

Opdrachtgever:

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Oevers begroeid met riet en mattenbies

Wisselwerking belastingen en vegetatie

Interimverslag modelonderzoek

December 1992



RIZA Rijksinstituut voor Integraal
Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Oevers begroeid met riet en mattenbies

Wisselwerking belastingen en vegetatie

Inhoud

Lijst van tabellen
 Lijst van figuren
 Lijst van appendices
 Lijst van symbolen
 Gebruikte afkortingen

Rapportsamenvatting

1	Inleiding	1
	1.1 Kader, probleemstelling en opdracht	1
	1.2 Doelstelling	1
2	Proefopzet en werkwijze	2
	2.1 Inleiding	2
	2.2 Golffaciliteit en instrumentatie	2
	2.3 Proefvakken	3
	2.4 Proevenprogramma	5
3	Meetresultaten	8
	3.1 Golfmetingen	8
	3.2 Bodemprofielmetingen	10
	3.3 Vegetatiemetingen	10
	3.3.1 Uitgangsmateriaal	10
	3.3.2 Interpretatie foto's	11
	3.3.3 Vegetatieve uitbreiding	11
	3.3.4 Lengtefrequentieverdelingen	11
	3.3.5 Biomassa ontwikkeling	12
	3.3.6 Buigkarakteristieken	13
	3.4 Diverse metingen	14
4	Analyse	16
	4.1 Invloed golfwerking op vegetatie	16
	4.1.1 Vergelijken ontwikkeling vakken met veldwaarden	16
	4.1.2 Invloed substraatype en golfbehandeling	17
	4.1.3 Relatie stengellengte en stengeldiameter	18
	4.1.4 EI-klassen	18
	4.2 Invloed vegetatie op golfdemping	19
	4.2.1 Algemeen	19
	4.2.2 Functioneel verband	21
	4.2.3 Ontwerpformule	24
	4.2.4 Invloed ondertalud op golfhoogte	25
	4.2.5 Krachten op stengels	27

Inhoud (vervolg)

4.3	Invloed golfwerking op bodemmateriaal	29
4.3.1	Erosie/sedimentatie-substraat	29
4.3.2	Orbitaalsnelheden	30
4.3.3	Bodemschuifspanningen	30
5	Conclusies en ontwerpgerichte aanbevelingen	32
5.1	Conclusies	32
5.2	Ontwerpgerichte aanbevelingen	33

Literatuur

Tabellen

Figuren

Appendices

Lijst van tabellen

1. Overzicht proefvakken
2. Substraat kenmerken
3. Scheepsgolven in het prototype
4. Golfhoogten, golfreducties en reflectiecoëfficiënten
5. Gemiddelde waarden van het uitgangsmateriaal
6. Bedekkingspercentages voor de vakken, 1 jaar na aanplanten
7. Vegetatieve uitbreiding aanplant
8. Gemiddelde stengellengte en biomassa per vak
9. Procentuele biomassatoename in de periode 18/6/91 tot 23/9/91
10. Buigkarakteristieken, gemiddelde stengeldiameter en soortelijke massa
11. Ontwikkeling groeiparameters vegetatie
12. Modale stengellengte en stijfheidsfactor vegetatie per vak
13. Gemiddelde waarden vegetatieparameters, augustus 1991
14. Literatuurgegevens inzake golfdemping

Lijst van figuren

- 2.1 Overzicht proeflokatie
- 2.2 Doorsnede over proefvak
- 2.3 Definities
- 2.4 Instrumentatie
- 2.5 Meetopstelling buigproeven
- 2.6 Riet en mattenbies
- 2.7 Korrelverdeling substraten
- 2.8 Gronddriehoek
- 2.9 Theoretische snelheidsprofielen

- 3.1 Reflectiemeting
- 3.2 Golfreductie in vak 5 en 6
- 3.3 Golfreductie in vak 7 en 8
- 3.4 Golfreductie in vak 9 en 10
- 3.5 Golfreductie in vak 11 en 12
- 3.6 Golfreductie in vak 13 en 14
- 3.7 Snelheidsprofiel inkomende golf
- 3.8 Snelheidsprofielen onbegroeide vakken (augustus 1991)
- 3.9 Snelheidsprofielen rietvakken (augustus 1991)
- 3.10 Snelheidsprofielen biezenvakken (augustus 1991)
- 3.11 Snelheidsprofielen onbegroeide vakken (februari 1992)
- 3.12 Snelheidsprofielen rietvakken (februari 1992)
- 3.13 Snelheidsprofielen biezenvakken (februari 1992)
- 3.14 ENDEC-berekeningen
- 3.15 Voorbeeld bodemprofielveranderingen in de tijd in vak 5
- 3.16 Voorbeeld bodemprofielveranderingen in de tijd in vak 8
- 3.17 Veranderingen in bodemprofiel, vak 5 en 6
- 3.18 Veranderingen in bodemprofiel, vak 7 en 8
- 3.19 Veranderingen in bodemprofiel, vak 9 en 10
- 3.20 Veranderingen in bodemprofiel, vak 11 en 12
- 3.21 Veranderingen in bodemprofiel, vak 13 en 14
- 3.22 Lengtefrequentieverdeling vak R01
- 3.23 Lengtefrequentieverdeling vak M01
- 3.24 Voorbeeld grafische weergave resultaten buigmetingen
- 3.25 Relatie tussen stengellengte/diameter en stijfheidsfactor
- 3.26 Temperatuursom
- 3.27 Meetlokaties windturbulentie
- 3.28 Invloed windsterkte op CO₂-gehalte
- 3.29 Vergelijking windturbulentie diverse lokaties

Lijst van figuren (vervolg)

- 4.1 Golfreductie gemiddeld over alle vakken
- 4.2 Golfreductie gemiddeld over alle onbegroeide en begroeide vakken
- 4.3 Golfreductie voor vakken met riet en vakken met matdebies
- 4.4 Relatieve golfhoogte als functie van de breedte van de vegetatiezone
- 4.5 Vergelijking golfhoogtereductie en golfdemping met literatuurgegevens
- 4.6 Ontwerpformule voor golfhoogtereductie als functie van de breedte van de vegetatiezone
- 4.7 Erosie/sedimentatie in vakken met als substraat zand
- 4.8 Erosie/sedimentatie in vakken met als substraat kleiig zand

uitklapvel: Tijdschema, temperatuurverloop en golfuren

Lijst van appendices

- A. Golf- en stroommetingen en bodemprofielmetingen
 - 1. Golfmetingen
 - 2. Stroommetingen
 - 3. Bodemprofielmetingen
- B. Vegetatie metingen
 - 1. Interpretatie foto's: bedekkingspercentages midden PQ's
 - 2. Meetgegevens per vak
 - 3. Lengtefrequentieverdelingen
 - 4. Buigmetingen
- C. Diverse metingen
 - 1. Temperatuurmetingen
 - 2. Zuurstof, watertemperatuur en zuurtegraadmetingen
 - 3. Lichtsterktemetingen

Lijst van symbolen

A	oppervlak	m ²
A _s	doorsnede stengel	m ²
B	breedte vegetatiezone	m
B _{eff}	effectieve breedte vegetatiezone	m
b _w	breedte vaarweg op de waterspiegel	m
C	Chézy coëfficiënt	m ^{0.5} /s
C _c	correlatiecoëfficiënt	-
C _d	weerstandcoëfficiënt	-
C _r	reflectiecoëfficiënt	-
C _v	vertikale bedekkingspercentage vegetatie	-
CO ₂	kooldioxyde gehalte	-
c	coëfficiënt	-
D	diameter	m
D _i	inwendige diameter	m
D _r	diameter rhizoom	m
D _s	stengel diameter	m
D ₅₀	karakteristieke korreldiameter substraat	m
E	elasticiteitsmodulus	N/m ²
EI	stijfheidsfactor	N.m ²
F	kracht	N
F _{br}	breekkraft	N
F _{gr}	grenskraft	N
f	Darcy-Weisbach factor	-
f _s	doorbuiging	m
f _w	parameter bodemruwheid	-
g	versnelling zwaartekracht	m/s ²
H	golfhoogte	m
H _i	golfhoogte in de vegetatiezone	m
H _{in}	golfhoogte inkomende golf geregistreerd over een golflengte	m
H _{max}	maximale golfhoogte voorkomend binnen een golflengte	m
H _{min}	minimale golfhoogte voorkomend binnen een golflengte	m
H ₀	golfhoogte inkomende golf	m
H _{refl}	gereflecteerde golfhoogte	m
h	waterdiepte	m
h _s	lengte vegetatie belast door stroming of golven	m
I	traagheidsmoment	m ⁴
i	verhang	-
k	golfgetal	1/m
L _m	modale stengellengte	m
L _r	rhizoom lengte	m
L _s	stengellengte	m
L _v	leeftijd vegetatie	jaar
L _w	golflengte	m
l	lengte	m
N	aantal golven	-

Lijst van symbolen (vervolg)

N_r	aantal planten	-
N_s	aantal spruiten/knoppen, aantal stengels	-
n	aantal monsters	-
O_2	zuurstofgehalte	mg/l
p	parameter bij correlatiebepaling	-
pH	zuurgraad	-
R	relatieve golfhoogte	-
r	regressiecoëfficiënt	-
T	watertemperatuur	C
T_b	vegetatieve uitbreiding boventalud	-
T_{cum}	gesommeerd etmaalgemiddelde luchttemperatuur	C
T_e	periode van de eigentrillingstijd van stengels	s
T_o	vegetatieve uitbreiding ondertalud	-
T_w	golfperiode	s
u	stroomsnelheid	m/s
u_{max}	maximale stroomsnelheid in orbitaalbeweging	m/s
$u_{*,cr}$	kritieke schuifspanningssnelheid	m/s
$u(z)$	stroomsnelheid op hoogte z	m/s
v_s	vaarsnelheid	m/s
W_s	drooggewicht stengels	g
W_r	drooggewicht rhizoom	g
x	afstand tot oever	m
y	afstand in dwarsrichting	m
y_s	afstand scheepsas - vaarwegas	m
z	hoogte boven bodem	m
z_s	erosiediepte	m
α	taludhoek	grad
α_i	coëfficiënt in formule voor scheepsgolven	-
β	hoek van golfival	grad
Δ	relatieve dichtheid	-
μ	mediaan	var
ξ	brekerparameter	-
ρ	soortelijke massa water	kg/m ³
ρ_s	soortelijke massa substraat	kg/m ³
ρ_v	soortelijke massa vegetatie	kg/m ³
σ	standaardafwijking	var.
τ	schuifspanning	N/m ²
τ_{cr}	kritieke schuifspanning	N/m ²
ψ	schuifspanningsparameter	-
ψ_{cr}	kritieke schuifspanningsparameter	-
ψ_{onb}	schuifspanningsparameter zonder vegetatie	-
ψ_{begr}	schuifspanningsparameter met vegetatie	-
Ω	frequentie aanstuursignaal	rad/s
ω	hoekfrequentie	rad/s
ω_s	eigenfrequentie stengels	rad/s

Gebruikte afkortingen:

- BPA bodempeilapparatuur
- EMS electro-magnetische stroomsnelheidsmeter
- GHM golfhoogtemeter
- PQ permanent quadraat
- SWL stilwaterlijn

Rapportsamenvatting

Onderzoek is uitgevoerd naar de golfdempende werking van een riet- of mattenbies vegetatie op een berm langs een vaarweg, de stabiliteit van het bodemmateriaal op die berm onder invloed van de golfwerking en de invloed van de golfwerking op groei en vitaliteit van riet en mattenbies. Het onderzoek moest resulteren in praktische ontwerpgerichte aanbevelingen.

In hoofdstuk 2 is een beschrijving gegeven van de uitgevoerde metingen. Aan de orde komen modelfaciliteit en instrumentatie, de proefvakken met vegetatie inclusief de eigenschappen van het bodemsubstraat en het proevenprogramma. In hoofdstuk 3 worden de meetresultaten besproken. Achtereenvolgens worden resultaten met betrekking tot golf metingen, bodemprofiel metingen, vegetatie metingen en diverse flankerende metingen beschouwd. In hoofdstuk 4 worden de meetresultaten geanalyseerd. Nagegaan is welke invloed de vegetatie heeft op de golfdemping en welke invloed de golfwerking heeft op de stabiliteit van bodemmateriaal en op groei en vitaliteit van de vegetatie. De resultaten van het onderzoek zijn daarbij vergeleken met de resultaten van vroegere onderzoeken. In hoofdstuk 5 tenslotte zijn de conclusies vermeld en zijn op grond daarvan praktische ontwerpgerichte aanbevelingen geformuleerd.

Conclusies

Samenvattend kan worden gesteld dat het onderzoek voorzover uitgevoerd tot en met februari 1992 tot de volgende conclusies heeft geleid:

- De golfhoogtedemping komt overeen met resultaten verkregen in het prototype bij een gelijk aantal stengels per eenheid van oppervlak. Geen verschil kon worden bepaald tussen vakken met riet en vakken met mattenbies. De golfdemping kan als volgt als functie van de breedte van de vegetatie en de hoek van golfval worden weergegeven:

$$H_1 / H_0 = \exp [- 0,05 (\cos \beta)^{-1} B]$$

- De stabiliteit van beide substraten in zowel de begroeide als de onbegroeide vakken is gelijk. Rond het snijpunt van stilwaterlijn en boventalud en het snijpunt van berm en ondertalud treedt erosie van bodemmateriaal op, die sedimenteert op lager gelegen delen van de oever. De taludhellingen worden hierdoor flauwer. Op de berm domineert deze sedimentatie de optredende erosie.
- De groei en vitaliteit van riet en mattenbies vertonen geen significante verschillen. Substraateffecten zijn niet aantoonbaar. Relaties konden worden gelegd tussen biomassa en stengellengte (voor riet en mattenbies) en tussen stengellengte en stengeldiameter voor mattenbies. De externe groei-omstandigheden zijn gelijk afgezien van een mogelijke invloed van beschaduwing. De vegetatiekenmerken zijn overeenkomstig die van andere onderzoeken.

Aanbevelingen

De resultaten van het onderzoek zijn aanleiding voor het doen van de volgende aanbevelingen voor volgende series metingen:

- Verhogen van de inkomende golfhoogte om de invloed van de golfhoogte op de dempende werking van een vegetatie te kunnen onderzoeken en om hogere orbitaal-snelheden te realiseren en daardoor meer erosie/sedimentatie van het bodemmateriaal.
- Een nauwkeuriger registratie van de golfhoogten in de vegetatiezone, waardoor het mogelijk wordt beter te compenseren voor golfreflectie.
- Bepalen van de inwendige diameter van geogste rietstengels, zodat nauwkeuriger waarden kunnen worden bepaald voor soortelijke massa en stijfheidsfactor.
- Relateren van vegetatiekenmerken onderling en toetsen aan literatuurgegevens terzake, opdat relevante kenmerken kunnen worden ingebracht in een golfdempings-formule die onderscheidt maakt in vegetatietype en substraattypen.

1 Inleiding

1.1 Kader, probleemstelling en opdracht

Oevers met een vegetatie rond de waterlijn komen relatief veel voor. Over de invloed van een hydraulische belasting op een begroeide oever zijn maar weinig kwantitatieve gegevens bekend. Aspecten die daarbij een rol spelen zijn van constructietechnische aard (belastingreductie door de bovengrondse delen van de vegetatie en verhoging van de bodemstabiliteit door de ondergrondse delen) en ecologische aard (groeipatroon en vitaliteit). Tussen beide aspecten bestaat een verband.

In brede kring bestaat behoefte aan meer kennis omtrent de invloed van hydraulische belastingen op een begroeide oever. Met het oog daarop is, in het kader van het onderzoek naar milieuvriendelijke oevers, door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat d.d. 24 november 1989 per brief (kenmerk WB/BXF 894705) opdracht verleend aan het Waterloopkundig Laboratorium voor het inrichten van een onderzoeksfaciliteit. Op basis van vervolgoopdrachten voor de jaren 1990 (brief d.d. 20 juli 1990 met kenmerk WB/BXF 903386), 1991 (brief d.d. 25 april 1991 met kenmerk WB/BXF 912090) en 1992 (brief d.d. 28 februari 1992 met kenmerk WB/CX 921319) is vervolgens het onderzoek uitgevoerd.

Het onderhavige interimverslag bevat de resultaten van het onderzoek tot en met de in februari 1992 uitgevoerde proeven. Het onderzoek is uitgevoerd door het Waterloopkundig Laboratorium in nauwe samenwerking met het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) van de Rijkswaterstaat, waarbij het Centrum voor AgroBiologisch Onderzoek CABO adviseerde wat betreft vegetatie-aspecten.

De eindverantwoordelijkheid voor het onderzoek en de verslaggeving was in handen van ir. H.J. Verheij van het WL. Bijdragen aan het verslag zijn geleverd door ing. F. de Groot van WL wat betreft hydraulische aspecten en ir. H. Coops en drs. N. Geilen van het RIZA wat betreft vegetatie-aspecten.

1.2 Doelstelling

Het onderzoek beoogt relaties te leggen tussen de golf- en stroombelasting, de stabiliteit van bodemmateriaal en de vitaliteit van riet en mattenbies. Het uiteindelijke doel is daarbij het formuleren van ontwerprichtlijnen voor oevers begroeid met riet of mattenbies in relatie tot de groeimogelijkheden voor beide typen. Teneinde dit te realiseren zijn drie doelstellingen geformuleerd:

- Vaststellen van de belastingreducerende werking van riet en mattenbies als functie van de hydraulische belasting en de vitaliteit van riet of mattenbies.
- Vaststellen van de stabiliteit/erosie van bodemmateriaal begroeid met riet of mattenbies onder verschillende omstandigheden.
- Vaststellen van de relatie tussen belastingintensiteit en de groei en vitaliteit van riet of mattenbies.

2 Proefopzet en werkwijze

2.1 Inleiding

Het onderzoek is uitgevoerd in het laboratorium in een semi-veldopstelling en niet op een lokatie in de natuur, hoofdzakelijk vanwege de mogelijkheid in het laboratorium de omstandigheden nauwkeurig onder controle te kunnen houden. Er wordt gebruik gemaakt van levend materiaal en is er sprake van een open-lucht-model. Deze beide aspecten hebben consequenties voor het uitvoeren van de proeven en het analyseren van de onderzoeksgegevens. Voorzover relevant zal op deze aspecten en de gevolgen ervan worden gewezen in dit en volgende hoofdstukken.

In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens aan de orde: golffaciliteit en instrumentatie, proefvakken (inclusief beschrijving van de vegetatie en de substraten) en het proevenprogramma.

2.2 Golffaciliteit en instrumentatie

De proeven zijn uitgevoerd in en buiten de Golfbak van WL in De Voorst. Deze faciliteit is geschikt om de omstandigheden te simuleren zoals die zich in het prototype voordoen. De Golfbak is zodanig aangepast, dat juist buiten deze faciliteit golf- (en stroom-) condities kunnen worden ingesteld voor het uitvoeren van de experimenten (Figuur 2.1 en Tabel 1). Golfhoogten kunnen worden ingesteld tot een maximum van minimaal 0,30 m met een golfperiode van maximaal 1,9 s. Dergelijke golfkarakteristieken mogen als karakteristiek worden beschouwd voor in het prototype optredende golven opgewekt door scheepvaart (zie sectie 2.4).

De proeven zijn uiteraard op een lengteschaal gelijk aan 1 uitgevoerd.

Juist buiten de Golfbak is over een lengte van 35 m een talud met een berm van 4 m breed aangebracht (Figuur 2.2). Het benedentalud heeft een helling van 1:3,5 en het boventalud een helling van 1:2. De waterdiepte boven de berm bedraagt 0,50 m. Deze oevergeometrie sluit aan bij in de werkelijkheid voorkomende oevers met een vegetatie van oeverplanten. Van het genoemde 35 m brede talud stond circa 25 m onder invloed van de golfbelasting. Deze golfbelasting werd opgewekt door golfmachines in de Golfbak.

Het boventalud was in eerste instantie onverdedigd. Kort na het begin van het onderzoek bleek dit talud onder invloed van de golven sterk te eroderen en is besloten alsnog een verdediging aan te brengen bestaande uit een geperforeerd schot met daarachter een lichte bestorting op een geotextiel. Deze constructie bleek een verdere afkalving te verhinderen.

Het aangelegde talud is verdeeld in 14 proefvakken teneinde een tweetal vegetatietypen, twee typen substraat en twee niveaus van belastingintensiteit te kunnen onderzoeken alsmede een zestal referentievakken mogelijk te maken (zie sectie 2.3). Voor de helft van de door golven belaste proefvakken is de mogelijkheid gecreëerd de vakken tijdelijk te kunnen afsluiten, zodat de belastingintensiteit, dat wil zeggen het aantal golven, kan worden gereduceerd. Rondom de proefvakken is de bestaande begroeiing verwijderd in die mate dat de lichtintensiteit voor alle proefvakken vrijwel gelijk is.

Behalve aan golfbelastingen zullen de proefvakken in de toekomst wellicht ook aan stroombelastingen worden blootgesteld. De modelfaciliteit is hiertoe geschikt gemaakt door de aanleg van een toevoer- en afvoerkanaal, alsmede de noodzakelijke kleppen. Deze voorzieningen worden tevens gebruikt om het water regelmatig te kunnen doorspoelen.

Ten behoeve van de metingen is een verrijdbare meetbrug aangelegd die het mogelijk maakt op elke lokatie boven de proefvakken te komen. Vanaf deze meetbrug worden behalve foto-opnamen van de vegetatie ook de meetinstrumenten neergelaten in een proefvak. De instrumenten zijn daarbij bevestigd aan de meetbrug die als referentieniveau dienst doet. Voor de metingen is gebruik gemaakt van twee (augustus 1991) of drie (februari 1992) electro-magnetische stroomsnelheidsmeters (EMS-en, nauwkeurigheid 0,005 m/s), zes golfhoogtemeters (GHM's, nauwkeurigheid 0,003 m) en bodempeilapparatuur (BPA, nauwkeurigheid 0,005 m). Het laatstgenoemde meetinstrument bestond uit een staaf met een voetje. De bevestiging aan de meetbrug maakt het mogelijk verschillen in bodemligging in vertikale richting te bepalen tussen metingen op verschillende tijdstippen en ten opzichte van een nulpeiling. Bodempeilingen zijn uitgevoerd om de 0,25 m.

De lokaties en raaien ten behoeve van de hydraulische experimenten zijn weergegeven in Figuur 2.3 en 2.4, terwijl de codering van de permanente quadraten (PQ's) en de oogstzones ten behoeve van de vegetatiemetingen zijn weergegeven in Figuur 2.3.

Behalve deze meetinstrumenten is ook gebruik gemaakt van een speciaal daartoe ontwikkeld apparaat om de buigstijfheidskarakteristieken van stengels te kunnen onderzoeken (Figuur 2.5). Een deel van de stengel (circa 0,50 m lang, vanaf de stengelbasis) werd daarbij belast door een kracht waardoor de stengel doorboog. Geregistreerd werden zowel de uitgeoefende kracht (nauwkeurigheid 0,04 N) als de bijbehorende doorbuiging (nauwkeurigheid 0,05 mm) tot het moment dat de stengek brak.

2.3 Proefvakken

In totaal zijn 14 proefvakken aangelegd. Bij de inrichting en indeling is daarbij uitgegaan van de volgende variabelen (Tabel 1):

- twee vegetatietypen, te weten riet en matdebies
- twee typen substraat
- twee niveaus van belastingintensiteit

Dit betekent acht proefvakken die worden onderworpen aan golfbelastingen. De proefvakken zijn onderling gescheiden door wanden, waardoor in feite afzonderlijke golfgoten ontstaan. Daarnaast zijn vier proefvakken (twee vegetatietypen en twee typen substraat) aangelegd, welke niet worden onderworpen aan een golfbelasting. Met de aanleg van deze vakken is beoogd de invloed te onderzoeken van het al of niet aanwezig zijn van een golfbelasting op groei en vitaliteit van de vegetatie.

Tenslotte zijn twee proefvakken aangelegd zonder vegetatie als referentie voor de erosie van bodemmateriaal onder golfbelastingen. Deze proefvakken bieden de mogelijkheid de invloed van een berm op de golfkarakteristieken te onderzoeken.

In Tabel 1 zijn enkele details van de proefvakken vermeld.

De gemaakte keuze voor 8 verschillende proefvakken is gedaan op grond van de overweging dat de resultaten van het onderzoek hierdoor zo breed mogelijk toepasbaar zijn. Deze keuze heeft overigens ook tot gevolg dat statistische analyses feitelijk niet kunnen worden gedaan. Toch zijn deze uitgevoerd, maar de nauwkeurigheid van de resultaten wordt daardoor geringer.

Wat betreft de twee vegetatie typen (riet en mattenbies, zie Figuur 2.6) heeft aanplant plaats gevonden in maart 1990. De firma Gebr. Visscher uit Genemuiden heeft de levering en aanplant verzorgd. Rietstekken zijn aangeplant in een dichtheid van 8 stekken per vierkante meter en mattenbiesstekken in een dichtheid van 10 stekken. Het aantal aangebrachte stekken was zodanig dat binnen een jaar een gesloten begroeiing zou zijn ontstaan. De wortelstekken zijn uitsluitend aangebracht op de horizontale berm, hetgeen de mogelijkheid biedt te onderzoeken in hoeverre de vegetatie zich spontaan ontwikkelt op de taluds aan boven- en onderzijde. In sectie 3.3 worden gegevens gepresenteerd van het uitgangsmateriaal.

Wat betreft het beheer van de vegetatie wordt opgemerkt dat deze gedurende de eerste twee jaar bestond uit het reguleren van de waterstand en het verwijderen van draadalgen uit de waterkolom in en voor de aanplant tijdens de zomermaanden. De dichtheid van de aanplant was in deze jaren niet zo groot dat maaien/snijden van de planten noodzakelijk was. In het voorjaar van 1992 zijn de dode biezenstengels verwijderd.

Zoals gezegd zijn twee typen substraat aangebracht: zand en kleilig zand. Beide typen zijn geselecteerd op basis van substraatkenmerken veelvuldig voorkomend in oevers. De kenmerkende eigenschappen zijn vermeld in Tabel 2, terwijl een korrelverdeling is gepresenteerd in Figuur 2.7. De eigenschappen zijn bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.

In het geval van zand is er sprake van een karakteristieke diameter D_{50} gelijk aan 0,270 mm en in het geval van kleilig zand van 0,160 mm.

De beide substraten kunnen worden weergegeven in een gronddriehoek (Figuur 2.8). Een indeling van beide substraten op basis van de lutum-, silt- en zandpercentages luidt zwak humeus, zwak siltig, grindarm zand respectievelijk zwak humeus, matig siltig, grindarm zand (NNI, 1989).

Tijdens de winter van 1990/91 bleek achterloopsheid van een scheidingswand van proefvak M12 te zijn opgetreden waarschijnlijk ten gevolge van het ontstaan van een ijslens. Dit resulteerde in het uitspoelen van een groot deel van het substraat en de vegetatie. Na herstelwerk aan de scheidingswand is dit proefvak heringericht, echter de waarde van de onderzoeksresultaten is beperkt. Vergelijkingen met de andere vakken met mattenbies zijn niet reëel.

2.4 Proevenprogramma

De volgende typen metingen zijn uitgevoerd (zie uitklapvel achterin het verslag):

- golfmetingen
- bodemprofielmetingen
- vegetatiemetingen
- diverse metingen

Bij de golfmetingen is de golfhoogte geregistreerd van de inkomende golven en van de golven boven het talud/berm. Daarnaast zijn snelheidsprofielen in de verticaal als gevolg van de golven vastgelegd. Deze metingen geven een indicatie omtrent de golfdempende werking van een oeervervegetatie afhankelijk van de inkomende golven. Voor de lokaties van de meetinstrumenten wordt verwezen naar Figuur 2.4.

De golfmetingen zijn uitgevoerd in augustus 1991 en februari 1992. Daarnaast is in de periode augustus 1991 tot en met medio februari 1992 in totaal gedurende 182 uur regelmatig gegolfd zonder dat metingen werden verricht. Het aantal uren regelmatig golven betekent dat gedurende een periode van vier weken 28 uur (verdeeld over 3 dagen) werd gegolfd. Voor de proeven in augustus 1991 en februari 1992 zijn de volgende kenmerkende waarden voor de golven aangehouden:

$$\begin{aligned} \text{golfhoogte } H &= 0,10 \text{ m} \\ \text{golfperiode } T_w &= 1,9 \text{ s} \end{aligned}$$

Deze waarden zijn lager dan die welke als karakteristiek mogen worden beschouwd voor in het prototype optredende golven opgewekt door scheepvaart. Deze hebben een golfhoogte in de orde van 0,20 m tot 0,30 m. Gekozen is voor een lagere golfhoogte van 0,10 m bij deze serie proeven in verband met de kwetsbaarheid van de planten (nog niet volgroeide vegetatie) en het nog relatief onbeschermd substraat. Bij toekomstige proeven zal de golfhoogte worden verhoogd.

De grootte van de karakteristieke golven kan met de volgende formules worden berekend:

$$H = (\alpha_i V_s^4) / \{g^2 h^{0,67} (0,5 b_w - y_s)^{0,33}\} \quad (1)$$

$$L_w = 4,21 V_s^2 / g \quad (2)$$

$$T_w = 5,1 V_s / g \quad (3)$$

waarin:

H = golfhoogte	(m)
α_i = coëfficiënt in formule voor scheepsgolven	(-)
V_s = vaarsnelheid	(m/s)
g = versnelling zwaartekracht	(m/s ²)
h = waterdiepte	(m)
b_w = breedte vaarweg op de waterspiegel	(m)
y_s = afstand scheepsas-vaarwegas	(m)
L_w = golflengte	(m)
T_w = golfperiode	(s)

Gegeven een vaarweg met een waterdiepte h van 4,0 m en een breedte op de waterspiegel b_w van 40 m, terwijl de schepen uit de as van de vaarweg varen op een afstand y_s van 10 m, dan kunnen voor vaarsnelheden V_s gelijk aan 2, 3 en 4 m/s de golfkarakteristieken worden bepaald. Dit is uitgevoerd voor geladen conventionele motorschepen en recreatieboten (coëfficiënt 1,0) en ongeladen conventionele motorschepen (coëfficiënt 0,35). Het resultaat staat in Tabel 3.

scheepstype	V_s (m/s)	H (m)	T_w (s)	L_w (m)	H/L_w (-)
geladen motorschip en recreatieboot	2,0	0,03	1,0	1,70	0,018
	3,0	0,15	1,6	3,90	0,038
	4,0	0,49	2,1	6,90	0,071
ongeladen motorschip	4,0	0,17	2,1	6,90	0,025

Tabel 3 Scheepsgolven in het prototype

Omgekeerd volgt uit de formules voor $H = 0,10$ m en $\alpha_i = 1,0$ (recreatieboten en geladen motorschepen): $V_s = 2,70$ m/s en $T_w = 1,4$ s ($L_w = 3,1$ m), en voor $H = 0,10$ m en $\alpha_i = 0,35$ (ongeladen conventionele motorschepen): $V_s = 3,50$ m/s en $T_w = 1,8$ s ($L_w = 5,3$ m).

Op basis van de gekozen golfhoogte en bijbehorende golfperiode zijn de theoretische snelheidsprofielen berekend. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende formules:

$$u_{\max} = \omega \cdot H/2 \cdot \exp[kz] \quad \text{voor diep water (} h < 0,05 L_w \text{)} \quad (4)$$

$$u_{\max} = \omega \cdot H/2 \cdot (k h)^{-1} \quad \text{voor ondiep water (} h > 0,25 L_w \text{)} \quad (5)$$

$$u_{\max} = \omega \cdot H/2 \cdot \{\cosh(k(h+z))\} / \{\sinh(kh)\} \quad (6)$$

overgangsgebied ($0,05 L_w < h < 0,25 L_w$)

waarin:

u_{\max} = maximale stroomsnelheid in orbitaalbeweging (m/s)

k = golfgetal (1/m), $k = 2\pi / L_w$

ω = hoekfrequentie (rad/s), $\omega = 2\pi / T_w$

Bij de berekeningen is de golflengte bepaald uit:

$$T_w = \{(2\pi h / g) \coth(2\pi h / L_w)\}^{0,5} \quad (7)$$

Dit resulteerde in een golflengte van $L_w = 4,80$ m.

In Figuur 2.9 zijn de theoretische snelheidsprofielen voor waterdiepten van 0,5 m en 1,0 m gepresenteerd. Voor $h = 1,0$ m maakt het weinig verschil welke benadering wordt aangehouden. Dit is wel het geval voor $h = 0,5$ m. De diepwater benadering wijkt duidelijk af en is niet geoorloofd.

Bodempeilingen zijn uitgevoerd direct voor en na golfmetingen. Bij het begin van de experimenten is eveneens een peiling verricht teneinde het referentieniveau vast te leggen. Voor de peilraaien wordt verwezen naar Figuur 2.3. De geconstateerde verschillen tussen de peilingen op diverse tijdstippen zijn een maat voor de erosie/sedimentatie van het bodemmateriaal.

Vegetatiemetingen zijn uitgevoerd om de groei en de vitaliteit van de twee vegetatietypen vast te stellen als functie van belastingintensiteit en type substraat. De uitgevoerde metingen waren voor zover mogelijk niet-destructief van aard en bestonden uit het bepalen van de bedekkingsgraad (stengeldichtheid) en het meten van stengellengte en stengeldiameter. Een destructieve methode was vereist om de buigstijfheidskarakteristieken en de biomassa te kunnen bepalen. Hiertoe werden per proefvak 20 stengels geogst en beproefd.

De ontwikkeling van de aanplant is op twee manieren gevolgd. Ten eerste met behulp van foto's vanaf de meetbrug. Aan de hand van deze foto's werd het aantal stengels (gedurende de proef steeds moeilijker te onderscheiden) en het bedekkingspercentage in de PQ's bepaald. Tevens kon de vegetatieve uitbreiding van de aanplant op het boven- en ondertalud gevolgd worden. Voor de bepaling van het bedekkingspercentage werd gekeken naar de bedekking van PQ 2.2 van ieder vak (Figuur 2.3), omdat hier waarschijnlijk de geringste randeffecten optraden. Bij de tweede methode werden de stengels ter plekke geteld in de PQ's waarbij alle stengellengtes werden opgemeten en het aantal bloeiende stengels werd genoteerd. Ook werd gekeken naar de mate van vegetatieve uitbreiding (aantal stengels en maximale afstand) op het onder- en boventalud. Aan de hand van de stengellengtes werd per vak een lengtefrequentieverdeling gemaakt om verschillen in ontwikkeling te kunnen achterhalen.

Voor de morfologie van de planten werd gebruik gemaakt van vijf oogstzones (Figuur 2.3). In elke zone werden per vak vier stengels ad random geogst, wat per proefvak neerkomt op een totaal van 20 stengels. Bepaald werden naast stengellengte en stengeldiameter (op circa 0,03 m vanaf de stengelbasis), het aantal bladeren (alleen bij riet), fenologie (bloeiend, vruchtdragend of vegetatief) en het drooggewicht (biomassabepaling). Voor het laatste aspect werd het materiaal gedurende 48 uur in een stoof bij 105 graden Celsius te drogen gelegd. De vegetatiemetingen zijn niet uitsluitend tijdens de meetperiode verricht, maar evenzeer bij aanvang van de meetperiode in maart 1990 met als doel het vastleggen van het uitgangsmateriaal. Op een uitklapvel achterin het verslag is aangegeven welke metingen zijn verricht tot en met februari 1992.

Tenslotte zijn een aantal andere metingen verricht. Deze hadden betrekking op waterkwaliteit en lichtintensiteit. De hieruit verkregen informatie is relevant voor de beoordeling van de groeimogelijkheden van riet en matdebies.

3 Meetresultaten

3.1 Golfmetingen

Op een vijftal lokaties boven de berm en in een lokatie voor de oever zijn per vak golfhoogtemetingen uitgevoerd gedurende de golfproeven. De geregistreeerde golfhoogten staan vermeld in Appendix A1. Voor de lokaties van de golfhoogtemeters wordt verwezen naar Figuur 2.4.

Behalve golfhoogten zijn ook stroomsnelheden gemeten op een tweetal lokaties in de vegetatiezone en op een lokatie in de goot. De geregistreeerde snelheden staan vermeld in Appendix A2 en de meetlokaties in Figuur 2.4.

In aanvulling op de golfhoogtemetingen zijn in februari 1992 ook metingen verricht teneinde na te gaan of er sprake was van een staande golf. Deze reflectiemeting is uitgevoerd in de vakken 8 en 12 en wijst duidelijk uit dat er sprake is van een staande golf (Figuur 3.1). Deze ontstaat door reflectie tegen het boventalud, want uit het golfpatroon in en voor de vegetatiezone blijkt dat de vegetatie vrijwel geen effect heeft op de golfvoortplanting. Een staande golf betekent overigens dat de golfhoogte plaatsafhankelijk is.

Uit de registratie is een golflengte L_w af te leiden van circa 5 m (twee maal de afstand tussen opeenvolgende knopen), wat goed overeenkomt met de eerder afgeleide golflengte van 4,8 m. Reflectie treedt overigens altijd op, ook bij onregelmatige golven. Een gunstige invloed op de reflectie hebben schuininvallende golven en/of een flauw oplopend talud. De reflectie kan uit metingen worden bepaald met de formule:

$$C_r = H_{\text{refl}} / H_{\text{in}} = (H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) / (H_{\text{max}} + H_{\text{min}}) \quad (8)$$

waarin:

C_r	= reflectiecoëfficiënt	(-)
H_{refl}	= gereflecteerde golfhoogte	(m)
H_{in}	= golfhoogte inkomende golf geregistreerd over een golflengte	(m)
H_{max}	= maximale golfhoogte voorkomend binnen een golflengte	(m)
H_{min}	= minimale golfhoogte voorkomend binnen een golflengte	(m)

De formule is gebaseerd op de lineaire golftheorie en kan worden afgeleid door superpositie van twee sinoidale golven. Overigens wordt dezelfde formule gebruikt om de reflectiecoëfficiënt uit metingen te bepalen als de lineaire golftheorie niet meer volledig van toepassing is.

Voor de vakken 8 en 12 kan worden afgeleid:

- vak 8 : tussen vegetatie $C_r = 0,44$ en voor vegetatie $C_r = 0,31$
- vak 12 : tussen vegetatie $C_r = 0,42$ en voor vegetatie $C_r = 0,33$

Ook theoretisch kan de reflectie worden bepaald. Hierop zal in sectie 4.2 nader worden ingegaan. Er is geen sprake van dwarsgolven in de golffaciliteit, omdat de golflengte van 4,8 m te klein is ten opzichte van de bakbreedte van 25 m. Bij een verhouding groter dan 4 à 5 zijn dwarsgolven te verwaarlozen.

Rekening houdend met het bovenstaande zijn de golfmetingen verder uitgewerkt. Voor de inkomende golf betekende dit dat een middeling heeft plaats gevonden van de geregistreeerde maximum en minimum golfhoogte over een afstand van een halve golflengte. Dit is uitgevoerd voor een viertal posities. Het resultaat staat in Tabel 4 als H_0 . Een zelfde exercitie is uitgevoerd voor de reflectiecoëfficiënt C_r . Wat betreft de geregistreeerde golfhoogten boven de bermen is verondersteld dat de positie van de GHM's juist samenviel met een buik danwel een knoop, hetgeen een redelijke veronderstelling is (Figuur 3.1). De werkelijke golfhoogte kan dan worden bepaald door middeling van twee naast elkaar gelegen GHM's. Op die wijze is door middeling van de GHM's 2 en 3 een werkelijke golfhoogte voor een zone van 0 tot 1 m verkregen. Analoog wordt voor zone 1 tot 2 m gemiddeld tussen GHM 3 en 4, enzovoort. Het resultaat is vermeld in Tabel 4. Vervolgens is per zone de golfreductie H_i/H_0 berekend en gepresenteerd in Tabel 4. In de Figuren 3.2 t/m 3.6 is per proefvak deze afname van de relatieve golfhoogte gepresenteerd. De inkomende golf H_0 is daarbij de referentie golfhoogte en verondersteld aanwezig te zijn bij de teen van het ondertalud. De golfhoogten per zone zijn gesitueerd als optredend halverwege de desbetreffende zone. In de Figuren is zowel het resultaat van de metingen in augustus 1991 gepresenteerd als wel van de metingen in februari 1992. De resultaten zijn aanleiding de volgende opmerkingen te maken. De golfdempende werking van de vegetatiekraag is in meer of mindere mate herkenbaar in de resultaten voor de afzonderlijke proefvakken, maar over het geheel genomen beperkt. Ook lijkt de vegetatie een geringere golfdempende werking te bezitten in de winterperiode dan in de zomerperiode.

In Figuur 3.7 is een snelheidsverticaal gepresenteerd zoals die is af te leiden uit de geregistreeerde snelheidsmeting in de inkomende golf. Vergelijken we dit gemeten profiel met het theoretische profiel (Figuur 2.9) dan kunnen we vaststellen dat de overeenkomst bevredigend is. In de Figuren 3.8 t/m 3.13 zijn snelheidsprofielen gepresenteerd zoals gemeten op een tweetal lokaties boven de berm. Uit de figuren blijkt dat het snelheidsprofiel vrijwel blokvormig is, dat wil zeggen de stroomsnelheid op iedere diepte is gelijk. Dit resultaat was ook te verwachten, want er is immers sprake van ondiep water. Wel moet worden geconstateerd dat de gemeten snelheden afwijken van de theoretische snelheden (Figuur 2.9). Een en ander houdt verband met de aanwezige vegetatie. Deze zorgt voor een veel minder homogeen snelheidsveld met extra turbulenties, maar ook met lokale opstuwing.

Een oeverprofiel zoals aangelegd in de golf faciliteit kan invloed hebben op de golfkarakteristieken, dat wil zeggen golfhoogte en golfperiode kunnen zich wijzigen onder invloed van het aanwezige benedentalud en/of de berm. Teneinde dit te onderzoeken zijn met het programma ENDEC versie 2.11 de dato juni 1990 [ENDEC, 1990] enkele berekeningen uitgevoerd. Het programma berekent de golfvoortplanting in oeverzones op basis van energieverliezen door afnemende waterdiepte en bodemruwheid. Berekeningen zijn uitgevoerd met een golfhoogte $H = 0,10$ m en golfperiode $T_w = 1,9$ s voor ruwheden gelijk aan $f_w = 0,01$ (schematisatie onbegroeid vak) en $f_w = 0,30$ (schematisatie begroeid vak). De resultaten staan gepresenteerd in Figuur 3.14. Geconcludeerd kan worden dat het benedentalud en de berm een te verwaarlozen invloed hebben op de golfhoogte in geval van een onbegroeid vak en dat ook de vegetatie de golfhoogte niet wezenlijk verandert. In sectie 4.2 zal nader worden ingegaan op enige achtergronden.

3.2 Bodemprofiel-metingen

Bodemprofielen zijn bepaald in een drietal raaien per proefvak. Deze raaien zijn aangegeven in Figuur 2.3. De geregistreerde bodemprofielen zijn vastgelegd in Appendix A3.

Vermeld moet worden dat in proefvak M12 de raaien op een andere positie hebben gelegen dan in de andere proefvakken, hetgeen veroorzaakt is doordat in dit proefvak uitspoeling is opgetreden van substraat en vegetatie tijdens de winter van 1990/91.

Per proefvak is de gemiddelde ligging van de bodem in de tijd bepaald. Voorbeelden van bodemprofielen zijn gepresenteerd in de Figuren 3.15 en 3.16. Geconstateerd is dat ten opzichte van de uitgangssituatie zowel het boven- als het benedentalud minder steil zijn geworden. Uiteraard is dit het meest geprononceerd bij de onbegroeide vakken O11 en O12. Ook is vastgesteld dat de invloed van de golfwerking op de erosie van substraat voornamelijk in de beginfase van de experimenten is opgetreden.

Voor een vijftal posities in de vegetatiezone is de verandering van bodemligging nagegaan, dat wil zeggen is er erosie opgetreden of heeft er sedimentatie plaats gehad (Figuren 3.17 t/m 3.21).

3.3 Vegetatiemetingen

3.3.1 Uitgangsmateriaal

Relevant is de uitgangstoestand van de vegetatie op het moment van aanbrengen van de stekken. Hiertoe zijn aan een tiental planten (N_r) van zowel riet als mattenbies enkele metingen verricht, zoals lengte L_r en diameter rhizoom D_r , aantal knopen/spruiten N_s en het drooggewicht W_r . De gemiddelde waarden voor deze parameters zijn weergegeven in Tabel 5.

parameter	vegetatietype	
	riet	mattenbies
L_r (+ st.afw.) (m)	0,228 (0,031)	0,141 (0,029)
D_r (+ st.afw.) (m)	0,0108 (0,0033)	0,0162 (0,0015)
N_s (-)	4	4
W_r (+ st.afw.) (kg)	0,00457 (0,00258)	0,01999 (0,00704)

Tabel 5. Gemiddelde waarden van het uitgangsmateriaal

3.3.2 Interpretatie foto's

Verschillen in substraat en/of golfintensiteit komen noch voor de rietvakken noch voor de biezenvakken tot uitdrukking in verschillen in bedekkingspercentage (Tabel 6). Tijdens de in Tabel 6 weergegeven periode is er een golfperiode geweest. De verschillen in bedekking die optreden tussen de vakken binnen een soort zijn het gevolg van zaken als beschadwing, hoeveelheid algen in de waterkolom, etc.

De interpretatie van de foto's van de vakken met matdebies werd bemoeilijkt doordat de aanplant was plat gewaaid, waardoor de bedekkingspercentages minder exact zijn dan bij riet. Ook voor de vergelijking van de biezenvakken onderling levert dit problemen op. Appendix B1 bevat een overzicht van alle data betreffende de foto's.

Op basis van de vegetatiemetingen in het eerste groeiseizoen werd besloten in 1990 geen golfproeven uit te voeren, omdat de begroeiing onvoldoende gesloten was. De relatie met de biomassa komt later in deze sectie aan de orde.

3.3.3 Vegetatieve uitbreiding

De mate van kolonisatie van het boven- en ondertalud is weergegeven in Tabel 7. Het betreft hier de vegetatieve uitbreiding, dat wil zeggen uitbreiding van de aanplant door middel van uitlopers en wortelstekken (in tegenstelling tot generatieve uitbreiding die plaats heeft via zaden). Vermeld staat de maximale horizontale afstand die nieuwe scheuten hebben afgelegd. Uitlopers werden eerst naar dieper water gevormd en pas later hoger de oever op. Het leek erop dat riet veel eerder uitlopers begon te vormen, welke tevens grotere afstanden overbruggden, dan matdebies.

3.3.4 Lengtefrequentieverdelingen

In Figuur 3.22 en 3.23 zijn voorbeelden van lengtefrequentieverdelingen gepresenteerd. Een volledig overzicht is gepresenteerd in Appendix B3. De figuren betreffen de metingen in juni en augustus 1991. Het merendeel van de stengels is in het voorjaar 1991 uitgelopen en zal dus in ontwikkeling niet zoveel van elkaar verschillen, vandaar dat er voornamelijk langere stengels gevonden zijn. De aanwas van jongere scheuten vindt wel plaats maar niet in zulke grote aantallen als bij het opnieuw uitlopen van de aanplant in het voorjaar. De periode van het jaar waarin de lengtes gemeten worden speelt dus zeker een rol.

Bij de tweede meting in augustus heeft de aanplant zich nog verder ontwikkeld, dat wil zeggen de stengels zijn langer. In het voorjaar bevindt het merendeel van de stengels zich in de lagere klassen. Naarmate het jaar verstrijkt groeien deze stengels en zal het merendeel zich verplaatsen naar de hogere lengteklassen. Door de aanwas van jonge scheuten zal gedurende het jaar het aantal lengteklassen toenemen.

Dit beeld wordt bevestigd wanneer naar de gemiddelde stengellengte per vak wordt gekeken voor deze twee metingen (Tabel 8). Verder valt uit deze Tabel op te maken dat het golven (nog) geen invloed had op de groei. Eventuele verschillen in gemiddelde lengte tussen geëxponeerde vakken (51, 52, 11 en 12) en de controlevakken (01 en 02) waren ook al voor de golfbehandeling aanwezig. Verder is te zien dat voor alle vakken het aantal stengels is toegenomen.

3.3.5 Biomassa ontwikkeling

De gepresenteerde data in Tabel 9 vertegenwoordigen de procentuele biomassatoename tussen de meting vlak voor en direct na de golfperioden. Net als bij de stengellengtes en het aantal stengels per vak zijn ook hier nog geen duidelijke verschillen aan te geven (vak M01 wijkt af van de rest). Een eerste aanzet hiertoe vormt de afname in het aantal stengels (Tabel 8). In appendix B2 is een overzicht gegeven van de resultaten van de metingen aan de groei en ontwikkeling van de aanplant.

Op basis van de geoogste stengels was het mogelijk een regressievergelijking op te stellen tussen de stengellengte en het drooggewicht per stengel. Voor de verschillende soorten en meetperiodes werden de volgende regressievergelijkingen opgesteld:

riet	(meting 1)	$W_s = 11,22 \cdot 10^{-5} L_s^{2,050}$	$(r^2 = 0,840 \text{ en } n = 120)$ (9a)
	(meting 2)	$W_s = 21,13 \cdot 10^{-5} L_s^{1,954}$	$(r^2 = 0,876 \text{ en } n = 127)$ (9b)
bies	(meting 1)	$W_s = 54,87 \cdot 10^{-5} L_s^{1,618}$	$(r^2 = 0,755 \text{ en } n = 112)$ (9c)
	(meting 2)	$W_s = 60,76 \cdot 10^{-5} L_s^{1,633}$	$(r^2 = 0,849 \text{ en } n = 100)$ (9d)

waarin:

W_s	= drooggewicht stengels	(g)
L_s	= stengellengte	(cm)
r	= regressiecoëfficiënt	(-)
n	= aantal monsters	(-)

Opgemerkt wordt dat de eenheden van W_s en L_s in bovenstaande regressievergelijkingen afwijken van die in de symbolenlijst.

De biomassa per eenheid van oppervlak (bijvoorbeeld kg per m²) kan worden bepaald uit het product van het aantal stengels per eenheid van oppervlak en de biomassa per stengel. Overigens is uit de biomassa per stengel ook de soortelijke massa ρ_v af te leiden met de formule (veronderstellend dat de stengeldikte gelijk is over de gehele stengellengte):

$$W_s = \rho_v 0,25 \pi D_s^2 L_s \quad (10)$$

waarin:

W_s	= drooggewicht stengels	(kg)
ρ_v	= soortelijke massa vegetatie	(kg/m ³)
D_s	= stengeldiameter	(m)
L_s	= stengellengte	(m)

In Tabel 10 zijn de gemiddelde waarden per vak gegeven, zoals die zijn te berekenen met de data in Appendix B2. Opgemerkt wordt dat in geval van riet geen rekening is gehouden met het gegeven dat er sprake is van een holle stengel. Overigens worden in [Bouter, 1989] voor ρ_v waarden gegeven van 200 à 350 kg/m³.

In dezelfde tabel staan ook vermeld de gemiddelde waarden per vak van de uitwendige stengeldiameter.

3.3.6 Buigkarakteristieken

De gemeten doorbuiging en de daarbijbehorende uitgeoefende kracht zijn grafisch weergegeven (Figuur 3.24). Door middel van enkele bewerkingen is het mogelijk een aantal karakteristieken te bepalen, namelijk:

- grenskracht F_{gr} : maximale kracht waarbij geen irreversibele buigeffecten optreden (N)
- breekkracht F_{br} : maximale kracht (N)
- elasticiteitsmodulus E : materiaalconstante (N/m²)
waarvoor geldt : hoe groter E hoe stijver het materiaal
- traagheidsmoment van de stengel I (m⁴)
- stijfheidsfactor tegen buiging EI (Nm²)

De buigstijfheidsfactor EI volgt uit de relatie:

$$f_s = (F l^3) / (48 EI) \quad (11)$$

waarin:

$$\begin{aligned} f_s &= \text{doorbuiging} && \text{(m)} \\ F &= \text{kracht} && \text{(N)} \\ l &= \text{lengte} && \text{(m)} \end{aligned}$$

De beproeving is uitgevoerd voor $l = 0,50$ m, zodat voor EI geldt:

$$EI = (0,125 F) / (48 f_s) \quad (12)$$

Gegeven de uitwendige stengeldiameter D_s (en in geval van holle cilinders ook de inwendige diameter D_i) kan het traagheidsmoment I worden berekend met de formule:

$$I = (\pi D_s^4) / 64 \quad \text{voor massieve cilinders} \quad (13a)$$

$$I = (\pi (D_s^4 - D_i^4)) / 64 \quad \text{voor holle cilinders} \quad (13b)$$

waarin:

$$\begin{aligned} D_s &= \text{uitwendige diameter} && \text{(m)} \\ D_i &= \text{inwendige diameter} && \text{(m)} \end{aligned}$$

De waarde van de elasticiteitsmodulus E is vervolgens eenvoudig af te leiden.

In Appendix B4 staan alle gegevens verzameld, waarbij zowel riet als biezen massief (dus niet hol) zijn verondersteld. Voor riet is namelijk de inwendige diameter niet gemeten. Dit zal wel gebeuren bij toekomstige metingen.

De waarden voor de materiaalconstante E lopen binnen een soort nogal uiteen (appendix B4). Bij het berekenen van de E -waarde wordt alleen gecorrigeerd voor de diameter. Echter, een stengel die ouder wordt, wordt niet per definitie dikker. Wel neemt de verhouting van de stengel in het geval van riet toe, wat tot uiting zal komen in de E -waarden. Een factor die directer gekoppeld is aan de leeftijd van de plant zou de stengellengte kunnen zijn.

In Figuur 3.25 zijn de berekende EI -waarden uitgezet tegen de stengellengte (en in geval van riet ook tegen de stengeldiameter) van de betreffende riet- en biezenstengels. Duidelijk

is te zien dat waarden van de tweede meting (oudere planten, dus langere stengels) over het algemeen hoger liggen dan die van de eerste meting.

Veel lange biezenstengels hadden afgebroken toppen. De EI-waarden in Figuur 3.25 aangegeven met een "*" zijn dan ook waarschijnlijk afkomstig van zulke lange stengels met afgebroken top. Hierdoor vallen deze punten wat buiten het traject. Overigens zijn in Figuur 3.25 ook metingen gepresenteerd van voorjaar 1992.

