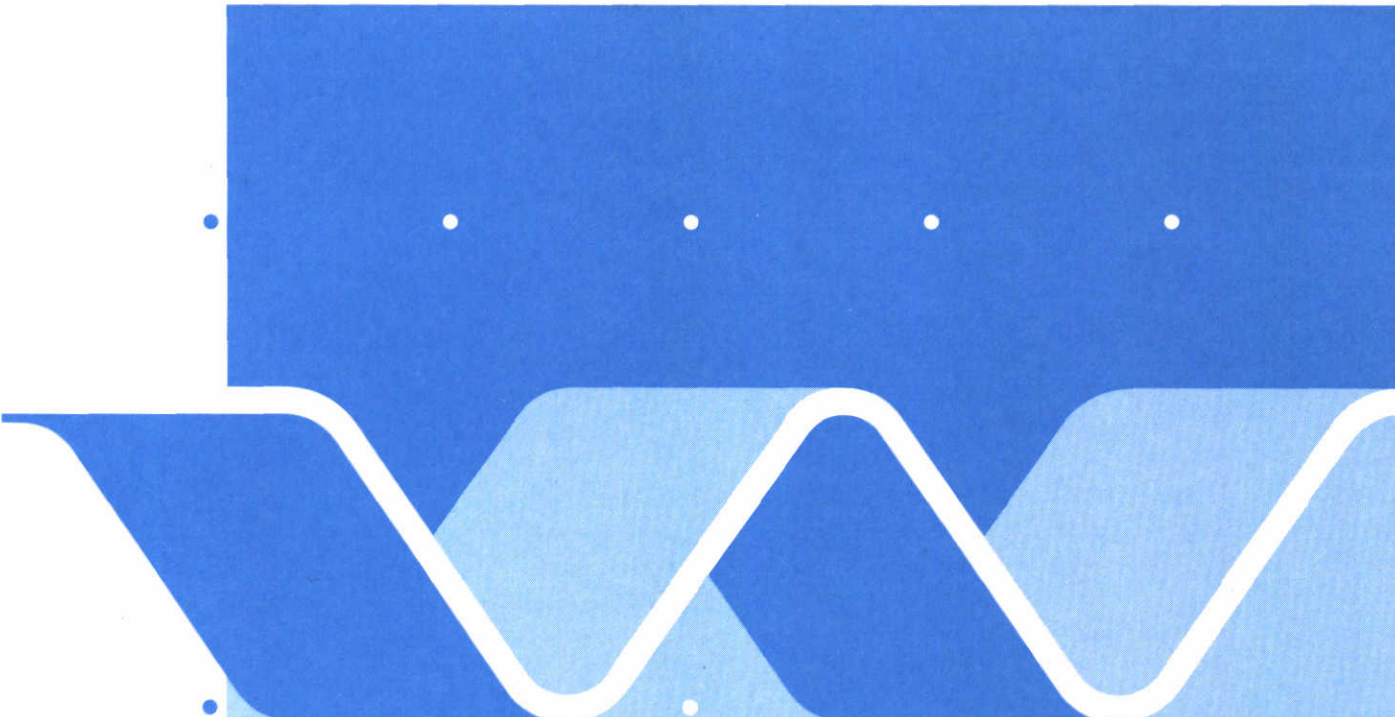




Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat

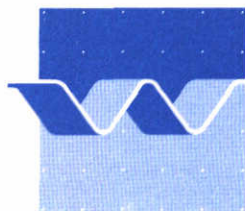
Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Onderzoek naar de sterkte
van graszoden van rivierdijken

Juni 1995

Onderzoek naar de sterkte van graszoden van rivierdijken

H.J. Verheij, D.G. Meijer, G.A.M. Kruse, G.M. Smith en M. Vesseur



waterloopkundig laboratorium|WL

Inhoud

Lijst van tabellen
 Lijst van figuren
 Lijst van foto's
 Lijst van bijlagen
 Lijst van symbolen

Rapportsamenvatting

1	Inleiding	1 — 1
1.1	Kader en opdracht	1 — 1
1.2	Achtergrond en doelstelling	1 — 1
2	Onderzoeksopzet en werkwijze	2 — 1
2.1	Inleiding	2 — 1
2.2	Golffaciliteit en instrumentatie	2 — 1
2.3	Selectie monsters rivierdijkzoden	2 — 2
2.4	Het steken en plaatsen van de zoden	2 — 10
2.5	Proevenprogramma	2 — 11
2.5.1	Bedekking en openheid van de zode	2 — 11
2.5.2	Sproeikoppoeven	2 — 14
2.5.3	Doorworteling van de bodem	2 — 15
2.5.4	N-, P- en K-gehalten	2 — 17
2.5.5	Grondclassificatie proeven	2 — 17
2.5.6	Uitvoering proeven in de Scheldebak	2 — 18
3	Meetresultaten	3 — 1
3.1	Veldonderzoek	3 — 1
3.1.1	Bedekking en openheid van de zode	3 — 1
3.1.2	Grondbeschrijving in het veld	3 — 4
3.1.3	Sproeikoppoeven	3 — 5
3.2	Laboratoriumonderzoek	3 — 7
3.2.1	Wortelonderzoek	3 — 7
3.2.2	N-, P- en K-gehalten	3 — 10
3.2.3	Grondclassificatieproeven	3 — 10
3.2.4	Grondbeschrijving voor, tijdens en na de proeven	3 — 11
3.2.5	Erosiecentrifugeproeven	3 — 13
3.2.6	Erosieproeven Scheldebak	3 — 13
3.3	Conclusies	3 — 14

Inhoud (vervolg)

4	Analyse	4 — 1
4.1	Hydraulische omstandigheden	4 — 1
4.2	Invloed vegetatie op erosie	4 — 3
4.2.1	Vegetatietype en beheerswijze	4 — 3
4.2.2	Bedekking en openheid van de zode	4 — 5
4.2.3	Wortelonderzoek	4 — 7
4.2.4	Sproeikopprouwen	4 — 9
4.2.5	Conclusies	4 — 10
4.3	Invloed substraat op erosie	4 — 11
4.4	Invloed golfbelasting op erosie	4 — 16
4.4.1	Slijterosie	4 — 16
4.4.2	Gaterosie	4 — 20
4.4.3	Conclusies	4 — 21
4.5	Conclusies	4 — 22
5	Conclusies	5 - 1

Literatuur

Tabellen

Figuren

Foto's

- Bijlagen:**
- 1 - Vegetatietypen
 - 2 - Vegetatie-opnamen
 - 3 - Wortelgegevens
 - 4 - Correlatiematrix
 - 5 - Maximale zone-gemiddelde erosiediepten
 - 6 - Maximale lokale erosiediepten
 - 7 - Afleiding functie graserosieconstante
 - 8 - Beschrijving zodemonsters en grondoppervlak
 - 9 - Beschrijving van een aantal zodemonsters van de lokaties 1 en 2

Lijst van tabellen

Tabellen in de lopende tekst

- 2.3-1 Combinaties van zandgehaltenes en beheerstypen met de daarbij voorkomende vegetatietypen
- 2.3-2 Gewenste vegetatietypen met bijbehorend zandgehalte en beheer
- 2.3-3 Lokaties van de Scheldebakzoden en de vegetatie-proefvlakken
- 2.3-4 Geselecteerde lokaties wat betreft vegetatietype, (globaal geschat) zandgehalte en (voorlopige inschatting) van beheer
- 2.3-5 Codering lokaties met waargenomen beheer en geschat zandgehalte

- 2.5-1 Gemiddelde gatgrootte bij de verschillende scores
- 2.5-2 Laagverdeling van de wortelmonsters met bijbehorend volume

- 3.1-1 Bedekking
- 3.1-2 Gemiddelde gatgrootte
- 3.1-3 Rico-absentiepercentage
- 3.1-4 Gemiddelde hoogteafname sproeikopproef
- 3.1-5 Afgespoeld materiaal sproeikopproef
- 3.2-1 N-, P-, K-gehaltenes
- 3.2-2 Samenvatting grondclassificatieproeven
- 3.2-3 Maximale erosiewaarden (mm) van de kunstmatige schades

- 4.4-1 Waarden voor erosiesnelheid E_{gras} en graserosieconstante C_E voor maximale zone-gemiddelde en maximale lokale erosiediepten (na 48 of 60 uur)
- 4.4-2 Classificering van de graszoden
- 4.4-3 Overzicht erosiesnelheden gaterosie

Tabellen achter de tekst

- 1 Herkomst en eigenschappen graszoden Scheldebakonderzoek
- 2 Proefprogramma Scheldebak
- 3 Classificatieresultaten grondparameters van de verschillende lokaties
- 4 Overzicht van erosietoestelresultaten en visuele waarneming van erosie en van geschatte korrelgrootte verdeling en doorworteling
- 5 Klasse-indeling gebruikt in de Figuren 3.28 tot en met 3.39

Lijst van figuren

Figuren in de lopende tekst

- 2.5-1 Raster ten behoeve van de Point-Quadrat methode
- 2.5-2 De concentrische ringen
- 3.1-1 Absentiepercentage tegen de straal van de ring voor de Scheldebak-zoden
- 3.1-2 Absentiepercentage tegen de straal van de ring voor de vegetatie-proefvlakken
- 3.2-1 Gemiddelde wortellengte per lokatie. Weergegeven is de totale wortellengte in m per dm³ grond in de bodemlaag van 0-30 cm
- 3.2-2 Gemiddelde wortelgewicht per lokatie. Weergegeven is het totale wortelgewicht in g per dm³ grond in de bodemlaag van 0-30 cm
- 3.2-3 Procentuele verdeling van de wortellengte over de verschillende bodemlagen
- 3.2-4 Procentuele verdeling van het wortelgewicht over de verschillende bodemlagen

- 4.2-1 Lokaties op volgorde van een laag naar een hoog gehalte
- 4.2-2 Lokaties op volgorde van bedekkingspercentage
- 4.2-3 Lokaties op volgorde van gemiddelde gatgrootte (cm²)
- 4.2-4 Lokaties op volgorde van rico-absentiepercentage
- 4.2-5 Lokaties op volgorde van wortellengte in m/dm³
- 4.2-6 Lokaties op volgorde van wortelgewicht in g/dm³
- 4.2-7 Lokaties op volgorde van hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikopproef (g)
- 4.2-8 Lokaties op volgorde van erosiesnelheid bij de Scheldebakproef (mm/uur)
- 4.2-9 Vergelijking tussen vegetatie-waarnemingen, sproeikopproef en Scheldebakproef
- 4.3-1 Lokaties op volgorde van de grondparameters
- 4.3-2 Lokaties op volgorde van de erosietoestelproef
- 4.4-1 Onderverdeling naar zones op het talud
- 4.4-2 Lokaties op volgorde van erosiesnelheid
- 4.5-1 Overzicht van de volgorde van de lokaties bij Scheldebakproef, sproeikopproef, erosietoestel, de verschillende vegetatie-waarnemingen en de grondparameters

- 5.1 Overzicht van de volgorde van de lokaties bij de Scheldebakproef, de sproeikopproef en de proef met het erosietoestel
- 5.2 Overzicht van de volgorde van de lokaties op basis van de vegetatieparameters
- 5.3 Overzicht van de volgorde van de lokaties op basis van de grondparameters

Figuren achter de tekst

- 2.1 Doorsnede opstelling en meetbrug
- 2.2 Doorsnede peillokaties
- 2.3 Controlepeiling zode 1
- 2.4 Detail kunstmatige schaden (zoden 1, 2, 6, 9, 12)
- 2.5 Energie spectrum, golfhoogte-overschrijdingskromme en reflectie coëfficiënten
- 2.6 Oploopoverschrijdingskromme
- 3.1 Verschilpeilingen zode 1a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.2 Verschilpeilingen zode 1b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.3 Verschilpeilingen zode 2a (gerelateerd aan de nulpeilingen)

- 3.4 Verschilpeilingen zode 2b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.5 Verschilpeilingen zode 3a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.6 Verschilpeilingen zode 3b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.7 Verschilpeilingen zode 4a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.8 Verschilpeilingen zode 4b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.9 Verschilpeilingen zode 5a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.10 Verschilpeilingen zode 5b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.11 Verschilpeilingen zode 6a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.12 Verschilpeilingen zode 6b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.13 Verschilpeilingen zode 7a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.14 Verschilpeilingen zode 7b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.15 Verschilpeilingen zode 9a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.16 Verschilpeilingen zode 9b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.17 Verschilpeilingen zode 10a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.18 Verschilpeilingen zode 10b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.19 Verschilpeilingen zode 11a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.20 Verschilpeilingen zode 11b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.21 Verschilpeilingen zode 12a (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.22 Verschilpeilingen zode 12b (gerelateerd aan de nulpeilingen)
- 3.23 Gaterosie zode 1 absolute peilingen en verschilpeilingen
- 3.24 Gaterosie zode 2 absolute peilingen en verschilpeilingen
- 3.25 Gaterosie zode 6 absolute peilingen en verschilpeilingen
- 3.26 Gaterosie zode 9 absolute peilingen en verschilpeilingen
- 3.27 Gaterosie zode 12 absolute peilingen en verschilpeilingen
- 3.28 Geschatte korrelgrootteverdeling en ligging monsters in korrelgrootteverdelingsdriehoek
- 3.29 Geschatte korrelgrootteverdeling en ligging monsters in plasticiteitsdiagram
- 3.30 Geschatte worteldichtheid in toplaag en ligging monsters in korrelverdelingsdriehoek
- 3.31 Geschatte worteldichtheid in toplaag en ligging monsters in plasticiteitsdiagram
- 3.32 Erosie volgens erosietoestel en ligging monsters in korrelverdelingsdriehoek
- 3.33 Erosie volgens erosietoestel en ligging monsters in plasticiteitsdiagram
- 3.34 Visuele waarneming erosie na 48 uur golven en ligging monsters in korrelverdelingsdriehoek
- 3.35 Visuele waarneming erosie na 48 uur golven en ligging monsters in plasticiteitsdiagram
- 3.36 Visuele waarneming erosie na 60 uur golven en ligging monsters in korrelverdelingsdriehoek
- 3.37 Visuele waarneming erosie na 60 uur golven en ligging monsters in plasticiteitsdiagram
- 3.38 Erosiesnelheid op basis van peiling en ligging monsters in korrelverdelingsdriehoek
- 3.39 Erosiesnelheid op basis van peiling en ligging monsters in plasticiteitsdiagram
- 4.1 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 1
- 4.2 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 2
- 4.3 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 3
- 4.4 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 4
- 4.5 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 5

- 4.6 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 6
- 4.7 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 7
- 4.8 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 9
- 4.9 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 10
- 4.10 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 11
- 4.11 Zone gemiddelde erosiediepte in de tijd, zode 12
- 4.12 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 1
- 4.13 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 2
- 4.14 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 3
- 4.15 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 4
- 4.16 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 5
- 4.17 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 6
- 4.18 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 7
- 4.19 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 9
- 4.20 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 10
- 4.21 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 11
- 4.22 Maximale lokale erosiediepte in de tijd, zode 12
- 4.23 Maximale lokale erosiesnelheden vs. maximale zone-gemiddelde erosiesnelheden
- 4.24 Vergelijking erosiesnelheden met Deltagootproeven 1992
- 4.25 Verloop gaterosie in de tijd (zoden 1, 2, 6, 9 en 12)
- 4.26 Relatie tussen gemeten en berekende waarde van graserosieconstante c_E
- 4.27 Vergelijking gaterosie met slijterosie
- 4.28 Toelaatbare belastingduur versus golfhoogte

Lijst van foto's

- 2.1 Opstelling in de golfbak
- 2.2 Het snijmes
- 2.3 Prepareren voor het snijden van een monster
- 2.4 Het snijden van het monster
- 2.5 Zij-aanzicht monster 4 (Boven Leeuwen)
- 2.6 De stalen onderplaat en zijkant
- 2.7 Het beschadigde gebied na het steken
- 2.8a Onderkant zode 7 na 48 uur golven
- 2.8b Bovenkant monster 7 na 48 uur
- 2.9 Kunstmatige schades zoden 1 en 2 begintstaat
- 2.10 Kunstmatige schades op zoden 1 en 2 na 12 uur golven
- 2.11 De proefopstelling van de sproeikopproef
- 2.12 Methode om de relatieve bodemhoogte te bepalen
- 3.1 Lokatie 8 voor de sproeikopproef
- 3.2 Lokatie 8 na de sproeikopproef
- 4.1 Voorbeeld van een slecht erosiebestendige vegetatie (lokatie 8)
- 4.2 Voorbeeld van een goed erosiebestendige vegetatie (lokatie 6)

Lijst van symbolen

B	bedekkingsgraad	%
c_E	graserosieconstante	$m^{-1}s^{-1}$
d	zodedikte	m
E_{gras}	erosiesnelheid	m/s
F	gehalte afslibbaar materiaal	%
G	gatgrootte	m^2
H_s	significante golfhoogte	m
h	waterdiepte	m
K	kalium gehalte	mg/kg
L	lutum gehalte	%
N	stikstof gehalte	mg/kg
P	fosfor gehalte	mg/kg
PI	plasticiteitsindex	%
R	rico-absentie	%
$Ru_{2\%}$	maximale golfoploop	m
r	golfoploopreductiefactor	-
s_{op}	golfsteilheid	%
T_p	piekperiode golven	s
t	tijd	s
u	stroomsnelheid	m/s
V	vloeigrens	%
W_g	wortelgewicht	g/dm^3
W_l	wortellengte	m/dm^3
WL	vloeigrens	%
W(o)	doorworteling onderste deel graszode	-
W(t)	doorworteling bovenste deel graszode	-
y	erosiediepte	m
Z	zand gehalte	%
α	taludhoek	grad
α	coëfficiënt	-
β_i	exponent ($i = 1..3$)	-
γ	veiligheidscoëfficiënt	-
ξ_{op}	brekerparameter	-

Rapportsamenvatting

Onderzoek is uitgevoerd naar de sterkte van graszoden van rivierdijken onder maatgevende omstandigheden. Meer specifiek is onderzocht de minimale erosiesterke van verschillende grasmatten op rivierdijken om een gegeven belastingsituatie zonder aanmerkelijke schade te doorstaan. Hiertoe zijn zoden, gestoken op geselecteerde lokaties in het bovenrivierengebied, in grootschalige experimenten in een golfbak getest. De zoden zijn belast met een significante golfhoogte van 0,31 m, bijbehorende golfperiode 2,5 s. De taludhelling bij de experimenten bedroeg 1:3. Daarnaast is onderzocht wat de voorspellende waarde is van kleinschalige experimenten, te weten de sproeikopproef en het erosietoestel. Ook zijn veronderstelde relaties getoetst met parameters die de kwaliteit van een grasmatt of de kwaliteit van de ondergrond beschrijven, zoals bedekkingspercentage, worteldichtheid, vloeigrens, zandgehalte, etc.

Het onderzoek heeft plaats gehad in de maanden maart tot en met juni 1994 voor zover het betreft de verschillende laboratorium en veldexperimenten. In de periode daarna tot en met mei 1995 zijn de proeven beschreven, geanalyseerd en is het verslag samengesteld. Opdracht tot het onderzoek is gegeven door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat. Aanleiding daartoe waren ideeën die leefden bij de projectgroep A3 "Grasland als dijkbekleding" van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) en de Unie van Waterschappen. Onderzoek en verslaglegging stonden onder leiding van het Waterloopkundig Laboratorium (WL), maar is gezamenlijk met Grondmechanica Delft (GD), de vakgroep Terrestrische Oecologie en Natuurbeheer (TON) voor de Landbouw Universiteit Wageningen en de Adviesgroep Vegetatiebeheer (AV) van het Informatie en Kennis Centrum Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij uitgevoerd.

In Hoofdstuk 1 is informatie gegeven inzake kader van de opdracht, doelstelling en enkele achtergronden. In Hoofdstuk 2 is een beschrijving gegeven van de uitgevoerde experimenten. Uitgebreid is ingegaan op de selectie van de te beproeven zoden en het steken en plaatsen van de zoden in de golffaciliteit, die vervolgens is beschreven. Verder komen aan de orde de diverse proeven om de vegetatiekenmerken te bepalen, de grondclassificatieproeven en de eigenlijke proeven in de golffaciliteit. In Hoofdstuk 3 zijn de meetresultaten gepresenteerd; eerst de resultaten van het veldonderzoek en daarna de laboratoriumproeven. In Hoofdstuk 4 zijn de verkregen gegevens geanalyseerd. Nagegaan is welke invloed de vegetatie, het substraat en de golfbelasting hebben op de erosiebestendigheid van de diverse grasmatten. In Hoofdstuk 5 tenslotte zijn conclusies getrokken.

Conclusies

Samenvattend kan worden gesteld dat het onderzoek het trekken van conclusies mogelijk maakt ten aanzien van de minimale erosiesterke van een grasmatt, de waarde van kleinschalige experimenten, en de waarde van sterkteparameters die de kwaliteit van de grasmatt en de ondergrond worden verondersteld te beschrijven. Geen conclusies zijn mogelijk wat betreft een integrale, kwantitatieve beschrijving van de sterkte op basis van sterkteparameters en bezwijkmechanismen. De reden hiervoor is dat het onderhavige onderzoek vergelijkend van opzet en karakter was, daarbij uiteraard er naar strevend de maximaal mogelijke kwantitatieve informatie te ontfangen aan de onderzoeksresultaten. Bovendien moet worden aangetekend dat een alomvattend model nog niet bestaat.

De getrokken conclusies zijn:

- De geselecteerde monsters van graszoden vertegenwoordigen in voldoende mate het gehele spectrum van slecht tot goed erosiebestendige grasmatten. Alle beheertypen zijn vertegenwoordigd behalve intensief hooien (met bemesting), maar dit type komt (vrijwel) niet voor op rivierdijken. De monsters bezitten een zandgehalte van 20 à 40% uitgezonderd één intensief beweide monsters (lokatie 10: hoog zandgehalte 48%) en twee extensief beweidde monsters (lokatie 6 en 7: beide laag zandgehalte). Monsters met werkelijke hoge zandgehalten, groter dan 50%, ontbreken. De gezochte plantengemeenschappen zoals: stroomdalgrasland, glanshaverhooiland, verruigd hooiland en productie weiland, zijn ook daadwerkelijk gevonden. Een uitzondering vormen de kamgrasweiden (wel gezocht, maar niet gevonden; voorkomend bij extensief beweiden) en schraal hooiland (te zeldzaam om te beproeven en derhalve ook niet naar gezocht).
- Het onderzoek mag representatief worden gesteld voor grasmatten op dijken in het bovenrivierengebied gezien de beproefde grasmatten en de belastingcondities. Voorwaarde is wel dat de resultaten worden toegepast op volgroeide grasmatten en niet op grasmatten van twee jaar of jonger. Relevant is verder dat de onderzochte monsters gestoken zijn in het begin van het groeiseizoen (april).
- De proeven hebben aangetoond dat grasmatten op een erosiebestendig substraat (minder dan 40% zand) met een beheer bestaande uit beweiden of maaien, een maatgevend geachte belastingconditie (golfhogte 0,30m, duur van de belasting 60 uur) zonder aanmerkelijke schade doorstaan (maximale lokale erosiediepte minder dan 50 mm). Klepelmaaien daarentegen resulteert in slecht-erosiebestendige grasmatten. Een en ander is een bevestiging van eerder uitgevoerde studies (Fliervoet, 1992).
Initiële beschadigingen, aanwezig in de vorm van gangen danwel daartoe opzettelijk aangebracht in enkele zoden tijdens de proeven, resulteerden evenmin in aanmerkelijke schade.
- De mate van bedekking van de zode blijkt een goede voorspeller te zijn wat betreft de erosiebestendigheid van de grasmat. Bij een bedekkingspercentage van meer dan 70% is er sprake van een voldoende erosiebestendige grasmat. Alle andere sterkteparameters zijn niet voldoende onderscheidend, uitgezonderd de gemiddelde gatgrootte die evenwel een relatie heeft met de mate van bedekking.
Tot op heden wordt de mate van doorworteling verantwoordelijk gehouden voor de erosiebestendigheid van een grasmat (van der Zee, 1992). Dit is ook logisch, omdat een dicht wortelnet in principe grond beter vasthoudt dan weinig of geen wortels. De resultaten spreken dit niet tegen, maar zijn ook geen aanleiding dit sterkte-aspect als onderscheidend te beschouwen.

- Sproeikopprouwen blijken een goede correlatie te geven met de erosiebestendigheid volgens proeven met werkelijke monsters. Dit houdt in dat de resultaten van eerdere onderzoeken waarbij de erosiebestendigheid met een sproeikopprouf is bepaald, een goede indicatie geven van de erosiebestendigheid. De resultaten van de proeven met het erosietoestel blijken ook een goed verband te vertonen, mits voldoende monsters worden beproefd. Het laatste is noodzakelijk vanwege de grote variatie in samenstelling van een graszode zelfs op een klein oppervlak.
- Een eerder afgeleide kwadratische relatie tussen de erosiesnelheid E_{gras} en de significante golfhoogte H_s werd bevestigd (Meijer, 1994). De relatie luidt:

$$E_{\text{gras}} = c_E H_s^2 \quad (5.1)$$

met:

E_{gras} = erosiesnelheid (m/s)

c_E = graserosieconstante ($\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$)

H_s = significante golfhoogte (m)

De coëfficiënt c_E is een functie van de sterkte-eigenschappen van de grasmat en de ondergrond, maar ook van belastingparameters. Een simpele methode voor de bepaling van de waarde van c_E van bestaande grasmatten is nog niet beschikbaar. De resultaten van de grootschalige proeven geven aanleiding tot de volgende conservatieve classificatie:

mate van erosiebestendigheid	verwachtingswaarde graserosieconstante
goed	0,5 à 1,5.10 ⁻⁶
matig	1,5 à 2,5.10 ⁻⁶
slecht	2,5 à 3,5.10 ⁻⁶

Deze resultaten zijn in lijn met de Deltagootproeven uit 1992 waar een goede grasmat is beproefd en waarbij een waarde van c_E gelijk aan $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$ kon worden afgeleid.

- De kwaliteit van graszoden op dijken varieert sterk, zowel in lengterichting van de dijk als langs het talud. In het onderzoek zijn alleen de verschillen nagegaan (of de gevolgen ervan onderzocht) die op kleine schaal bestaan, dat wil zeggen op een schaal van een meter of minder.
- De golfploopreductiefactor voor een grastalud belast door lage golven, bedraagt 0,55 (overeenkomstig eerdere resultaten).

Aanbevelingen

De resultaten van het onderzoek zijn aanleiding de volgende aanbevelingen te doen:

- Als een uitspraak moet worden gedaan ten aanzien van de erosiebestendigheid van een grasmat geeft de volgende procedure daartoe een geschikte mogelijkheid:
 - wijze van beheer in samenhang met de erosiebestendigheid van het substraat
 - mate van bedekking van de zode
 - sproeikopproef of erosietoestelproef
 - grootschalige proef
- Een conservatieve schatting van de toelaatbare belastingduur gegeven zodedikte, golfhoogte en grasmatkwaliteit kan worden bepaald met Figuur 4.28. Deze Figuur is gebaseerd op de eerder vermelde waarden voor de graserosieconstante en in wezen dus alleen getoetst voor de proefomstandigheden. Aanbevolen wordt de grafiek voorlopig niet te gebruiken voor golfhoogten groter dan 0,75 m, omdat voor hogere golven ook de samenhang van de gehele graszode bepalend kan zijn voor de erosiebestendigheid.

1 Inleiding

1.1 Kader en opdracht

In de maanden maart tot en met juni 1994 heeft het Waterloopkundig Laboratorium (WL) samen met Grondmechanica Delft (GD), de vakgroep Terrestrische Oecologie en Natuurbeheer (TON) van de Landbouw Universiteit Wageningen en de Adviesgroep Vegetatiebeheer (AV) van het Informatie en KennisCentrum Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij een onderzoek uitgevoerd naar de sterkte van graszoden van rivierdijken onder maatgevende omstandigheden. Het betreft een fysisch modelonderzoek op prototypeschaal in het laboratorium, waarvoor WL op 29 maart 1994 een onderzoeksvoorstel heeft ingediend bij Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW). Het onderzoeksvoorstel vindt zijn basis in ideeën die daaromtrent leefden bij de projectgroep A3 "Grasland als dijkbekleding" van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) en de Unie van Waterschappen. De opdrachtverlening heeft in fasen plaatsgevonden uitlopend in een definitieve overeenkomst (kenmerk WB/CX-943812, overeenkomstnummer DWW-851 d.d. 18 augustus 1994) tussen DWW en WL.

Projectleider van de zijde van DWW was ir. J.W. Seijffert. De dagelijkse gang van zaken werd begeleid door ing. J.A. Muijs. Het projectteam dat de werkzaamheden heeft uitgevoerd bestaat uit de volgende personen:

- ir. T. van der Meulen, algemeen projectleider (WL)
- ir. H.J. Verheij, specialistische toelevering (WL)
- G.M. Smith, M.Sc., project uitvoerder (WL)
- ir. D.G. Meijer, analyse resultaten (WL)
- dr. L.M. Fliervoet, coördinator vegetatieaspecten (AV)
- dr. K.V. Sykora, specialistische toelevering (TON)
- ir. M. Vesseur, vegetatieonderzoek (AV/TON)
- ir. E.J. de Haan, substraat-onderzoek (GD)
- drs. G. Kruse, specialistische toelevering (GD)

De rapportage is gezamenlijk verzorgd door de deelnemende partijen WL, GD, AV en TON. De eindredactie was in handen van ir. H.J. Verheij van het WL.

1.2 Achtergrond en doelstelling

Het grootste gedeelte van het oppervlak van (rivier)dijken in Nederland is bekleed met een grasmat. Het betreft weliswaar niet de zwaarste door het water aangevallen plaatsen, maar voldoende erosiebestendigheid is wel een eis. De afgelopen jaren is een toenemende behoefte te constateren bij waterkeringbeheerders voor rekenregels waarmee verschillende grasbekledingen kunnen worden beoordeeld wat betreft hun effectiviteit om het dijklichaam te kunnen beschermen. Zowel de mogelijke verschillende bezwijkmechanismen als de sterkteparameters dienen nog goed gedefinieerd te worden. Daarom is in de afgelopen tien jaar onderzoek van verschillende aard gedaan naar deze aspecten.

In 1983 is in de Deltagoot van WL onderzoek gedaan naar de sterkte van een oude Friese zeedijk, op een helling van 1:8 onder zware golfaanval (significante golfhoogte maximaal 1,85 m; duur belasting 28 uur).

Die grasmat bleek verbazingwekkend sterk te zijn onder de aangebrachte belasting.

In 1989 is een aantal (winter)grasmatten met sterk verschillende eigenschappen gestoken uit verschillende rivierdijken en langdurig belast met lage regelmatige golven in een golfgoot op de TUD (gemiddelde golfhoogte 0,20 à 0,30 m). Ook grasmatten waarin een initiële schade (gat) aanwezig is, zijn beproefd. Gemeten is het verloop van erosie in de tijd. Uit de resultaten blijkt dat de erosie lineair in de tijd verloopt voor alle onderzochte omstandigheden. De belasting leidde tot òf bezwijken van de grasmat binnen 1 dag òf weinig erosie in vele dagen.

In 1992 is in de Deltagoot van WL weer onderzoek uitgevoerd op een Friese zeedijk. Deze keer is een grasdijk op helling 1:4 belast met zowel hoge als lage golven (significante golfhoogten respectievelijk 1,35 m en 0,76 m, golfsteilheid ongeveer 4%). Ook hier bleek de grasdijk veel erosiebestendiger dan verwacht. Onderkend zijn zones op het talud waarin de erosiesnelheid sterk verschilt. Ook is onderscheid gemaakt tussen slijtage over het gehele oppervlak en geconcentreerde gatgroei in die zones. Uit het beperkte aantal proeven blijkt de erosiesnelheid niet-lineair met de golfhoogte te verlopen.

Deze onderzoeken hebben informatie opgeleverd over verschillende aspecten van de erosiebestendigheid van grasmatten maar er ontbreekt nog een systematische, integrale kwantitatieve beschrijving van de belangrijkste sterkte parameters en bezwijkmechanismen.

Het onderhavige onderzoeksvoorstel zal deze lacune ook niet opvullen, daar er sprake is van vergelijkend onderzoek. De doelstelling daarbij is driedelig:

- 1 Het kwantificeren van de minimale erosiesterke van verschillende grasmatten op rivierdijken om een gegeven belastingsituatie zonder aanmerkelijke schade te doorstaan.
- 2 Het leggen van empirische relaties tussen de sterkte- en belastingparameters en het koppelen van de resultaten met al eerder uitgevoerde onderzoeken.
- 3 Het aanschouwelijk maken van het erosieproces.

Deze drie doelen kunnen worden bereikt door in een vergelijkend onderzoek de voortgang van de erosie te meten van een aantal grasmatten met verschillende (sterkte)parameters (vegetatietype, beheerswijze, bedekkingsgraad, doorworteling, bodemsamenstelling) voor één belastingsituatie. Ook de sterkteparameters dienen dus te worden bepaald.

Onder de erosiesterke van een grasmat zal worden verstaan de minimale tijdsduur gegeven een bepaalde belastingconditie, alvorens de grasmat wordt verondersteld te zijn bezwiken. De erosiesterke zal worden vastgesteld met grootschalige proeven met een golfbealsting. Daarnaast zullen kleinschalige proeven met de methode volgens de sproeikop en het erosietoestel worden uitgevoerd. Dit biedt de mogelijkheid de resultaten hiervan te toetsen aan de grootschalige proeven en een uitspraak te doen over de representativiteit ervan. Het aanschouwelijk maken van het erosieproces tenslotte werd bereikt door gedetailleerde video-opnames te maken gedurende het gehele onderzoek.

2 Onderzoeksopzet en werkwijze

2.1 Inleiding

Het onderzoek is in het voorjaar van 1994 gezamenlijk uitgevoerd door WL, AV, TON, GD en DWW en kende de volgende fasen:

- a) het kiezen en steken van twaalf monsters uit geschikte rivierdijken,
- b) het uitvoeren van een erosieproef met golfbelasting op de monsters,
- c) het uitvoeren van de vegetatie-opnamen aan alle monsters en in het veld,
- d) het bepalen van kenmerkende grondparameters en bodemchemische eigenschappen van alle monsters en in het veld,
- e) het analyseren van de resultaten en het leggen van relaties (ook met eerdere eerdere onderzoeken).

Het zoeken van geschikte steeklocaties heeft plaatsgevonden tussen midden maart en midden april 1994. De benodigde twaalf monsters werden gestoken tussen 20 april en 26 april. De erosieproef in de golf faciliteit is uitgevoerd tussen 2 mei en 24 mei.

De vegetatie-opnamen zijn uitgevoerd voor het bepalen van onder andere plantengemeenschap, bedekkingsgraad en worteldichtheid.

Grondparameters en bodemchemische kenmerken hebben betrekking op korrelverdeling, Atterbergse grenzen, stikstof en kaliumgehalte, etc. Verder is een grondbeschrijving uitgevoerd.

Kleinschalige erosieproeven volgens de spoeikopmethode en met het erosietoestel zijn uitgevoerd om een koppeling te leggen met enerzijds de grootschalige proeven met golfbelasting in de Scheldebak, en anderzijds met de ervaringen van eerdere proeven met deze kleinschalige proefmethoden op andere vegetaties.

2.2 Golf faciliteit en instrumentatie

De grootschalige erosieproef is uitgevoerd in de Scheldebak, een golf faciliteit van WL in De Voorst. Deze golfbak is 1,20 m diep, 35 m lang en 14 m breed. Het golfschot is eveneens 14 m breed en kan zowel regelmatige als onregelmatige golven opwekken.

Voor het onderhavige onderzoek is een 1:3 helling ingebouwd met de teen op 18 m afstand van het golfschot. Het talud bestond uit grind, afgewerkt met een laag beton en was doorgetrokken tot een hoogte van 1,70 m boven de vloer van de golfbak. Een ruimte van 3,3 m x 12 m x 0,35 m werd opengelaten voor de zoden. De teen van de graszoden lag op 0,15 m hoogte en de bovenkant op 1,10 m hoogte. De totale breedte van de 12 zoden was 8,9 m. Nadat alle zoden geplaatst waren, werden de overblijvende ruimten ernaast en erboven opgevuld met grind en afgewerkt met een laag beton. Een Enkamat type 7220 werd bevestigd op de betonnen delen van het talud om de ruwheid van gras te simuleren. Met deze maatregel is ervoor gezorgd dat de oploop op beton plus Enkamat ongeveer gelijk was aan die op het gras. Daardoor worden eventuele asymmetrieën in het golfbeeld door ongelijke golfoploop voorkomen.

Een verplaatsbare meetbrug is gebouwd boven de zoden, van waaraf de peilingen en inspecties zijn uitgevoerd (zie Figuur 2.1 en Foto 2.1).

De instrumentatie van het model bestond uit twee golfhoogtemeters (GHM's) en een oplopmeter (OPL), zijnde een capacitieve draad. De GHM's waren geplaatst in het midden van de golfbak, in een lijn haaks op de golfkammen. De OPL is geplaatst naast graszode 1, waar het talud bestond uit een Enkamat op beton. Dit zorgt voor een constant referentiepunt voor de oploop. Als de OPL werd boven een graszode dan zouden de veranderingen in ruwheid en/of erosie effecten kunnen hebben op de oploop.

De erosie is vastgesteld aan de hand van peilingen. Deze zijn handmatig uitgevoerd vanaf de meetbrug. Daartoe is een peilstok gebruikt om de hoogten van de meetpunten ten opzichte van een dwarsbalk op de brug vast te kunnen stellen. De meetpositie in horizontale zin (in dwars- en lengterichting) was gerelateerd aan de bovenkant van de zoden. Tijdens een meting werd de meetbrug vastgezet met wiggen.

De peilstok zelf was voorzien van een hoekijzer dat er voor zorgde dat de peilstok altijd vertikaal bleef, wanneer die tegen de dwarsbalk gehouden werd. Aan het einde van de peilstok was een rond dopje aangebracht met een diameter van 12 mm. Het gewicht van de stok bedroeg 1,15 kg. Aflezingen konden worden gedaan met een nauwkeurigheid van een millimeter. Andere factoren, zoals de aanwezigheid van vegetatiebladen of stenen onder het peildopje, of het door het eigen gewicht van de stok in de grond drukken, kunnen tot onnauwkeurigheden leiden. Ook kon de horizontale lokatie van sommige punten variëren. Vooral voor punten onder aan het talud, die zich ongeveer 1,5 m onder de meetbrug bevonden, kon de lokatie van het dopje variëren met ongeveer 3 à 5 mm door het wiebelen van de stok. Voor de meetnauwkeurigheid die hierbij in het geding is wordt verwezen naar Paragraaf 2.5.6. Een controlepeiling voorafgaand aan de eigenlijke metingen, resulteerde in een maximale meetonnauwkeurigheid van 3 mm (zie Figuur 2.3). Het betreft hier in wezen de onnauwkeurigheid in het meetsysteem zelf.

2.3 Selectie monsters rivierdijkzoden

Randvoorwaarden voor de vegetatie, beheerswijze en grondsoort van de te selecteren monsters zijn door de TAW-A3 projectgroep "Grasland als dijkbekleding" vastgesteld. Lokaties die aan de randvoorwaarden voldeden zijn gezocht door TON met gebruikmaking van hun bestand van vegetatie-opnamen op rivierdijken. Voor het zo efficiënt mogelijk uitvoeren van het steken van de monsters is geprobeerd lokaties te vinden die zo dicht mogelijk bij elkaar lagen. Na het bekijken van de gegevens in het bestand van vegetatie-opnamen bleek dit ook grotendeels realiseerbaar te zijn.

Die gekozen lokaties zijn daarna in het veld bekeken door leden van WL, AV, TON, GD en DWW om te controleren of de gegevens in het bestand van vegetatie-opnamen nog klopten met de werkelijk aanwezige vegetatie en of de lokaties toegankelijk waren voor de steekapparatuur. Verder werd geëist dat de monsters een zo vlak mogelijk oppervlak hadden, zonder storende effecten van, o.a. molshopen, kale plekken, veepadten. Dit bleek echter moeilijk te realiseren. Dit had deels te maken met het feit dat er twee hoogwater perioden waren geweest in de maanden ervoor.

Het steken van en het uitvoeren van de erosieproef op de uiteindelijk gekozen monsters wordt beschreven in respectievelijk de Paragrafen 2.4 en 2.5 van dit rapport.

Voor het bepalen van de vegetatie-kenmerken van de monsters zijn de bedekkingsgraad, alsmede de aanwezige plantengemeenschap, opgenomen tegelijk met het steken van de zoden. Ook zijn monsters genomen ten behoeve van het bepalen van de worteldichtheid en de K-, N- en P-gehalten (kalium, stikstof en fosfor) van de grond. Later zijn sproeikopproeven uitgevoerd in het veld op alle lokaties. Deze activiteiten zijn verder beschreven in Hoofdstuk 3.

Tegelijk met het steken van de zoden zijn grondmonsters gestoken voor de proeven met het erosietoestel. Bij elke lokatie zijn 4 monsters van ongeveer 30 x 30 x 30 cm³ gestoken, naast de uit te steken zode voor de Scheldebakproeven. Verdere details hierover zijn gegeven in Hoofdstuk 3.

Het oorspronkelijke uitgangspunt bij de selectie van de monsters was een combinatie van verschillende grondsoorten met verschillende beheerstypen. Het verschil in grondsoort heeft betrekking op het zandgehalte, dat is weergegeven in drie categorieën: hoog (> 40%), middel (20 - 40%) en laag (< 20%). Het beheer is onderverdeeld in vijf categorieën: beweiden intensief (met bemesting), beweiden extensief (zonder bemesting), hooien intensief (met bemesting), hooien extensief (zonder bemesting) en klepelen/maaien zonder afvoer van het maaisel. Bij de verschillende combinaties van zandgehalte en beheer zijn één of twee bij die combinatie voorkomende plantengemeenschappen te geven. In Tabel 2.3-1 is een overzicht gegeven (de nummers geven het vegetatietype aan, zie hiertoe ook Bijlage 1). Intensief hooien is op rivierdijken zeldzaam; hier kon daarom geen bijbehorend vegetatietype worden aangegeven.

beheers- wijze	beweiden (W)		hooien (H)		klepelen/ maaien zonder afvoer (K)
	intensief (WI) + mest	extensief (WE) - mest	intensief (HI) + mest	extensief (HE) - mest	
zand- gehalte					
hoog (H)	11	1, 2		1, 2	9
middel (M)	11	(7), 10		5, 7	9
laag (L)	11	10			9

Toelichting: 1 = stroomdalgrasland, 2 = stroomdalgrasland, 5 = schraal hooiland, 7 = glanshaverhooiland, 9 = verruigd hooiland, 10 = kamgrasweiland, 11 = productie weiland

Tabel 2.3-1 Combinaties van zandgehalten en beheerstypen met de daarbij voorkomende vegetatietypen

De verschillende vegetatietypen kunnen beschouwd worden als het resultaat van een bepaald beheer op een bepaalde bodem. Om zoveel mogelijk vegetatietypen te kunnen meenemen in de proef, is de uiteindelijke keuze vooral gebaseerd op de vegetatietypen, waarbij bij één vegetatietype soms meerdere zandgehaltecategorieën of beheersvormen zijn ingevuld. In Tabel 2.3-2 zijn de gezochte combinaties aangegeven. Op deze wijze ontstonden 12 combinaties waar steeklokaties voor gezocht moesten worden.

veg.- type	zandgehalte			beheer				aantal monsters
	L	M	H	WE	WI	HE	K	
1			x	[x]		[x]		2
2			x	[x]		[x]		2
5	x	[x]	x			x		0*)
7		x				x		1
9	[x]	[x]	[x]				x	3
10	x	x	x	x				1
11	[x]	[x]	[x]		x			3
frequentie beheerstypen (bij benadering)				5%	60%	5%	30%	12

[x] keuzekriterium

*) vegetatietype 5 is te zeldzaam om op rivierdijken te beproeven

Tabel 2.3-2 Gewenste vegetatietypen met bijbehorend zandgehalte en beheer

Mogelijke lokaties zijn in eerste instantie gezocht uit het bestand van vegetatie-opnamen op rivierdijken van de TON. Deze gegevens bleken echter niet toereikend om twaalf lokaties te selecteren. Er waren slechts weinig opnamen van buitentaluds, gegevens over grondsoort en beheer waren niet van elke opname beschikbaar en sommige opnamen waren te veel verouderd. De keuze werd nog beperkt omdat werd geprobeerd de lokaties te zoeken binnen een zo beperkt mogelijk aantal waterschappen, liefst zo dicht mogelijk bij het laboratorium in De Voorst. De uit het bestand geselecteerde opnamen zijn in het veld gecontroleerd op daadwerkelijke aanwezigheid van het gezochte vegetatietype en het vermoedelijke huidige beheer. Het zandgehalte werd globaal geschat en later gecontroleerd door monsteranalyse. Voor zover de gegevens uit het bestand van vegetatie-opnamen niet toereikend waren, zijn in het veld nieuwe lokaties gezocht.

Doordat de lokatiekeuze al in het vroege voorjaar moest plaatsvinden kon slechts een globale indicatie van de betreffende vegetaties verkregen worden. Daarom zijn later in het jaar opnieuw vegetatie-opnamen op de gekozen lokaties gemaakt.

