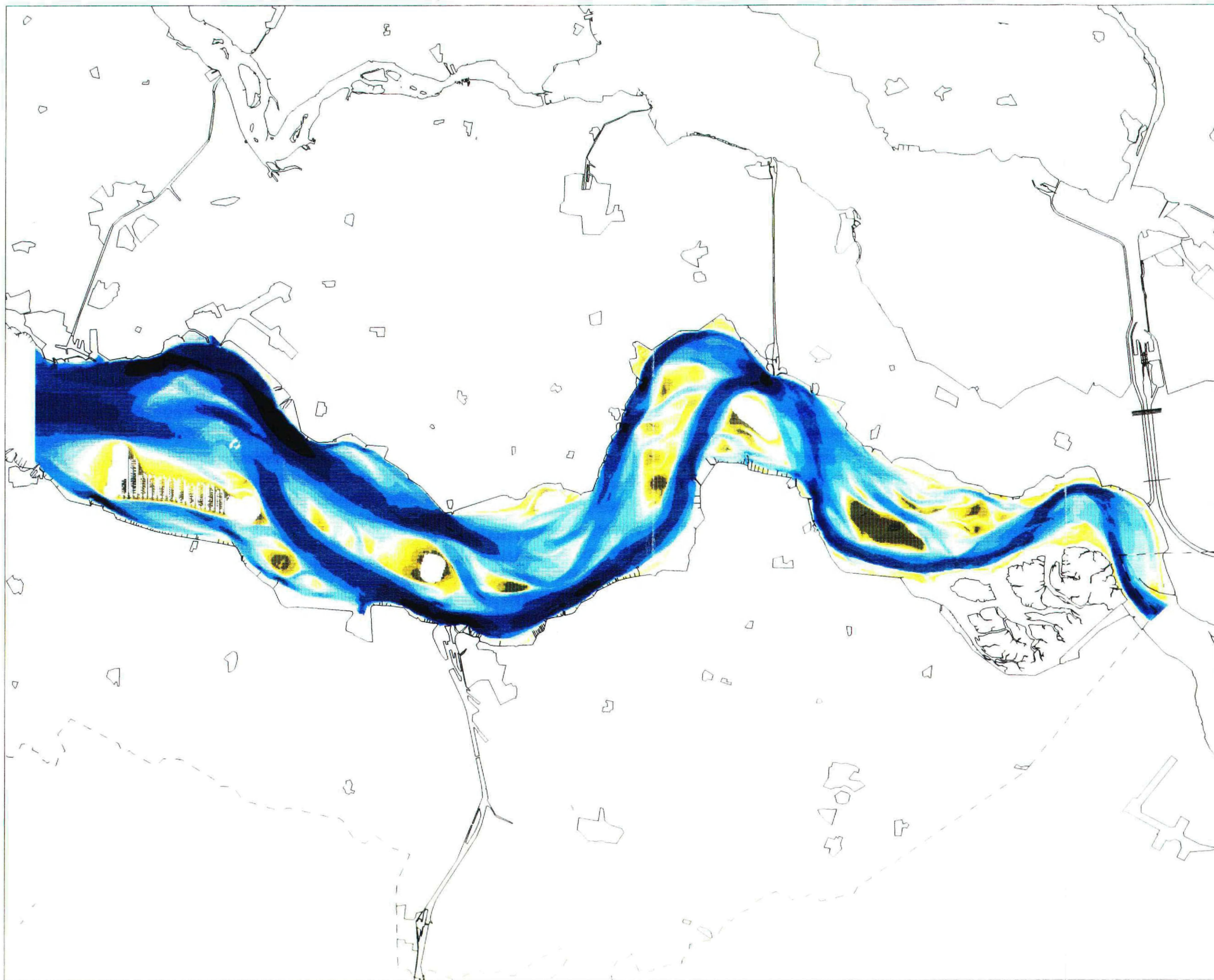


Legenda

m

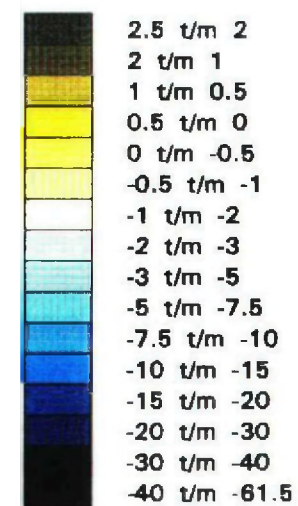


Scale: 1:150000



Legenda

m



Scale: 1:150000