De per vak gemiddelde waarden van de buigkarakteristieken zijn gepresenteerd in Tabel 10. Hierbij wordt opgemerkt dat geen buigmetingen zijn verricht aan stengels uit de vakken 3, 4 en 13 in augustus 1991. Ook voor vak 14 zijn buigmetingen uitgevoerd. Dit hangt samen met de opgetreden schade aan dit vak in voorjaar 1991.

3.4 Diverse metingen

De diverse metingen betreffen metingen van:

- temperatuursom
- waterkwaliteit
- lichtintensiteit
- windturbulentie

De temperatuursom is bijgehouden teneinde de proeven in het groeiseizoen op een gelijk moment te kunnen uitvoeren. Hiertoe zijn opgevraagd de etmaalgemiddelden van de temperatuur. Deze zijn bepaald uit het uurgemiddelde van de luchttemperatuur. De temperatuur staat vermeld in Appendix C1. In Figuur 3.26 is de temperatuursom grafisch weergegeven voor 1990, 1991 en 1992 (tot en met mei 1992). De zomerproeven in 1991 hebben plaats gevonden bij een gesommeerd etmaalgemiddelde T_{cum} van 2471 graden na 240 dagen van dat betreffende jaar.

De waterkwaliteitsmetingen bestonden uit het vastleggen van het zuurstofgehalte O_2 , zuurgraad pH en watertemperatuur T. De meetgegevens staan in Appendix C2. Het zuurstofgehalte O_2 varieerde in de zomer van 1991 van 4,7 tot 11,6 mg O_2 per liter en in de winter van 1992 van 13,6 tot 15,4 mg O_2 per liter. De watertemperatuur T varieerde tussen 17,1 en 23,6 graden C in de zomer van 1991 en bedroeg 4 graden Celsius in de winter van 1992. De zuurgraad pH bedroeg 7,5 tot 8,9 in de zomer van 1991 en ongeveer 8,5 in de winter van 1992.

Op basis van de meetgegevens kan worden geconcludeerd dat in de golffaciliteit zich geen abnormale omstandigheden hebben voor gedaan.

Ook de lichtintensiteit is bepaald (zie Appendix C3). Uit de metingen bleek dat het vrijgemaakte gebied rondom de modelfaciliteit zorgde voor een gelijkmatige lichtintensiteit voor alle proefvakken. Met dien verstande dat wellicht de niet door golven belaste proefvakken R01, R02, M01 en M02 wellicht enige schaduwwerking hebben ondervonden van de aanwezigheid van de Golfbak gedurende de ochtenduren. De lichtintensiteit varieerde van 5000 lux tot 25000 lux afhankelijk van het tijdstip van de dag en de bewolgingsgraad.

Voor aanvang van de experimenten is onderzocht of windwervelingen een verschillend effect zouden kunnen hebben op de afzonderlijke proefvakken. Metingen van het CO₂-gehalte met behulp van een infraroodgasanalysator zijn daartoe uitgevoerd. Het CO₂-gehalte is een indicator voor deze windwervelingen.

De meetlokaties en de resultaten zijn weergegeven in de Figuren 3.27, 3.28 en 3.29.

Op basis van de meetresultaten is vastgesteld dat geen verband aanwezig is met het tijdstip van de meting, de luchttemperatuur, de bewolgingsgraad en de windrichting. Een duidelijke invloed bleek aanwezig van de windsterkte. De tendens was dat bij toenemende windkracht het CO₂-gehalte afneemt.

Wat betreft de lokatie zijn geen significante verschillen geconstateerd tussen de lokaties MP3 en MP2, danwel MP3 en MP1. Lokatie MP3 fungeerde daarbij als referentielokatie. Geconcludeerd is dat windturbulentie is te verwaarlozen en dat dus geen invloed hiervan is te verwachten op groeiverschillen van de vegetatie als functie van de lokatie van een proefvak.

4 Analyse

4.1 Invloed golfwerking op vegetatie

4.1.1 Vergelijken ontwikkeling vakken met veldwaarden

Uitspraken over de bruikbaarheid van riet en mattenbies bij oeverbeschermende constructies op basis van de resultaten van deze experimentele aanplant, zijn alleen door te trekken naar de praktijk wanneer de groei en ontwikkeling van de aanplant overeenkomt met veldwaarnemingen. In Tabel 11 is een overzicht gegeven van enkele waarnemingen.

Een jaar na aanplant blijkt de ontwikkeling van zowel riet als mattenbies redelijk overeen te komen met waarnemingen gedaan door derden (Dykyjova, 1971, ontwikkeling na een jaar). In vergelijking met oudere bestanden blijft de ontwikkeling van het riet achter. De geproduceerde biomassa zal echter ook hier toenemen naarmate de aanplant ouder wordt.

De in sectie 3.3 vermelde regressievergelijkingen komen voor riet goed overeen met waarnemingen langs het Haringvliet [Coops et al, 1991]. Voor mattenbies wijken de vergelijkingen iets af.

riet	WL-meting 1 (juni 1991)	$\ln(W_s) = 2,050 \ln(L_s) - 9,095$
	Haringvliet (juni 1991)	$\ln(W_s) = 1,848 \ln(L_s) - 9,229$
	WL-meting 2 (augustus 1991)	$\ln(W_s) = 1,954 \ln(L_s) - 8,462$
	Haringvliet (augustus 1991)	$\ln(W_s) = 2,047 \ln(L_s) - 8,552$
bies	WL-meting 1 (juni 1991)	$\ln(W_s) = 1,618 \ln(L_s) - 7,508$
	Haringvliet (juni 1991)	$\ln(W_s) = 2,054 \ln(L_s) - 8,289$
	WL-meting 2 (augustus 1991)	$\ln(W_s) = 1,633 \ln(L_s) - 7,406$
	Haringvliet (augustus 1991)	$\ln(W_s) = 2,309 \ln(L_s) - 10,776$

waarin:

W_s = drooggewicht stengels (g)

L_s = stengellengte (cm)

Opgemerkt wordt dat bovenstaande vergelijkingen identiek zijn aan die in sectie 3.3. De eenheden van de symbolen wijken af van die in de symbolenlijst.

In de literatuur worden ook andere relaties gepresenteerd. Zo vermeld [Reitsma, 1992]:

$$W_s = 0,309 \exp [0,016 L_s] \quad (14)$$

waarin:

$$W_s = \text{drooggewicht stengels} \quad (\text{g})$$

$$L_s = \text{stengellengte} \quad (\text{cm})$$

en in [Mullekom, 1987] wordt een relatie van Van der Toorn genoemd:

$$W_s = 0,379 D_s^{1,965} \quad (15)$$

waarin:

$$W_s = \text{drooggewicht stengels} \quad (\text{g})$$

$$D_s = \text{stengellengte} \quad (\text{mm})$$

In hoeverre deze vergelijkingen overeenstemmen met de onderhavige metingen, is in het kader van dit interimrapport niet onderzocht.

4.1.2 Invloed substraatype en golfbehandeling

Verschillen in het aantal gevormde scheuten, biomassa en gemiddelde stengellengte per vak kunnen het gevolg zijn van verschillen in substraat en/of golfbehandeling. Met behulp van een ANOVA is de invloed van substraat, golfbehandeling en meetdatum (tijd) op de ontwikkeling en groei van het riet en de matdebies getest.

substraatype

Voor de rietvakken konden op basis van de ANOVA voor het aantal scheuten, de biomassa en de gemiddelde stengellengte, geen substraateffecten worden vastgesteld. Bij de biezenvakken was er een substraateffect voor de gemiddelde lengte van de stengels. De gemiddelde stengellengte voor de vakken met zandig substraat ($\mu = 1,91 \text{ m}$, $\sigma = 0,109 \text{ m}$) en kleilig zand ($\mu = 1,79 \text{ m}$, $\sigma = 0,117 \text{ m}$) verschilde echter niet significant.

golfbehandeling

Zowel voor de rietvakken als voor de biezenvakken lijkt er een golfbehandelingseffect aan te geven voor de gemiddelde stengellengte. Daar ook getoetst is voor de meetdatum en er bij de eerste meetdatum nog niet gegolfd was, mag verondersteld worden dat een interactie gevonden moet worden tussen meetdatum en golfbehandeling. Dit was echter niet het geval. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de verschillen in het golfbehandelingseffect eerder te wijten zijn aan randverschijnselen, zoals verschillen in beschaduwing van de vakken als gevolg van verschillen in ligging, verschillen in windexpositie, etc.

Bij toekomstige metingen zullen er ook vroeger in het groeiseizoen metingen worden verricht. Mede hierdoor en omdat de golfbehandelingen dan vaker herhaald zijn, kan verwacht worden dat substraat- en/of golfeffecten zullen gaan optreden tussen vakken van dezelfde soort.

4.1.3 Relatie stengellengte en stengeldiameter

Parameters als de stijfheidsfactor EI en elasticiteitsmodulus E worden vaak gekoppeld aan de stengeldiameter, omdat deze parameter vrijwel constant blijft tijdens de levensduur van de stengel. Daarentegen is in sectie 3.3 vermeld dat de stengellengte directer gekoppeld is aan de leeftijd van een plant in verband met de toenemende verhouting tijdens de levensduur. Bij de vegetatiemetingen zijn van alle planten in de PQ's de stengellengtes en -diameters gemeten. Om aan de hand hiervan uitspraken te kunnen doen over zaken als golfweerstand, is het noodzakelijk een relatie tussen de stengeldiameter en de stengellengte te achterhalen.

Voor riet was het niet mogelijk een regressievergelijking op te stellen tussen stengeldiameter en stengellengte. Misschien dat koppeling wel mogelijk is met de interne stengeldiameter (riet heeft een holle stengel). Deze parameter is tot op heden echter niet gemeten. Bij toekomstige metingen zal dit wel worden gedaan.

Voor mattenbies kon wel een regressievergelijking opgesteld worden:

$$D_s = 5,23 \cdot 10^{-3} L_s \quad (r^2 = 0,732 \text{ en } n = 20) \quad (16)$$

Bij controle bleken de gemeten en de berekende stengeldiameters sterk gecorreleerd te zijn ($c_s = 0,86$; $p < 0,001$).

Daar er een verband tussen stengeldiameter en stengellengte is aangetoond voor mattenbies, is Figuur 3.25 voor deze soort geoorloofd. Voor riet is een dergelijk verband niet aan te tonen. Wanneer de stijfheidsfactor EI tegen de stengellengte wordt uitgezet, levert dit een ander beeld op dan wanneer deze tegen de diameter wordt uitgezet (zie Figuur 3.25). Op basis van de figuren lijkt een verband tussen EI en stengellengte meer voor de hand te liggen dan tussen EI en stengeldiameter.

4.1.4 EI-klassen

Voor het bepalen van interacties tussen golfdynamiek en vegetatie is het gewenst per vak een EI -waarde te gebruiken. Hiertoe is eerst per vak met behulp van de lengtefrequentieverdelingen een modale stengellengte L_m per vak bepaald. De modale stengellengte is gedefinieerd als het gemiddelde van de klassegrenzen van de klasse waarin de meeste stengels voorkomen. De waarde van L_m is representatief voor de stengellengte van een rietzone zoals een waarnemer die vaststelt zonder dat hij van een groot aantal stengels de lengte bepaalt en deze vervolgens middelt. Een exact verband tussen gemiddelde stengellengte L_s en modale stengellengte L_m is niet bekend.

Aan de hand van Figuur 3.25 zijn per vak voor de modale stengellengte de bijbehorende EI -waarden bepaald. Hierbij is een lineair verband verondersteld. De resultaten staan in Tabel 12.

Overigens is in [Bouter, 1989] voor riet de volgende relatie bepaald:

$$EI = (0,175 \text{ à } 0,413) \cdot 10^9 D_s^4 \quad (17)$$

In Tabel 10 staan vermeld de berekende waarden voor de elasticiteitsmodulus E, uitgaande van een berekende waarde van het traagheidsmoment I daarbij gebruikmakend van de uitwendige stengeldiameter (riet is verondersteld massief te zijn). De berekende waarden voor E (variërend van $1 \cdot 10^9$ tot $5 \cdot 10^9$ N/m²) kunnen worden vergeleken met die van andere materialen. Zo geldt voor hout (afhankelijk van het soort en de vezelrichting): $E = (1 \text{ à } 10) \cdot 10^9$ N/m². Geconcludeerd kan worden dat de overeenkomst goed is.

4.2 Invloed vegetatie op golfdemping

4.2.1 Algemeen

Golfdemping in een vegetatiezone is het gevolg van energieverlies door het in meer of mindere mate meebuigen van de vegetatie onder invloed van golfkrachten en wervels die ontstaan juist achter stengels. Grote uitwijkingen ten opzichte van de nulstand (= verticaal), bijvoorbeeld in de orde van de orbitaalbeweging, resulteren in een geringe demping. Een geringe uitwijking leidt daarentegen juist tot een grote demping ten gevolge van de opgeroepen tegenkracht door de stengels en de wervelvorming achter die stengels. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een kleine waterdiepte, want dan ligt het aangrijpingspunt van de golfkracht laag. De stengel gedraagt zich dan stijver ten opzichte van de situatie bij een grotere waterdiepte.

Factoren die een rol spelen bij de golfdemping in een vegetatie zijn:

- golfkarakteristieken : golfhoogte, golflengte, golfsteilheid en hoek van golfinval
- vegetatiekenmerken : stengellengte, stengeldiameter, stengeldichtheid, biomassa, stijfheid stengels
- periode in levenscyclus : seizoen, leeftijd vegetatie
- geometrische kenmerken : breedte vegetatiezone, waterdiepte

De afzonderlijke invloeden zullen nu kwalitatief worden besproken.

invloed golfkarakteristieken

De demping neemt toe bij toenemende golfhoogte. Dit vindt zijn oorzaak in de toenemende orbitaalsnelheden. De stengeluitwijking ten opzichte van de nulstand wordt daardoor kleiner in verband met de grotere opgeroepen tegenkracht door de stengels en de extra wervelvorming juist achter de stengels. De stengels gedragen zich als het ware stijver.

De golflengte speelt een rol in relatie tot de waterdiepte. Bij kleine waarden van h/L_w (lange golven) bepalen de hoge orbitaalsnelheden de golfdemping en bij grote waarden van h/L_w (korte golven) is de traagheid van de stengels doorslaggevend. In beide gevallen is de demping groot. Volgens [Bouter, 1989] bereikt de demping een minimum waarde voor golflengten van ongeveer 2,5 m. De eigentrilling van de stengels is daarbij van belang naast de verhouding vegetatiebreedte-golflengte.

De hoek van golfinval is eveneens van belang. Secundaire scheepsgolven naderen een oever onder een hoek van 55° met de normaal. Dit betekent dat de vegetatiebreedte relatief toeneemt met een factor $(\cos 55^\circ)^{-1} = 1,75$ ten opzichte van loodrechte golfinval.

invloed vegetatiekenmerken

De stengellengte van een ongemaaide vegetatie heeft een beperkte invloed. Immers de golfkrachten grijpen aan op het gedeelte onder water. Het boven water uitstekende gedeelte volgt de uitwijking veroorzaakt door de golfkrachten en behoeft slechts de luchtweerstand te overwinnen. Duidelijk zal zijn dat gemaaide vegetatie een grotere invloed heeft. De rietstengels kunnen de golfbeweging beter volgen en dus is de demping geringen.

De stengeldiameter is met name relevant in relatie tot de wervels achter de stengels. Een grotere diameter zal grotere wervels veroorzaken en daardoor meer demping geven.

Een grote stengeldichtheid betekent meer wervels en resulteert dus ook in een grotere demping ten opzichte van een kleine stengeldichtheid. Bovendien speelt hierbij een rol dat bij een grote stengeldichtheid individuele stengels elkaar kunnen hinderen bij het volgen van de golfbeweging.

Een grote stijfheid van de stengels houdt in dat deze de golfbeweging minder goed kunnen volgen dan stengels met een kleine stijfheid.

De invloed van de biomassa is onduidelijk daar deze het product is van de afzonderlijke invloeden. Welke van die invloeden domineert kan niet op voorhand worden vastgesteld.

invloed levenscycli

Nieuwe stengels worden in de periode maart tot en met juni aangemaakt. Vanaf oktober sterft de vegetatie af. In een daaropvolgend jaar herhaalt dit proces zich. Een en ander betekent dat niet alleen gedurende een jaar de vegetatiekenmerken veranderen, maar dat er ook een verschil is tussen bijvoorbeeld een vijfjarige vegetatie en een tweejarige vegetatie. Dit komt tot uiting in de stijfheidsfactor, stengeldichtheid en biomassa.

invloed geometrische kenmerken

De belangrijkste invloed is de vegetatiebreedte. De golfdemping zal toenemen bij een toenemende breedte. Deze toename zal niet lineair verlopen, maar bij toenemende breedte afnemen. In het geval van schuininvallende golven ervaren deze de vegetatiezone bovendien als relatief breder.

Daarnaast speelt de waterdiepte een rol. Bij een afnemende waterdiepte neemt de demping toe. De golfkrachten grijpen namelijk lager aan, waardoor de stengels een stijver gedrag vertonen ten opzichte van een grotere waterdiepte.

4.2.2 Functioneel verband

De eerder genoemde relevante kenmerken kunnen als volgt in een functioneel verband worden weergegeven:

$$\text{golfdemping} = f(\text{golfskarakteristieken, vegetatiekenmerken, levenscycli vegetatie, geometrische kenmerken}) \quad (18)$$

In symbolen luidt dit verband:

$$R = H_i/H_0 = f(H_0/L_w, L_w, \beta, L_s, D_s, N_s, W_s, EI, T_{\text{cum}}, L_v, B, h)$$

waarin:

R	= relatieve golfhoogte	(-)
H _i	= golfhoogte in vegetatiezone	(m)
H ₀	= inkomende golfhoogte	(m)
L _w	= golflengte	(m)
β	= hoek van golfval	(grad)
L _s	= stengellengte	(m)
D _s	= stengeldiameter	(m)
N _s	= stengeldichtheid	(m ⁻²)
W _s	= biomassa	(kg/m ²)
EI	= stijfheidsfactor	(Nm ²)
T _{cum}	= gesommeerde etmaaltemperatuur	(C)
L _v	= leeftijd vegetatie	(jaar)
B	= vegetatiebreedte	(m)
h	= waterdiepte	(m)

In het onderhavige onderzoek zijn niet gevarieerd: golflengte, hoek van golfval en waterdiepte. Bovendien zijn in de periode die het interimverslag omvat de volgende variabelen constant gehouden: golfsteilheid en leeftijd vegetatie. Dit houdt in dat het volgende functionele verband resteert:

$$R = H_i/H_0 = f(L_s, D_s, N_s, W_s, EI, T_{\text{cum}}, B) \quad (19)$$

Verondersteld mag voorts worden dat de vegetatiekenmerken onderling gerelateerd zijn, dat wil zeggen alle eigenschappen kunnen worden weergegeven in één (of meer) parameters, bijvoorbeeld de stengellengte en de stengeldichtheid. Aanwijzingen hiervoor zijn de eerder op basis van de meetresultaten afgeleide relaties tussen stengeldiameter en stengellengte voor mattenbies en tussen biomassa en stengellengte. Op dit moment laten de beschikbare gegevens een verdere vereenvoudiging evenwel nog niet toe.

De meetresultaten zullen nu nader worden beschouwd. Daartoe zijn in Tabel 13 gemiddelde waarden van de meetdata van augustus 1991 van de beide vegetatietypen gepresenteerd. Voorts wordt verwezen naar de Figuren 3.2 t/m 3.6 waar de golfdmping per vak is gepresenteerd. Deze bedraagt circa 10 tot 15 %. In sommige vakken is zelfs sprake van negatieve demping (vakken R11, R12 en R51). Dit is ook het geval in de onbegroeide vakken bij de proeven in augustus 1991.

De golfreductie is ook op andere wijze gepresenteerd (Figuren 4.1 t/m 4.3). Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de demping gering is. Deze geringe demping kan samenhangen met de wijze waarop gecompenseerd is voor reflectie (zie sectie 3.1). Deze reflectie wordt veroorzaakt door het boventalud en in mindere mate door de vegetatie zelf. De reflectiecoëfficiënt C_r bedraagt ongeveer 0,15 in augustus 1991 en 0,30 in februari 1992 (zie Tabel 4). De waarde van deze coëfficiënt kan ook worden geschat, bijvoorbeeld met de formule van [Seelig/Ahrens, 1981] voor ruwe doorlatende taluds:

$$C_r = 0,6 \xi^2 / (6,6 + \xi^2) \quad (20)$$

of de formule van [Postma, 1989]:

$$C_r = 0,14 \xi^{0,73} \quad (21)$$

waarin:

$$\begin{aligned} C_r &= \text{reflectiecoëfficiënt} && (-) \\ \xi &= \text{brekerparameter} && (-) \end{aligned}$$

De brekerparameter ξ is gedefinieerd als:

$$\xi = \tan \alpha / (H / L_w)^{0,5} \quad (22)$$

waarin:

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{taludhoek} && (\text{grad}) \\ H &= \text{golfhoogte} && (\text{m}) \\ L_w &= \text{golflengte} && (\text{m}) \end{aligned}$$

Voor het boventalud geldt $\tan \alpha = 0,5$. Hiermee volgt voor de brekerparameter een waarde van 3,5 ($H = 0,10$ m en $L_w = 4,80$ m). Dit resulteert in een C_r -waarde van 0,39 (Seelig/Ahrens) respectievelijk 0,35 (Postma). De berekende waarden komen goed overeen met de waarden afgeleid uit de metingen in februari 1992. In augustus 1991 waren de waarden lager. Waarom deze in februari 1992 groter is dan in augustus 1991 is onduidelijk.

Een oorzaak voor de relatief geringe totale demping kan ook zijn dat de stengels bewegen in de eigenfrequentie (zie sectie 4.2.5), dat wil zeggen dat de uitwijking groot is en in de orde ligt van de orbitaalbeweging. In relatie hiermee is de verhouding vegetatiebreedte-golflengte ook van belang. Deze bedraagt voor deze metingen $B/L_w = 4,0/4,8 = 0,83$.

Voor een vergelijking van de golfdemping voor de twee vegetatietypen is de volgende tabel opgesteld, weergevend de relatieve golfhoogte R:

vegetatietype en seizoen		zone 0 - 1m	zone 1 - 2m	zone 2 -3m	zone 3 - 4m
augustus 1991:	onbegroeide vakken	1,16	1,05	0,99	1,23
	riet vakken	1,08	0,98	0,92	1,03
	mattenbies vakken	0,98	0,92	0,85	0,91
februari 1992:	onbegroeide vakken	0,89	0,86	0,94	0,93
	riet vakken	0,98	0,93	0,99	1,10
	mattenbies vakken	0,97	0,92	0,92	0,98

De gegevens zijn in Figuur 4.4 gepresenteerd.

Uit bovenstaande Tabel en Figuur 4.4 blijkt dat in geval van biezen de golfreductie in augustus 1991 en februari 1992 nauwelijks verschillen in de zone dichtbij het water. Ook de februari 1992 metingen van het riet zijn hieraan gelijk. Bij riet is de golfdemping in augustus 1991 echter kleiner dan in februari 1992. Grotendeels kan dit verklaard worden door de relatief lagere inkomende golfhoogte bij de rietvakken ($H_0 = 0,805$ m in augustus 1991) dan bij de biezenvakken ($H_0 = 0,88$ m in augustus 1991). Dit verschil leidt tot relatief hogere waarden voor H_i/H_0 in de rietzone in augustus 1991. De inkomende golfhoogte in februari 1992 is in beide typen vakken vrijwel gelijk (1,035 m respectievelijk 1,03 m).

Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de golfdemping in alle vakken ongeacht het vegetatietype ongeveer gelijk is. Ondersteuning hiervan wordt gevonden in Tabel 13. Daaruit blijkt dat stengellengte en stengeldichtheid van bies ongeveer 20 tot 25 % groter zijn dan de waarden voor riet. Voor de stengeldiameter geldt zelfs een 70 % grotere waarde. Daarentegen is de soortelijke massa van bies aanzienlijk kleiner dan die van riet. Dit resulteert in een biomassa die orde 15 % groter is (berekend met D_s , L_s , N_s en ρ_s), hetgeen overeenkomt met het verschil op basis van het gemiddelde van de gemeten data. Daartegenover staat dat de stijfheidsfactor EI van bies geringer is (ongeveer 30 %) dan die van riet. Een grotere golfdemping voor biezen dan voor riet zou kunnen worden verklaard uit de grotere stengeldiameter (meer wervels) en de grotere stengeldichtheid, maar daartegenover staan de geringere biomassa en de kleinere stijfheid die juist minder demping zouden veroorzaken. Aangezien biezen een gelijke demping geven, lijken de beide invloeden elkaar te compenseren.

4.2.3 Ontwerpformule

In de voorgaande sectie is een functioneel verband gegeven voor de golfdemping. Op grond van de beperkte verschillen tussen de gemeten kenmerken van beide vegetatietypen (zie Tabel 13) en de geringe verschillen in golfdemping tussen riet en biezen zowel onderling als wat betreft de seizoensinvloed, wordt er voor het onderhavige verslag voor gekozen de golfdemping te kwantificeren uitsluitend als functie van de vegetatiebreedte. In formulevorm:

$$R = H_i/H_0 = f(B) \quad (23)$$

De volgende mogelijkheden dienen zich dan aan:

$$R = H_i/H_0 = c_1 B^{c_2} \quad (24)$$

of:

$$R = H_i/H_0 = \exp[-c_0 B] \quad (25)$$

Vgl.(25) verdient de voorkeur, omdat voor een vegetatiebreedte gelijk aan 0 een waarde van 1 wordt verkregen voor de relatieve golfhoogte.

Uitgangspunt voor de verdere analyse zijn de relatieve golfhoogten vermeld in de Tabel in sectie 4.2.2. Beschouwd zijn alleen de metingen van augustus 1991. Voorts zijn de data voor riet gecompenseerd in verband met de relatief lagere inkomende golfhoogte door deze te vermenigvuldigen met een factor $0,805/0,88 = 0,915$. Vervolgens is per vegetatiezone de gemiddelde relatieve golfhoogte R bepaald:

vegetatietype	zone 0 - 1m	zone 1 - 2m	zone 2 -3m	zone 3 - 4m
riet vakken (gecompenseerd)	0,99	0,90	0,84	0,94
biezen vakken	0,98	0,92	0,85	0,91
gemiddelde waarde R (-)	0,985	0,91	0,845	0,925
golfreductie 1-R (%)	1,5	9	15,5	7,5

De berekende gemiddelde waarden voor R en 1-R voor alle vakken zijn in Figuur 4.5 uitgezet tegen de breedte van de vegetatiezone. Ook zijn gegevens uit de literatuur gepresenteerd. Dit betreft prototypemetingen in het Waardkanaal (Rijkswaterstaat, 1986), prototypemetingen op de Thames (Bonham, 1980), laboratoriummetingen op de TU Delft (Bouter, 1989) en Amerikaanse data (USDA, 1974). Wat betreft de beide prototypemetingen zijn de resultaten zoals vermeld in de literatuur gecompenseerd voor de schuinvallende scheepsgolven, dat wil zeggen vermenigvuldigd met een factor $(\cos 55^\circ)^{-1} = 1,75$. In Tabel 14 zijn de data opgenomen. Hierbij zijn de volgende opmerkingen relevant.

In de rapportage van de proeven van zowel het Waardkanaal als de Thames wordt gesteld dat geen reflectie van golven is geconstateerd en dat men op grond daarvan ook niet heeft gecompenseerd. Dat het niet geconstateerd is, is heel wel mogelijk in verband met de scheefvallende golven en de vaste positie van de registratie-apparatuur. Dit betekent echter nog niet dat er geen reflectie is. In principe is deze altijd aanwezig, maar vermoedelijk in

de onderhavige gevallen wel gering (schuininvallende golven, flauw talud). Bouter heeft wel reflectie gemeten (orde 5 %) en stelt dat dit een ondergrens is. Hij heeft vanwege de geringe waarde van de reflectie niet gecompenseerd.

Als de WL-metingen worden vergeleken met de literatuur gegevens dan blijken deze goed overeen te stemmen met die in het Waardkanaal. Dit mag ook verwacht worden gezien de overeenkomende waarden voor de stengeldichtheid (Waardkanaal 120 per m², WL-meting 103 à 127 per m²), de opgewekte golfhoogte (0,10 m) en de geometrie van de oever. De resultaten van Bonham en Bouter wijken duidelijk af. Wat betreft Bouter en Bonham in geval van bies kan dit worden veroorzaakt door de veel grotere stengeldichtheid (400 per m²). Dit is niet het geval bij Bonham voor riet. Bovendien speelt bij de Thamesmetingen dat deze zijn uitgevoerd bij hele kleine waterdiepten (orde 0,15 m), waarbij sprake was van een talud 1:4 in plaats van een horizontale berm. De golfhoogte varieerde van 0,05 tot 0,15 m wat betekent dat de verhouding H/h varieerde van 0,3 tot 1,0, met andere woorden in sommige gevallen zullen de golven breken (criterium H/h = 0,6). Veel golfenergie zal dus door breken verloren zijn gegaan.

Wat betreft de Amerikaanse gegevens, deze zijn niet gebaseerd op metingen maar uitsluitend op die van de mening van een panel van deskundigen.

Samengevat: De afwijkende resultaten van metingen op de TU Delft, op de Thames en die in Amerika zijn verklaarbaar. Op grond hiervan wordt voor het onderhavige verslag voorshands uitgegaan van de WL-metingen en de metingen in het Waardkanaal, mede op grond van het gegeven dat deze aan de veilige kant zijn.

Gegeven de meetdata is de volgende relatie tussen vegetatiebreedte B en relatieve golfhoogte R af te leiden (zie ook Figuur 4.6):

$$R = H_i/H_0 = \exp [- 0,05 B] \quad (26)$$

Opgemerkt wordt dat in de factor 0,05 alle overige invloeden, zoals bijvoorbeeld de vegetatiekenmerken, zijn verwerkt. Impliciet is in de vegetatiebreedte B ook de hoek van golfval verwerkt, omdat gebruik is gemaakt van de prototypegegevens van metingen in het Waardkanaal.

4.2.4 Invloed ondertalud op golfhoogte

In Figuur 3.14 zijn de resultaten gepresenteerd van berekeningen met het programma ENDEC [ENDEC, 1990]. Uit de resultaten blijkt dat het ondertalud nauwelijks enige invloed heeft op de golfkarakteristieken. Bij een hydraulische ruwheid van f_w van 0,01 neemt de golfhoogte H boven de berm toe met 3 mm (20%) om juist voor het boventalud sterk toe te nemen tot bijna 0,12 m om vervolgens sterk af te nemen door het breken van de golf. Bij een hydraulische ruwheid van 0,30 neemt de golfhoogte direct na het ondertalud toe met 1 mm (10%) om boven de berm geleidelijk af te nemen tot 0,095 m. Bij het boventalud treedt vervolgens eerst een stijging op tot bijna 0,11 m waarna het breken van de golf optreedt.

De conclusie is dan ook gerechtvaardigd dat het ondertalud en de berm geen significante invloed hebben op de golfkarakteristieken. Dit geldt zowel voor de onbegroeide vakken ($f_w = 0,01$) als de begroeide vakken ($f_w = 0,30$). Wel een invloed is aanwezig van het boventalud.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de waarde van f_w voor de begroeide vakken zowel de bodemruwheid als de extra ruwheid door de stengels weergeeft. De waarde van 0,30 is een te lage schatting, maar het programma ENDEC kan slechts met deze waarde als maximum rekenen. In werkelijkheid zal f_w groter zijn, wat als volgt kan worden aangetoond. De bodemschuifspanning kan worden berekend met:

$$\tau = f_w 0,5 \rho u^2 \quad (27)$$

of met:

$$\tau = \rho g h i \quad (28)$$

waarin:

τ	= schuifspanning	(N/m ²)
f_w	= parameter bodemruwheid	(-)
ρ	= soortelijke massa water	(kg/m ³)
u	= stroomsnelheid	(m/s)
g	= versnelling zwaartekracht	(m/s ²)
h	= waterdiepte	(m)
i	= verhang	(-)

De laatste vergelijking kan eenvoudig met $hi = u^2/C^2$ worden omgewerkt tot:

$$\tau = (2g/C^2) 0,5 \rho u^2 \quad (29)$$

waarin:

C	= Chézy-coëfficiënt	(m ^{0,5} /s)
-----	---------------------	-----------------------

Gelijkstelling van beide formules voor de schuifspanning geeft dan:

$$f_w = 2g/C^2 \quad (30)$$

Starosolszky [1982] heeft waarden voor C gepresenteerd als functie van de waterdiepte en de stengellengte. Voor een waterdiepte van $h = 0,50$ m leidt dit tot $C = 5$ m^{0,5}/s. Bouter bevestigt deze lage waarde met zijn onderzoek ($C = 6$). Met een waarde voor C gelijk aan 6 volgt voor f_w : $f_w = 0,80$. Omgekeerd betekent een waarde van $f_w = 0,3$ dat C gelijk is aan 8.

Ook is een andere benadering mogelijk op basis van een krachtenevenwicht. Bouter stelt:

$$\tau A = 0,5 \rho u^2 C_d h_s D_s N_s \quad (31)$$

en

$$\tau A = \rho g A u^2/C^2 \quad (32)$$

waarin:

A	= oppervlak	(m ²)
C_d	= weerstandscoefficiënt	(-)
h_s	= lengte vegetatie belast door stroming of golven	(m)
D_s	= stengeldiameter	(m)
L_s	= stengellengte	(m)

Hieruit volgt voor C:

$$(C^2)^{-1} = (0,5 C_d N_s h_s D_s) / (g A) \quad (33)$$

Met $C_d = 1$, $h_s = 0,5$ m, $D_s = 0,007$ m, $A = 1$ m² en $N_s = 103$ m⁻² volgt voor riet bij de onderhavige proeven: $C = 7,4$ m^{0.5}/s. Analoog kan voor bies met $D_s = 0,012$ m en $N_s = 127$ m⁻² worden berekend $C = 5,1$ m^{0.5}/s. (Bouter heeft een stengeldichtheid van 400 m⁻² en $D_s = 0,003$ m, wat leidt tot $C = 5,6$ m^{0.5}/s).

Met:

$$\tau A = f_w 0,5 \rho u^2 A \quad (34)$$

kan analoog worden afgeleid:

$$f_w = (C_d N_s h_s D_s) / A \quad (35)$$

Substitutie van de eerder gegeven waarden resulteert voor riet in $f_w = 0,36$. De gekozen benadering met $f_w = 0,30$ stemt hier dus goed mee overeen. Dit is niet het geval voor bies. Hiervoor geldt $f_w = 0,76$.

Tenslotte kan voor de Darcy-Weisbach factor f worden afgeleid dat geldt:

$$f = 4 \cdot f_w \quad (36)$$

4.2.5 Krachten op stengels

De kracht per lengte-eenheid op een stengel wordt bepaald door de tijdsafhankelijke orbitaalbeweging. Morison heeft hiervoor formules afgeleid die echter het nadeel hebben slechts te gelden voor een alleenstaande tamelijk stijve paal die voldoet aan $D/L_w < 0,05$ (D = diameter (m) en L_w = golflengte (m)). De kracht is opgebouwd uit een traagheidskracht en een dragkracht.

Door een stengel te beschouwen als een volledig ingeklemde buiglijger was Bouter in staat de relaties van Morison aan te passen voor riet. Uit zijn beschouwingen blijkt dat voor golfhoogten van 0,10 m en groter de dragterm overheerst.

Uit de kracht per lengte-eenheid is door integratie de totale kracht op een stengel te berekenen, evenals het buigend moment. Dit biedt de mogelijkheid de hoekverdraaiing en de uitwijking van de stengel te bepalen. In het onderhavige onderzoek zijn deze waarden niet gemeten en daarom is het niet relevant daar verder op in te gaan.

Een vergelijking zou wel gemaakt kunnen worden tussen de berekende golfkracht (als functie van de golfhoogte) en de gemeten breekkracht F_{br} of grenskracht F_{gr} . Een soortgelijke beschouwing, maar dan gebaseerd op de lineaire golftheorie is eveneens mogelijk. Aangezien tijdens het golven geen stengels zijn gebroken, zijn beide beschouwingen in dit verslag niet nader uitgewerkt.

Iets anders is de eigenfrequentie van de stengels, gedefinieerd als:

$$\omega_s = \{(12,4 EI) / (\rho_v A_s L_s^4)\}^{0,5} \quad (37)$$

waarin:

ω_s	= eigenfrequentie stengels	(Hz)
EI	= stijfheidsfactor	(Nm ²)
ρ_v	= soortelijke massa vegetatie	(kg/m ³)
A_s	= doorsnede stengel	(m ²)
L_s	= stengellengte	(m)

De eigenfrequentie is van belang in relatie tot de frequentie van het aanstuursignaal, dat wil zeggen de golfperiode. De volgende verhoudingen zijn van belang:

$\Omega/\omega_s > 1$	stengel is in tegenfase met de golfperiode
$\Omega/\omega_s < 1$	stengel is in fase met de golfperiode
$\Omega/\omega_s = 1$	stengel trilt met de eigenfrequentie

waarin:

Ω	= frequentie aanstuursignaal	(Hz)
ω_s	= eigenfrequentie stengels	(Hz)

De eigenfrequentie van de stengels kan worden bepaald door substitutie van EI en L_s in bovenstaande formule (zie Tabel 13). Dit geeft een frequentie van:

vegetatietype	ω_s (rad/s)	T_e (s)
riet	7,8	0,81
bies	6,7	0,94

De hoeksnelheid Ω van de inkomende golven kan worden berekend met:

$$\Omega = 2\pi / T_w \quad (38)$$

Met $T_w = 1,9$ s volgt $\Omega = 3,3$ rad/s. Voor zowel riet als bies is de verhouding Ω/ω_s kleiner dan 1, dat wil zeggen is de beweging van de stengel in fase met de golfperiode.

In bovenstaande beschouwing is geen rekening gehouden met een flexibele inklemming van de stengel in de bodem en een meebewegende watermassa. Voor het eerste effect kan bijvoorbeeld de stengellengte L_s met 0,25 m worden verhoogd. Het tweede effect kan in rekening worden gebracht door de stengeldoorsnede A_s te verdubbelen.

In dat geval resulteert:

vegetatietype	ω_s (rad/s)	T_c (s)
riet	4,3	1,5
bies	3,8	1,6

Het blijkt dat de verhouding Ω/ω_s nog altijd groter is dan 1, maar de waarde ligt nu toch dicht bij die van de aanstuurfrequentie. Dit betekent dat de uitwijkingen van de stengels groot zullen zijn en de demping gering.

4.3 Invloed golfwerking op bodemmateriaal

4.3.1 Erosie/sedimentatie-substraat

In sectie 3.2 zijn per vak voor een aantal punten in de vegetatiezone de erosie danwel sedimentatie gegeven (Figuren 3.17 t/m 3.21). Daaruit bleek dat nabij het boventalud sprake was van erosie rond de waterlijn en van sedimentatie bij de teen van het talud. In het midden van de vegetatiezone en nabij het benedentalud is nauwelijks sprake van erosie danwel sedimentatie. Verder bleek dat de erosie en sedimentatie bij het boventalud voor het grootste deel plaats vond in de eerste 50 uren van golven om daarna nauwelijks meer toe te nemen. Vermoedelijk is de oorzaak de grote golfhoogte (0,20 m) tijdens de eerste periode van regelmatig golven. De maximale erosie/sedimentatie bedroeg ongeveer 0,20 m.

Om deze resultaten duidelijker te maken is in Figuur 4.7 voor de punten B1, B2 en B3 (respectievelijk snijpunt SWL-boventalud, snijpunt boventalud-berm en halverwege berm, zie ook Figuur 2.4) de erosie van de begroeide vakken met een zandsubstraat vergeleken met de erosie in het onbegroeide vak met een zandsubstraat. Hetzelfde is gedaan voor de vakken met een substraat bestaande uit kleiig zand in Figuur 4.8. Op basis van die figuren kan voor punt B1 (snijpunt stilwaterlijn-boventalud) worden geconcludeerd dat de erosie gelijk of geringer is dan die in de onbegroeide vakken. In punt B2 (snijpunt boventalud-berm) treedt sedimentatie op. Voor de vakken met als substraat zand geldt dat de sedimentatie in de begroeide vakken veel groter is dan in het onbegroeide vak. Voor de vakken met als substraat kleiig zand is de sedimentatie gelijk of geringer. In punt B3 (halverwege berm) is sprake van enige sedimentatie. De waarden zijn zeer klein.

Geconcludeerd kan worden dat er nauwelijks sprake is van erosie/sedimentatie van de substraten bij een golfhoogte van 0,10 m en dat er een tendens lijkt dat een vegetatie de erosie/sedimentatie afremt.

4.3.2 Orbitaalsnelheden

Eventuele erosie van de substraten zand en kleig zand wordt veroorzaakt doordat de schuifspanning nabij de bodem groter is dan de kritieke bodemschuifspanning. De optredende bodemschuifspanning is een gevolg van enerzijds de orbitaalsnelheden nabij de bodem en anderzijds de turbulente wervels opgewekt door de aanwezigheid van de stengels.

Beschouwen we allereerst de orbitaalsnelheden dan kunnen we uit de gemeten snelheden op 0,05 m boven de bodem de volgende waarden afleiden (Figuren 3.7 t/m 3.13):

type vak en seizoen	positie 3	positie 5
onbegroeid	0,10 - 0,25 m/s	0,15 - 0,30 m/s
begroeid, zomer	0,05 - 0,15 m/s	0,10 - 0,25 m/s
	winter	0,20 - 0,35 m/s

Deze waarden komen redelijk overeen met de theoretische stroomsnelheden. Afwijkingen naar boven en beneden worden veroorzaakt door respectievelijk de extra turbulentie door wervels en de extra wrijving door de stengels.

4.3.3 Bodemschuifspanningen

De bodemschuifspanning kan worden berekend met:

$$\tau = f_w 0,5 \rho u^2 \quad (27)$$

waarin:

τ	= schuifspanning	(N/m ²)
f_w	= parameter bodemruwheid	(-)
ρ	= soortelijke massa water	(kg/m ³)
u	= stroomsnelheid	(m/s)

De in sectie 4.2.4 gegeven formule voor de hydraulische ruwheid f_w voor de begroeide vakken kan niet toegepast worden, omdat deze ook de extra ruwheid hoger in de snelheidsvertikaal bevat.

Door substitutie van $f_w = 0,01$ en $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ en met de in sectie 4.3.2 gegeven orbitaalsnelheden, kunnen de schuifspanningen τ worden berekend. De schuifspanningsparameter volgt uit:

$$\psi = \tau / (\rho g \Delta D_{50}) \quad (39)$$

Met waarden van $D_{50} = 0,270$ mm voor zand en $D_{50} = 0,160$ mm voor kleiig zand volgt dan:

parameter	onbegroeid vakken		begroeide vakken	
	zand	kleiig zand	zand	kleiig zand
uitersten: u (m/s)	0,10-0,30	0,10-0,30	0,05-0,35	0,05-0,35
τ (N/m ²)	0,05-0,45	0,05-0,45	0,013-0,613	0,013-0,613
ψ (-)	0,011-0,101	0,019-0,170	0,002-0,137	0,004-0,231

Kritieke waarden voor de schuifspanningsparameter zijn te bepalen op basis van de Shields-curve voor begin van bewegen onder golven. Voor $D_{50} = 0,270$ mm (zand) en $D_{50} = 0,160$ mm (kleiig zand) volgen respectievelijk $\psi_{cr} = 0,040$ en $\psi_{cr} = 0,055$.

Vergelijken we de kritieke met de optredende waarden van de schuifspanningsparameter dan moet de conclusie zijn dat voor de maximale orbitaalsnelheden de kritieke waarde altijd wordt ruimschoots overschreden. Voor de minimale orbitaalsnelheden is dit nooit het geval. Beschouwen we de gemiddelde orbitaalsnelheid die in alle vakken ongeveer 0,20 m/s bedraagt, dan resulteren voor ρ waarden van 0,045 (zand) en 0,075 (kleiig zand). Ook in dat geval is er dus altijd erosie.

De bodempeilingen (Figuur 3.15 en 3.16) hebben voor alle vakken (begroeid en onbegroeid) als resultaat echter geen erosie boven de berm opgeleverd, maar juist sedimentatie. Waarschijnlijk is dat de sedimentatie van materiaal dat rond het snijpunt van stilwaterlijn en boventalud is geërodeerd, domineert over de erosie van bermmateriaal.

Aangezien geen verschil kan worden geconstateerd tussen begroeide en onbegroeide vakken wat betreft erosie is een eventuele invloed van de ondergrondse delen van de vegetatie niet te destilleren uit de onderhavige resultaten. Indien deze invloed aanwezig is, heeft zij een sterkteverhogend effect. De waarde van de kritieke schuifspanningsparameter zou dan hoger moeten zijn dan in geval van een onbegroeid vak. Er zou dan moeten gelden:

$$\psi_{begr} = c \psi_{onb} \quad \text{met } c > 1 \quad (40)$$

De lage orbitaalsnelheden bij een golfhoogte van 0,10 m zijn er de oorzaak van dat de waarde van c niet kan worden bepaald. Overigens speelt de extra turbulentie rond de stengels ook nog een rol.

5 Conclusies en ontwerpgerichte aanbevelingen

5.1 Conclusies

Op basis van de metingen in augustus 1991 en februari 1992 kunnen een aantal conclusies worden getrokken met betrekking tot de uitvoering van de metingen, de vegetatiekenmerken, de golfdemping en de erosie/sedimentatie van substraten. Deze conclusies zijn:

- De gekozen opzet met golfhoogtemeters op een aantal vaste posities biedt onvoldoende mogelijkheden om te compenseren voor reflectie. Bij toekomstige metingen verdient het aanbeveling om de 0,10 m de golfhoogte te registreren. Overigens is de bepaalde waarde voor de golfreflectie overeenkomstig die welke kan worden afgeleid uit literatuurformules.
- Bij de vegetatiemetingen is de inwendige diameter van rietstengels niet bepaald. Dit leidt tot onjuiste waarden voor de soortelijke massa en de stijfheidsfactor. De waarde van de inwendige diameter zal bij komende metingen bepaald moeten worden.
- De metingen zijn niet onderhevig geweest aan abnormale omstandigheden wat betreft zuurgraad en zuurstofgehalte van het water en de watertemperatuur. Ook de lichtintensiteit was gelijkmatig en er zijn geen windwervelingen geconstateerd. Mogelijk is er tussen de proefvakken onderling wel een verschil in beschaduwing opgetreden. De gesommeerde etmaaltemperatuur voor de metingen in augustus 1991 bedroeg 2471 graden Celsius.
- De vegetatiemetingen hebben geresulteerd in regressievergelijkingen voor biomassa versus stengellengte (voor riet en bies) en voor stengeldiameter versus stengellengte (uitsluitend voor bies). De stijfheidsfactor van de stengels kon eveneens worden bepaald. ANOVA berekeningen hebben geen substraateffecten kunnen aantonen voor biomassa, stengeldichtheid en stengellengte. Vegetatieve uitbreiding vond eerst plaats op het ondertalud en later op het boventalud.
- Golfdemping is afhankelijk van wervels achter de stengels en het meebuigen van de stengels. Geen verschillen zijn vastgesteld tussen de vakken onderling. Op basis daarvan is een formule voor de relatieve golfhoogte als functie van de bermbreedte afgeleid. Geconcludeerd is dat deze goed overeenstemt met prototypesresultaten voor overeenkomstige waarden van de stengeldichtheid. ENDEC-berekeningen hebben aangetoond dat het ondertalud en de berm een te verwaarlozen invloed hebben op de golfhoogten. Het boventalud zorgt voor een opslingering van de golfhoogten.
- De opgetreden erosie/sedimentatie is gering en grotendeels veroorzaakt in de allereerste fase toen gedurende korte tijd een golfhoogte van 0,20 m is toegepast. Dit heeft geresulteerd in erosie rond het snijpunt van waterlijn en boventalud en rond het snijpunt van berm en onderwatertalud. Sedimentatie is opgetreden onderaan beide taluds en op de berm. In het laatste geval moet worden geconcludeerd dat de sedimentatie de erosie door orbitaalsnelheden (0,20 m/s) overheerste. Tussen

de begroeide vakken onderling konden geen verschillen worden vastgesteld. Ten opzichte van de onbegroeide vakken bestaat de indruk dat in de begroeide vakken de vegetatie een vertragende invloed heeft op de erosie.

- De hydraulische ruwheid in de vegetatiezone kan tot uitdrukking worden gebracht via de waarde van de Chézy-coëfficiënt. Voor riet en biezen resulteert dit in waarden van 5 à 10 m^{0.5}/s. Deze stemmen goed overeen met waarden uit de literatuur.

5.2 Ontwerpgerichte aanbevelingen

De resultaten van het onderzoek hebben geleid tot een formule waarmee de relatieve golfhoogte in een vegetatiezone als functie van de breedte van die zone kan worden geschat:

$$R = H_i/H_0 = \exp [-0,05 B] \quad (26)$$

waarin:

R	= relatieve golfhoogte	(-)
H _i	= golfhoogte in de vegetatie	(m)
H ₀	= inkomende golfhoogte	(m)
B	= breedte vegetatiezone	(m)

De formule is geldig voor golfhoogten van ongeveer 0,10 m, een waterdiepte van 0,50 m en voor de vegetatietypen riet en mattenbies met een stengeldichtheid van 100 à 150m⁻².

De formule is gebaseerd op een breedte van de vegetatiezone van maximaal 10 m. In geval van schuinvallende golven zoals bij secundaire scheepsgolven, moet in vgl.(26) een effectieve breedte worden gesubstitueerd die als volgt kan worden berekend:

$$B_{\text{eff}} = (\cos \beta)^{-1} B \quad (41)$$

Voor secundaire scheepsgolven is B_{eff} een factor 1,75 groter dan B (β=55°). Combineren voor de vgl. (26) en (41) geeft:

$$R = H_i/H_0 = \exp [-0,05 (\cos \beta)^{-1} B] \quad (42)$$

Voorts is het ten behoeve van stromingsberekeningen mogelijk de hydraulische ruwheid f_w van een vegetatie te schatten met de volgende formules:

$$f_w = (C_d N_s h_s D_s) / A \quad (35)$$

waarin:

f _w	= hydraulische ruwheid	(-)
C _d	= weerstandcoëfficiënt	(-)
N _s	= stengeldichtheid	(m ⁻²)
h _s	= lengte vegetatie belast door stroming	(m)
D _s	= stengeldiameter	(m)
A	= oppervlak	(m ²)

Met vgl.(30): $f_w = 2g/C^2$ volgt voor de Chézy-coëfficiënt dan:

$$C = \{0,5 C_d N_s h_s D_s / g A\}^{-0.5} \quad (33)$$

waarin:

$$g = \text{versnelling zwaartekracht} \quad (\text{m/s}^2)$$

Opgemerkt wordt dat de Darcy-Weisbach factor f gelijk is aan $4.f_w$.

Voor C_d en A geldt dat beide waarden gelijk zijn aan 1. De grootte van h_s is gelijk aan de waterdiepte h . De gegeven formules zijn ongeschikt om de schuifspanning op de bodem te berekenen.

Geen ontwerpgerichte formules konden worden afgeleid voor het afschatten van bodemerrosie in vegetatiezones. Evenmin was dit het geval voor de vegetatiekenmerken.

Literatuur

- Acht, W.N.M. van, J.T.M.Sessink, M.L.Hagemeijer en C.R.M.Oudshoorn, 1984: Golfdemping in een rietkraag aan de Pishoek in de Wieringermeer: Cultuurtechnisch Tijdschrift, vol.24,
- Bonham, A.J., 1980: Bank protection using emergent plants against boat wash in rivers and canals: Hydraulic Research Station, report IT 206, Wallingford.
- Bouter, E.E., 1989: Golfdemping door riet: Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, afstudeerverslag, Delft.
- Binz-Reist, H.-R., 1989: Mechanische Belastbarkeit natürlicher Schilfbestände durch Wellen, Wind und Treibzeug: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg.Tech.Hochschule, Stiftung Rubel, Heft 101, Zürich.
- Coops, H., R.Boeters and H.Smit, 1991: Direct and indirect effects of wave attack on helophytes: Aquatic Botany, no 41, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Dykyjova, 1971
- ENDEC, 1990: User's manual MS-DOS pc-software ENDEC version 2.11
- Mullekom, P.W.M. van, 1987: De invloed van een rietkraag op scheepsgolven - Aanbevelingen voor inrichting en beheer van rietoevers langs vaarwegen. Vakgroep Cultuurtechniek "De Nieuwlanden", Mededeling Vakgroep Cultuurtechniek no 110, Wageningen, 1987
- NNI, 1989: Geotechniek - Classificatie van onverharde grondmonsters: NNI Nederlands Normalisatie Instituut, norm NEN 5104, Delft.
- Postma, G.M., 1989: Wave reflection from rock slopes under random wave attack: Delft University of Technology, MSc thesis, Delft.
- Reitsma, J.M., 1992: Doorgroeibaarheid van geotextielen - pilotstudie: Bureau Waardenburg BV, PMO-rapport 18.
- Rijkswaterstaat, 1986: De invloed van een rietkraag op scheepsgolven: Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Hoofdafdeling Scheepvaart, nota 83.108, Dordrecht.
- Seelig, W.N. and J.P.Ahrens, 1981: Estimation of wave reflection and energy dissipation coefficients for beaches, revetments and breakwaters: CERC Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers, Technical Paper no 81-1.
- Storosolszky, O., 1983: The role of reeds in the shaping of currents: Proceedings 20th IAHR-congress, Moscow, 1983.
- USDA, 1974: A guide for the design and layout of vegetative wave protection for earth dam embankments: US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Technical Release No 56, National Engineering Publications, Littleton, Colorado.