De opnamen van de zoden voor de proeven in de Scheldebak zijn gemaakt tijdens of vlak na het steken, in de tweede helft van april. Tegelijkertijd werd naast de Scheldebak-zode, in dezelfde homogene vegetatie, een proefvlak (hierna 'vegetatie-proefvlak' genoemd) uitgezet om in de zomer opnieuw een vegetatie-opname van te maken. De vegetatie-proefvlakken waren 5m breed (evenwijdig aan de dijk) en 4 m lang (loodrecht op de dijk), behalve bij lokatie 5, daar was het vegetatie-proefvlak 2 x 4,5 m, omdat de vegetatie daar niet homogeen was, maar bestond uit min of meer homogene stroken loodrecht op de dijk. Van de vegetatie-proefvlakken werden tegelijk met de opnamen van de Scheldebak-zoden de voorjaarssorten genoteerd. De opnamen in de zomer vonden plaats in de periode 21-23 juni. De abundanties werden weergegeven met de Braun-Blanquet schaal. De vegetatie-opnamen zijn weergegeven in Bijlage 2. Op basis van de twee vegetatie-opnamen per lokatie werd een typering van de vegetatie gemaakt, gebaseerd op (Westhof en Den Held, 1969) en (Van der Zee, 1992). De opnamen van het vegetatie-proefvlak waren hierbij steeds het belangrijkste, omdat in de opnamen van de Scheldebak-zoden door het vroege tijdstip in het

groeiseizoen veel soorten ontbraken. Daarnaast waren de Scheldebak-zoden te klein om als goed, representatief, proefvlak voor Braun-Blanquet opnamen te functioneren.

Doordat de lokatiekeuze op korte termijn moest plaatsvinden is ook de beheerswijze in eerste instantie globaal ingeschat en pas na de definitieve lokatiekeuze geverifieerd.

Tabel 2.3-3 geeft een overzicht van de lokaties van de proefvlakken.

nr	lokatie
1	Olst, bij km-paal (van de weg) 10.7 (IJssel)
2	Olst, bij km-paal (van de weg) 10.5 (IJssel)
3	Heerewaardense afsluitdam bij Rossum (Waal/Maas)
4	Boven-Leeuwen, dijkpaal 250 (Waal)
5	Overasselt, dijkpaal 86 (Maas)
6	Oosterhout, dijkpaal 183 (Waal)
7	Oosterhout, dijkpaal 196 (Waal)
8	Heteren, dijkpaal 270 (Nederrijn)
9	Heteren, dijkpaal 271 (Nederrijn)
10	Lexkesveer, dijkpaal 303 (Nederrijn)
11	Jaarsveld, iets ten oosten van polstokverspring-lokatie (Lek)
12	Jaarsveld, bij polstokverspring-lokatie (Lek)

Tabel 2.3-3 Lokaties van de Scheldebakzoden en de vegetatie-proefvlakken

De uiteindelijk beproefde zoden blijken achteraf, na verifiëring van het zandgehalte, het beheer en de vegetatie niet helemaal overeen te komen met de gewenste combinaties van vegetatietype met zandgehalte en beheer, zoals weergegeven in Tabel 2.3-2. In Tabel 2.3-4 is per gezochte combinatie het nummer van de proeflokatie aangegeven. Na de tabel wordt per lokatie aangegeven in hoeverre de beproefde zoden na verifiëring inderdaad bleken te voldoen aan de gezochte combinatie van vegetatietype, zandgehalte en beheer.

vegetatie- type*	zandgehalte			beheer				aantal monsters
	L	M	H	WE	WI	HE	K	
1			x	[1]		[2]		2
2			x	[5]		[x]		1
7		x				[3] [12]		2
9	[7]	[8]	[x]				x	2
10	x	x	x	[6]				1
11	[x]	[9] [4] [10]			x			3

Toelichting: *) nummering volgens Bijlage 1, zie ook Tabel 2.3-1.

[1] t/m [12] nummers van de lokaties waar de betreffende combinatie van vegetatietype, zandgehalte en beheer aanwezig zou moeten zijn. Lokatie [11] is niet in de tabel ingedeeld (verklaring in onderstaande tekst).

Tabel 2.3-4 Geselecteerde lokaties wat betreft vegetatietype, (globaal geschat) zandgehalte en (voorlopige inschatting) van beheer

Lokatie 1 - Olst:

De vegetatie van dit proefvlak komt overeen met de gezochte vegetatie, namelijk Arrhenatheretum, subassociatie brizetosum, variant met Galium verum en Pimpinella saxifraga (hoofdgroep 1, gemeenschap 2: vegetatietype 1, droog stroomdalgrasland). Het gezochte beheer komt niet helemaal overeen; het proefvlak wordt 1x per jaar (na 1 juli) gehooid en soms nabeweid. Er wordt niet bemest. Het zandgehalte is hoog, wat overeenkomt met de gezochte situatie.

Lokatie 2 - Olst:

De vegetatie van dit proefvlak valt te omschrijven als een verarmde vorm van de gezochte gemeenschap, namelijk een Arrhenatheretum, subassociatie brizetosum, variant met Galium verum en Pimpinella saxifraga (hoofdgroep 1, gemeenschap 2: vegetatietype 1, droog stroomdalgrasland). Het beheer bestaat uit 2x per jaar maaien met afvoeren van het maaisel, wat overeenkomt met het gezochte beheer. Het zandgehalte is hoog, overeenkomstig de gezochte situatie.

Lokatie 3 - Rossum:

Er werd op deze lokatie gezocht naar een Arrhenatheretum, subassociatie groep A, variant met Potentilla reptans en Galium mollugo (hoofdgroep 4, gemeenschap 12: vegetatietype 7, glanshaverhooiland). De vegetatie komt vrij goed overeen met een Arrhenatheretum, subassociatie groep A, maar wijst daarbinnen niet in de richting van een bepaalde variant (hoofdgroep 4, gemeenschap 10, inops). Het proefvlak wordt 2x per jaar gehooid en wordt niet bemest, wat overeen komt met de gezochte situatie. Het zandgehalte is hoog, terwijl er naar een middel hoog zandgehalte gezocht werd.

Lokatie 9 - Heteren:

Deze vegetatie is te typeren als een Poo-Lolietum (hoofdgroep 8, gemeenschap 21: vegetatietype 11, produktieweiland), wat overeenkomt met de gezochte vegetatie. Het proefvlak wordt beweid door schapen die vanuit een aangrenzend weiland ook op de dijk kunnen komen. Er wordt niet bemest. Het beheer is waarschijnlijk wat minder intensief dan vooraf voor ogen stond. Het zandgehalte is middel hoog. Deze vegetatie werd ook bij alle drie de zandgehalte-categorieën gezocht.

Lokatie 10 - Lexkesveer:

Ook de vegetatie van dit proefvlak komt overeen met het gezochte Poo-Lolietum (hoofdgroep 8, gemeenschap 21: vegetatietype 11, produktieweiland). Ook hier wordt beweid met schapen en waarschijnlijk niet bemest (onduidelijk is of het polderdistrict dit al dan niet toestaat). Het zandgehalte is hier hoog. Deze gemeenschap werd gezocht bij alle drie de zandgehalte-categorieën.

Lokatie 11 - Jaarsveld:

Deze vegetatie kan tot het Arrhenatheretum subassociatie groep A worden gerekend, maar kan daarbinnen niet verder tot het niveau van een bepaalde variant worden onderscheiden (hoofdgroep 4, gemeenschap 10, inops: vegetatietype 7, verarmd glanshaverhooiland). Dit proefvlak is als twaalfde proefvlak gekozen, nadat de lokatie met plantengemeenschap 9 en een hoog zandgehalte was afgevallen (geen toestemming van het waterschap). Een goede vervanging van het afgevallen proefvlak kon niet meer op tijd gevonden worden en in plaats daarvan zou een duplo van één van de andere proefvlakken genomen worden. Uit praktische overwegingen zou dat een duplo van lokatie 12 worden. Lokatie 11 verschilt echter zowel wat vegetatie als wat beheer betreft zo veel van lokatie 12 dat van een duplo geen sprake is. Deze lokatie kan dus opgevat worden als een extra lokatie, waar van te voren geen bepaalde verwachtingen betreffende vegetatie, beheer en zandgehalte van waren. Deze lokatie is daarom ook niet opgenomen in Tabel 2.3-4. Dit proefvlak wordt 's zomers beweid door schapen en is de laatste ± 4 jaar niet bemest, daarvoor was er wel eens een geringe bemesting. Het zandgehalte is middel hoog.

Lokatie 12 - Jaarsveld:

Deze vegetatie komt goed overeen met de gezochte plantengemeenschap namelijk Arrhenatheretum, subassociatie groep A, variant met Potentilla reptans en Galium mollugo (hoofdgroep 4, gemeenschap 12: vegetatietype 7, glanshaverhooiland). Het beheer bestaat uit 2x per jaar maaien met afvoeren van het maaisel en er wordt niet bemest. Ook dit stemt overeen met de gezochte situatie. Het zandgehalte is middel hoog, wat ook gezocht werd.

Samenvattend wordt hieronder per vegetatietype uit Tabel 2.3-4 weergegeven in hoeverre deze is gevonden bij het gewenste zandgehalte en beheer.

- Vegetatietype 1 is vrij goed gevonden, alleen het onderscheid in beheer tussen de twee proefvlakken is niet zo duidelijk;
- Vegetatietype 2 klopt goed. De gehooide variant is door gebrek aan geschikte lokaties al in een vroeg stadium afgevallen en vervangen door een extra proefvlak van vegetatietype 7;
- Van vegetatietype 7 is één lokatie gekozen met de gewenste vegetatie en een middel hoog zandgehalte (wat gezocht werd) en één proefvlak met een iets minder goed ontwikkelde variant van dit vegetatietype en een hoog zandgehalte;

- Van vegetatietype 9 is een goede lokatie met een laag en een goede lokatie met een middel hoog zandgehalte gevonden, maar slechts één van beiden met het gezochte klepelbeheer (zie ook het vermoeden bij lokatie 7). Het proefvlak met een hoog zandgehalte is afgefallen (geen toestemming);
- Het proefvlak dat bij vegetatietype 10 gevonden is, komt niet goed overeen met de gezochte vegetatie. Het gevoerde beheer kon niet goed achterhaald worden. Het zandgehalte was bij dit vegetatietype niet van belang;
- Van vegetatietype 11 is zowel bij een middel hoog als hoog zandgehalte een proefvlak gevonden dat qua vegetatie wel voldoet, maar minder intensief beheerd wordt dan de gezochte situatie. Het is de vraag of intensieve weilanden met bemesting nog wel veel voorkomen op buitentaluds van rivierdijken, omdat er misschien wel meer waterschappen zijn waar niet bemest mag worden. De frequentie van de verschillende beheerstypen, zoals weergegeven in Tabel 2.3-2 is waarschijnlijk vooral gebaseerd op gegevens van binnentaluds. Er is geen proefvlak met een laag zandgehalte gevonden. Het derde proefvlak (lokatie 4) had een middel hoog zandgehalte en voldeed niet goed qua vegetatie;
- Het extra proefvlak (lokatie 11, verarmd glanshaverhooiland) vertoont zowel wat betreft de vegetatie als wat betreft het beheer enige overeenkomst met lokatie 4 (verruigd hooiland).

Op basis van het werkelijke beheer en zandgehalte kan aan ieder proefvlak een monstercode-ring gegeven worden. Het eerste deel van de code (één of twee letters) heeft betrekking op het beheer, het tweede deel (laatste letter) op het zandgehalte. In Tabel 2.3-5 is deze code per lokatie weergegeven.

lokatie	code
1	HEH
2	HEH
3	HEH
4	WEM
5	WEH
6	WEL
7	WEL
8	KM
9	WIM
10	WIH
11	WEM
12	HEM

Toelichting: H=hooien, W=beweiden, K=klepelen/maaïen zonder afvoer,
E=extensief, I=intensief,
L=laag zandgehalte, M=middel zandgehalte, H= hoog zandgehalte.

Tabel 2.3-5 Codering lokaties met waargenomen beheer en geschat zandgehalte

Opgemerkt wordt dat in voorgaande tabel nog is uitgegaan van het geschatte zandgehalte. De vermelde codering is later aangepast op basis van de grondclassificatie. Een overzichtstabel waarin de juiste gegevens zijn vermeld, is Tabel 1.

Verder moet worden opgemerkt dat de vermelde beheerswijzen afwijkend zijn van die in Tabel 2.3-4 (gewenste lokaties met bijbehorende eigenschappen). Tenslotte is bij het beweidingsbeheer het onderscheid tussen intensief en extensief niet erg duidelijk, omdat nergens bemesting plaatsvindt. In de tabel is de toevoeging I voor intensief gebruikt voor proefvlakken waar al vanaf het voorjaar beweiding met schapen plaatsvindt en het gras voortdurend kort gehouden wordt. De toevoeging E voor extensief is gebruikt bij beweiding met rundvee, en als er slechts af en toe in de zomer beweiding met schapen plaatsvindt (lokaties 4, 7 en 11).

2.4 Het steken en plaatsen van de zoden

Het steken van de zoden

De te beproeven graszoden werden gestoken door middel van een speciaal ontworpen snijapparaat. De gebruikte methode leek op de methodes die gebruikt zijn in de eerder uitgevoerde onderzoeken met graszoden van dijken (Wolffenbuttel, 1989) (Smith, 1993) (Meijer, 1994).

De monsters waren 3 m lang bij 0,70 m breed bij circa 0,35 m diep. Deze maten zijn dezelfde als de monsters in het onderzoek van de TUD in 1989 (Wolffenbuttel, 1989).

Een stalen snijmes werd door de grond getrokken door een hydraulische kraan. Stalen ski's op beide zijanten van het mes zorgden ervoor dat het mes het oppervlak bleef volgen en dat de zoden van ongeveer gelijke dikte waren. Het mes werd in de grond getrokken circa 1,5 m onder het gewenste proefstuk en werd doorgetrokken tot circa 1,5 m erboven, om het proefstuk zo min mogelijk te beschadigen.

Opgemerkt wordt dat ondanks het voorzichtig uitvoeren van het steken bleek dat het snijden nog steeds een bepaalde opbuiging van de grond veroorzaakte. Dit kon leiden tot verticale scheurvorming aan de onderkant van de klei. Het effect was het grootst bij zeer zandige ondergronden. Vooral de monsters van lokaties 4 en 8 hadden daar last van.

Nadat het mes weer uit de grond was getrokken werd één zijkant uitgegraven en werden houten balken waterpas geplaatst in het gat op 0,35 m diepte van de gestoken zode. De stalen onderplaat, waaraan één van de stalen zijanten al bevestigd was, werd daarna op de balken gelegd. De onderplaat werd onder het gestoken monster geduwd door twee mannen met dommekrachten. De reeds aan de onderplaat bevestigde zijkant diende als aandrijfpunt hiervoor. Als de plaat in positie zat, werd de andere zijkant uitgegraven en de tweede stalen zijkant aan de onderplaat bevestigd. De zijanten waren 0,40 m hoog en staken dus 5 à 10 cm boven het zode-oppervlak uit. Daarna werden de boven- en onderkanten van de zode uitgegraven. Houten schotten werden daarvoor geplaatst en met spanbanden vastgehouden. Vervolgens werd het geheel met de kraan opgehesen en op een vrachtauto gezet voor vervoer naar het laboratorium.

Het beschadigde gebied in de dijk werd weer deels opgevuld met de grond die van de zijanten was uitgegraven. Het herstellen van de schade werd daarna afgewerkt door het betreffende waterschap of polderdistrict. Het beschadigde oppervlak was ongeveer 6 m bij 4 m (zie Foto 2.7).

Voor de lokaties waar de monsters zijn gestoken wordt verwezen naar Tabel 1. Hierbij wordt opgemerkt dat in principe monster 11 gestoken zou worden naast monster 12, in een gebied waar veel molshopen aanwezig waren. Het monster is echter gestoken uit een gebied waarvan de combinatie van vegetatie, beheerswijze en zandgehalte voldoende interessant geacht werd ook al week dit af van lokatie 12.

Het plaatsen van de zoden in de golfbak

De zoden zijn geplaatst op de 1:3 helling in de golfbak maar pas nadat alle zoden aanwezig waren bij het laboratorium. De volgorde van het plaatsen was gelijk aan die van het steken. Een uitvullaag van fijn grind zorgde ervoor, dat de oppervlakten van alle zoden op ongeveer dezelfde hoogte kwamen te liggen.

In tegenstelling tot de eerdere onderzoeken zijn de zijkanten van de monsters niet afgedekt met een doek ten behoeve van het voorkomen van randerosie. De aanwezigheid van zo'n doek werd geacht een te groot deel van de 0,7 m brede zoden te bedekken. Echter, enige ruimte tussen de grond en de zijkanten van de bakken werd opgevuld met purschuim. Dit materiaal zette daarna uit en zorgde daardoor voor een dichte aansluiting tussen de zoden en zijkanten.

2.5 Proevenprogramma

2.5.1 Bedekking en openheid van de zode

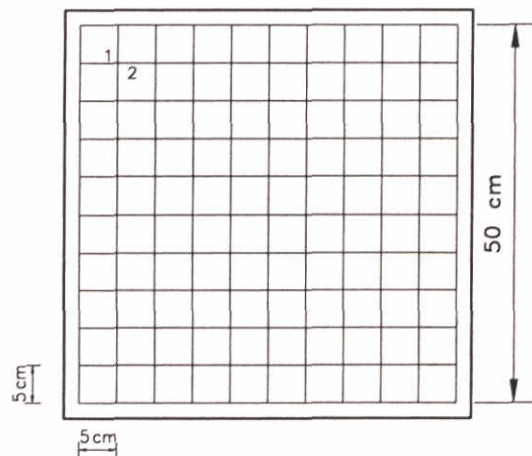
Bedekking

De bedekking is de loodrechte projectie van bovengrondse plantedelen op de bodem (Greig-Smith, 1983), gewoonlijk uitgedrukt in een percentage. Om de bedekking te bepalen kan gebruik gemaakt worden van schattingen of meetmethoden. De bedekking van de Scheldebakzoden is geschat tijdens of vlak na het steken van de zoden in de tweede helft van april. Het nadeel van schatten is dat het resultaat afhankelijk is van de schatter. In dit geval is de bedekking van alle Scheldebak-zoden door dezelfde persoon geschat, zodat onderlinge vergelijking van de zoden goed mogelijk is. Om de bedekkingspercentages ook vergelijkbaar te maken met resultaten uit andere (dijken)onderzoeken wordt de bedekking ook gemeten met de Point-Quadrat methode. De Scheldebak-zoden zijn echter te klein om de hieronder omschreven Point-Quadrat methode toe te passen, deze meting is daarom uitgevoerd in het vegetatie-proefvlak. De bedekking van het vegetatie-proefvlak werd gemeten in de periode van 9 t/m 26 mei, gelijk met de sproeikopproeven.

De Point-Quadrat methode is gebaseerd op het registreren van de aan- of afwezigheid van een plantendek op een vast aantal punten in het te beschrijven vegetatietype. Het aantal punten waar een plantendek aanwezig is, kan vervolgens direct worden omgerekend in een percentage. In de praktijk is als volgt te werk gegaan.

Een raamwerk van $50 \times 50 \text{ cm}^2$, onderverdeeld in een raster met mazen van $5 \times 5 \text{ cm}^2$ (zie Figuur 2.5-1), wordt per proefvlak 4x at random in de vegetatie neergelaten. De 81 snijpunten van het raster zijn meetpunten waarlangs een breinaald in de vegetatie wordt neergelaten en de aan- of afwezigheid van levende, bovengrondse plantedelen wordt vastgesteld. Het aantal maal dat er plantedelen aanwezig zijn, gedeeld door 81 (aantal snijpunten) geeft het bedekkingspercentage. Het gemiddelde van de vier bepalingen geeft de gemiddelde bedekking van het proefvlak. Om de metingen te standaardiseren wordt op iedere plek eerst de vegetatie tot ongeveer 2 cm boven de grond weggeknipt, waarna losse plantedelen uit het proefvlak worden verwijderd. Mossen worden als 'kale grond' opgevat,

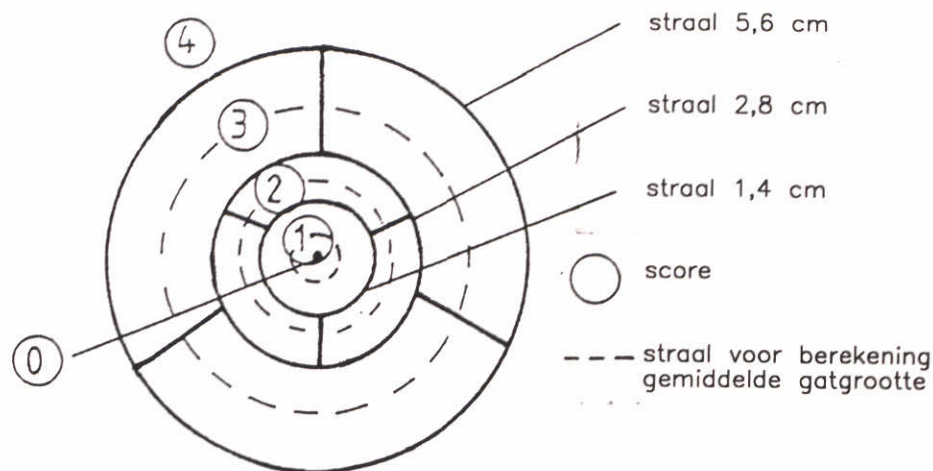
aangezien mos nauwelijks aan de bovengrond is gehecht en dus geen bijdrage levert aan de erosiebestendigheid van de zode (Droesen, 1985).



Figuur 2.5-1 Raster ten behoeve van de Point-Quadrat methode

Openheid van de zode

De openheid van de zode is een maat voor de grootte van de open plekken in de vegetatie. Dit is van belang omdat gaten een aangrijpingspunt voor erosie zijn. Deze gegevens zijn een aanvulling op de bedekkingspercentages, omdat de bedekking alleen iets zegt over de gemiddelde dichtheid van de vegetatie en niet laat zien of de vegetatie gelijkmatig verdeeld is of dat er, bij hetzelfde bedekkingspercentage sprake is van hele dichte stukken in combinatie met grote gaten. De openheid van de zode wordt uitgedrukt in twee verschillende parameters: de gemiddelde gatgrootte en het richtingscoëfficiënt(rico)-absentiepercentage. De openheid van de zode wordt bepaald met behulp van concentrische ringen (zie Figuur 2.5-2). Er wordt een breinaald op een willekeurige plaats in het proefvlak geprikt. Raakt de breinaald een wortelende spruit dan wordt de score 0 genoteerd. Raakt de breinaald geen spruit, dan worden de concentrische ringen om de breinaald gelegd met de breinaald als middelpunt. Valt de dichtstbijzijnde wortelende spruit binnen de eerste ring dan wordt een 1 genoteerd, binnen de tweede ring een 2 en binnen de derde ring een 3. Valt de dichtstbijzijnde wortelende spruit buiten de ringen, dan wordt een 4 genoteerd.



Figuur 2.5-2 De concentrische ringen

Deze bepaling is 100x gedaan op iedere Scheldebak-zode en 100x in ieder vegetatie-proefvlak. De bepalingen op de Scheldebak-zoden vonden plaats in de tweede helft van april tijdens of vlak na het steken van de zoden; de bepalingen in de vegetatie-proefvlakken tijdens de sproeikopproef in de periode 9 t/m 26 mei. De Scheldebak-zode en het vegetatie-proefvlak van iedere lokatie liggen weliswaar binnen dezelfde homogene vegetatie, ook qua bedekking en openheid van de zode, maar in de loop van het groeiseizoen kunnen de bedekking en de openheid van zode wel veranderen. Om zowel de situatie op het tijdstip van de Scheldebakproef als de situatie bij de sproeikopproef goed weer te geven, is de openheid van de zode zoals hierboven omschreven twee maal bepaald.

Gemiddelde gatgrootte

Bij de berekening van de gemiddelde gatgrootte wordt er vanuit gegaan dat de waargenomen spruit zich gemiddeld midden tussen twee opeenvolgende ringen bevindt. De gebruikte breinaald heeft een diameter van 0,125 cm. Hiervan uitgaande kan voor elke score de bijbehorende straal en de oppervlakte worden berekend (zie Figuur 2.5-2 en Tabel 2.5-1).

score	straal(cm)	oppervlakte (cm ²)
0	0.06	0.01
1	0.7	1.53
2	2.1	13.85
3	4.2	55.39
4	8.4	221.56

Tabel 2.5-1 Gemiddelde gatgrootte bij de verschillende scores

De bij de scores behorende oppervlakten worden vermenigvuldigd met het aantal maal dat die score voorkomt. De waarden voor de scores 0 t/m 4 opgeteld en gedeeld door 100 geeft de gemiddelde gatgrootte van de betreffende Scheldebak-zode c.q. het betreffende vegetatieproefvlak.

Rico-absentiepercentage

Het absentiepercentage (Neuteboom, 1991) is een relatieve maat die aangeeft in welke mate plantengroei ontbreekt in relatie tot de afstand van het monsterpunt. Om dit visueel te maken wordt deze parameter omgezet in een zogenaamd 'rico-absentiepercentage'. Hierbij wordt de richtingscoëfficiënt bepaald van de lijn die het verband weergeeft tussen de logaritme van het absentiepercentage en de straal van de ring.

Voor de berekening van het rico-absentiepercentage wordt het aantal maal dat een 0, 1, 2, 3 resp. 4 is gescoord in het betreffende proefvlak opgeteld. Daarna wordt het percentage nullen, enen, tweeën, drieën en vieren berekend. Deze 'presentiepercentages' worden omgezet in 'absentiepercentages'. Deze omzetting wordt hieronder verduidelijkt met een voorbeeld:

stel het percentage	nullen = 10 → absentiepercentage	= 90
" "	enen = 20 → " "	= 70
" "	tweeën = 50 → " "	= 20
" "	drieën = 10 → " "	= 10
" "	vieren = 10 → " "	= 0

In woorden: 10% score 0 betekend dat $100-10=90\%$ van de gaten groter is. Het absentiepercentage is dus 90%. Het percentage met score 1 is 20%, hieruit volgt dat $100-(20+10)=70\%$ van de gaten groter is enz.

Van het bepaalde absentiepercentage wordt de logaritme berekend, waarna deze wordt uitgezet tegen de straal van de ring. Door de op deze wijze verkregen punten wordt een regressielijn berekend. De richtingscoëfficiënt van deze lijn is een maat voor de openheid van de zode. Een steilere lijn wijst op kleinere gaten in de vegetatie.

2.5.2 Sproeikoppoeven

De sproeikopproef is een veldexperiment, waarbij met behulp van een sproeikop water wordt gespoten op een stukje dijktafsluiting. Na de proef worden de sedimentafspoeling en de reliëfverandering bepaald. De methode is ontwikkeld door (Sykora en Liebrand, 1987) in samenwerking met DWW/RWS en recentelijk verbeterd door (Van der Zee, 1992) waardoor de nauwkeurigheid van de metingen is verhoogd. Ten behoeve van het graseringsonderzoek op zeedijken is de methode aangepast om de proefvlakken met een 2x zo hoog debiet te kunnen belasten (Sprangers, 1993b en 1994). De sproeikopproeven vonden plaats in de periode 9-26 mei 1994. Op iedere lokatie werd de proef twee keer uitgevoerd éénmaal met een debiet van 2 l/s en éénmaal met een debiet van 4 l/s. Een debiet van 4 l/s geeft duidelijker verschillen in sedimentafspoeling en reliëfverandering, maar om ook vergelijking met de resultaten uit het rivierdijkenonderzoek van (Sykora en Liebrand, 1987) en (Van der Zee, 1992) mogelijk te maken is ook dit debiet in dit onderzoek meegenomen. De proef gaat als volgt in z'n werk.

Op iedere lokatie worden twee representatieve proefvlakken $50 \times 50 \text{ cm}^2$ gekozen (één voor 2 l/s en één voor 4 l/s). De vegetatie van deze proefvlakken wordt standaard afgeknipt op 2 cm boven maaiveld en daarna met een gieter besproeid om de bodem te verzadigen. Daarover wordt de sproeikop (a) geplaatst. De gaatjes van de sproeikop zijn gelijkmatig over het oppervlak verdeeld. Het water uit de sproeikop stroomt over het proefvlak en wordt onderaan opgevangen in een pijp (b), vanwaar het naar drie achtereenvolgende bezinkbakken (c) wordt geleid. Het water wordt rondgeleid door middel van een pomp (d). In de opstelling is ook een debietmeter (e) opgenomen. De proefopstelling met de verklarende letters uit de tekst is weergegeven in Foto 2.11 (f is een extra bak met water).

Voor aanvang van de proef wordt op 100 punten in het proefvlak de relatieve bodemhoogte bepaald. Dit gebeurt met behulp van een metalen balkje waar op regelmatige onderlinge afstand tien verschuifbare pennen doorheen zijn gestoken. De onderkant van ieder van deze pennen moet het bodemoppervlak raken, waarna het gedeelte dat boven het balkje uitsteekt, wordt gemeten op 0,1 cm nauwkeurig (zie Foto 2.12). Op deze wijze worden tien rijen van tien punten gemeten.

Na afloop van de proef wordt deze meting herhaald en wordt de hoogtetoename of -afname bepaald. De bezinkbakken worden voor aanvang van de proef met water gevuld en de waterhoogte in de bakken wordt genoteerd. Ook wordt een watermonster genomen om de hoeveelheid zwevend materiaal voor aanvang van de proef te bepalen, zodat hiervoor gecorrigeerd kan worden. Tijdens de proef treed enig waterverlies op door lekkage door inzijging in de grond (afhankelijk van de hoeveelheid muize- of mollegangen) en onder de rand van het raamwerk door als gevolg van het bodemreliëf. Dit verlies wordt aangevuld door extra water toe te voegen aan de derde bezinkbak. De hoeveelheid water die tijdens de proef wordt toegevoegd wordt bijgehouden. De proef duurt een half uur.

Als de proef een kwartier draait, wordt weer een watermonster genomen om het sediment in het verlieswater te bepalen. Er wordt vanuit gegaan dat de hoeveelheid zwevend materiaal in het verlieswater gemiddeld overeen komt met de hoeveelheid die halverwege de proef aanwezig is. Na afloop van de proef wordt ook de waterhoogte in de bezinkbakken opnieuw gemeten. Uit de waterhoogtes voor en na de proef en het aantal toegevoegde emmers kan de hoeveelheid verlieswater bepaald worden. Na afloop van de proef wordt een watermonster genomen (in duplo). Deze wordt samen met de watermonsters van het begin en halverwege, in het laboratorium gedroogd om de hoeveelheid zwevend materiaal te bepalen. Vervolgens worden de bezinkbakken afgegoten. Het sediment wordt verzameld en in het laboratorium gedroogd en gewogen.

2.5.3 Doorworteling van de bodem

Om de erosiebestendigheid van een vegetatiedek te karakteriseren ligt het voor de hand de doorworteling van de bodem te bepalen. Volgens (Willat en Sulistyaningsih, 1990) zal een goed ontwikkeld fijnmazig wortelstelsel de zode veel beter kunnen vasthouden dan een slecht ontwikkeld wortelstelsel. In het onderhavige onderzoek is gekeken naar:

- 1 worteldichtheid: Bepaling van de totale hoeveelheid wortels per volume-eenheid grond, uitgedrukt in:
 - a wortellengte (m/dm^3)
 - b wortelgewicht (g/dm^3)

- 2 wortelverdeling: De verdeling van het wortelmateriaal over het bodemprofiel, uitgedrukt in:
- a relatieve wortellengte (%)
 - b relatieve wortelgewicht (%)

De bepaling van de wortellengte is veel arbeidsintensiever dan de bepaling van het wortelgewicht, maar de wortellengte geeft meer informatie met betrekking tot de erosiebestendigheid. Een groot aantal kleine wortels houdt de bodem veel beter vast dan enkele dikke wortels van het zelfde gewicht. Door bepaling van de wortellengte worden dit soort structuurverschillen duidelijk (Sykora & Liebrand, 1987).

Gehanteerd is de methode voor wortelbemonstering beschreven in (Sprangers, 1992 en 1993a). In plaats van bemonstering tot 50 cm diepte in 8 lagen, werd overeenkomstig de dikte van de Scheldebak-zoden bemonsterd tot 30 cm diepte met een onderverdeling in 6 lagen, zie Tabel 2.5-2. De wortellengte en het wortelgewicht zijn voor iedere laag afzonderlijk bepaald. De diameter van de wortelboor bedroeg 4 cm. In Tabel 2.5-2 is ook per laag het bijbehorende volume weergegeven.

laag	volume (cm ³)
0- 3 cm	37,7
3- 6 cm	37,7
6-10 cm	50,3
10-15 cm	62,8
15-20 cm	62,8
20-30 cm	125,7
totaal 0-30 cm	337,0

Tabel 2.5-2 Laagverdeling van de wortelmonsters met bijbehorend volume

Op iedere lokatie werden drie wortelmonsters gestoken. De monsters zijn gelijk met de sproeikopprouwen, in de periode 9 t/m 26 mei 1994, gestoken.

Door de monsters te spoelen werden de wortels van de grond gescheiden. De wortellengte is bepaald met behulp van geautomatiseerde beeldverwerking na scannen van de uitgespreide wortels met een hoge resolutie 3D-scanner (Smit et al, 1994). Deze methode blijkt vooral voor de bovenste lagen veel nauwkeuriger te zijn dan de lijn-interceptmethode van (Newman, 1966). Bij die methode worden de wortels uitgespreid in een telbak met een raster, waarbij het aantal snijpunten met de lijnen van het raster wordt geteld (Tennant, 1975).

Door de gevonden wortellengtes per laag op te tellen en te delen door het totale volume van 0-30 cm werd de gemiddelde worteldichtheid (m/dm³) in de laag van 0-30 cm diepte verkregen. Daarna werd het relatieve aandeel van de verschillende lagen in de totale wortellengte berekend. Omdat de laagdiktes en dus de volumes per laag verschillen, werden de wortellengtes per laag omgezet in wortellengte in m per dm³ en gedeeld door de som van de zo verkregen worteldichtheden van de zes lagen.

Het wortelgewicht werd per laag bepaald na drogen van het wortelmateriaal gedurende 48 uur bij 70°C. Na optellen van de zes lagen en delen door het totale volume van 0-30 cm

werd de gemiddelde worteldichtheid in de laag van 0-30 cm in g/dm^3 verkregen. Op dezelfde wijze als voor de wortellengte werd ook het relatieve wortelgewicht bepaald.

2.5.4 N-, P- en K-gehaltes

Op iedere lokatie zijn met een gutsboor (diameter $\pm 2,5$ cm) random 10 monsters gestoken tot 10 cm diepte. De zode van ieder monster werd verwijderd en de monsters werden samengevoegd tot één mengmonster per lokatie. Deze zijn gedroogd (24 uur bij 30°C) en de fractie groter dan 2 mm is afgezeefd. Aan deze mengmonsters zijn de volgende bepalingen gedaan:

- Mineraal stikstof, oplosbaar in 0,01 M CaCl_2 (mg N/kg). Mineraal stikstof bestaat uit de componenten nitraat (NO_3) en ammonium (NH_4), die afzonderlijk zijn gemeten en daarna opgeteld;
- Totaal aanwezig stikstof (mg N/kg), na destructie met een agressieve oplossing van salicylzuur in een H_2SO_4 -Se mengsel;
- Beschikbaar fosfor, oplosbaar in 0,01 M CaCl_2 (mg P/kg);
- Totaal aanwezig fosfor (mg P/kg) na destructie met een agressieve oplossing van salicylzuur in een H_2SO_4 -Se mengsel;
- Beschikbaar kalium, oplosbaar in 0,01 M CaCl_2 (mg K/kg);
- Totaal aanwezig kalium (mg K/kg), na destructie met een agressieve oplossing van salicylzuur in een H_2SO_4 -Se mengsel.

De bepalingen zijn uitgevoerd volgens de methode beschreven in (Houba et al, 1989).

N, P en K zijn bepaald, omdat het hierbij gaat om de macro-voedingsstofelementen voor planten. Natrium (Na) is ook van belang, maar vooral bij een zoute omgeving. In het rivierengebied is het ongeschikt aan de andere voedingsstoffen.

2.5.5 Grondclassificatie proeven

Teneinde een indruk van de zodegrond te verkrijgen zijn classificatieproeven uitgevoerd. De classificatieproeven worden tevens gebruikt om de zodegrond te kunnen plaatsen in de voorgestelde erosiebestendigheidsclassificatie volgens (TAW, 1995). De gestoken monsters van de zoden zijn ook beschreven, waarbij kwalitatief consistentie en zandgehalte van de zode zijn geschat, evenals de structuur en kleur van de zodegrond, en de doorworteling.

De classificatieproeven zijn uitgevoerd volgens de daarvoor bestaande Standaard RAW bepalingen (SCRO, 1990), met uitzondering van de bepaling voor organisch materiaal- en gewichtsverlies bij HCL behandeling (TAW, 1995). Beide laatste bepalingen betreffen gewichtsverlies bij respectievelijk waterstofperoxide- en zoutzuurbehandeling, waarbij de relatieve gewichtsafname wordt bepaald na bezinken.

Met een erosietoestel is het gewichtsverlies en de kracht op het oppervlak van een cilindrisch monster gemeten dat belast wordt door eromheen stromend water. De diameter van een beproefd monster bedraagt 66 mm en de hoogte kan variëren tussen 50 en 100 mm. Het water wordt in beweging gezet en gehouden door een met schoepen bezette cilinder die rond het monster is geplaatst. De rand van de schoepen bevindt zich op 35 mm van het monster.

Het toerental van de met schoepen bezette cilinder kan variëren van 0 tot meer dan 1200 rpm (omwentelingen per minuut) en kan worden gestuurd, waardoor wisselende belastingscondities, zoals bij golven, gesimuleerd kunnen worden. In de standaardproef is de verandering van het toerental als volgt:

duur (minuten)	toerental en verandering daarin
0 - 60	0 naar 600 rpm in 10 minuten stappen
60 - 120	600 rpm
120 - 180	600 naar 1200 rpm in 10 minuten stappen
180 - (360)	1200 rpm

2.5.6 Uitvoering proeven in de Scheldebak

De proeven werden uitgevoerd met één golfbelasting. De waterstand was $h = 0,80$ m, gemeten significante golfhoogte $H_s = 0,31$ m en piekperiode $T_p = 2,5$ s. De golfenergie had een spectrum van het type Jonswap. Golven met een golfhoogte van $0,31$ m zijn de hoogste die kunnen bestaan in de $0,80$ m waterdiepte. Hogere golven breken ten gevolge van de bodemeffecten.

Tijdens de proef werden de golven een aantal keren onderbroken om het taludoppervlak te peilen. De peilingen zijn uitgevoerd volgens het schema in Figuur 2.2. Twee meetraaien per zode zijn gepeild, op $12,5$ cm links en rechts van de middenlijn van de zode. Boven de stilwaterlijn (SWL) werd gepeild om de 10 cm en eronder om de 5 cm tot een diepte van circa $0,50$ m. Het gebied met de 5 cm peilingen was de zone waarin de meeste erosie verwacht werd. Tijdens de Deltagootproeven in 1992 is waargenomen dat weinig erosie plaatsvond onder een diepte van ongeveer $0,7 H_s$ onder SWL. Voor het onderhavige onderzoek is gepeild tot een diepte van $1,4 H_s$ onder SWL, hetgeen ruim voldoende werd geacht voor het meten van eventueel optredende erosie.

Voor het begin van de proef werd een nulpeiling in den droge uitgevoerd. Ter controle van de nauwkeurigheid van de peiling is na het afronden van de nulpeiling op alle 12 zoden de meetbrug teruggebracht naar de allereerste meetraai. Die raai werd opnieuw gepeild en de resultaten werden vergeleken met de eerste peiling. De resultaten staan vermeld in Figuur 2.3. Het merendeel van de resultaten ligt binnen 1 mm van elkaar. Het grootste verschil was 3 mm. Inachtnemend versturende factoren als vegetatie, enz. is dit een goed resultaat. Toch betreft het hier de nauwkeurigheid van het meetsysteem zelf. Daarnaast is uit de grondbeschrijving van de zoden tijdens de proeven en de registratie van de peilingen gebleken, dat de werkelijke meetnauwkeurigheid in de orde van enkele centimeters ligt (standaardafwijking $0,01$ m). Dit wordt veroorzaakt door de plaatsonnauwkeurigheid samenhangend met de aanwezigheid van wortels. Voorts is gebleken dat er soms sprake is van een extra inzakking van de peilstok in de grond door verweking.

Tijdens de nulpeiling is ook een gedetailleerde beschrijving van elk meetpunt gemaakt voor de latere interpretatie van de erosiemetingen. Daarbij werd genoteerd of de peilnaald terecht kwam op een blad, een steen, kale grond of een pol. Ook zijn sterke afwijkingen in het profiel tussen de meetpunten in genoteerd.

De andere zoden toonden of een nog doorgaande erosie na 48 uur of ze hadden kleine reparaties van de randerosie, die van invloed hadden kunnen zijn op de erosie van de gaten. Besloten werd deze erosie door te laten gaan en te zien of er een sterke toename in erosiesnelheid plaats zou vinden gedurende de verlengde proefduur.

Een nulpeiling van de middenlijn van de gaten werd gemaakt. Daarna werd de proef doorgezet. Na 1 en 4 uur golven werden de gaten gepeild. Na weer 12 uur golven (dus 60 uur in totaal) werd de proef stopgezet. De gaten werden weer gepeild en een eindpeiling van alle zoden werd gemaakt. Bij de eindpeiling (peiling 8) werd ook een beschrijving gemaakt van alle meetpunten op dezelfde wijze als bij de nulpeiling. Het proevenprogramma is weergegeven in Tabel 2.

3 Meetresultaten

3.1 Veldonderzoek

3.1.1 Bedekking en openheid van de zode

Bedekking

In onderstaande tabel is per lokatie de geschatte bedekking van de Scheldebak-zode en de met de Point-Quadrat methode bepaalde bedekking van het vegetatie-proefvlak weergegeven.

lokatie	geschatte bedekking Scheldebak-zode (%)	gemeten bedekking vegetatie-proefvlak (%)
1	75	85.2
2	95	84.3
3	80	78.1
4	90	74.1
5	80	89.2
6	85	95.8
7	60	23.6
8	50	54.0
9	75	96.6
10	80	95.1
11	80	74.9
12	90	75.9

Tabel 3.1-1 Bedekking

Omdat schatten een weinig nauwkeurige methode is om de bedekking te bepalen, kunnen aan de geschatte bedekking van de Scheldebak-zode geen vergaande conclusies worden verbonden. Wel is duidelijk dat de bedekking op lokatie 7 en 8 duidelijk slechter is dan op de andere lokaties, wat overeenkomt met de gemeten bedekking van het betreffende vegetatie-proefvlak. Bij de gemeten bedekking van de vegetatie-proefvlakken hebben lokatie 6, 9 en 10 de hoogste bedekking. Op de twee lokaties met de laagste bedekking na, zijn de verschillen in de gemeten bedekking echter niet erg groot. Door de ontwikkeling van de vegetatie in de loop van het groeiseizoen zal de bedekking in mei (meetijdstip vegetatie-proefvlak) doorgaans hoger zijn dan in maart (schattingstijdstip Scheldebak-zode).

Openheid van de zode

In Tabel 3.1-2 zijn per lokatie de gemiddelde gatgrootte in de Scheldebak-zode en de gemiddelde gatgrootte in het vegetatie-proefvlak weergegeven.

lokatie	gem. gatgrootte Scheldebak-zode (cm ²)	gem. gatgrootte vegetatie-proefvlak (cm ²)
1	5.66	2.14
2	3.54	2.59
3	6.61	27.10
4	3.19	2.09
5	3.75	6.96
6	2.62	3.38
7	55.28	74.80
8	55.55	53.96
9	4.88	7.58
10	8.44	5.39
11	14.41	8.41
12	6.11	23.62

Tabel 3.1-2 Gemiddelde gatgrootte

Lokatie 7 en 8 hebben duidelijk de grootste gemiddelde gatgrootte. Verder valt op dat lokatie 3 en lokatie 12 in het vegetatie-proefvlak een veel grotere gemiddelde gatgrootte hebben dan in de Scheldebak-zode. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat kleine verschillen in de aantallen van de grote gaten relatief veel invloed hebben op de gemiddelde gatgrootte.

Overigens wordt opgemerkt dat bij de selectie van de Scheldebak-zoden bewust gezocht is naar zoden met een homogeen oppervlak zonder grote gaten.

De rico-absentiepercentages geven meer informatie over de verdeling tussen grote en kleine gaten. In Figuren 3.1-1 en 3.1-2 is voor de Scheldebak-zoden resp. de vegetatie-proefvlakken van alle lokaties de logaritme van het absentiepercentage uitgezet tegen de straal van de ring. De bij de regressielijnen behorende richtingscoëfficiënten zijn in Tabel 3.1-3 vermeld.

lokatie	rico-absentiepercentage Scheldebak-zode	rico-absentiepercentage vegetatie-proefvlak
1	-0.49997	-1.14804
2	-0.73472	-0.82063
3	-0.43341	-0.17866
4	-0.65525	-1.02889
5	-0.73199	-0.48025
6	-0.76081	-0.59483
7	-0.12365	-0.10726
8	-0.12935	-0.12242
9	-0.49256	-0.28172
10	-0.33768	-0.50807
11	-0.22555	-0.39982
12	-0.34355	-0.21144

Tabel 3.1-3 Rico-absentiepercentage

Een grotere (minder negatieve) richtingscoëfficiënt, dus een vlakkere lijn, wijst op relatief veel grote en weinig kleine gaten in de vegetatie. Dit is het geval bij lokatie 7 en 8. Ook in het vegetatie- proefvlak van lokatie 3 zitten relatief veel grote gaten.