Tabellen

proefvak		soort	substraat		belasting
nr	code	vegetatie	type	code	intensiteit
1	R01	riet	zand	1	0 %
2	R02	riet	kleiig z.	2	0 %
3	M01	mattenbies	zand	1	0 %
4	M02	mattenbies	kleiig z.	2	0 %
5	O11	onbegroeid	zand	1	100 %
6	O12	onbegroeid	kleiig z.	2	100 %
7	R11	riet	zand	1	100 %
8	R12	riet	kleiig z.	2	100 %
9	R51	riet	zand	1	50 %
10	R52	riet	kleiig z.	2	50 %
11	M51	mattenbies	zand	1	50 %
12	M52	mattenbies	kleiig	2	50 %
13	M11	mattenbies	zand	1	100 %
14	M12	mattenbies	kleiig z.	2	100 %

Tabel 1 Overzicht proefvakken

Analyse van: a) mengsel van klei en zand en b) vulzand

Code	Omschrijving	Witdrukkingswijze
N-min	Stikstof mineraal	mg N /l extract
N-NH3	Stikstof ammoniak.	mg N-NH3/l extract

Voor praktijk monsters wordt de voorraad N per hectare berekend volgens de formule: N mg/l extract x 2 x bouwvoor in da.

De N-NO3 kan worden berekend door N-mineraal te verminderen met N-NH3.

Omschrijving	N-min	N-NH3
MENGSEL	2,8	0,1
vulzand	1,6	<0,1

Gegevens van het monster		Mengsel klei+zand	Vul- zand			
Vocht 1)		0,40	0,12			
pH-KCl		7,9	8,4			
In % van de stoofdroge grond	Organische stof 2)	0,6	0,0			
	CaCO ₃	1,2	0,2			
	Afslibbaar 0 - 16	4,6	3,0			
	Totaal zand 16 - 2000	93,6	96,8			
	Lutum 0-2	3,7	2,3			
In % van de minerale delen						
	0 - 2	3,0	2,3			
	2 - 16	-	0,7			
	16 - 50	8,4	0,4			
	50 - 75	10,5	0,3			
	75 - 105	18,7	0,9			
	105 - 150	23,9	4,3			
	150 - 210	23,1	22,2			
	210 - 300	8,7	28,4			
	300 - 420	2,6	23,4			
420 - 600	0,7	11,7	1) g/100 g ldr.			
600 - 850	0,3	3,7	2) Itscherekov-elementair			
850 - 1200	0,1	1,3				
1200 - 1700	0,0	0,4				
M						
U	111	41				
P-totaal	25	8	P-totaal: mg P ₂ O ₅ /100 g stdr.			
Kationenwaarde	3,5	0,8	Kationenwaarde: me/100 g stdr.			
Lutum 0-2	3,7	2,3				

Fractiegrenzen in mu

Tabel 2 Substraat kenmerken

nr.	vak	C _r gemidd. 1) van 5.5m tot 10.8m	H _o (m) 2)	golfhoogte H _i (m) 2)				golfreductie H _i /H _o			
				positie				positie			
				zone 0-1m H1	zone 1-2m H2	zone 2-3m H3	zone 3-4m H4	zone 0-1m	zone 1-2m	zone 2-3m	zone 3-4m
5	O11	.17	.108	.128	.108	.113	.139	1.18	1.00	1.04	1.29
6	O12	.27	.100	.114	.110	.095	.117	1.14	1.10	.95	1.17
7	R11	.17	.076	.082	.078	.074	.082	1.08	1.02	.97	1.08
8	R12	.12	.069	.077	.069	.065	.071	1.12	.99	.94	1.02
9	R51	.19	.091	.105	.091	.081	.096	1.15	1.00	.89	1.05
10	R52	.09	.086	.083	.079	.077	.085	.96	.92	.89	.99
11	M51	.18	.092	.095	.088	.077	.095	1.03	.96	.84	1.03
12	M52	.21	.081	.078	.066	.061	.063	.96	.81	.75	.77
13	M11	.10	.082	.080	.079	.072	.078	.98	.96	.87	.95
14	M12	.37	.096	.092	.093	.093	.088	.95	.97	.96	.91

1) reflectiecoëfficiënt $C_r = \frac{H_{refl}}{H_{in}} = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}}$ (bepaald met rijdende GHM)

2) golfhoogte $H_i = 0.5 * (H_{max} + H_{min})$

Tabel 4a Golfhoogten, golfreducties en reflectiecoëfficiënten

nr	vak	C_r gemidd. 1) van 5.5m tot 10.8m	2) H_o (m)	golfhoogte H_i (m) 2)				golfreductie H_i/H_o			
				positie				positie			
				zone 0-1m H1	zone 1-2m H2	zone 2-3m H3	zone 3-4m H4	zone 0-1m	zone 1-2m	zone 2-3m	zone 3-4m
5	O11	.47	.073	.062	.063	.070	.061	.84	.86	.95	.84
6	O12	.41	.100	.095	.086	.093	.102	.95	.86	.93	1.02
7	R11	.44	.065	.064	.060	.060	.068	.98	.92	.92	1.04
8	R12	.32	.095	.097	.094	.098	.098	1.02	.98	1.03	1.03
9	R51	.24	.127	.131	.119	.138	.164	1.03	.94	1.08	1.29
10	R52	.26	.127	.113	.113	.121	.131	.89	.89	.95	1.03
11	M51	.26	.117	.102	.100	.100	.114	.87	.85	.85	.97
12	M52	.28	.106	.099	.090	.090	.094	.93	.85	.85	.89
13	M11	.30	.086	.095	.087	.089	.100	1.10	1.01	1.03	1.16
14	M12	.43	.100	.097	.097	.095	.090	.97	.97	.95	.90

1) reflectiecoëfficiënt $C_r = \frac{H_{refl}}{H_{in}} = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}}$ (bepaald met rijdende GHM)

2) golfhoogte $H_i = .5 * (H_{max} + H_{min})$

Tabel 4b Golfhoogten, golfreducties en reflectiecoëfficiënten

behandeling	C _v 11/07/1990	C _v 08/07/1991	substraat
R01	15.5	93.0	zand
R02	18.0	84.5	kleiig zand
R51	17.0	53.5	zand
R52	12.0	72.0	kleiig zand
R11	7.0	68.0	zand
R12	16.0	61.0	kleiig zand
M01	20.0	56.0	zand
M02	21.0	65.5	kleiig zand
M51	12.0	66.5	zand
M52	14.5	74.5	kleiig zand
M11	18.5	84.5	zand
M12	17.0	71.5	kleiig zand

Tabel 6 Bedekkingspercentages (C_v) voor de vakken, 1 jaar na aanplanten

vak	28/08/90	12/10/90	23/08/91
R01	--	T _O : 7	T _B : 71 T _O : 34
R02	T _O : 8	T _O : 13	T _B : 77 T _O : 103
R51	--	--	T _B : 89 T _O : 130
R52	T _O : 10	slechte foto	T _B : 84 T _O : 116
R11	--	--	T _B : 64 T _O : 115
R12	--	--	T _B : 80 T _O : 93
M01	--	--	--
M02	--	--	T _B : 28
M51	--	--	T _B : 6 T _O : 2
M52	--	--	T _B : 22 T _O : 14
M11	T _O : 10	T _O : 10	T _B : 27 T _O : 64
M12	--	T _O : 2	T _O : 7
T _B : boven talud (cm) T _O : onder talud (cm)			

Tabel 7 Vegetatieve uitbreiding aanplant

datum	vak	code	N_s (m^2)	L_s (m)	$\sigma(L_s)$ (m)	W_s (kg/m^2)
18/06/91	1	R01	65	1.44	0.47	0.218
18/06/91	2	R02	79	1.38	0.47	0.241
18/06/91	7	R11	105	1.25	0.51	0.274
18/06/91	8	R12	80	1.31	0.48	0.225
18/06/91	9	R51	86	1.16	0.51	0.201
18/06/91	10	R52	94	1.23	0.49	0.235
23/08/91	1	R01	89	1.95	0.57	0.608
23/08/91	2	R02	108	1.87	0.65	0.703
23/08/91	7	R11	120	1.74	0.63	0.680
23/08/91	8	R12	105	1.79	0.71	0.643
23/08/91	9	R51	98	1.82	0.71	0.613
23/08/91	10	R52	98	1.82	0.69	0.613
18/06/91	3	M01	148	1.62	0.55	0.323
18/06/91	4	M02	119	1.58	0.50	0.248
18/06/91	11	M51	111	1.48	0.56	0.213
18/06/91	12	M52	136	1.59	0.55	0.287
18/06/91	13	M11	124	1.55	0.58	0.253
18/06/91	14	M12	56	1.44	0.51	0.103
23/08/91	3	M01	108	2.32	0.66	0.501
23/08/91	4	M02	130	2.24	0.58	0.561
23/08/91	11	M51	114	2.30	0.71	0.518
23/08/91	12	M52	155	2.21	0.70	0.672
23/08/91	13	M11	162	2.20	0.63	0.696
23/08/91	14	M12	92	2.13	0.70	0.378

Tabel 8 Gemiddelde stengellengte en biomassa per vak

vak	rij 1	rij 2	rij 3
R01	57	64	72
R02	64	60	72
R51	67	64	71
R52	59	62	63
R11	61	60	58
R12	55	68	70
M01	34	36	37
M02	55	52	62
M51	57	62	57
M52	62	53	56
M11	54	63	74
M12	83	67	71

Tabel 9 Procentuele biomassatoename in de periode 18/06/91 - 23/08/91

RIET

18/06/1991							
vak	D_s	ρ_v	F_{gr}	F_{br}	EI	E $\times 10^9$	I $\times 10^{11}$
	(m)	(kg/m ³)	(N)	(N)	(Nm ²)	(N/m ²)	(m ⁴)
1	0.0050	122	0.89	1.48	0.143	3.75	4.57
2	0.0050	141	1.24	2.19	0.190	3.29	8.97
7	0.0051	133	1.23	1.92	0.173	5.21	4.63
8	0.0050	137	0.97	1.48	0.145	2.57	10.86
9	0.0051	122	0.54	0.73	0.076	3.83	2.19
10	0.0053	111	0.62	1.22	0.104	3.25	16.60

23/08/1991							
vak	D_s	ρ_v	F_{gr}	F_{br}	EI	E $\times 10^9$	I $\times 10^{11}$
	(m)	(kg/m ³)	(N)	(N)	(Nm ²)	(N/m ²)	(m ⁴)
1	0.0069	82	1.86	3.11	0.389	2.19	17.91
2	0.0064	111	1.07	2.00	0.215	1.16	19.87
7	0.0106	83	2.57	4.41	0.286	3.92	6.35
8	0.0067	105	1.15	2.09	0.237	1.92	18.37
9	0.0070	96	1.93	3.07	0.340	2.62	15.42
10	0.0067	119	1.38	2.17	0.224	3.37	9.10

Tabel 10a Buigkarakteristieken, gemiddelde stengeldiameter en soortelijke massa

MATTENBIES

18/06/1991							
vak	D_s	ρ_v	F_{gr}	F_{br}	EI	$E \times 10^9$	$I \times 10^{-11}$
	(m)	(kg/m ³)	(N)	(N)	(Nm ²)	(N/m ²)	(m ⁴)
3	0.0074	29	0.35	0.54	0.064	0.25	28.31
4	0.0080	28	0.22	0.61	1.00	0.14	59.37
11	0.0083	28	0.11	0.37	0.78	0.68	14.28
12	0.0126	29	0.39	0.73	1.26	0.30	35.79
13	0.0079	32	0.25	0.43	0.66	0.28	32.52

23/08/1991							
vak	D_s	ρ_v	F_{gr}	F_{br}	EI	$E \times 10^9$	$I \times 10^{-11}$
	(m)	(kg/m ³)	(N)	(N)	(Nm ²)	(N/m ²)	(m ⁴)
3	0.0115	18	---	---	---	---	---
4	0.0123	18	---	---	---	---	---
11	0.0123	20	1.17	1.62	0,589	0.24	280.91
12	0.0117	18	0.63	1.45	0,430	0.17	305.35
13	0.0113	19	---	---	---	---	---

Tabel 10b Buigkarakteristieken, gemiddelde stengeldiameter en soortelijke massa

soort	auteur / jaar	N _v (m ²)	W _v (g/m ²)	L _v (m)
Riet	WL-proef meting 1 1991	65-105	201-274	1.16-1.44
	WL-proef meting 2 1991	89-120	608-703	1.74-1.95
	Dykyjova 1971 na 1 jaar	58-129	452-787	--
	Dykyjova 1971 nat. best.	144-170	2778-2960	--
	Brix 1990	216	1270 ± 234	1.80-2.70
	Boar 1989	220 ± 98	1446 ± 1211	1.59 ± 0.30
Mattenbics	WL-proef meting 1 1991	56-148	103-323	1.44-1.62
	WL-proef meting 2 1991	92-162	378-696	2.13-2.32
	Dykyjova 1971 na 1 jaar	24-37	35-62	--
	Dykyjova 1971 nat. best.	238-872	462-585	--
	Bonham 1983	112-408	--	--
	Ondok 1971	67-214	--	--

Tabel 11 Ontwikkeling groeiparameters vegetatie

vak	meting 1, week 25 (1991)		meting 2, week 34 (1991)	
	modale lengte (m)	EI-waarde (Nm ²)	modale lengte (m)	EI-waarde (Nm ²)
R01	1.33	0.093	2.00	0.279
R02	1.53	0.143	2.00	0.279
R51	0.85	0.021	2.41	0.443
R52	1.45	0.121	2.00	0.279
R11	1.53	0.143	2.00	0.279
R12	1.35	0.100	2.55	0.514
M01	2.00	0.149	2.48	0.304
M02	1.83	0.095	2.60	0.338
M51	1.95	0.135	2.45	0.270
M52	2.00	0.149	2.85	0.432
M11	2.10	0.176	2.00	0.149
M12	1.49	0.041	2.43	0.257

Tabel 12 Modale stengellengte en stijfheidsfactor vegetatie per vak

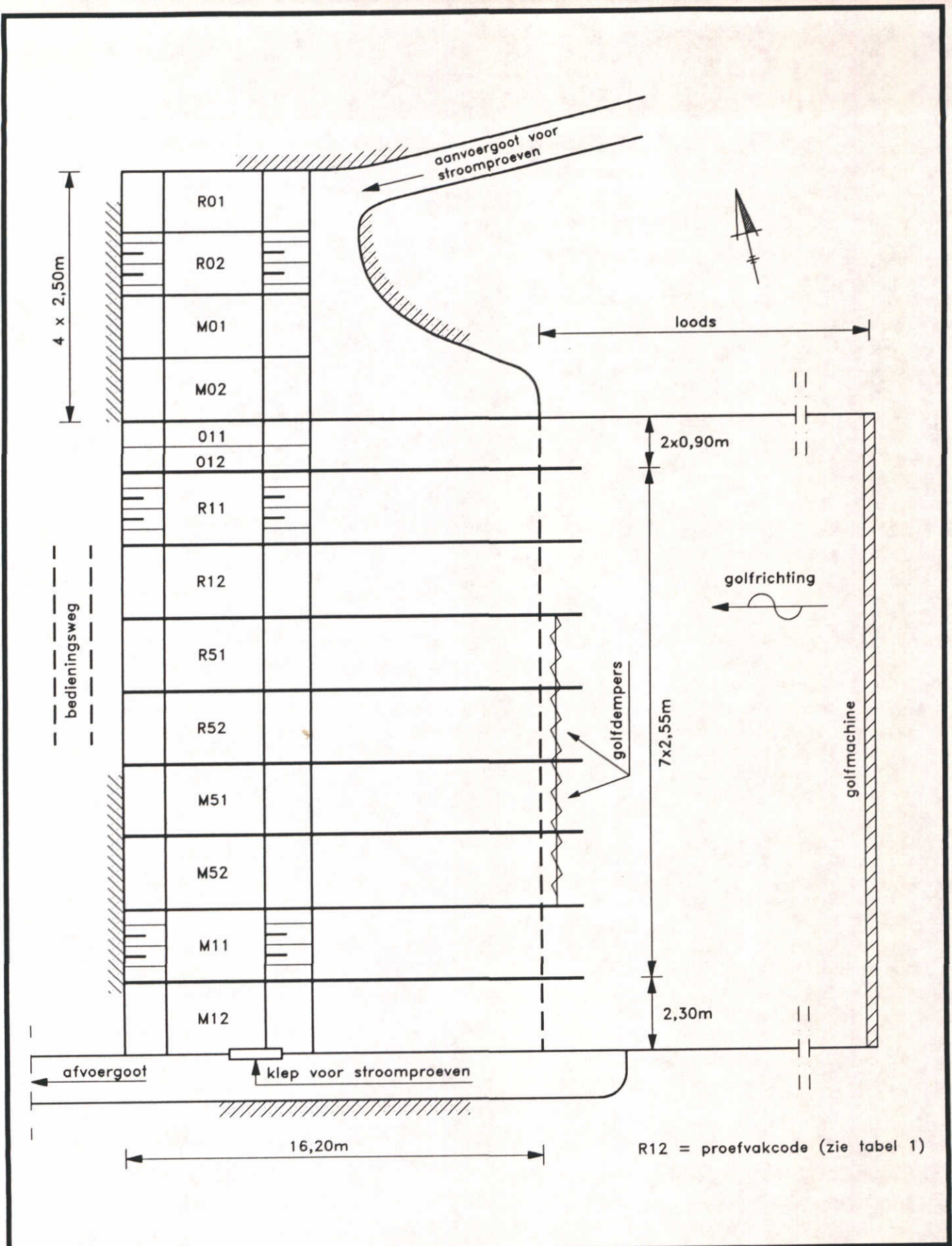
parameter	riet	mattenbies
stengeldiameter D_s (m)	0,007	0,012
stengellengte L_s (m)	1,83	2,23
stengeldichtheid N_s (m ⁻²)	103	127
biomassa W_s (kg/m ²)	0,643	0,555
soortelijke massa ρ_s (kg/m ³)	90	18
stijfheidsfactor EI (Nm ²)	0,24	0,18

Tabel 13 Gemiddelde waarden vegetatieparameters, augustus 1991

onderzoek	breedte vegetatiezone (m)	golfhoogte reductie %	opmerkingen
Waardkanaal (RWS, 1986)	1,75 3,50 5,25 7,00 8,75 10,50	3 15 25 30 35 40	$N_s = 120 \text{ m}^{-2}$ (prototypemeting)
TU Delft (Bouter, 1989)	1	15 - 25	$N_s = 400 \text{ m}^{-2}$ (laboratoriummeting)
Thames (Bonham, 1980) riet bies	3,5 1,75 5,25	35 30 45	$N_s = 100 \text{ à } 200 \text{ m}^{-2}$ $N_s = 410 \text{ m}^{-2}$ $N_s = 110 \text{ m}^{-2}$ (prototypemeting)
Amerika (USDA, 1974)	6	78	basis: engineering judgement van deskundigen

Tabel 14 Literatuurgegevens inzake golfdemping

Figuren

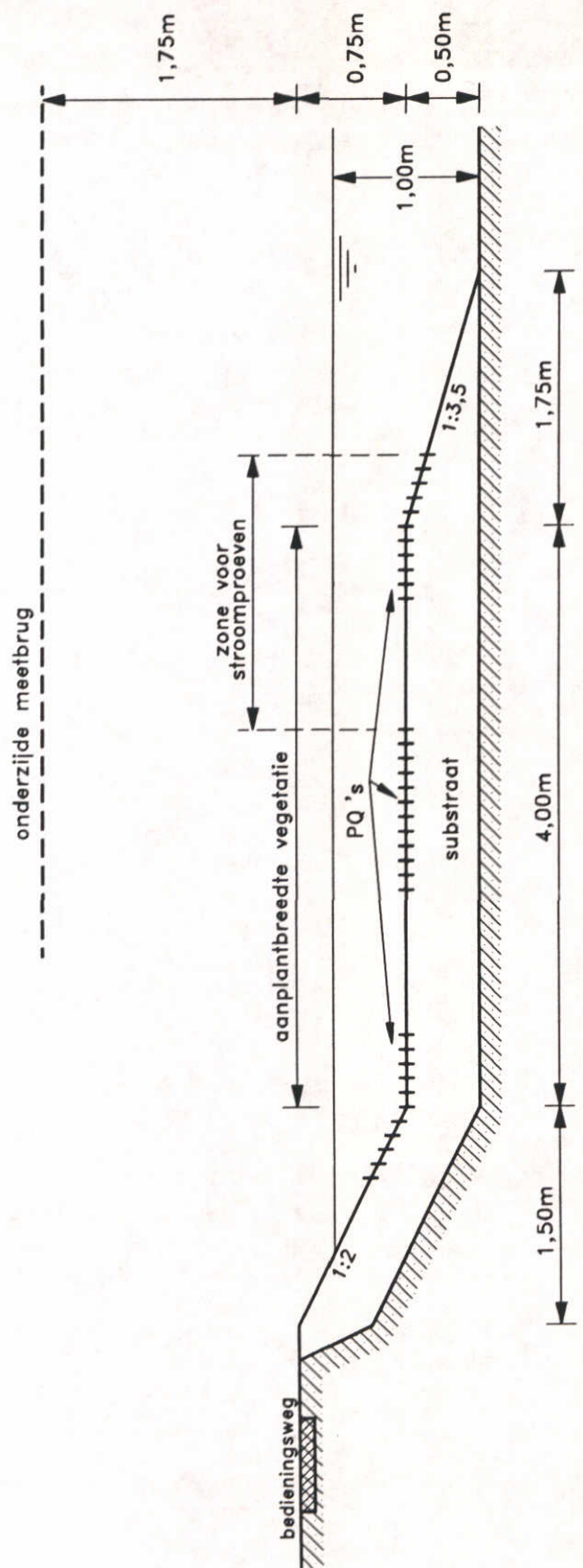


OVERZICHT PROEFLOCATIE

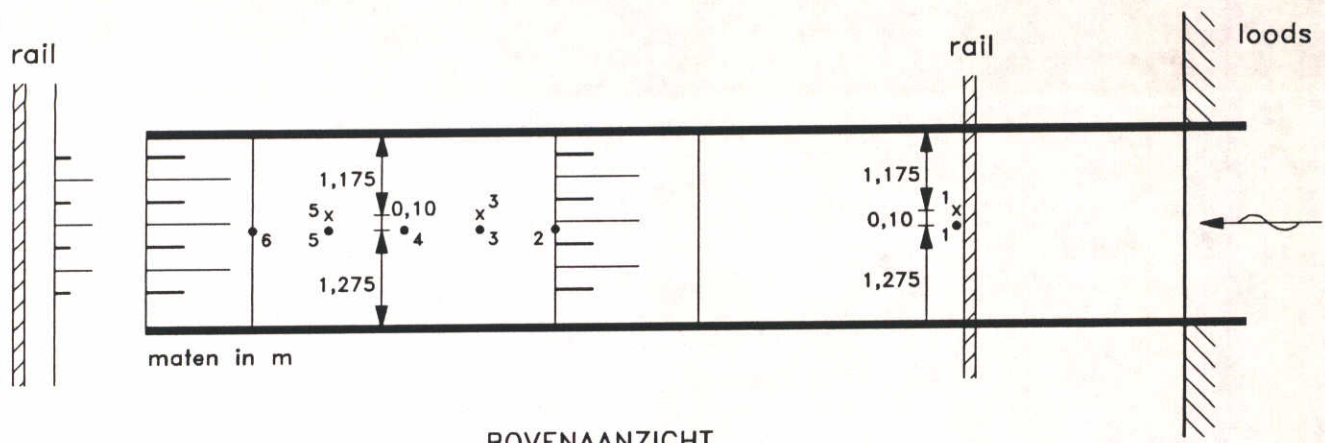
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

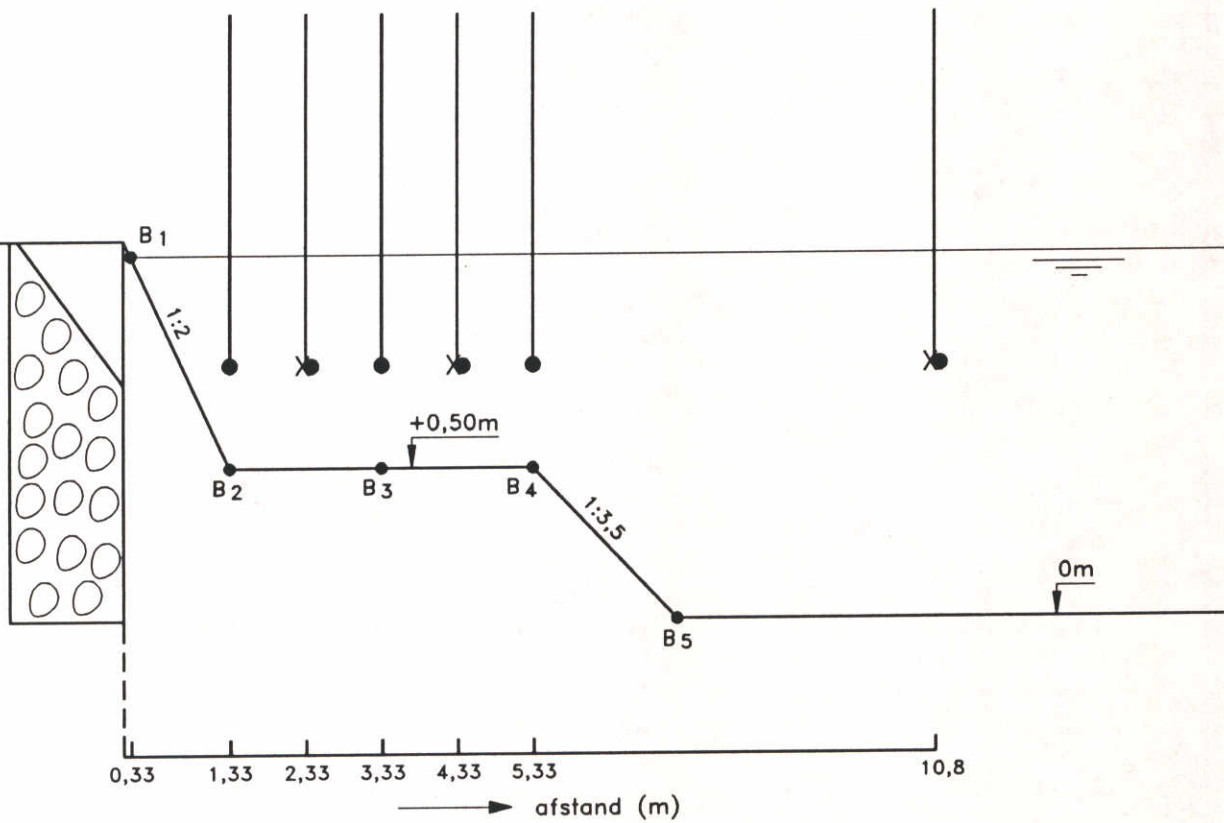
FIG. 2.1



DOORSNEDE OVER PROEFVAK



BOVENAANZICHT



ZIJAAANZICHT

- golfhoogtemeter GHM
- X snelheidsmeter EMS

posities EMS boven bodem

EMS-1: 0,05m-0,20m-0,40m
0,60m, 0,80m

EMS-2: 0,05m-0,20m-0,35m

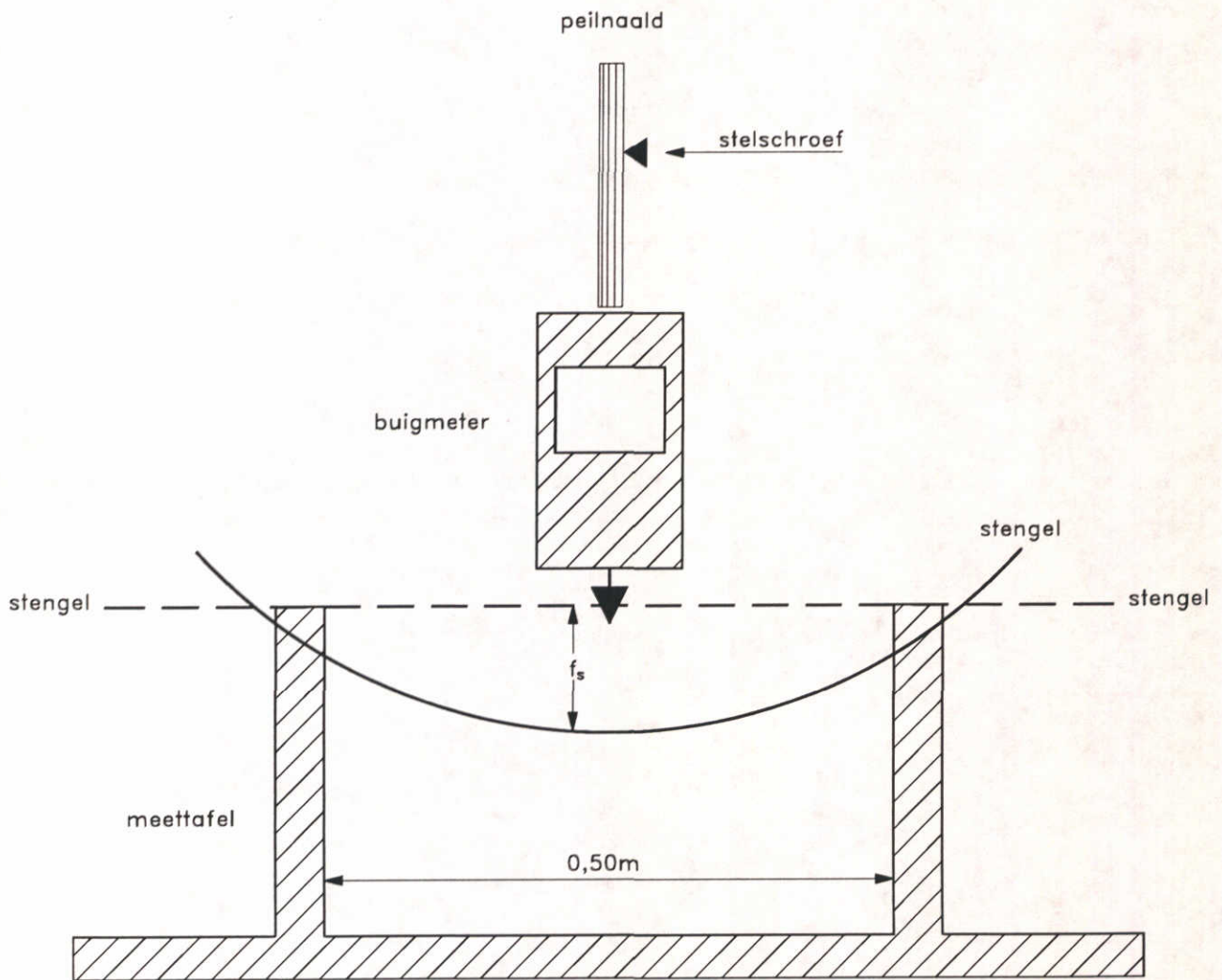
EMS-3: 0,05m-0,20m-0,35m

INSTRUMENTATIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 2.4



MEETOPSTELLING BUIGPROEVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 2.5

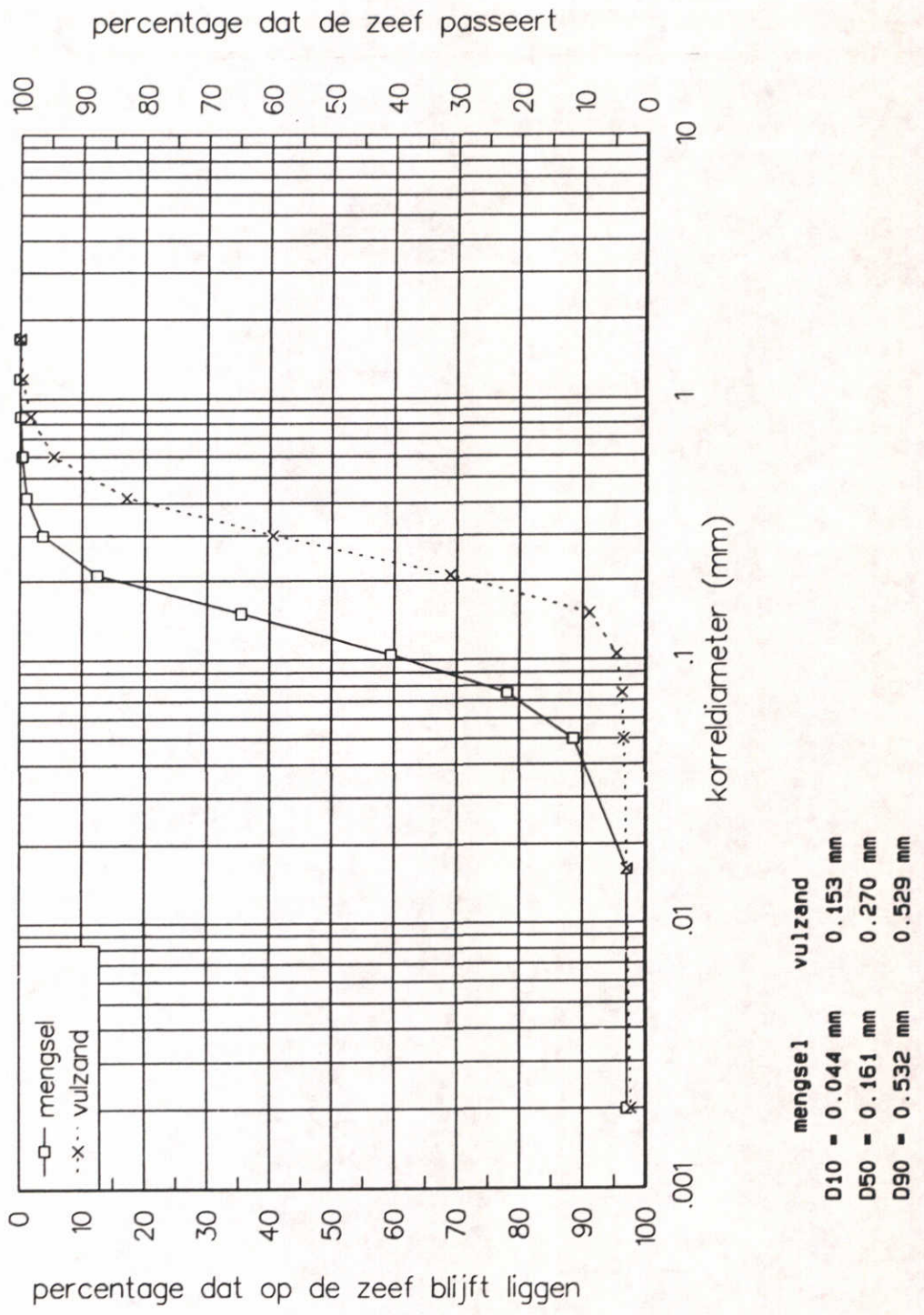


1. *Phragmites australis*
Riet



2. *Scirpus lacustris*
mattenbies

RIET EN MATTENBIES		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	Q 632	FIG. 2.6

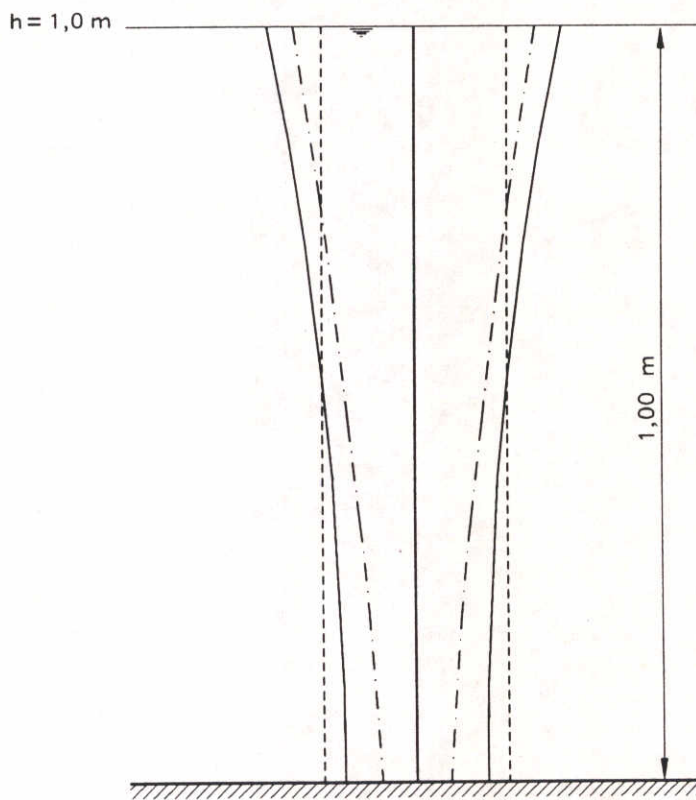
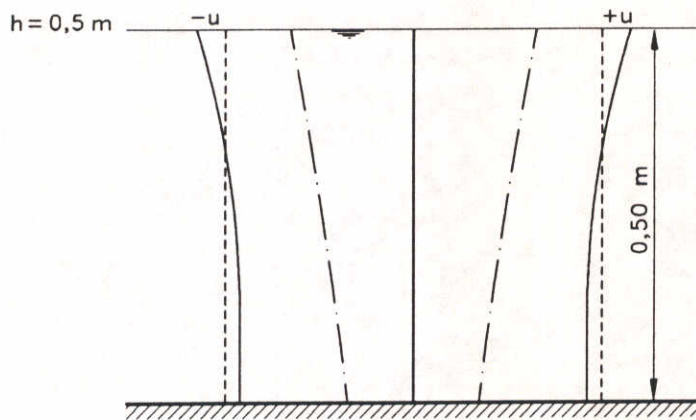


KORRELVERDELING SUBSTRATEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 2.7



————— volgens formule voor overgangsgebied
 - - - - - ondiepwater benadering
 - · - · - diepwater benadering

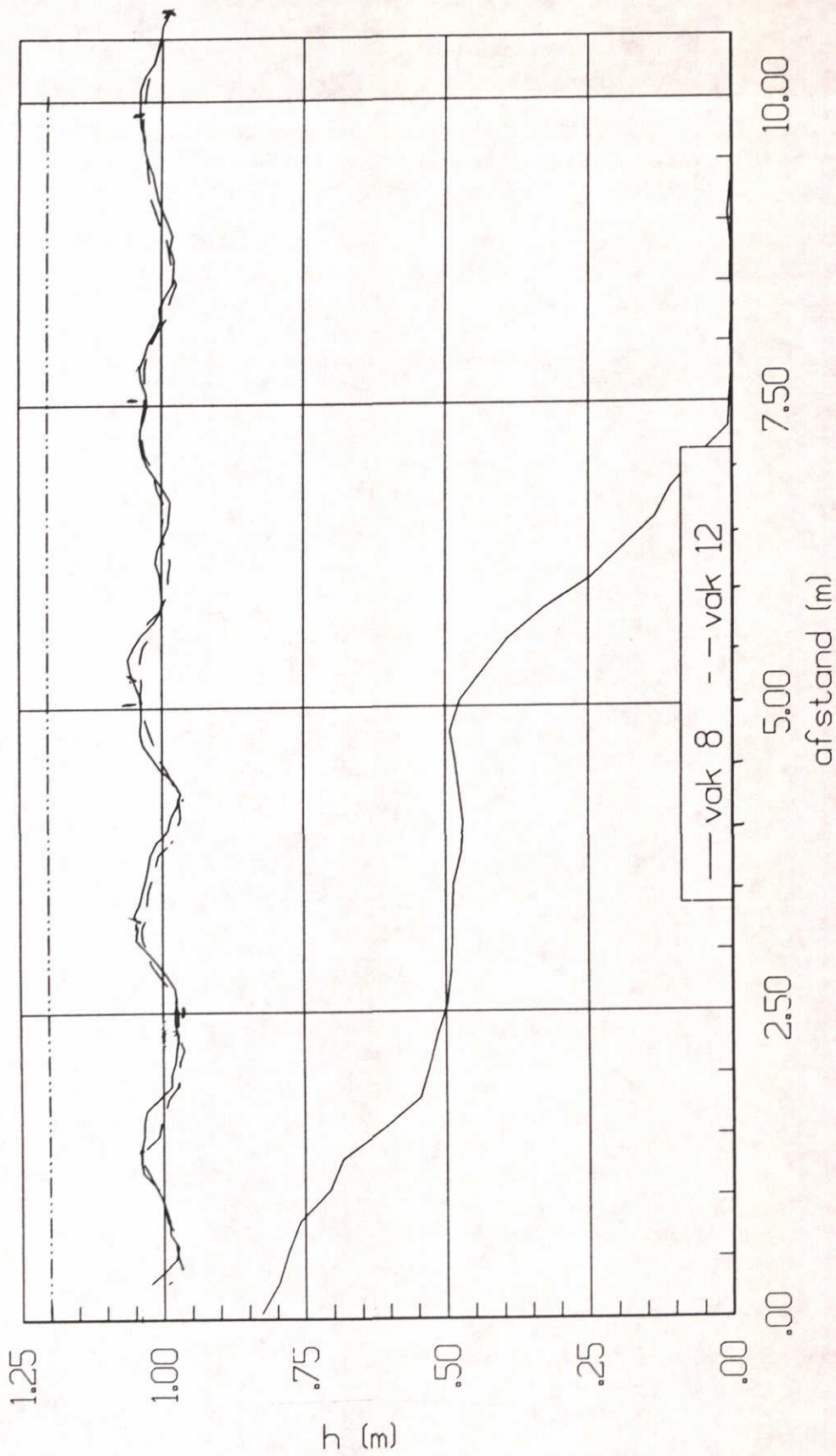
THEORETISCHE SNELHEIDSPROFIELEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 2.9

Reflectiemeting na 182 uur 30 min,

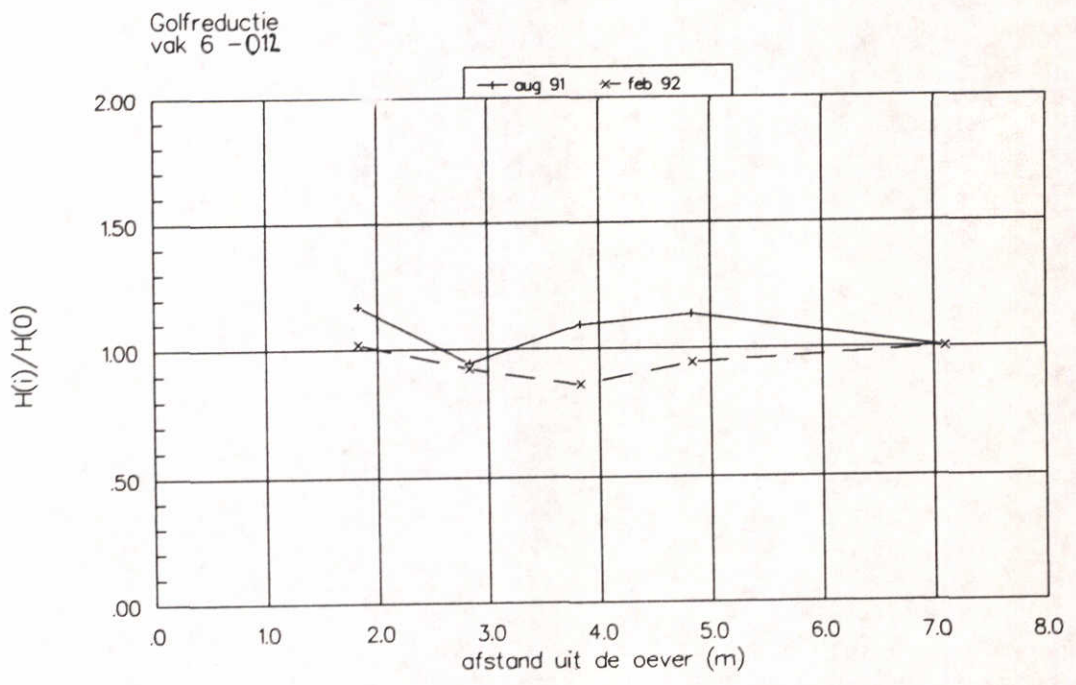
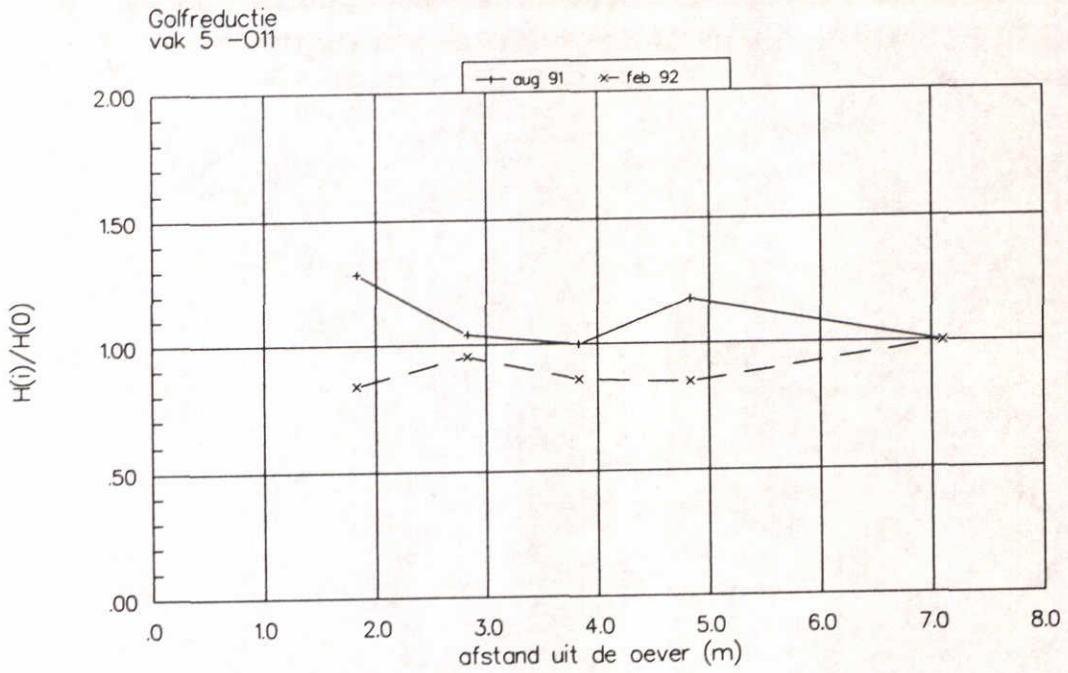


REFLECTIEMETING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.1

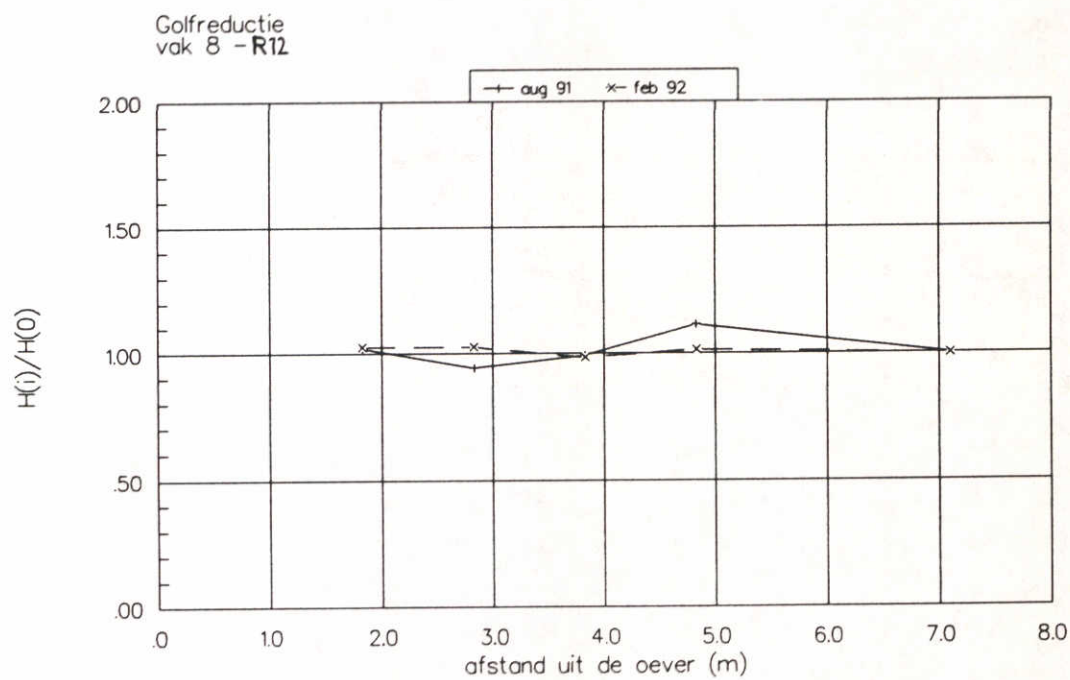
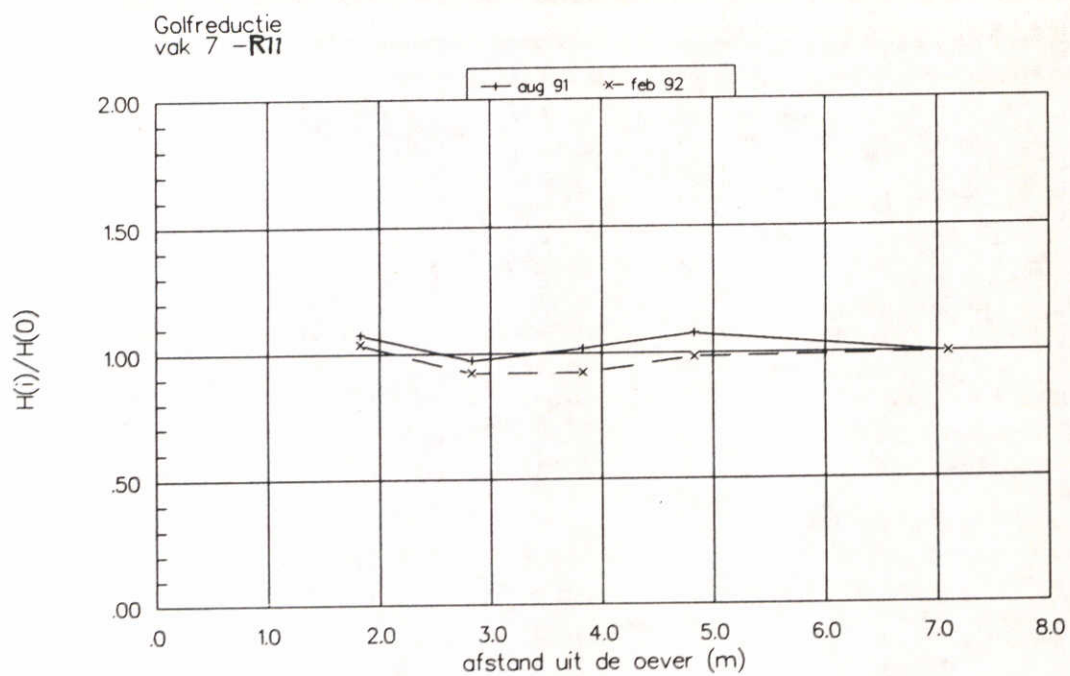


GOLFREDUCTIE IN VAK 5 EN 6

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.2



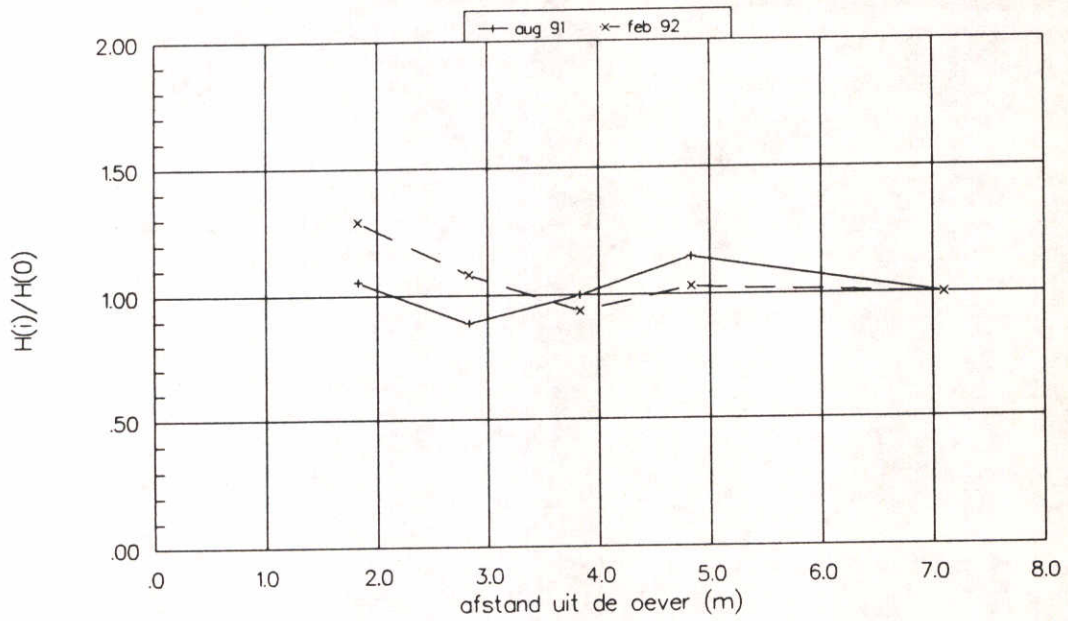
GOLFREDUCTIE IN VAK 7 EN 8

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

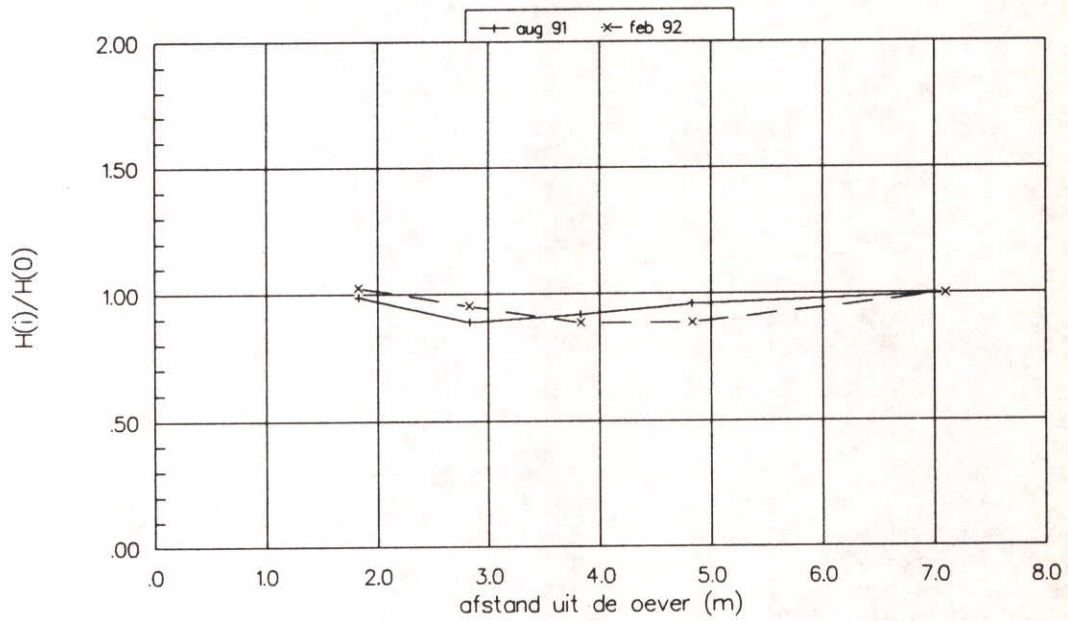
Q 632

FIG. 3.3

Golfreductie
vak 9 -R51



Golfreductie
vak 10 -R52

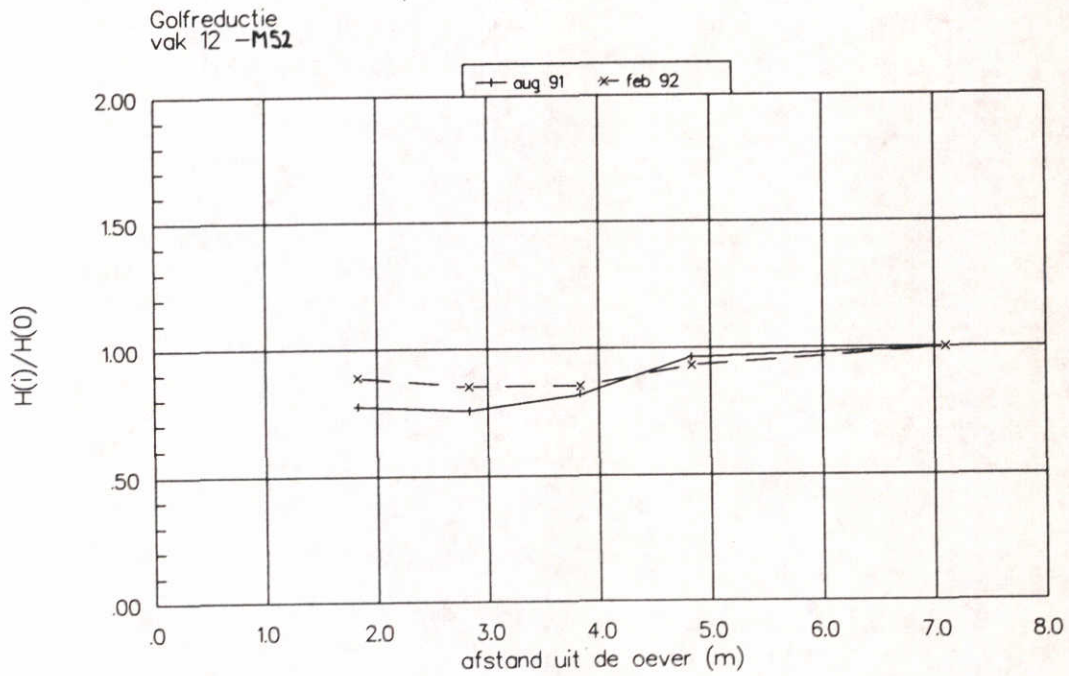
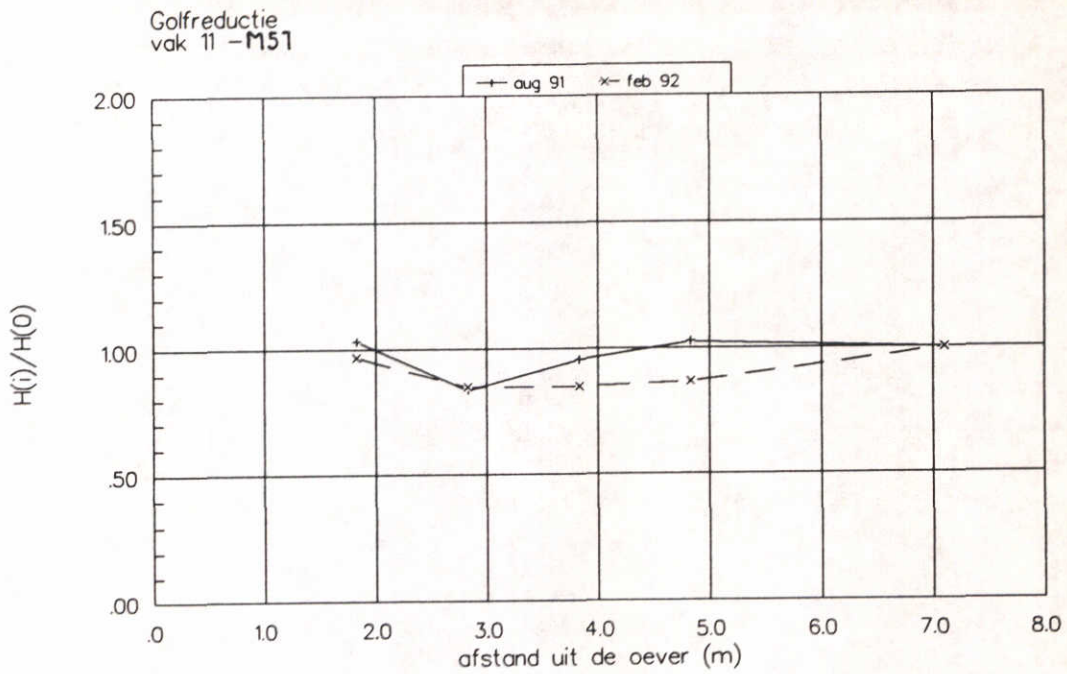


GOLFREDUCTIE IN VAK 9 EN 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.4



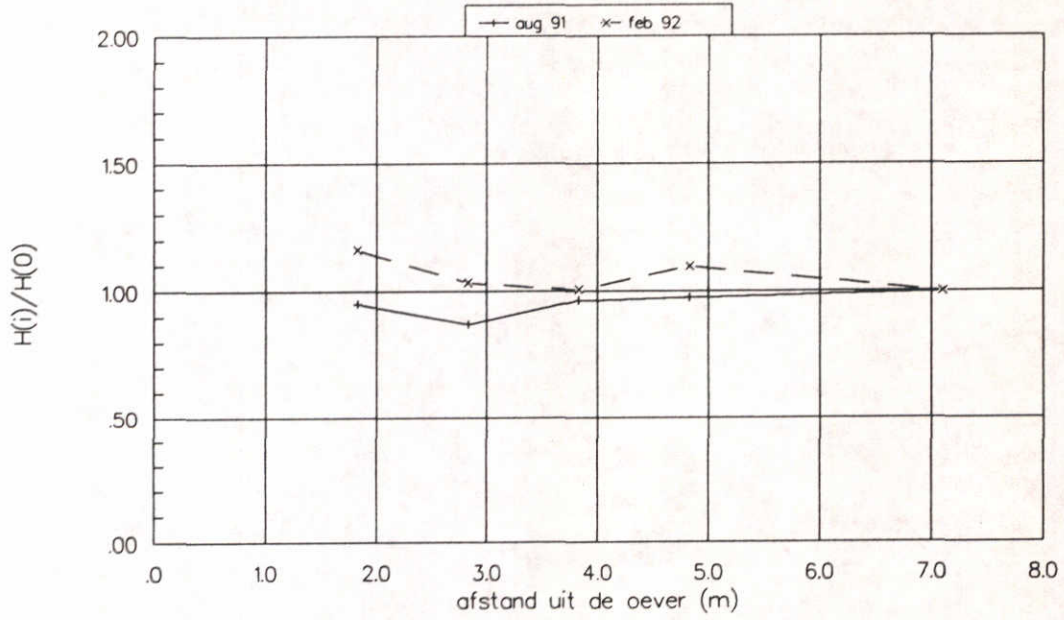
GOLFREDUCTIE IN VAK 11 EN 12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

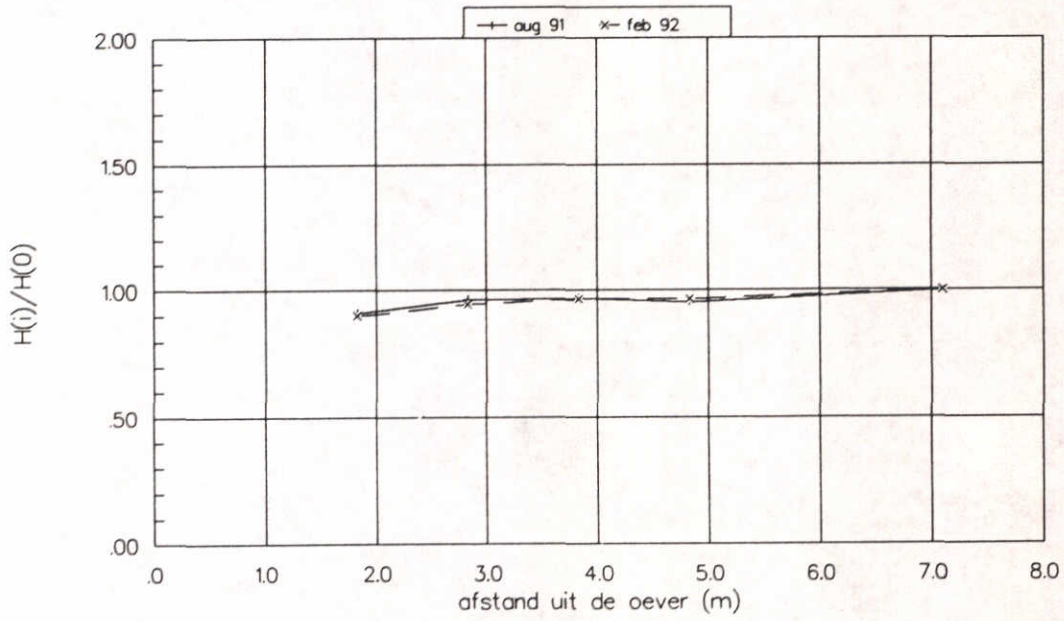
Q 632

FIG. 3.5

Golfreductie
vak 13 -M11



Golfreductie
vak 14 -M12

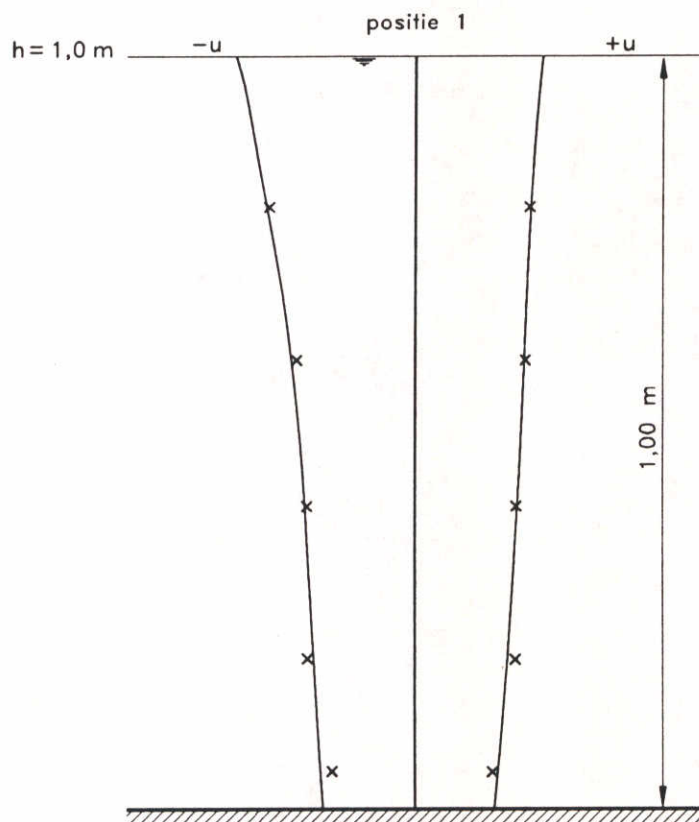


GOLFREDUCTIE IN VAK 13 EN 14

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.6

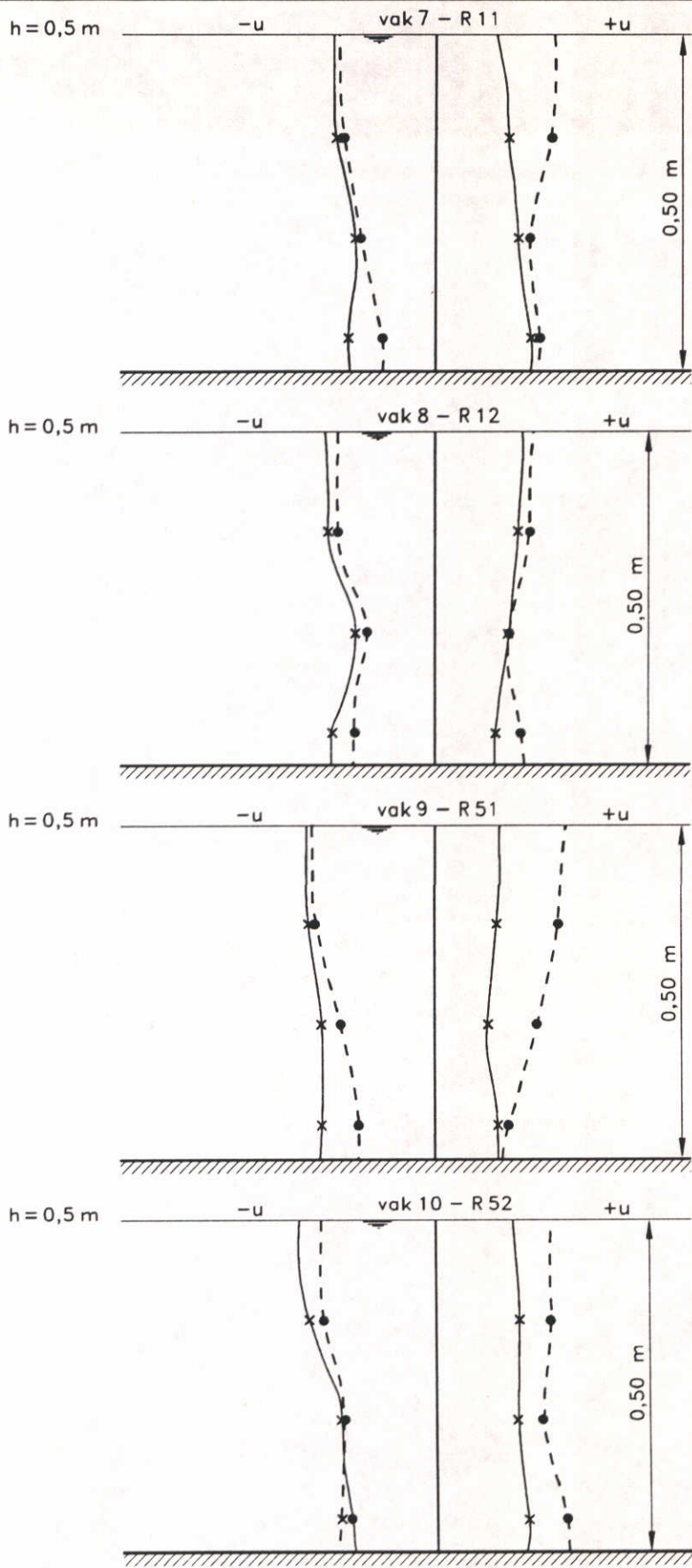


SNELHEIDSPROFIEL INKOMENDE GOLF

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.7



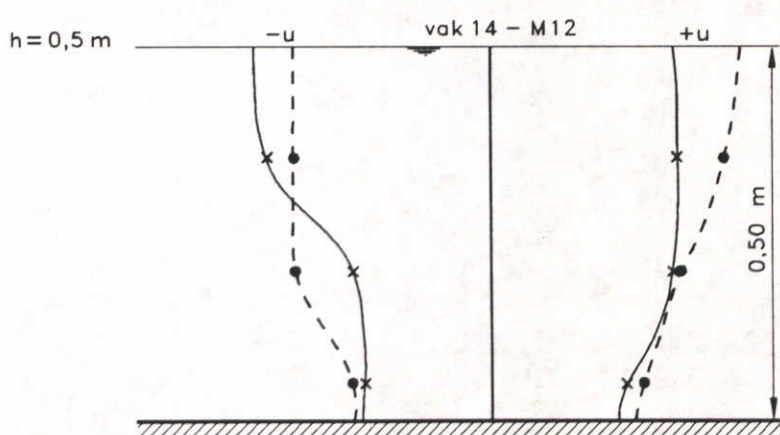
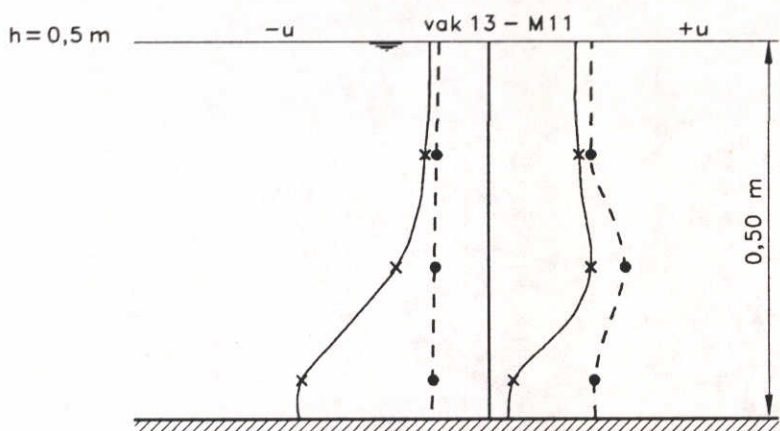
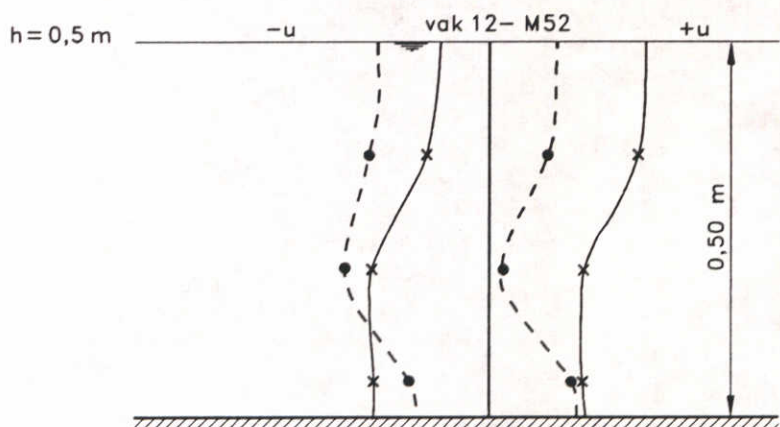
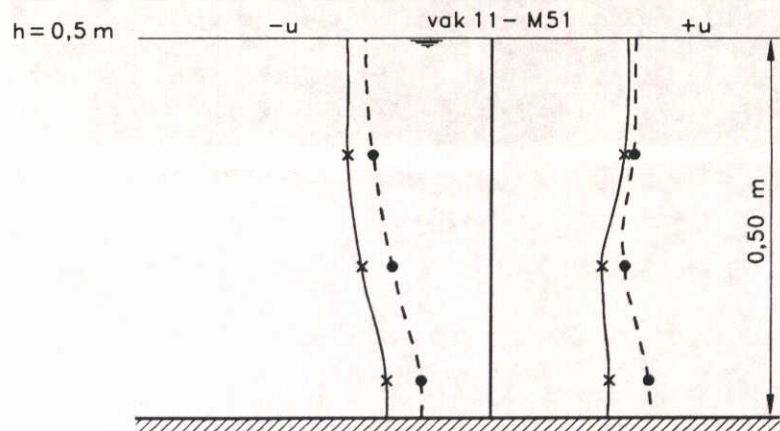
— x — positie 3
 - - • - - positie 5

SNELHEIDSPROFIELEN RIETVAKKEN
 (AUGUSTUS 1991)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.9



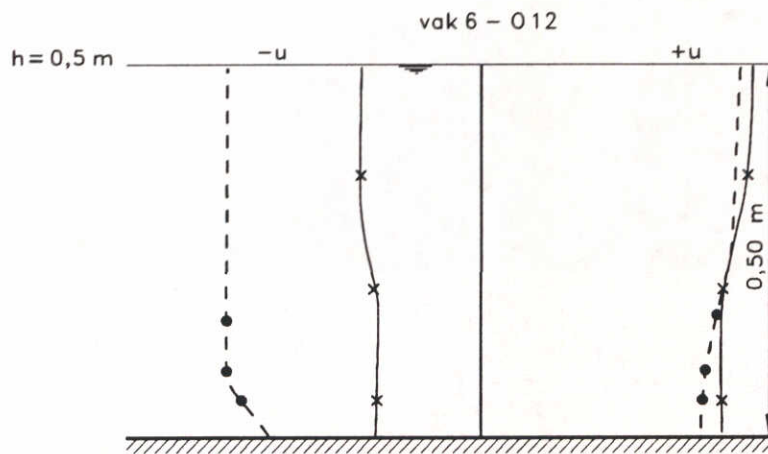
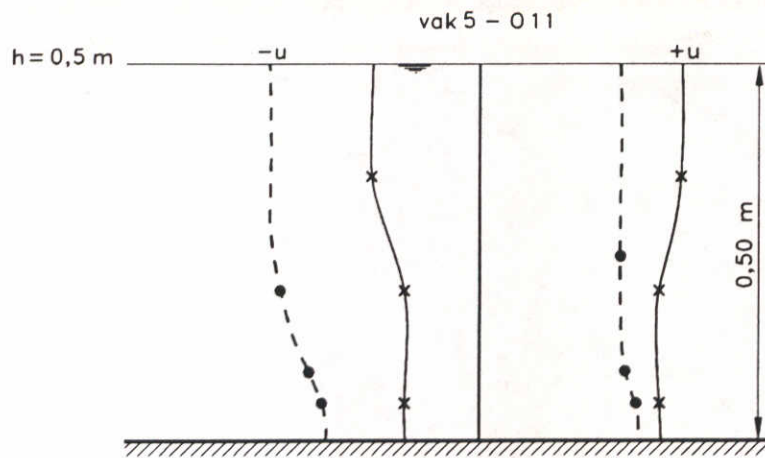
— x — positie 3
 - - • - - positie 5

SNELHEIDSPROFIELEN BIEZENVAKKEN
 (AUGUSTUS 1991)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.10



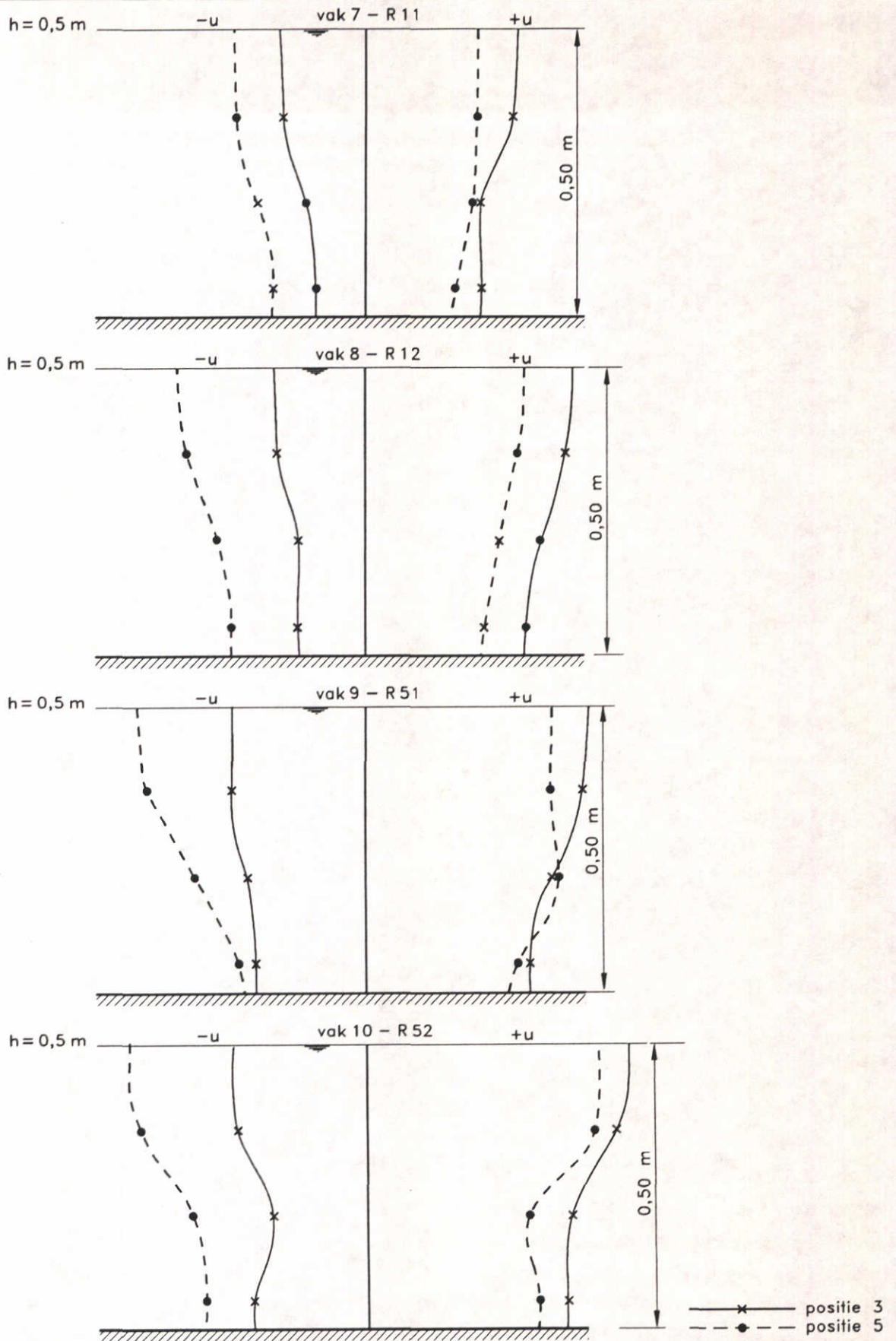
— x — positie 3
 - - ● - - positie 5

SNELHEIDSPROFIELEN ONBEGROEIDE VAKKEN
 (FEBRUARI 1992)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.11

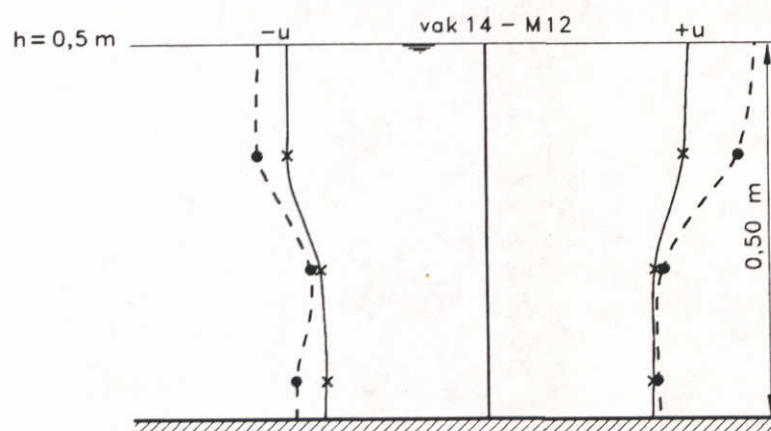
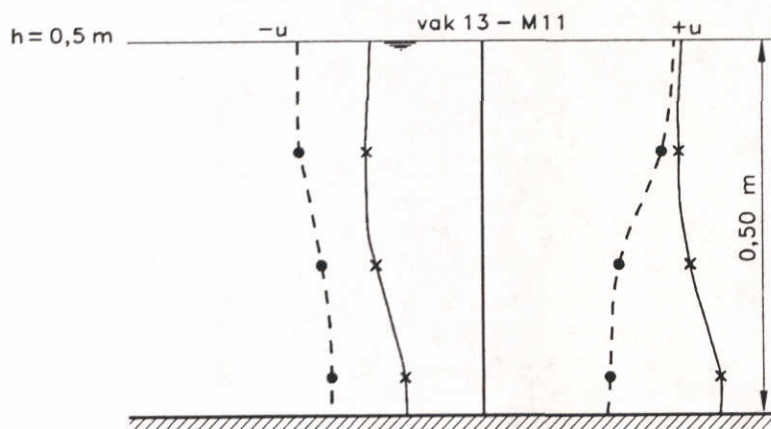
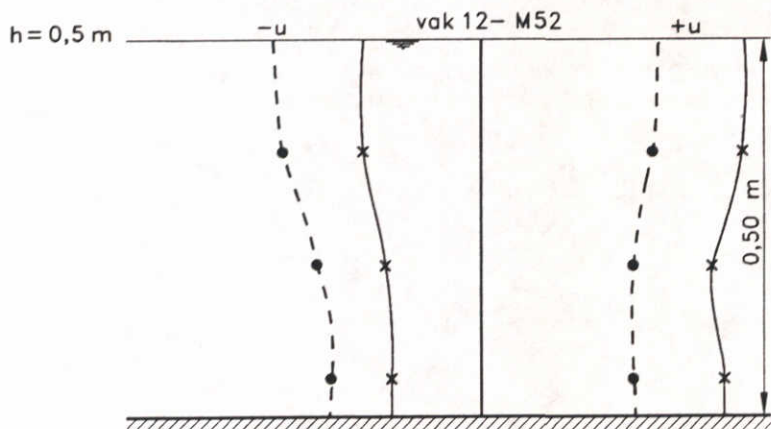
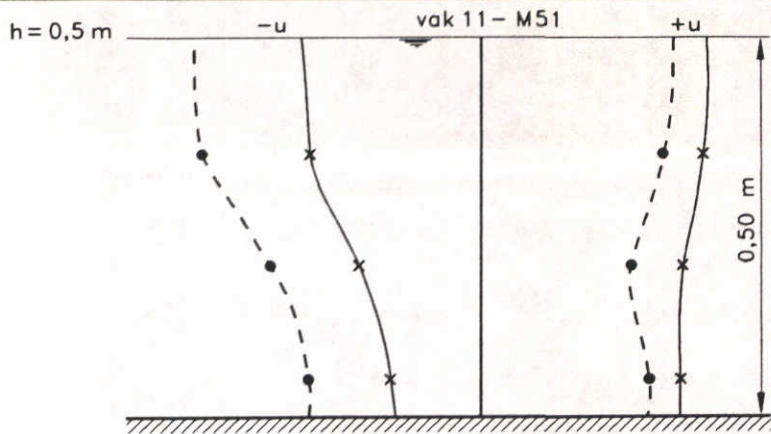


SNELHEIDSPROFIELEN RIETVAKKEN
(FEBRUARI 1992)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.12



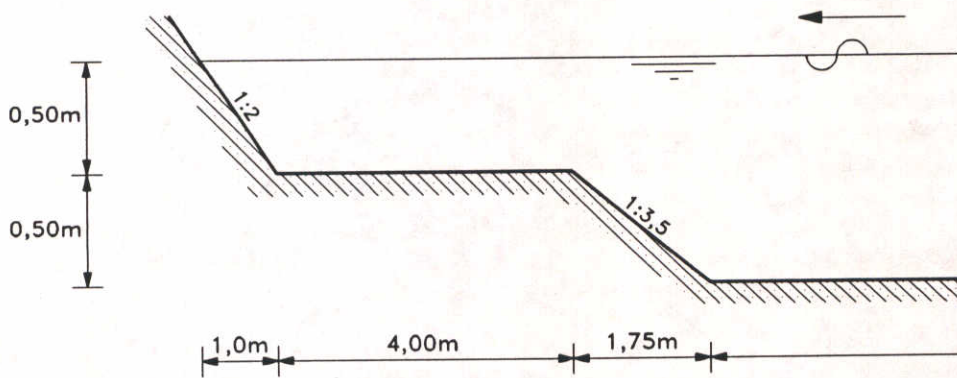
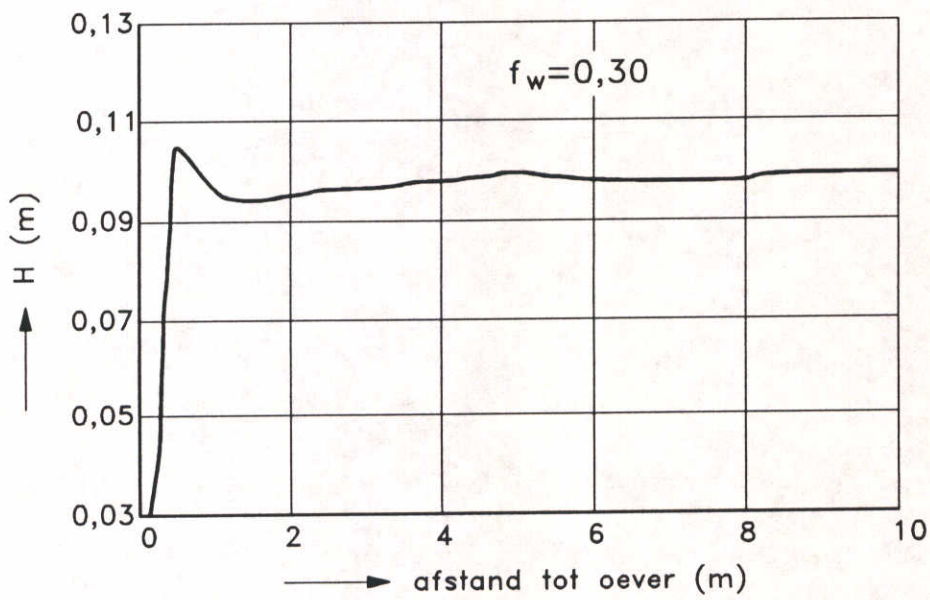
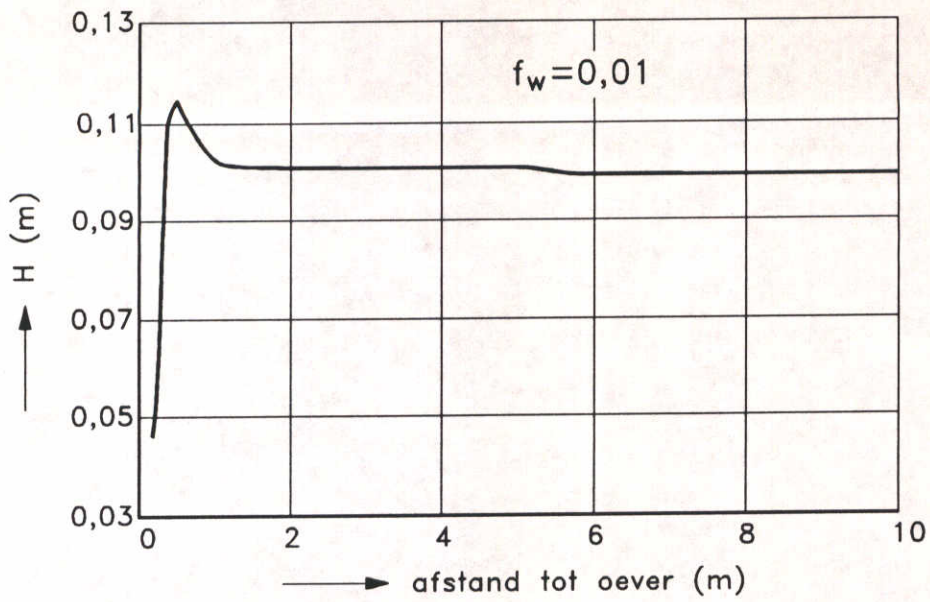
— x — positie 3
 - - - • - - - positie 5

SNELHEIDSPROFIELEN BIEZENVAKKEN
 (FEBRUARI 1992)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.13



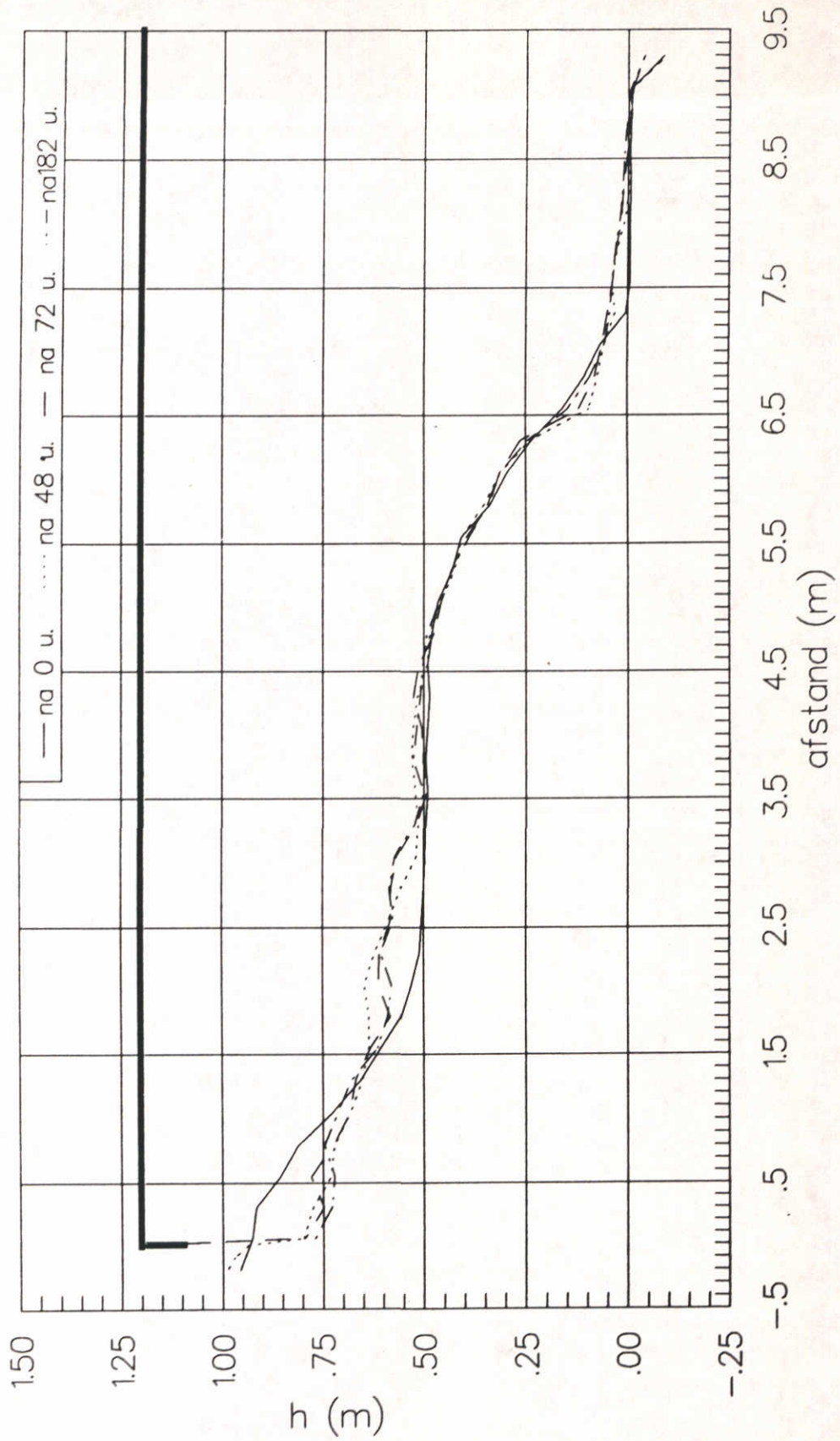
ENDEC - BEREKENINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

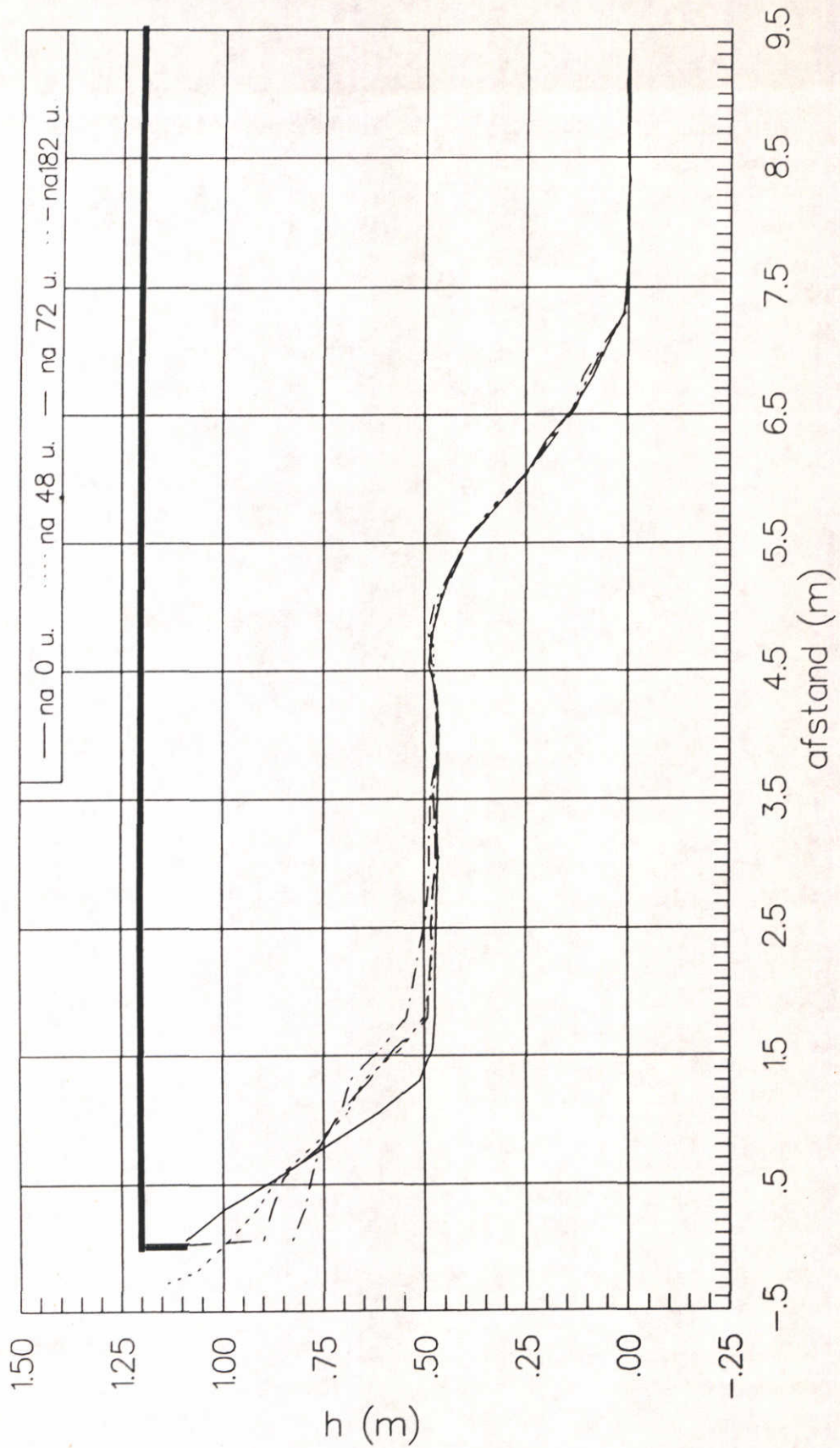
FIG. 3.14

Gemiddeld bodemprofiel
vak 5



VOORBEELD BODEMPROFIELVERANDERINGEN
IN DE TIJD IN VAK 5

Gemiddeld bodemprofiel
vak 8



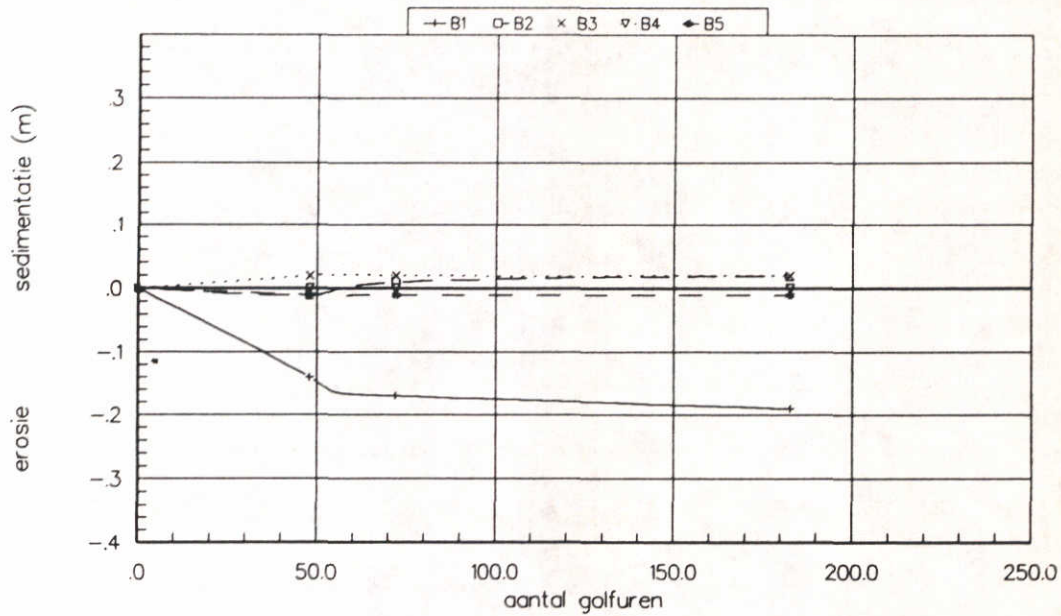
VOORBEELD BODEMPROFIELVERANDERINGEN
IN DE TIJD IN VAK 8

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

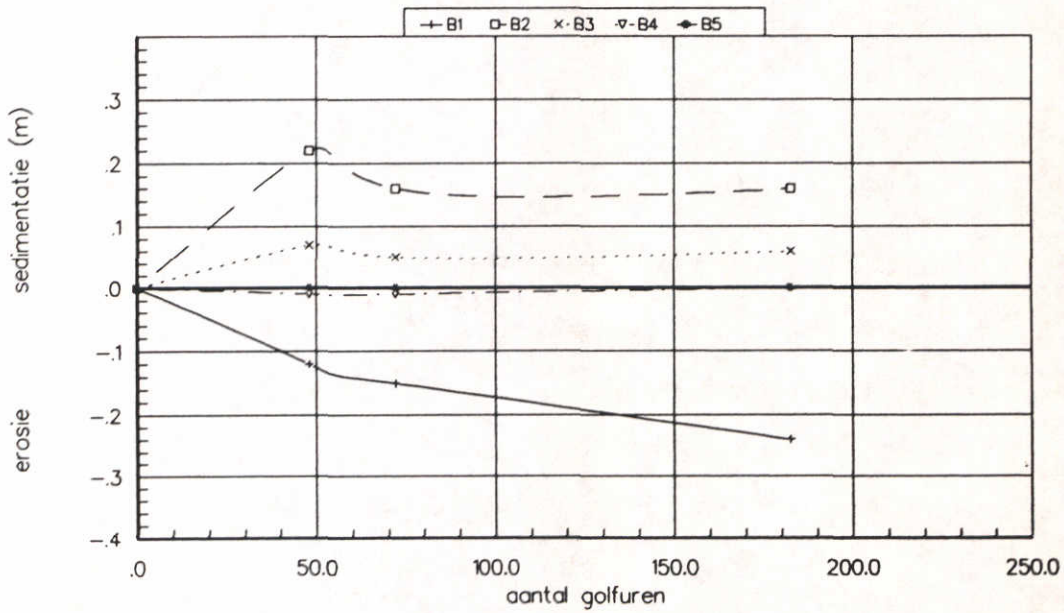
Q 632

FIG. 3.16

Veranderingen in het lengteprofiel
 Vak 5 - 011



Veranderingen in het lengteprofiel
 Vak 6 - 012



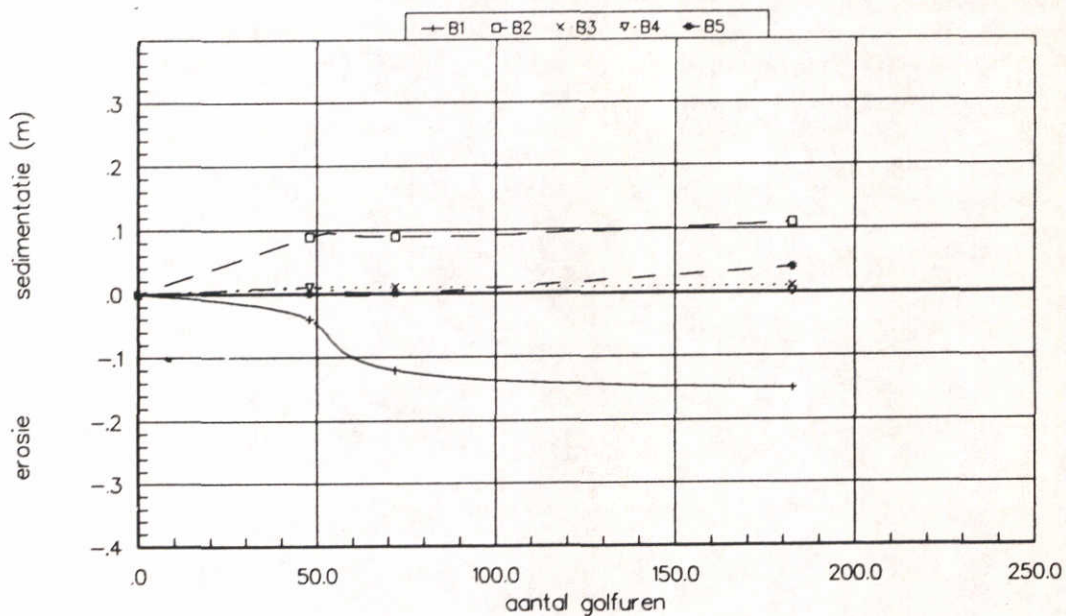
VERANDERINGEN IN BODEMPROFIEL,
 VAK 5 EN 6

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

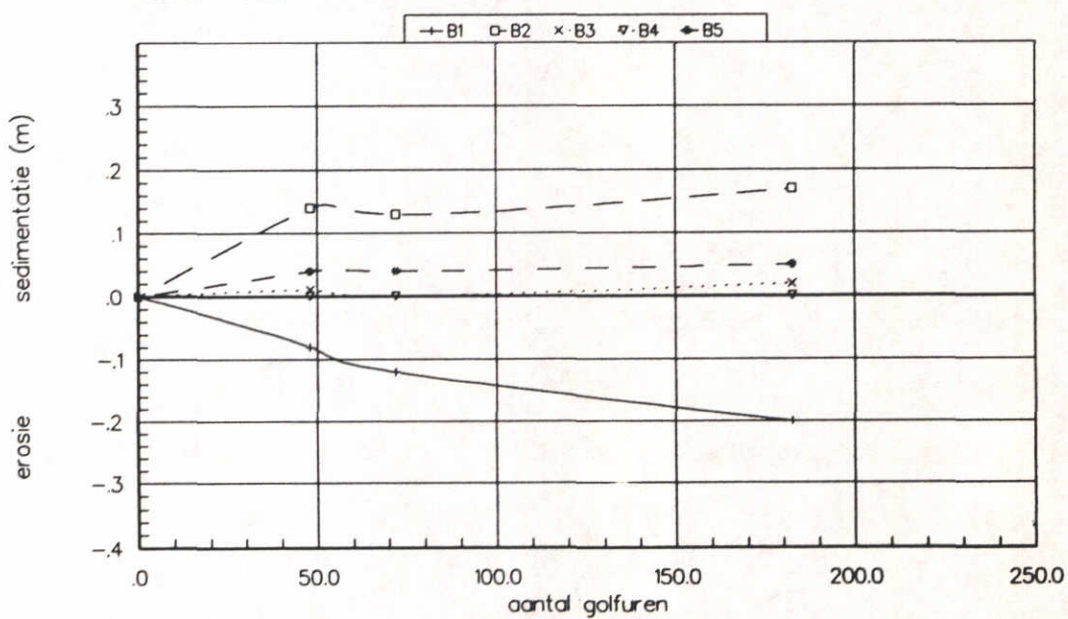
Q 632

FIG. 3.17

Veranderingen in het lengteprofiel
Vak 7 - R11



Veranderingen in het lengteprofiel
Vak 8 - R12



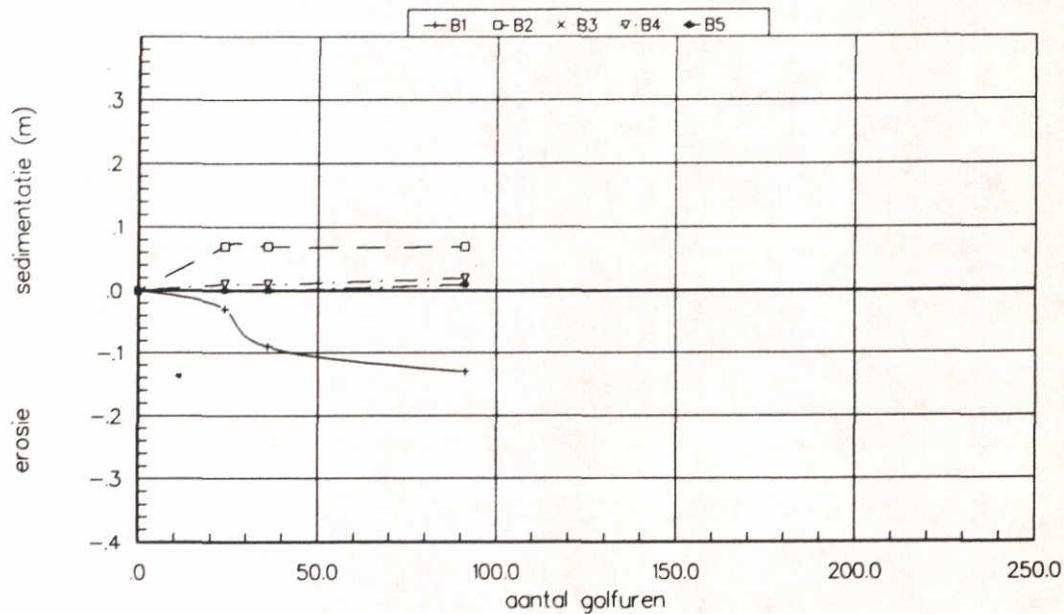
VERANDERINGEN IN BODEMPROFIEL,
VAK 7 EN 8