Als we de gemiddelde gatgrootte en het rico-absentiepercentage samen bekijken dan blijken lokatie 1, 2, 4, 5 en 6 het minst open te zijn. Opvallend is dat dit, op lokaties 2 en 6 na, niet de lokaties zijn die ook de hoogste bedekking hebben. Lokatie 1, 4 en 5 hebben dus een iets minder hoge gemiddelde bedekking, maar heel weinig echte open plekken, terwijl lokatie 9 en 10 een hele dichte vegetatie met een aantal duidelijke gaten hebben. Lokatie 7 en 8 komen in alle opzichten duidelijk als slechtste naar voren.

3.1.2 Grondbeschrijving in het veld

In het veld zijn beschrijvingen van de zodegrond gemaakt. Deze zijn opgenomen in de beschrijvingen in Bijlage 8.

De belangrijkste aspecten van de veldbeschrijving betreffen het macro-reliëf, het voorkomen van grote inhomogeniteiten, zoals een stuk geotextiel, en het voorkomen van zeer lokale grote penwortels. Tevens zijn problemen bij het steken van de monsters vermeld. De in de bijlagen genoteerde aspecten die met de vegetatie samenhangen zijn niet vermeld.

Wat betreft het macro-reliëf van graszoden op dijktafuds, dit blijkt zeer frequent nogal sterk te variëren in de vorm van: treden met afstanden van enige decimeters, holten en bolle stukken met karakteristieke lengten van één tot meerdere meters en soms steile randen van enige decimeters hoogte.

Als gevolg van het steken zijn beschadigingen aan de monsters opgetreden. Vermeld worden de volgende beschadigingen, te weten:

- lokatie 1: de onderste meter is beschadigd, doordat het snijmes niet evenwijdig het talud werd getrokken (hoger op was dit niet meer het geval);
- lokatie 8: het steken van de zode ging gepaard met problemen door het blijven hangen voor de steekmond van een dikke laag veek op de zode, waardoor de zode "opgestroopt" werd. Hierdoor werd de zode ernstig beschadigd, met name ongeveer het midden van de zode.

3.1.3 Sproeikopproeven

Bij de resultaten van de sproeikopproeven zijn twee parameters relevant:

- hoogteafname,
- hoeveelheid afgespoeld materiaal.

In Tabel 3.1-4 is de gemiddelde hoogteafname van ieder vegetatie-proefvlak weergegeven bij een debiet van 2 l/s en bij een debiet van 4 l/s.

lokatie	hoogteafname bij een debiet van 2 l/s (cm)	hoogteafname bij een debiet van 4 l/s (cm)
1	0.300	0.141
2	0.110	0.201
3	0.128	0.086
4	0.103	0.213
5	-0.020	0.206
6	0.138	0.089
7	0.445	0.248
8	0.373 (in ± 5 minuten)	0.767 (debiet weer 2 l/s, in ± 7 minuten)
9	0.030	0.079
10	-0.117	-0.063
11	-0.402	-0.056
12	-0.180	0.287

Tabel 3.1-4 Gemiddelde hoogteafname sproeikopproef

Negatieve hoogteafnames betekenen een hoogtetoeiname. Dit kan verklaard worden uit het feit dat de proefvlakken ondanks vooraf besproeien met een gieter toch niet helemaal waterverzadigd waren, waardoor de bodem tijdens de proef nog kon uitzetten. Indien de proef eerder in het seizoen wordt uitgevoerd is de kans op dergelijke fouten veel kleiner, omdat de bodem dan nog veel meer waterverzadigd is. Lokatie 8 vertoont desondanks in korte tijd al een grote hoogteafname. Hier bleken dicht onder de oppervlakte mollegangen aanwezig te zijn, die van te voren niet zichtbaar waren. De dunne laag grond boven deze gangen was snel weggespoeld waarna de gangen aan de oppervlakte kwamen (zie Foto's 3.1 en 3.2).

De grootste hoogteafnames (meer dan 2 mm) werden verder gevonden bij lokatie 1 (bij 2 l/s), lokatie 2 (bij 4 l/s), lokatie 4 (bij 4 l/s), lokatie 5 (bij 4 l/s), lokatie 7 (bij 2 en 4 l/s), lokatie 12 (bij 4 l/s). Verder valt op dat bij sommige lokaties de hoogteafname bij het debiet van 2 l/s groter is dan bij 4 l/s. Een verklaring hiervoor is niet gevonden.

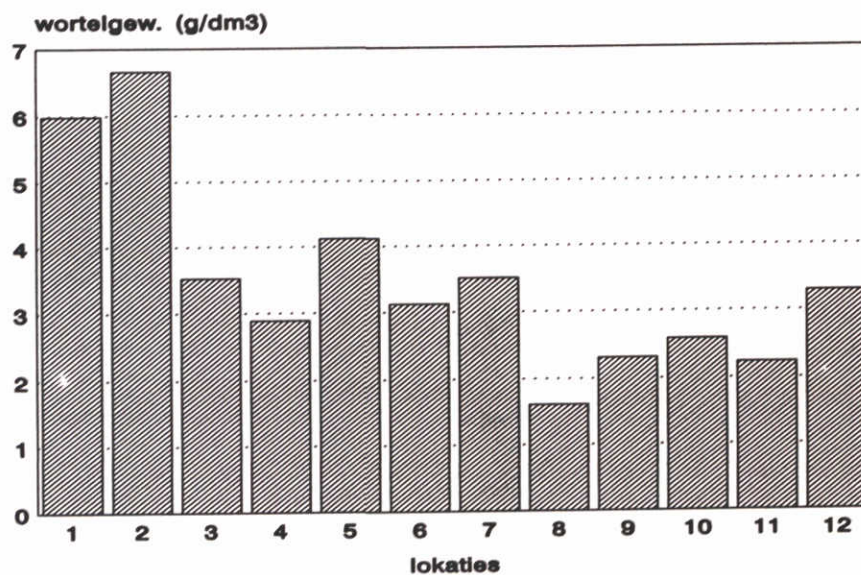
De hoeveelheid afgespoeld materiaal bestaat uit:

- zwevend materiaal in de bezinkbakken,
- zwevend materiaal in het verlieswater,
- sediment onder in de bezinkbakken.

Deze drie componenten zijn opgeteld tot de totale hoeveelheid materiaal die tijdens de proef is afgespoeld. Deze hoeveelheden zijn per lokatie voor beide debietgroottes weergegeven in Tabel 3.1-5.

lokatie	afgespoeld materiaal (g) bij een debiet van 2 l/s.	afgespoeld materiaal (g) bij een debiet van 4 l/s.
1	8.25	71.56
2	52.61	131.09
3	40.43	94.63
4	18.88	193.67
5	25.35	13.46
6	18.17	77.35
7	120.26	715.66
8	180.10 (exclusief verlieswater, in ± 5 minuten)	535.48 (debiet weer 2 l/s, exclusief verlieswater in ± 7 minuten)
9	33.43	88.93
10	12.95	13.78
11	38.05	69.85
12	92.27	42.66

Tabel 3.1-5 Afgespoeld materiaal sproeikopproef



Figuur 3.2-2 Gemiddelde wortelgewicht per lokatie. Weergegeven is het totale wortelgewicht in g per dm³ grond in de bodemlaag van 0-30 cm.

Uit de figuren blijkt dat de lokaties 1 en 2 een duidelijk hogere wortellengte en wortelgewicht bezitten dan alle andere lokaties. Verder steekt lokatie 5 iets boven de andere lokaties uit. De wortellengte bij lokaties 7 en 8 steekt negatief af bij die van de andere lokaties. Voor lokatie 8 geldt dit ook voor het wortelgewicht, terwijl dit voor lokatie 7 niet het geval is.

In de Figuren 3.2-3 en 3.2-4 zijn de relatieve wortellengte respectievelijk het relatieve wortelgewicht weergegeven.

3.2.2 N-, P- en K-gehaltes

In Tabel 3.2-1 is voor iedere lokatie achtereenvolgens weergegeven: mineraal stikstof, totaal aanwezig stikstof, beschikbaar fosfor, totaal aanwezig fosfor, beschikbaar kalium, totaal aanwezig kalium.

lokatie	mineraal stikstof (mg/kg)	totaal stikstof (mg/kg)	beschikbaar fosfor (mg/kg)	totaal fosfor (mg/kg)	beschikbaar kalium (mg/kg)	totaal kalium (mg/kg)
1	8.60	2500	0.05	506	16.50	5528
2	8.25	2300	0	547	16.10	5976
3	4.80	1500	0	589	23.85	7020
4	4.55	0.20	0	936	29.90	10442
5	8.00	2300	0.30	637	21.10	7039
6	10.25	3700	0	853	21.10	10244
7	13.65	3900	0.15	927	30.40	11787
8	17.00	2700	2.05	988	173.05	9367
9	12.55	2900	5.45	1373	223.70	10396
10	18.45	1800	0	765	42.65	6296
11	9.80	3300	0.60	943	46.50	10150
12	10.30	2600	0	684	22.45	8166

Tabel 3.2-1 N-, P-, K-gehaltes

De laagste gehalten aan mineraal stikstof zijn gevonden bij lokatie 3 en 4, de hoogste bij lokatie 8 en 10. De gehalten aan beschikbaar fosfor zijn overal laag of er is zelfs helemaal geen fosfor gevonden, behalve bij lokatie 8 en 9. Het gehalte aan beschikbaar kalium is bij lokatie 8 en 9 duidelijk hoger dan de rest. De hoeveelheid beschikbaar kalium is het laagst bij lokatie 1 en 2.

3.2.3 Grondclassificatieproeven

De resultaten van de uitgevoerde proeven staan vermeld in Tabel 3. Een grafische presentatie is gegeven in de Figuren 3.28 en 3.29. Daarin zijn de verschillende ontgrondings- en overige karakteristieken uitgezet in respectievelijk de bekende korrelgrootteverdelingsdriehoek en in het plasticiteitsdiagram. De verschillende parameters zijn daartoe steeds in 5 categoriën ingedeeld die zijn opgezet als in Tabel 5.

Opgemerkt wordt dat op een aantal plaatsen een groter aantal monsters dan op andere lokaties is geclassificeerd waaruit de soms grote variatie in classificatieproefresultaten blijkt. Dit geeft aan dat tussen monsters die op slechts meters afstand uiteen genomen zijn, een grote variatie kan voorkomen.

De beschrijving van monsters van de zode die in Bijlage 8 is opgenomen, komt in het algemeen overeen met de resultaten van de classificatieproeven.

Een samenvatting van de proeven voor de grondclassificatie is vermeld in onderstaande Tabel 3.2-2.

De zoden die een hoog reliëf hebben op meter- en 0,3 m-schaal, vertonen de sterkste erosie. Het reliëf op fijnere schaal blijkt voor de meeste zoden enigszins toe te nemen tijdens de proeven, met name voor de zoden die wat meer eroderen, maar de textuur van het oppervlak wordt gladder zoals te verwachten was.

Uit de visuele erosiewaarnemingen in de Scheldebak na 48 en na 60 uur golven blijkt dat slechts 2 zoden, van de locaties 7 en 8, meer dan 100 mm ontgronding vertonen over grotere stukken. Twee zoden vertonen lokale beschadigingen van meer dan enige centimeters diepte. Deze lokale beschadigingen hebben tenminste ten dele direct verband met ondermijning van de zodesterkte door grote graafgangen van muizen en mollen. In de zode van lokatie 10 is voor aanvang van de proef een concentratie van muize- of mollegangen geconstateerd. Tijdens de proef zijn deze verenigd tot één groot gat, dat echter na het ontstaan zeer weinig verder erodeerde, wat blijkt uit de geconstateerde geringe slijtage van de steile wanden en de vlakke bodem van het gat.

De zode die tijdens het steken het meest beschadigd is geraakt, lokatie 8, is reeds kort na het begin van de proeven bezweken. Echter, deze zode vertoonde alle karakteristieken die bezwijken bij geringe golfhoogten mogelijk maakte, zoals een uitgesproken losse bodemstructuur met weinig wortels om de bodemstructuurelementen bijeen te houden. Elders bleek zulke grond bij golven van 0,4 m binnen 48 uur tot meer dan 0,3 m te zijn geërodeerd (Kruse, 1994).

Het oppervlak van de zoden die relatief veel erosie vertoonden, bestonden bij aanvang van de proeven zeer veel uit los materiaal. Dit losse materiaal is het gevolg van het ontbreken van een voldoende dicht en homogeen wortelnet om bodemstructuurelementen van millimeter tot centimeter grootte bijeen te houden. Relatief droge cohesieve grond kan daardoor gemakkelijk uiteen vallen. De zodegrond van deze locaties 7 en 8 had een zeer duidelijke en hoekige bodemstructuur. Ook in veldomstandigheden zullen in deze grond veel "losse" bodemstructuurelementen voorkomen, echter deze zullen enigszins beter gepakt zijn. Grondmonsters van deze locaties vertoonden ook zeer snelle erosie in het erosietoestel.

De zode van lokatie 9 vertoonde enige overeenkomsten met die van de lokatie 8. Echter, deze zode had in de bovenste centimeters een zeer dicht wortelnetwerk. Ook was de structuur in deze toplaag reeds enigszins aan dichte beworteling en intens doorgraven aangepast; de structuurelementen water wat meer afgerond.

Ook het oppervlak van de zode van lokatie 2 had veel los materiaal. Deze zode vertoonde tijdens de Scheldebakproef relatief weinig erosie. Echter, het monster in het erosietoestel viel wel snel uiteen, evenals de monsters van de overige zoden met veel losse bodemstructuurelementen. Wellicht wordt de zode van deze lokatie gekenmerkt door sterke laterale variatie in doorworteling, waardoor zeer lokaal weinig wortels voorkomen, hetgeen voor een enkel monster van belang is. De zode als geheel kent wellicht nog wel voldoende samenhang door een wortelnet. Het monster van lokatie 11 bevatte grotere zandinsluitingen.

3.2.5 Erosiecentrifugeproeven

Er zijn 16 erosietoestelproeven uitgevoerd. De resultaten zijn samengevat in Tabel 4 door middel van de belastingsduur, en sterkte, tot het bereiken van een bepaalde klasse van gewichtsverlies, zie Figuur 3.32 en 3.33 (In Tabel 5 worden de 5 erosiebestendigheidsklassen weergegeven). Van de 3 monsters die zeer snel erodeerden zijn er twee gestoken naast zoden die in de Scheldebakproef ook snel en relatief snel ontgronden. Eén monster dat snel erodeerde was gestoken in een zode (lokatie 11) die weinig erodeerde in de Scheldebakproef. De overige 13 monsters erodeerden zeer weinig.

De monsters van zoden die relatief snel ontgronden, vertonen een zeer hoge erosiesnelheid in het erosietoestel. Monsters van beide zoden, lokaties 7 en 8, verloren meer dan 30% van hun gewicht tijdens de eerste uren belasting in het erosietoestel. Het monster van de locatie 11 verloor eveneens meer dan 30% van het gewicht in de eerste uren, maar had een lage ontgrondingssnelheid in de Scheldebak. Hiervoor is reeds opgemerkt dat dit waarschijnlijk het gevolg is van heterogeniteit van de doorworteling van de zode en de effecten van zandinsluiting.

3.2.6 Erosieproeven Scheldebak

Op dezelfde manier als voor het Deltagootonderzoek in 1992 zijn de gegevens voor elk meetpunt uitgewerkt als hoogteverschillen ten opzichte van de nulpeiling. Voor elke zode zijn de verschilpeilingen van beide raaien apart gepresenteerd in de Figuren 3.1 t/m 3.22 (de zode van locatie 8 is wel gepeild na 1 uur, maar niet verder uitgewerkt vanwege de grote erosie).

De lokaties van de twee meetraaien (a en b) per zode bevonden zich respectievelijk 12,5 cm links en rechts van de middenlijn van de zode. De horizontale as op de figuren is de afstand van elk meetpunt vanaf de onderkant van de zoden.

De ruwe meetwaarden staan vermeld in Bijlagen 5 en 6. Uit deze gegevens blijkt dat de lokaties 7, 8 en 10 aanzienlijk sneller eroderen dan de andere lokaties. Bij locatie 10 spelen een rol de gaten die reeds voor de proef aanwezig waren en tijdens de proef zijn opgegaan in één groter gat.

De peilingen van de kunstmatige schades op de zoden 1, 2, 6, 9 en 12 zijn in de Figuren 3.23 t/m 3.27 weergegeven. Zowel de absolute peilingen van het talud als de verschilpeilingen zijn in deze figuren gepresenteerd om een betere visuele weergave van de erosie te kunnen geven. In alle gevallen trad er geen spectaculaire erosie op na 12 uur golven. De maximale erosiewaarden per zode (samen met de bijbehorende x-coördinaat ten opzichte van bovenkant zode) zijn in onderstaande tabel vermeld.

Wat betreft de meetnauwkeurigheid wordt verwezen naar het daarover vermelde in Paragraaf 2.5.6.

Tijd (uren, na aanbr. van schades)	Zode 1	Zode 2	Zode 6	Zode 9	Zode 12
	x = 65 cm	x = 80 cm	x = 70 cm	x = 80 cm	x = 70 cm
1	3	3	11	0	4
4	33	11	21	20	20
12	40	19	35	53	16

Tabel 3.2-3 Maximale erosiewaarden (mm) van de kunstmatige schades

3.3 Conclusies

Uit de meetresultaten komen de lokaties 7 en 8 bij de meeste parameters duidelijk als minst erosiebestendig naar voren:

- de bedekking is het laagst,
- de gemiddelde gatgrootte is het grootst,
- er zijn relatief veel grote en weinig kleine gaten,
- de wortellengte is het kleinst,
- de erosie bij de sproeikoproef is het grootst,
- de erosie bij de erosietoestelproef is het grootst,
- de erosie bij de Scheldebakproef is het grootst,
- het wortelgewicht vormt een uitzondering, hier komt lokatie 8 wel als slechtste naar voren (laagste wortelgewicht), maar lokatie 7 zit ergens in het midden.

Daarnaast zijn er nog een aantal parameters die minder duidelijk zijn wat betreft de erosiebestendigheid:

- het wortelgewicht: lokatie 8 slechtst erosiebestendig, maar lokatie 7 ergens in het midden,
- de vloeigrens: lokatie 7 hoge waarde, lokatie 8 midden positie,
- het gehalte afslibbaar materiaal: hoog percentage bij lokatie 7, gemiddeld bij lokatie 8
- het zandgehalte: laag gehalte bij lokatie 7, gemiddelde waarde bij lokatie 8.

Als je de meetresultaten van de overige lokaties bekijkt, dan blijken de verschillen tussen deze lokaties onderling niet erg groot te zijn en de volgorde van groot naar klein verschilt per parameter.

4 Analyse

4.1 Hydraulische omstandigheden

De Scheldebak heeft een lengte van 35 m, een breedte van 14 m en een diepte van 1,2 m. De proeven zijn uitgevoerd met de hoogst mogelijke onregelmatige golf. Onderstaand zijn de hydraulische omstandigheden, waaronder de golfparameters, samengevat (zie ook Figuur 2.5):

waterdiepte:	$h = 0,80 \text{ m}$
significante golfhoogte:	$H_s = 0,31 \text{ m}$
golfsteilheid:	$S_{op} = 3,2 \%$
piekperiode:	$T_p = 2,5 \text{ s}$

De golfmachine is aangestuurd met een signaal dat gebaseerd is op het Jonswap-golfspectrum. Dit spectrum sluit het beste aan bij golfcondities in het rivierengebied (kenmerk is onder andere een korte strijklengte). Een hogere steilheid dan 3,6% is moeilijk haalbaar met onregelmatige golven, omdat de hogere golven dan gaan breken. Met een helling 1:3 wordt de brekerparameter gelijk aan:

$$\text{brekerparameter:} \quad \xi_{op} = 1,87$$

Dit betekent dat de golven breken op het talud. Opgemerkt wordt, dat deze condities op de grens liggen van de mogelijkheden van de faciliteit.

De golfhoogte is gemeten op twee posities in één raai tussen het golfschot en het grastalud. Deze opstelling zorgt ervoor dat eventuele variaties in de golfhoogte dwars door de bak goed worden gemeten en in rekening kunnen worden gebracht bij het uitwerken van de belasting op elke proefstuk.

De golfoploop is ook gemeten tijdens de proeven. Dit is gebeurd met een capacatieve draad op het met een Enkamat verruwde talud naast zode 1. De overschrijdingskromme ($Ru_{2\%}$ -waarde) is weergegeven in Figuur 2.6. De 2% overschrijdingswaarde bedraagt:

$$(Ru_{2\%})_{\text{Enkamat}} = 0,53 \text{ m}$$

De golfoploop op de graszoden is niet gemeten, maar wel visueel geschat. Geconstateerd is dat de golfoploop op vlakke, homogene zoden gelijk is aan de golfoploop op de Enkamat. Op de niet-vlakke, inhomogene zoden is de golfoploop langs het talud gemeten maximaal 0,30 à 0,50 m minder. Anders gezegd:

$$(Ru_{2\%})_{\text{vlakke grasmat}} = 0,53 \text{ m}$$

$$(Ru_{2\%})_{\text{niet vlakke grasmat}} = 0,36 \text{ à } 0,43 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

De golfoploop wordt beschreven door:

$$\frac{Ru_{2\%}}{H_s} = 1,5 r \xi_{op} \quad \text{voor} \quad \xi_{op} \leq 2 \quad (4.1-1)$$

waarbij r de reductiecoëfficiënt is voor de betreffende taludbekleding (glad: $r=1$).

Gegeven de waarden voor $Ru_{2\%}$, H_s en ξ_{op} , kan worden berekend: $r = 0,46$ à $0,61$.

Dit sluit zeer goed aan bij de waarde van $r = 0,55$ gemeten bij eerdere proeven in de Deltagoot met een grastalud en lage golfhoogten: $Ru_{2\%} = 0,36$ m, $H_s = 0,32$ m, $T_p = 2,5$ s, $s_{op} = 0,033$, $\tan \alpha = 0,25$ (Meijer, 1994).

Opnieuw wordt dus geconstateerd dat de golfoploop bij lage golfhoogten niet voldoet aan formule (4.1-1), dat wil zeggen de golfoploopreductie r is kennelijk niet alleen een eigenschap van de taludbekleding, maar ook afhankelijk van de golfhoogte. De in (Meijer, 1994) gepresenteerde relatie:

$$r = 1,15 \sqrt{H_s} \quad \text{met} \quad r \leq 1 \quad (4.1-2)$$

wordt daarmee bevestigd.

De watersnelheden op het talud zijn tijdens de proeven niet gemeten. De belastingcondities zijn echter grotendeels identiek aan proef SP004 bij de Deltagootproeven, verschillend zijn alleen waterdiepte en taludhelling (Meijer, 1994). Dit betekent dat de 2% overschrijdingswaarden van de watersnelheden in oploop en neerloop in de orde van 3,0 m/s zullen liggen.

De effecten van de golfbelasting zijn nagegaan door regelmatig het taludoppervlak van de zoden in te meten. Per zode is daartoe steeds in 2 raaien gepeild, om eventuele variaties in de breedte te kunnen vaststellen. Op deze wijze kan het erosieverloop van elk proefstuk voldoende nauwkeurig worden beschreven. De peilingen zijn uitgevoerd met een nauwkeurigheid van 1 mm.

De proefduur bedroeg in eerste opzet 48 uur. Het golven is een aantal keren onderbroken om de graszoden te inspecteren en de taludligging te peilen. Dit heeft plaatsgevonden op de volgende tijdstippen:

0 (nulpeiling), 1, 4, 8, 16, 24, 36, 48 uur

Na afloop hiervan is nog een verlenging van 12 uur ingelast, waarbij in enkele zoden gaten zijn gemaakt. Voor deze zoden is de gatgroei onderdeel van de analyse, terwijl voor de overige zoden de proefduur op 60 uur is gesteld.

4.2 Invloed van de vegetatie op de erosie

In onderstaande paragrafen zijn voor verschillende parameters de monsters van de lokaties in volgorde van de mate van verwachte of gemeten erosiebestendigheid van slecht naar goed weergegeven op een relatieve schaal, waarbij de afstand tussen de lokaties in de figuur overeenstemt met de verschillen in de gemeten waarden. De hoogteafname bij de sproeikoproef is hierbij buiten beschouwing gelaten in verband met de onnauwkeurigheid door het niet helemaal waterverzadigd zijn van de proefvlakken.

Daarnaast is in onderstaande paragrafen de correlatie tussen verschillende parameters en de hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikoproef en de erosiesnelheid in de Scheldebak weergegeven. Voor correlatie met de sproeikoproef is gebruik gemaakt van de aan het vegetatie-proefvlak in het veld bepaalde parameters en voor de correlatie met de Scheldebakproef is gekeken naar de aan de Scheldebak-zoden bepaalde parameters. Opgemerkt moet worden dat de sproeikopproeven en de bepalingen aan de vegetatie-proefvlakken pas in mei plaatsvonden, terwijl de kans op hoge waterstanden van de rivieren en daarmee samenhangend het erosiegevaar in het vroege voorjaar (maart-begin april) het grootst is. Lokatie 8 is hierbij buiten beschouwing gebleven, omdat de sproeikoproef op deze lokatie voortijdig gestopt moest worden en de zode in de Scheldebak zo snel bezweek dat geen erosiesnelheid bepaald kon worden.

De totale correlatietabel is weergegeven in Bijlage 4. Opgemerkt moet wel worden dat de waarde van een gevonden significant verband beperkt is, omdat het aantal waarnemingen feitelijk te gering is voor een betrouwbare statistische correlatie-analyse.

4.2.1 Vegetatietype en beheerswijze

In Paragraaf 3.3 is geconcludeerd dat lokaties 7 en 8 bij verschillende parameters duidelijk als minst erosiebestendig naar voren komen. Dit valt goed te verklaren met het vegetatietype en het beheer op deze lokaties. De vegetatie op deze beide lokaties valt te typeren als een fragmentgemeenschap van *Alopecurus pratensis* en *Heracleum sphondylium* (verruigd hooiland). Deze gemeenschap komt vooral voor bij een beheer van maaien zonder afvoer, zoals op lokatie 8 het geval is. Het beheer op lokatie 7 bestaat volgens het polderdistrict uit beweiden en 1x per jaar maaien, maar of dit met de praktijk klopt is niet duidelijk. Door het blijven liggen van het maaisel spoelen de nutriënten uit het maaisel terug de bodem in. Daarnaast komen er door depositie ook nutriënten van buitenaf bij. Zo ontstaat een steeds voedselrijkere situatie. Enkele plantensoorten die goed van deze voedselrijke omstandigheden kunnen profiteren, gaan de vegetatie domineren. Deze planten groeien snel en door gebrek aan licht en ruimte worden langzamere groeiers weggeconcentreerd. Er ontstaat een vegetatie van enkele hoogopgaande ruigtesoorten, zoals *Heracleum sphondylium* (bereklaauw), *Anthriscus sylvestris* (fluitekruid) en *Urtica dioica* (brandnetel) met daaronder een open zode. Op een onbedekte bodem wordt het bodemmateriaal niet vastgehouden door de vegetatie en kan het makkelijk wegspoelen. Onder voedselrijke omstandigheden zijn de planten ook niet genoodzaakt te investeren in een fijn vertakt wortelstel. Ook de open zode, relatief weinig planten per oppervlakte-eenheid, draagt bij aan een lage wortellengte. Dat bij lokatie 7 bij een kleine wortellengte een relatief hoog wortelgewicht is gevonden, valt te verklaren uit de aanwezigheid van wortels van *Heracleum sphondylium* (bereklaauw) in de monsters; deze plant heeft erg dikke wortels, zodat bij een geringe lengte een hoog gewicht gevonden wordt.

Uit de meetresultaten van de overige lokaties bleken de verschillen tussen deze lokaties onderling niet erg groot en de volgorde van groot naar klein bleek verschillend per parameter. Als je let op lokaties die qua vegetatie en beheer veel overeenkomst vertonen zoals 1 en 2, 3 en 12, 4 en 11 en 9 en 10, dan blijken de meetresultaten voor die lokaties ook niet duidelijk dicht bij elkaar te liggen. Bij deze lokaties kunnen de gevonden resultaten dus niet goed door vegetatietype en beheer verklaard. Een uitzondering hierop vormen de grote wortellengte en het hoge wortelgewicht van de lokaties 1 en 2. Dit kan verklaard worden uit de relatief voedselarmere situatie met name voor kalium, waardoor een fijn vertakt wortelstelsel noodzakelijk is om voldoende voedingsstoffen op te kunnen nemen.

Relatie N-, P-, K-gehaltes met vegetatietype en beheer

Het gehalte aan mineraal stikstof is het laagst bij lokaties 3 en 4.

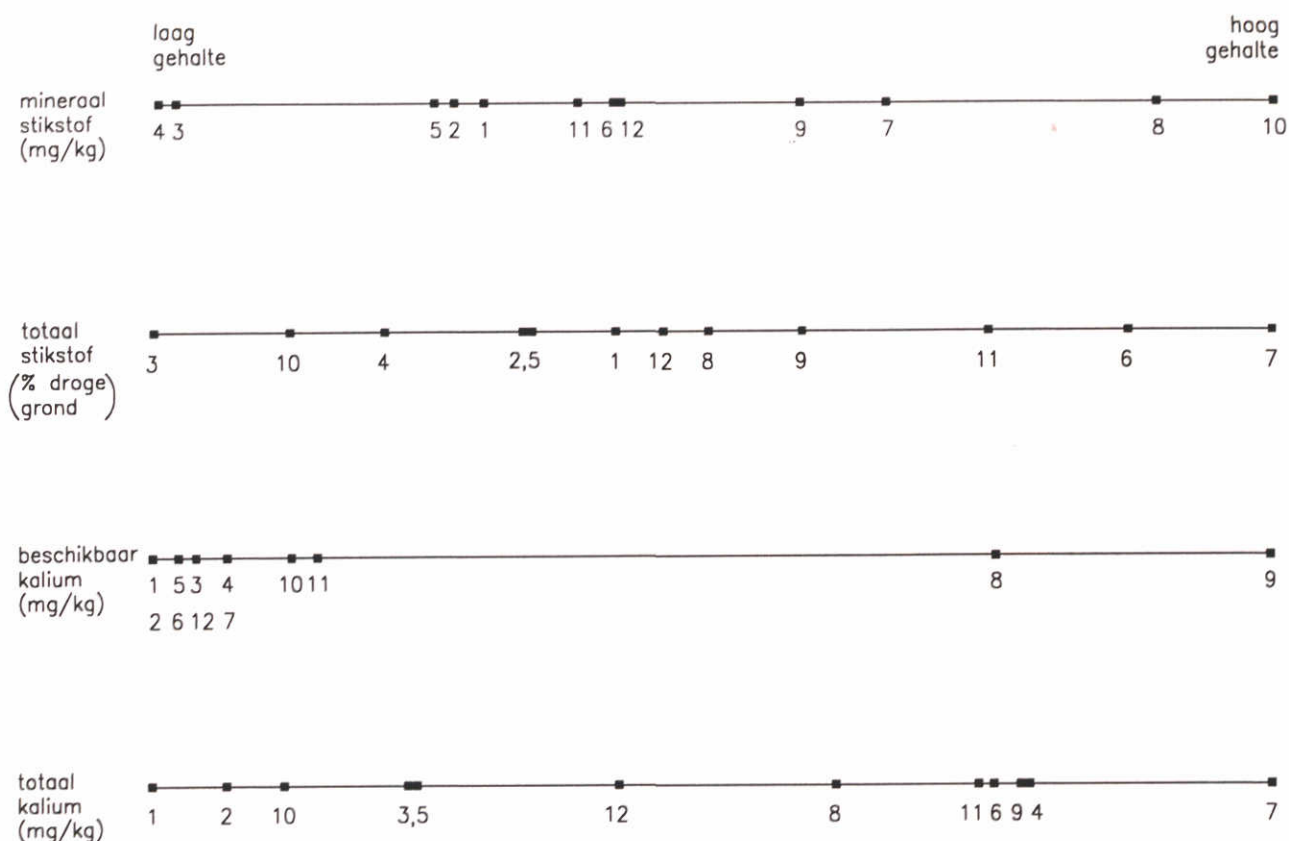
De vegetatie op lokatie 3 behoort tot het Arrhenatheretum, maar het betreft geen bijzonder soortenrijke lokatie. Lokatie 4 komt het meest overeen met de fragmentgemeenschap van *Alopecurus pratensis* en *Herocleum sphondylium*, maar heeft ook wel iets weg van een Arrhenatheretum met wat op verruiging wijzende soorten, zoals *Urtica dioica*. Meestal gaan deze soorten juist samen met een hoog stikstofgehalte.

De hoogste gehalten aan mineraal stikstof zijn gevonden bij lokatie 8 en 10. Lokatie 8 betreft een verruigde grasmat met een klepelbeheer, hier waren hoge stikstofgehalten te verwachten. Lokatie 10 betreft een produktieweiland, hier zijn door bemesting met uitwerpselen van het grazende vee ook hogere stikstofgehalten te verwachten.

De beschikbare hoeveelheid fosfor is op de meeste lokaties laag of er werd helemaal geen beschikbaar fosfor in de bodemonsters gevonden. Een uitzondering hierop vormen lokatie 8 en 9. Lokatie 8 is een verruigde vegetatie en lokatie 9 een produktieweiland beweid door schapen. Deze grotere hoeveelheden beschikbaar fosfor zijn bij de betreffende vegetatie en beheer niet vreemd. Op lokatie 10, die qua beheer en vegetatie sterk overeenkomt met lokatie 9, is echter helemaal geen fosfor in het bodemonster aangetroffen. Mogelijk heeft dit te maken met verschillen in bodemsamenstelling. Fosfor is in de bodem nogal immobiel en de mate waarin het opneembaar is voor de planten verschilt met de pH (Sutton & Gunary, 1968). Bovendien zeggen momentane bepalingen weinig over de beschikbaarheid door mineralisatie.

De hoeveelheid beschikbaar kalium is ook het hoogst bij lokatie 8 en lokatie 9. Bij lokatie 1 en 2 is de hoeveelheid beschikbaar kalium het laagst. Lokatie 1 en 2 zijn ook de meest soortenrijke vegetaties. Een grote soortenrijkdom gaat over het algemeen samen met lage nutriëntengehaltes. Het is goed mogelijk dat de hoeveelheid kalium meer beperkend is dan de hoeveelheid stikstof, omdat de aanvoer van stikstof via depositie veel groter is dan van fosfor en kalium (Marrs et al, 1983)(Katznelson, 1977). Stikstof is dus geen beperkende factor.

De monsters zijn in Figuur 4.2-1 relatief ten opzichte van elkaar weergegeven op een schaal lopende van een laag gehalte naar een hooggehalte.



Figuur 4.2-1 Lokaties op volgorde van een laag naar een hoog gehalte

4.2.2 Bedekking en openheid van de zode

Bedekking

In onderstaande figuur zijn de lokaties in volgorde van bedekkingspercentage van laag naar hoog weergegeven. Als bedekkingspercentage is voor iedere lokatie het gemiddelde van de bedekking van de Scheldebak-zode en de bedekking van het vegetatie-proefvlak genomen.



Figuur 4.2-2 Lokaties op volgorde van bedekkingspercentage

Lokaties 7 en 8 hebben de laagste bedekking en zijn in dit opzicht dus het minst erosiebestendig. De bedekking van de overige lokaties ligt dicht bij elkaar. Een verklaring voor de slechte bedekking op lokatie 7 en 8 is terug te vinden in Paragraaf 4.2.1. De in dit onderzoek gevonden bedekkingspercentages stemmen goed overeen met de resultaten van eerder onderzoek. In het onderzoek van (Van der Zee, 1992) lagen de bedekkingspercentages van verschillende vegetatietypen binnen dezelfde range en ook hier hadden de verruigde hooilanden de laagste bedekking.

(Sykora en Liebrand, 1987) vonden voor voedselrijke weilanden een bedekking van 71,5-94,5% en voor schrale hooilanden van 70-94,5%. Uit Figuur 4.2-1 blijkt ook dat alleen de verruigde hooilanden (lokatie 7 en 8) een lagere bedekking hebben. In het onderzoek van (Liebrand, 1993) waren hoofdzakelijk Arrhenatheretea betrokken, deze hadden een bedekking tussen ongeveer 65 en 95%. De Arrhenatheretea in dit onderzoek (lokaties 1,2,3,5,6,11 en

12) liggen ook binnen deze range. In het zeedijken onderzoek van (Sprangers, 1994) werd voor gehooide graslanden soms zelfs een nog lagere bedekking gevonden, tot ongeveer 35%.

Als we een relatie willen leggen tussen de bedekking en de resultaten van de Scheldebakproef kunnen we kijken naar de correlatie tussen de bedekking van de Scheldebak-zode en de erosiesnelheid in de Scheldebak. De waarde voor r bedraagt $-0,70$, dit verband is niet significant, maar wel hoog.

Voor de relatie tussen de bedekking en de sproeikopproef kunnen we kijken naar de correlatie tussen de bedekking van het vegetatie-proefvlak en de hoeveelheid afgespoeld materiaal tijdens de sproeikopproef. De waarde voor r is hier $-0,80$ bij een debiet van 2 l/s en $-0,92$ bij een debiet van 4 l/s. In beide gevallen is het verband significant.

Een verklaring voor het feit dat de resultaten van de sproeikopproef een duidelijk verband laten zien met de bedekking en de resultaten van de Scheldebakproef minder, moet waarschijnlijk gezocht worden in de aard van deze proeven. In de Scheldebak wordt de praktijksituatie van een golfbelasting op de zoden nagebootst en wordt gekeken naar het ontstaan van gaten in de vegetatie en de snelheid waarmee dit gebeurt. Bij de sproeikopproef wordt gekeken naar sedimentafspoeling. Dit sediment komt voor een groot deel van oppervlakkige afspoeling. Bij een dicht bedekte zode is er weinig sediment aan de oppervlakte aanwezig.

Gemiddelde gatgrootte

Het gemiddelde van de gemiddelde gatgrootte van de Scheldebak-zode en de gemiddelde gatgrootte van het vegetatie-proefvlak is in onderstaande figuur van groot (slecht erosiebestendig) naar klein (goed erosiebestendig) weergegeven.



Figuur 4.2-3 Lokaties op volgorde van gemiddelde gatgrootte (cm²)

Lokatie 7 en 8 hebben duidelijk grotere gaten dan de overige proefvlakken. De verklaring hiervoor is dezelfde als voor de lage bedekking op deze lokaties. De gemiddelde gatgrootte voor verschillende vegetatietypen lag in het onderzoek van (Van der Zee, 1992) tussen 2,9 en 23,3 cm². (Liebrand, 1993) vond gaten tussen 3,5 en 7,5 cm² (hoofdzakelijk Arrhenatheretea). Bij het zeedijken onderzoek van (Sprangers, 1994) werden in gehooide vegetaties gaten van 1-13,5 cm² gevonden en in beweide vegetaties van 0,5-13 cm². Hoewel in (Van der Zee, 1992) ook de grootste gaten werden gevonden bij verruigde hooilanden is de gemiddelde gatgrootte bij lokatie 7 en 8, vergeleken met de resultaten van eerder onderzoek erg groot.

Er blijkt een duidelijk verband tussen de gemiddelde gatgrootte in de Scheldebak-zoden en de erosiesnelheid bij de Scheldebak-proef te zijn ($r = 0,82$). Ook is er een duidelijk verband tussen de hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikopproef en de gemiddelde gatgrootte in de vegetatie-proefvlakken, bij zowel 2 l/s als 4 l/s ($r = 0,85$ respectievelijk 0,86). Dit bevestigt de rol van gaten als aangrijpingspunt voor erosie.

Rico-absentiepercentage

Ook de rico-absentiepercentages voor de Scheldebak-zoden en de vegetatie-proefvlakken zijn gemiddeld en van groot (minder negatief, dus vlakkere lijn, dus relatief veel grote en weinig kleine gaten) naar klein weergegeven.



Figuur 4.2-4 Lokaties op volgorde van rico-absentiepercentage

Op lokatie 7 en 8 ligt de verdeling van de gaten het meest in de richting van veel grote en weinig kleine gaten. Lokatie 12, 3, 11, 9 en 10 vormen een middengroep en bij lokatie 5, 6, 2, 1 en 4 ligt de verdeling van de gaten het meest richting veel kleine en weinig grote gaten. Als we deze gegevens vergelijken met de bedekking, dan blijken alle lokaties uit de middengroep een veel hogere bedekking te hebben dan lokatie 7 en 8. Met name lokatie 9 en 10 behoren tot de lokaties met de hoogste bedekking. In dat geval is er dus sprake van een dicht bedekte zode met enkele grotere gaten. Dit kan verklaard worden uit het feit dat beide proefvlakken beweid worden door schapen, zodat door vertrapping plaatselijk open plekken kunnen ontstaan. Bij lokatie 1 en 4 is het omgekeerde het geval; deze hebben een iets lagere bedekking met min of meer gelijkmatig verdeelde kleine open plekjes, (vrijwel) zonder echt grotere gaten. Lokatie 1 wordt 1x per jaar gehooïd en soms nabeweïd, lokatie 4 wordt 's-zomers beweïd door schapen. In tegenstelling tot lokatie 9 en 10 waren er op het moment van de metingen echter nog geen schapen op deze lokatie geweest. (Van der Zee, 1992) vond voor verschillende vegetatietypen rico-absentiepercentages tussen -0,28 en -0,78, waarbij de verruigde hooilanden het grootste (minst negatieve) rico-absentiepercentage hadden. Deze resultaten komen dus sterk overeen met de in dit onderzoek gevonden resultaten. In het zeedijken onderzoek van (Sprangers, 1994) werd voor gehooïde vegetaties een rico-absentiepercentage van -0,3 tot -1,4 gevonden en voor beweïde vegetaties van -0,3 tot -2,25. Hier werden dus hoofdzakelijk kleine gaten in de vegetatie gevonden.

Zowel de erosiesnelheid bij de Scheldebakproef als de hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikopproef vertonen geen significant verband met de betreffende rico-absentiepercentages. De r-waarde voor de rico-absentiepercentages van de Scheldebak-zode met de erosiesnelheid bij de Scheldebak-zode bedraagt 0,70, de r-waarde voor de rico-absentiepercentages van de vegetatie-proefvlakken met de sproeikopproef bedraagt 0,62 bij 2 l/s en 0,27 bij 4 l/s.

4.2.3 Wortelonderzoek

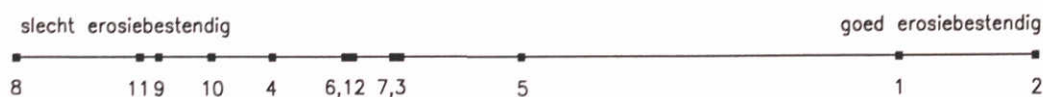
In Figuren 4.2-5 en 4.2-6 is de gemiddelde totale worteldichtheid in de bodemlaag van 0-30 cm in m/dm^3 respectievelijk g/dm^3 van klein naar groot weergegeven.



Figuur 4.2-5 Lokaties op volgorde van wortellengte in m/dm^3

Lokaties 1 en 2 hebben duidelijk de grootste wortellengte per volume grond en zijn in dit opzicht dus het meest erosiebestendig. De overige lokaties liggen op enige afstand van deze

twee lokaties. Lokaties 7 en 8 zijn het minst erosiebestendig, maar de afstand tot de overige lokaties is niet erg groot. (Van der Zee, 1992) vond bij verschillende vegetatietypen wortellengtes van 280 m/dm³ tot 480 m/dm³ in de bovenste 50 cm van de bodem. Omdat in dit onderzoek alleen gekeken is naar de bovenste 30 cm en de worteldichtheid afneemt met de diepte, is de grotere wortellengte in dit onderzoek goed verklaarbaar, al blijft de wortellengte bij lokaties 1 en 2 erg groot. (Van der Zee, 1992) vond de kleinste wortellengtes bij verruigde hooilanden, gevolgd door bemeste produktieweilanden. Ook in dit onderzoek is de kleinste wortellengte gevonden bij verruigde hooilanden, terwijl de bemeste produktieweilanden ontbreken. Net als in dit onderzoek hadden de stroomdalgraslanden (lokaties 1, 2 en 5) in het onderzoek van (Van der Zee, 1992) de grootste wortellengte. (Sykora en Liebrand, 1987) vonden bij stroomdalgraslanden, glanshaverhooilanden en produktieweilanden, wortellengtes van 94 m/dm³ tot 215 m/dm³ in de bovenste 100 cm en (Liebrand, 1993) vond wortellengtes van 490-580 m/dm³ in de bovenste 60 cm (Arrhenatheretea). In het zeedijkenonderzoek van (Sprangers, 1994) werden wortellengtes van ongeveer 140-450 m/dm³ in de bovenste 50 cm gevonden. Het betrof hier proefvlakken met verschillend beheer (weiden met mest, 2x hooien zonder mest, hooien met nabeweiden zonder mest, 2x weiden zonder mest) en verschillende uitgangssituaties.



Figuur 4.2-6 Lokaties op volgorde van wortelgewicht in g/dm³

Lokaties 1 en 2 hebben het grootste wortelgewicht per volume grond en komen dus net als bij de wortellengte als meest erosiebestendig naar voren. Lokatie 8 heeft het kleinste wortelgewicht per volume grond, maar de afstand tot de overige lokaties is veel kleiner dan de afstand tussen lokaties 1 en 2 en de rest. Lokatie 7 ligt iets links (richting slecht erosiebestendig) van het midden op de lijn. Een verklaring hiervoor is te vinden in Paragraaf 4.2.1. In het onderzoek van (Van der Zee, 1992) lag het wortelgewicht van de verschillende vegetatietypes tussen 6,4 en 11,5 g/dm³ in de bovenste 50 cm. De droge stroomdalgraslanden kwamen (na de glanshaverhooilanden met zoomsoorten, die in dit onderzoek ontbreken) als beste naar voren, net als in dit onderzoek (lokaties 1, 2 en 5). (Sykora en Liebrand, 1993) vonden een range van 2,7-7,2 g/dm³ over de bovenste 100 cm (stroomdalgraslanden, glanshaverhooilanden en produktieweilanden) en (Liebrand, 1993) een range van 5,8-10,5 g/dm³ in de bovenste 60 cm (Arrhenatheretea). De wortelgewichten in dit onderzoek zijn dus wat lager dan de wortelgewichten in de eerdere onderzoeken, zeker wanneer je rekening houdt met het feit dat in dit onderzoek alleen naar de bovenste 30 cm van de bodem werd gekeken. In het zeedijkenonderzoek van (Sprangers, 1994) waar proefvlakken met verschillend beheer (weiden met mest, 2x hooien zonder mest, hooien met nabeweiden zonder mest, 2x weiden zonder mest) en verschillende uitgangssituaties zijn bekeken, lagen de wortelgewichten tussen 0,6 en 1,8 g/dm³ in de bovenste 50 cm. Deze wortelgewichten zijn dus lager dan de wortelgewichten in dit onderzoek.