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

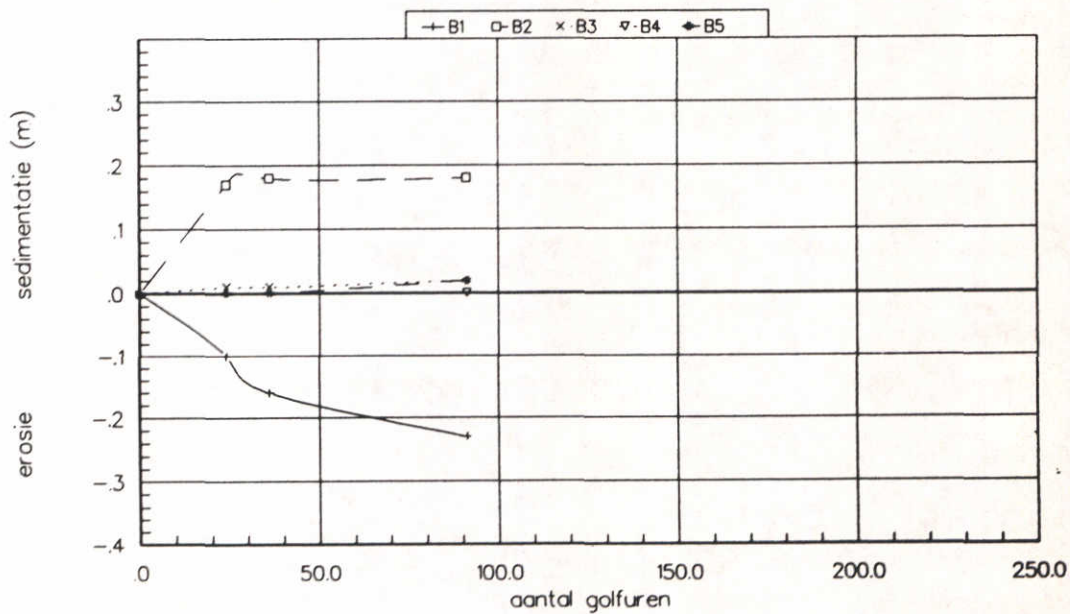
Q 632

FIG. 3.18

Veranderingen in het lengteprofiel
 Vak 9 - R51



Veranderingen in het lengteprofiel
 Vak 10 - R5



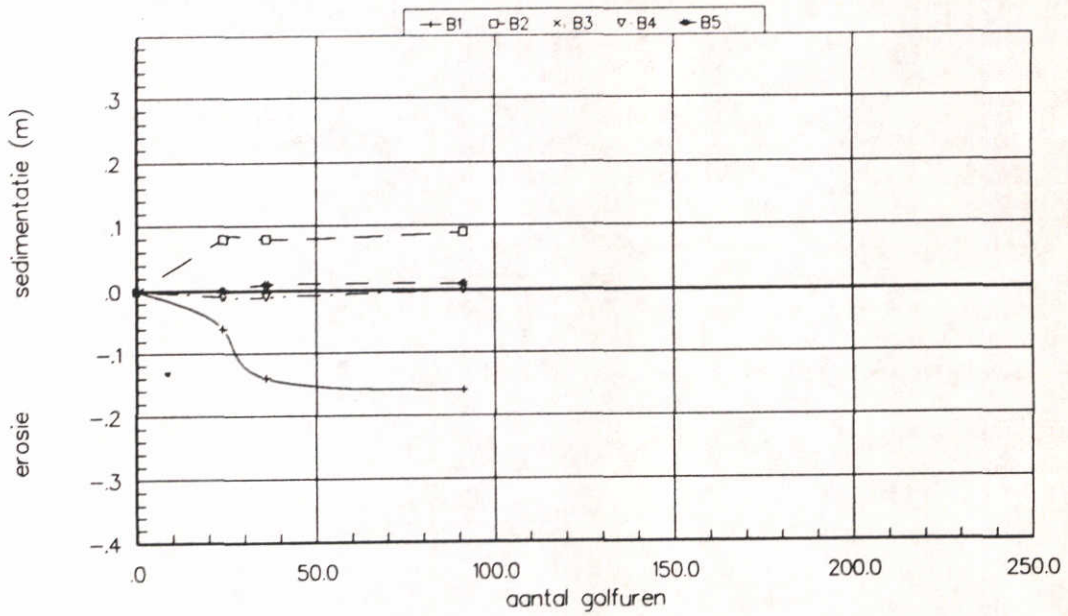
VERANDERINGEN IN BODEMPROFIEL,
 VAK 9 EN 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

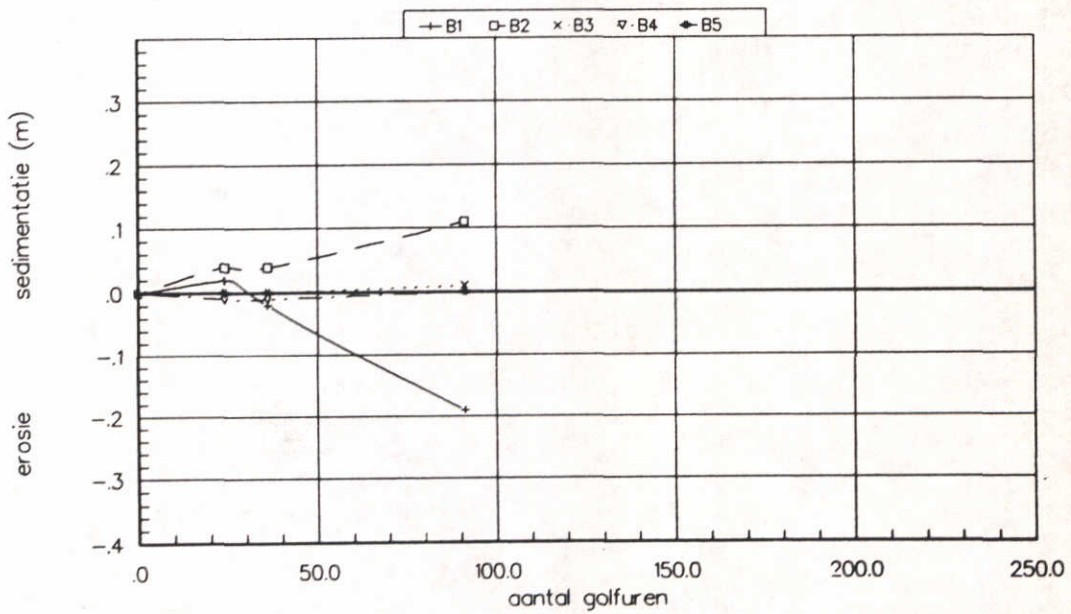
Q 632

FIG. 3.19

Veranderingen in het lengteprofiel
Vak 11 - M51



Veranderingen in het lengteprofiel
Vak 12 - M52



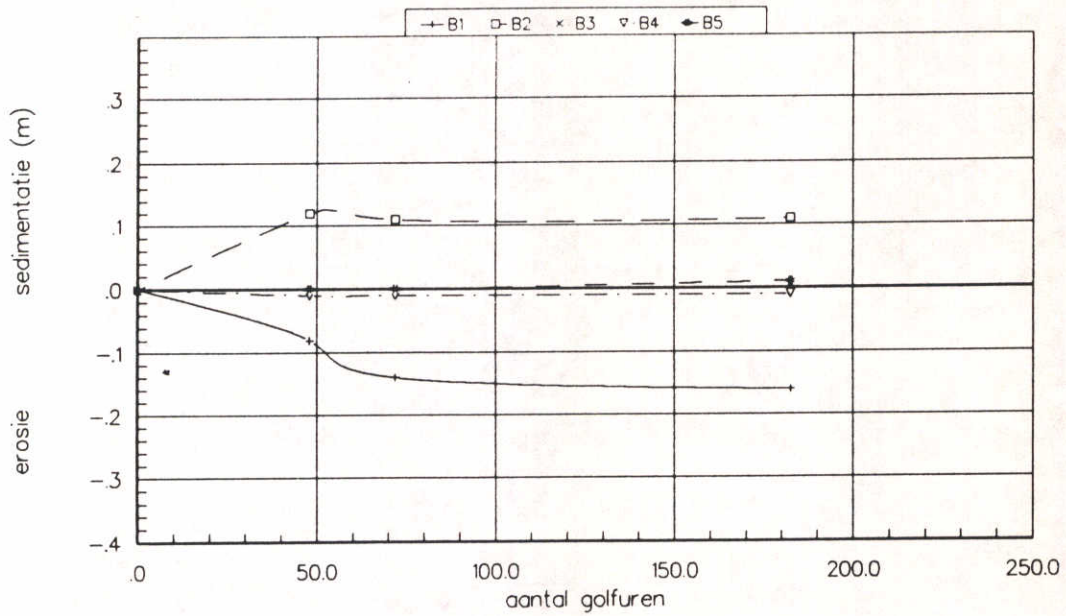
VERANDERINGEN IN BODEMPROFIEL,
VAK 11 EN 12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

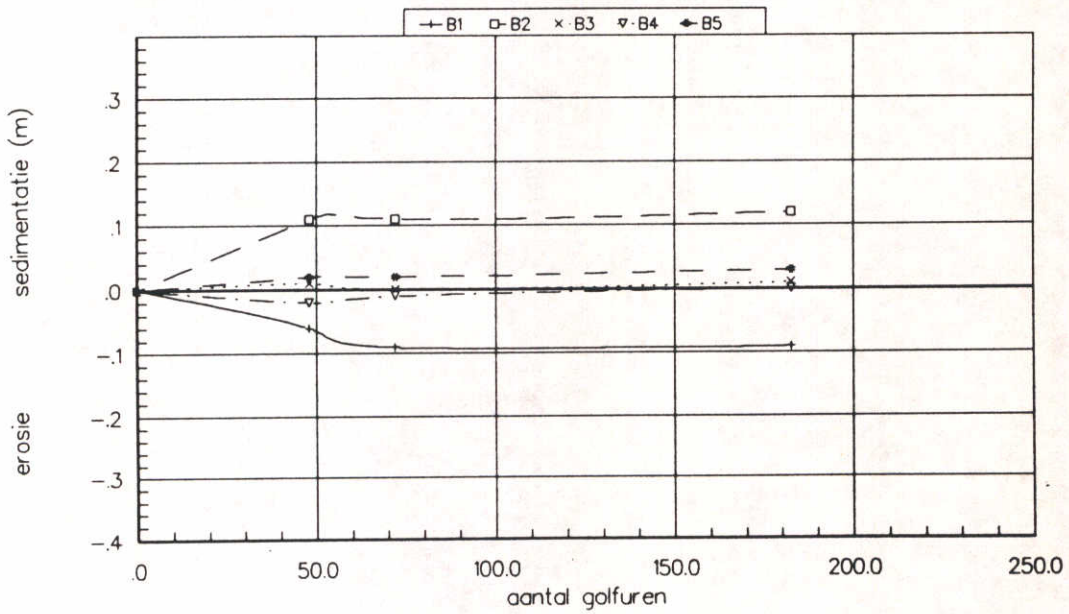
Q 632

FIG. 3.20

Veranderingen in het lengteprofiel
 Vak 13 - M11



Veranderingen in het lengteprofiel
 Vak 14 - M12



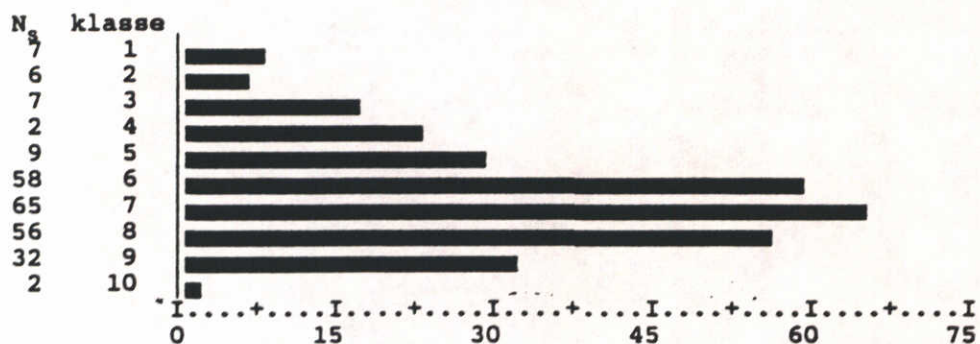
VERANDERINGEN IN BODEMPROFIEL,
 VAK 13 EN 14

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

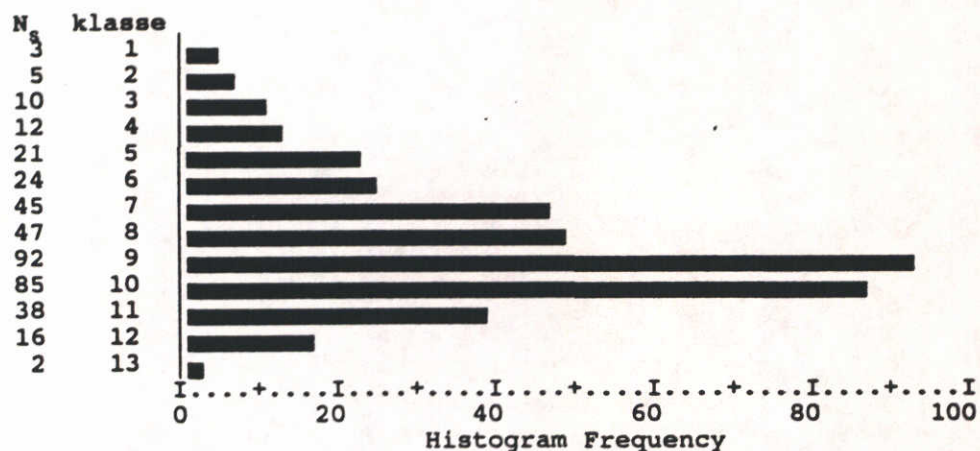
Q 632

FIG. 3.21

A: meting voor golven (juni)



B: meting na golven (augustus)



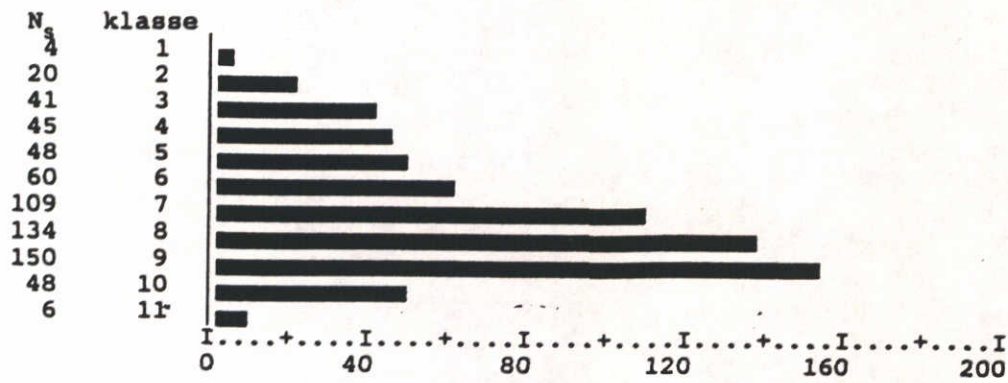
lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm

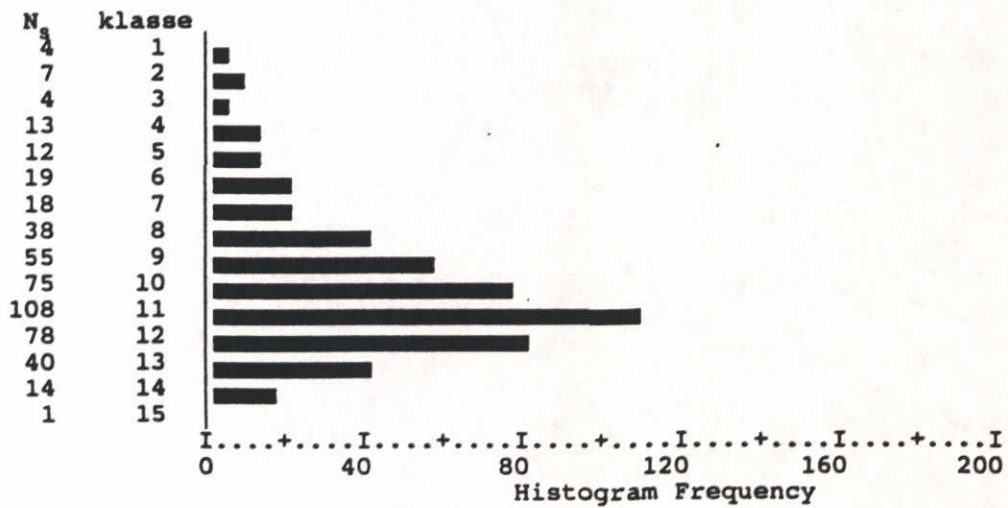
etc.

N_s = aantal stengels

A: meting voor golven (juni)



B: meting na golven (augustus)

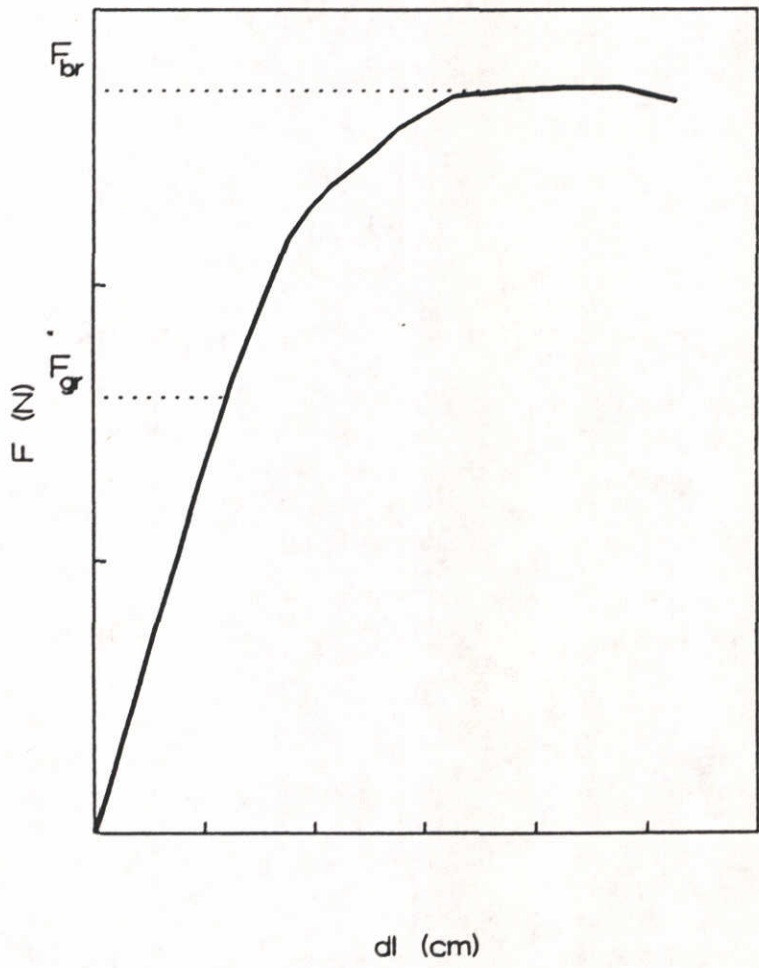


lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm

etc.

N_s = aantal stengels



F_{gr} : grensbelasting, F_{br} : breekbelasting

VOORBEELD GRAFISCHE WEERGAVE
RESULTATEN BUIGMETINGEN

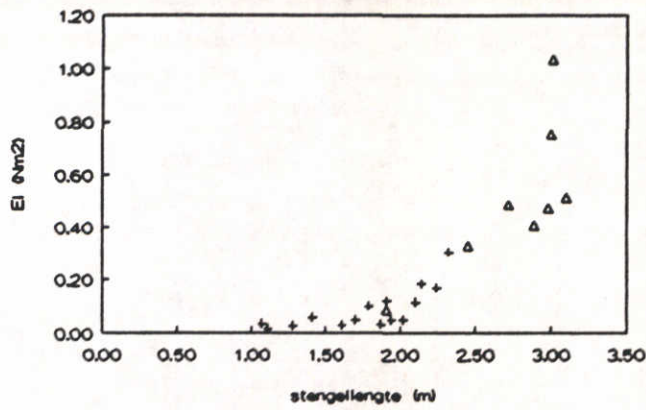
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.24

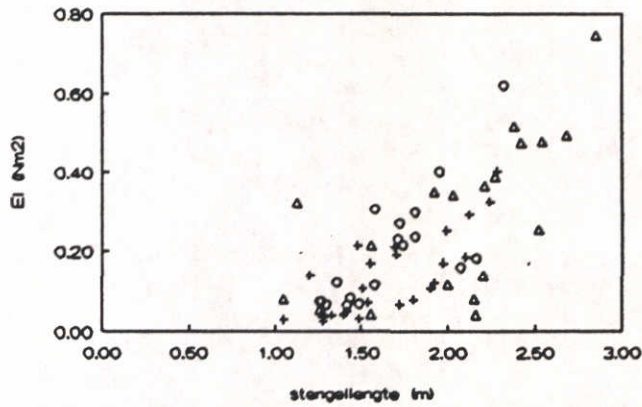
Mattenbies: stijfheidsfactor (EI)
in relatie tot de stengellengte.

+ meting 1 Δ meting 2



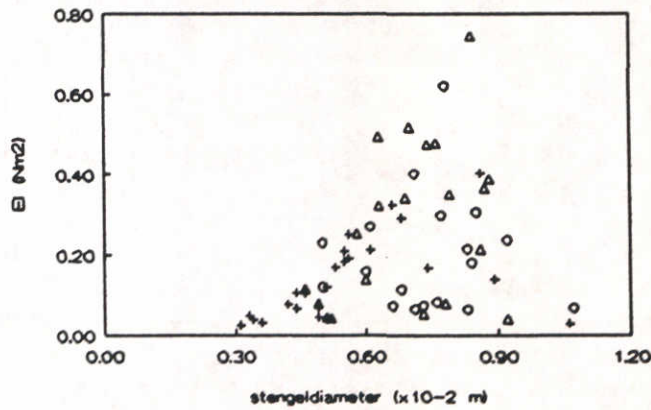
Riet: stijfheidsfactor (EI)
in relatie tot de stengellengte.

+ meting 1 Δ meting 2 ○ meting 3



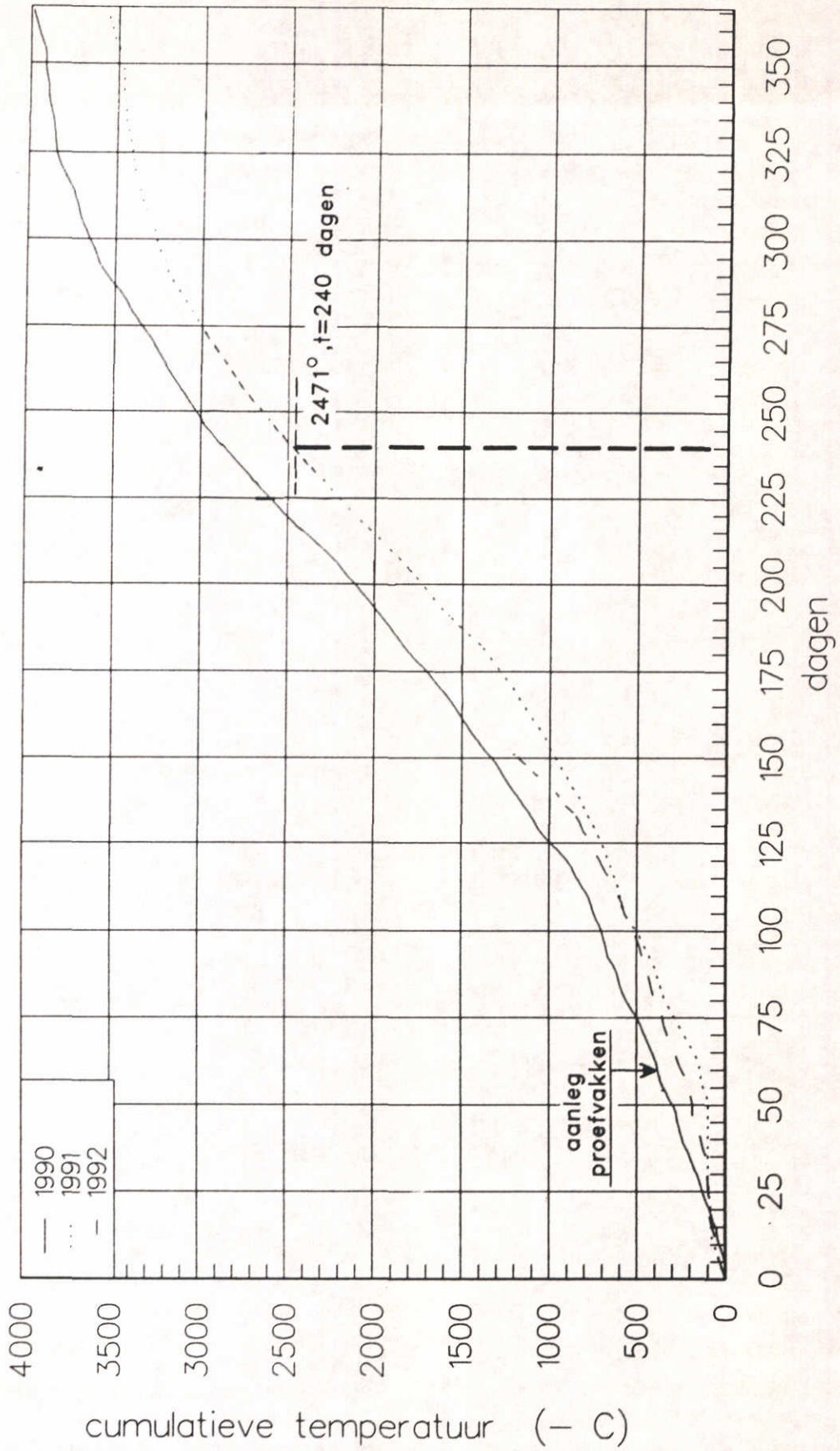
Riet: stijfheidsfactor (EI)
in relatie tot de stengeldiameter.

+ meting 1 Δ meting 2 ○ meting 3

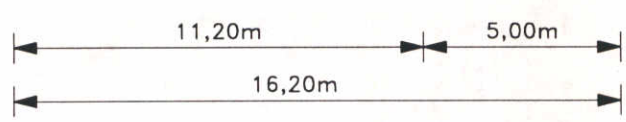
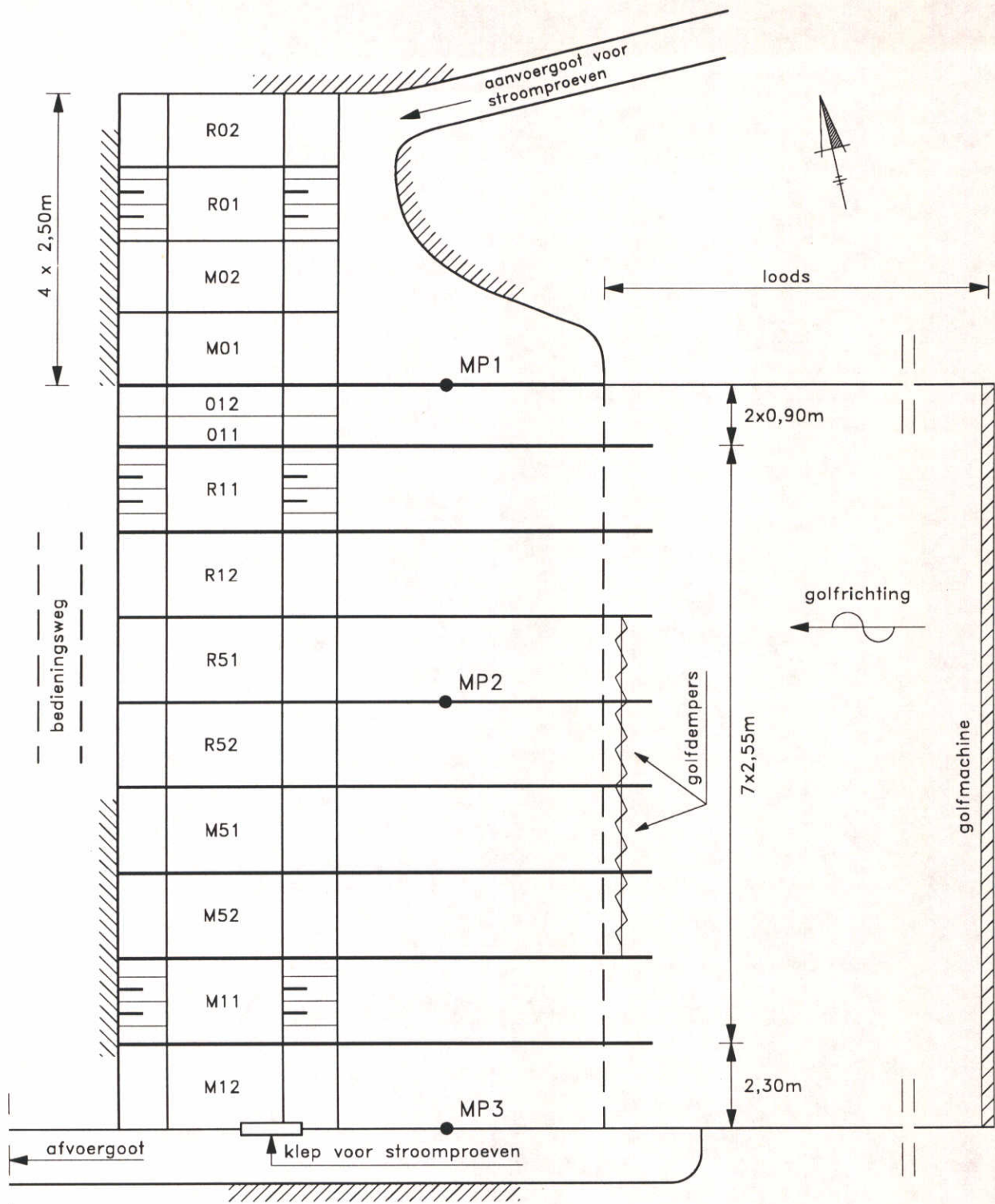


RELATIE TUSSEN STENGELLENGTE/DIAMETER
EN STIJFHEIDSFACOR

Temperatuursom
(temperaturen lager dan nul gelijkgesteld aan nul)



TEMPERATUURSOM



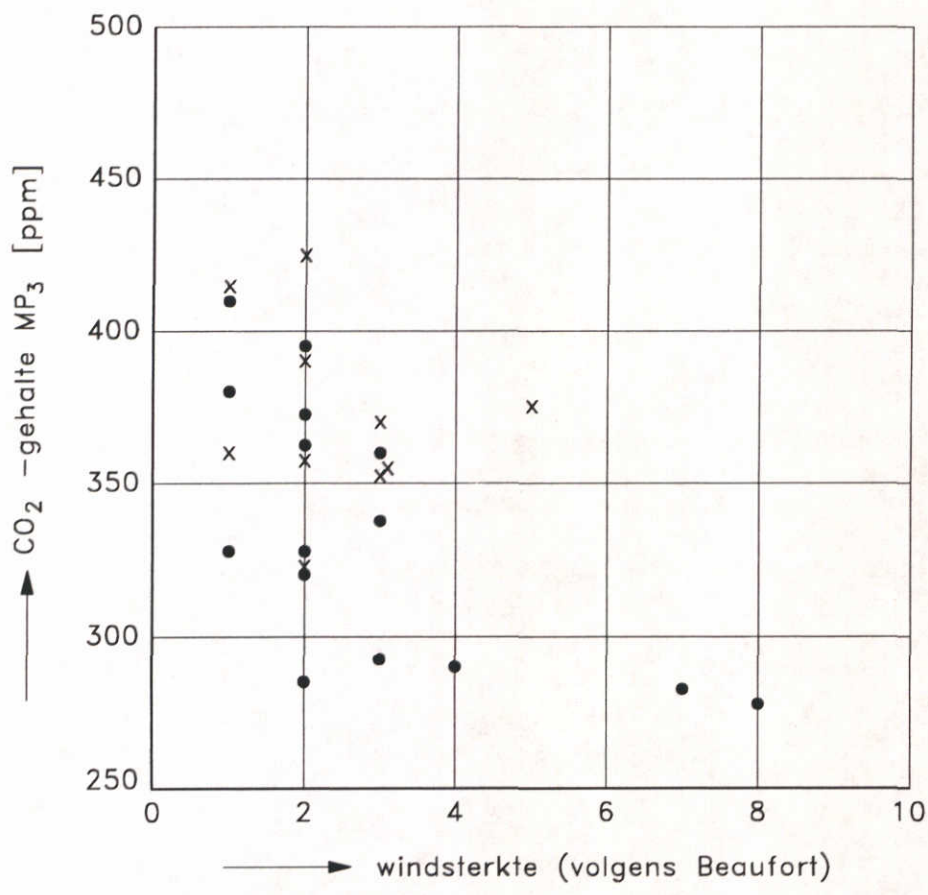
R12 = proefvakcode (zie tabel 1)
 MP = meetpunt windturbulentie

MEETLOCATIES WINDTURBULENTIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.27

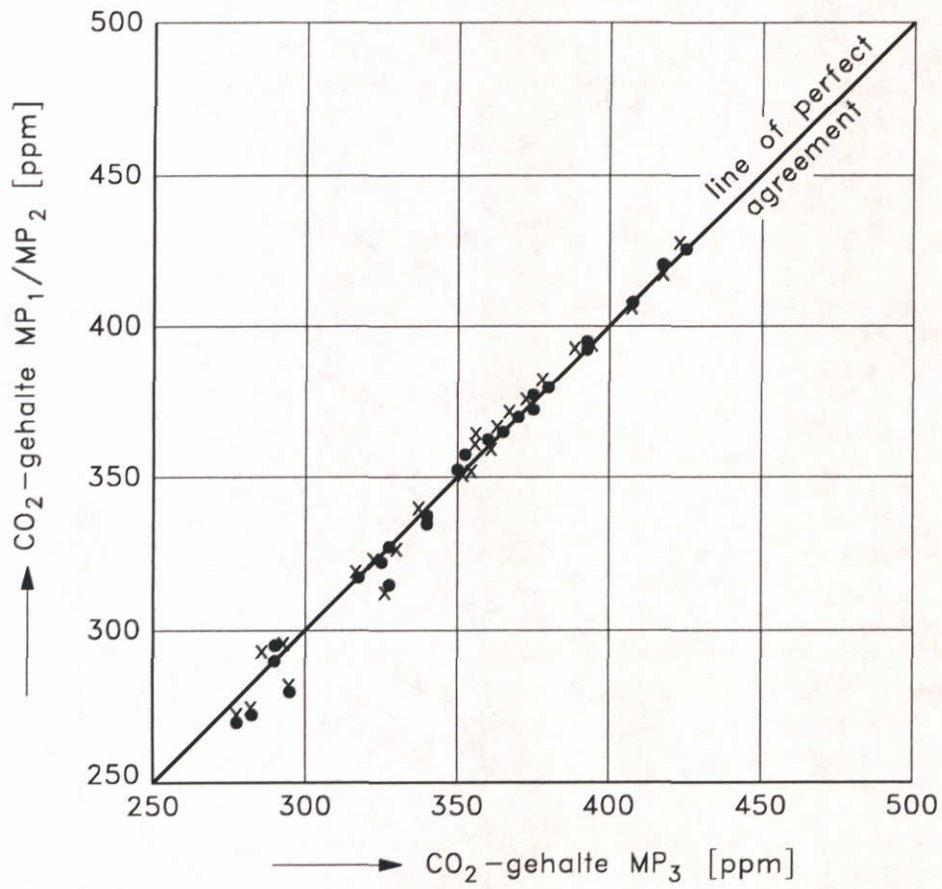


INVLOED WINDSTERKTE OP CO₂ -GEHALTE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 3.28



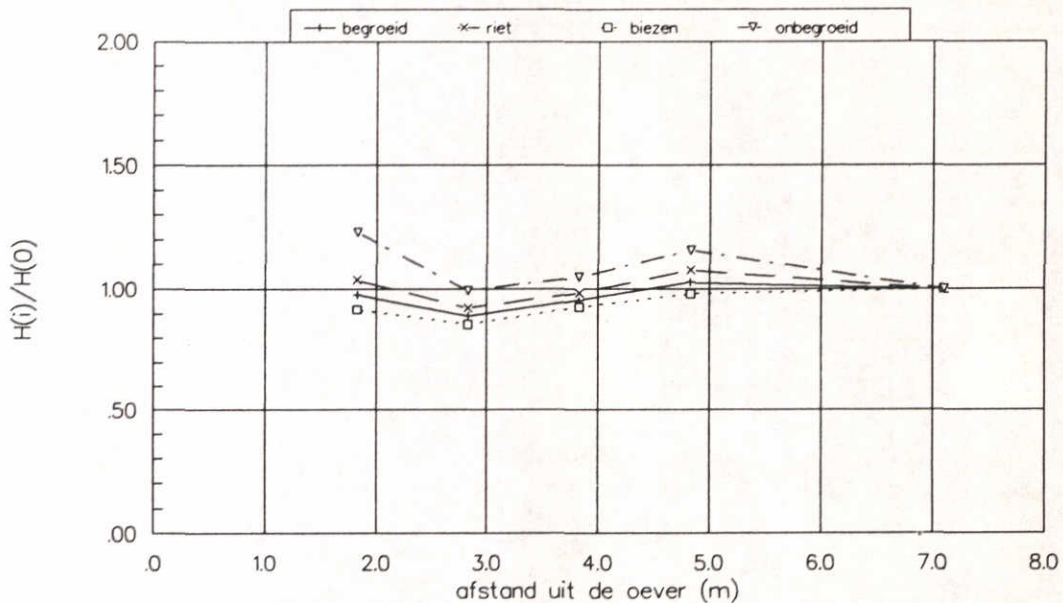
VERGELIJKING WINDTURBULENTIE
DIVERSE LOCATIES

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

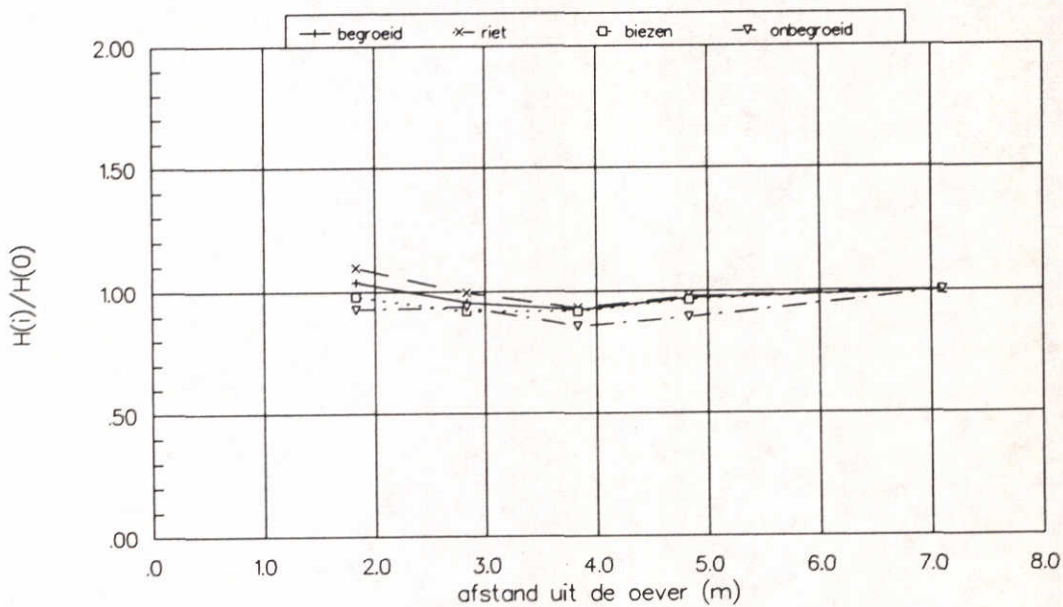
Q 632

FIG. 3.29

Golfreductie gemiddeld over de vakken aug. 1991
vakken 5 t/m 14

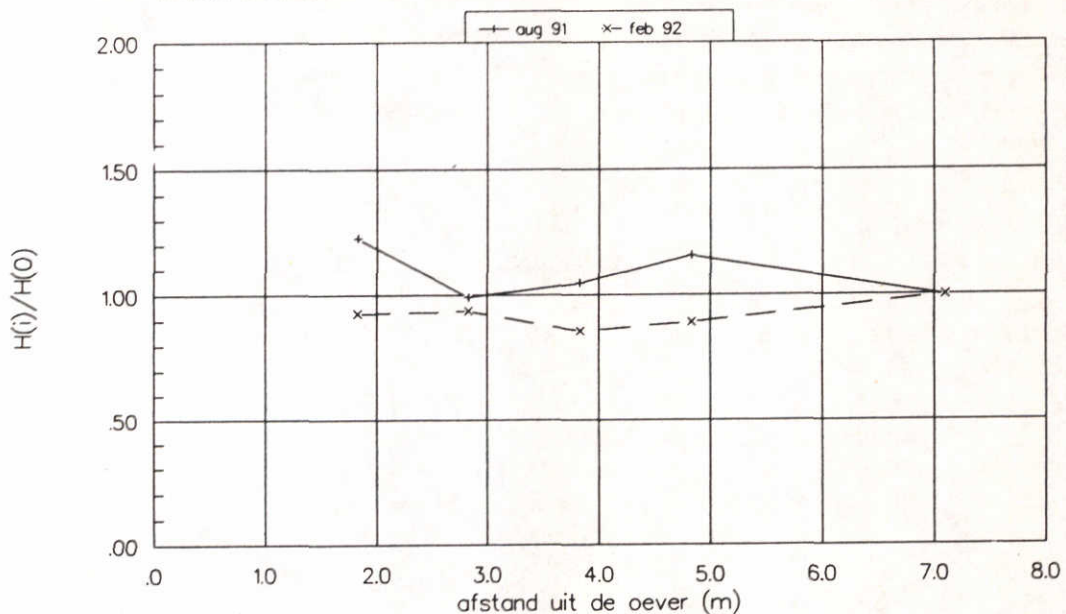


Golfreductie gemiddeld over de vakken febr. 1992
vakken 5 t/m 14

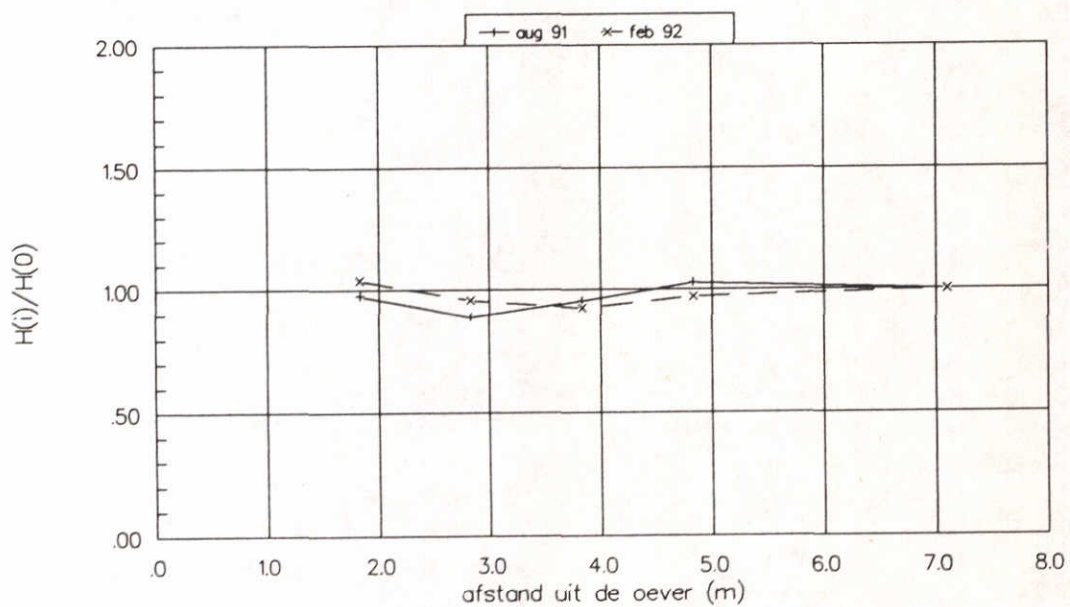


GOLFREDUCTIE GEMIDDELD OVER ALLE VLAKKEN

Golfreductie gemiddeld over de onbegroeide vakken
vakken 5 en 6



Golfreductie gemiddeld over alle begroeide vakken
vakken 7 t/m 14



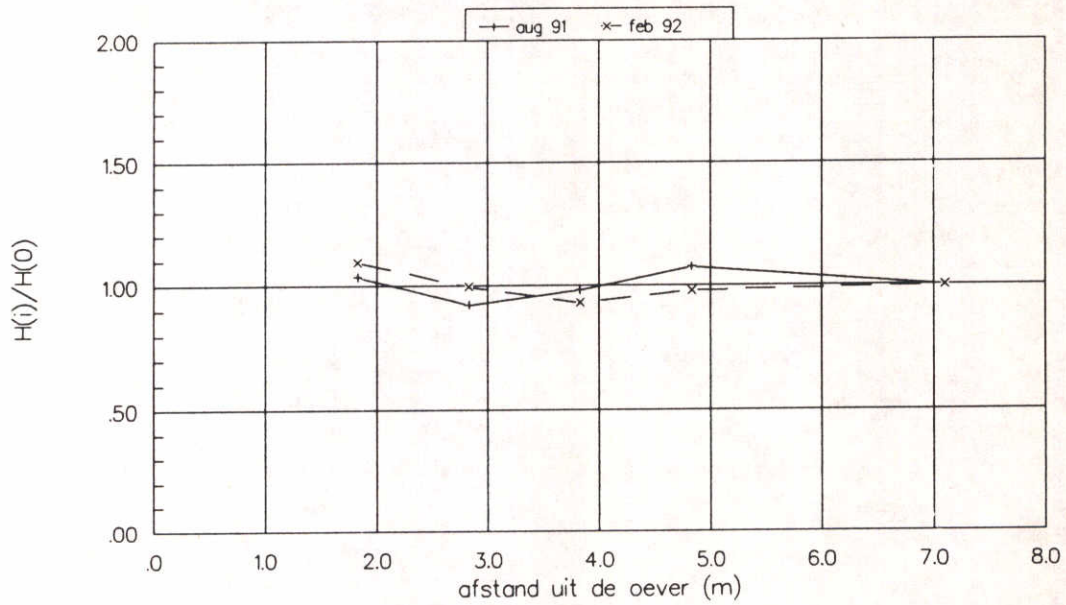
GOLFREDUCTIE GEMIDDELD OVER ALLE
ONBEGROEIDE EN BEGROEIDE VAKKEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

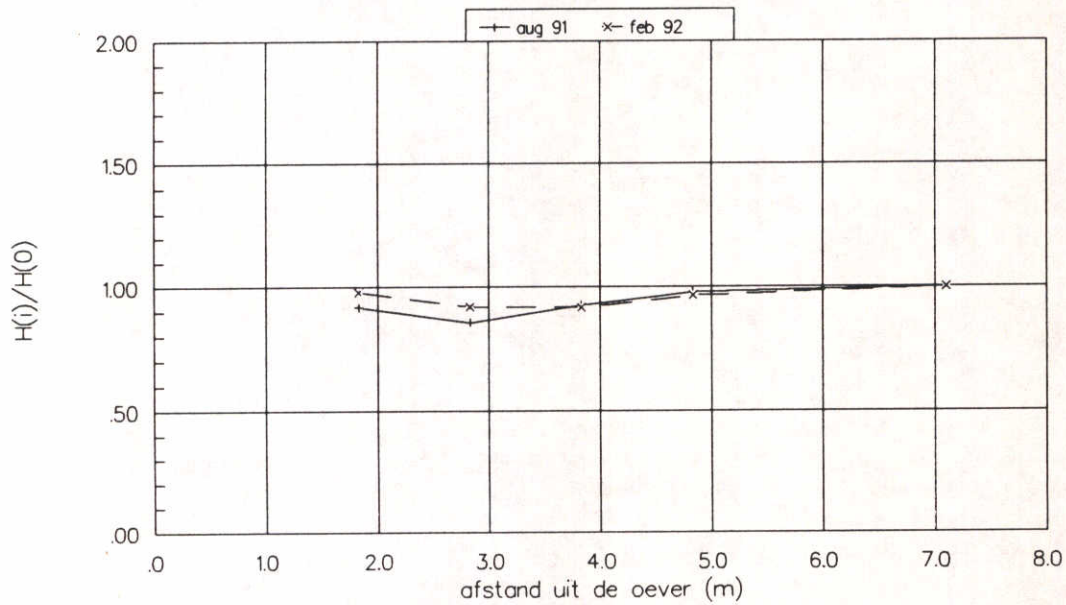
Q 632

FIG. 4.2

Golfreductie gemiddeld over alle rietvakken
vakken 7 t/m 10



Golfreductie gemiddeld over alle biezenvakken
vakken 11 t/m 14

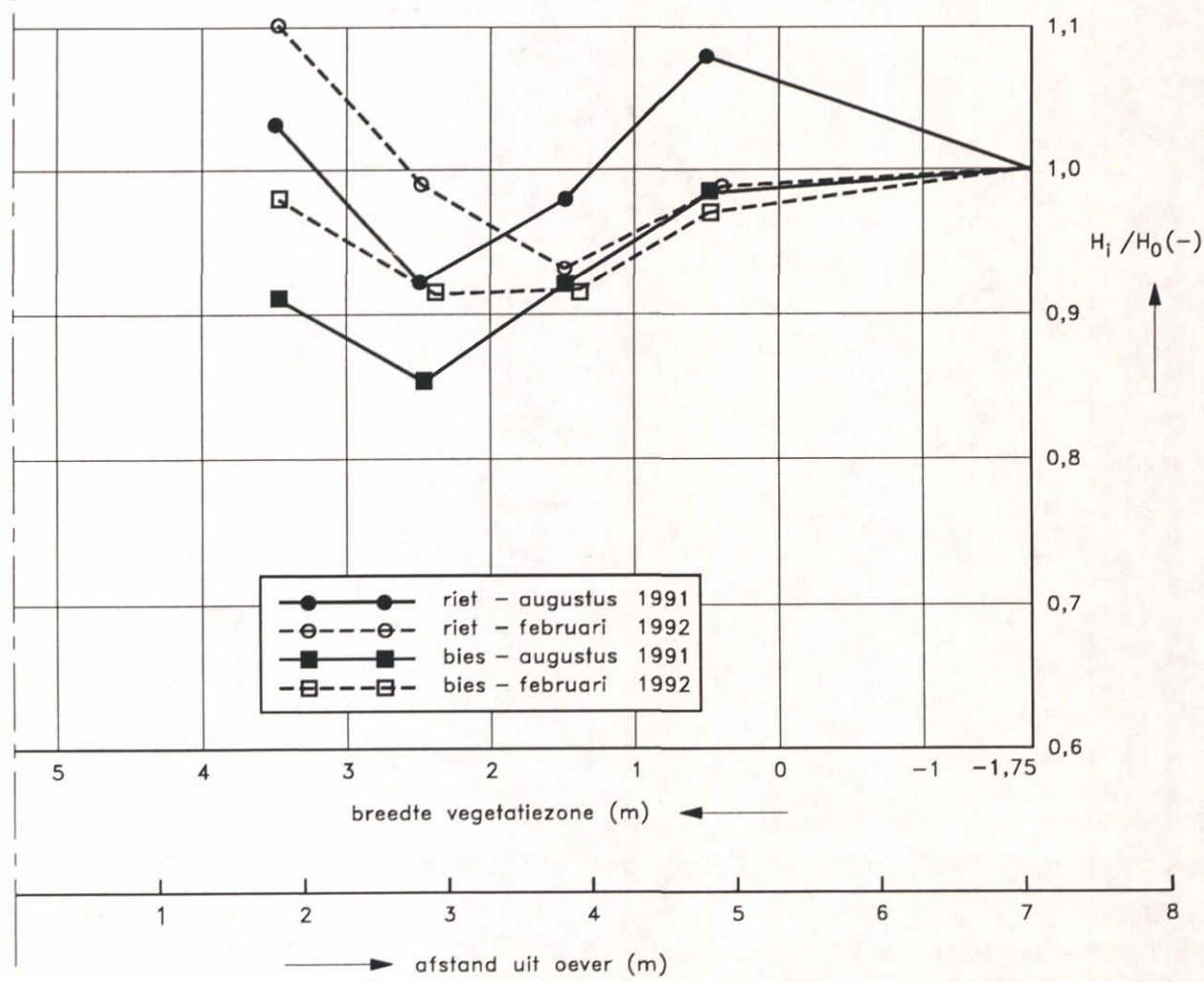
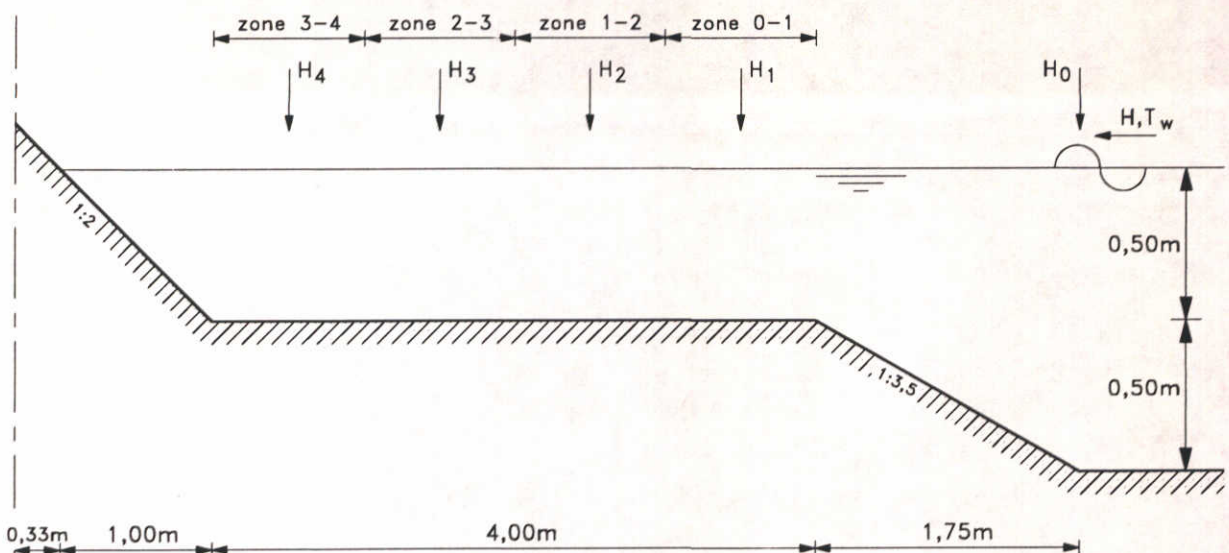