Zowel de erosiesnelheid bij de Scheldebakproef als de hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikoppoef vertonen geen significant verband met de wortellengte of het wortelgewicht. De r-waarde voor de wortellengte respectievelijk het wortelgewicht met de erosiesnelheid bij de Scheldebakproef bedraagt -0,33 resp. -0,21. De r-waarde voor de wortellengte respectievelijk het wortelgewicht met de sproeikoppoef bedraagt -0,47 resp. -0,01 bij 2 l/s en -0,37 resp. 0,00 bij 4 l/s.

Mogelijk heeft dit te maken met de wijze waarop de wortellengte en het wortelgewicht zijn uitgedrukt (als gemiddelde worteldichtheid in de laag van 0-30 cm). De verdeling van de wortels over het bodemprofiel in combinatie met absolute hoeveelheden geeft mogelijk meer informatie over de erosiebestendigheid.

4.2.4 Sproeikopprouwen

De hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikopprouf gemiddeld voor de waarden voor 2 l/s en 4 l/s is hieronder van groot naar klein weergegeven. Bij lokatie 8 is de prouf alleen bij 2 l/s uitgevoerd en al na korte tijd gestopt. De hoeveelheid afgespoeld materiaal was in korte tijd echter al zo groot dat dit bij deze prouf duidelijk de slechtste lokatie was.



Figuur 4.2-7 Lokaties op volgorde van hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikopprouf (g)

Lokaties 8 en 7 zijn duidelijk het minst erosiebestendig. De overige lokaties liggen dicht bij elkaar. De hoeveelheid afgespoeld materiaal voor de verschillende vegetatietypes in het onderzoek van (Van der Zee, 1992) bedroeg tussen 25 g en 521 g bij een debiet van 2 l/s. Ondanks het gemiddeld grotere debiet is de hoeveelheid afgespoeld materiaal in dit onderzoek niet groter dan bij (Van der Zee, 1992). Wel komen de verruigde hooilanden in beide onderzoeken als slechtste naar voren. (Sykora en Liebrand, 1987) vonden hoeveelheden tussen 30 en 4015 g bij een debiet van 2 l/s (stroomdalgraslanden, glanshaverhooilanden en produktieweilanden). De relatief lage waarden in dit onderzoek kunnen verklaard worden uit het feit dat de sproeikopprouwen later in het groeiseizoen plaatsvonden, namelijk in mei, dan bij (Van der Zee, 1992), begin maart - half april, en (Sykora en Liebrand, 1987), half april. (Sprangers, 1993) vond overigens op een zeedijk bij Holwerd een hoeveelheid afgespoeld materiaal tussen 1,36 en 32,11 g. De prouf werd uitgevoerd in mei bij een debiet van 2 l/s (produktieweiland, waar nog wel veel soorten van een kamgrasweide in voorkomen, laatste jaren bemest). Dit type graslanden is in dit onderzoek niet beproefd.

Hieronder is eenzelfde figuur gegeven voor de erosiesnelheid bij de Scheldebakprouf. Basis hiervoor zijn de in Tabel 4.4-1 vermelde gegevens inzake de erosiesnelheid per lokatie. Bij lokatie 8 kon geen erosiesnelheid gemeten worden, maar ook hier was deze lokatie duidelijk de slechtste.



Figuur 4.2-8 Lokaties op volgorde van erosiesnelheid bij de Scheldebakprouf (mm/uur)

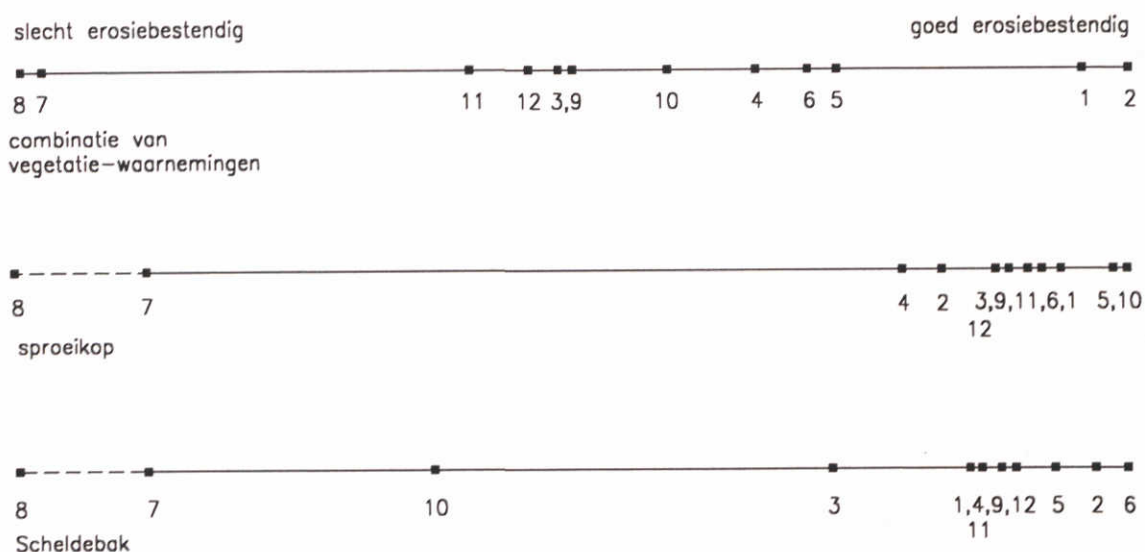
Na lokaties 7 en 8 is ook lokatie 10 duidelijk minder erosiebestendig dan de rest, dit in tegenstelling tot de sproeikopproef, waar lokatie 10 juist als beste uit de bus komt. Lokatie 10 is een produktieweiland met een hoog zandgehalte. Een mogelijke verklaring voor het verschil tussen beide proeven is dat de muizegangen in de Scheldebakzode van lokatie 10 er toe hebben bijgedragen dat er sprake is van een "erosiesprong", terwijl dit aspect bij de sproeikopproef geheel geen rol speelt. Daarnaast heeft lokatie 3 ook nog duidelijk een iets hogere erosiesnelheid dan de rest. Ook deze lokatie heeft een hoog zandgehalte. Andere lokaties met hoog zandgehalte zijn 1,2 en 5, maar hier is de erosiesnelheid niet hoger dan bij de andere lokaties.

Dat lokaties 7 en 8 duidelijk als slechtste naar voren komen, kan verklaard worden uit de zeer open zode, zodat het water direct het bodemmateriaal kan 'aanvallen'. Een laag zandgehalte is dan minder bepalend. Bij lokatie 8 zijn waarschijnlijk ook van te voren onzichtbare mollegangen op het erosieproces van invloed geweest.

Er is vanuit statistisch oogpunt gezien geen significant verband gevonden tussen de resultaten van de Scheldebakproef en de resultaten van de sproeikopproef. De r-waarde voor het verband tussen de Scheldebakproef en de hoeveelheid afgespoeld materiaal bij de sproeikopproef is 0,48 bij 2 l/s en 0,71 bij 4 l/s. De twee minst erosiebestendige lokaties kwamen echter ook bij de sproeikopproef duidelijk naar voren. Een voorspellende waarde mag derhalve wel worden toegekend aan sproeikopproeven.

4.2.5 Conclusies

In onderstaande figuur zijn onder elkaar weergegeven: de lokaties op volgorde van de gecombineerde vegetatie-waarnemingen, de lokaties op volgorde van de sproeikopproef en de lokaties op volgorde van de Scheldebakproef. De plaats van een lokatie op de as bij de gecombineerde vegetatie-waarnemingen is het gemiddelde van de plaats van die lokatie op de as van respectievelijk bedekking, gemiddelde gatgrootte, rico-absentiepercentage, wortellengte en wortelgewicht.



Figuur 4.2-9 Vergelijking tussen vegetatie-waarnemingen, sproeikopproef en Scheldebakproef

Op basis hiervan worden de volgende conclusies getrokken:

- Het blijkt dat de volgorde van de lokaties vrij sterk verschilt tussen de drie assen, maar dat lokaties 7 en 8 bij alle drie duidelijk als minst erosiebestendig naar voren komen. De vegetatie van lokaties 7 en 8 valt te typeren als een fragmentgemeenschap van *Alopecurus pratensis* en *Heracleum sphondylium* (verruigd hooiland).
- Er is geen significant verband gevonden tussen de resultaten van de Scheldebakproef en de sproeikoproef.
- Bij de combinatie van vegetatie-waarnemingen hebben de verschillende waarnemingen even zwaar meegeteld. Uit de correlaties met de Scheldebakproef bleek echter dat de resultaten van de Scheldebakproef alleen een significant verband vertonen met de gemiddelde gatgrootte. De correlaties met de bedekking en met het rico-absentiepercentage zijn ook nog vrij groot, maar de correlatie met de worteldichtheid is gering.
- De correlatie tussen de erosiesnelheid bij de Scheldebakproef en de gemiddelde gatgrootte bevestigt de rol van gaten als aangrijpingspunt voor erosie.
- Het vermoeden bestaat dat met name de wortellengte wel degelijk van belang is voor de erosiebestendigheid, maar dat het hierbij niet gaat om de gemiddelde wortellengte in de laag van 0-30cm, maar om een combinatie van absolute wortellengte en de verdeling van de wortels over het bodemprofiel.
- De resultaten van dit onderzoek laten zich het beste vergelijken met het onderzoek van (Van der Zee, 1992), omdat de onderzochte vegetatietypen het meest overeenkomen met de in dit onderzoek gebruikte vegetatietypes. Hoewel de ranges waarbinnen de waarnemingen vallen soms verschillen, kwamen de verruigde hooilanden zowel in dit onderzoek als in het onderzoek van (Van der Zee, 1992) in de meeste opzichten als slechtste naar voren. De wortellengte en het wortelgewicht zijn in beide onderzoeken (voor zover het de overeenkomstige vegetatietypes betreft) het grootst voor de stroomdalgraslanden.

4.3 Invloed substraat op erosie

In de Figuren 3.28 tot en met 3.39 zijn verschillende ontgrondings- en overige karakteristieken uitgezet in respectievelijk de bekende korrelgrootteverdelingsdriehoek en het plasticiteitsdiagram. De verschillende parameters zijn daartoe steeds in 5 categoriën ingedeeld (zie daarvoor Tabel 5).

Aan de hand van de Figuren 3.28 tot en met 3.39 kunnen opmerkingen gemaakt worden ten aanzien van samenstelling, lokale variatie en grondbeschrijving. Zo komt uit de Figuren 3.28 en 3.29 komt naar voren dat er een nogal grote variatie in samenstelling en plasticiteit kan bestaan binnen een zode van een lokatie. Voor beide lokaties 1 en 2 zijn voor 6 monsters korrelgrootteverdeling en Atterbergse grenzen bepaald. De range van waarden voor de beide lokaties beslaat het gehele onderzochte veld. Ook de spreiding van de monsters van enige van de andere lokaties vertoont deze tendens.

Voor relatief erosiebestendige zoden is er een globale trend van afnemende bestendigheid met afnemende vloeigrens en afnemend gehalte afslibbaar materiaal (fractie kleiner dan 16 μm). Opgemerkt wordt dat in het onderzoek geen zeer zandige zoden waren opgenomen.

Grond in de beproefde zoden met een zandgehalte hoger dan ongeveer 40% in de zode lijkt met enigszins snellere erosie samen te hangen. De erosie na 60 uur golven bedroeg echter nog slechts zo'n 10 tot 20 mm. Voor de relatief erosiebestendige goed doorwortelde zoden is er een zwakke correlatie met de Atterbergse grenzen en met de korrelgrootteverdeling.

Cohesieve grond zonder homogeen verdeeld dicht wortelnet vertoont relatief sterke erosie, zoals blijkt uit de erosie van de zoden van lokaties 7 en 8. De snelle erosie in het erosietoestel van het monster van lokatie 11 bevestigt deze veronderstelling, evenals de analyse van erosietoestelproeven in (Kruse, 1993) en de analyse van de Scheldebakproeven op een grastalud met hogere golven (Kruse, 1994). De erosie in het gat in de zode van lokatie 11 bevestigt dat de structuurelementen zeer gemakkelijk in het bewegende water opgenomen worden als ze niet door wortels bijgehouden worden.

Wat betreft de relatie tussen erosie en grondclassificatie het volgende. Er blijkt geen relatie tussen te zijn tussen erosie in het erosietoestel en de grondclassificatie volgens de classificatieproeven voor de zoden (zie Figuren 3.32 en 3.33). De monsters die zeer snel erodeerden hadden alle een relatief hoge vloeigrens en een relatief laag zandgehalte. Eerder is reeds opgemerkt dat in deze zoden de bodemstructuurelementen niet effectief door wortels bijgehouden worden, waardoor ze tijdens de erosietoestelproef gemakkelijk uit het monster kunnen vallen. Opgemerkt wordt dat de variatie in samenstelling van de zodegrond groot is. Hierdoor is niet uit te sluiten dat het geringe verband tussen classificatie en erosietoestelproefresultaten ten dele het gevolg is van zeer lokale variatie. Het monster van lokatie 3 vertoonde matige erosie tijdens de erosietoestelproef en had een vloeigrens lager dan 45% en één van de 2 monsters had een hoog zandgehalte van bijna 60%.

Erosiewaarnemingen in de Scheldebak aan de hand van de mate waarin ondergrondse plantendelen zijn bloot gekomen na 48 en 60 uur golven, geven het volgende beeld (zie Figuren 3.34 tot en met 3.37). De zoden met meer dan 100 mm erosie (lokatie 7 en 8) hebben een relatief laag zandgehalte en een relatief hoge vloeigrens, evenals de meeste monsters van de zoden met relatief geringe (< 10 mm) erosie. Na 60 uur golven (Figuren 3.36 en 3.37) zijn er behalve de twee hiervoor genoemde zoden met grote erosie, 2 zoden die 10 tot 20 mm erosie vertonen, lokaties 1 en 3. Monsters van de zode van lokatie 3 hebben een vloeigrens lager dan 45% evenals een groot deel van de monsters van lokatie 1 en ook hebben een aantal van de monsters van die lokatie een zandgehalte hoger dan 40%. Deze monsters geven een relatief erosiegevoelige grond aan. Voor de eveneens zandige lokatie 10 is de erosie na 60 uur golven echter minder dan 10 mm. In de zode van lokatie 10 waren bij de aanvang van de proeven gaten in de zode aanwezig die tijdens de proef wel zijn uitgebreid, echter niet tot grotere diepte.

De dalingssnelheid zoals die staat vermeld in Tabel 4.4-1 en die is afgeleid uit peilingen van de erosie met een peilstok, omvat onder andere het effect van het ontstaan van lokale gaten door het bezwijken van een zeer intens door muizen en mollen ondergraven stuk van een monster (lokatie 10). Dit gat werd, nadat het in korte tijd was ontstaan, echter niet verder door erosie vergroot of verdiept. De gegeven gemiddelde dalingssnelheid is door de vorming van dit gat sterk verhoogd.

De in Tabel 4.4-1 gegeven waarde dient daarom niet als representatief voor de betreffende zode gezien te worden.

Relevant is verder, dat de dalingssnelheid bepaald uit metingen met een peilstok, wordt beïnvloed door de aard van de meting en het substraat waarop gemeten wordt. Uit de waarnemingen blijkt dat de peilstok regelmatig in de grond wegzakte (op één plaats 35 mm), doordat de grond door het nat worden en de golfwerking minder stevig was geworden. De gemeten daling is daarom gemiddeld aan de hoge kant. Uit de waarnemingen aan de ruwheid van de grond in de graszoden blijkt, dat de geschatte gemiddelde ruwheid (hoogteverschillen) binnen een afstand van 5 centimeter zo'n 5 tot 25 mm bedraagt.

Samenvattend kan worden gesteld dat de erosie tijdens de proef geringe samenhang vertoont met de classificatie van grond omdat de aanwezigheid van een relatief dicht wortelnet noodzakelijk is om de grond met een bodemstructuur bijeen te houden. Voor zoden met een relatief dicht wortelnet is de erosie enigszins hoger voor de zandiger varianten. Door een nogal grote heterogeniteit in de zode is het zeer lastig om dit zeer geringe verschil in erosie uit beschrijvingen en classificatieproefresultaten af te leiden, behoudens wellicht zeer duidelijke gevallen die niet in deze proef waren vertegenwoordigd. De inconsistente ligging van de monsters van lokatie 3 en 10 wijzen al op dit effect van grote heterogeniteit op de schaal van monstername voor classificatieproeven (monstervolume ongeveer 0,5 liter).

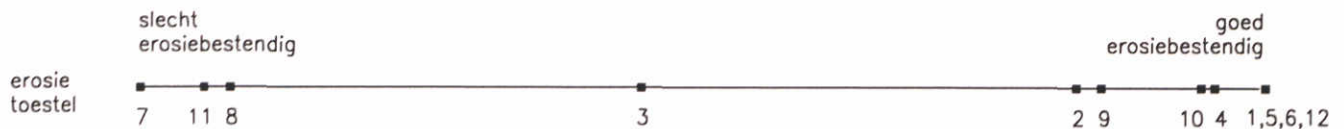
De proeven met het erosietoestel komen wel overeen met de mate van erosie tijdens de Scheldebakproef. De gemiddelde dalingssnelheden van de gepeilde oppervlakken tijdens de Scheldebakproef (zie Tabel 4.4-1), omvat overigens onder andere het effect van lokale gaten (onder andere met name lokatie 10). De gepeilde snelheden zijn uiteraard hoog voor de beide zeer sterk aangetaste zoden (lokaties 7 en 8) die een relatief hoge vloeigrens en laag zandgehalte hebben. De monsters van de zoden waarvoor de peilingen een relatief wat snellere daling aangeven ($> 0,7$ mm/hr) hebben bijna alle een relatief hoog zandgehalte en hebben op een monster na een relatief lage vloeigrens ($< 45\%$).

De monsters van de beide zoden die snel ontgronden vertonen zeer hoge erosiesnelheden in het erosietoestel. Slechts het monster van de zode van lokatie 11 erodeerde vergelijkbaar in het erosietoestel, echter de zode vertoonde weinig erosie bij proeven in de Scheldebak. Deze zode van verruigd grasland is waarschijnlijk zeer heterogeen in doorworteling en in samenstelling (zandinsluiting) hetgeen het verschil in mate van erosie tussen beide proeven kan verklaren.

Het verband tussen erosie in het erosietoestel en de waargenomen erosie na 60 uur golven is als volgt:

waarneming erosie in Scheldebak na 60 uur	erosietoestel (standaard proef)
≤ 15 mm	$< 10\%$ gewichtsverlies na 3 uur 1200 rpm
15- 20 mm	$> 30\%$ gewichtsverlies in 1 tot 3 uur op 1200 rpm
> 100 mm	$> 30\%$ gewichtsverlies bij minder dan 1200 rpm

In Figuur 4.3-2 wordt een rangorde gegeven van de erosiebestendigheid zoals die volgt uit de proeven met het erosietoestel. Hierbij moeten twee opmerkingen worden gemaakt. Allereerst is daar waar duplomonsters beschikbaar waren, het minst erosiebestendige monster weergegeven. Verder erodeerde het monster van lokatie 11 zeer snel door een grote zandin-sluiting.



Figuur 4.3-2 Lokaties op volgorde van de erosietoestelproef

De verschillende waarnemingen en meetresultaten geven duidelijk aan dat de bestendigheid van graszoden tegen golven van 0,3 m zeer hoog is. De erosie door 60 uur belasting is voor de meeste zoden minder dan kan worden verwacht voor de jaarlijkse erosie als gevolg van de overige natuurlijke processen. Slechts één zode werd zodanig beschadigd dat deze als bezwaken beschouwd kon worden en een andere zode vertoonde zodanig erosie dat bezwijken niet uitgesloten geacht moet worden. Het is mogelijk dat de directe oorzaak van het vroegtijdig bezwijken van de zode van lokatie 8 met de beschadiging tijdens monsternamen samenhangt, echter de aard van de zode is zodanig dat er relatief zeer snelle erosie verwacht kon worden, ook zonder initiële schade.

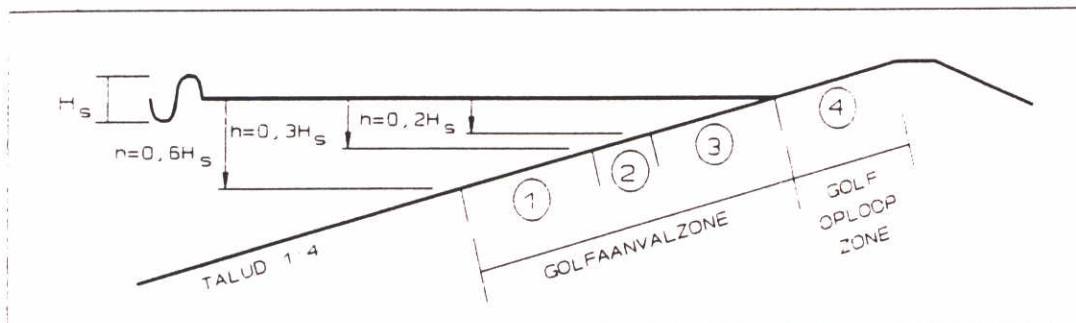
Samenvattend kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- geen erg hoge zandgehalten beproefd (max. 48%),
- erosie minder dan jaarlijkse erosie door andere natuurlijke processen, uitgezonderd lokaties 7 en 8,
- slechts minimale schade dus bezwijken van dijk is niet aan de orde,
- dicht wortelnet direct aan oppervlak is voor erosiebestendigheid bij lage golven belangrijk, zelfs zandige grond wordt vastgehouden,
- beoordeling grond in zode kan het best gebeuren door terzake deskundigen vanwege grote heterogeniteit, of door voldoende bemonstering maar dit is praktisch ondoenlijk,
- bij lage golven zijn initiële beschadigingen niet erg belangrijk, tenzij het over grote oppervlakken gaat, dan wordt herstel duurder,
- het erosietoestel geeft een goede benadering van de erosiebestendigheid.

4.4 Invloed golfbelasting op erosie

4.4.1 Slijterosie

Voor de analyse van de slijterosie zijn de graszoden in vier zones verdeeld overeenkomstig het Deltagootonderzoek (Smith, 1993). In onderstaande figuur zijn deze zones aangegeven.



Figuur 4.4-1 Onderverdeling naar zones op het talud (Smith, 1993)

De zones 2 en 3 zijn in de analyse samengenomen, zodat feitelijk drie zones worden onderscheiden. Tevens is elke zone in breedterichting in twee raaien verdeeld, zodat per zone uiteindelijk voor zes zones erosiediepten zijn geanalyseerd.

Aangezien zowel de gemiddelde als de maximale erosiediepte relevant kunnen zijn, zijn beide in de analyse meegenomen. In Bijlagen 5 en 6 zijn de gemiddelde en maximale erosiediepten als functie van de tijd opgenomen (zie ook Figuren 4.1 t/m 4.11 resp. 4.12 t/m 4.22).

Hierbij ontbreken de gegevens van lokatie 8, omdat deze reeds na 1 uur bezwaken was.

Het verloop van de erosie is als volgt: In het eerste uur erodeert veel, vooral los materiaal; daarna neemt de erosie min of meer lineair in de tijd toe. Een logaritmisch verband tussen erosiediepte en belastingduur is waarschijnlijk het meest geëigend om het volledige verloop te beschrijven.

Bij de verdere analyse zal echter worden voortgebouwd op de lijn die is ingezet bij de analyse van de Deltagootproeven, dat wil zeggen de erosiediepte neemt lineair toe in de tijd (Meijer, 1994):

$$y = t E_{\text{gras}} \quad (4.4-1)$$

met:

$$\begin{aligned} y &= \text{erosiediepte (m)} \\ E_{\text{gras}} &= \text{erosiesnelheid (m/s)} \\ t &= \text{tijd (s)} \end{aligned}$$

Het aangenomen lineaire verband leidt voor belastingduren van minder dan 60 uur tot een onderschatting van de erosiediepte, maar voor grotere belastingduren tot een overschatting. De erosiesnelheden worden dus bepaald door de erosiediepte op het eindtijdstip te delen door de belastingduur (48 of 60 uur). De aldus verkregen waarden zijn in Tabel 4.4-1 weergegeven. De waarden zijn overigens impliciet eventuele lokale gaten (bijvoorbeeld bij de zone van lokatie 10) en initiële erosie (eroderen reeds los materiaal bij aanvang van de proeven).

Voor de volledigheid wordt daarbij aangetekend dat de gemeten erosiediepte een conservatieve schatting is door extra inzakking peilstok door verweking van de grond en dat de standaardafwijking van de meting van de erosiediepte ongeveer 10 mm bedraagt (zie ook Paragraaf 2.5.6). Het laatste aspect betekent dat bij goed erosiebestendige monsters de gemeten erosie slechts weinig hoger is dan de spreiding in de meting.

Voor de erosiesnelheid wordt conform de Deltagootproeven de volgende empirische formule juist verondersteld:

$$E_{\text{gras}} = c_E H_s^2 \quad (4.4-2)$$

waarin:

$$\begin{aligned} c_E &= \text{graserosieconstante (m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{)} \\ H_s &= \text{significante golfhoogte (m)} \end{aligned}$$

De exponent 2 bleek goed bij de eerdere Deltagootresultaten aan te sluiten en is daarom ook hier gehandhaafd. Bovendien sluit dit goed aan bij de kwadratische relatie tussen golfenergie en golfhoogte, waarbij bedacht moet worden dat erosie afhankelijk is van de golfenergie. Een exponent 2 kan ook worden afgeleid uit ontgrondingsformules. Tenslotte impliceert formule (4.4-2) nog de afhankelijkheid $E \approx p^2$ of $E \approx u^4 \approx \tau^2$, wat in overeenstemming is met traditionele transportformules.

De coëfficiënt c_E is een functie van de sterkte-eigenschappen van de grasmat, maar ook afhankelijk van belastingparameters:

- kwaliteit van de grasmat, zoals bedekkingsgraad, wortelgewicht;
- kwaliteit van de ondergrond, zoals vloeigrens, zandgehalte;
- taludhelling;
- belastingparameters, bijvoorbeeld golfsteilheid (maar ook wellicht golfspectrum, golfperiode).

Met het bovenstaande is een toelaatbare belastingduur te bepalen die gerelateerd is aan de dikte d van de bovenste laag van de zode. In formule:

$$\gamma y \leq d \quad (4.4-3)$$

waarin:

$$\begin{aligned} d &= \text{maat voor de zodedikte (m)} \\ \gamma &= \text{veiligheidscoëfficiënt (-)} \end{aligned}$$

Opgemerkt wordt dat de verhouding d/γ de aanvaardbare erosiediepte weergeeft.

In Figuur 4.24 zijn de gevonden erosiesnelheden weergegeven tezamen met de resultaten van het Deltagootonderzoek in 1992 (Meijer, 1994), uitgezet tegen de significante golfhoogte. De zoden 2, 5 en 6 passen binnen deze eerder gevonden relatie, hetgeen betekent dat deze graszoden van ongeveer gelijke kwaliteit zijn als de zode gebruikt in het Deltagootonderzoek. Wat betreft de aangegeven ligging van zode 10 moet worden opgemerkt dat de berekende erosiesnelheid mogelijk te hoog is. Er is namelijk impliciet rekening gehouden met een reeds aanwezig gat, dat niet verdiept of vergroot is (zie ook Paragraaf 4.3), maar daar staat tegenover dat zode 10 het hoogste zandgehalte bezit (zie Figuur 4.3-1).

Op grond van de fysische grootheden van de grasmat en de ondergrond en het gemeten erosieverloop tijdens de golfproeven in de Scheldebak zou het volgende functionele verband kunnen worden gegeven voor de graserosieconstante c_E :

$$c_E = f(B, G, R, W_l, W_g, V, F, L, Z) \quad (4.4-6)$$

waarin:

- B = bedekkingsgraad (%)
- G = gatgrootte (m²)
- R = rico-absentie (%)
- W_l = wortellengte (m/dm³)
- W_g = wortelgewicht (g/dm³)
- V = vloeigrens (%)
- F = gehalte afslibbaar materiaal (%)
- L = lutum gehalte (%)
- Z = zand gehalte (%)

Voor het bepalen van een voorspellingsformule wordt verder gekozen voor de parameters B, W_l en F. Dit gebeurt in eerste instantie vanwege de goede overeenkomst tussen deze parameters en de Scheldebakproeven (zie paragrafen 4.2 en 4.3). Daarnaast bezitten een aantal van de parameters een meer of minder duidelijke onderlinge relatie. Zo hebben gatgrootte en rico-absentiepercentage een relatie met de bedekkingsgraad, maar heeft de laatste ook impliciet enig verband met de lengte van de vegetatie. Verder zijn wortellengte en wortelgewicht onderling gerelateerd. De wortellengte is echter meestal nauwkeuriger bekend. Wat betreft de grondparameters kan het beste een correlatie gelegd worden met vloeigrens en gehalte afslibbaar materiaal. Gekozen is voor de laatste, omdat uit nader onderzoek van de gegevens beide in sterke mate gecorreleerd blijken. Ook de andere grondparameters blijken overigens gecorreleerd te zijn aan het gehalte afslibbaar materiaal. Op deze wijze resulteert de volgende formule:

$$c_E = \alpha B^{\beta_1} W_l^{\beta_2} F^{\beta_3} \quad (4.4-7)$$

waarin:

- α = coëfficiënt
- β_i = exponent (i=1..3)
- B = bedekkingsgraad (%)
- W_l = wortellengte (m/dm³)
- F = gehalte afslibbaar materiaal (%)

In Bijlage 7 is een tabel opgenomen met de data op grond waarvan de bepaling van de coëfficiënt en de exponenten heeft plaatsgevonden. Voor c_E geeft dit de volgende formule:

$$c_E = 220 \cdot 10^{-6} \frac{W_l^{0,4}}{B^{1,2} F^{0,5}} \quad (4.4-8)$$

Opgemerkt moet worden dat de betrouwbaarheid van de gepresenteerde formule beperkt is gezien de geringe hoeveelheid gegevens, de nauwkeurigheid van de meetgegevens, etc. In die zin wordt de formule dan ook niet aanbevolen voor ontwerpdoeleinden. Aanbevolen wordt wel om de formule te toetsen aan andere gegevens.

Beter is het uit te gaan van een classificatie op basis van de erosiesnelheid (Tabel 4.4-2) of de graserosieconstante (zie paragraaf 4.4.3).

classificering	erosiesnelheid (mm/h)		graszoden
	zone-gem	maximaal	
slecht	> 0,6	> 1,0	7, 8, 10
matig/redelijk	0,25 - 0,6	0,5 - 1,0	1, 3, 4, 9, 11, 12
goed	< 0,25	< 0,5	2, 5, 6,

Tabel 4.4-2 Classificering van de graszoden

4.4.2 Gaterosie

In de zoden 1, 2, 6, 9 en 12 is na 48 uur golfbelasting een gat gemaakt als beschreven in paragraaf 2.5.6. Hierna is de golfbelasting nog 12 uren voortgezet teneinde de erosieweerstand te onderzoeken bij initiële schade. Verwacht wordt dat de erosieweerstand lager is dan voor de slijterosie, aangezien de wortelzone geen bijdrage meer levert aan de stabiliteit van het grondmateriaal.

Peilingen zijn verricht na 1, 4 en 12 uur (Tabel 3.2-2). Het erosieverloop in de tijd is weergegeven in Figuur 4.25. In Tabel 4.4-3 zijn de erosiesnelheden weergegeven.

graszode	1	2	6	9	12
gaterosiesnelheid (mm/h)	3,33	1,58	2,92	4,42	1,33
c_E ($10^{-6} \text{m}^{-3} \text{s}^{-1}$)	9,63	4,57	8,44	12,78	3,84

Tabel 4.4-3 Overzicht erosiesnelheden gaterosie

De erosiesnelheden zijn, zoals verwacht mag worden, hoger dan voor de slijterosie (zie Figuur 4.26). Blijkbaar verloopt de erosie sneller wanneer er geen beschermende grasmatten meer aanwezig is. Echter, uit Figuur 4.25 blijkt ook dat de erosie bij toenemende tijdsduur minder toeneemt dan in de eerste uren van de belastingduur. Ook hier lijkt dus een logaritmisches verband te bestaan tussen erosiediepte en belastingduur. Dit betekent dat initiële schades niet direct een gevaar vormen. De maximale erosie na 12 uur bedroeg minder dan 60 mm.

Het verschil tussen de gaterosiesnelheid en de slijterosiesnelheid bedraagt een factor, die varieert van 2,5 (zode 12) tot 9,3 (zode 6). De grote variatie in de factor is eenvoudig in te zien door het feit dat de graseigenschappen (bedekkingsgraad, wortellengte, wortelgewicht) minder terzake doen bij de gaterosie. Bij een hoge graskwaliteit op een matige ondergrond (zode 6) heeft een kunstmatige schade dan ook ernstiger gevolgen dan bij een matige graskwaliteit op een goede ondergrond (zode 12). De erosiesnelheid is het hoogst bij zode 9. Gezien de grondeigenschappen en wortelkenmerken wijkt de zode echter niet af van de andere zoden.

4.4.3 Conclusies

De grootschalige proeven in de Scheldebak hebben zeer uiteenlopend gedrag van de verschillende graszoden onder golfbelasting laten zien. Dit gedrag loopt uiteen van vrijwel direct bezwijken (zode 8) tot nagenoeg geen schade (zode 6). De maximale schade vindt meestal (maar niet altijd) plaats in het gebied juist onder de waterlijn, waar de golfklap en de maximale schuifspanning optreden. Aangezien de monsters niet volledig homogeen zijn, hoeft de maximale schade echter niet altijd op dezelfde plaats als de maximale belasting op te treden.

Het schadeverloop vindt veelal min of meer logaritmisch in de tijd plaats. Het soms schoksgewijze schadeverloop wordt toegeschreven aan de niet-homogeniteit van de proefmonsters.

Met Tabel 4.4-1 kunnen de in de Scheldebak beproefde graszoden gerangschikt worden in volgorde van erosieweerstand (van laag naar hoog). Deze rangschikking is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4.4-2 Lokaties op volgorde van erosiesnelheid

De resultaten zijn aanleiding tot de volgende, conservatieve classificatie (rekening is gehouden met extra indrukking door verweking van de grond, reeds aanwezige gaten, etc.):

mate van erosiebestendigheid	verwachtingswaarde graserosieconstante
goed	0,5 à 1,5 · 10 ⁻⁶
matig	1,5 à 2,5 · 10 ⁻⁶
slecht	2,5 à 3,5 · 10 ⁻⁶

Dit resultaat is in lijn met de Deltagootproeven uit 1992 waar een goede grasmat is beproefd en waarbij een waarde van c_E gelijk aan $0,5 \cdot 10^{-6}$ kon worden afgeleid. De zoden 2,5 en 6 zijn van vrijwel gelijke kwaliteit als de zode gebruikt in het Deltagootonderzoek (Meijer, 1994).

Met deze classificatie kan met formule (4.4-5) een maximale belastingduur worden bepaald bij een gegeven significante golfhoogte. Stel: de dikte van de zode is 50 mm, de kwaliteit van de grasmat is goed respectievelijk matig, dus de waarde van de graserosieconstante is $1,0 \cdot 10^{-6}$ respectievelijk $2,0 \cdot 10^{-6}$, en de veiligheidsfactor bedraagt 2, de toelaatbare belastingduur als functie van de golfhoogte kan dan worden afgelezen in Figuur 4.28. Voorlopig wordt aanbevolen deze figuur alleen te gebruiken voor condities met golven kleiner of gelijk aan 0,75 m. Voor hogere golven kan ook de totale samenhang van de grasmat een rol gaan spelen bij de erosiebestendigheid.

Voor de greaserosieconstante is ook een relatie afgeleid met vegetatie- en grondparameters. Deze formule wordt voorshands niet aanbevolen vanwege de te grote onzekerheidsmarge.

Tenslotte blijken kunstmatig aangebrachte gaten geen groot gevaar te vormen wat betreft versnelde erosie.

4.5 Conclusies

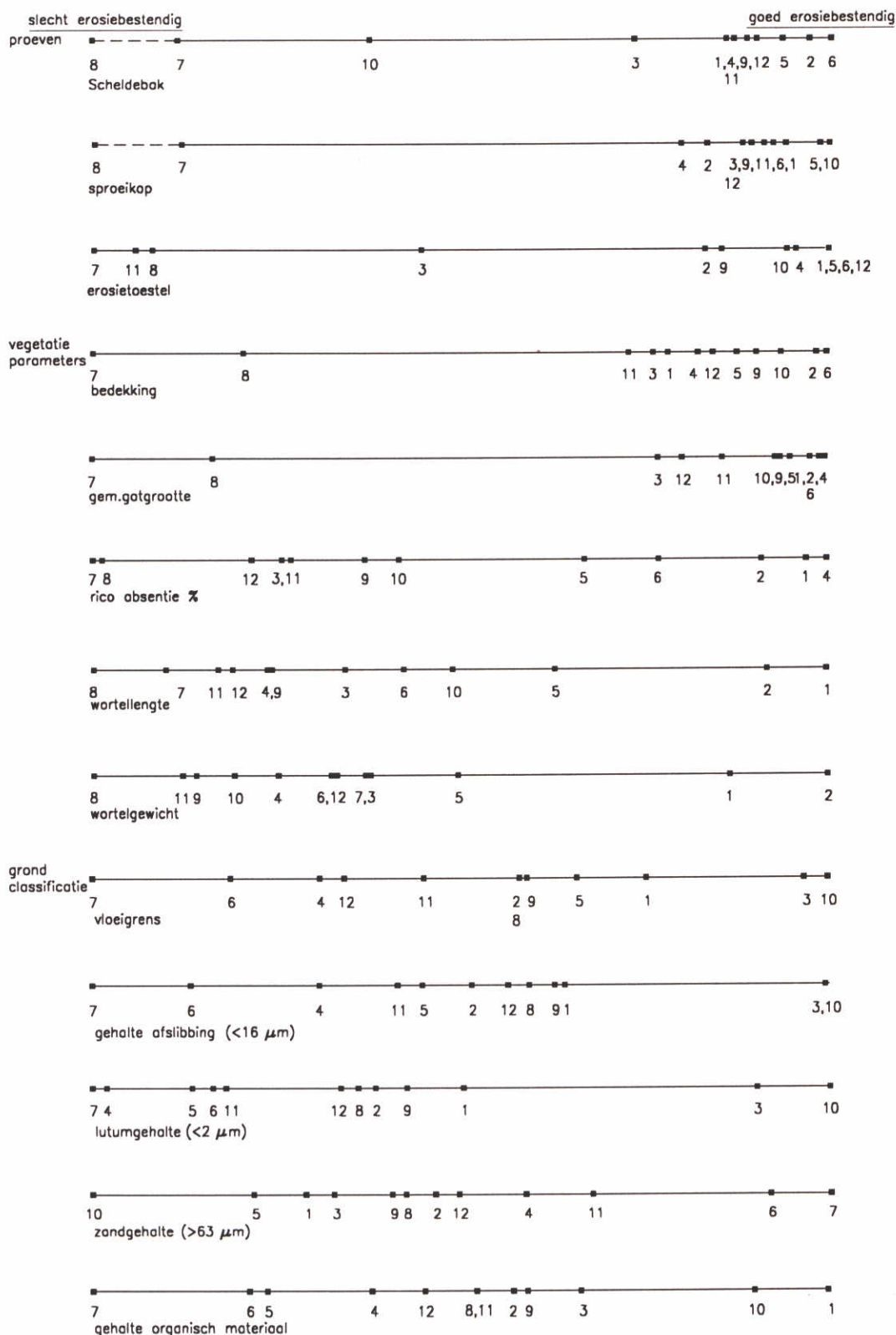
Onderstaand zijn de verschillende graszoden geclassificeerd op grond van de verschillende testmethoden. Uit de figuur blijkt dat geen van de methoden volledig overeenkomstige resultaten oplevert met de Scheldebakproeven (zie verder Paragraaf 3.3 en 4.2.5).

Gezien de resultaten van de groot- en kleinschalige experimenten mag worden geconcludeerd dat zowel de sproeikoproef als de erosietoestelproef ten aanzien van de voorspelling van slechte erosiebestendige grasmatten een goed voorspelbaar karakter hebben. Wat betreft het erosietoestel geldt daarbij wel dat voldoende monsters beproefd dienen te worden.

Van de vegetatiekenmerken en de grondparameters komen bedekkingspercentage, gemiddelde gatgrootte en wortellengte het meest overeen met de experimenten. De overige kenmerken zijn minder eenduidig wat betreft voorspellende waarde.

Op basis van de grootschalige proeven is het mogelijk de verschillende beproefde zoden te verdelen in slecht, matig en goed erosiebestendige zoden. Als functie van de golfhoogte is vervolgens een conservatieve schatting te geven van de maximale belastingduur zonder aanmerkelijke schade (Figuur 4.28).

Tenslotte is opnieuw geconstateerd dat de factor voor de golfloopreductie r afhankelijk is van de golfhoogte. De eerder bij het Deltagoot-onderzoek afgeleide relatie wordt bevestigd, hetgeen resulteert in een waarde voor r gelijk aan ongeveer 0,55.



Figuur 4.5-1 Overzicht van de volgorde van de lokaties bij Scheldebakproef, sproeikopproef, erosietoestel, de verschillende vegetatie-waarnemingen en de grondparameters.

5 Conclusies

In voorgaande hoofdstukken zijn beschreven de onderzoeksopzet, gevolgde werkwijze, en meetresultaten inclusief een analyse daarvan, van laboratorium- en veldonderzoek naar de minimale erosiesterkte van verschillende grasmatten zoals die worden aangetroffen op rivierdijken. Getracht is eveneens relaties te leggen tussen verschillende sterkte- en belastingparameters en verbanden aan te geven met eerder uitgevoerde onderzoeken. In dit hoofdstuk zal worden aangegeven in hoeverre deze doelstellingen zijn gerealiseerd, terwijl verder in detail een aantal conclusies zal worden gepresenteerd.

Bij de selectie van de te beproeven monsters van graszoden was het uitgangspunt om het gehele spectrum van slecht tot goed erosiebestendige grasmatten te onderzoeken. Leidraad hierbij waren de plantengemeenschappen als resultaat van een gevoerd beheer op een bepaalde bodemsoort. Anders gezegd: de monsters dienen representatief te zijn. Dit uitgangspunt heeft geleid tot het beproeven van de monsters zoals vermeld in Tabel 1.

Ten aanzien van de representativiteit van de onderzochte monsters kan geconcludeerd worden dat:

- alle beheertypen zijn vertegenwoordigd behalve intensief hooien (met bemesting), maar dit type komt (vrijwel) niet voor op rivierdijken;
- vrijwel alle monsters een zandgehalte bezitten van 20 à 40 % uitgezonderd één intensief beweide monsters (lokatie 10: hoog zandgehalte) en twee extensief beweidde monsters (lokaties 6 en 7: beide laag zandgehalte);
- de gezochte plantengemeenschappen zoals: stroomdalgrasland, glanshaverhooiland, verruigd hooiland en productie weiland, zijn ook daadwerkelijk gevonden. Een uitzondering vormen de kamgrasweiden (wel gezocht, maar niet gevonden; voorkomend bij extensief beweidde) en schraal hooiland (te zeldzaam om te beproeven en derhalve ook niet naar gezocht).

Opgemerkt wordt dat de beproefde zoden niet zijn geselecteerd op basis van karakteristieken die genoemd worden in een binnenkort te verschijnen rapport inzake eisen te stellen aan klei voor dijken (TAW, 1995). Verder zijn zoden met een zandgehalte groter dan 40% in zeer beperkte mate onderzocht, namelijk slechts één zode. Volgens (Kruse, 1988) bezit een significant deel van de grasmatten op buitentaluds een hoger zandgehalte dan de onderzochte zoden.

De grasmatten zijn in het veld, maar ook in het laboratorium onderzocht. Het veldonderzoek hield in: nagaan welke plantengemeenschap voorkomt, wat bedekking en openheid van de zode zijn, welk beheer gevoerd wordt. Verder is de grondstructuur beschreven en zijn sproeikopprouwen uitgevoerd. Ten behoeve van het laboratoriumonderzoek zijn monsters gestoken voor: grondclassificatie, proeven met het erosietoestel, en wortelonderzoek. In dat kader zijn ook monsters van 3 m lang en 0,7 m breed gestoken voor grootschalige beproeving in een golfbak. De monsters zijn hiertoe onder een taludhelling van 1:3 blootgesteld aan een golfbelasting met een significante golfhoogte van 0,31 m met een bijbehorende golfperiode van 2,5 s.