GOLFREDUCTIE VOOR VAKKEN MET RIET
EN VAKKEN MET MATTENBIES

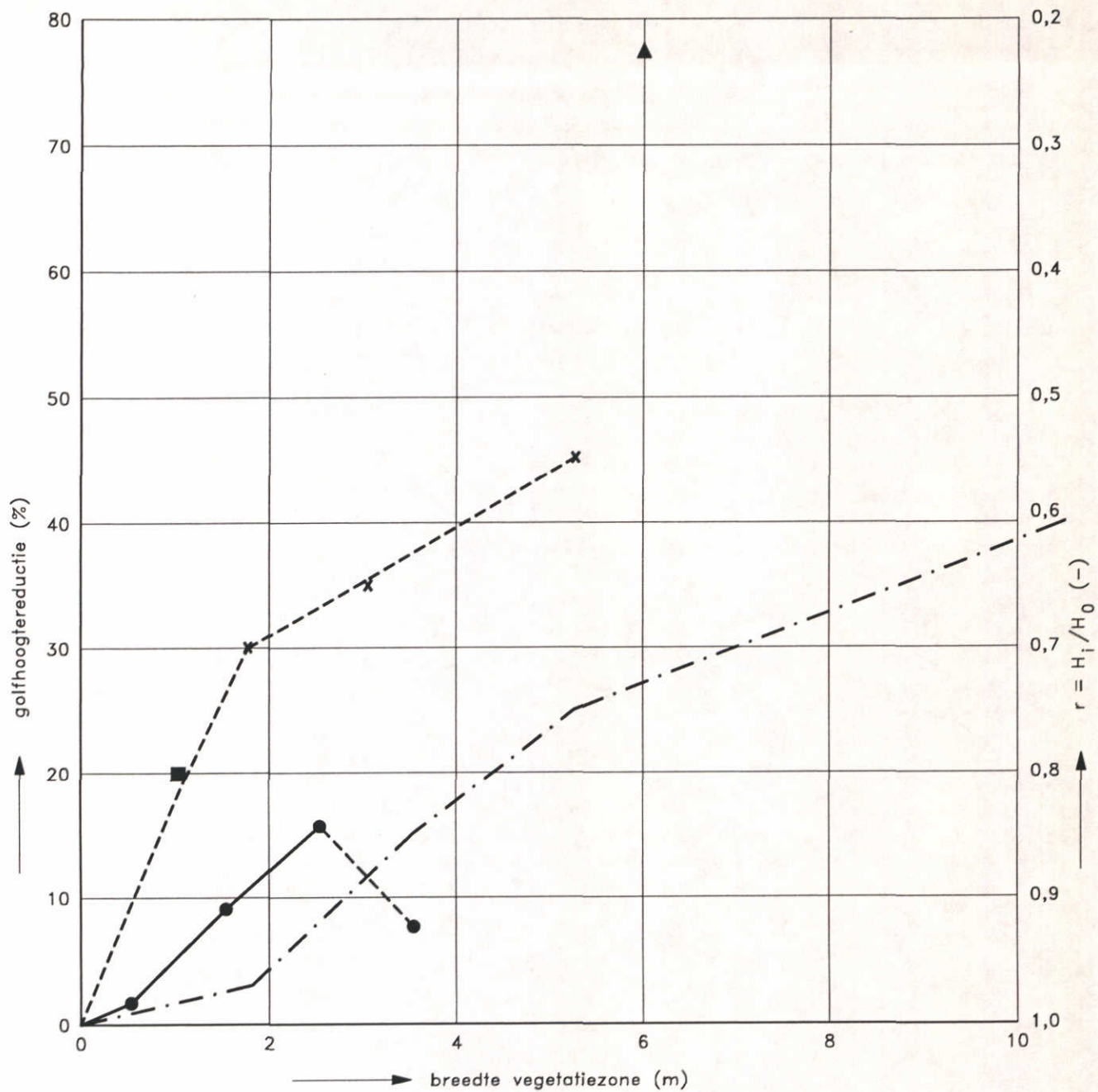
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 4.3



RELATIEVE GOLFHOOGTE ALS FUNCTIE VAN DE BREEDTE VAN DE VEGETATIEZONE

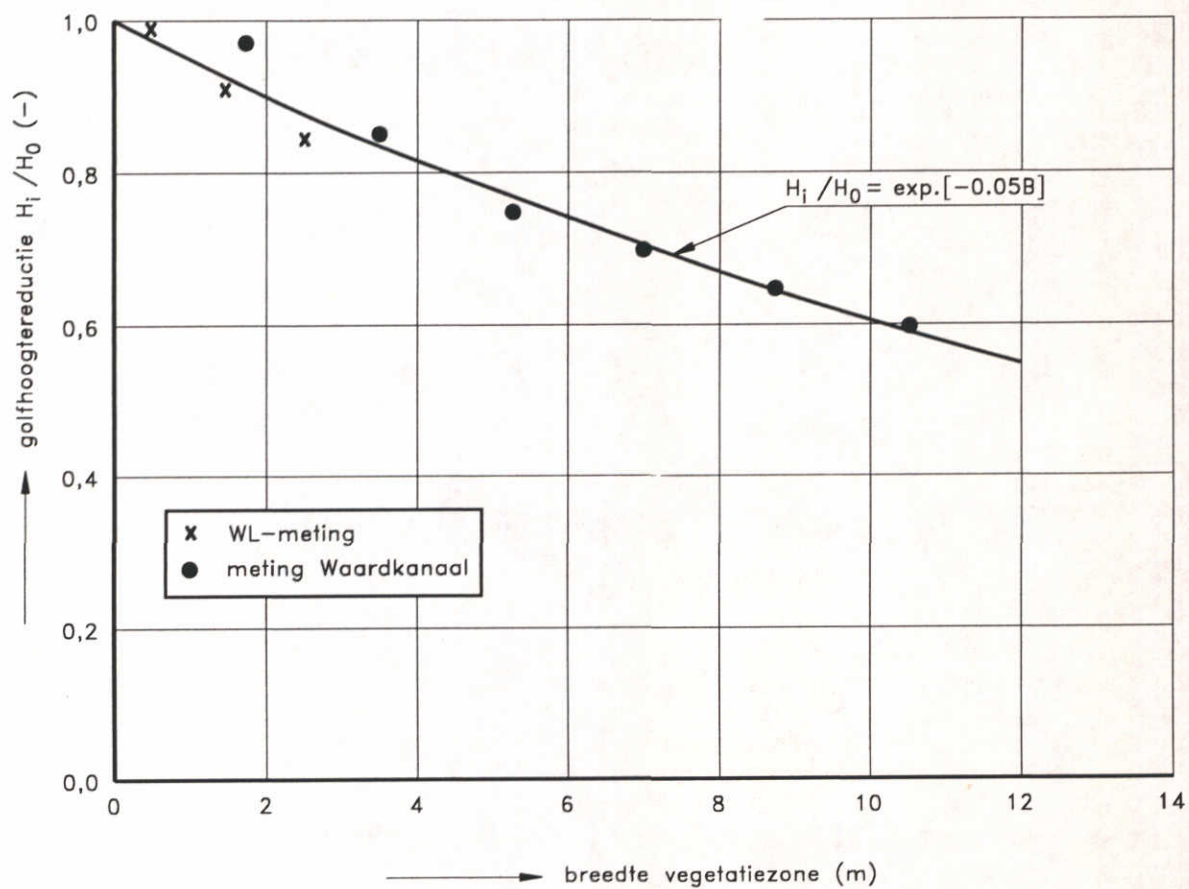


VERGELIJKING GOLFHOOGTEREDUCTIE EN GOLFDEMPING
MET LITERATUURGEGEVENS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 4.5

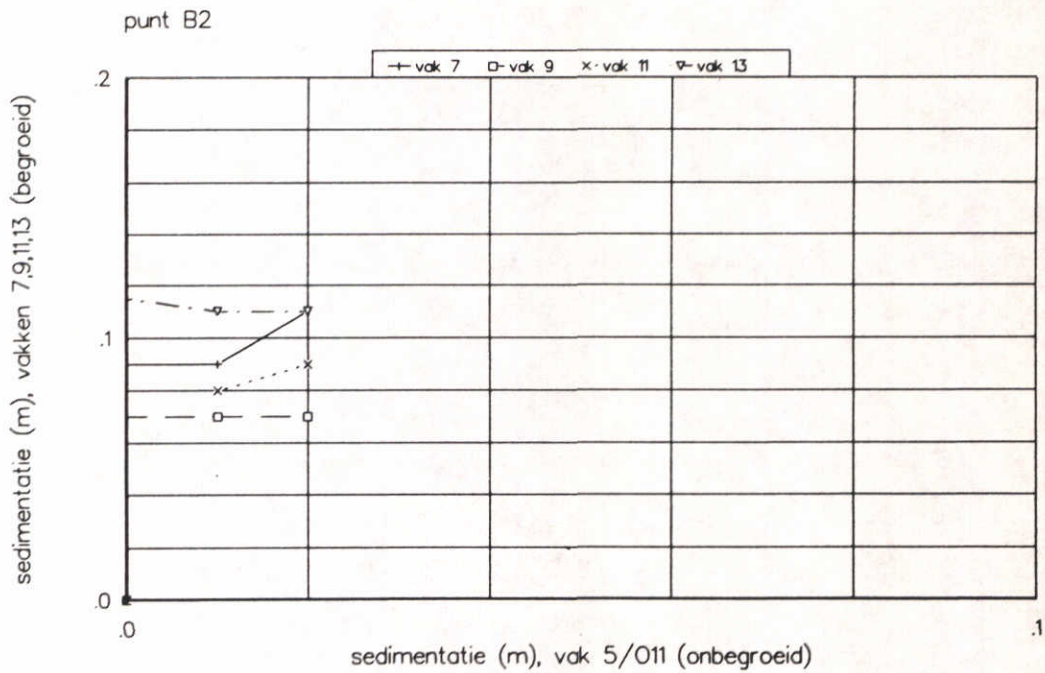
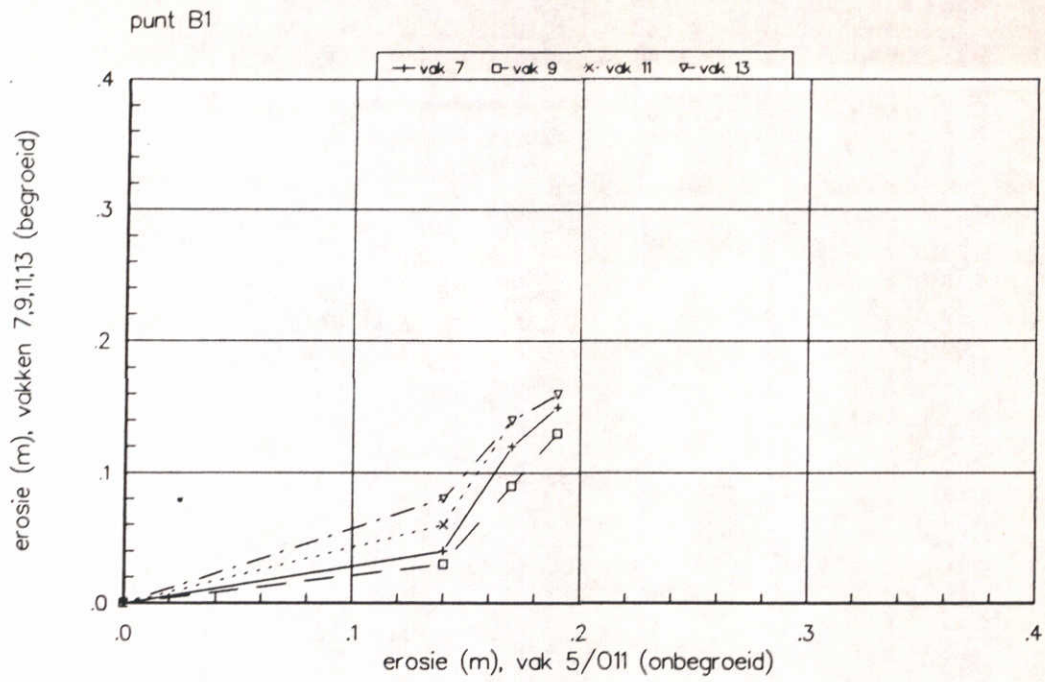


ONTWERPFORMULE VOOR GOLFHOOGTEREDUCTIE
ALS FUNCTIE VOOR DE BREEDTE B
VAN EEN VEGETATIEZONE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

FIG. 4.6



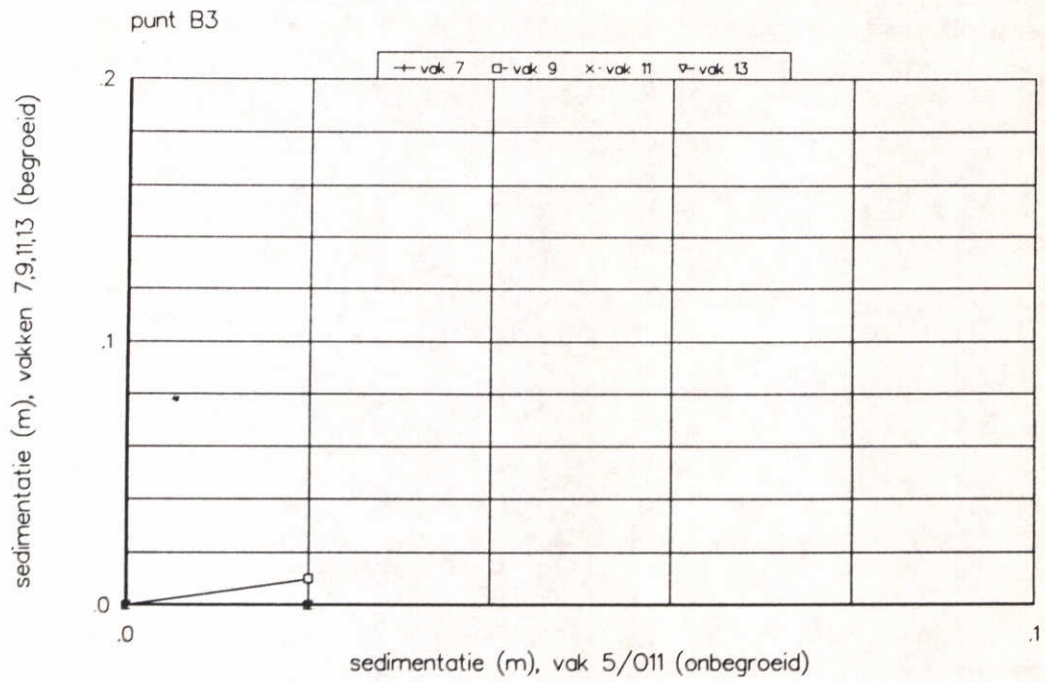
Dpm.: Zie voor ligging punten B₁, B₂ en B₃ figuur 2.4

EROSIE/SEDIMENTATIE IN VAKKEN
MET ALS SUBSTRAAT ZAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

FIG. 4.7a



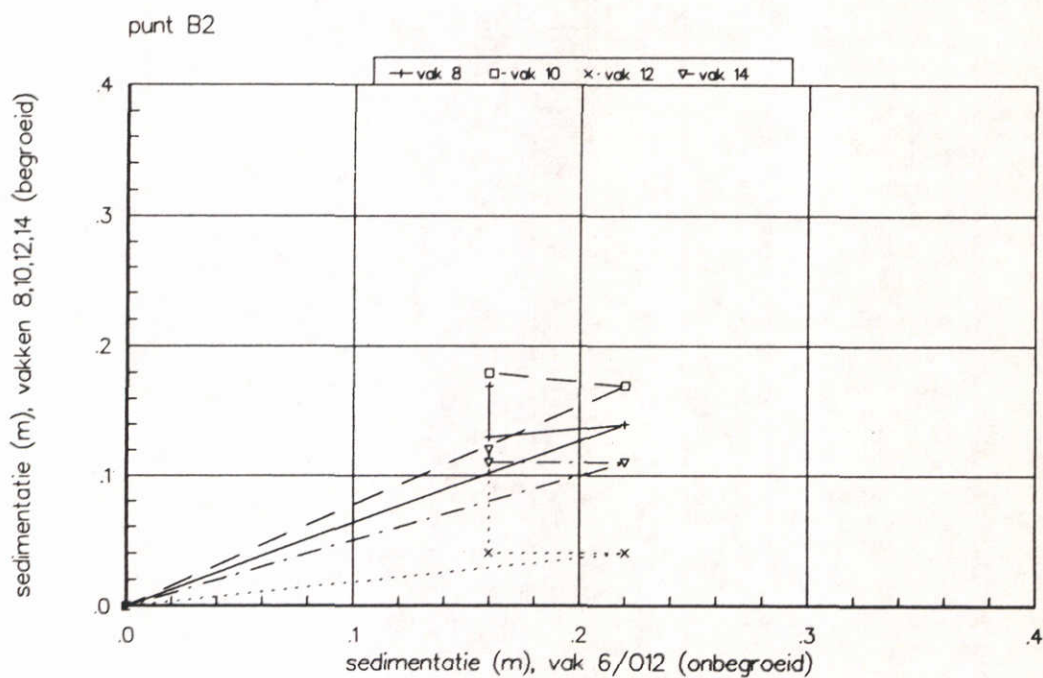
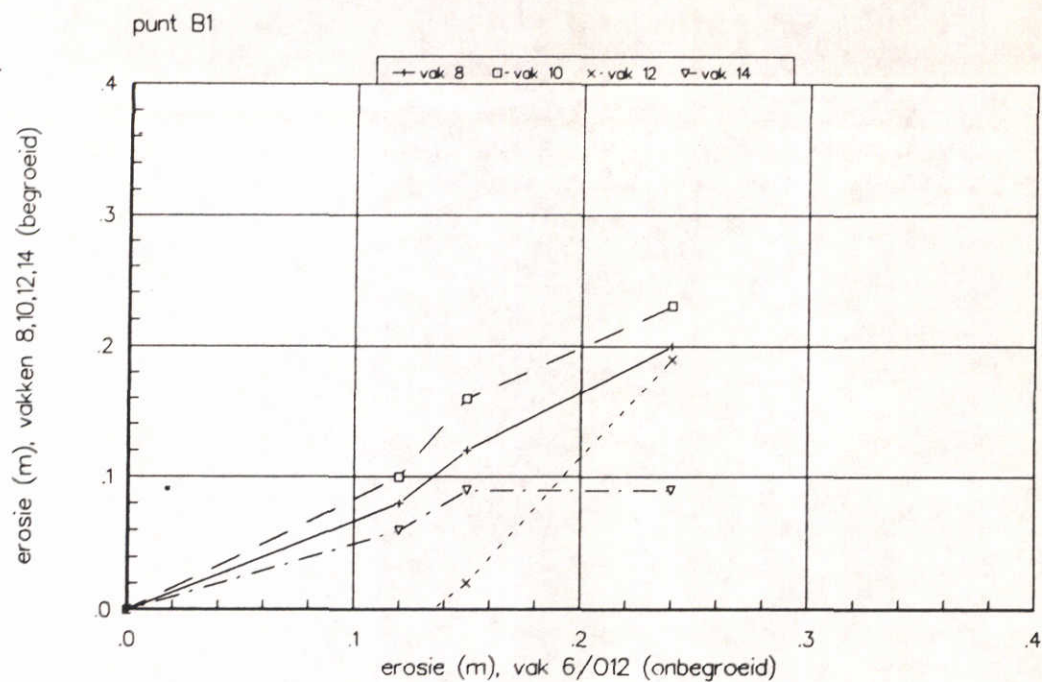
Dpm.: Zie voor ligging punten B₁, B₂ en B₃ figuur 2.4

EROSIE/SEDIMENTATIE IN VAKKEN
MET ALS SUBSTRAAT ZAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

FIG. 4.7b



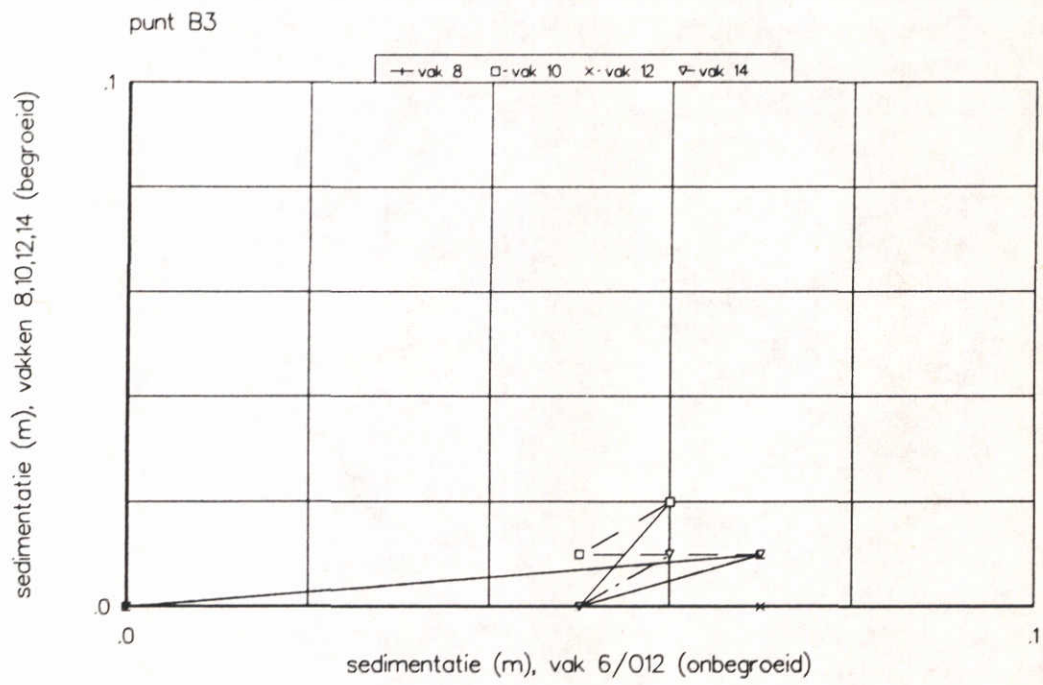
Opmerking: Zie voor ligging punten B₁, B₂ en B₃ figuur 2.4

EROSIE/SEDIMENTATIE IN VAKKEN
MET ALS SUBSTRAAT ZAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

FIG. 4.8a



Dpm.: Zie voor ligging punten B₁, B₂ en B₃ figuur 2.4

EROSIE/SEDIMENTATIE IN VAKKEN
MET ALS SUBSTRAAT ZAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

FIG. 4.8b

Appendix A

Golf- en stroommetingen en bodemprofielmetingen

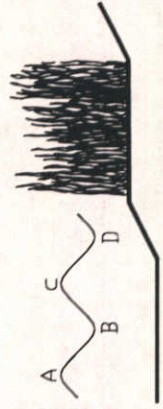
DATUM : 28-08-1991

nr. vak	metingen voor de vegetatie										metingen tussen de vegetatie						
	Gemeten golfhoogte (m) met rijdende GHM buiken en knopenpatroon				Inkomende golfhoogte (m) 1)				Reflectiecoëfficiënt 2)		afstand uit de oever						
	H max in A	H min in B	H max in C	H min in D	zone AB	zone BC	zone CD	gem. zone AD	zone AB	zone BC	zone CD	gem. zone AD	5.33 m Hmax	4.33 m Hmin	3.33 m Hmax	2.33 m Hmin	1.33 m Hmax
5	O11	.109	.088	.136	.093	.099	.112	.115	.108	.107	.214	.188	.170	.096	.120	.105	.173
6	O12	.122	.071	.129	.077	.097	.100	.103	.100	.264	.290	.252	.269	.094	.086	.103	.131
7	R11	.091	.062	.088	.067	.077	.075	.078	.076	.190	.173	.135	.166	.081	.072	.076	.088
8	R12	.071	.062	.080	.059	.067	.071	.070	.069	.068	.127	.151	.115	.081	.064	.066	.075
9	R51	.108	.074	.108	.073	.091	.091	.091	.091	.187	.187	.193	.189	.106	.079	.083	.109
10	R52	.090	.075	.095	.083	.083	.085	.089	.086	.091	.118	.067	.092	.086	.079	.074	.096
11	M51	.113	.075	.107	.076	.094	.091	.092	.092	.202	.176	.169	.182	.099	.086	.068	.122
12	M52	.097	.066	.098	.058	.082	.082	.078	.081	.190	.195	.256	.214	.090	.066	.056	.069
13	M11	.083	.076	.094	.071	.080	.085	.083	.082	.044	.106	.139	.096	.079	.077	.066	.090
14	M12	.127	.062	.134	.059	.095	.098	.097	.096	.344	.367	.389	.367	.129	.132	.053	.122

1) Inkomende golf = .5 * (Hmax + Hmin)

$$r.c = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}}$$

2) reflectiecoëfficiënt r.c = $\frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}}$ bepaald met rijdende GHM voor de vegetatie



Appendix A1 Golfmetingen

DATUM : 10/11-02-1992

nr. vak	metingen voor de vegetatie												metingen tussen de vegetatie				
	Gemeten golfhoogte (m) met rijdende GHM buiken en knopenpatroon				Inkomende golfhoogte (m) 1)				Reflectiecoëfficiënt 2)				Gemeten golfhoogte (m) buiken en knopenpatroon				
	H max in A	H min in B	H max in C	H min in D	zone AB	zone BC	zone CD	gem. zone AD	zone AB	zone BC	zone CD	gem. zone AD	5.33 m Hmax	4.33 m Hmin	3.33 m Hmax	2.33 m Hmin	1.33 m Hmax
5	.113	.039	.105	.038	.076	.072	.072	.073	.487	.458	.469	.471	.099	.024	.101	.038	.084
6	.135	.056	.144	.066	.096	.100	.105	.100	.414	.440	.371	.408	.133	.056	.116	.069	.135
7	.095	.032	.092	.047	.064	.062	.070	.065	.496	.484	.324	.435	.094	.034	.086	.034	.101
8	.128	.064	.124	.068	.096	.094	.096	.095	.333	.319	.292	.315	.137	.056	.131	.064	.131
9	.150	.088	.159	.116	.119	.124	.138	.127	.261	.287	.156	.235	.168	.094	.144	.131	.197
10	.161	.094	.161	.093	.128	.128	.127	.127	.263	.263	.268	.264	.159	.066	.159	.083	.178
11	.150	.086	.146	.088	.118	.116	.117	.117	.271	.259	.248	.259	.135	.068	.131	.068	.159
12	.133	.072	.135	.086	.103	.104	.111	.106	.298	.304	.222	.275	.133	.064	.116	.064	.124
13	.109	.060	.113	.060	.085	.087	.087	.086	.290	.306	.306	.301	.123	.066	.107	.071	.129
14	.143	.060	.143	.053	.102	.102	.098	.100	.409	.409	.459	.426	.133	.060	.133	.056	.124

1) Inkomende golf=.5 * (Hmax + Hmin)

$$r.c = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}}$$

2) reflectiecoëfficiënt r.c = $\frac{H_i}{H_o}$ bepaald met rijdende GHM voor de vegetatie



DATUM: februari 1992

vak	code	diep- te (m)	Snelheid (m/s)									
			positie 1									
			hoogte boven bodem (m)---->									
			.05		.20		.40		.60		.80	
			+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
5	O11	1.04	.13	.10	.11	.11	.12	.12	.14	.12	.16	.14
6	O12	.99	.10	.10	.11	.10	.13	.11	.14	.14	.14	.17
7	R11	1.00	.07	.07	.10	.10	.10	.10	.11	.11	.11	.16
8	R12	.99	.06	.07	.12	.12	.12	.13	.13	.16	.16	.18
9	R51	.99	.12	.12	.17	.16	.18	.16	.20	.20	.19	.26
10	R52	.99	.16	.12	.16	.15	.16	.18	.18	.18	.20	.24
11	M51	1.01	.15	.14	.13	.14	.14	.14	.16	.17	.15	.23
12	M52	1.00	.14	.13	.12	.12	.13	.13	.14	.15	.16	.18
13	M11	1.01	.12	.12	.12	.12	.12	.12	.13	.13	.16	.16
14	M12	1.01	.10	.10	.10	.10	.09	.09	.11	.12	.14	.13

+ snelheid in de richting van de golf
 - snelheid tegengesteld aan de golfrichting

Tabel A2.1

DATUM : augustus 1991

vak	code	diepte (m)		Snelheid (m/s)											
		pos3	pos5	positie 3						positie 5					
				hoogte boven bodem (m)--->											
				.05		.20		.35		.05		.20		.35	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-				
5	O11	.47	.39	.24	.26	.21	.22	.28	.23	.32	.30	.29	.33	*1 .30	.44
6	O12	.48	.37	.10	.12	.10	.15	.10	.20	.16	.14	.22	.15	*2 .24	.23
7	R11	.50	.49	.14	.13	.12	.12	.11	.15	.15	.08	.14	.11	.18	.15
8	R12	.53	.51	.09	.15	.11	.12	.12	.16	.13	.12	.11	.10	.14	.15
9	R51	.51	.49	.10	.17	.08	.17	.09	.19	.11	.11	.15	.14	.18	.18
10	R52	.51	.50	.13	.13	.12	.15	.12	.19	.19	.15	.16	.14	.17	.17
11	M51	.51	.51	.16	.14	.15	.17	.18	.19	.21	.09	.18	.13	.19	.16
12	M52	.49	.51	.13	.15	.12	.15	.20	.08	.11	.10	.00	.19	.08	.16
13	M11	.51	.52	.03	.25	.14	.11	.12	.18	.14	.07	.18	.07	.14	.17
14	M12	.51	.48	.18	.17	.24	.18	.24	.30	.20	.18	.25	.26	.31	.26

+ snelheid in de richting van de golf
 - snelheid tegengesteld aan de golfrichting
 *1 meethoogte boven de bodem is 0.325 m
 *2 meethoogte boven de bodem is 0.25 m

Tabel A2.2

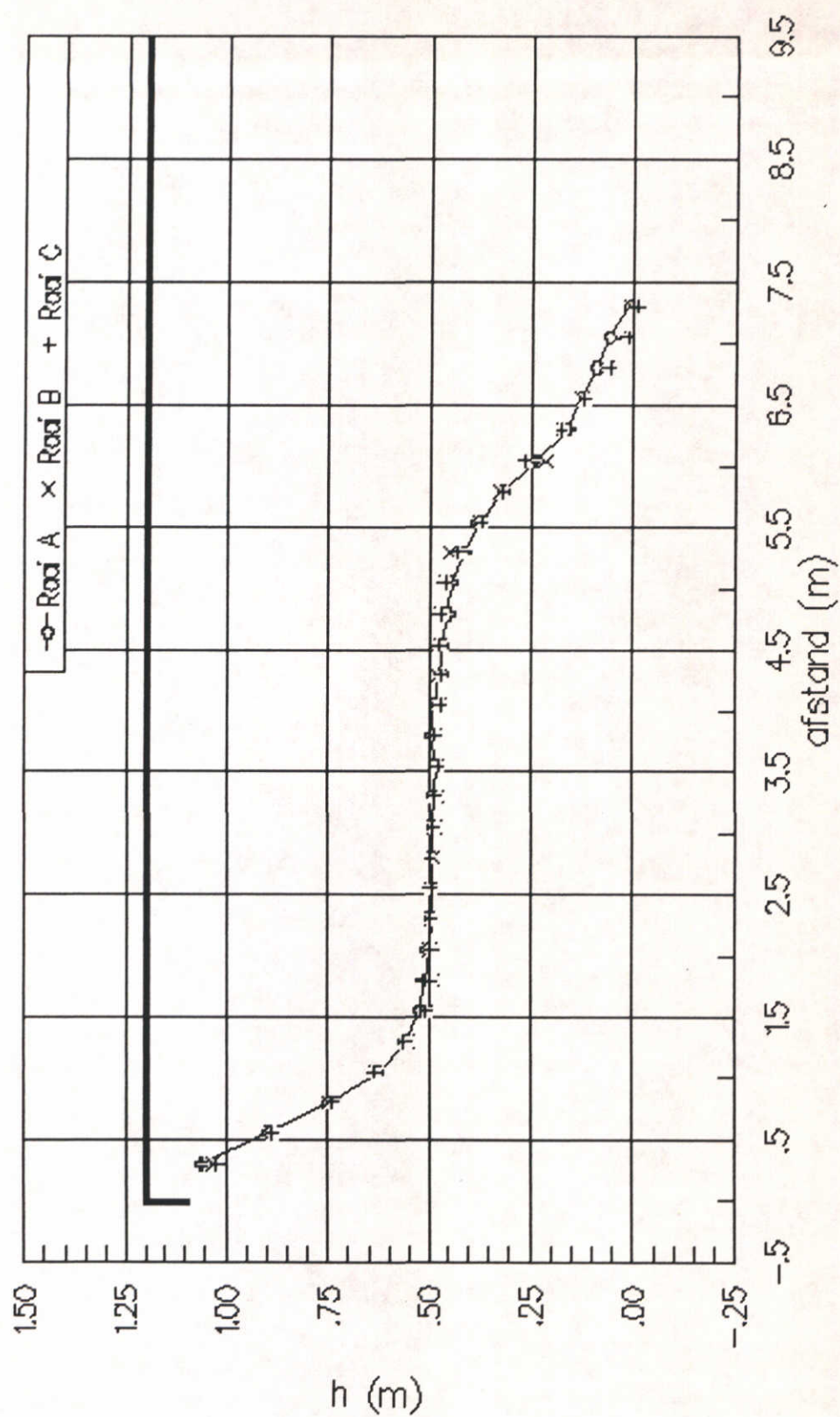
DATUM: februari 1992

vak	code	diepte (m)		Snelheid (m/s)																					
		pos3	pos5	positie 3						positie 5															
														hoogte boven bodem (m)---->											
														.05		.20		.35		.05		.20		.35	
														+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
5	O11	.49	.39	.24	.10	.24	.10	.27	.14	.21	.21	*1	.23	*2	.19	.28									
6	O12	.48	.33	.32	.14	.32	.14	.35	.16	.29	.32	*1	.34	*3	.32	.34									
7	R11	.50	.47	.20	.09	.20	.10	.26	.14	.15	.16	.18	.19	.19	.23										
8	R12	.53	.49	.28	.12	.31	.12	.35	.16	.21	.24	.23	.26	.26	.32										
9	R51	.51	.48	.29	.19	.33	.20	.38	.23	.26	.22	.33	.30	.32	.38										
10	R52	.50	.48	.35	.20	.36	.16	.45	.22	.30	.28	.28	.30	.40	.40										
11	M51	.50	.49	.28	.12	.28	.16	.30	.23	.22	.23	.20	.28	.25	.38										
12	M52	.50	.50	.32	.12	.30	.13	.34	.16	.20	.20	.20	.22	.22	.27										
13	M11	.51	.50	.32	.10	.28	.14	.26	.16	.17	.20	.18	.22	.24	.25										
14	M12	.50	.48	.22	.21	.22	.22	.26	.26	.22	.25	.22	.22	.33	.30										

- + snelheid in de richting van de golf
- snelheid tegengesteld aan de golfrichting
- *1 meethoogte boven de bodem is 0.09 m
- *2 meethoogte boven de bodem is 0.24 m
- *3 meethoogte boven de bodem is 0.18 m

Tabel A2.3

Bodemprofiel na 0 uur golven
vak 1



BODEMPROFIEL NA 0 UUR GOLVEN
VAK 1

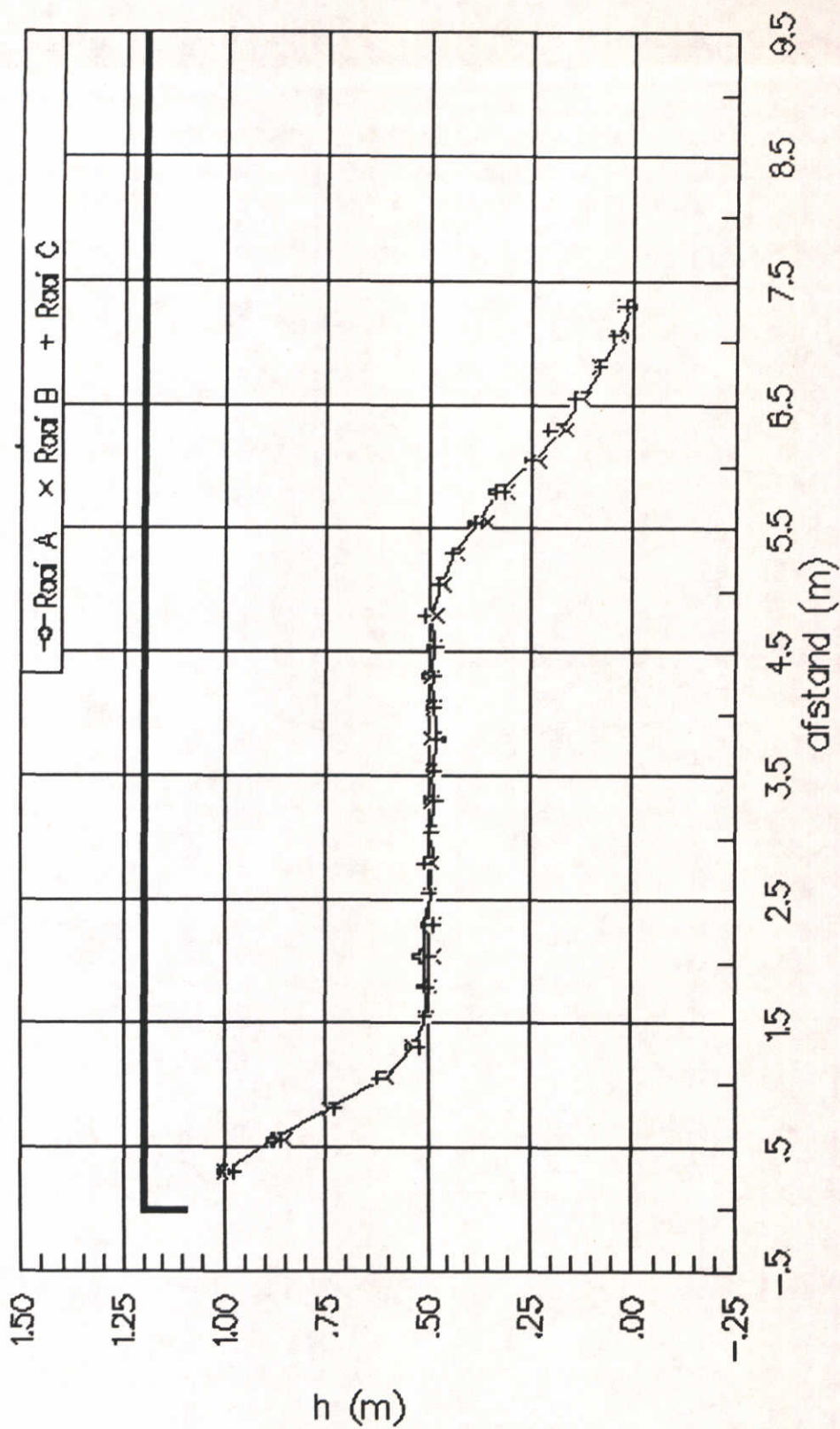
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.1

Bodemprofiel na 0 uur golven
vak 2



BODEMPROFIEL NA 0 UUR GOLVEN
VAK 2

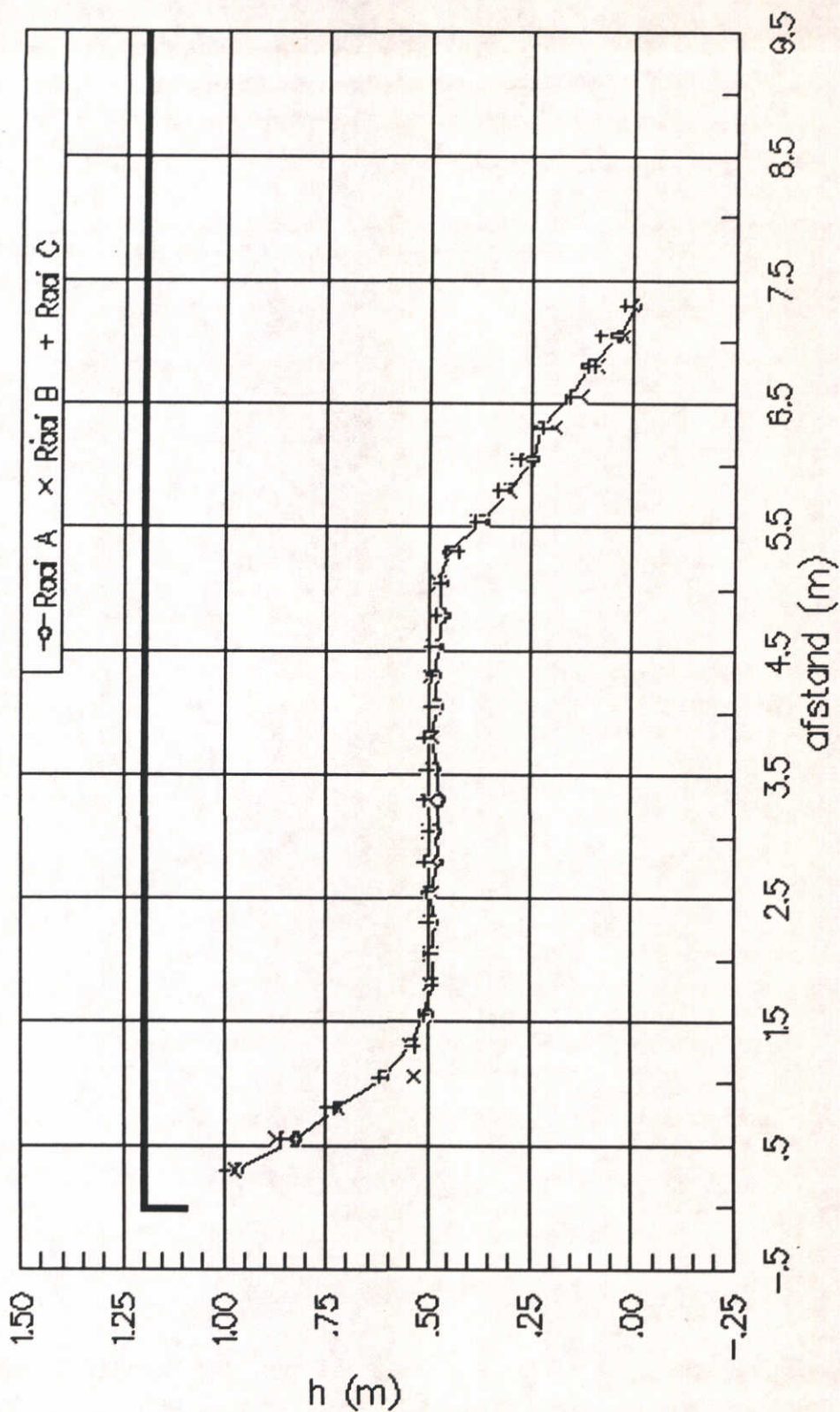
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.2

Bodemprofiel na 0 uur golven
vak 3



BODEMPROFIEL NA 0 UUR GOLVEN
VAK 3

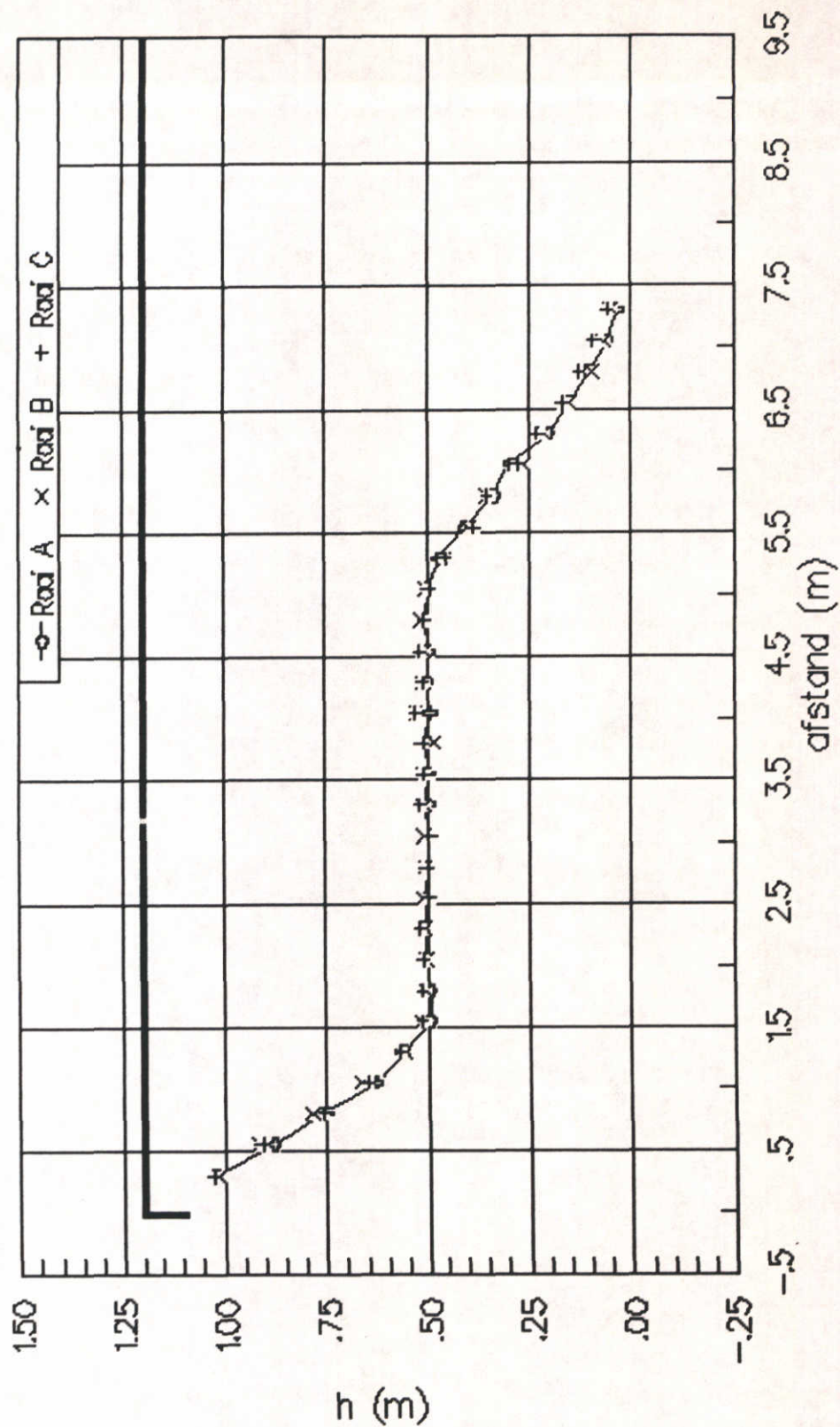
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.3

Bodemprofiel na 0 uur golven
vak 4



BODEMPROFIEL NA 0 UUR GOLVEN
VAK 4

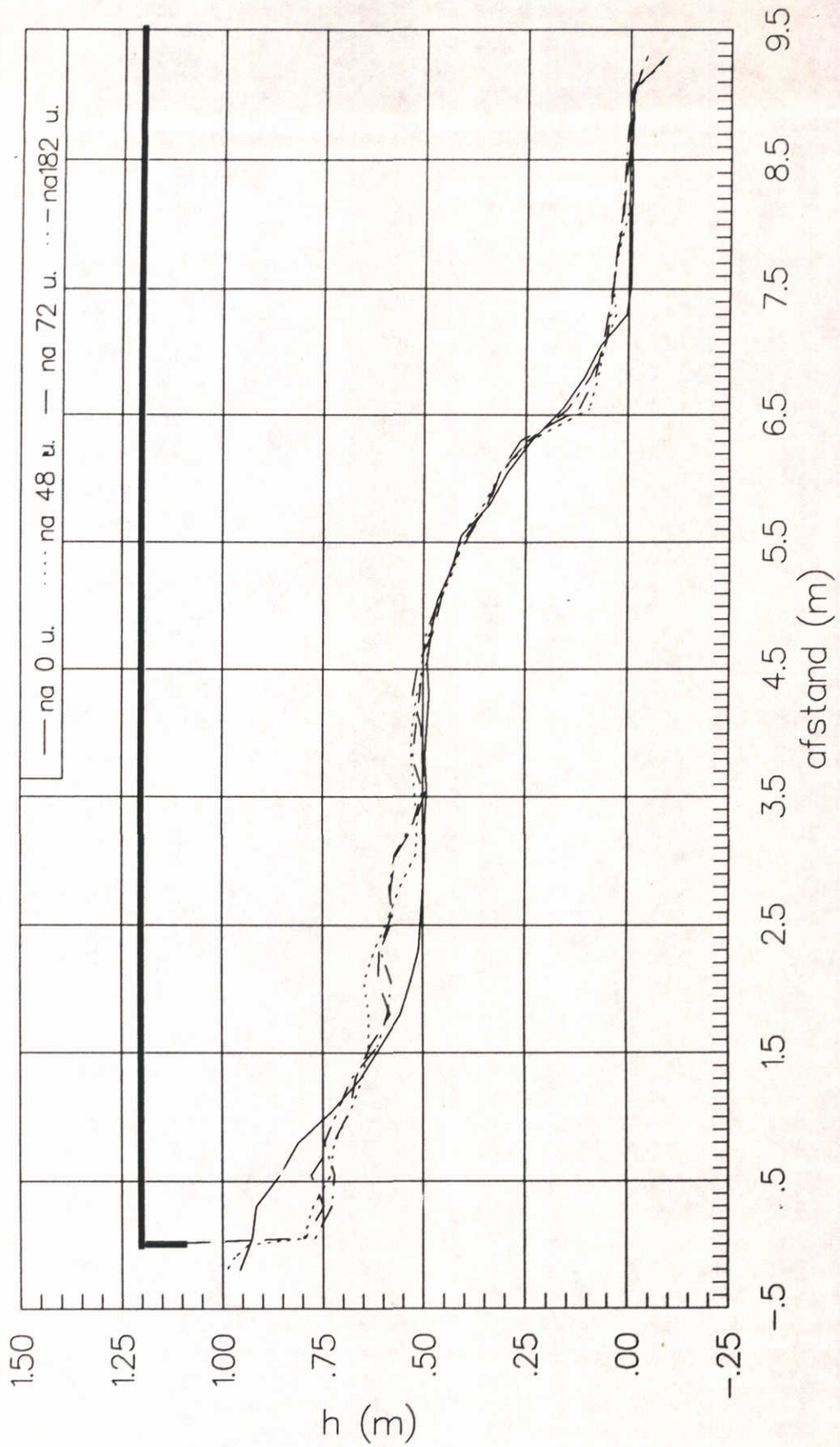
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.4

Gemiddeld bodemprofiel
vak 5



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 5

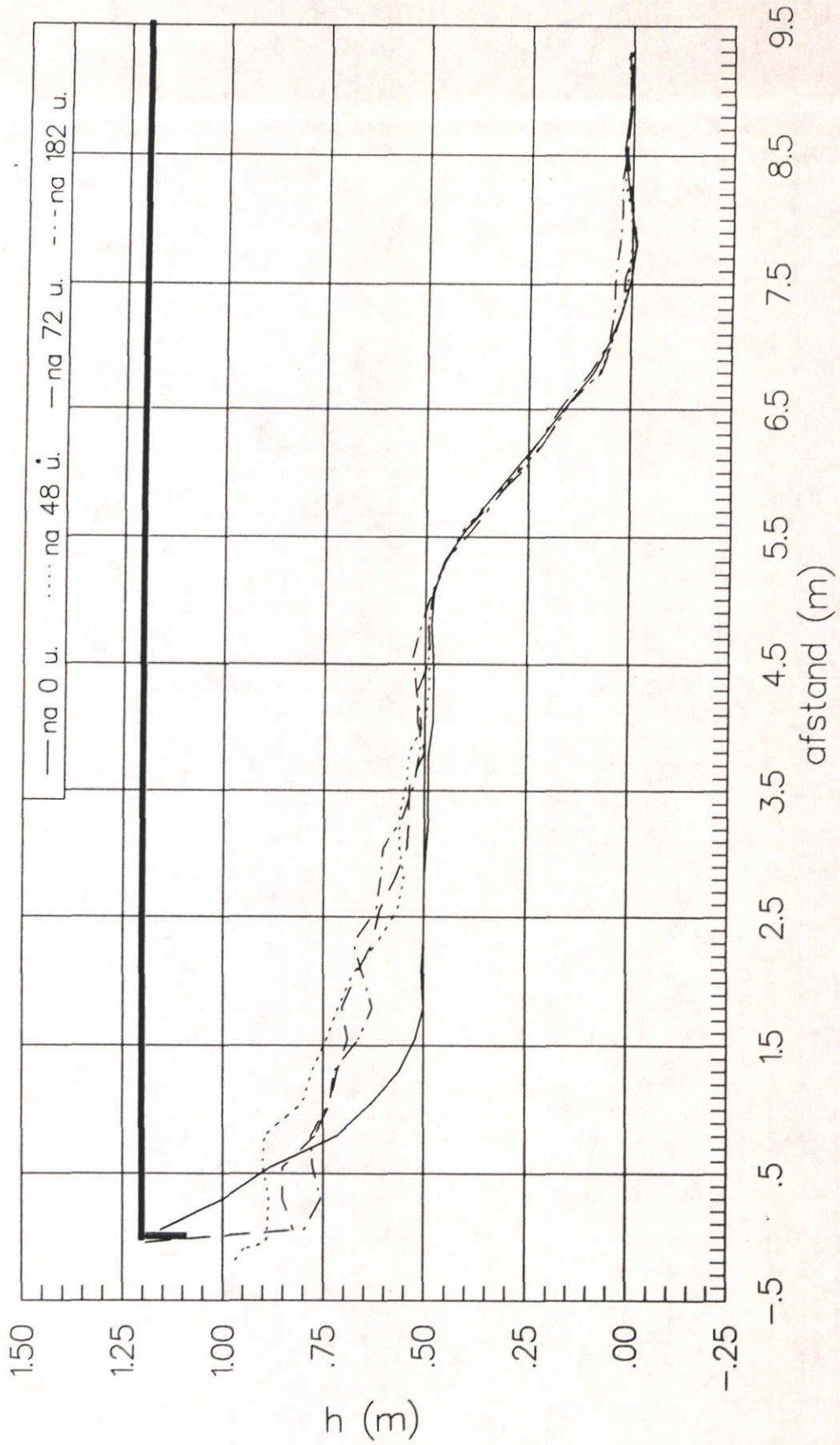
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.5