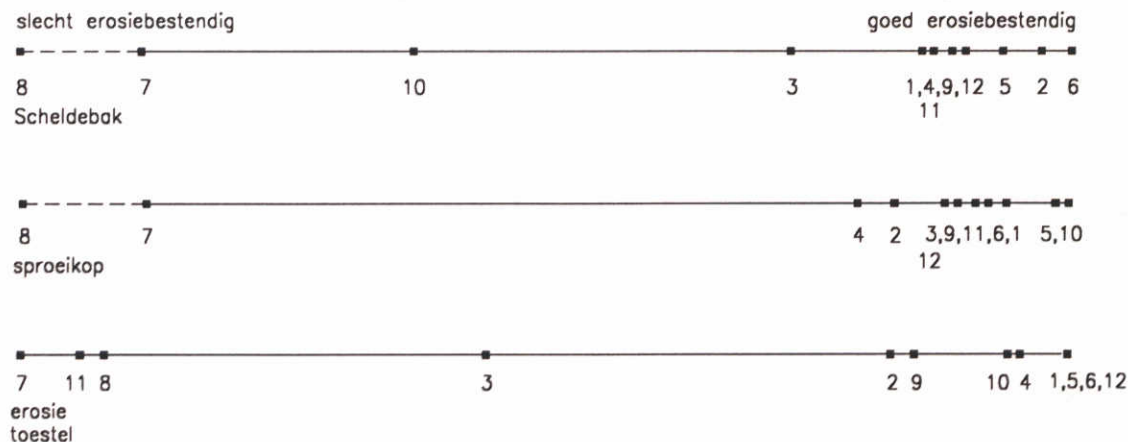
Op basis van de resultaten van de uitgevoerde onderzoeken (veld- en laboratoriumstudies) kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken:

- Het onderzoek mag representatief worden gesteld voor grasmatten op dijken in het bovenrivierengebied gezien de beproefde grasmatten en de belastingcondities. Voorwaarde is wel dat het volgroeide grasmatten betreft en niet grasmatten van twee jaar of jonger.
Relevant is verder dat de onderzochte monsters gestoken zijn in het begin van het groeiseizoen (april).
- De proeven hebben aangetoond dat grasmatten op een erosiebestendig substraat (minder dan 40% zand) met een beheer bestaande uit beweiden of maaien, een maatgevend geachte belastingconditie (golfhoogte 0,30 m, duur van de belasting 60 uur) zonder aanmerkelijke schade doorstaan (maximale lokale erosiediepte minder dan 50 mm). Klepelen daarentegen resulteert in slecht-erosiebestendige grasmatten. Een en ander is een bevestiging van eerder uitgevoerde studies (Fliervoet, 1992).
- Initiële beschadigingen, aanwezig in de vorm van gangen danwel daartoe opzettelijk aangebracht in enkele zoden tijdens de proeven, resulteerden evenmin in aanmerkelijke schade.
- De mate van bedekking van de zode blijkt een goede voorspeller te zijn wat betreft de erosiebestendigheid van de grasmatt. Bij een bedekkingspercentage van meer dan 70% is er sprake van een voldoende erosiebestendige grasmatt. Alle andere sterkteparameters zijn niet voldoende onderscheidend, uitgezonderd de gemiddelde gatgrootte die evenwel een relatie heeft met de mate van bedekking.
- Sproeikopprouven blijken een goede correlatie te geven met de erosiebestendigheid volgens proeven met werkelijke monsters. Dit houdt in dat de resultaten van eerdere onderzoeken waarbij de erosiebestendigheid met een sproeikopprouf is bepaald, een goede indicatie geven van de erosiebestendigheid. De resultaten van de proeven met het erosietoestel blijken ook een goed verband te vertonen, mits voldoende monsters worden beproefd.

Tot zover de algemene conclusies. Hierna zal meer in detail op enkele conclusies worden ingegaan. Alvorens daartoe over te gaan, moet worden opgemerkt dat de proeven in de golfbak ook aanschouwelijk zijn gemaakt. Dit heeft een tweeledige betekenis. Ten eerste is een aantal personen uitgenodigd de proeven bij te wonen; het betreft vertegenwoordigers van: Unie van Waterschappen, waterschappen waar monsters zijn gestoken, en TAW. Ten tweede zijn video-opnamen gemaakt tijdens de proeven, maar dit zijn ruwe, niet gemonteerde opnamen zonder begeleidend commentaar.

Ten aanzien van de conclusies in detail wordt een onderscheid gemaakt in erosieproeven, vegetatie-opnamen en grondgegevens. De verschillende resultaten zullen worden gepresenteerd op een relatieve schaal in die zin dat het monster met de geringste erosiebestendigheid links en het monster met de meeste erosiebestendigheid rechts wordt vermeld. Ook zal worden vermeld een empirische relatie tussen erosiesnelheid en golfhoogte.

De uitgevoerde erosieproeven zijn de golfproeven in de Scheldebak, sproeikopproeven en proeven met het erosietoestel. Op basis van de meetresultaten ontstaan de volgende assen:



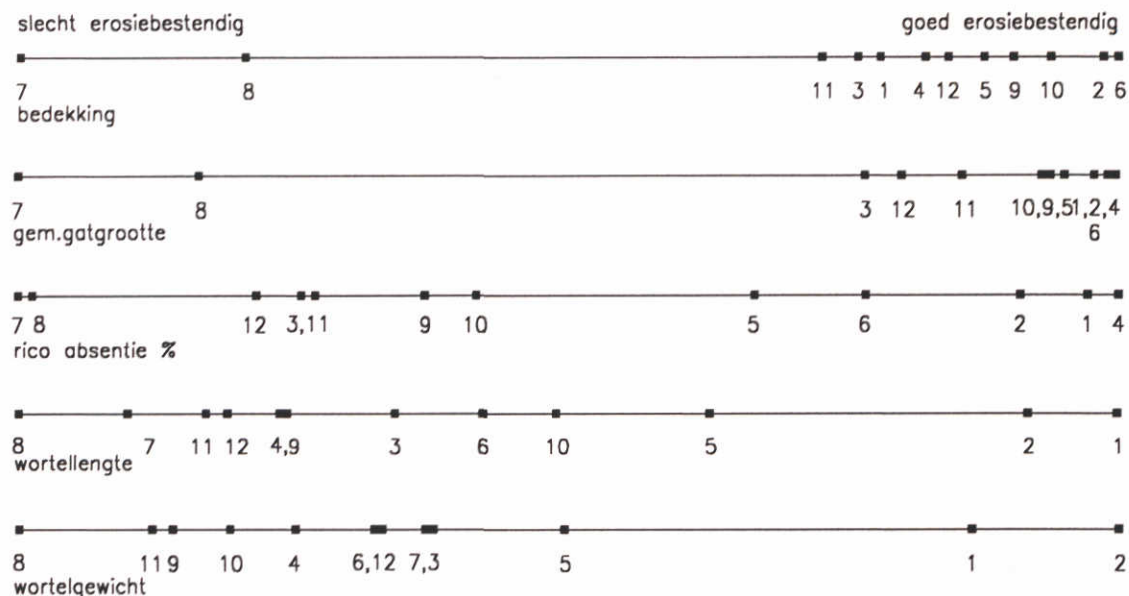
Figuur 5-1 Overzicht van de volgorde van de lokaties bij de Scheldebakproef, de sproeikopproef en de proef met het erosietoestel

De erosieproeven in de Scheldebak hebben zeer uiteenlopend gedrag van de verschillende graszoden onder golfbelasting laten zien. Dit gedrag loopt uiteen van vrijwel direct bezwijken (zode 8) tot nagenoeg geen schade (zode 6). De maximale schade vindt meestal (maar niet altijd) plaats in het gebied juist onder de waterlijn, waar de golfklap en de maximale schuifspanning optreden. Aangezien de monsters niet volledig homogeen zijn, hoeft de maximale schade echter niet altijd op dezelfde plaats als de maximale belasting op te treden.

De orde van grootte van de erosie bedraagt overigens enkele centimeters bij de erosiebestendige zoden, waarbij de spreiding (standaardafwijking) in de orde van 0,01 m is. Dit is vrijwel gelijk aan de verschillen tussen de diverse erosiebestendige zoden.

Op grond van deze classificatie van de verschillende zoden kan de conclusie worden getrokken dat de sproeikopproef als kleinschalige proef een goede overeenkomst geeft met de resultaten van de grootschalige Scheldebakproef. Voor het erosietoestel is de overeenkomst ook goed. De verschillen met de grootschalige Scheldebakproef houden zeer waarschijnlijk verband met de grote mate van heterogeniteit binnen een zode waardoor beproeving van een enkel monster niet representatief kan zijn.

Voor de vegetatieparameters is een zelfde classificatie van de verschillende graszoden opgesteld.



Figuur 5-2 Overzicht van de volgorde van de lokaties op basis van de vegetatieparameters

Uit de figuur blijkt dat geen van de methoden volledig overeenkomstige resultaten oplevert met de in Figuur 5-1 gepresenteerde Scheldebakproeven. Verder komt naar voren dat lokaties 7 en 8 duidelijk het minst erosiebestendig zijn:

- de bedekking is het laagst,
- de gemiddelde gatgrootte is het grootst,
- er zijn relatief veel grote en weinig kleine gaten,
- de wortellengte is het kleinst,
- het wortelgewicht vormt een uitzondering, hier komt lokatie 8 wel als slechtste naar voren (laagste wortelgewicht), maar lokatie 7 zit ergens in het midden.

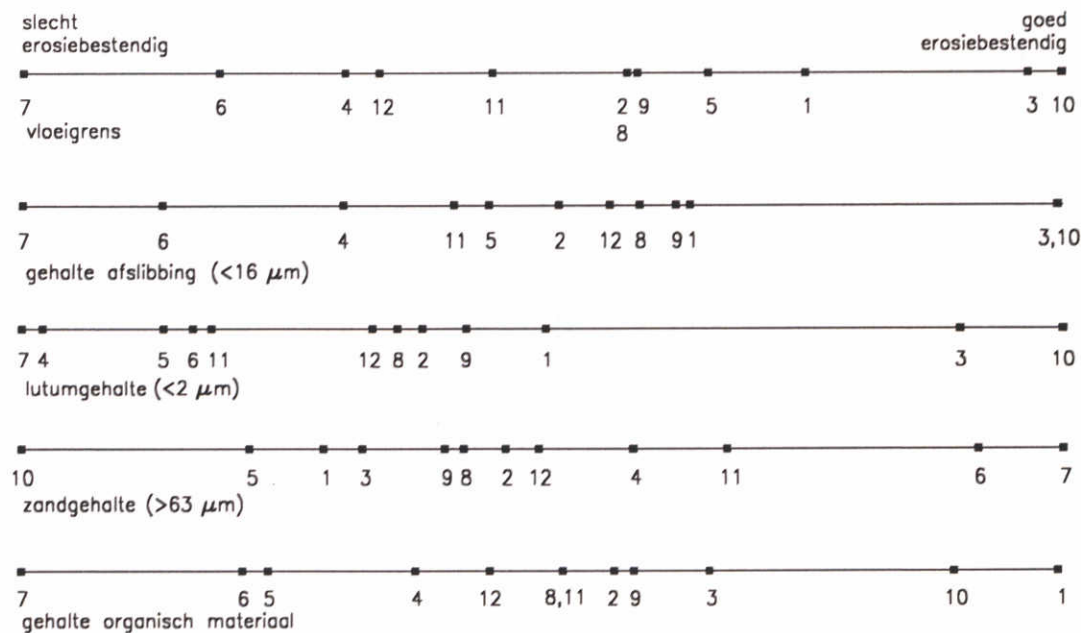
Als je de meetresultaten van de overige lokaties bekijkt, dan blijken de verschillen tussen deze lokaties onderling niet erg groot te zijn en de volgorde van groot naar klein verschilt per parameter. Ook wortellengte en wortelgewicht blijken niet onderscheidend.

Tot op heden wordt de mate van doorworteling verantwoordelijk gehouden voor de erosiebestendigheid van een grasmatten (van der Zee, 1992). Dit is ook logisch, omdat een dicht wortelnet in principe grond beter vasthoudt dan weinig of geen wortels. De resultaten spreken dit niet tegen, maar zijn ook geen aanleiding dit sterkte-aspect als onderscheidend te beschouwen.

De plantengemeenschap is bij de lokaties 7 en 8 in beide gevallen verruigd hooiland. Bij lokatie 8 is sprake van klepelen als type van beheer (zandgehalte 20 - 40%), terwijl dit bij lokatie 7 volgens de beheerder extensief beweiden (zandgehalte 20 - 40%) zou zijn (gezocht werd naar klepelen bij een zandgehalte van minder dan 20%).

Overigens komt een lage bedekkingsgraad vooral voor bij klepelen.

Analoog aan de voorgaande classificaties zijn ook voor de grondparameters classificaties opgesteld.



Figuur 5-3 Overzicht van de volgorde van de lokaties op basis van de grondparameters

Samenvattend kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- geen van de grondparameters geeft een eenduidige relatie met de erosieproeven,
- voor relatief erosiebestendige zoden is er een trend van afnemende bestendigheid met afnemende vloei grens en afnemend gehalte aan afslibbaar materiaal,
- hoge zandgehalten zijn niet beproefd (max. 48% lokatie 10).

Hierbij dient te worden opgemerkt dat binnen een zode een grote variatie aan eigenschappen kan bestaan. De beproeving van een enkel monster zoals hier heeft plaats gehad, heeft een geringe zeggingskracht.

Op basis van de resultaten van de Scheldebakproeven is een relatie gelegd tussen de erosiesnelheid E_{gras} en de significante golfhoogte H_s . Deze relatie wordt kwadratisch verondersteld mede vanwege de eerder uitgevoerde proeven met een graszode uit de Friese zeedijk:

$$E_{\text{gras}} = c_E H_s^2 \quad (5-1)$$

met:

$$\begin{aligned} E_{\text{gras}} &= \text{erosiesnelheid (m/s)} \\ c_E &= \text{graserosieconstante (m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{)} \\ H_s &= \text{significante golfhoogte (m)} \end{aligned}$$

De coëfficiënt c_E geeft de sterkte-eigenschappen weer van de grasmat, maar bevat ook belastingkenmerken, en is afhankelijk van:

- kwaliteit van de grasmat,
- kwaliteit van de ondergrond,
- taludhelling,
- golfparameters (steilheid, spectrum).

De resultaten van de Scheldebakproeven geven aanleiding tot de volgende conservatieve classificatie:

mate van erosiebestendigheid	verwachtingswaarde graserosieconstante
goed	$0,5 \text{ à } 1,5 \cdot 10^{-6}$
matig	$1,5 \text{ à } 2,5 \cdot 10^{-6}$
slecht	$2,5 \text{ à } 3,5 \cdot 10^{-6}$

Deze resultaten zijn in lijn met de Deltagootproeven uit 1992 waar een goede grasmat is beproefd en waarbij een waarde van c_E gelijk aan $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$ kon worden afgeleid. Bovenstaande formule kan worden gebruikt om de erosiesnelheid van een graszode te voorspellen. De waarde van c_E kan ook worden gerelateerd aan parameters als: bedekkingsgraad, wortellengte en gehalte afslibbaar materiaal. In een eerder hoofdstuk wordt een dergelijke relatie ook gegeven, maar gezien de onzekerheden wordt die relatie niet aanbevolen.

Het voorgaande is aanleiding de volgende werkwijze te hanteren als een uitspraak gedaan moet worden over de erosiebestendigheid van een grasmat (in volgorde van toenemende nauwkeurigheid):

- wijze van beheer in samenhang met de erosiebestendigheid van het substraat,
- mate van bedekking van de zode,
- sproeikopproef,
- grootschalige proef.

Een indicatie van de erosiesnelheid kan vervolgens worden verkregen met de empirische formule (5-1). Deze formule maakt het tevens mogelijk een relatie te leggen met de maximale belastingduur gegeven een bepaalde zodedikte, grasmatkwaliteit en golfhoogte. Een indicatie daarvan is gegeven in Figuur 4.28. Aanbevolen wordt de figuur voorlopig niet toe te passen voor golfhoogten groter dan 0,75 m, omdat voor hogere golven ook de samenhang van de gehele graszode bepalend kan zijn voor de erosiebestendigheid.

Overigens varieert de kwaliteit van graszoden op dijken sterk, zowel in lengterichting van de dijk als langs het talud. In het onderzoek is dit aspect alleen tot meter-schaal nagegaan. Bij de beoordeling van een grasmat zal met deze grote variatie rekening gehouden moeten worden.

Tenslotte is vastgesteld dat de golfploopreductiefactor een functie is van de golfhoogte. Dit was eerder ook geconstateerd bij grasproeven in de Deltagoot. De waarde van de factor is ongeveer 0,55.

Literatuur

- Droesen, W., 1985: Relatie tussen beheer, vegetatietype en bodembedekking op rivierdijken. Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, Wageningen.
- Essen, H.M. van, 1994: Experiments on internal erosion of grass sods from dikes. Grondmechanica Delft, rapport CO-339370/17, Delft.
- Fliervoet, L.M., 1992: Aanslag en beheer van grasland op rivierdijken. Unie van Waterschappen/IKC Natuurbeheer, 's-Gravenhage/Wageningen.
- Greig-Smith, P., 1983: Quantitative plant ecology. Studies in ecology, vol. 9, third edition, Blackwell, Oxford.
- Houba, V.J.G., J.J. van der Lee, I. Novozamsky, I. Wallinga, 1989: Soil and plant analysis, Part 5, Soil analysis procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agrarical University, Wageningen.
- Katznelson, J., 1977: Phosphorus in the soil-plant-animal ecosystem. *Oecologia* (Berlin) 26.
- Kruse, G.A.M., 1988: Onderzoek naar het beoordelen van de geschiktheid van kleigrond voor bekleding van dijken met grasbedekking. Grondmechanica Delft, rapport CO-275925/14, Delft.
- Kruse, G.A.M., 1993: Opbouw en erosie van graszoden op dijken. Grondmechanica Delft, rapport CO-307282/18, Delft.
- Kruse, G.A.M., 1994: Eerste analyse van Deltagootproeven op een grastalud. Grondmechanica Delft, concept rapport CO-334430/25, Delft.
- Liebrand, C.I.J.M., 1993: Vegetatieontwikkeling op verzwaarde rivierdijken. Effect van natuurtechnische maatregelen bij verzwaring van rivierdijken, 4 jaar na aanleg, Fase 1: 1987-1990. Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Marrs, R.H., R.D. Roberts, R.A. Skeffington, A.D. Bradshaw, 1983: Nitrogen and the development of ecosystems. In: J.A. Lee, S. McNeill, I.H. Rorison (eds.), Nitrogen as an ecological factor, The 22nd symp. Br. Ecol. Soc. 1981, Blackwell Sc. Publ., Oxford.
- Meijer, D.G., 1994: Grasdijken; Analyse meetresultaten grootschalig modelonderzoek. Waterloopkundig Laboratorium, concept verslag Q1584, Delft.
- Neuteboom, J.H., 1991: The use of frequency estimates in studying sward structure. Agricultural University, Dept. of Field Crops and Grassland Science, Wageningen.
- Newman, E.I., 1966: A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*, 3.
- SCRO, 1990: Standaard RAW bepalingen 1990. Stichting Centrum Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek, Ede.
- Smit A.L., J.F.C.M. Sprangers, P.W. Sablik & J. Groenwold, 1994: Automated measurement of root length with a three-dimensional high-resolution scanner and image analysis. *Plant & Soil*, 158.
- Smith, G.M., 1993: Grasdijken; Graserosie, reststerkte en golfoverslag. Waterloopkundig Laboratorium. concept meetverslag grootschalig modelonderzoek, H1565, Delft.
- Sprangers, J.S.C.M., 1992: Vegetatie, zodestructuur en worteldichtheid van graszoden voor golfbelastingsproeven in de Deltagoot. In: G.M. Smith, Grasdijken; graserosie, reststerkte en golfoverslag. Waterloopkundig Laboratorium, Delft.
- Sprangers, J.S.C.M., 1993a: Vegetatie en erosiebestendigheid van zeedijken in relatie tot beheer. Faserapport 2, Landbouwniversiteit Wageningen, DWW/Rijkswaterstaat Delft.
- Sprangers, J.S.C.M., 1993b: Velderosieproef buitentalud dijk nabij Holwerd. Rapport Landbouwniversiteit Wageningen en DWW/Rijkswaterstaat Delft.
- Sprangers, J.S.C.M., 1994: Vegetatie en erosiebestendigheid van zeedijken in relatie tot beheer. Faserapport 3, Landbouwniversiteit Wageningen, DWW/Rijkswaterstaat Delft.
- Sykora, K.V. & C.I.J.M. Liebrand, 1987: Natuurtechnische en civieltechnische aspecten van rivierdijkvegetaties. Landbouwniversiteit, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, Wageningen.
- Sutton, C.D. & D. Gunary, 1968: Phosphate equilibria in soil. In: I.H. Rorison (ed.), Ecological aspects of the mineral nutrition of plants, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- TAW, 1995: Technisch rapport - eisen klei voor dijken. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, concept rapport, 's-Gravenhage.
- Tennant, D., 1975: A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology*, 63.
- Westhoff, V; A.J. den Held, 1969: Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme, Zutphen.
- Willat, S.T. & N. Sulistyaningsih, 1990: Effects of plant roots on soil strength, *Soil & Tillage Research* 16 (1990).
- Wolffenbuttel, Th., 1989: Laboratoriumproeven erosie en afslag van grastaluds. TU Delft, Faculteit der Civiele Techniek, afstudeerverslag, Delft.
- Zee, F.F. van der, 1992: Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties. Landbouw Universiteit, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenecologie en Onkruidkunde, Wageningen.

Tabellen

Lokatie-nummer	Waterschap of Polderdistrict	Lokatie	Eigenschappen		
			Beheer *	Vegetatie	Zandgehalte **
1	Salland	IJssel, bij Olst km-paal 10,7	HE	Stroomdal-grasland	Middel
2	Salland	IJssel, Bij Olst, km-paal 10,5	HE	Stroomdal-grasland	Middel
3	Groot Maas + Waal	Maas/Waal, bij Rossum	HE	Glanshaver-hooiland	Middel
4	Groot Maas + Waal	Waal, bij Boven-Leeuwen, dp 250	WE	Verruigd hooiland	Middel
5	Groot Maas + Waal	Maas, bij Overasselt, dp 86	WE	Stroomdal-grasland	Middel
6	Betuwe	Waal, bij Oosterhout, dp 183	WE	Glanshaver-hooiland	Laag
7	Betuwe	Waal, bij Oosterhout, dp 196	WE	Verruigd hooiland	Laag
8	Betuwe	Nederrijn, bij Heteren, dp 270	K	Verruigd hooiland	Middel
9	Betuwe	Nederrijn, bij Heteren, dp 271	WI	Productie weiland	Middel
10	Betuwe	Nederrijn, bij Lexkesveer, dp 303	WI	Productie weiland	Hoog
11	Lopikerwaard	Lek, ten oosten van Jaarsveld	WE	Verarmd Glanshaver-hooiland	Middel
12	Lopikerwaard	Lek, bij Jaarsveld	HE	Glanshaver-hooiland	Middel

* WE = extensief beweide; WI = intensief beweide; HE = hooiland (extensief); K = klepelen

** Zandgehaltes op basis grondclassificatie (H = zandgehalte > 40%, M = zandgehalte 20-40%, L = zandgehalte < 20%)

Tabel 1 Herkomst en eigenschappen graszoden Scheldebakonderzoek

Activiteit	Datum (1994)	Cumulatief aantal uren golfbelasting
Grondbeschrijving	ma. 2 mei	0
Nulpeiling + foto's 1 uur golven, bak leeg laten lopen	di. 3 mei	1
Peiling 1 + foto's Zode 8 afdekken (bezweken) Lampen ophangen (voor lang weekend) 3 uur golven, bak leeg laten lopen	wo. 4 mei	4
Lampen omhoog hijsen Peiling 2 + foto's 4 uur golven, bak leeg laten lopen	ma. 9 mei	8
Peiling 3 + foto's 8 uur golven, bak leeg laten lopen	di. 10 mei	16
Peiling 4 + foto's Grondbeschrijving 8 uur golven, bak leeg laten lopen	wo. 11 mei	24
Peiling 5 + foto's 12 uur golven, bak leeg laten lopen	ma. 16 mei	36
Peiling 6 + foto's 4 uur golven	di. 17 mei	40
8 uur golven, bak leeg laten lopen	wo. 18 mei	48
Peiling 7 + foto's Beschrijving meetlokaties Grondbeschrijving Aanbrengen kunstmatige schades op zoden 1, 2, 6, 9, 12 Nulpeiling 7b gaten 1 uur golven Peiling 7c (alleen gaten) 3 uur golven Peiling 7d (alleen gaten)	do. 19 mei	49 52
8 uur golven	vr. 20 mei	60
Peiling 7e (alleen gaten) Peiling 8 (gehele oppervlak)	di. 24 mei	
Inspectie van de schades Lampen weghalen Model afbreken	wo. 25 mei	

Tabel 2 Proefprogramma Scheldebak

Tabel 3 Classificatieresultaten grondparameters van de verschillende lokaties

Toelichting: De positie van de monsters is aangegeven met: o = onderaan de gestoken zode, m = middenin, b = bovenaan; aangegeven is of er een erosietoestelproef op een monster is uitgevoerd (kolom erosietoestel = 1); alle percentages zijn massa/massa-verhoudingen.

num- mer	lokatie	GD-no.	posi- tie	erosie toestel	vol. massa [t/m ³]	vol. massa droog [t/m ³]	water- gehalte [%]	vloeel- grens [%]	uitrol- grens [%]	grind 2mm [%]	zand 63µm [%]	afslib- baar 16µm [%]	lutum 2 µm [%]	org. mat. geh. [%]	kalk- geh. [%]
1	Olst-km10,7														
		1a	o					42,2	18,8	0,1	48,9	35,6	18,7		
		1b	o					38,6	15,8						
		2d	m	1	1,36										
		2e	m	1	1,68										
		2a	m					51,2	20,7	0	55,05	35,85	22,47		
		2b	m					49,4	20,3						
		3a	b					31,2	14,6	0,1	54,3	32,9	19,1		
		3b	b					30,1	13,1						
		7a	o					69,0	23,0	0	8,22	71,27	36,06		
		7b						68,8	22,1						
		8a	m					51,5	20,4	0,2	32,1	48,8	27,8	2,1	9,3
		8b						49,4	19,0						
		9	b					53,4	18,6	0	21,63	59,89	30,48		
2	Olst-km10,5														
		4a	o					60,1	19,3	0	13,9	69,2	44,3		
		4b	o					61,6	19,4						
		5a	m					58,5	25,6	0,08	43,31	46,45	27,6		
		5b						58,8	25,7						
		6a	b	1	1,16			58,2	23,2	0	9,9	67,6	35,7		
		6b	b					57,4	21,6						
		10	o					27,7	10,8	7,4	57,3	27,7	15,2		
		11	m					53,8	19,8	0	29,0	48,8	27,9	3,9	3,0
		12	b					53,6	20,7	0	25,7	50,7	23,8		
3	Rossum														
		14	m	1	1,64										
		16	m			1,47	21,9	41,9	16,4	0,2	13,1	39,4	26,4	3,7	9,1
		17	m		1,56	1,28	21,7	40,7	18,3	0,0	57,2	30,9	3,7	3,3	6,7
4	Boven-Leeuwen														
		19	m	1	1,88										
		21				1,33	29,4	60,6	17,6	0	26,5	58,4	39,1	4,3	6,7
		22	m		1,67	1,23	35,6	66,7	41,6	0,0	23,9	59,2	38,9	5,0	3,9
5	Overasselt														
						1,52	21,3	47,8	18,8	0,0	31,9	60,7	40,4	4,1	4,6
		24	m	1	1,40										
		26	o												
		27	m		1,67	1,33	26,1	55,9	25,6	0,0	47,1	47,3	31,4	6,5	2,3
6	Oosterhout-dp183														
		34	m	1	1,53										
		36				1,22	28,3	65,2	23,4	0,0	12,4	62,3	33,6	5,0	13,1
		37	m		1,61	1,22	31,5	70,5	29,9	0,1	12,6	67,5	36,6	5,7	8,5
7	Oosterhout-dp196														
		29	m	1	1,58										
		31				1,26	33,2	66,5	22,8	0,0	7,9	71,2	38,8	5,5	12,7
		32	m		1,45	1,03	40,7	81,6	34,8	0,0	11,0	67,6	40,2	7,0	7,6

Tabel 4: Overzicht van erosietoestelresultaten en visuele waarneming van erosie tijdens de 1:1 proef, en van geschatte korrelgrootteverdeling en doorworteling (zie Tabel 5 voor de klassificatie van korrelgrootteverdeling en doorwortelingsschattingen en voor klassificatie van ontgronding tijdens de proef).

Erosietoestelresultaten zijn samengevat door het aantal minuten voor het overschrijden van een bepaald percentage gewichtsverlies aan te geven, te weten 5%, 10%, 20% en 30% gewichtsverlies (n = geen gewichtsverlies), hetgeen correspondeert met een gemiddelde afname van de straal van het monster van respectievelijk 0.8 mm, 1.6 mm, 3.5 mm en 5.4 mm. Het erosietoestel heeft het volgende programma: 0 - 60 min. in stappen van 100 rpm verhoging van 100 naar 600 rpm; 60 - 120 min. 600 rpm; 120 - 180 min. in stappen van 100 rpm verhogen van 600 naar 1200; > 180 min. 1200 rpm.

W(t) en W(o) betreft doorworteling van respectievelijk bovenste deel zode (circa 2 cm) en onderste deel zode (5 à 10 cm).

num- mer	locatie	GDno.	posi- tie	Erosietoestel (minuten) (n = niet bereikt)				schadefklasse 1 = lokaal			korr. verd. schatf.	W(t)	W(o)	opn. zode mon- ster
				5 %	10 %	20 %	30 %	16 uur	48 uur	60 uur				
1	Olst							12	2	3	2	5	3	
		1b	o											1
		2d	m	n	n	n	n							
		2e	m	n	n	n	n							
		2a	m											1
		2b	m											1
		3a	b											1
		3b	b											1
2	Olst							11	1	2	3	5	4	
		4a	o											1
		4b	o											1
		5a	m											1
		6a	b	150	250	n	n							1
		6b	b											1
3	Rossum							2	2	3	3	5	5	
		14	m	20	140	180	270							
		17	m											1
4	Bovenleeuwen							1	1	2	4	5	2	
		19	m	230	n	n	n							
		22	m											1
5	Overasselt							1	1	2	3	5	3	
		24	m	n	n	n	n							
		26	o											1
6	Oosterhout							1	1	3	4	4	3	
		34	m	n	n	n	n							
		37	m											1
7	Oosterhout							3	4	5	4	4	3	
		29	m	10	20	60	140							
		32	m											1
8	Heteren							5	5	5	4	3	2	
		39	m	60	60	140	150							
		39	m	190	190	190	230							
		42	m											1
9	Heteren							1	1	1	4	3	1	
		44	m	270	n	n	n							
		44	m	180	330	n	n							
		46	o											1

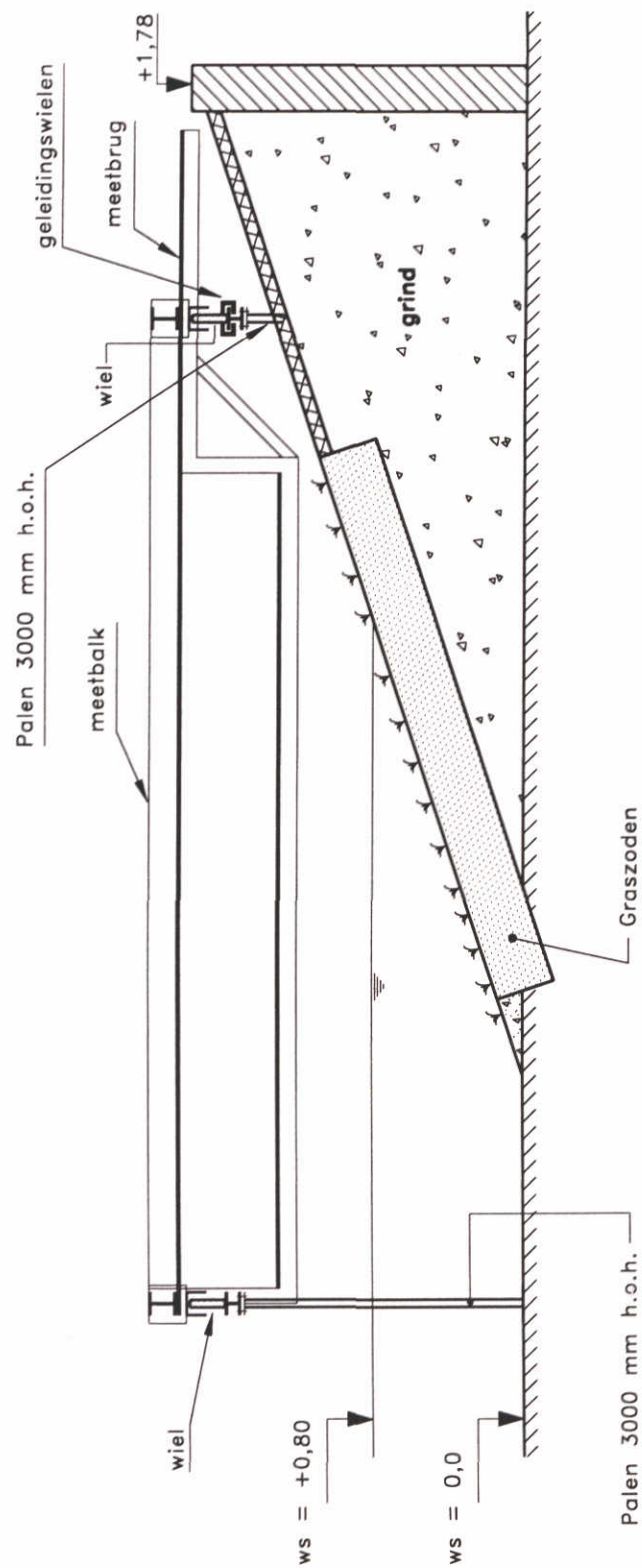
num- mer	locatie	GDno.	posi- tie	Erosietoestel [minuten] (n=niet bereikt)				schadeklasse I = lokaal			korr. verd. schat.	W(i)	W(o)	opn. zode mon- ster
				5 %	10 %	20 %	30 %	16 uur	48 uur	60 uur				
10	Lexkesveer							12	1	2	3	5	4	
		49	m	200	n	n	n							
		52	m											1
11	Jaarsveld							1	1	2	4	5	4	
		64b	m(g)	20	70	140	160							
		64c	m(g)	40	50	70	150							
12	Jaarsveld							1	1	2	5	5	3	
		60	m	n	n	n	n							
		63	m											1

(Tabel 4 vervolg)

Klasse		1	2	3	4	5
schatting korrel verdeling		Zand, weinig klei of silt	Zand met klei en silt	Silt/-Zand kleiig zeer zandig/-siltig	Klei zandig siltig	Klei matig of weinig klei en silt
schatting worteldichtheid (direct onder oppervlak)		zeer weinig	weinig	matig veel	veel	zeer veel
erosietoestel (duur-toerental)	gewicht-verlies [%] (uur, rpm)	> 30% binnen 2.5 uur (2.5 < 900)	> 30% in 3 uur (3 < 1200)	> 30 % in 6 uur (< 3 1200)	5-10% in 6 uur (< 3 1200)	< 5 % in 6 uur (< 3 1200)
visuele waarneming erosie 48 en 60 uur	ontgronding [mm]	< 5	5-10	10-20	20-100	> 100
oppervlakpeilingen Scheldebakproef	snelheid [mm/hr]	< .5	0.5-0.7	0.7-1.0	1.0-2.5	> 2.5

Tabel 5 Klasse-indeling gebruikt in de Figuren 3.28 tot en met 3.39.

Figuren



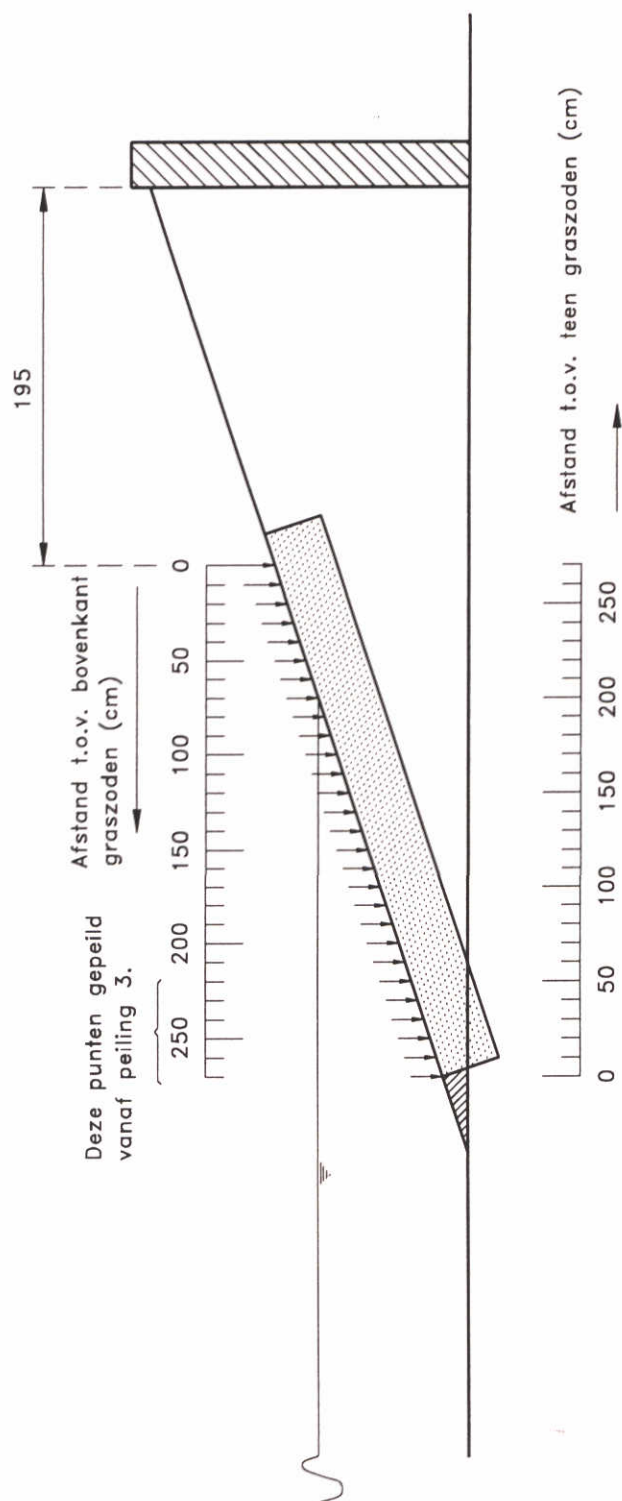
DOORSNEDE OPSTELLING EN MEETBRUG

SCHAAL 1:40

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 2.1



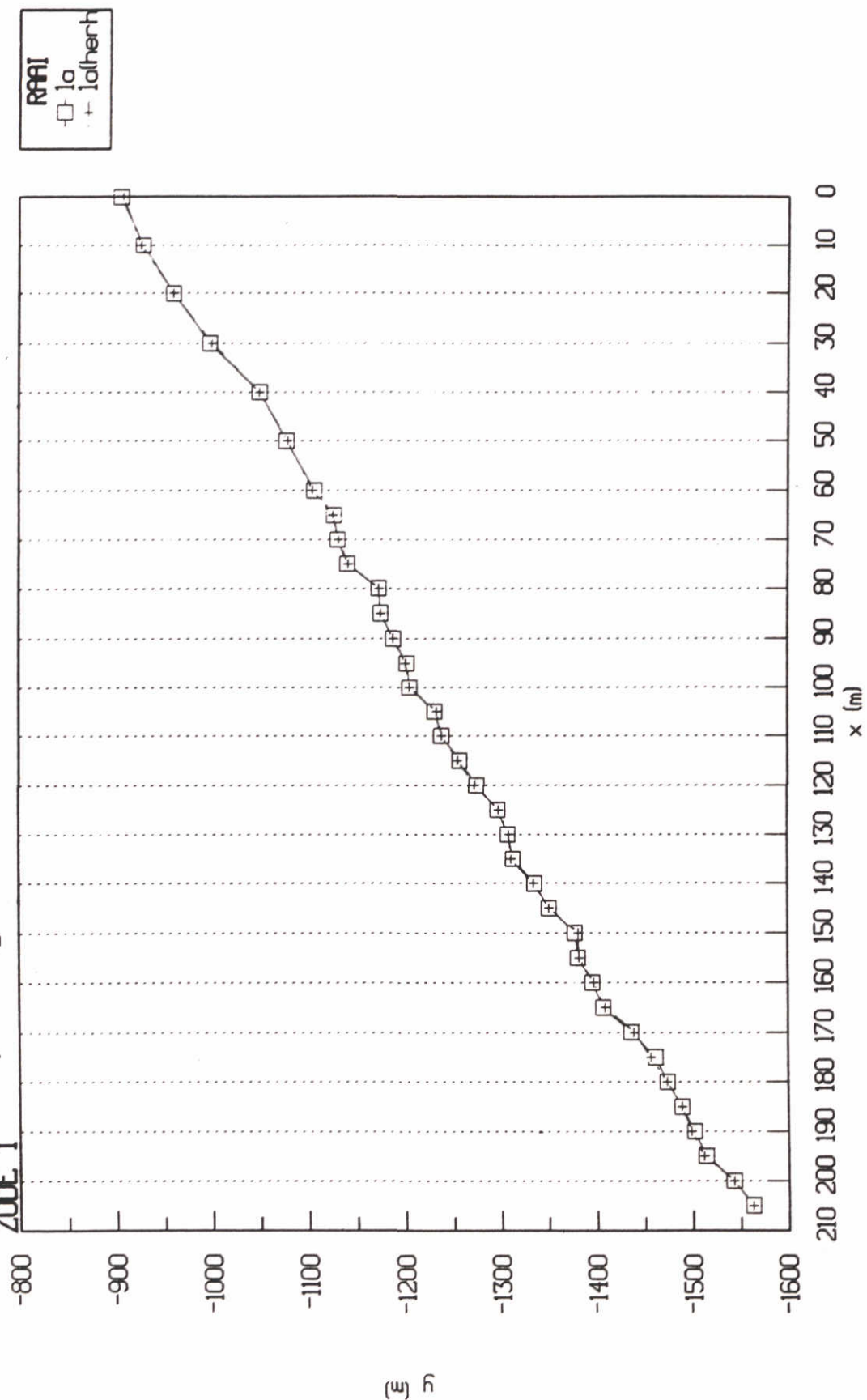
DOORSNEDE PEILLOKATIES

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 2.2

PEILING 0
controle peiling
ZODE 1

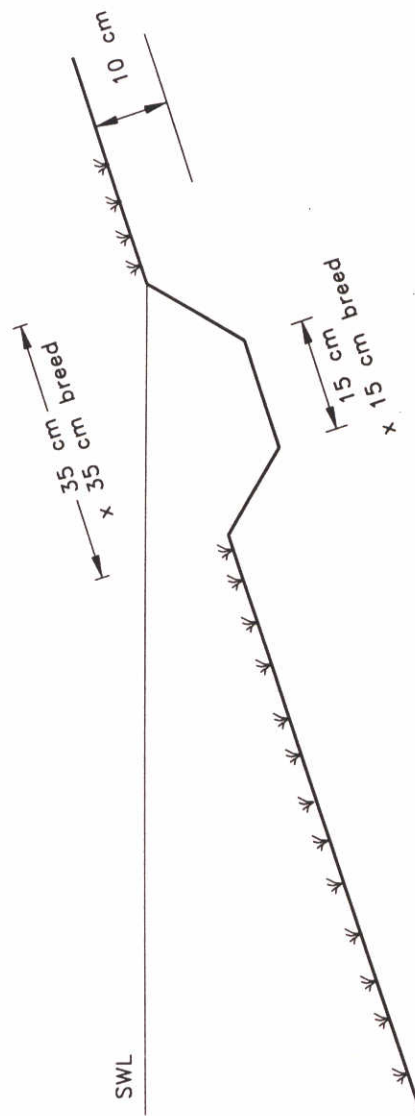
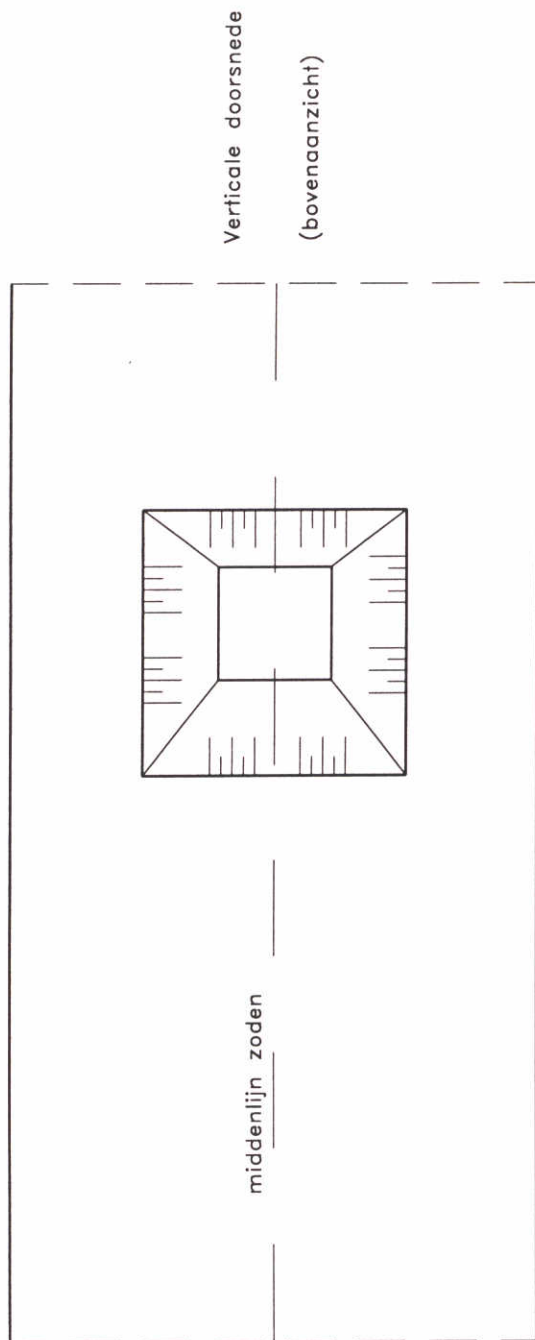


CONTROLEPEILING ZODE 1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 2.3

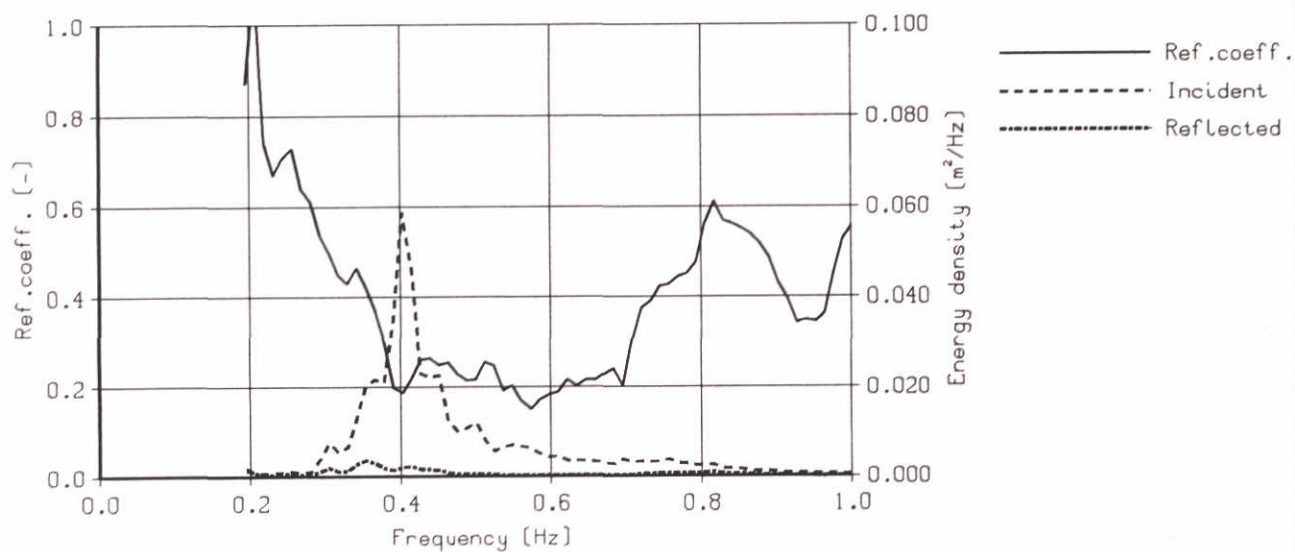
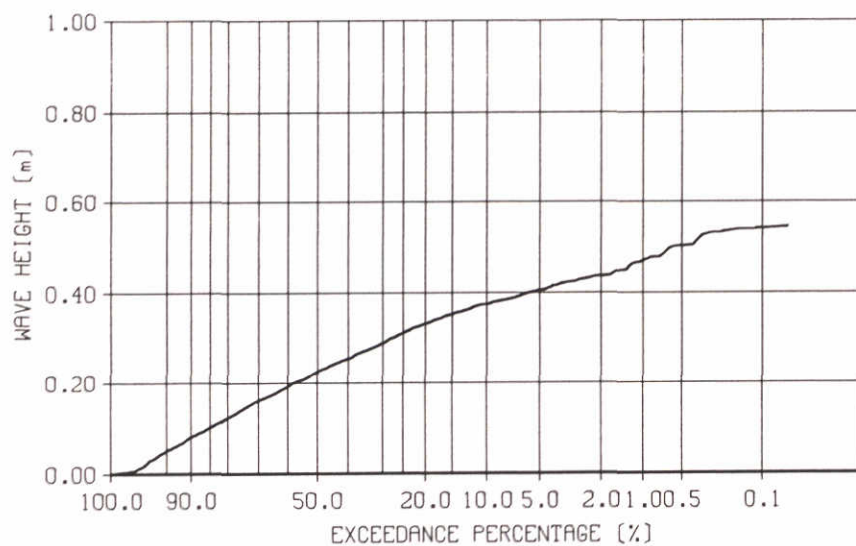
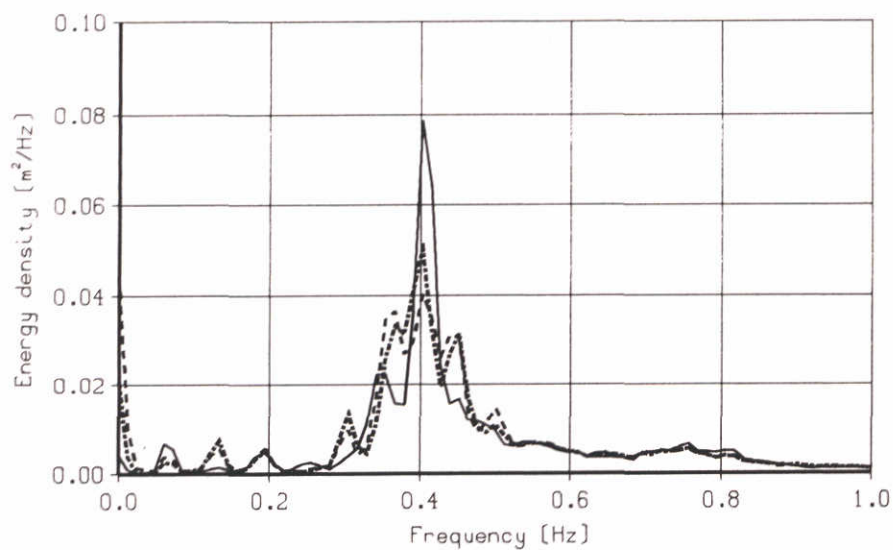


DETAIL KUNSTMATIGE SCHADEN
(ZODEN 1, 2, 6, 9, 12)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 2.4



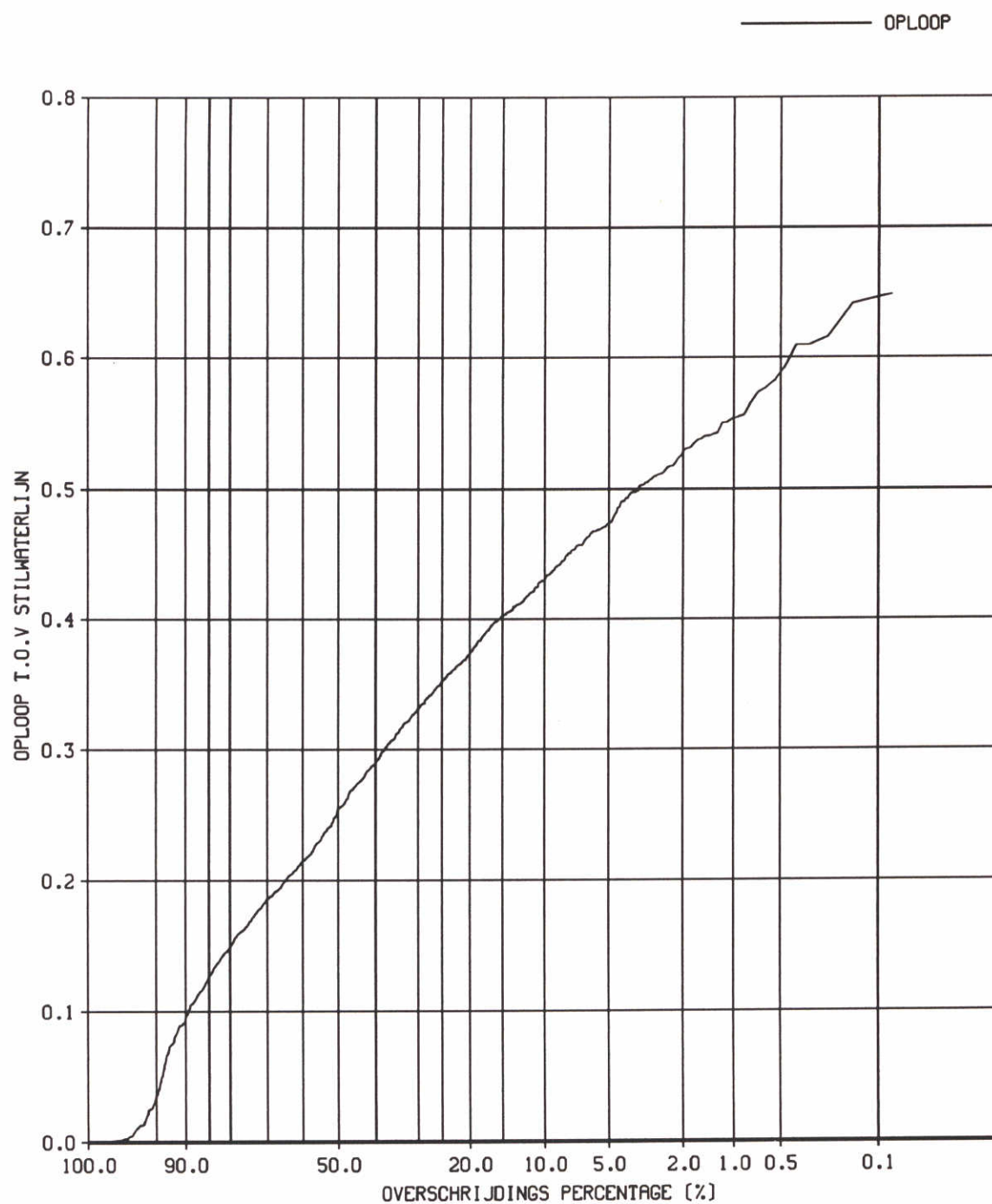
Energie spectrum, golfhoogte-overschrij-
dingskromme en reflectie coëfficiënten

SB108

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 2.5



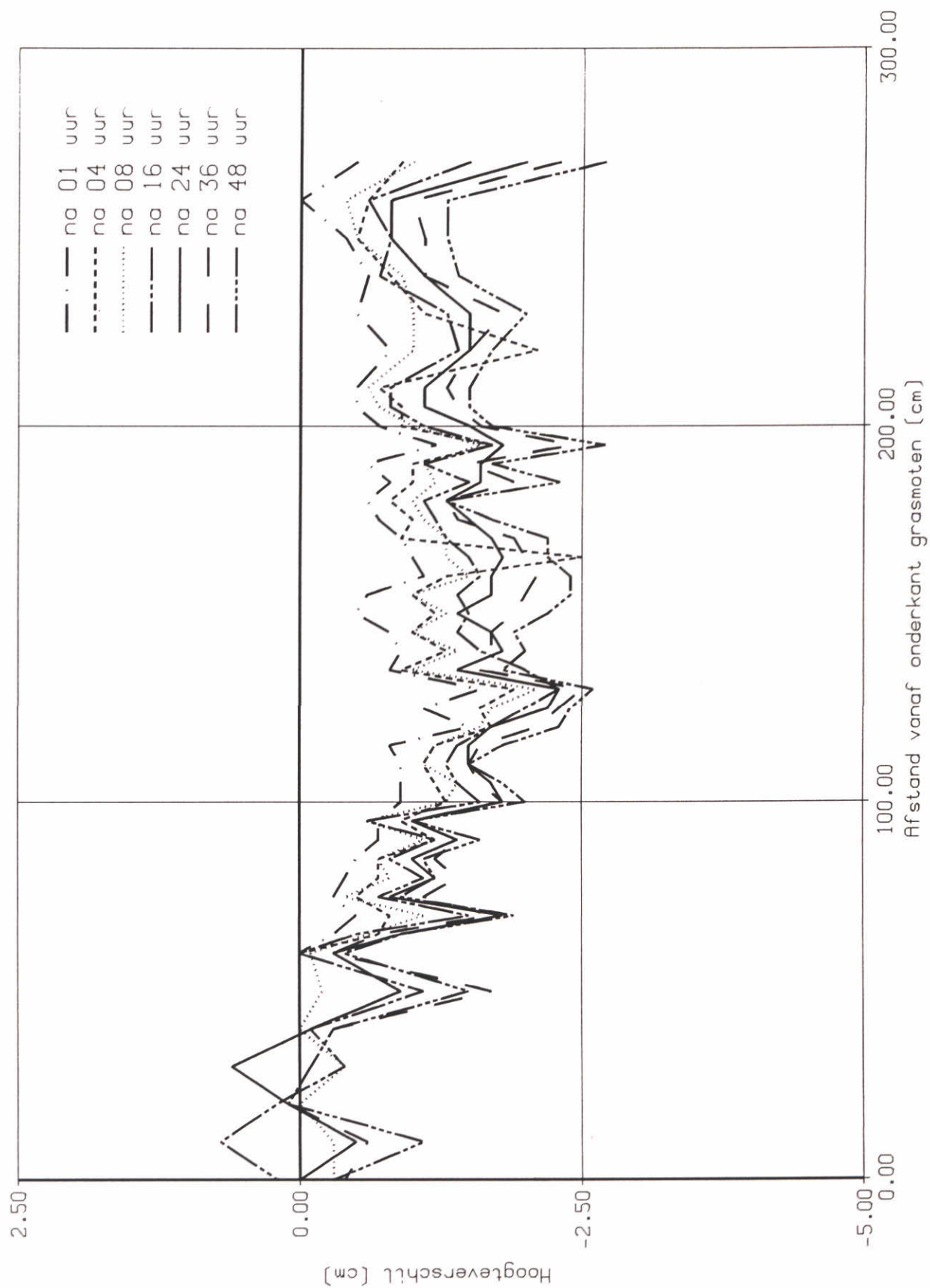
OLOOP- OVERSCHRIJDINGSKROMME

SB108

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 2.6



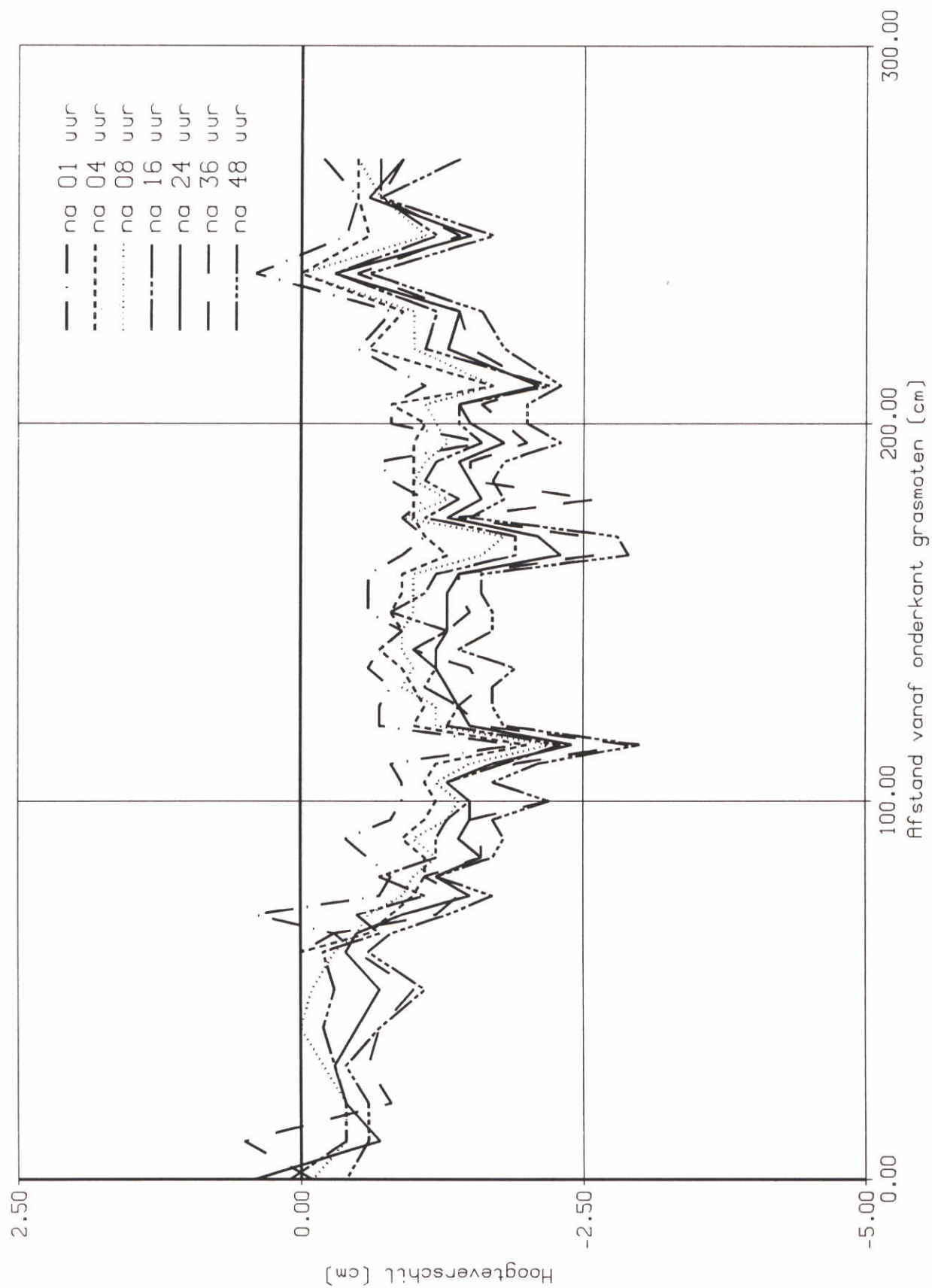
VERSCHILPEILINGEN ZODE 1A

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.1



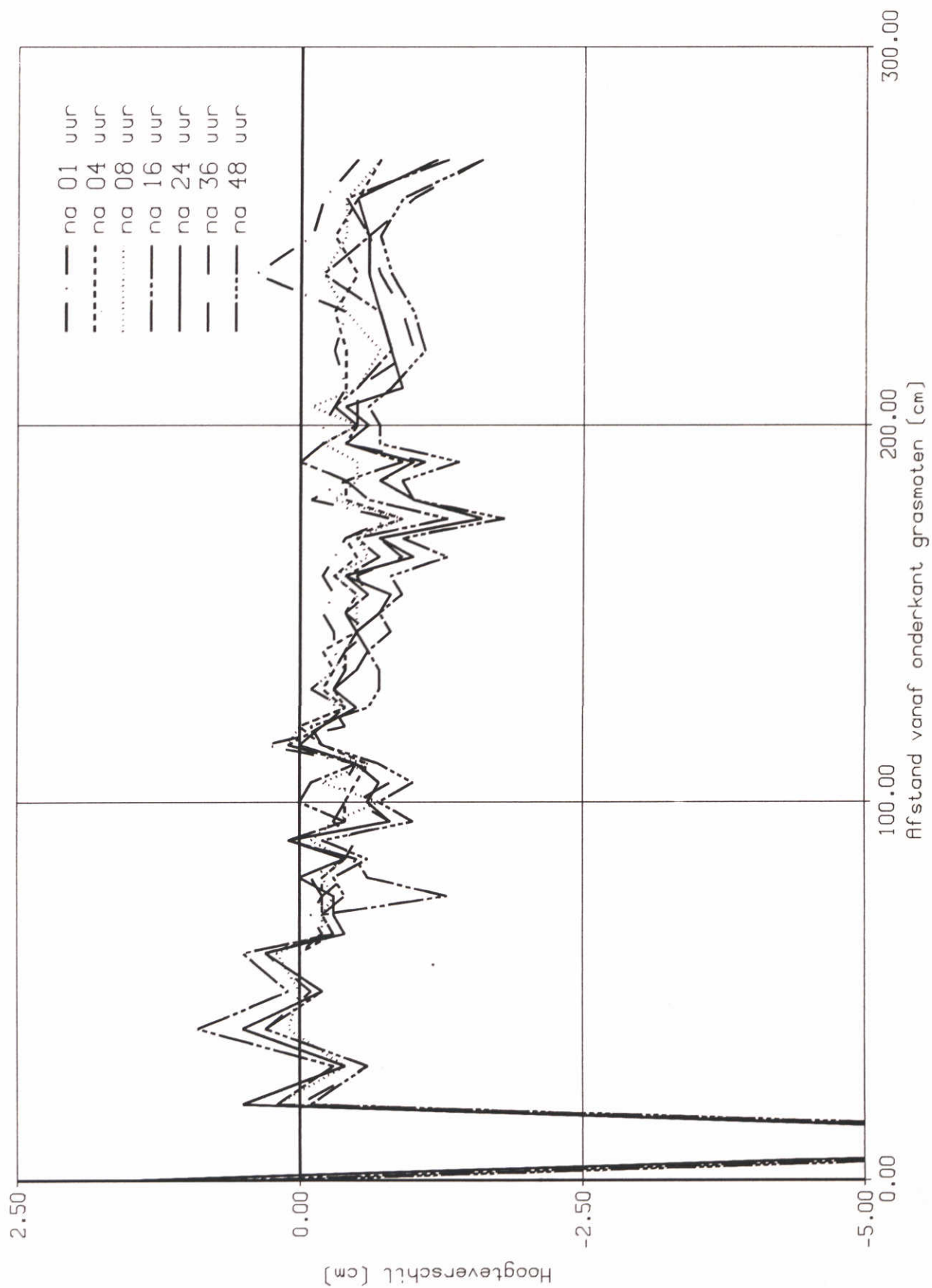
VERSCHILPEILINGEN ZODE 1B

(GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.2



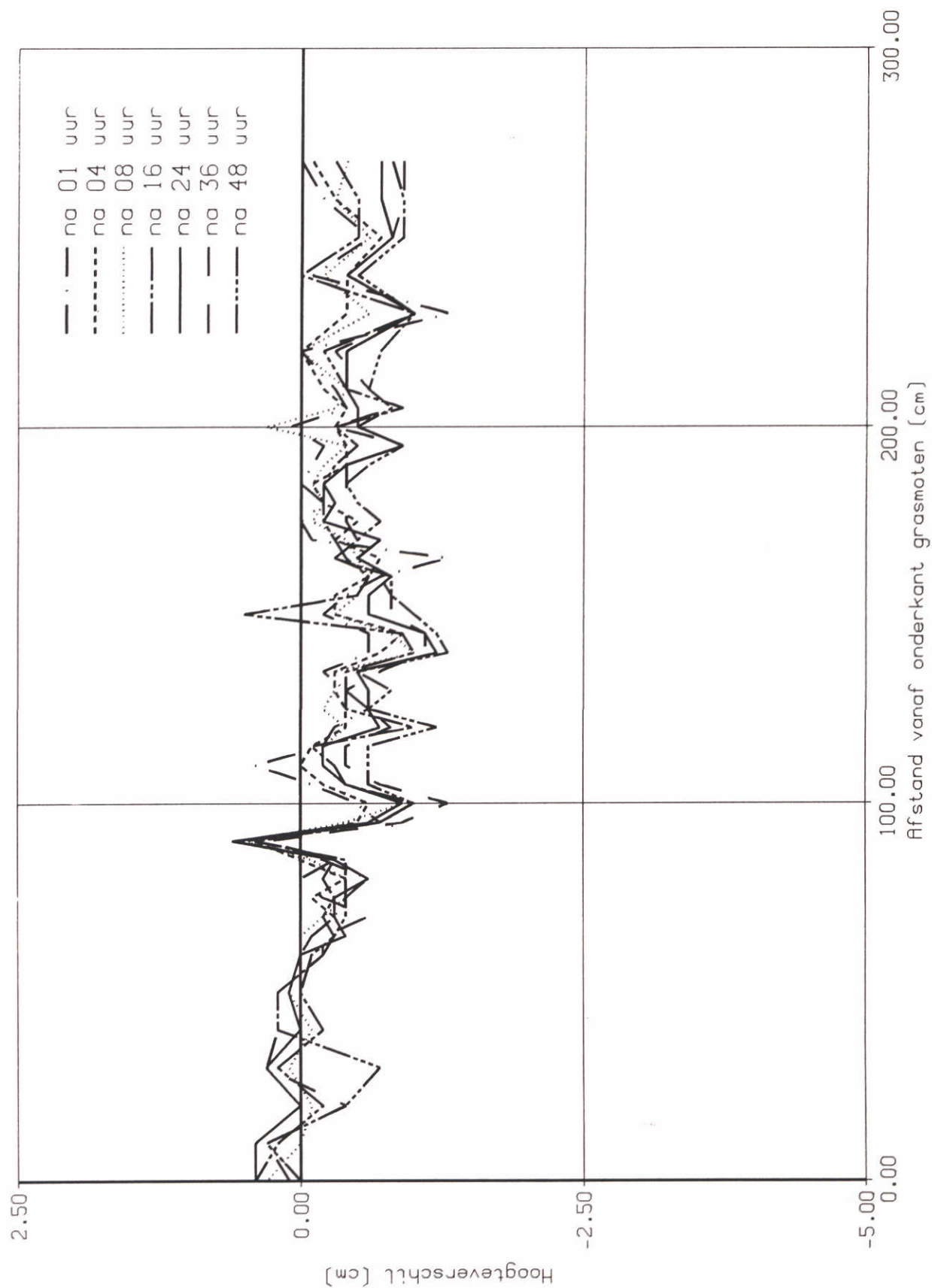
VERSCHILPEILINGEN ZODE 2A

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.3



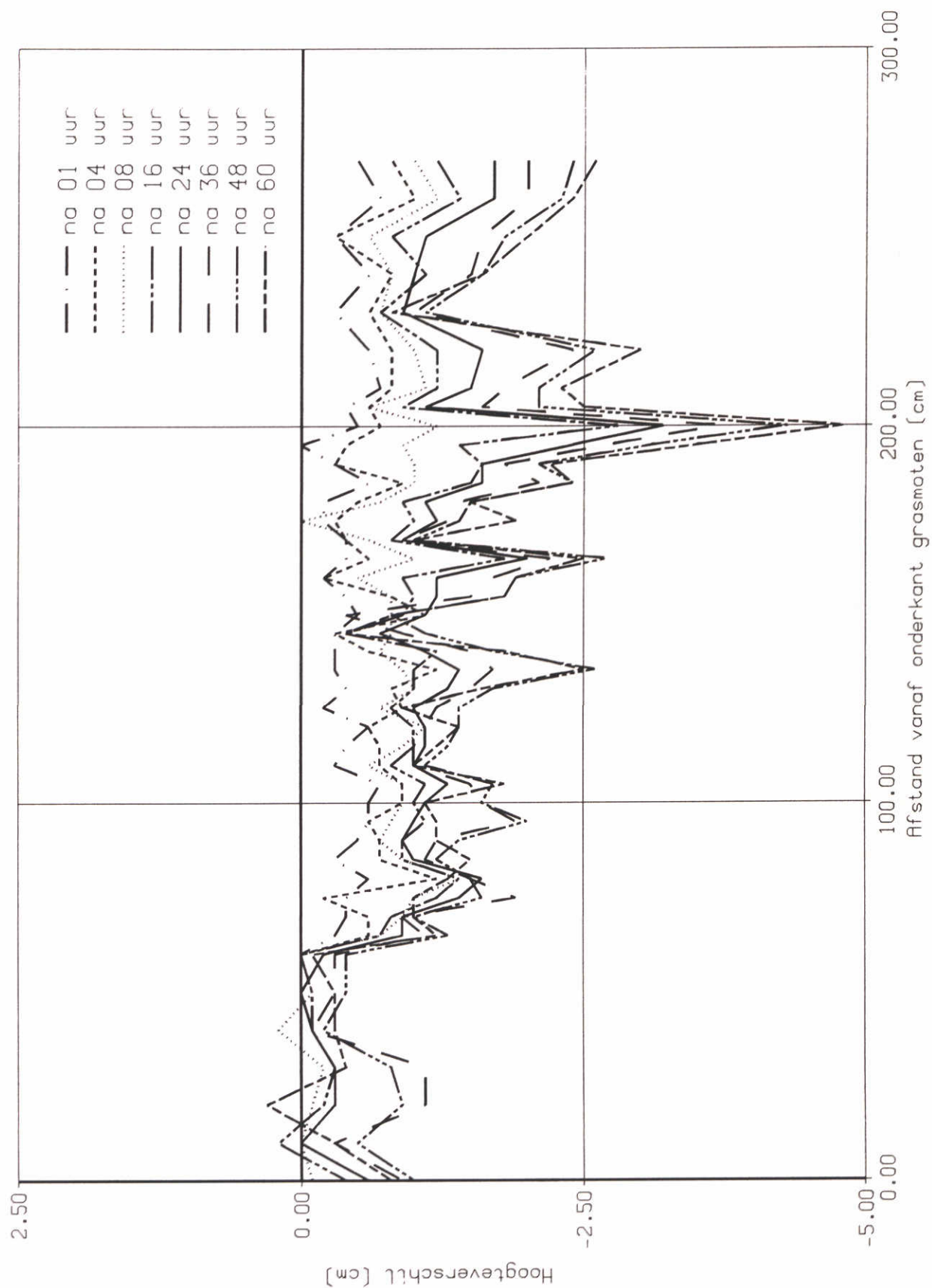
VERSCHILPEILINGEN ZODE 2B

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.4



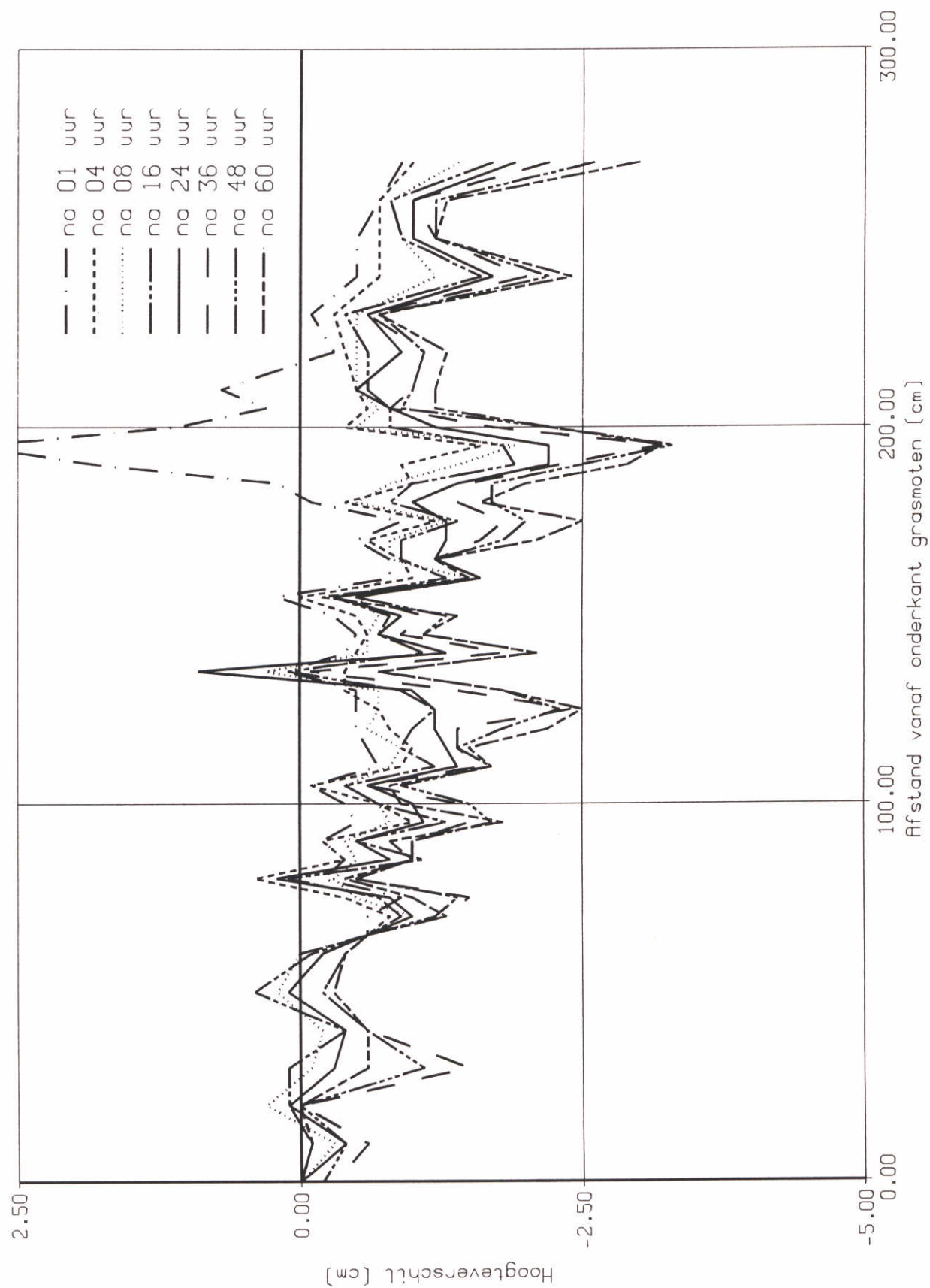
VERSCHILPEILINGEN ZODE 3A

(GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.5



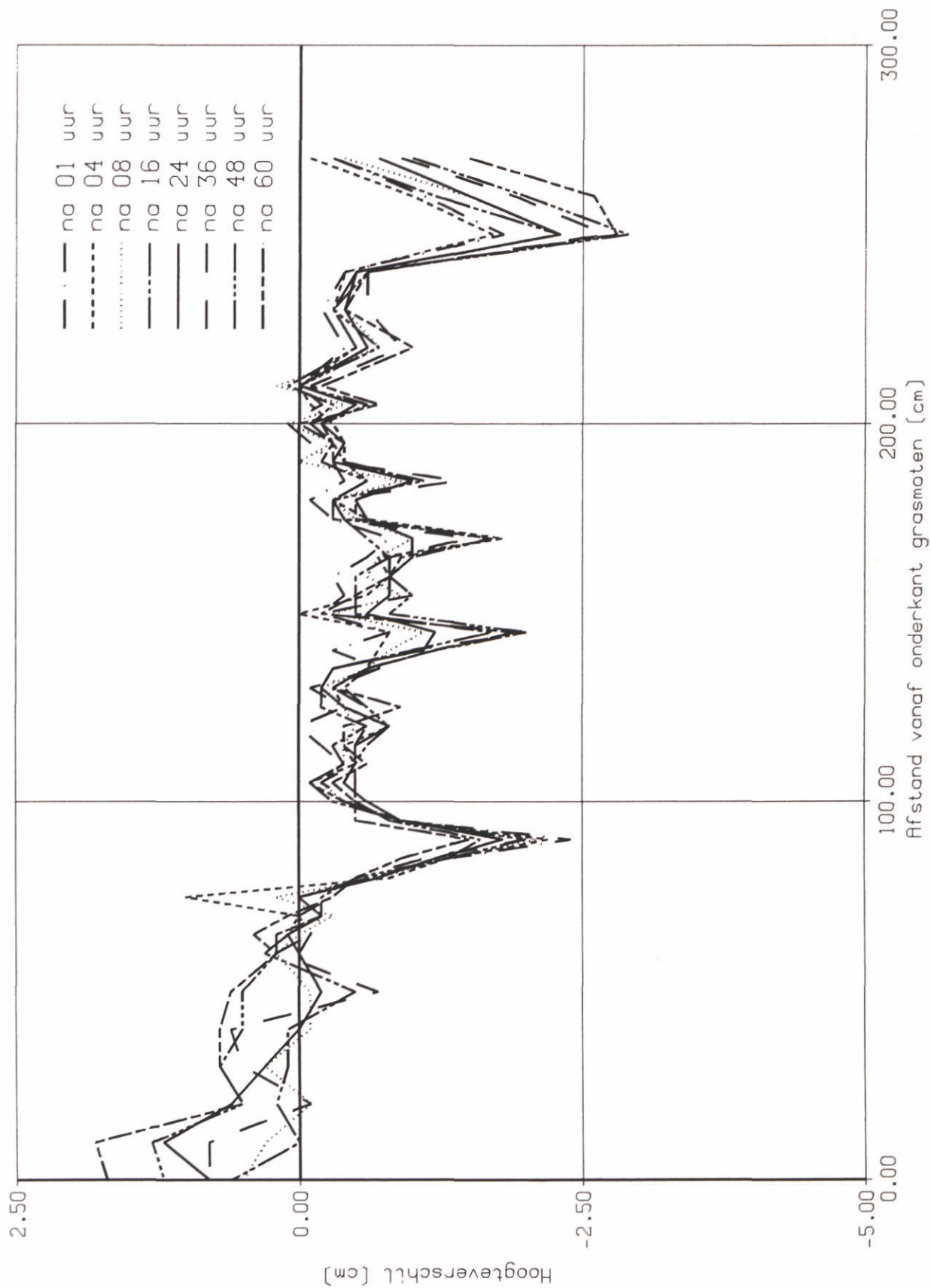
VERSCHILPEILINGEN ZODE 3B

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.6



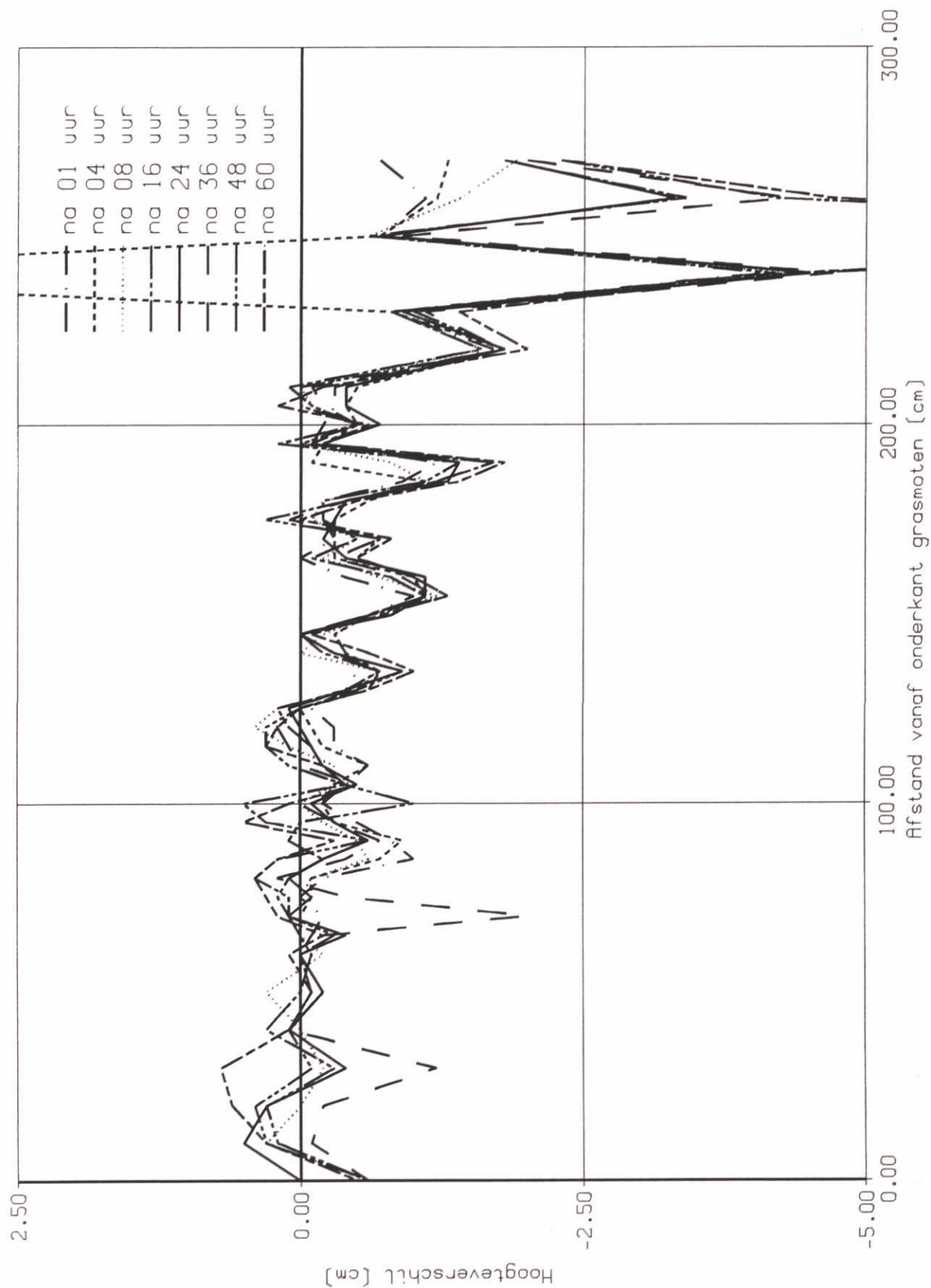
VERSCHILPEILINGEN ZODE 4A

(GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.7



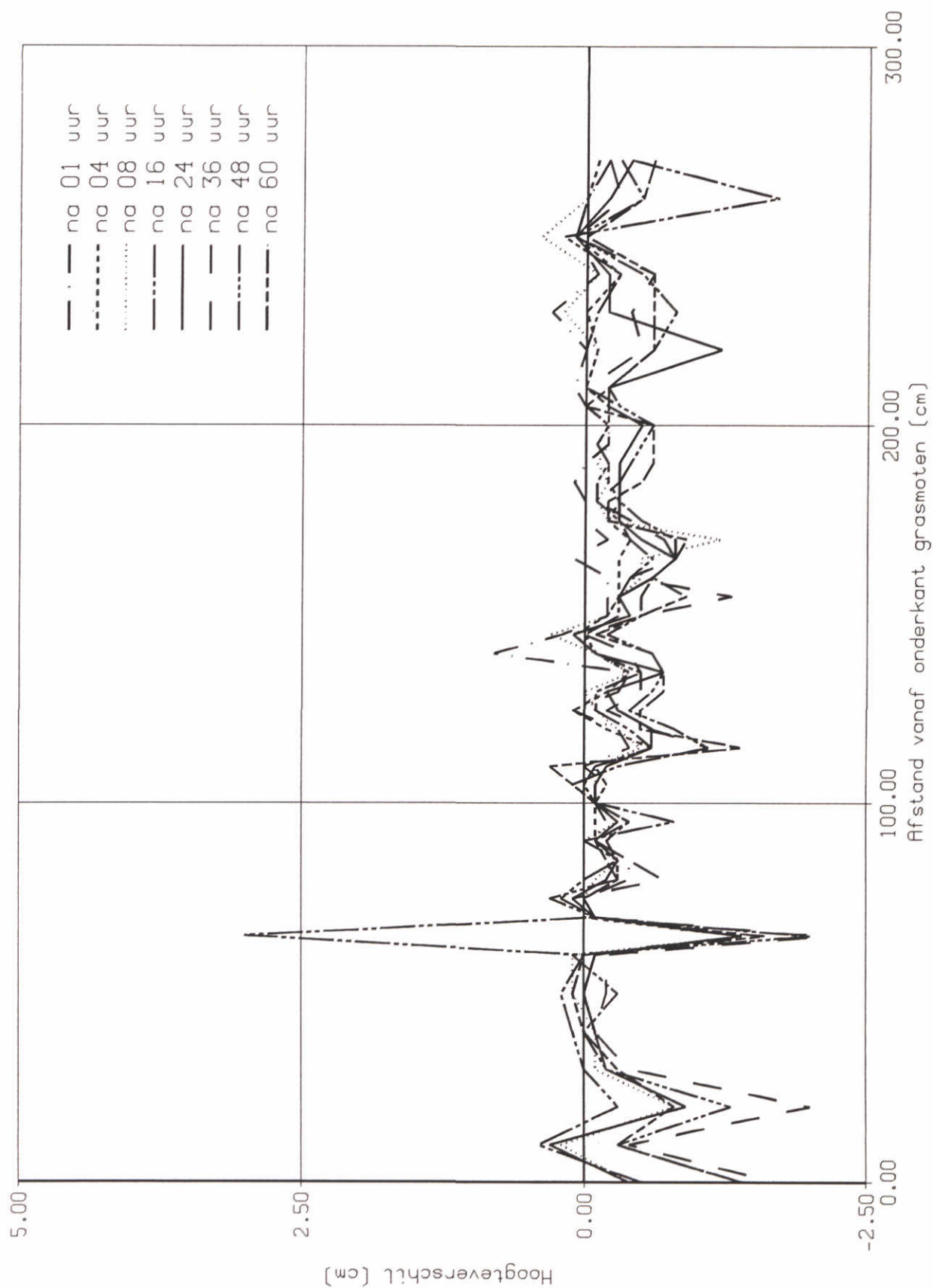
VERSCHILPEILINGEN ZODE 4B

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.8

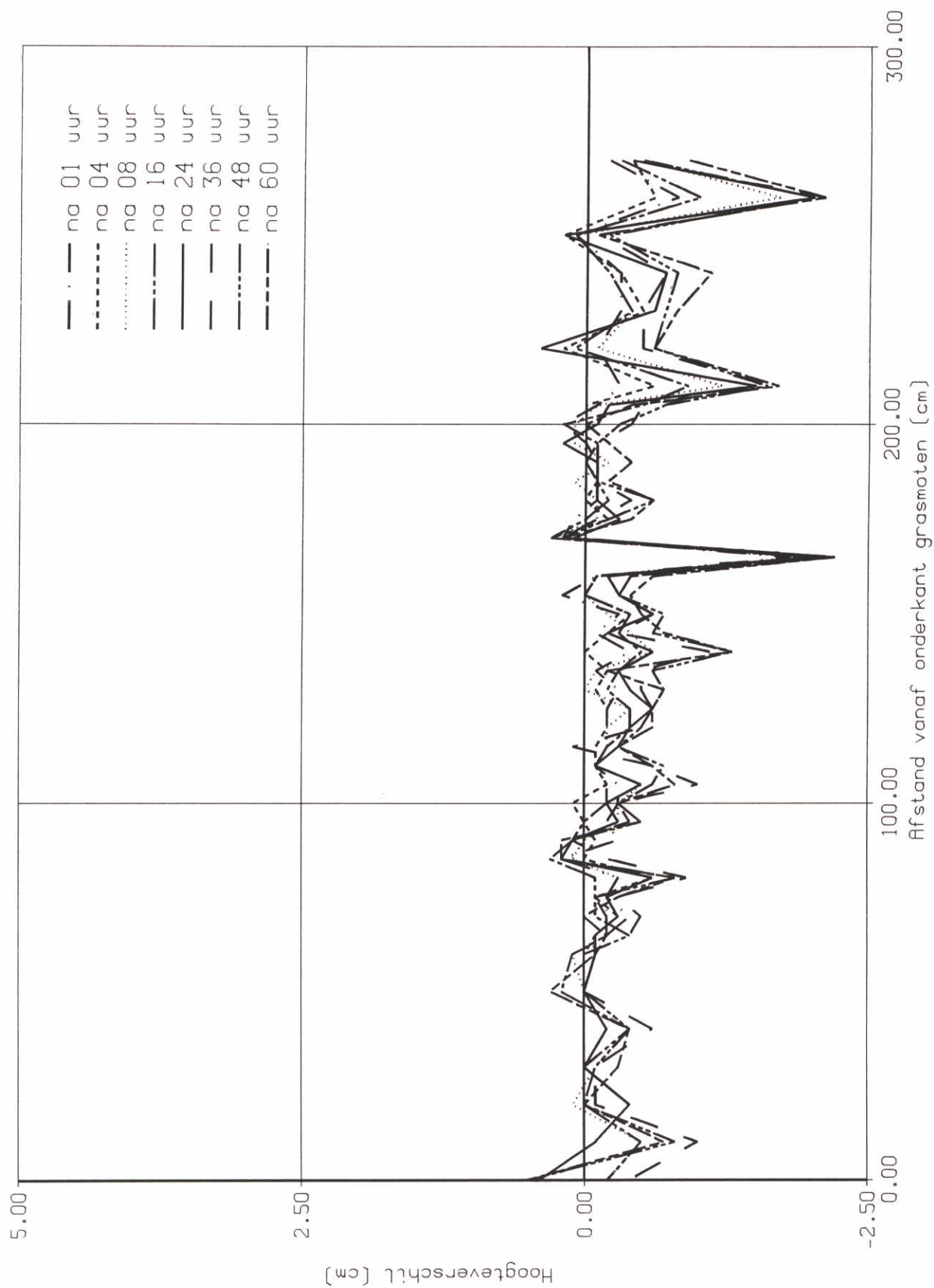


VERSCHILPEILINGEN ZODE 5A
 (GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.9