Gemiddeld bodemprofiel
vak 6



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 6

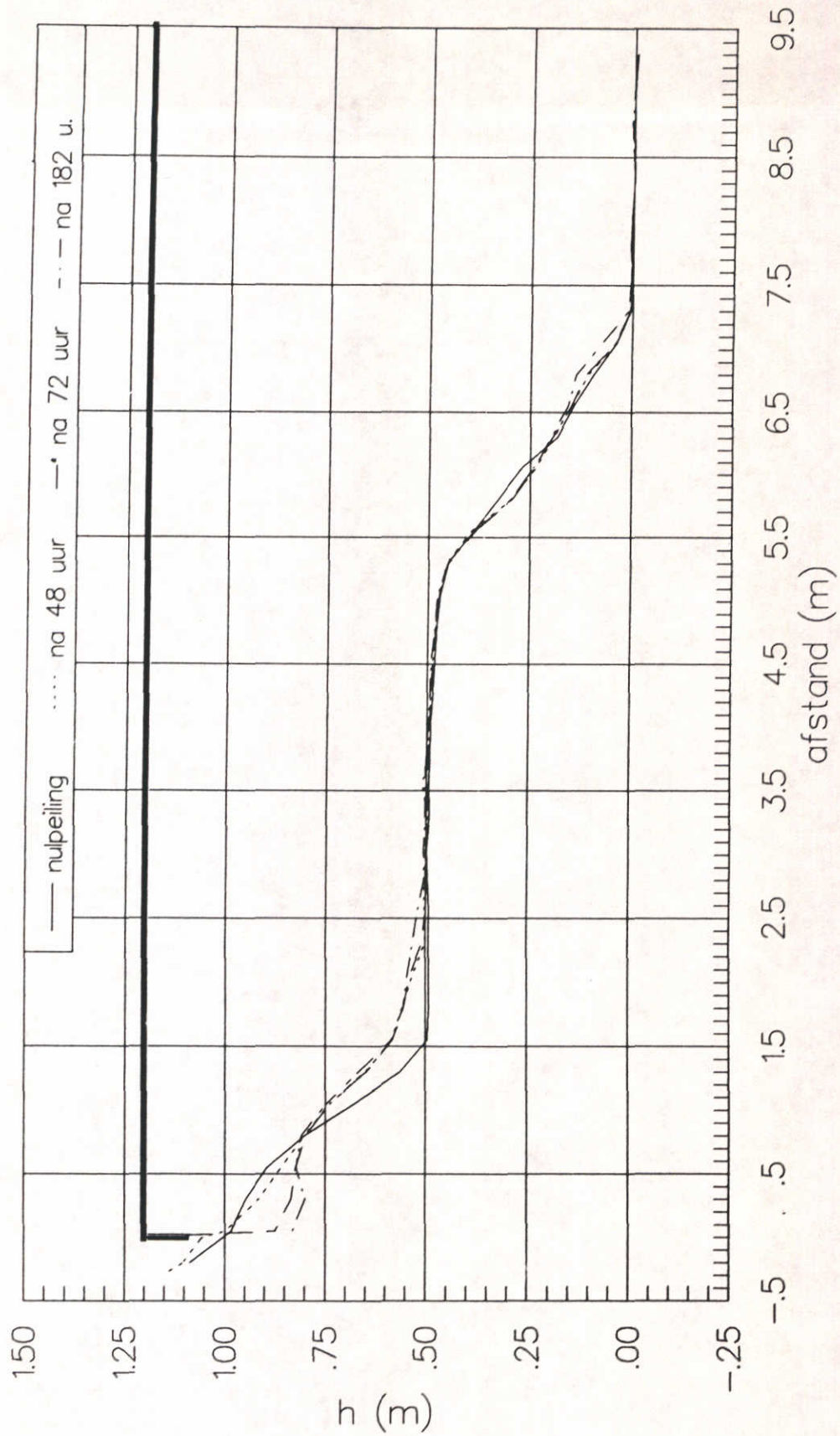
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.6

Gemiddeld bodemprofiel
vak 7



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 7

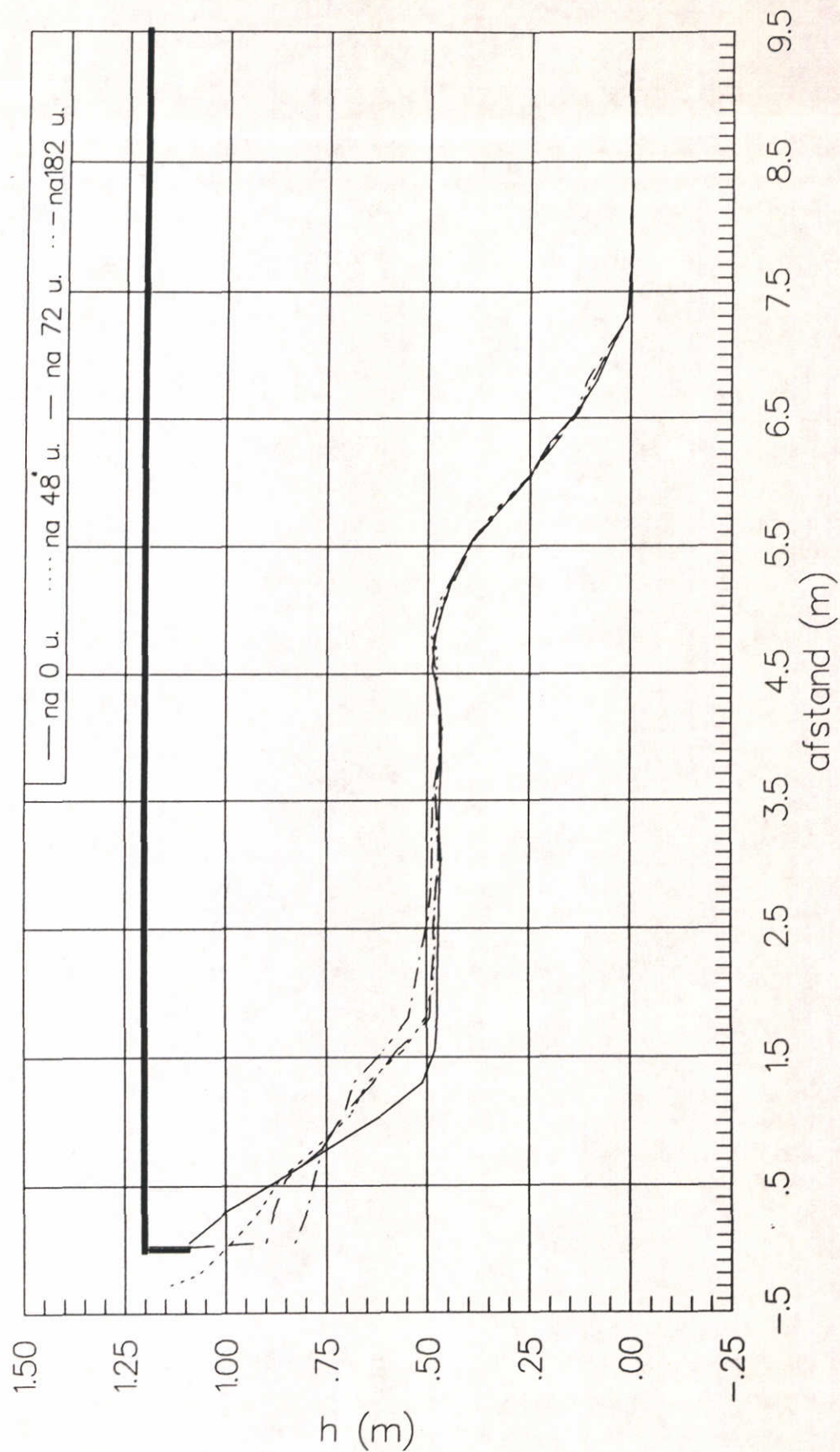
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.7

Gemiddeld bodemprofiel
vak 8



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 8

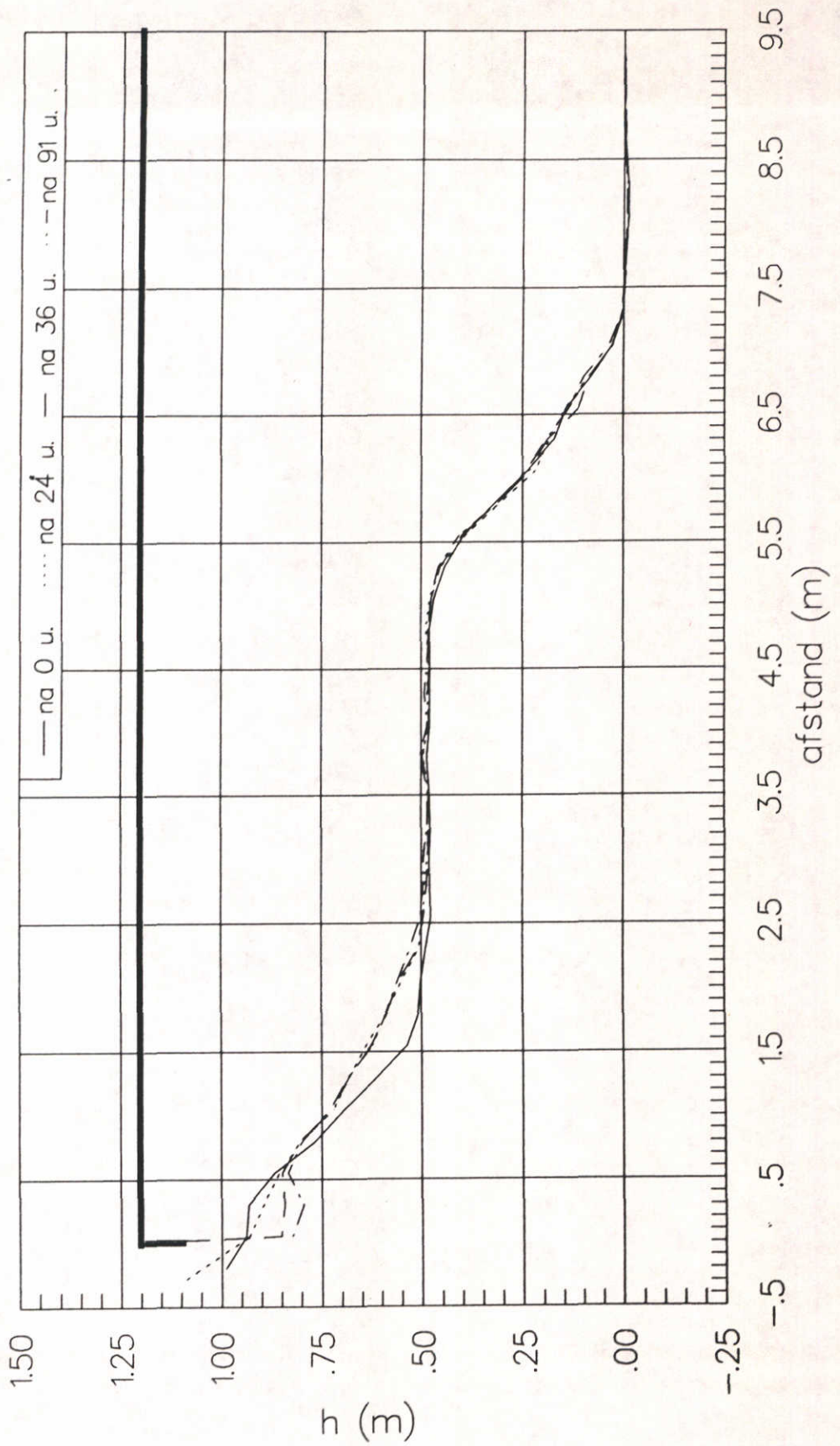
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.8

Gemiddeld bodemprofiel
vak 9



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 9

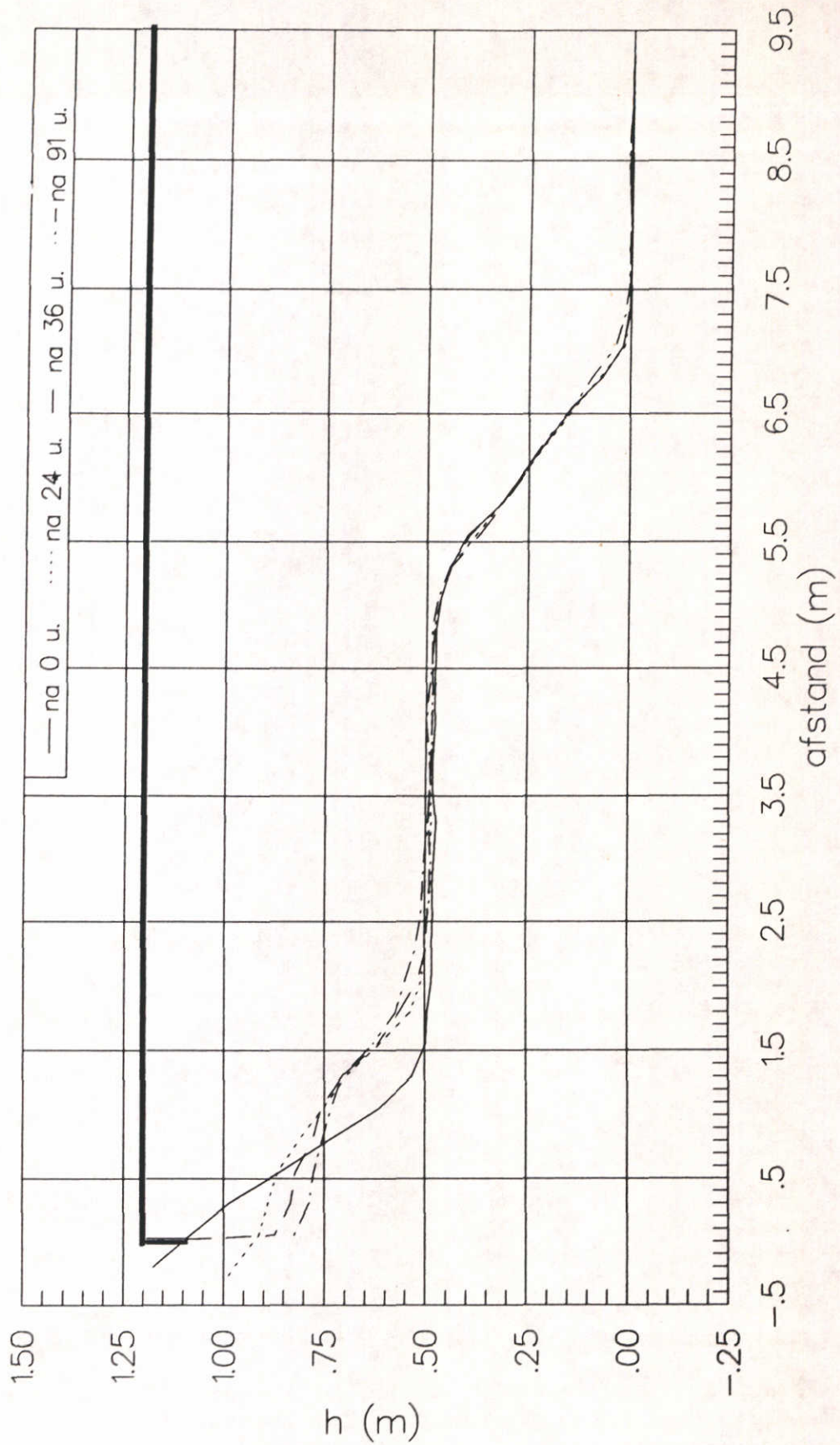
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.9

Gemiddeld bodemprofiel
vak 10



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 10

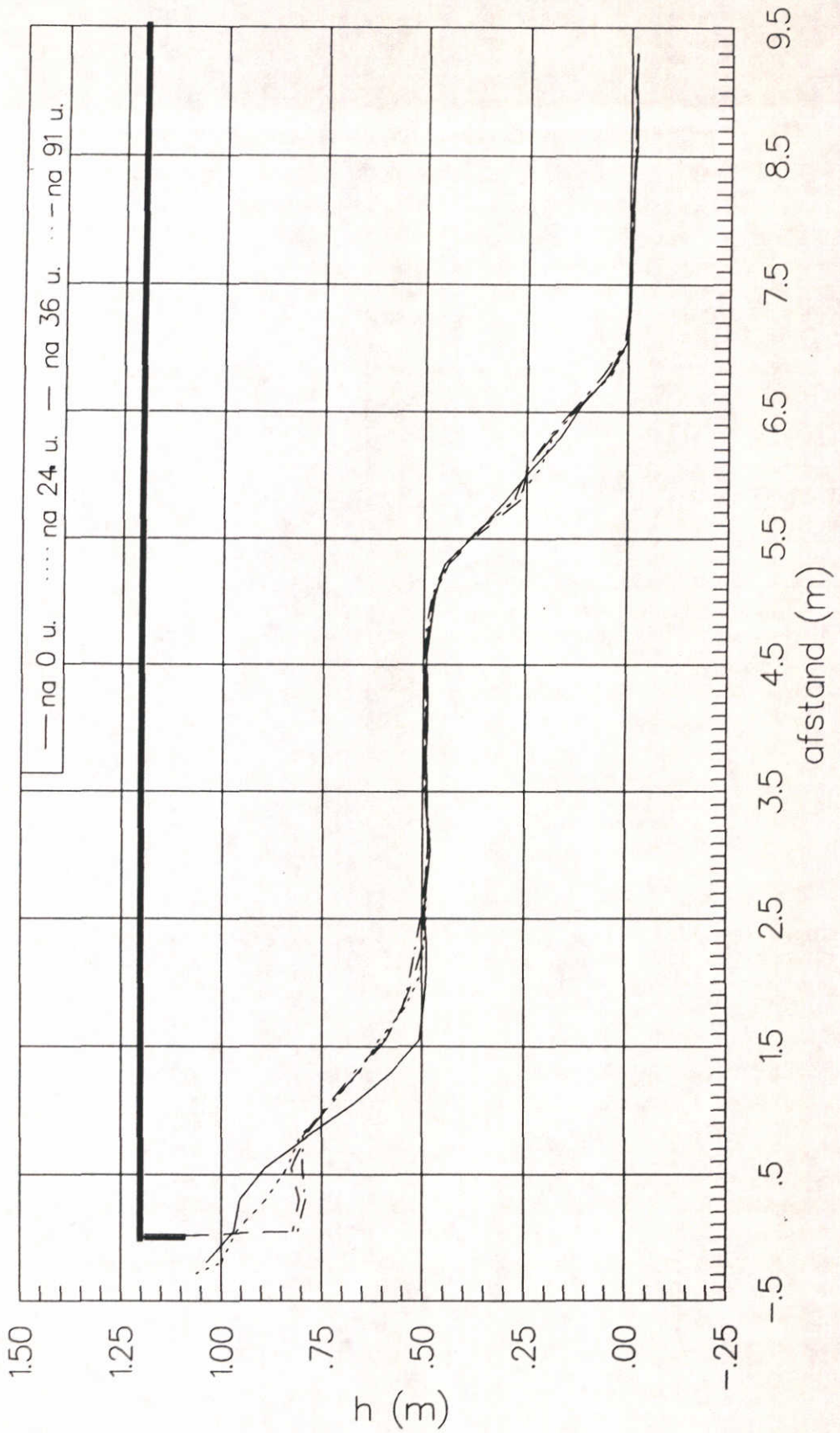
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.10

Gemiddeld bodemprofiel
vak 11



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 11

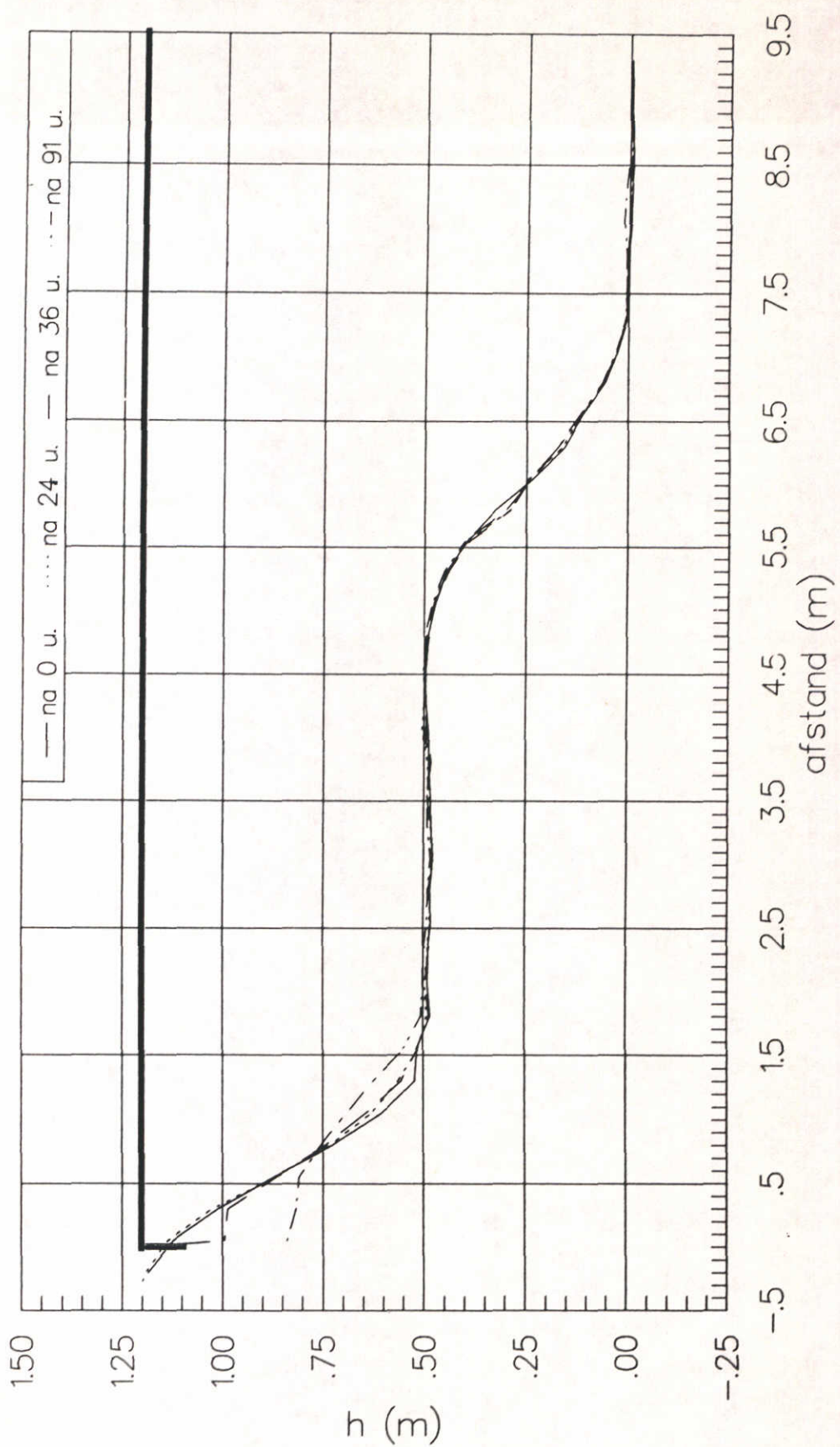
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.11

Gemiddeld bodemprofiel
vak 12



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 12

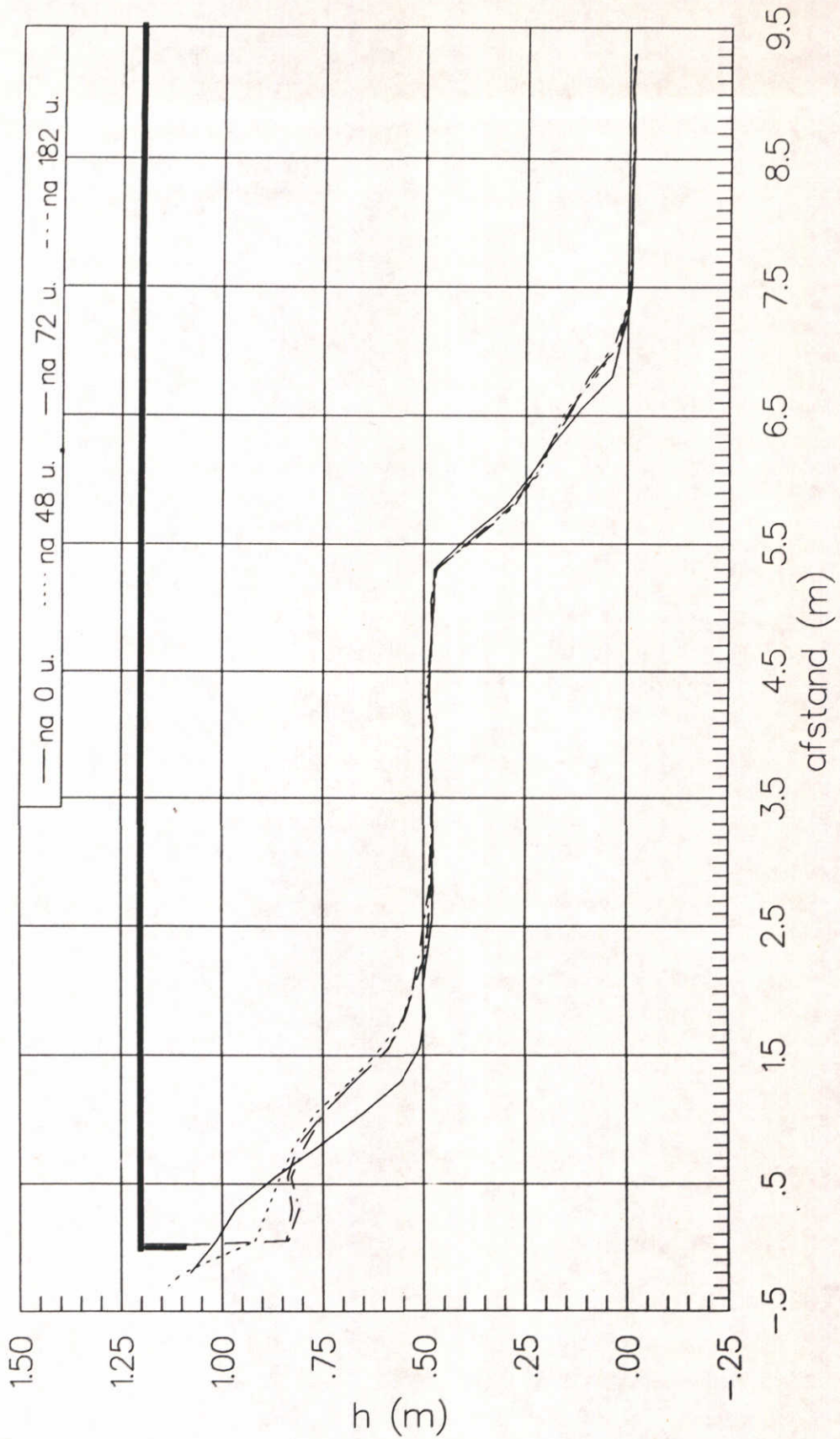
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.12

Gemiddeld bodemprofiel
vak 13



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 13

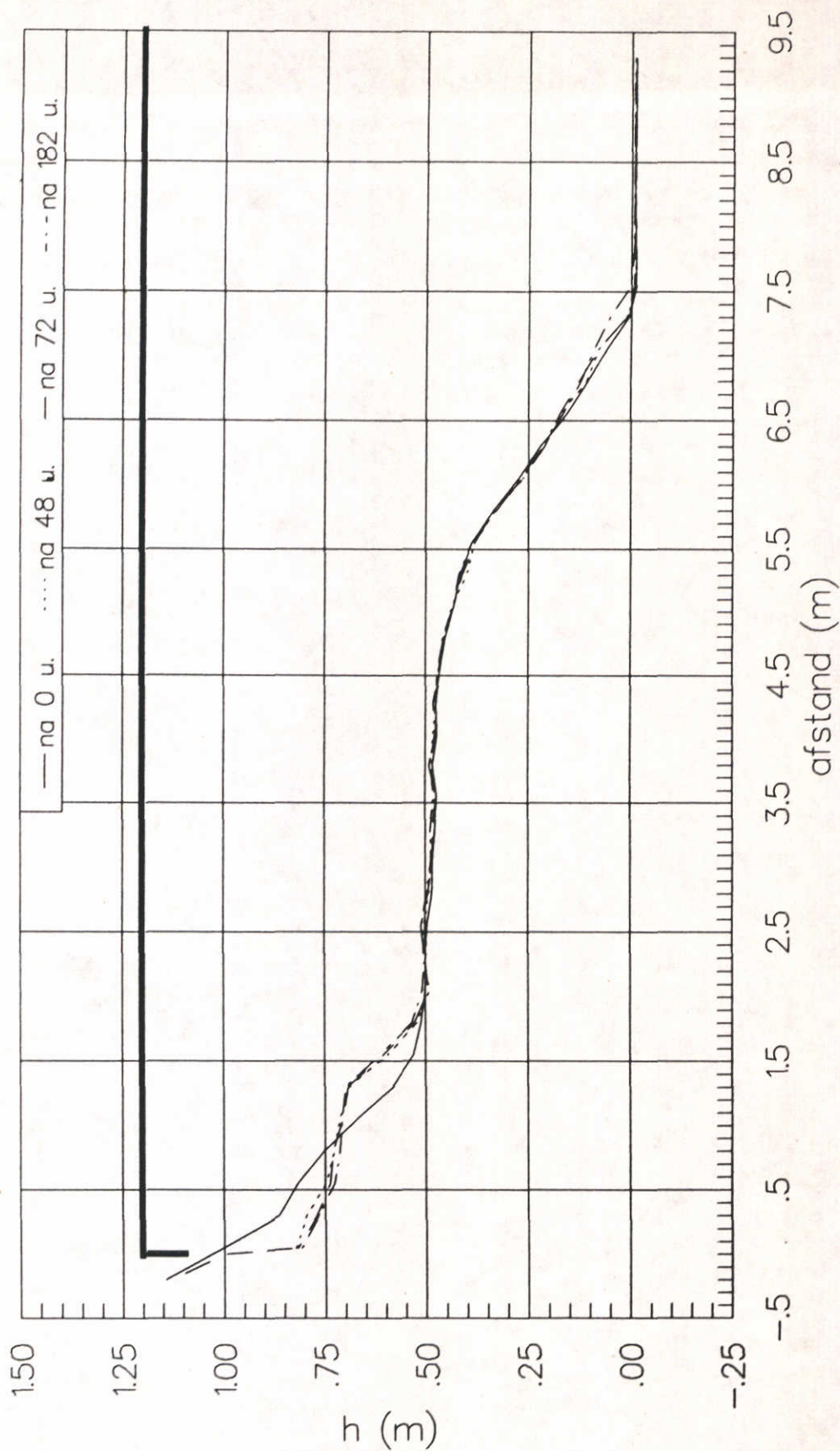
APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.13

Gemiddeld bodemprofiel
vak 14



GEMIDDELD BODEMPROFIEL
VAK 14

APPENDIX A3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q632

A3.14

Appendix B

Vegetatiemetingen

		18/05/1990		11/07/1990		28/08/1990		12/10/1990		08/07/1991	
vak	rij	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.
1 R01	1	1.5	2.1	16.0	17.0	37.0	21.2	32.5	41.7	93.0	0.0
	2	7.5	0.7	15.5	3.5	78.5	9.2	87.5	9.2		
	3	2.5	2.1	11.0	11.3	37.0	38.2	56.0	22.6		
2 R02	1	2.5	0.7	12.5	13.4	49.0	39.6	60.0	12.7	84.5	9.2
	2	3.5	0.7	18.0	1.4	52.0	21.2	78.0	11.3		
	3	1.5	2.1	6.5	6.4	37.5	41.7	51.5	55.9		
9 R51	1	0.5	0.7	1.5	2.1	12.0	2.8	30.5	7.8	53.5	4.9
	2	4.5	0.7	17.0	2.8	47.5	26.2	68.0	26.9		
	3	0.5	0.7	3.0	1.4	29.0	32.5	61.0	25.5		
10 R52	1	2.0	0.0	14.5	10.6	22.5	12.0	74.0	9.9	72.0	7.1
	2	2.5	3.5	12.0	4.2	44.0	8.5	75.5	12.0		
	3	0.5	0.7	6.0	8.5	48.5	37.5	86.0	14.1		
7 R11	1	5.5	7.8	19.0	5.7	49.0	29.7	56.0	38.2	68.0	15.6
	2	2.0	1.4	7.0	1.4	54.5	31.8	70.0	8.5		
	3	0.5	0.7	9.0	4.2	51.5	30.4	56.5	46.0		
8 R12	1	3.0	4.2	12.0	1.4	21.0	17.0	72.0	12.7	61.0	9.9
	2	6.0	1.4	16.0	8.5	47.5	47.4	81.5	4.9		
	3	0.5	0.7	10.5	14.8	63.5	26.2	61.5	37.5		

		18/05/1990		11/07/1990		28/08/1990		12/10/1990		08/07/1991	
vak	rij	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.	gem. %	s.d.
3 M01	1	6.5	0.7	28.0	1.4	38.5	10.6	90.5	0.7	56.0	5.7
	2	17.0	4.2	20.0	2.8	39.0	2.8	83.0	5.7		
	3	4.5	4.9	17.5	19.1	28.5	27.6	50.0	38.2		
4 M02	1	9.0	9.9	20.0	15.6	39.0	4.2	45.0	38.2	65.5	2.1
	2	14.0	0.0	21.0	1.4	41.0	4.2	87.0	8.5		
	3	9.5	13.4	18.0	25.5	25.5	31.8	37.0	50.9		
11 M51	1	3.0	4.2	10.5	9.2	14.0	11.3	28.5	17.7	66.5	3.5
	2	9.5	2.1	12.0	2.8	16.5	0.7	71.5	4.9		
	3	4.0	5.7	7.0	8.5	27.0	29.7	42.5	47.4		
12 M52	1	6.5	0.7	11.5	9.2	27.0	1.4	50.5	4.9	74.5	6.4
	2	5.0	2.8	14.5	6.4	30.5	17.7	86.0	2.8		
	3	6.0	8.5	16.0	17.0	53.0	9.9	58.0	25.5		
13 M11	1	6.0	5.7	22.5	7.8	72.5	7.8	66.5	0.7	84.5	7.8
	2	5.5	0.7	18.5	9.2	56.0	2.8	74.0	9.9		
	3	7.0	4.2	17.0	8.5	77.0	4.2	71.0	19.8		
14 M12	1	5.5	4.9	16.5	14.8	80.5	9.2	86.0	4.2	71.5	2.1
	2	5.5	2.1	17.0	7.1	82.0	1.4	92.0	2.8		
	3	3.5	4.9	18.0	17.0	61.0	24.0	58.0	38.2		

Appendix B1 Interpretatie foto's: bedekkingspercentages midden PQ's

datum	vak	code	PQ	$N_s(m^2)$	$L_s(m)$	$\sigma(L_s)(m)$	$W_s(kg/m^2)$
18/06/91	1	R01	1.1	62	1.32	0.58	0.186
18/06/91	1	R01	1.2	50	1.51	0.43	0.178
18/06/91	1	R01	1.3	70	1.56	0.42	0.265
18/06/91	1	R01	2.1	82	1.50	0.46	0.293
18/06/91	1	R01	2.2	104	1.42	0.46	0.335
18/06/91	1	R01	2.3	88	1.49	0.51	0.317
18/06/91	1	R01	3.1	36	1.27	0.39	0.091
18/06/91	1	R01	3.2	40	1.31	0.46	0.110
18/06/91	1	R01	3.3	56	1.47	0.46	0.191
18/06/91	2	R02	1.1	80	1.41	0.49	0.257
18/06/91	2	R02	1.2	66	1.38	0.47	0.202
18/06/91	2	R02	1.3	84	1.37	0.47	0.253
18/06/91	2	R02	2.1	84	1.40	0.47	0.265
18/06/91	2	R02	2.2	106	1.52	0.43	0.385
18/06/91	2	R02	2.3	36	1.45	0.44	0.119
18/06/91	2	R02	3.1	68	1.24	0.50	0.174
18/06/91	2	R02	3.2	72	1.16	0.54	0.169
18/06/91	2	R02	3.3	114	1.41	0.39	0.350
18/06/91	7	R11	1.1	102	1.29	0.47	0.277
18/06/91	7	R11	1.2	86	1.39	0.37	0.258
18/06/91	7	R11	1.3	112	1.22	0.48	0.277
18/06/91	7	R11	2.1	102	1.31	0.54	0.295
18/06/91	7	R11	2.2	98	1.13	0.45	0.206
18/06/91	7	R11	2.3	108	1.40	0.53	0.351
18/06/91	7	R11	3.1	92	1.22	0.55	0.236
18/06/91	7	R11	3.2	116	1.10	0.51	0.246
18/06/91	7	R11	3.3	130	1.20	0.55	0.325
18/06/91	8	R12	1.1	82	1.36	0.45	0.243
18/06/91	8	R12	1.2	88	1.33	0.47	0.251
18/06/91	8	R12	1.3	72	1.36	0.46	0.213
18/06/91	8	R12	2.1	80	1.36	0.49	0.241
18/06/91	8	R12	2.2	108	1.21	0.48	0.261
18/06/91	8	R12	2.3	94	1.21	0.50	0.232
18/06/91	8	R12	3.1	52	1.32	0.56	0.154
18/06/91	8	R12	3.2	84	1.42	0.44	0.267
18/06/91	8	R12	3.3	62	1.26	0.47	0.161
18/06/91	9	R51	1.1	98	1.16	0.47	0.221
18/06/91	9	R51	1.2	88	1.17	0.56	0.213
18/06/91	9	R51	1.3	106	1.28	0.54	0.293
18/06/91	9	R51	2.1	98	1.12	0.51	0.213
18/06/91	9	R51	2.2	98	1.20	0.49	0.235
18/06/91	9	R51	2.3	76	1.20	0.49	0.184
18/06/91	9	R51	3.1	80	1.05	0.45	0.148
18/06/91	9	R51	3.2	60	1.08	0.53	0.125
18/06/91	9	R51	3.3	72	1.17	0.59	0.178
18/06/91	10	R52	1.1	94	1.21	0.47	0.229
18/06/91	10	R52	1.2	74	1.14	0.41	0.155
18/06/91	10	R52	1.3	88	1.18	0.57	0.217
18/06/91	10	R52	2.1	82	1.16	0.47	0.185
18/06/91	10	R52	2.2	94	1.37	0.43	0.280
18/06/91	10	R52	2.3	110	1.09	0.48	0.224
18/06/91	10	R52	3.1	86	1.26	0.49	0.226
18/06/91	10	R52	3.2	106	1.27	0.51	0.285
18/06/91	10	R52	3.3	108	1.34	0.47	0.315

Appendix B2 Meetgegevens per vak

datum	vak	code	PQ	$N_s(m^2)$	$L_s(m)$	$\sigma(L_s)(m)$	$W_s(kg/m^2)$
18/06/91	3	M01	1.1	226	1.81	0.50	0.580
18/06/91	3	M01	1.2	152	1.67	0.38	0.337
18/06/91	3	M01	1.3	160	1.79	0.59	0.409
18/06/91	3	M01	2.1	120	1.48	0.59	0.230
18/06/91	3	M01	2.2	124	1.55	0.49	0.251
18/06/91	3	M01	2.3	166	1.67	0.59	0.381
18/06/91	3	M01	3.1	156	1.58	0.45	0.322
18/06/91	3	M01	3.2	124	1.44	0.55	0.226
18/06/91	3	M01	3.3	102	1.33	0.65	0.171
18/06/91	4	M02	1.1	78	1.67	0.39	0.173
18/06/91	4	M02	1.2	156	1.67	0.48	0.353
18/06/91	4	M02	1.3	104	1.69	0.53	0.242
18/06/91	4	M02	2.1	152	1.65	0.48	0.338
18/06/91	4	M02	2.2	132	1.56	0.48	0.268
18/06/91	4	M02	2.3	150	1.55	0.51	0.302
18/06/91	4	M02	3.1	116	1.48	0.58	0.224
18/06/91	4	M02	3.2	94	1.40	0.51	0.163
18/06/91	4	M02	3.3	88	1.48	0.50	0.166
18/06/91	11	M51	1.1	130	1.50	0.52	0.254
18/06/91	11	M51	1.2	88	1.39	0.45	0.155
18/06/91	11	M51	1.3	106	1.47	0.64	0.204
18/06/91	11	M51	2.1	82	1.26	0.58	0.129
18/06/91	11	M51	2.2	94	1.44	0.59	0.177
18/06/91	11	M51	2.3	154	1.59	0.57	0.323
18/06/91	11	M51	3.1	132	1.52	0.61	0.268
18/06/91	11	M51	3.2	118	1.52	0.55	0.232
18/06/91	11	M51	3.3	92	1.46	0.59	0.173
18/06/91	12	M52	1.1	142	1.67	0.57	0.318
18/06/91	12	M52	1.2	124	1.70	0.22	0.284
18/06/91	12	M52	1.3	104	1.54	0.53	0.211
18/06/91	12	M52	2.1	136	1.64	0.51	0.300
18/06/91	12	M52	2.2	106	1.62	0.59	0.229
18/06/91	12	M52	2.3	150	1.60	0.59	0.317
18/06/91	12	M52	3.1	148	1.57	0.40	0.310
18/06/91	12	M52	3.2	198	1.50	0.03	0.389
18/06/91	12	M52	3.3	114	1.52	0.35	0.227
18/06/91	13	M11	1.1	184	1.53	0.55	0.368
18/06/91	13	M11	1.2	166	1.71	0.60	0.389
18/06/91	13	M11	1.3	124	1.52	0.63	0.252
18/06/91	13	M11	2.1	102	1.53	0.67	0.206
18/06/91	13	M11	2.2	114	1.56	0.64	0.238
18/06/91	13	M11	2.3	132	1.46	0.47	0.248
18/06/91	13	M11	3.1	76	1.46	0.62	0.145
18/06/91	13	M11	3.2	100	1.48	0.52	0.190
18/06/91	13	M11	3.3	114	1.58	0.55	0.242
18/06/91	14	M12	1.1	32	1.23	0.44	0.047
18/06/91	14	M12	1.2	14	1.05	0.36	0.015
18/06/91	14	M12	1.3	64	1.14	0.55	0.083
18/06/91	14	M12	2.1	168	1.65	0.49	0.376
18/06/91	14	M12	2.2	58	1.07	0.48	0.070
18/06/91	14	M12	2.3	22	1.01	0.48	0.024
18/06/91	14	M12	3.1	142	1.63	0.56	0.306
18/06/91	14	M12	3.2	4	0.86	0.58	0.003
18/06/91	14	M12	3.3	4	1.10	0.54	0.004

Appendix B2 Meetgegevens per vak

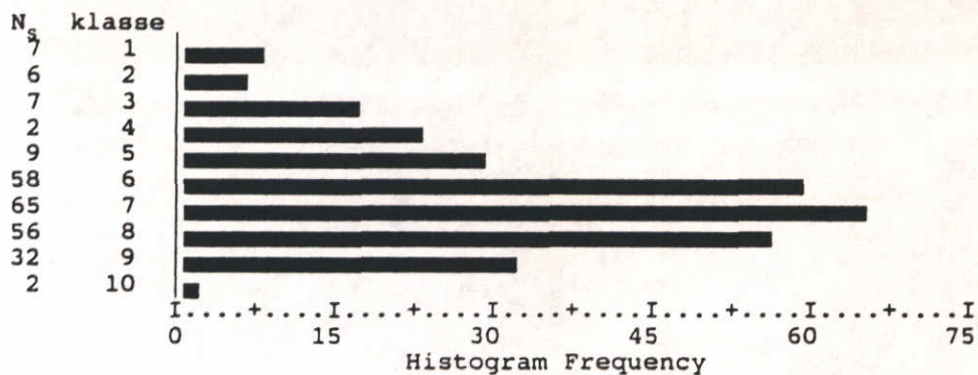
datum	vak	code	PQ	$N_s(m^{-2})$	$L_s(m)$	$\sigma(L_s)(m)$	$W_s(kg/m^2)$
23/08/91	1	R01	1.1	58	2.10	0.55	0.449
23/08/91	1	R01	1.2	64	1.79	0.62	0.379
23/08/91	1	R01	1.3	82	2.10	0.51	0.629
23/08/91	1	R01	2.1	124	2.06	0.50	0.914
23/08/91	1	R01	2.2	128	2.00	0.56	0.911
23/08/91	1	R01	2.3	106	2.09	0.51	0.810
23/08/91	1	R01	3.1	64	1.62	0.57	0.314
23/08/91	1	R01	3.2	82	1.79	0.66	0.493
23/08/91	1	R01	3.3	92	1.86	0.58	0.576
23/08/91	2	R02	1.1	114	1.89	0.51	0.718
23/08/91	2	R02	1.2	76	2.10	0.50	0.584
23/08/91	2	R02	1.3	90	1.95	0.77	0.648
23/08/91	2	R02	2.1	92	2.03	0.63	0.682
23/08/91	2	R02	2.2	134	1.95	0.69	0.946
23/08/91	2	R02	2.3	56	1.53	0.93	0.291
23/08/91	2	R02	3.1	104	1.82	0.76	0.662
23/08/91	2	R02	3.2	130	1.85	0.54	0.795
23/08/91	2	R02	3.3	180	1.76	0.52	1.005
23/08/91	7	R11	1.1	130	1.72	0.61	0.716
23/08/91	7	R11	1.2	158	1.59	0.51	0.728
23/08/91	7	R11	1.3	138	1.57	0.57	0.638
23/08/91	7	R11	2.1	116	1.84	0.63	0.724
23/08/91	7	R11	2.2	134	1.67	0.62	0.700
23/08/91	7	R11	2.3	98	1.97	0.58	0.683
23/08/91	7	R11	3.1	90	1.75	0.80	0.545
23/08/91	7	R11	3.2	94	1.79	0.62	0.559
23/08/91	7	R11	3.3	118	1.94	0.71	0.825
23/08/91	8	R12	1.1	114	1.52	0.76	0.545
23/08/91	8	R12	1.2	108	1.60	0.74	0.553
23/08/91	8	R12	1.3	96	1.62	0.62	0.476
23/08/91	8	R12	2.1	104	1.92	0.80	0.737
23/08/91	8	R12	2.2	128	1.88	0.60	0.820
23/08/91	8	R12	2.3	100	1.96	0.69	0.712
23/08/91	8	R12	3.1	88	1.82	0.77	0.564
23/08/91	8	R12	3.2	132	1.97	0.64	0.929
23/08/91	8	R12	3.3	78	1.76	0.66	0.455
23/08/91	9	R51	1.1	86	1.92	0.80	0.608
23/08/91	9	R51	1.2	68	2.04	0.82	0.537
23/08/91	9	R51	1.3	164	1.83	0.74	1.053
23/08/91	9	R51	2.1	74	1.80	0.65	0.449
23/08/91	9	R51	2.2	98	1.96	0.69	0.694
23/08/91	9	R51	2.3	104	1.77	0.68	0.617
23/08/91	9	R51	3.1	82	1.57	0.73	0.408
23/08/91	9	R51	3.2	82	1.62	0.62	0.408
23/08/91	9	R51	3.3	122	1.83	0.58	0.740
23/08/91	10	R52	1.1	82	1.82	0.74	0.519
23/08/91	10	R52	1.2	52	1.75	0.61	0.295
23/08/91	10	R52	1.3	96	1.96	0.59	0.660
23/08/91	10	R52	2.1	92	1.66	0.67	0.488
23/08/91	10	R52	2.2	136	1.82	0.63	0.833
23/08/91	10	R52	2.3	82	1.73	0.72	0.473
23/08/91	10	R52	3.1	96	1.78	0.73	0.587
23/08/91	10	R52	3.2	138	1.83	0.74	0.886
23/08/91	10	R52	3.3	106	1.97	0.76	0.777

Appendix B2 Meetgegevens per vak

datum	vak	code	PQ	$N_s(m^{-2})$	$L_s(m)$	$\sigma(L_s)(m)$	$W_s(kg/m^2)$
23/08/91	3	M01	1.1	166	2.24	0.73	0.734
23/08/91	3	M01	1.2	92	2.07	0.72	0.359
23/08/91	3	M01	1.3	170	2.61	0.49	0.929
23/08/91	3	M01	2.1	68	2.35	0.64	0.320
23/08/91	3	M01	2.2	90	2.38	0.64	0.432
23/08/91	3	M01	2.3	128	2.36	0.62	0.607
23/08/91	3	M01	3.1	114	2.18	0.68	0.481
23/08/91	3	M01	3.2	102	2.28	0.71	0.464
23/08/91	3	M01	3.3	42	2.29	0.59	0.188
23/08/91	4	M02	1.1	78	2.23	0.65	0.340
23/08/91	4	M02	1.2	194	2.35	0.54	0.904
23/08/91	4	M02	1.3	104	2.30	0.56	0.469
23/08/91	4	M02	2.1	132	2.41	0.54	0.639
23/08/91	4	M02	2.2	106	2.28	0.42	0.463
23/08/91	4	M02	2.3	182	2.25	0.55	0.794
23/08/91	4	M02	3.1	166	2.09	0.64	0.653
23/08/91	4	M02	3.2	100	2.05	0.67	0.384
23/08/91	4	M02	3.3	106	2.07	0.60	0.407
23/08/91	11	M51	1.1	138	2.42	0.63	0.665
23/08/91	11	M51	1.2	78	2.41	0.65	0.376
23/08/91	11	M51	1.3	80	2.41	0.71	0.394
23/08/91	11	M51	2.1	84	2.40	0.62	0.409
23/08/91	11	M51	2.2	104	2.32	0.83	0.482
23/08/91	11	M51	2.3	168	2.31	0.68	0.761
23/08/91	11	M51	3.1	124	2.16	0.75	0.519
23/08/91	11	M51	3.2	138	2.17	0.71	0.581
23/08/91	11	M51	3.3	110	2.24	0.75	0.478
23/08/91	12	M52	1.1	184	2.23	0.61	0.797
23/08/91	12	M52	1.2	188	2.23	0.87	0.826
23/08/91	12	M52	1.3	118	2.23	0.64	0.513
23/08/91	12	M52	2.1	142	2.37	0.61	0.670
23/08/91	12	M52	2.2	78	2.28	0.77	0.346
23/08/91	12	M52	2.3	168	2.36	0.70	0.802
23/08/91	12	M52	3.1	194	2.10	0.65	0.795
23/08/91	12	M52	3.2	214	2.05	0.79	0.826
23/08/91	12	M52	3.3	108	2.27	0.85	0.478
23/08/91	13	M11	1.1	208	2.35	0.40	0.975
23/08/91	13	M11	1.2	160	2.32	0.50	0.739
23/08/91	13	M11	1.3	112	2.15	0.71	0.464
23/08/91	13	M11	2.1	128	2.37	0.65	0.608
23/08/91	13	M11	2.2	148	2.24	0.69	0.663
23/08/91	13	M11	2.3	122	2.36	0.55	0.581
23/08/91	13	M11	3.1	134	2.12	0.73	0.546
23/08/91	13	M11	3.2	272	1.98	0.73	0.991
23/08/91	13	M11	3.3	176	2.07	0.62	0.695
23/08/91	14	M12	1.1	62	2.09	0.64	0.242
23/08/91	14	M12	1.2	36	1.76	0.73	0.114
23/08/91	14	M12	1.3	142	1.96	0.68	0.504
23/08/91	14	M12	2.1	194	2.32	0.54	0.893
23/08/91	14	M12	2.2	80	2.20	0.57	0.346
23/08/91	14	M12	2.3	60	1.91	0.72	0.207
23/08/91	14	M12	3.1	232	2.28	0.85	1.044
23/08/91	14	M12	3.2	20	1.30	0.72	0.040
23/08/91	14	M12	3.3	6	1.24	0.59	0.011

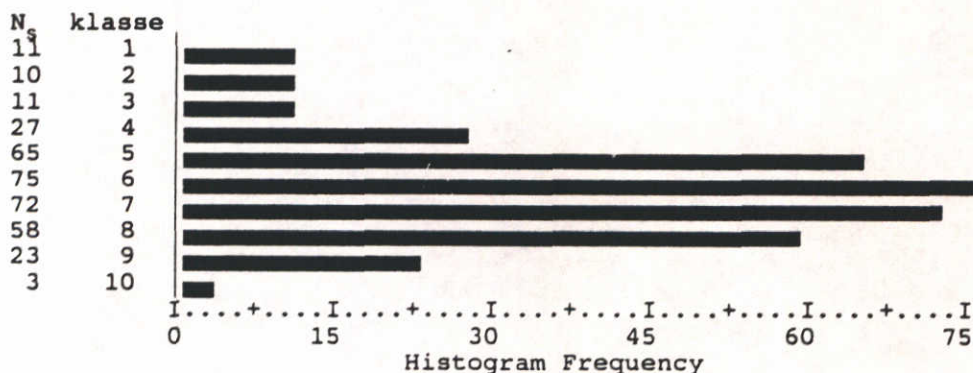
Appendix B2 Meetgegevens per vak

Vak R01



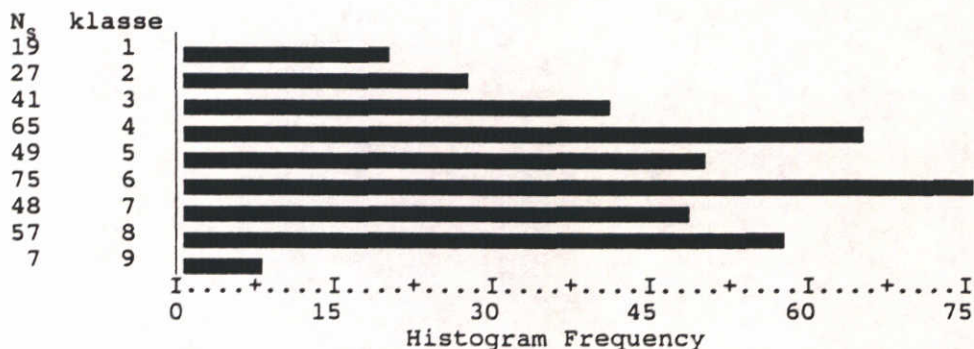
Totaal aantal stengels: 294

Vak R02



Totaal aantal stengels: 355

Vak R51



Totaal aantal stengels: 388

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
 VAKKEN R01, R02 EN R51
 (METING VOOR HET GOLVEN, JUNI)

RIET

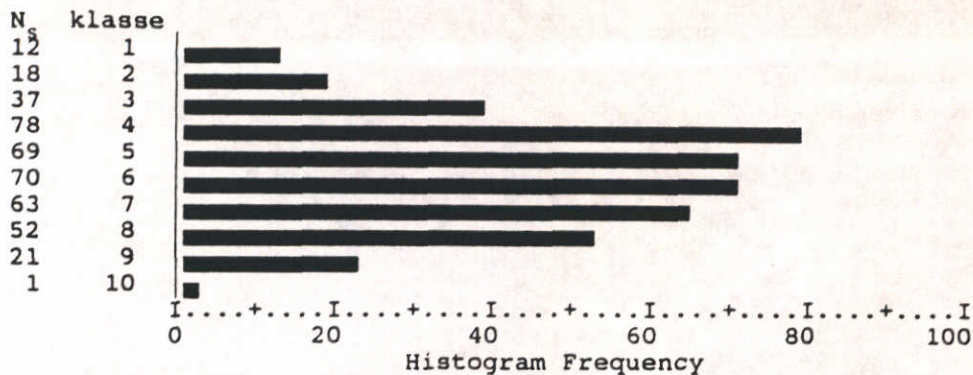
APPENDIX B3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

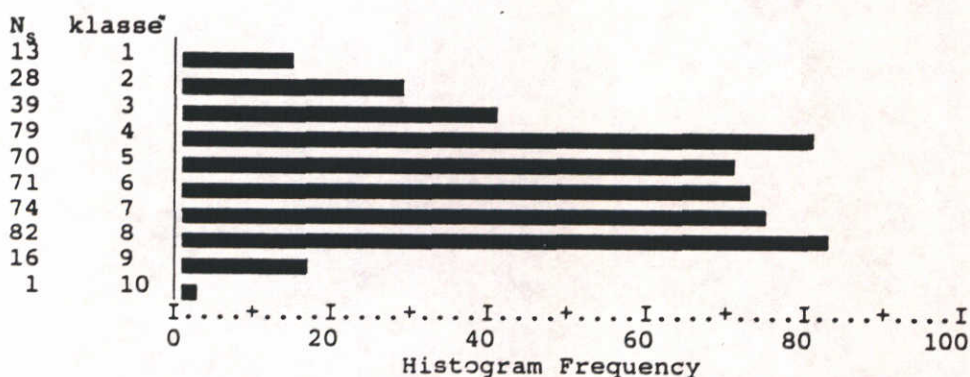
B 3.1

Vak R52



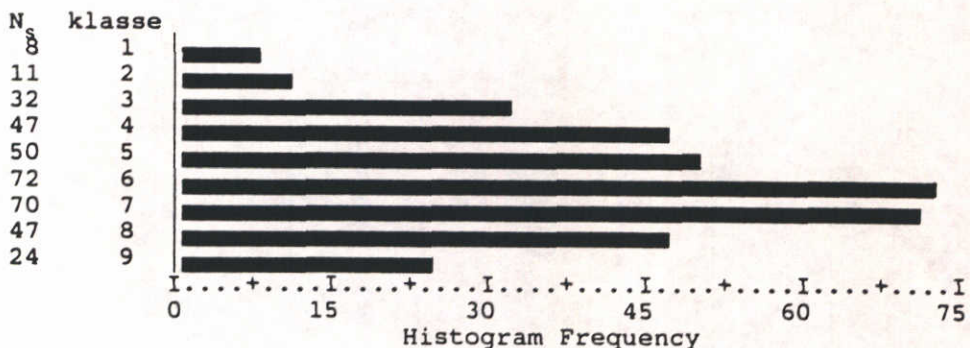
Totaal aantal stengels: 421

Vak R11



Totaal aantal stengels: 473

Vak R12



Totaal aantal stengels: 361.