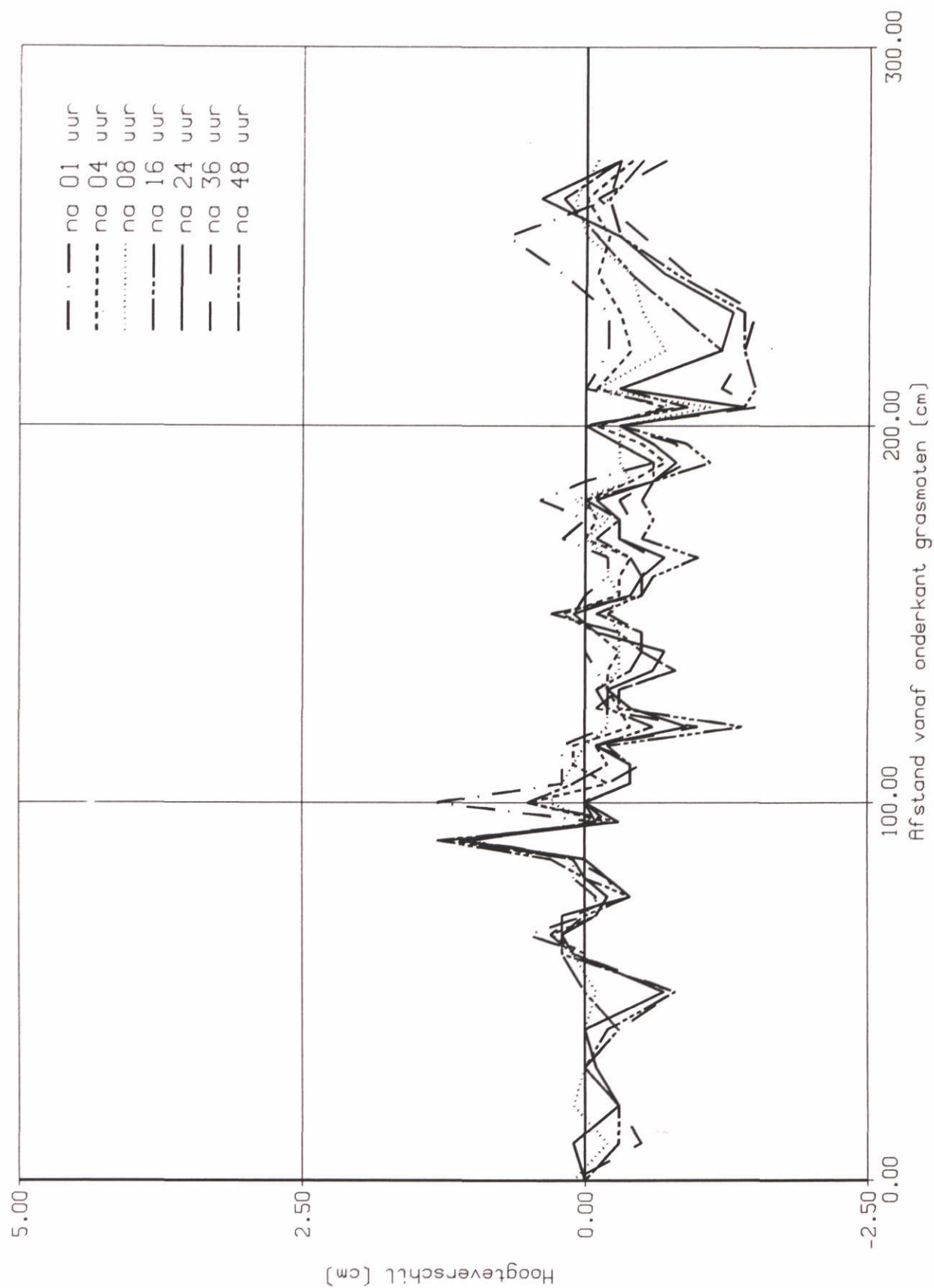
VERSCHILPEILINGEN ZODE 5B

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.10



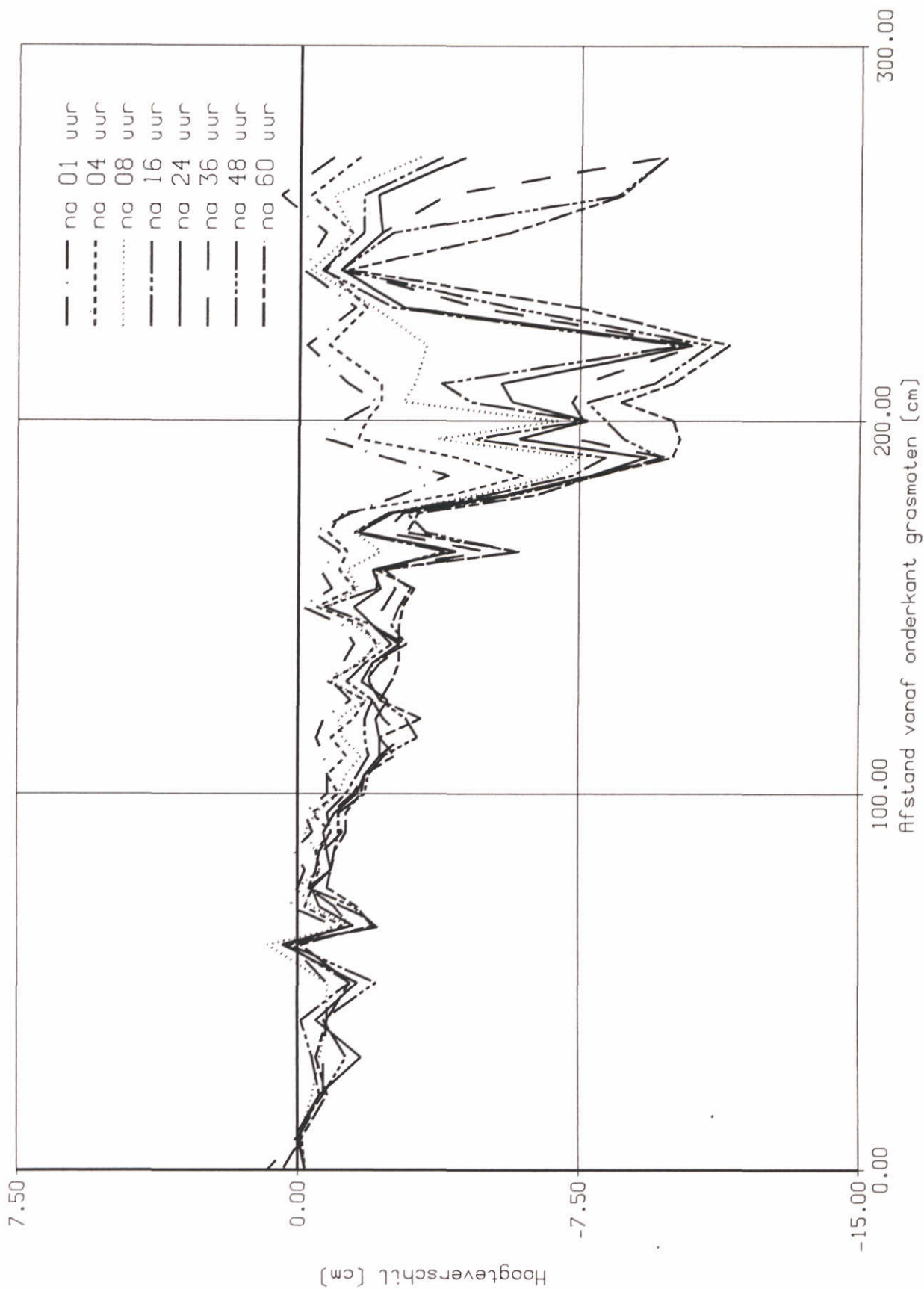
VERSCHILPEILINGEN ZODE 6B

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.12

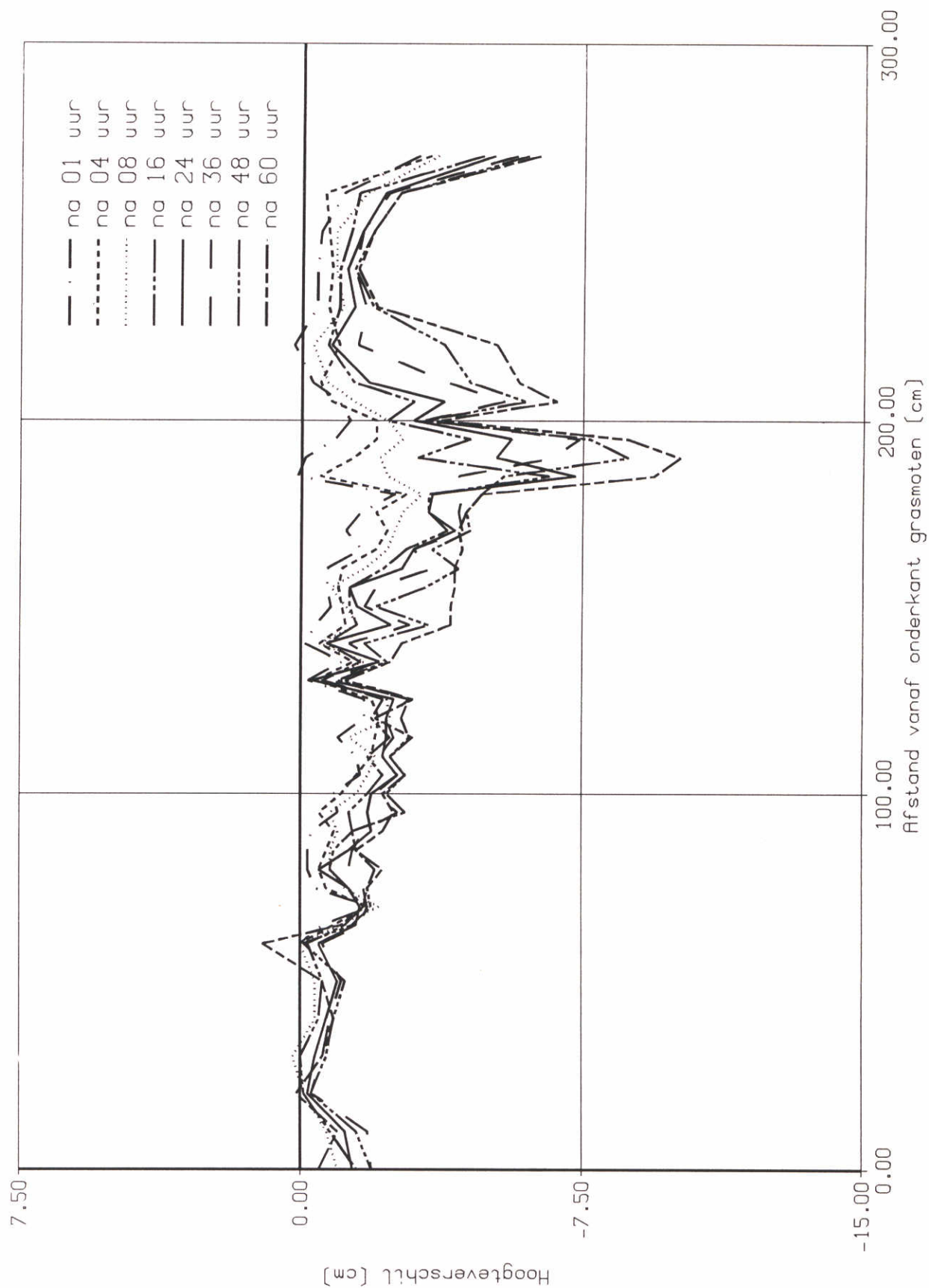


VERSCHILPEILINGEN ZODE 7A
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.13

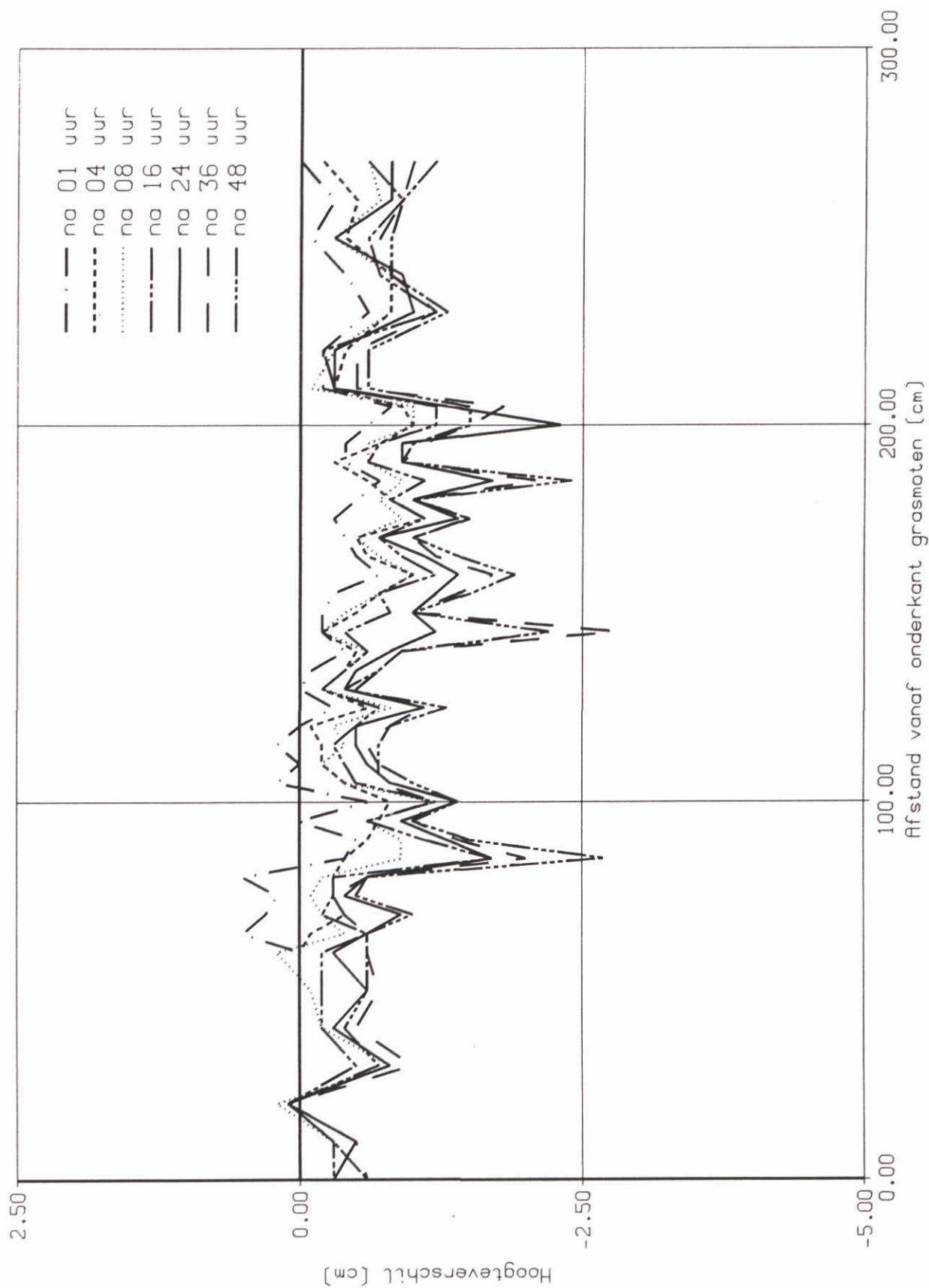


VERSCHILPEILINGEN ZODE 7B
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.14



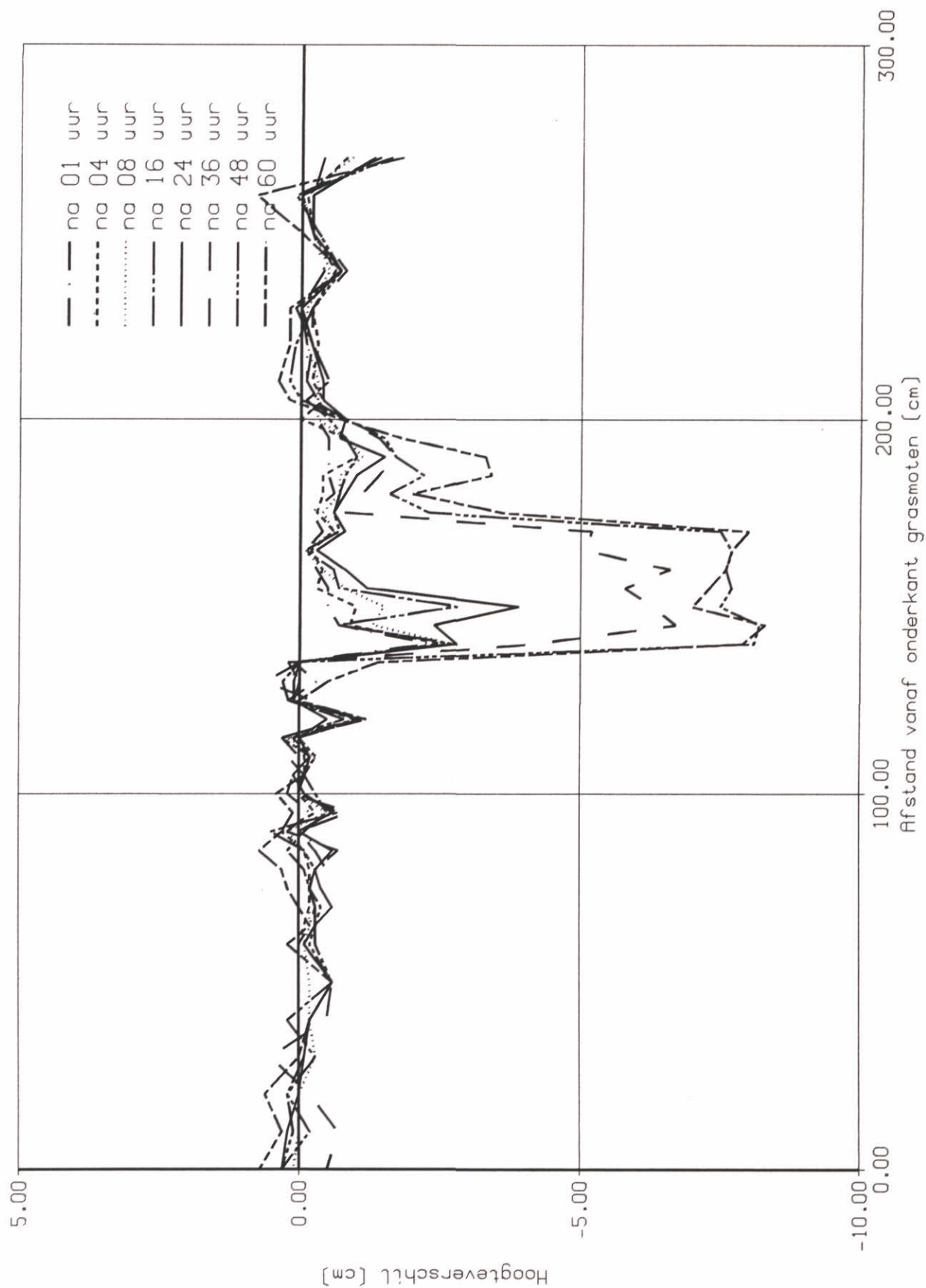
VERSCHILPEILINGEN ZODE 9B

[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.16

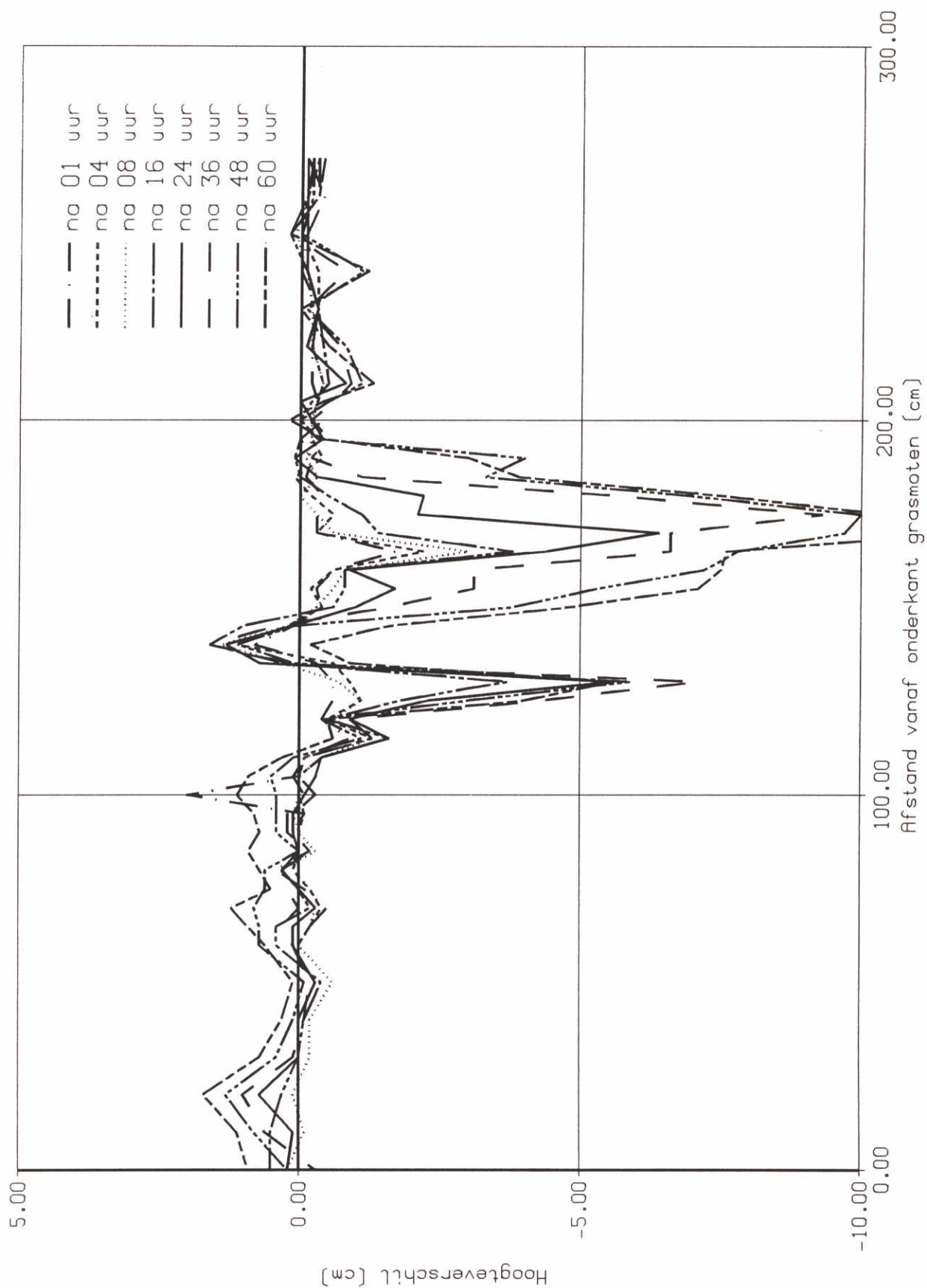


VERSCHILPEILINGEN ZODE 10A
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.17

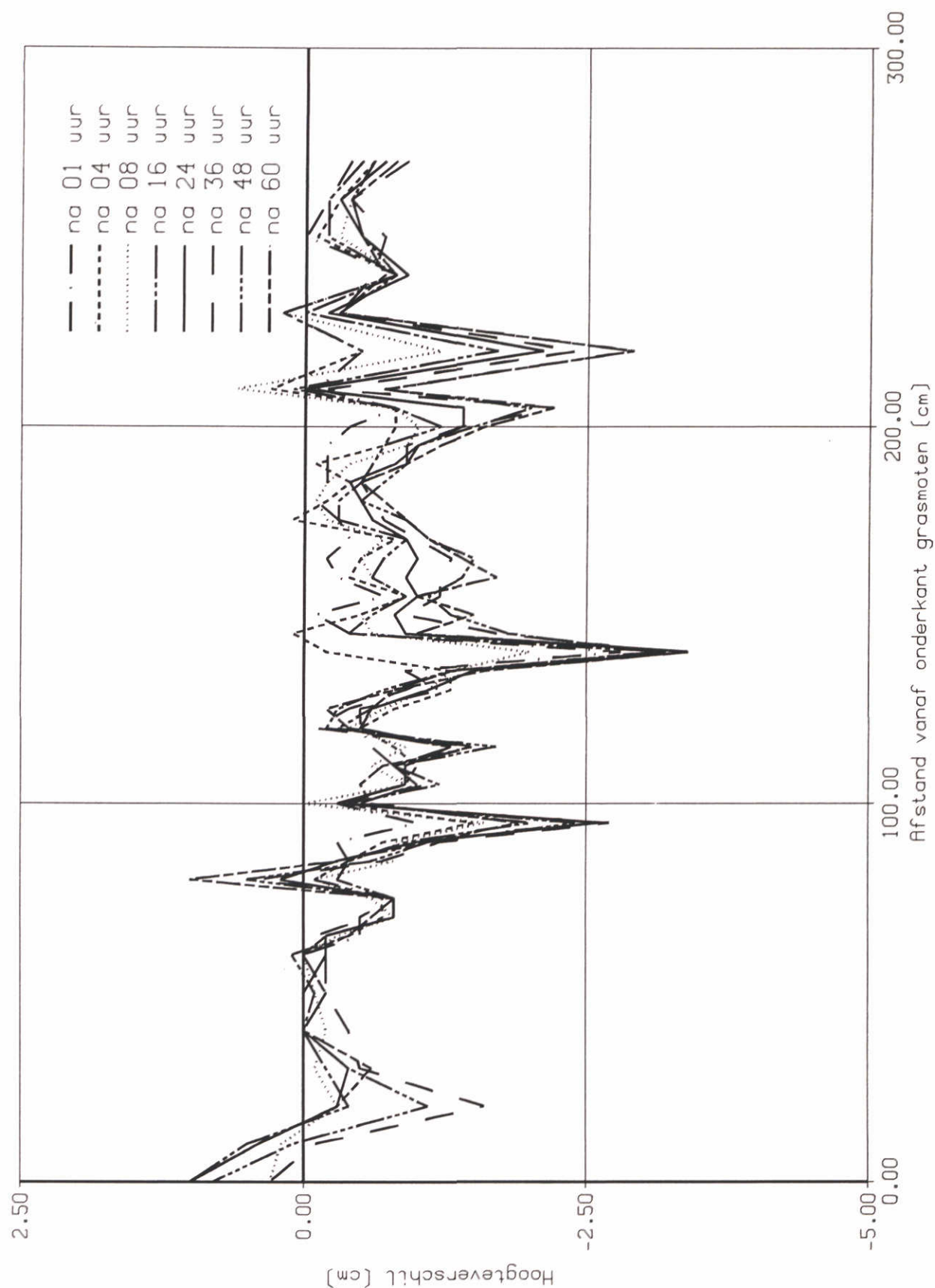


VERSCHILPEILINGEN ZODE 10B
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.18

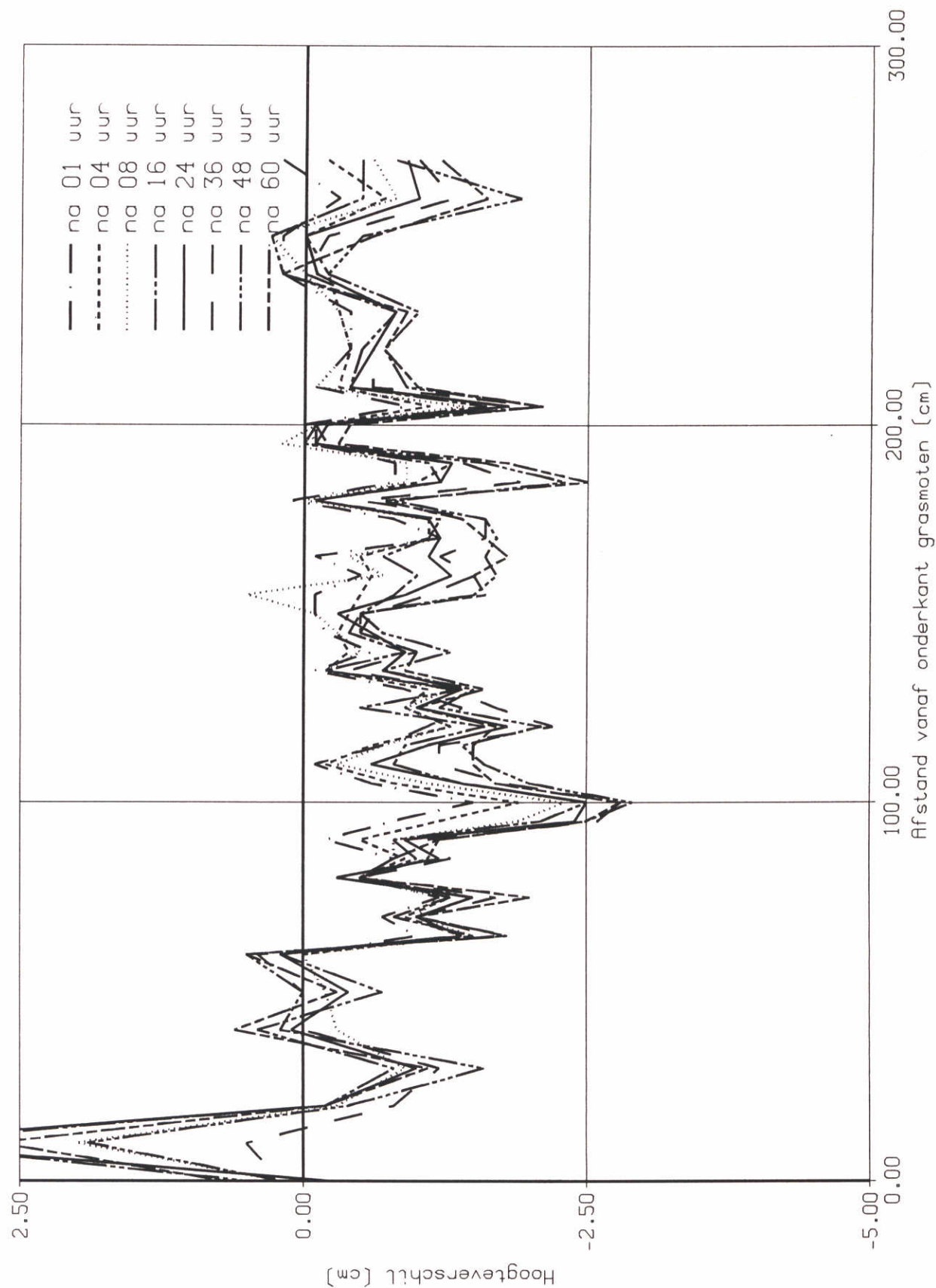


VERSCHILPEILINGEN ZODE 11A
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

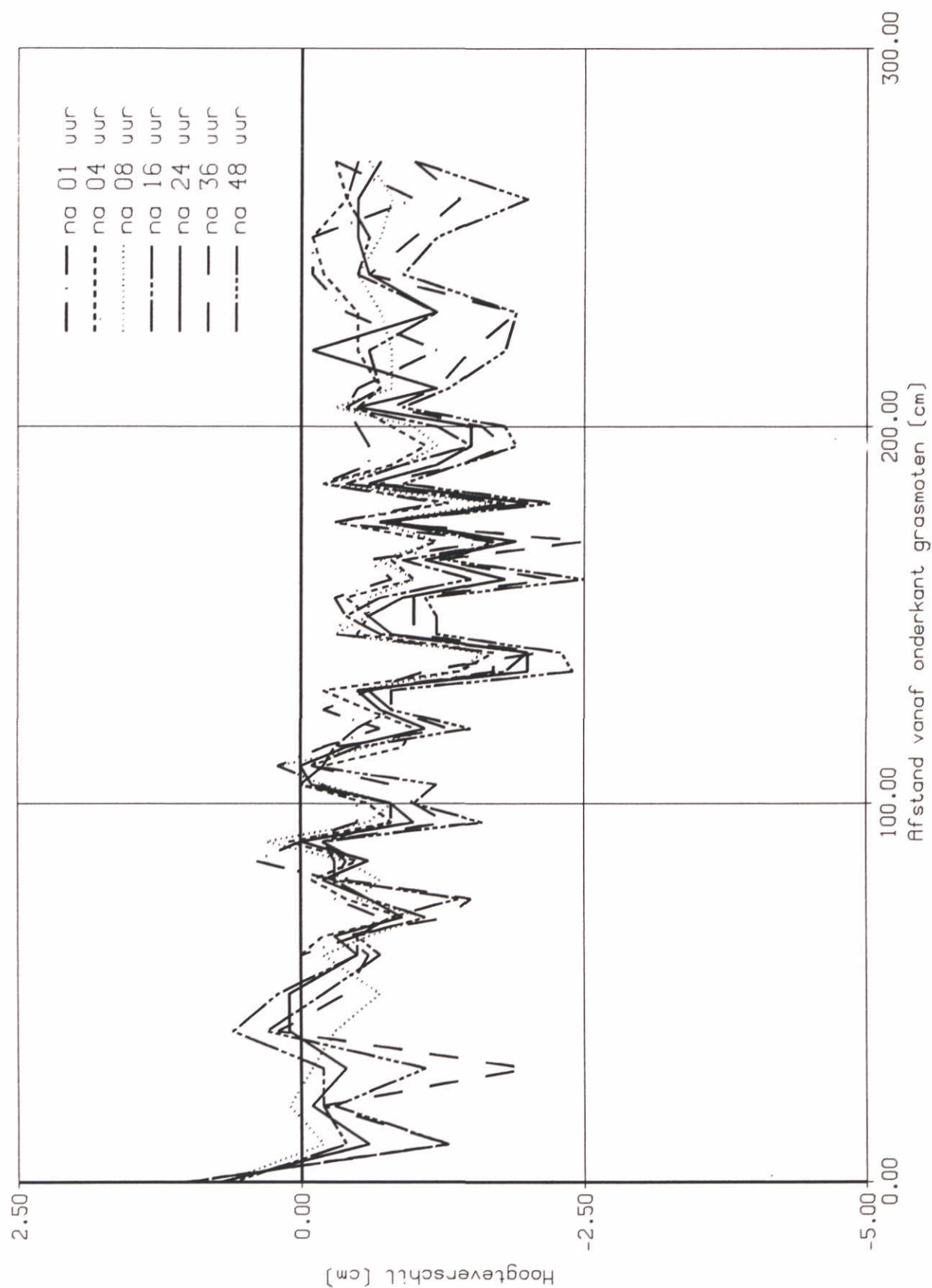
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.19



VERSCHILPEILINGEN ZODE 11B
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

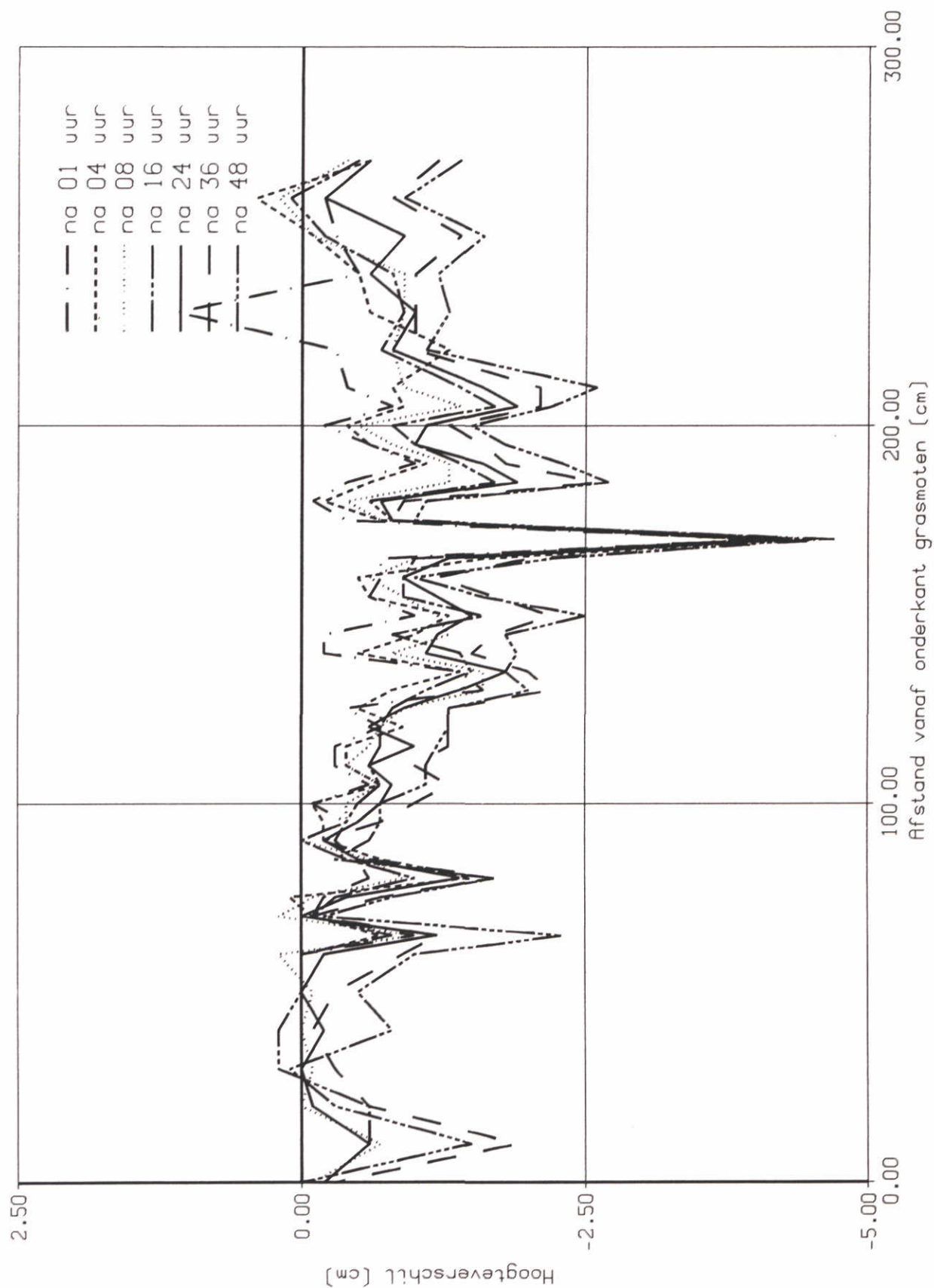


VERSCHILPEILINGEN ZODE 12A
(GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

FIG. 3.21

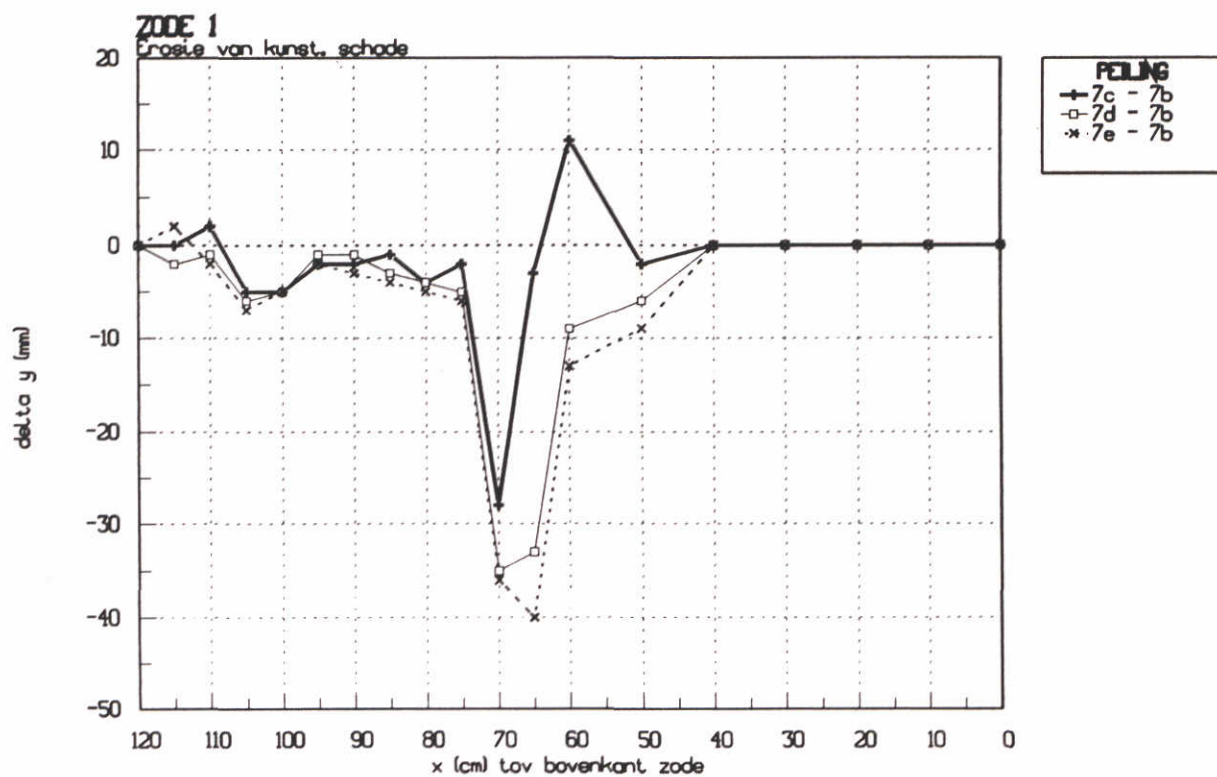
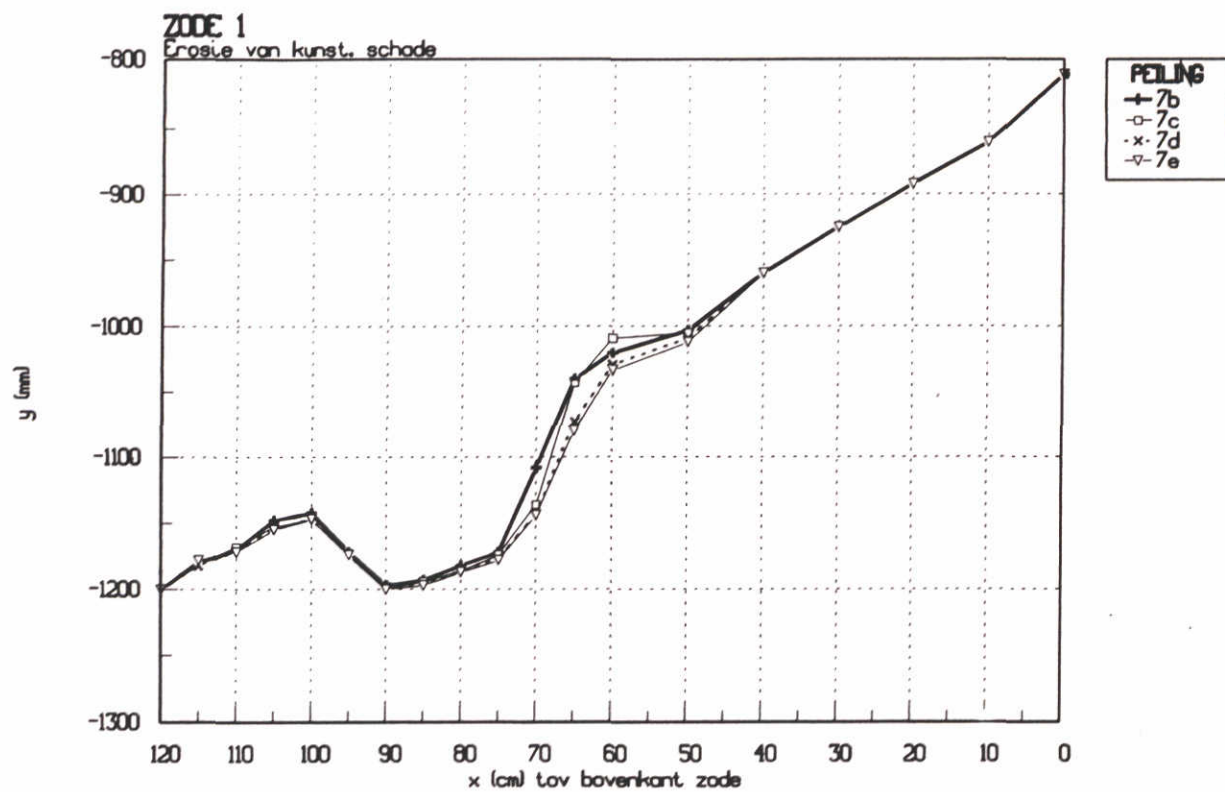