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
VAKKEN R52, R11 EN R12
(METING VOOR HET GOLVEN, JUNI)

RIET

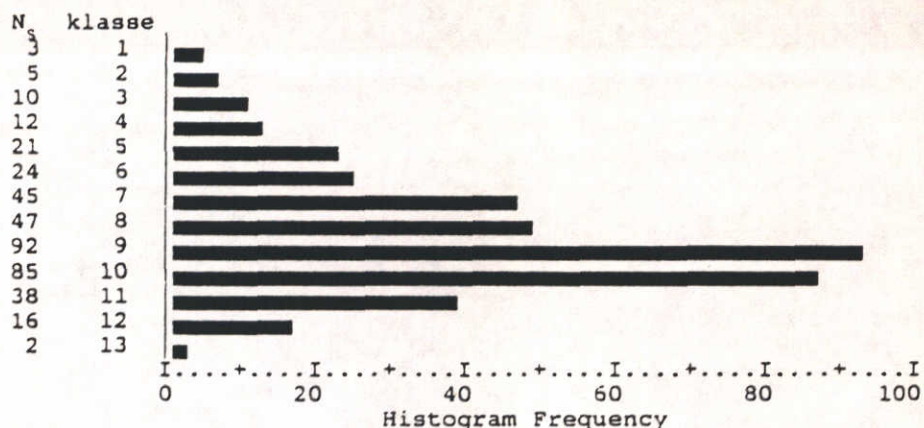
APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

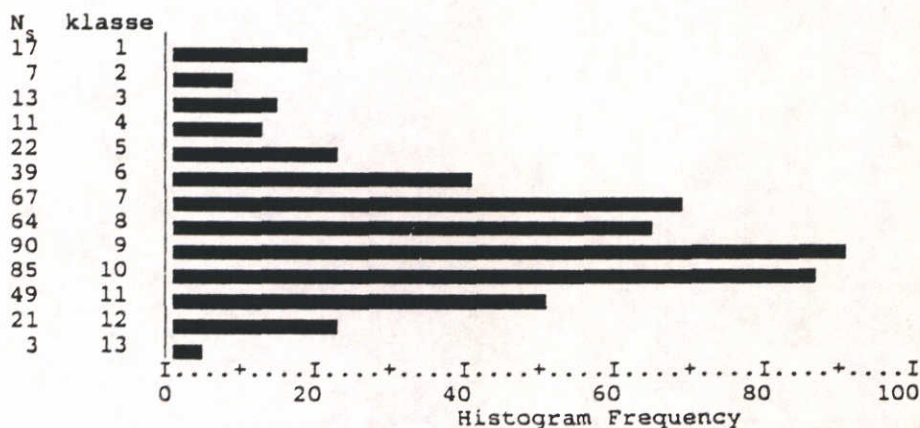
B 3.2

Vak R01



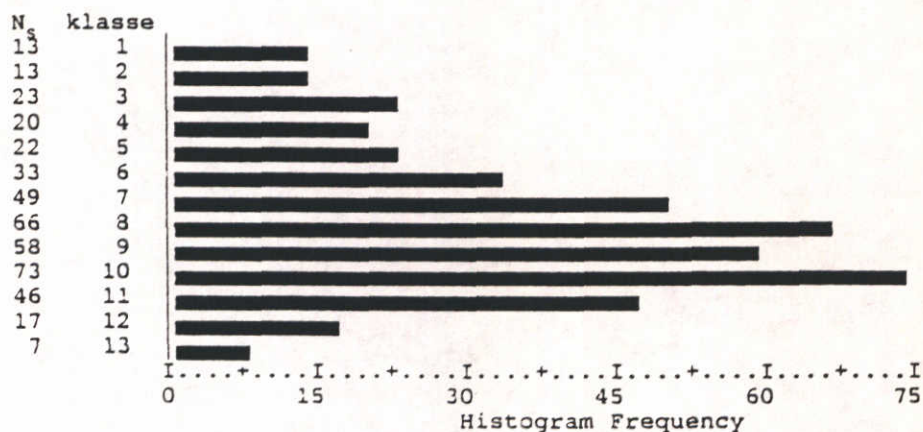
Totaal aantal stengels: 400

Vak R02



Totaal aantal stengels: 488

Vak R51



Totaal aantal stengels: 440

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
 VAKKEN R01, R02 EN R51
 (METING NA HET GOLVEN, AUGUSTUS)

RIET

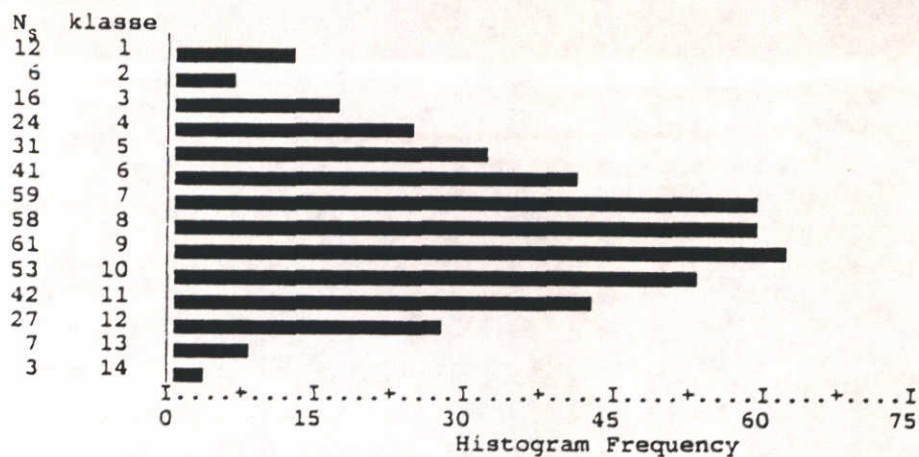
APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

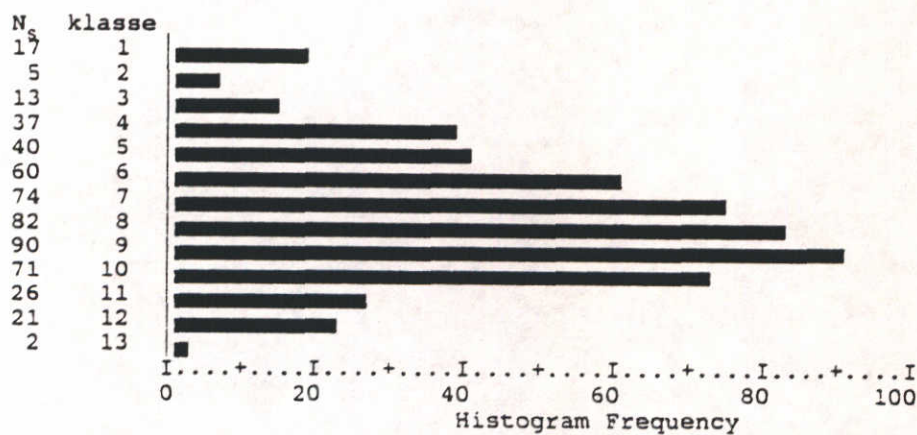
B 3.3

Vak R52



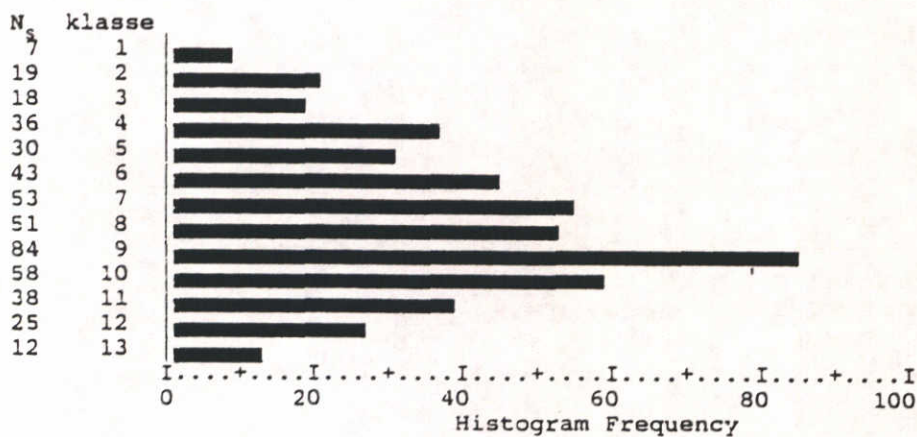
Totaal aantal stengels: 440

Vak R11



Totaal aantal stengels: 538

Vak R12



Totaal aantal stengels: 474

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
 VAKKEN R52, R11 EN R12
 (METING NA HET GOLVEN, AUGUSTUS)

RIET

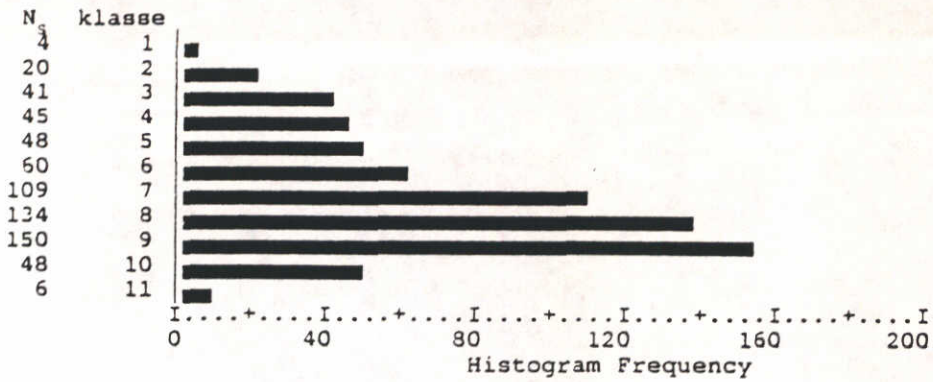
APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

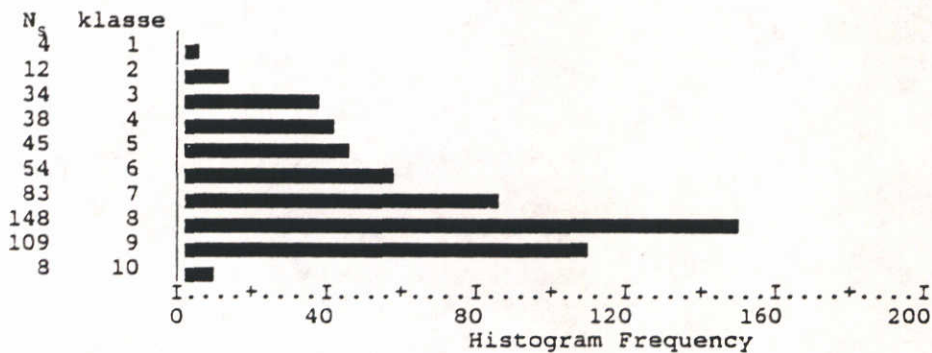
B 3.4

Vak M01



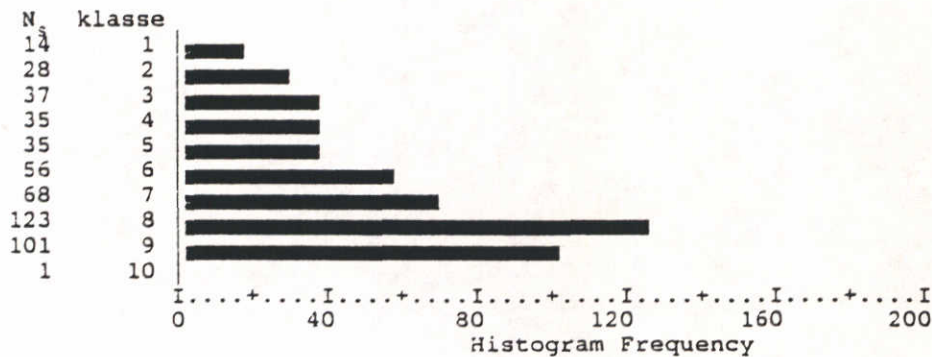
Totaal aantal stengels: 665

Vak M02



Totaal aantal stengels: 535

Vak M51



Totaal aantal stengels: 498

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
VAKKEN M01, M02 EN M51
(METING VOOR HET GOLVEN, JUNI)

MATTENBIES

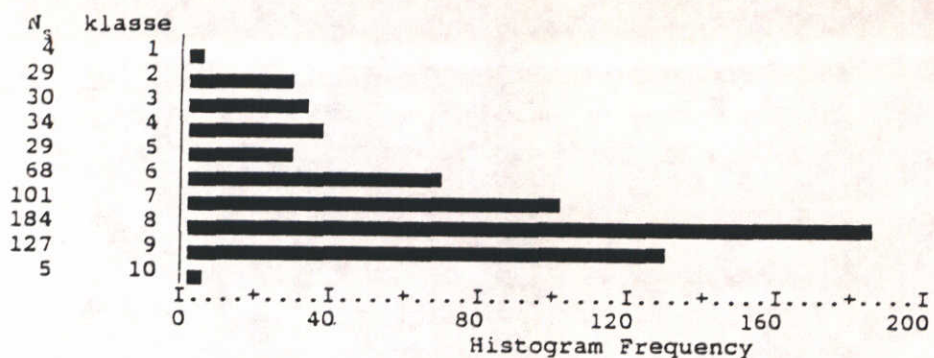
APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

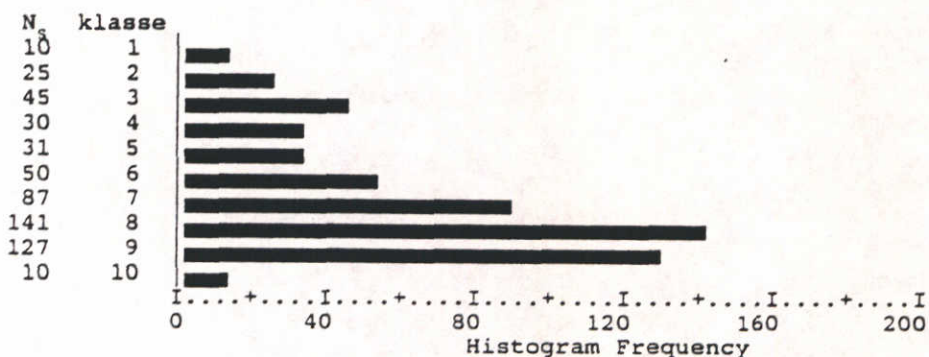
B 3.5

Vak M52



Totaal aantal stengels: 611

Vak M11



Totaal aantal stengels: 556

Vak M12



Totaal aantal stengels: 254

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm

klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
VAKKEN M52, M11 EN M12
(METING VOOR HET GOLVEN, JUNI)

MATTENBIES

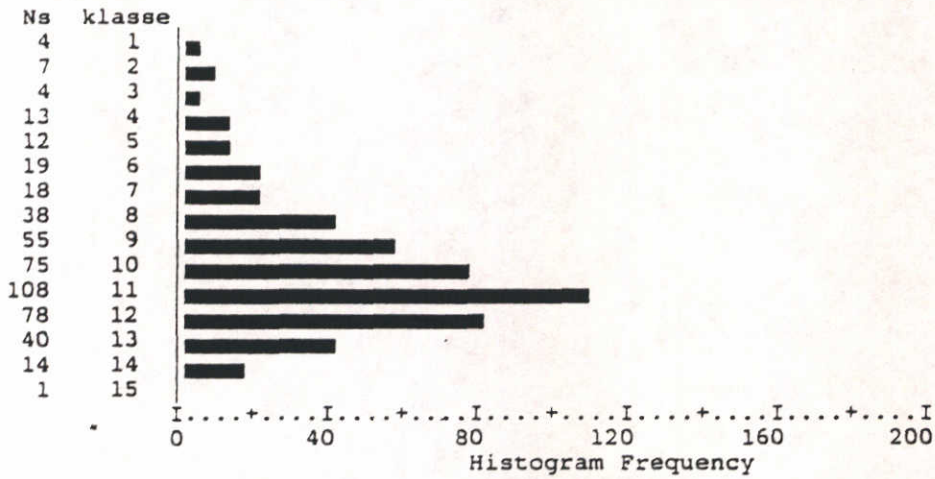
APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

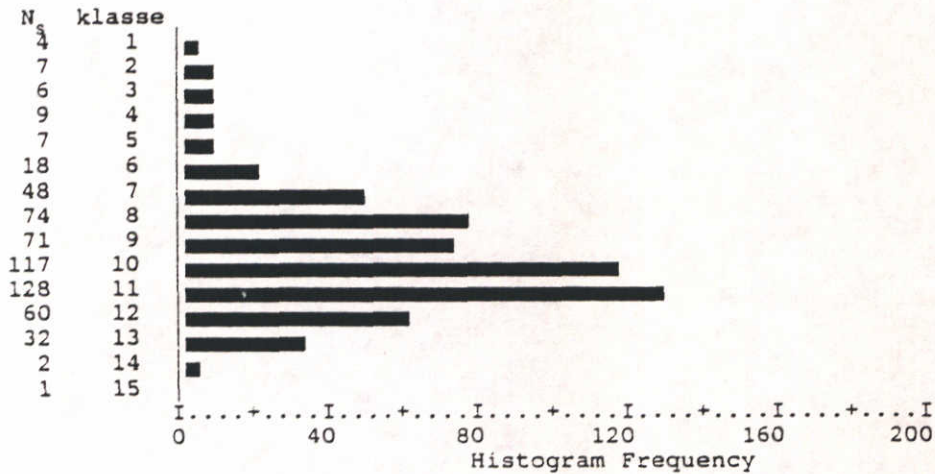
B 3.6

Vak M01



Totaal aantal stengels: 486

Vak M02



Totaal aantal stengels: 584

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm
 klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_S = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
 VAKKEN M01 EN M02
 (METING NA HET GOLVEN, AUGUSTUS)

MATTENBIES

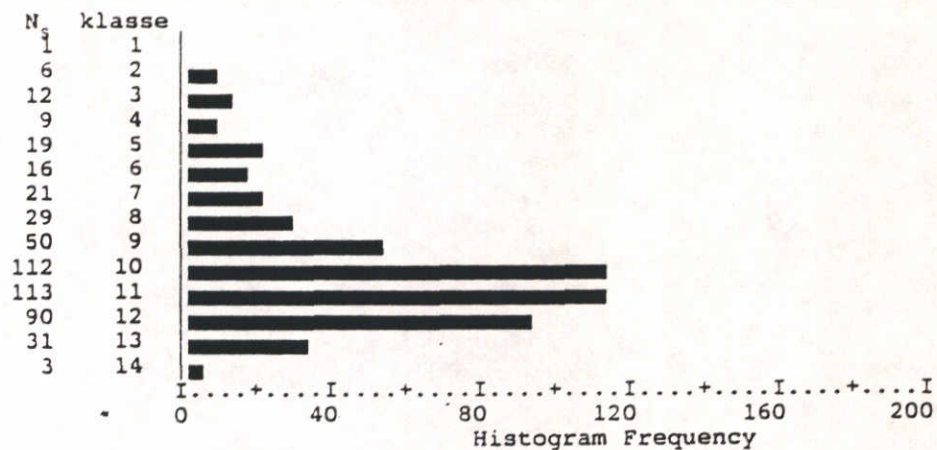
APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

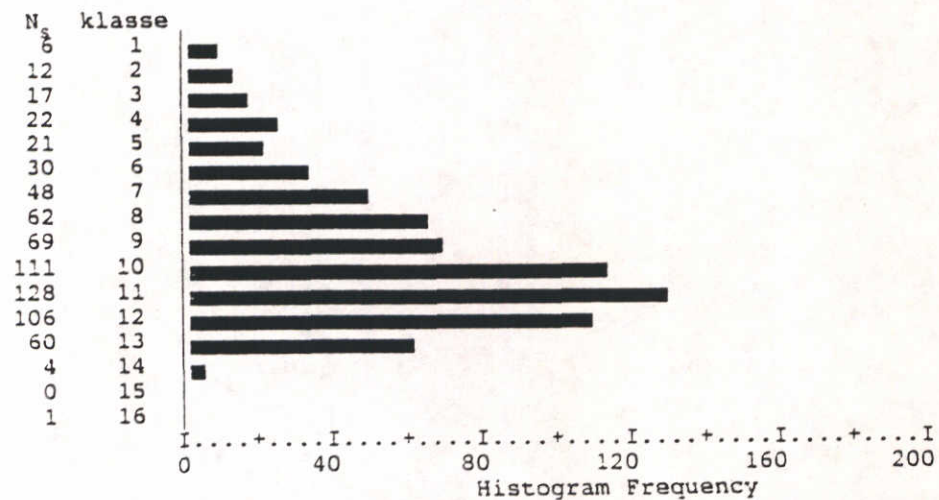
B 3.7

Vak M51



Totaal aantal stengels: 512

Vak M52



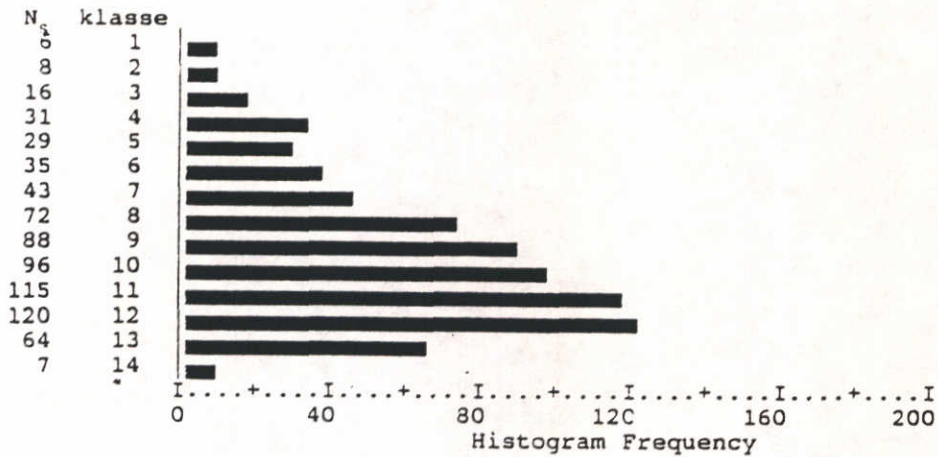
Totaal aantal stengels: 697

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm
 klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

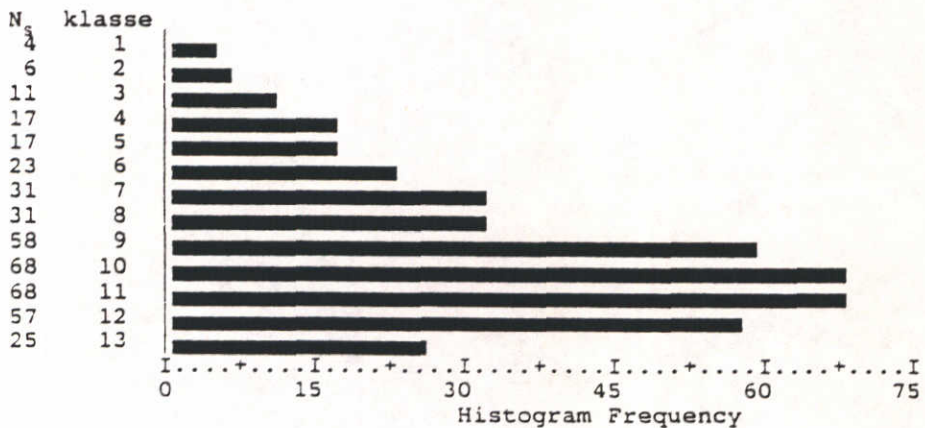
LENGTEFREQUENTIEVERDELING VAKKEN M51 EN M52 (METING NA HET GOLVEN, AUGUSTUS)	MATTENBIES	
	APPENDIX B	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	Q 632	B 3.8

Vak M11



Totaal aantal stengels: 730

Vak M12



Totaal aantal stengels: 416

lengteklassen van 25 cm: klasse 1 : 0-25 cm
 klasse 2 : 26-50 cm etc.

N_s = aantal stengels

LENGTEFREQUENTIEVERDELING
 VAKKEN M11 EN M12
 (METING NA HET GOLVEN, AUGUSTUS)

MATTENBIES

APPENDIX B

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 632

B 3.9

meting	code	$F_{gr}(N)$	$F_{br}(N)$	$E \cdot 10^9 (N/m^2)$	$I \cdot 10^{-11} (m^4)$	$EI (Nm^2)$	$L_s (m)$	$D_s (m)$
1	R01A	0.46	0.84	2.51	2.83	0.071	1.54	0.0049
1	R01B	1.23	1.88	4.10	4.49	0.184	2.10	0.0055
1	R01D	0.12	0.34	5.52	0.45	0.025	1.28	0.0031
1	R01D	1.76	2.86	2.77	10.50	0.291	2.12	0.0068
1	R02A	0.61	0.91	3.64	1.84	0.067	1.72	0.0044
1	R02B	2.36	4.09	1.50	26.85	0.402	2.28	0.0086
1	R02B	0.90	1.63	3.61	3.32	0.120	1.92	0.0051
1	R02D	1.10	2.12	4.36	3.87	0.169	1.97	0.0053
1	R11A	0.27	0.54	8.42	0.58	0.049	1.42	0.0033
1	R11A	1.28	2.07	3.12	6.80	0.212	1.48	0.0061
1	R11C	0.95	1.23	5.82	1.84	0.107	1.90	0.0044
1	R11C	2.41	3.84	3.48	9.31	0.324	2.24	0.0066
1	R12A	1.65	2.25	4.65	4.49	0.209	1.69	0.0055
1	R12C	1.39	1.94	3.96	4.83	0.191	1.70	0.0056
1	R12D	0.39	0.56	1.20	3.32	0.040	1.40	0.0051
1	R12E	0.46	1.18	0.45	30.80	0.139	1.20	0.0089
1	R51A	0.78	0.92	5.11	1.53	0.078	1.80	0.0042
1	R51B	0.59	--	4.82	2.20	0.106	1.51	0.0046
1	R51E	0.24	0.53	1.59	2.83	0.045	1.40	0.0049
1	R52A	0.65	1.85	1.14	14.72	0.168	1.55	0.0074
1	R52A	0.31	0.57	6.10	0.66	0.040	1.33	0.0034
1	R52A	1.87	3.16	5.18	4.83	0.250	1.99	0.0056
1	R52B	0.13	0.26	3.76	0.82	0.031	1.49	0.0036
1	R52B	0.12	0.27	0.05	61.97	0.029	1.05	0.0106
2	R01C	0.43	0.82	0.44	18.17	0.080	1.05	0.0078
2	R01D	1.66	2.67	3.07	11.13	0.342	2.03	0.0069
2	R01E	3.49	5.84	3.05	24.44	0.745	2.85	0.0084
2	R02A	0.37	0.62	1.39	3.32	0.046	1.28	0.0051
2	R02A	0.51	1.60	0.79	26.85	0.213	1.56	0.0086
2	R02E	2.33	3.77	1.32	29.44	0.388	2.27	0.0088
2	R11A	2.57	4.41	6.39	7.73	0.494	2.68	0.0063
2	R12A	0.30	0.45	1.20	3.59	0.043	1.56	0.0052
2	R12B	2.39	0.56	4.16	7.73	0.322	1.13	0.0063
2	R12C	0.06	3.51	0.12	35.17	0.041	2.16	0.0092
2	R12C	1.96	3.59	2.91	16.38	0.477	2.54	0.0076
2	R12D	0.44	0.83	2.83	2.83	0.080	2.15	0.0049
2	R12D	1.74	3.58	1.83	19.12	0.350	1.92	0.0079
2	R51B	1.55	2.86	1.30	28.12	0.365	2.21	0.0087
2	R51C	1.21	1.74	2.19	6.36	0.139	2.20	0.0060
2	R51D	3.03	4.60	4.39	11.79	0.517	2.38	0.0070
2	R52A	0.75	1.09	5.32	2.20	0.117	2.00	0.0046
2	R52B	2.68	4.53	3.22	14.72	0.474	2.42	0.0074
2	R52C	0.16	0.41	0.39	13.94	0.054	1.26	0.0073
2	R52E	1.92	2.66	4.55	5.55	0.253	2.52	0.0058
3	R01A	2.38	4.03	3.14	12.47	0.401	1.95	0.0071
3	R01C	0.84	1.08	3.94	3.07	0.121	1.36	0.0050
3	R01D	0.57	1.94	0.74	24.44	0.181	2.16	0.0084
3	R02A	1.18	3.16	1.19	25.62	0.305	1.58	0.0085
3	R02C	0.58	1.02	0.53	12.47	0.066	1.30	0.0071
3	R02E	1.98	2.86	0.92	23.30	0.214	1.74	0.0083
3	R51A	0.67	1.57	1.10	10.50	0.115	1.58	0.0068
3	R51C	1.14	1.84	2.50	6.36	0.159	2.07	0.0060
3	R51E	0.33	1.03	0.51	16.38	0.083	1.44	0.0076
3	R52A	0.26	0.93	0.28	23.30	0.065	1.42	0.0083
3	R52C	0.55	0.96	0.11	64.34	0.068	1.49	0.0107
3	R52E	1.35	3.14	1.73	17.26	0.298	1.81	0.0077
3	R11A	0.96	5.90	3.41	18.17	0.620	2.32	0.0078
3	R11C	0.38	0.93	0.80	9.31	0.074	1.26	0.0066
3	R11E	0.58	1.13	0.54	13.94	0.075	1.27	0.0073
3	R12A	1.39	2.57	7.50	3.07	0.230	1.71	0.0050
3	R12C	1.42	3.03	0.67	35.17	0.236	1.81	0.0092
3	R12E	1.81	3.06	3.97	6.80	0.270	1.72	0.0061

Appendix B4 Buigmetingen

meting	code	$F_{gr}(N)$	$F_{br}(N)$	$E \cdot 10^9 (N/m^2)$	$I \cdot 10^{-11} (m^4)$	$EI (Nm^2)$	$L_s (m)$	$D_s (m)$
1	M01B	0.06	0.21	0.34	8.24	0.028	1.28	0.0064
1	M01C	0.27	0.48	0.13	36.72	0.049	1.94	0.0093
1	M01E	0.71	0.93	0.29	39.98	0.114	2.10	0.0095
1	M02B	0.37	0.89	0.26	64.34	0.167	2.24	0.0107
1	M02B	0.36	1.26	0.17	105.22	0.182	2.14	0.0121
1	M02C	0.09	0.18	0.07	24.44	0.016	1.11	0.0084
1	M02E	0.04	0.12	0.08	43.46	0.035	1.07	0.0097
1	M11B	0.47	0.73	0.18	64.34	0.118	1.91	0.0107
1	M11B	0.16	0.32	0.18	26.85	0.049	2.02	0.0086
1	M11C	0.11	0.23	0.49	6.36	0.031	1.87	0.0060
1	M51B	0.03	0.22	0.91	6.36	0.058	1.41	0.0060
1	M51D	0.19	0.51	0.45	22.19	0.099	1.79	0.0082
1	M52C	0.89	1.54	0.42	71.87	0.302	2.32	0.0110
1	M52D	0.13	0.32	0.29	9.89	0.029	1.61	0.0067
1	M52E	0.16	0.34	0.19	25.62	0.048	1.70	0.0085
2	M51B	1.03	1.82	0.24	313.73	0.753	3.00	0.0159
2	M51C	2.16	2.57	0.20	515.30	1.032	3.01	0.0180
2	M51D	0.19	0.45	0.33	25.62	0.085	1.91	0.0085
2	M51E	1.30	1.65	0.18	268.99	0.486	2.72	0.0153
2	M52A	0.89	2.05	0.14	372.74	0.514	3.10	0.0166
2	M52B	0.56	1.42	0.12	391.03	0.474	2.98	0.0168
2	M52C	0.73	0.99	0.30	135.93	0.408	2.89	0.0129
2	M52E	0.34	1.32	0.10	321.70	0.326	2.45	0.0160

Appendix C

Diverse metingen

1990

dag nr.	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
1	-2	8.7	3.7	13.2	14.9	20.3	15.3	20.4	15.3	13.7	8.7	3.4
2	.2	7.5	2.7	13.6	19.0	15.1	14.7	21.0	16.8	12.7	7.3	6.3
3	1.1	6.8	4.9	7.1	19.3	14.2	13.4	24.2	18.6	15.4	5.5	6.3
4	.2	6.6	7.1	3.6	18.9	12.5	15.0	25.9	15.9	11.6	4.9	6.1
5	3.4	8.0	7.8	4.3	20.2	15.3	14.9	19.1	14.5	12.6	4.5	4.3
6	4.4	8.9	8.2	4.8	21.0	14.8	13.6	14.9	13.8	16.2	4.6	3.1
7	5.1	10.8	9.8	6.5	16.2	13.8	14.3	15.7	12.9	11.4	7.9	2.9
8	5.9	9.5	8.5	6.3	16.3	13.1	17.0	16.1	14.1	8.9	7.6	.6
9	7.1	6.1	7.3	3.5	15.9	14.3	15.4	19.7	14.3	9.8	3.4	-.3
10	6.9	6.1	9.2	5.6	13.5	13.7	14.0	19.5	13.7	13.3	5.2	1.0
11	7.2	5.6	10.0	8.1	10.7	12.9	16.4	20.9	13.7	13.5	11.1	3.5
12	3.7	4.7	7.6	9.3	10.8	12.3	17.8	21.5	13.4	13.2	9.9	4.8
13	2.4	4.4	6.3	11.0	11.7	13.4	14.9	21.6	13.8	16.1	10.9	4.5
14	1.4	6.0	9.1	9.0	11.5	13.1	14.8	19.6	13.3	17.2	11.1	2.4
15	7.0	3.4	8.5	6.9	14.8	13.5	18.5	19.7	12.8	17.9	9.9	3.3
16	10.6	2.5	10.0	7.3	15.1	14.0	19.1	17.9	14.2	15.8	11.5	.1
17	8.0	4.1	12.2	6.4	12.8	14.8	16.3	15.2	13.0	12.8	9.3	-.2
18	3.6	7.5	13.6	6.4	11.4	18.1	15.6	14.3	12.2	15.3	8.3	-.4
19	5.0	10.3	13.0	6.7	12.9	17.9	17.7	15.8	13.8	14.5	6.5	.0
20	6.7	13.8	10.3	7.9	15.9	17.3	20.5	15.9	10.5	11.3	5.8	3.6
21	9.6	10.1	12.2	12.1	14.8	16.0	18.5	15.0	10.5	8.5	4.8	5.6
22	8.5	8.1	10.1	13.8	12.6	14.5	15.4	16.0	10.2	6.2	3.2	7.6
23	9.1	8.8	8.5	12.6	12.8	15.3	15.0	18.2	12.1	5.9	1.9	8.0
24	4.6	11.9	8.3	11.8	13.2	16.8	15.0	18.4	10.9	7.3	2.9	6.9
25	7.4	9.1	5.7	12.7	11.2	17.6	15.8	19.2	11.2	10.6	3.1	6.0
26	5.1	8.3	6.8	11.5	11.1	20.4	17.8	17.9	10.7	10.7	1.1	5.1
27	5.4	5.2	4.5	8.6	11.5	21.4	20.9	19.5	10.2	9.3	2.6	5.7
28	6.8	5.6	4.6	8.7	11.4	17.5	22.2	20.7	11.9	10.1	1.5	4.2
29	5.6		5.5	12.9	12.9	17.0	19.9	22.4	12.9	7.8	1.9	8.2
30	7.7		8.8	14.6	15.9	19.5	21.4	18.0	16.5	8.3	1.3	5.7
31	10.9		9.5		16.5		22.2	14.7		9.1		4.6
tot.	170.6	208.4	254.3	266.8	446.7	470.4	523.3	578.9	397.7	367.0	178.2	123.8
cum.	170.6	379.0	633.3	900.1	1347	1817	2341	2919	3317	3684	3862	3986
gem.	5.5	7.4	8.2	8.9	14.4	15.7	16.9	18.7	13.3	11.8	5.9	4.0
s	3.0	2.6	2.7	3.3	3.0	2.5	2.6	2.9	2.1	3.3	3.3	2.5
s/vn	.5	.5	.5	.6	.5	.5	.5	.5	.4	.6	.6	.5

Opmerking 1 In het totaal en evenzo in de andere waarden van het overzicht worden temperaturen beneden nul als nul meegeteld. Een temperatuur lager dan nul levert geen bijdrage aan de groei.

Opmerking 2 Overzicht etmaalgemiddelden van de temperatuur (°C) in 1990 van het station Biddinghuizen.

1991

dag nr.	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
1	4.1	-3.3	3.7	10.1	7.2	10.3	16.8	18.1	19.8	11.0	9.7	2.1
2	9.6	-5.1	3.9	10.1	7.9	10.6	20.3	19.3	19.5	12.4	12.0	.9
3	7.6	-7.3	6.3	10.0	7.0	8.8	22.2	19.4	20.5	13.5	9.9	.2
4	5.8	-5.5	6.5	9.1	7.6	7.9	20.7	20.3	19.0	12.6	5.9	3.2
5	5.1	-1.7	8.9	8.9	7.7	10.0	21.7	20.6	16.4	13.2	6.6	3.6
6	5.7	-9.0	10.9	9.4	8.9	13.0	23.2	22.9	14.7	12.1	5.3	.4
7	6.3	-8.4	11.9	9.5	9.5	13.5	24.2	19.9	15.9	9.8	11.1	4.1
8	6.7	-7.4	10.9	9.2	9.8	12.5	22.0	17.8	16.3	13.5	9.9	3.4
9	7.4	-10.1	9.5	9.9	9.2	14.4	16.7	18.1	14.9	11.9	5.7	2.3
10	9.3	-9.5	11.6	12.7	9.6	13.5	18.9	19.7	15.6	13.3	4.6	-2.5
11	6.7	-5.7	11.3	15.0	10.6	13.4	23.2	19.0	13.3	14.5	6.9	-1.6
12	3.7	-5.5	11.3	15.2	11.2	14.2	18.7	16.2	12.1	12.6	5.6	.3
13	2.0	-6.1	10.5	13.6	12.0	13.2	17.5	16.1	13.2	13.1	6.6	.3
14	-.4	-5.0	11.3	13.4	10.5	13.6	17.3	17.0	15.6	13.2	5.2	.5
15	-1.7	-.1	9.5	12.2	8.1	12.1	15.7	19.1	16.5	12.0	4.0	-.6
16	-2.0	1.0	12.3	6.6	7.7	12.1	16.2	17.7	14.7	13.2	2.4	1.8
17	-.8	-.1	11.1	5.7	8.4	12.3	16.2	16.4	16.1	8.8	.8	5.0
18	.3	1.5	9.1	4.1	8.8	11.8	15.5	15.6	16.2	8.8	5.1	5.8
19	1.3	.0	10.6	4.2	11.0	11.1	16.5	16.1	14.3	7.3	4.6	8.3
20	1.2	.0	11.5	2.6	14.0	13.7	16.5	17.7	12.1	7.3	2.1	4.1
21	4.2	2.5	10.3	4.4	15.3	15.6	16.8	18.3	14.2	5.3	-.3	5.9
22	3.1	5.1	7.2	5.7	12.5	16.0	16.7	23.2	15.4	7.5	2.5	10.3
23	.5	8.8	5.3	6.1	10.3	15.1	20.8	19.9	13.9	10.0	5.4	9.7
24	.8	8.7	6.4	6.9	10.5	15.7	17.6	17.0	17.7	9.9	4.8	5.3
25	.6	6.8	5.9	7.9	11.2	16.2	16.9	18.1	14.7	9.7	1.5	3.8
26	2.1	4.3	6.4	8.4	11.3	15.6	17.0	16.9	14.5	6.7	4.1	6.7
27	3.0	1.5	6.9	6.9	11.0	12.9	18.9	17.7	12.6	3.6	6.8	6.3
28	.9	.6	6.9	6.7	10.8	12.8	20.6	15.9	12.6	5.0	5.1	6.0
29	-1.6		5.0	7.6	11.5	13.1	21.8	16.4	13.7	4.3	4.5	5.8
30	-.7		5.2	7.7	13.1	14.4	22.4	16.6	11.5	4.0	3.8	6.4
31	-1.2		8.5		10.7		18.3	18.0		6.6		5.2
tot.	98.0	40.8	266.6	259.8	314.9	389.4	587.8	565.0	457.5	306.7	162.5	117.7
cum.	98.0	138.8	405.4	665.2	980.1	1370	1957	2522	2980	3287	3449	3567
gem.	3.2	1.5	8.6	8.7	10.2	13.0	19.0	18.2	15.3	9.9	5.2	3.8
s	3.1	2.6	2.6	3.2	2.0	2.1	2.6	1.9	2.3	3.3	3.0	3.0
s/vn	.6	.5	.5	.6	.4	.4	.5	.3	.4	.6	.6	.5

Opmerking 1 In het totaal en evenzo in de andere waarden van het overzicht worden temperaturen beneden nul als nul meegeteld. Een temperatuur lager dan nul levert geen bijdrage aan de groei.

Opmerking 2 Overzicht etmaalgemiddelden van de temperatuur (°C) in 1991 van het station Biddinghuizen.

1992

dag nr.	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
1	6.0	-1.5	10.0	6.3	9.5							
2	7.0	-.4	6.6	6.8	8.2							
3	5.3	4.2	6.6	6.2	8.8							
4	6.5	3.4	8.9	5.5	9.9							
5	6.9	6.0	10.3	5.3	12.2							
6	9.0	7.4	8.0	7.5	12.9							
7	3.9	5.2	8.0	10.0	14.3							
8	6.7	3.7	8.6	9.3	11.1							
9	6.1	4.8	7.8	9.0	8.8							
10	1.8	5.7	7.5	9.9	9.8							
11	-2.9	7.0	5.0	11.2	10.5							
12	.3	10.0	8.0	10.0	11.1							
13	4.1	7.8	5.5	6.6	16.1							
14	5.9	5.8	3.1	9.4	22.2							
15	6.3	7.6	3.7	6.3	20.0							
16	5.0	3.2	5.5	4.6	13.8							
17	5.3	.2	9.4	5.6	12.5							
18	5.2	-.9	9.0	11.0	15.7							
19	5.8	1.3	8.6	8.8	13.9							
20	.0	2.9	9.1	7.3	22.9							
21	-4.2	3.7	8.1	10.2	22.0							
22	-5.6	3.5	5.4	10.9	21.6							
23	-5.5	6.8	5.0	9.9	22.2							
24	-4.5	5.8	4.5	12.5	23.5							
25	-3.5	5.9	4.7	13.4	22.1							
26	1.4	6.4	4.8	12.4	19.2							
27	1.9	9.0	5.0	10.9	19.5							
28	-.6	7.3	3.1	9.9	22.0							
29	1.6	9.8	4.6	9.1	20.2							
30	1.3		7.4	10.4	19.9							
31	-.4		8.3		20.0							
tot.	103.3	144.4	210.1	266.2	496.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
gem.	3.3	5.0	6.8	8.9	16.0	-	-	-	-	-	-	-
cum.	103.3	247.7	457.8	724.0	1220	1220	1220	1220	1220	1220	1220	1220
s	2.9	2.9	2.1	2.4	5.2	-	-	-	-	-	-	-
s/vn	.5	.5	.4	.4	.9	-	-	-	-	-	-	-

Opmerking 1 In het totaal en evenzo in de andere waarden van het overzicht worden temperaturen beneden nul als nul meegeteld. Een temperatuur lager dan nul levert geen bijdrage aan de groei.

Opmerking 2 Overzicht etmaalgemiddelden van de temperatuur (°C) in 1992 van het station Biddinghuizen.

nr.	vak	dat. 17 juli 90		
		O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -
7a	R11	-	18.5	8.81
7b	R11	-	19.3	9.46
12a	M52	-	18.4	8.79
12b	M52	-	19.4	9.52

nr.	vak	dat. 12 nov. 90		
		O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -
10a	R52	-	6.5	7.95
10b	R52	-	6.8	7.75
14a	M12	-	6.5	7.70
14b	M12	-	6.7	7.63

a = meting in diep gedeelte
b = meting tussen de planten

nr.	vak	dat. 8 juli 91 pm			dat. 9 juli 91			dat. 19 juli 91 am		
		O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -	O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -	O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -
1	R01	6.6	23.0	8.6		20.0	7.6	4.7	17.2	7.6
2	R02	6.6	23.0	8.6		20.0	7.6	4.7	17.2	7.6
3	M01	6.6	23.0	8.6		20.0	7.6	4.7	17.2	7.6
4	M02	6.6	23.0	8.6		20.0	7.6	4.7	17.2	7.6
5	O11	6.4	23.3	8.8		21.5	7.7	5.2	18.3	7.6
6	O12	6.4	23.3	8.8		21.5	7.7	5.2	18.3	7.6
7	R11	5.8	23.4	8.8		21.5	7.7	5.4	18.4	7.6
8	R12	5.8	23.4	8.8		21.5	7.7	5.2	18.4	7.6
9	R51	5.8	23.4	8.8		21.5	7.7	4.9	18.4	7.5
10	R52	5.8	23.4	8.8		21.5	7.7	5.1	18.4	7.5
11	M51	5.8	23.6	8.8		21.5	7.7	5.2	18.5	7.6
12	M52	5.8	23.6	8.8		21.5	7.7	5.0	18.4	7.5
13	M11	5.8	23.6	8.8		21.5	7.7	5.6	18.5	7.6
14	M12	5.8	23.6	8.8		21.5	7.7	5.6	18.5	7.6

nr.	vak	dat. 19 juli 91 pm			dat. 6 aug. 91			dat. 10 sept. 91		
		O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -	O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -	O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -
1	R01	8.1	18.1	7.7	8.8			7.1	17.1	8.85
2	R02	8.1	18.1	7.7	8.8			7.1	17.1	8.85
3	M01	8.1	18.1	7.7	8.8			7.1	17.1	8.85
4	M02	8.1	18.1	7.7	8.9	22.5	8.26	7.1	17.1	8.85
5	O11	11.6	19.1	8.3	8.7	22.5	8.10	6.6	17.3	8.18
6	O12	11.6	19.1	8.3	8.7	22.2	8.07	6.6	17.3	8.18
7	R11	7.8	18.8	7.8	8.0	22.1	7.87	6.0	17.3	8.05
8	R12	7.8	18.9	7.8	7.7	22.2	7.85	6.1	17.2	8.02
9	R51	7.0	18.9	7.7	7.1	22.4	8.09	6.1	17.2	7.93
10	R52	6.9	18.9	7.7	7.0	22.6	8.06	6.0	17.2	7.98
11	M51	6.9	19.1	7.6	7.1	22.5	8.03	6.0	17.2	7.96
12	M52	6.8	19.2	7.6	7.1	22.2	7.90	6.2	17.2	7.89
13	M11	6.6	19.4	7.6	7.8	22.1	7.74	6.3	17.2	8.04
14	M12	7.4	19.1	7.7	7.8	22.0	7.78	6.5	17.3	8.06

Appendix C2 Zuurstof, watertemperatuur en zuurtegraadmetingen

nr.	vak	dat. 21-02-1992			dat.			dat.		
		O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -	O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -	O2 (mgO2/l)	T .°C	Ph -
1	R01	15.4	4.0	8.47						
2	R02	15.4	4.0	8.47						
3	M01	15.2	4.0	8.47						
4	M02	15.0	4.0	8.47						
5	O11	14.6	4.0	8.44						
6	O12	14.6	4.0	8.44						
7	R11	13.9	4.0	8.44						
8	R12	13.8	4.0	8.46						
9	R51	13.8	3.9	8.44						
10	R52	13.7	4.0	8.49						
11	M51	13.8	3.9	8.49						
12	M52	13.9	3.9	8.48						
13	M11	13.6	4.0	8.53						
14	M12	13.7	4.0	8.50						

Appendix C2 Zuurstof, watertemperatuur en zuurtegraadmetingen

datum.....	11.07.91	11.07.91	11.07.91	28.08.91	28.08.91	27.09.91	
tijd.....	9.45	10.45	16.30	14.00	15.45	10.15	
weertype...	zon+wolk	zon+wolk	zon+wolk	zonnig	
vaknr.	code	lichtsterkte (lux)					
1	R01	5.000	13.000	16.000	17.000	15.000	5.000
2	R02	5.000	13.000	17.000	17.000	15.000	10.000
3	M01	5.000	9.000	15.000	13.000	12.000	15.000
4	M02	5.000	9.000	16.000	13.000	12.000	22.000
5	O11	5.000	17.000	16.000	15.000	13.000	s 7.000
6	O12	5.000	17.000	16.000	17.000	13.000	s 7.000
7	R11	9.000	21.000	17.000	17.000	17.000	s 6.500
8	R12	17.000	21.000	18.000	16.000	16.000	s 6.200
9	R51	17.000	21.000	17.000	17.000	17.000	s 6.000
10	R52	17.000	25.000	18.000	17.000	17.000	s 6.500
11	M51	17.000	21.000	17.000	16.000	15.000	s 6.500
12	M52	17.000	21.000	17.000	16.000	13.000	s 6.800
13	M11	17.000	17.000	17.000	13.000	13.000	s 7.000
14	M12	17.000	17.000	17.000	13.000	12.000	20.000

datum.....	27.09.91	12.02.92	11.07.91	28.08.91	28.08.91	27.09.91	
tijd.....	15.30	14.00	16.30	14.00	15.45	10.15	
weertype...	bewolkt	bewolkt	z olk				
vaknr.	code	lichtsterkte (lux)					
1	R01	8.500	10.500	1	1	1 000	000
2	R02	10.000	10.500	17.000	17.000	15.000	10.000
3	M01	11.000	10.500	15.000	13.000	12.000	15.000
4	M02	12.000	10.500	16.000	13.000	12.000	22.000
5	O11	12.000	10.500	16.000	15.000	13.000	s 7.000
6	O12	12.000	10.500	16.000	17.000	15.000	5.000
7	R11	13.000	10.500	17.000	17.000	15.000	10.000
8	R12	13.000	10.500	15.000	13.000	12.000	15.000
9	R51	14.000	10.500	16.000	13.000	12.000	22.000
10	R52	14.000	10.500	16.000	15.000	13.000	s 7.000
11	M51	14.000	10.500	16.000	17.000	13.000	s 7.000
12	M52	14.000	10.500	17.000	17.000	17.000	s 6.500
13	M11	14.000	10.500	18.000	16.000	16.000	s 6.200
14	M12	14.000	10.500	17.000	17.000	17.000	s 6.000

s = schaduw



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydel-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