VERSCHILPEILINGEN ZODE 12B
[GERELATEERD AAN DE NULPEILINGEN]

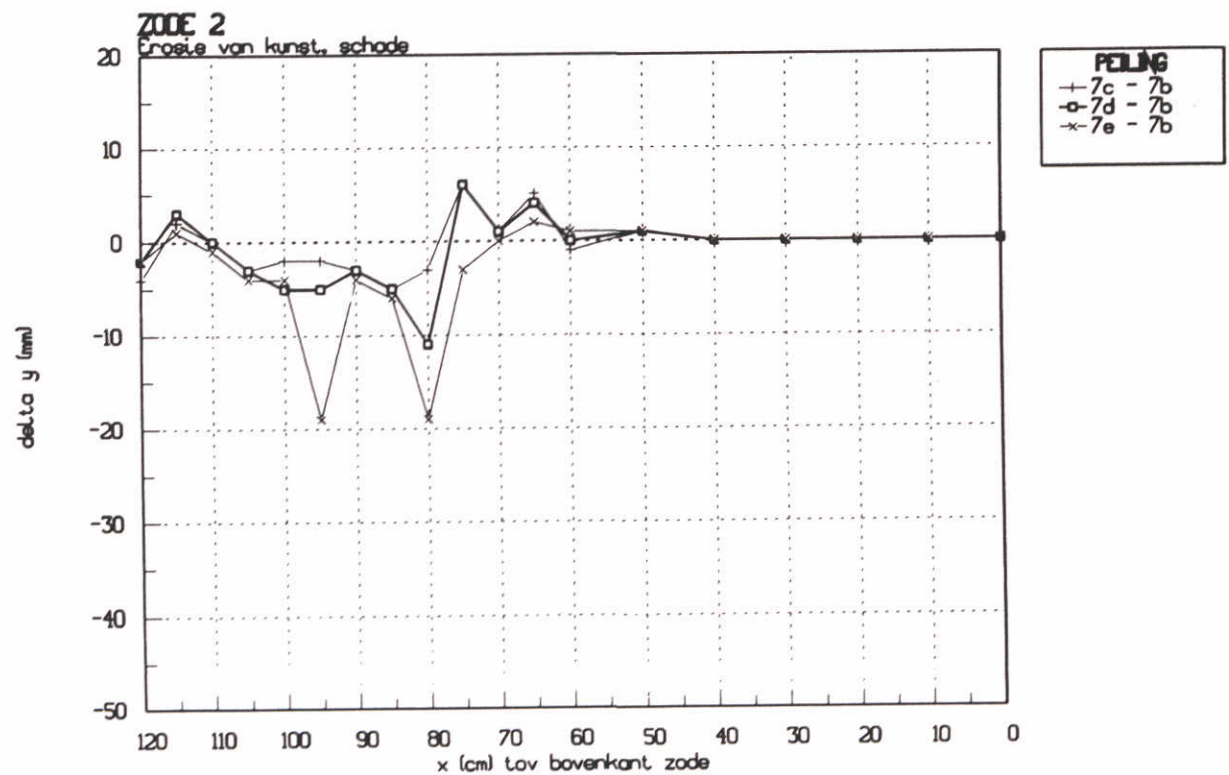
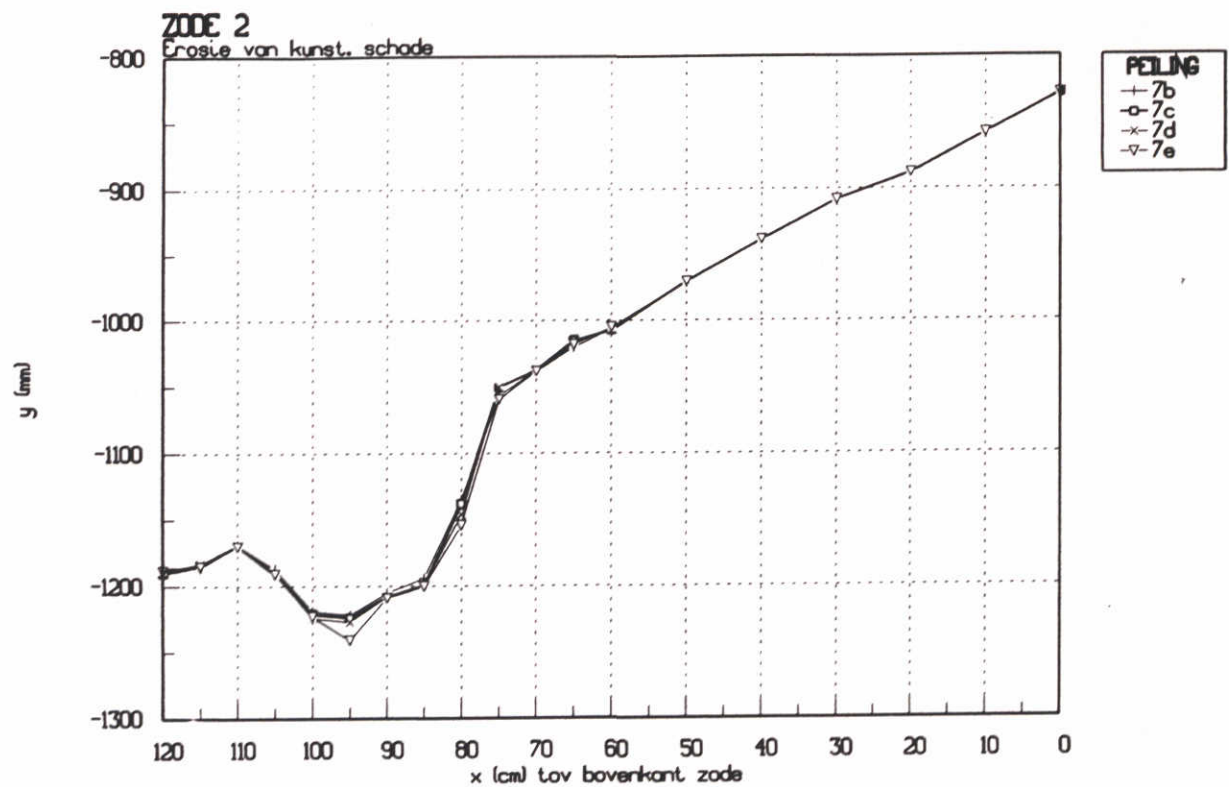
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q1878

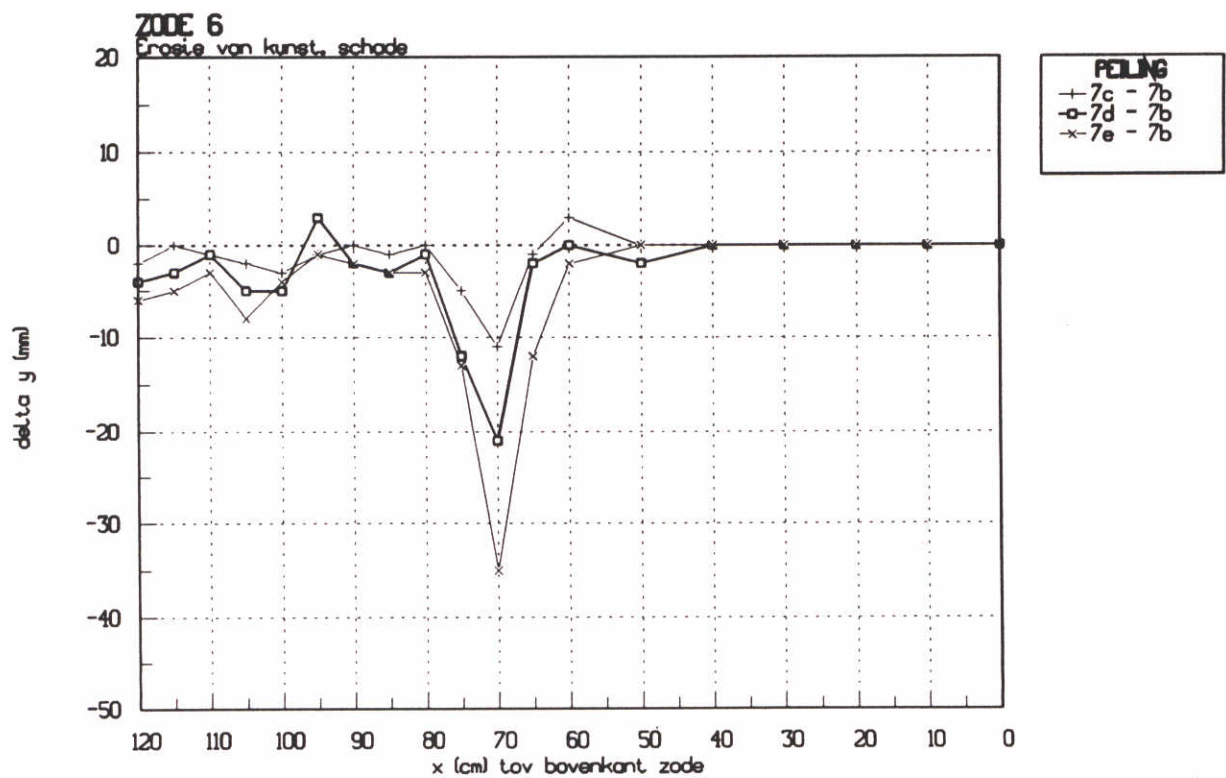
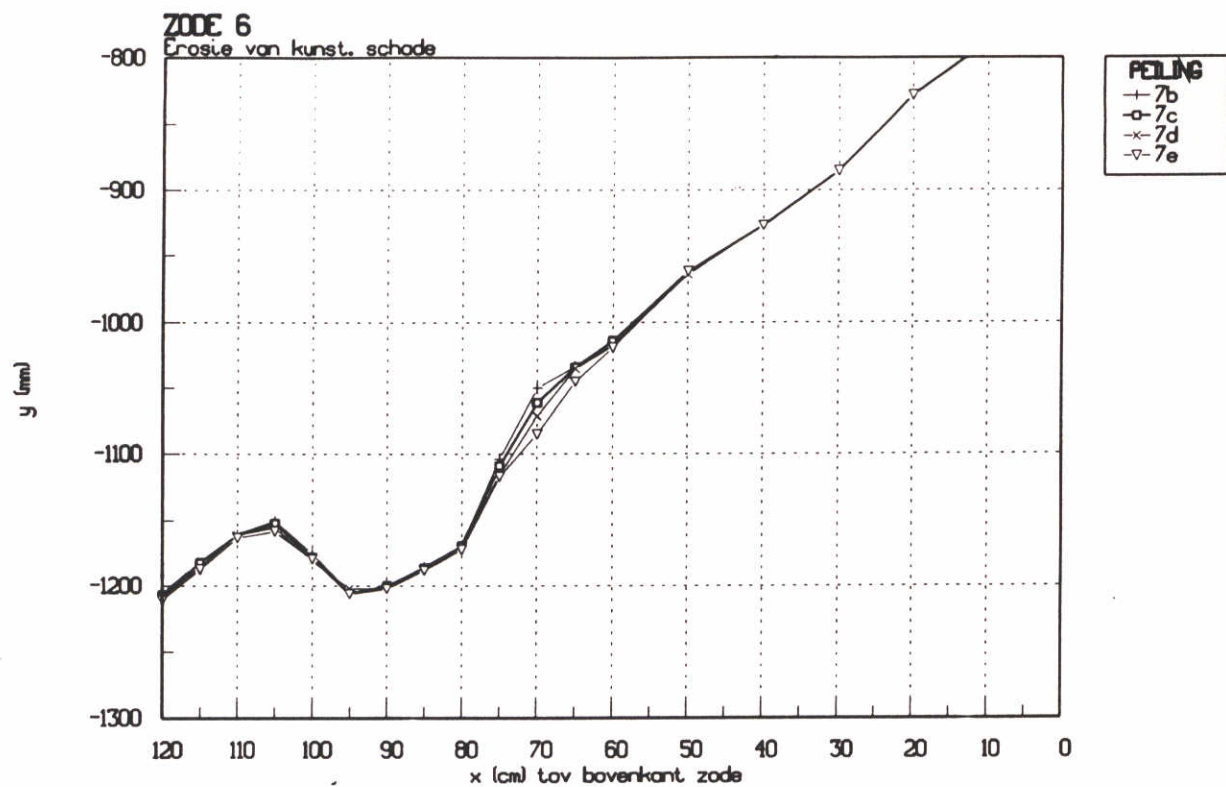
FIG. 3.22



GATEROSIE ZODE 1
ABSOLUTE PEILINGEN EN VERSCHILPEILINGEN



GATEROSIE ZODE 2
ABSOLUTE PEILINGEN EN VERSCHILPEILINGEN

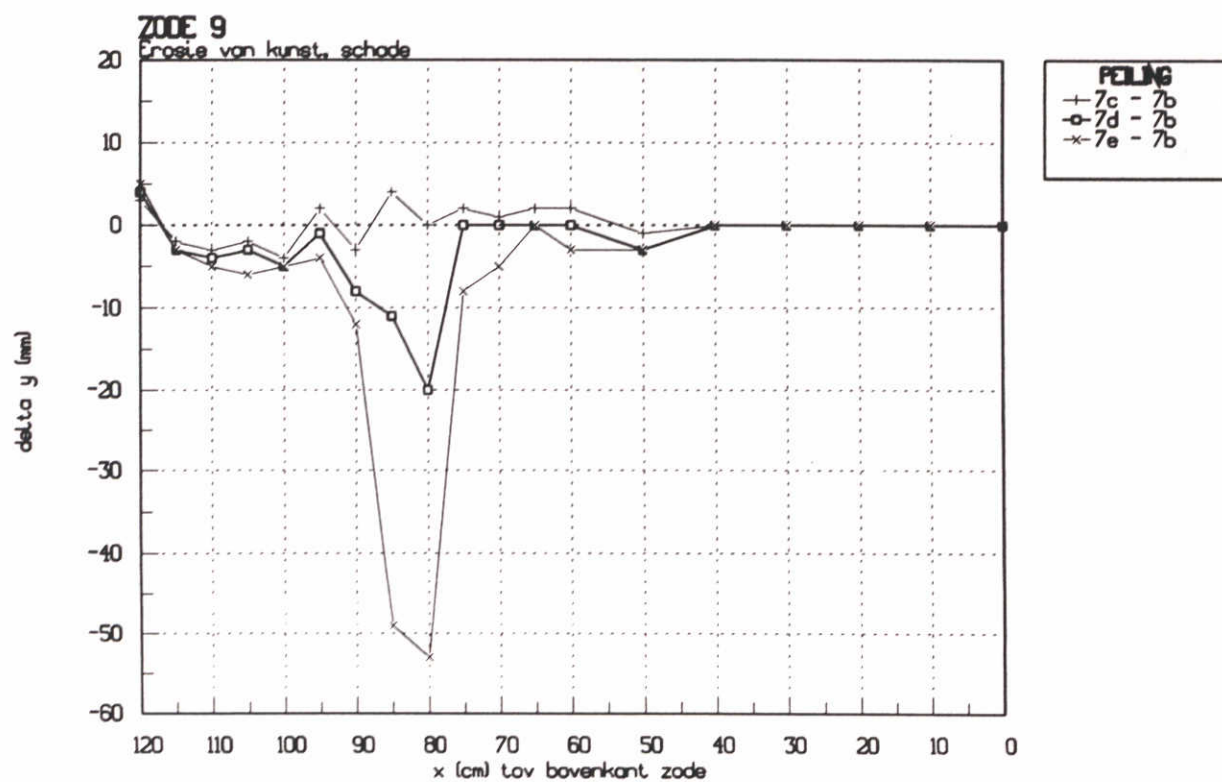
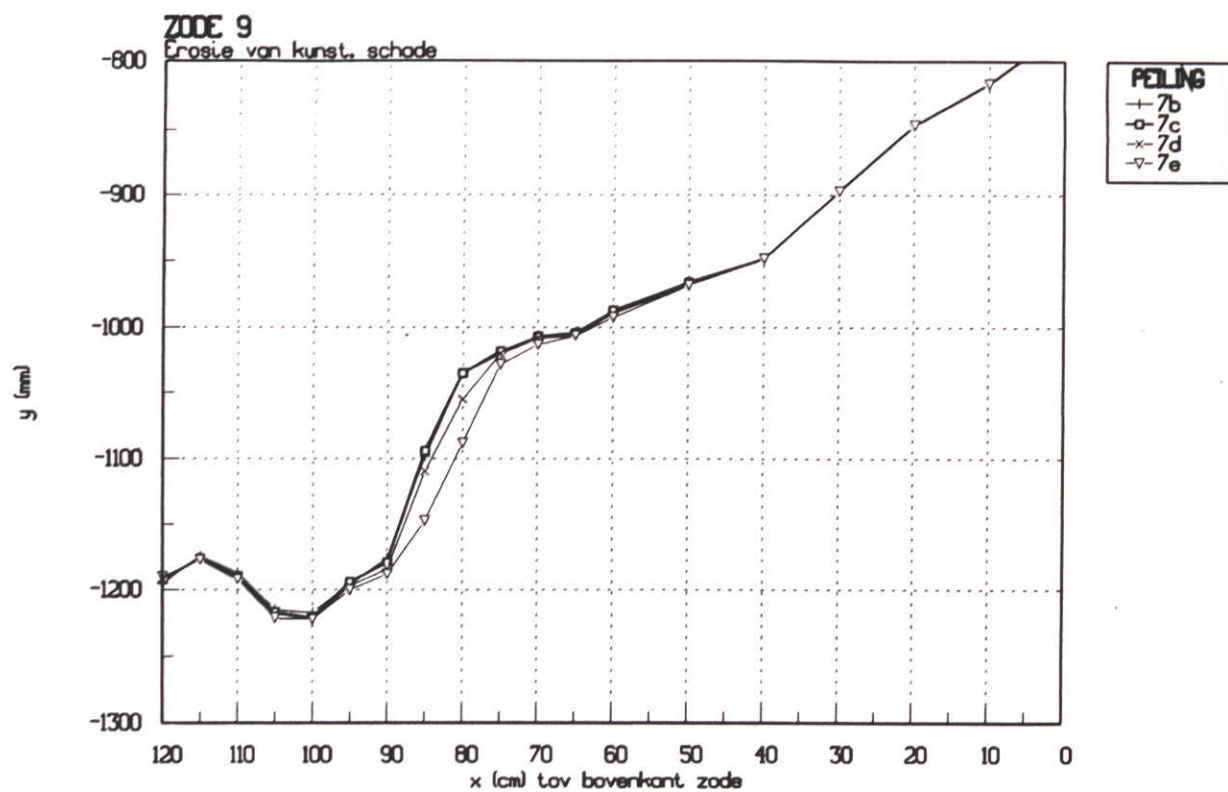


GATEROSIE ZODE 6
ABSOLUTE PEILINGEN EN VERSCHILPEILINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.25

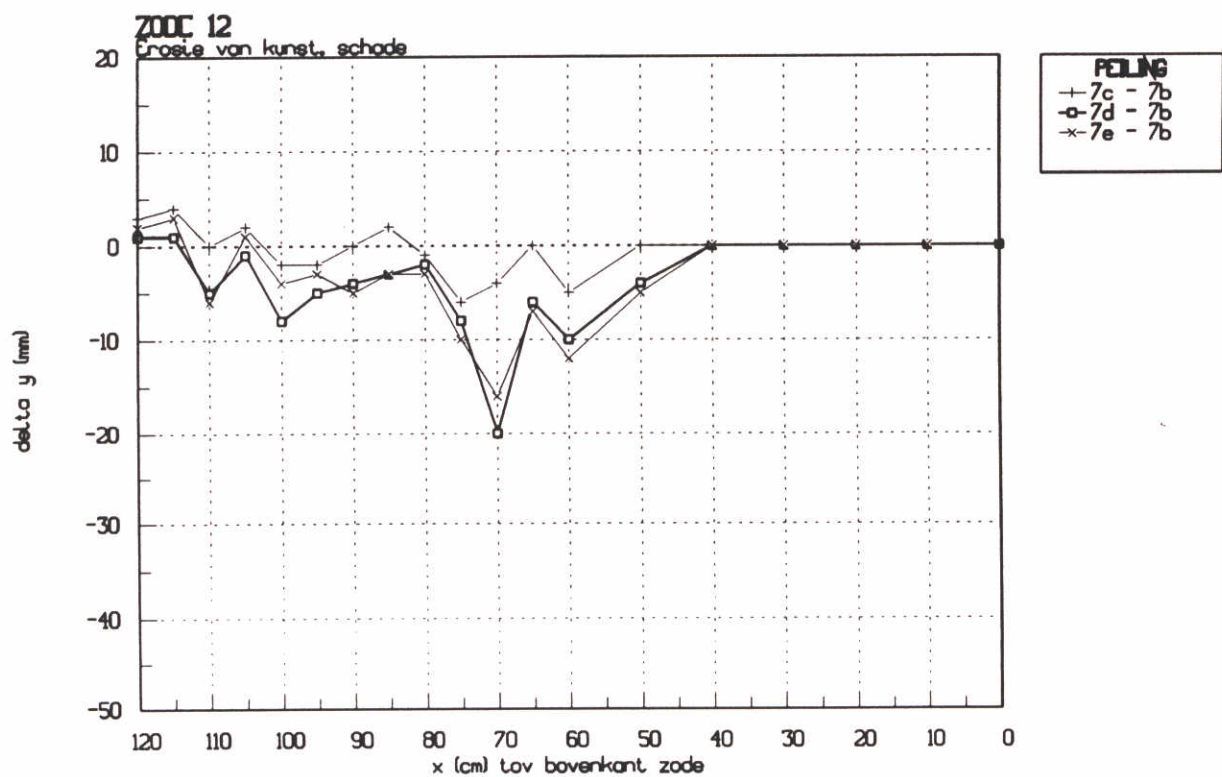
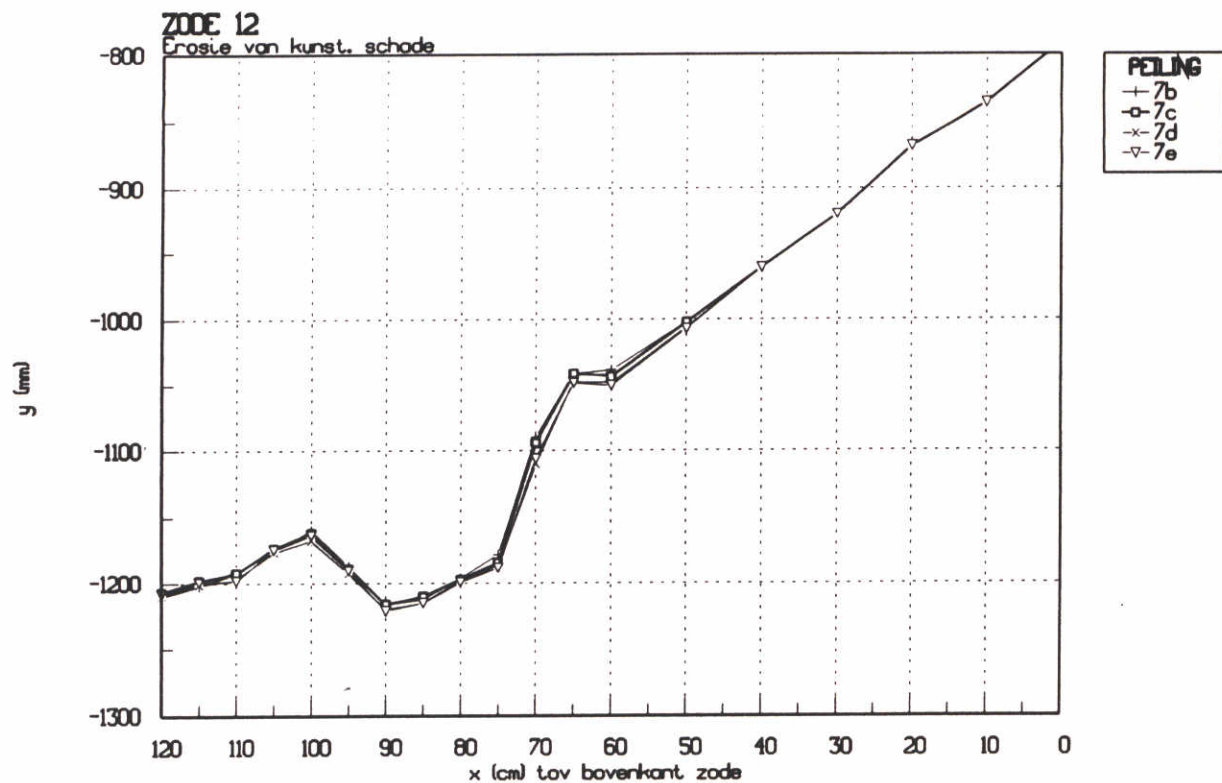


GATEROSIE ZODE 9
ABSOLUTE PEILINGEN EN VERSCHILPEILINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.26

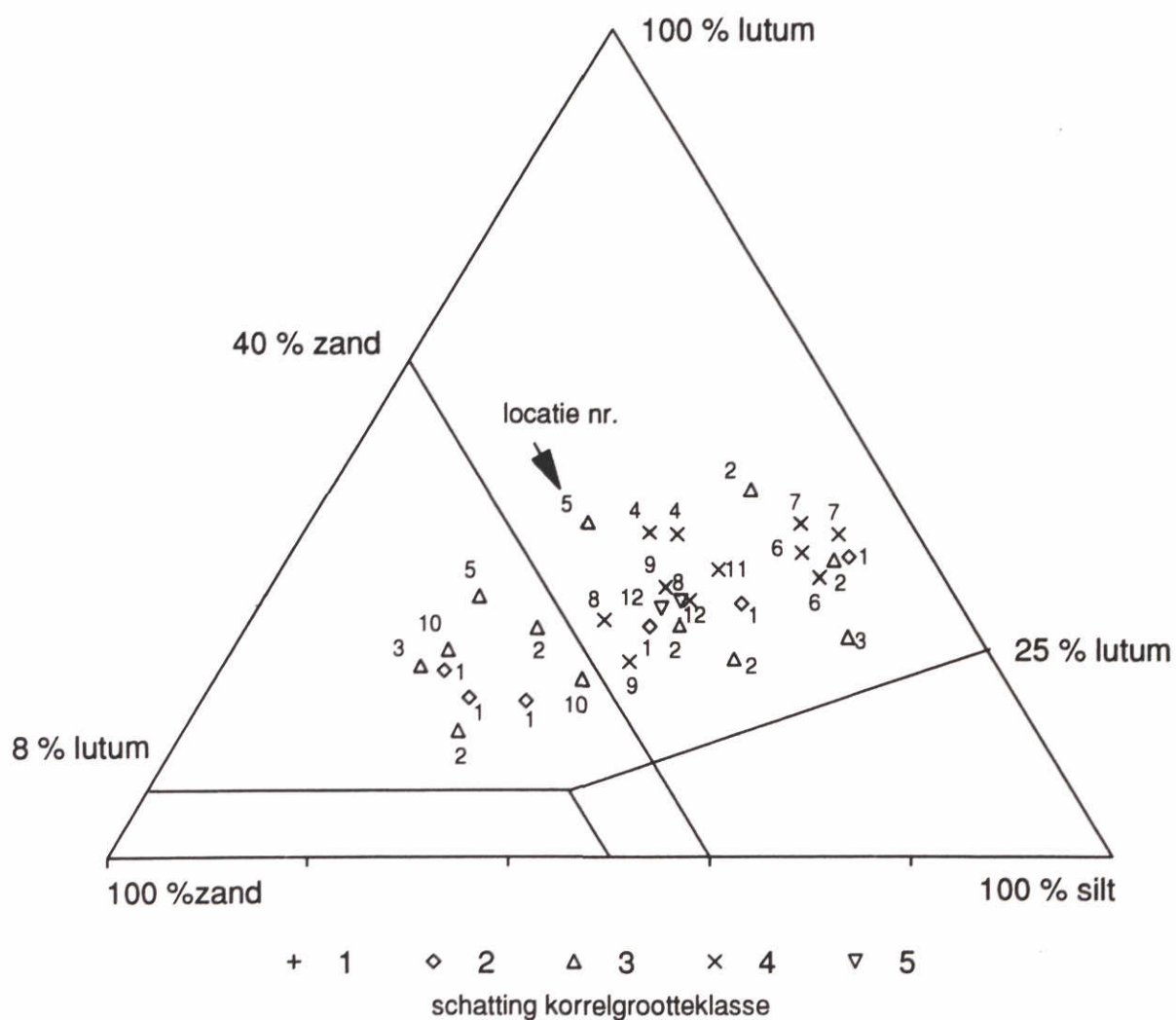


GATEROSIE ZODE 12
ABSOLUTE PEILINGEN EN VERSCHILPEILINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.27



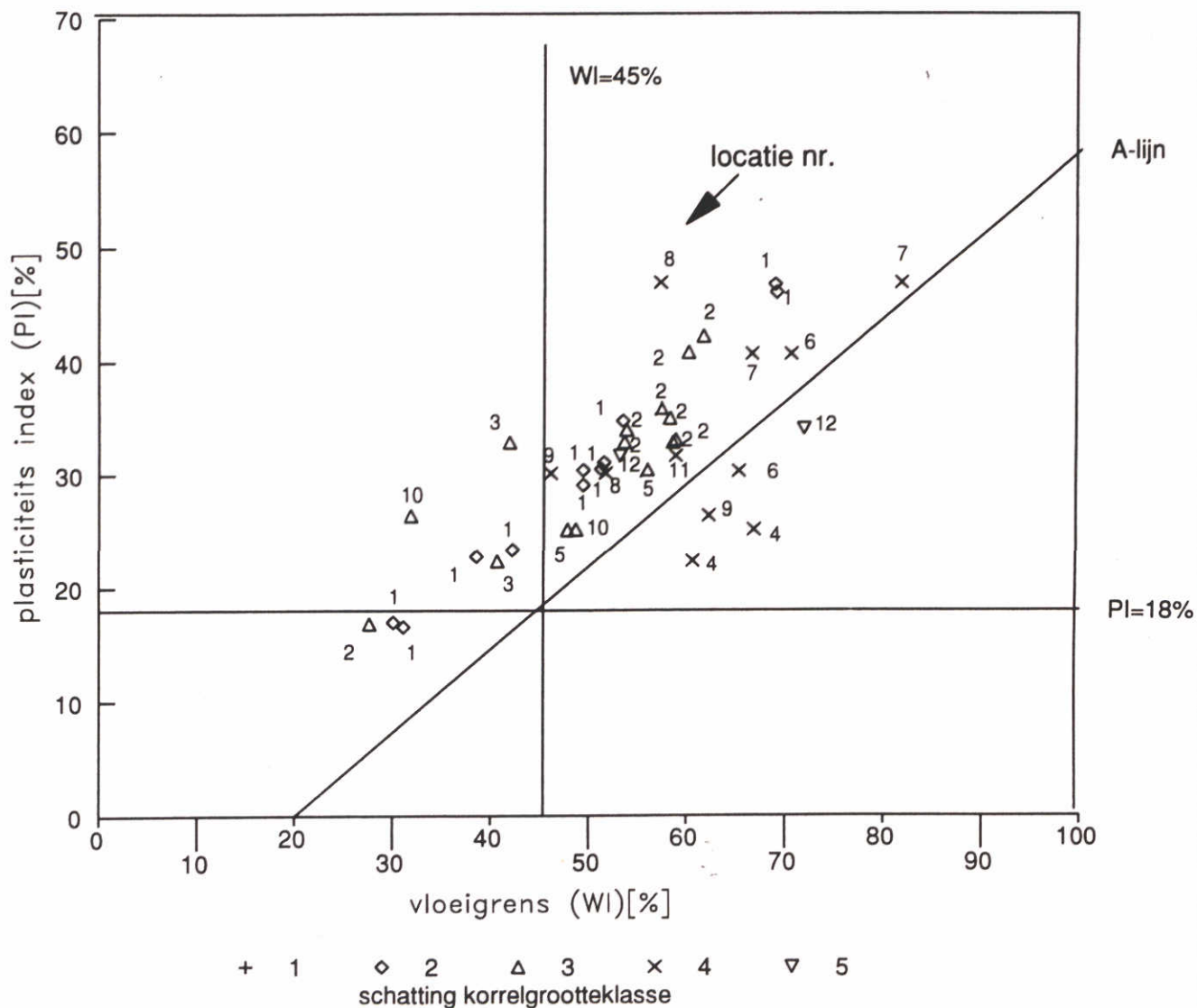
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

GESCHATTE KORRELGROOTTEVERDELING EN
LIGGING MONSTERS IN KORRELVERDELINGSDRIEHOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.28



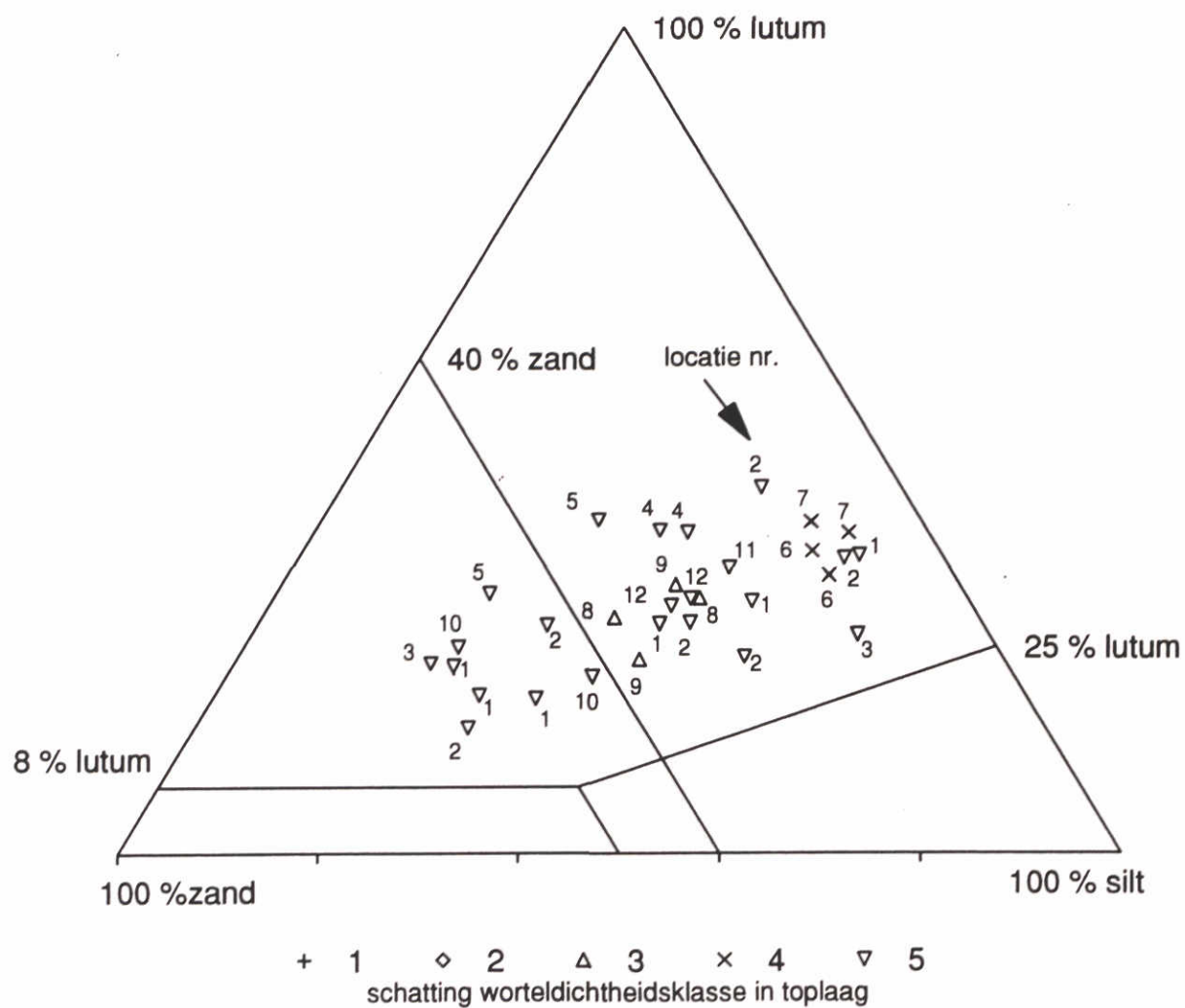
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

GESCHATTE KORRELGROOTTEVERDELING EN
LIGGING MONSTERS IN PLASTICITEITSDIAGRAM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.29



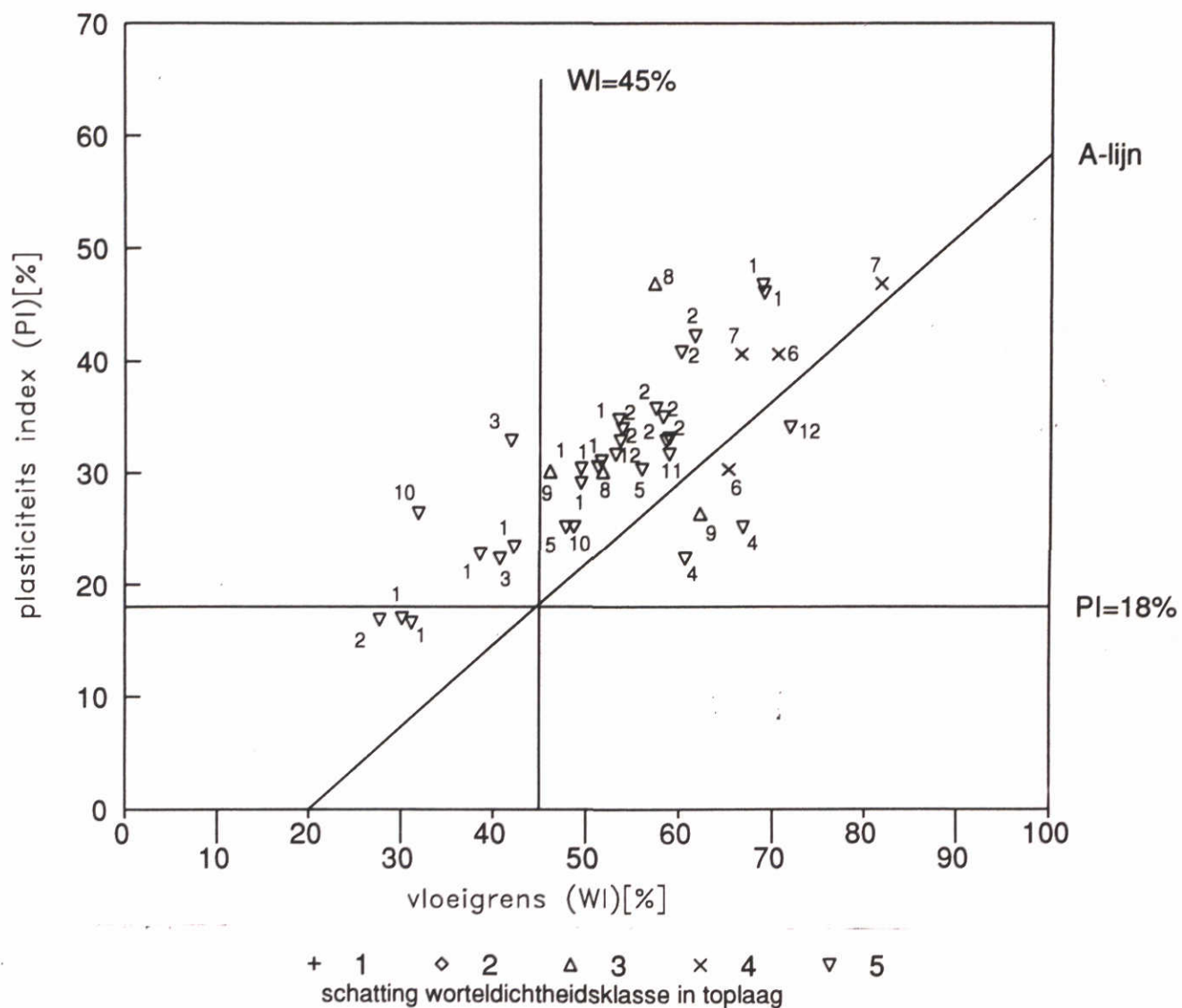
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

GESCHATTE WORTELDICHTHEID IN TOPLAAG EN
LIGGING MONSTERS IN KORRELVERDELINGSDRIEHOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.30



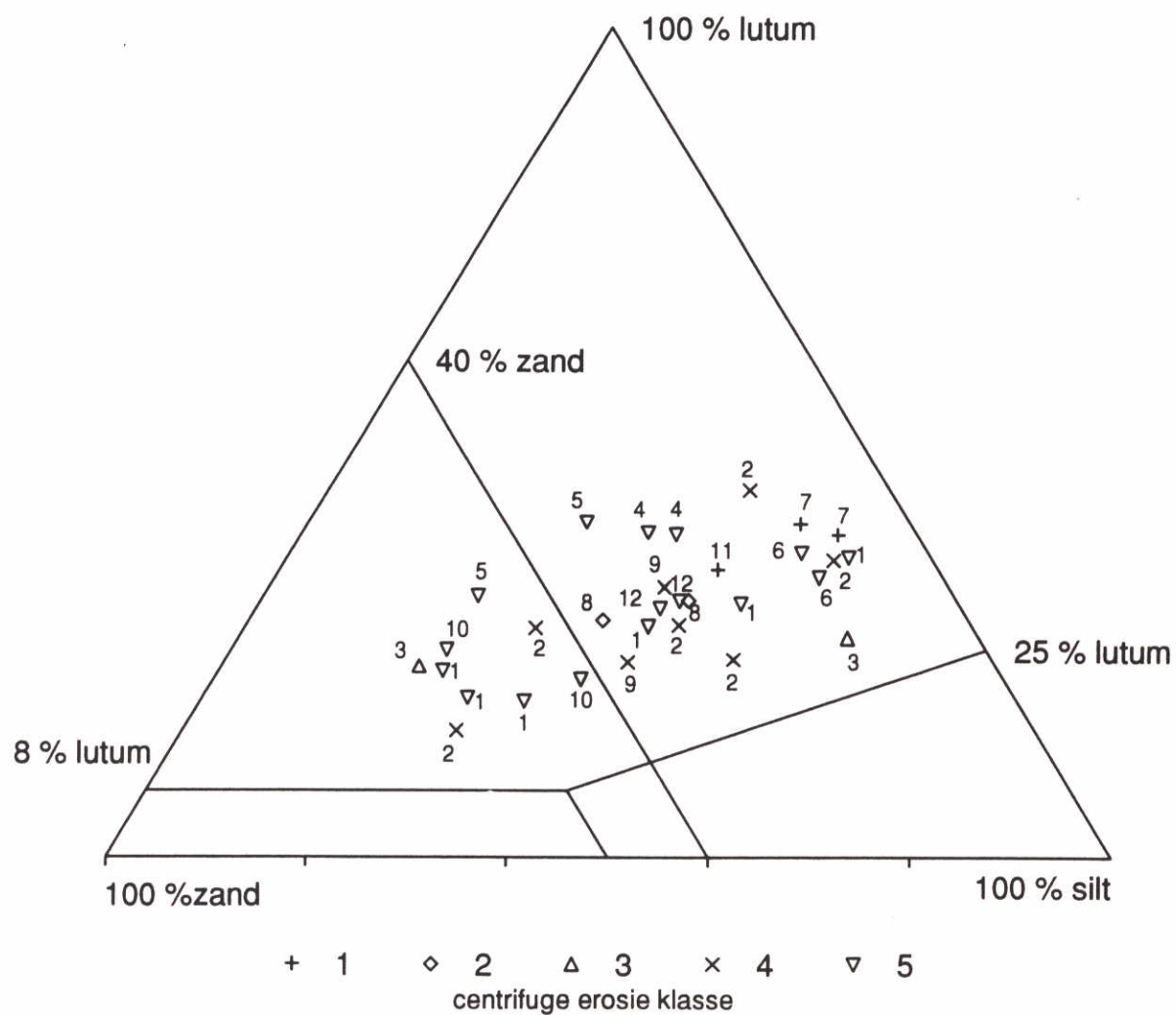
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

GESCHATTE WORTELDICHTHEID IN TOPLAAG EN
LIGGING MONSTERS IN PLASTICITEITSDIAGRAM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.31



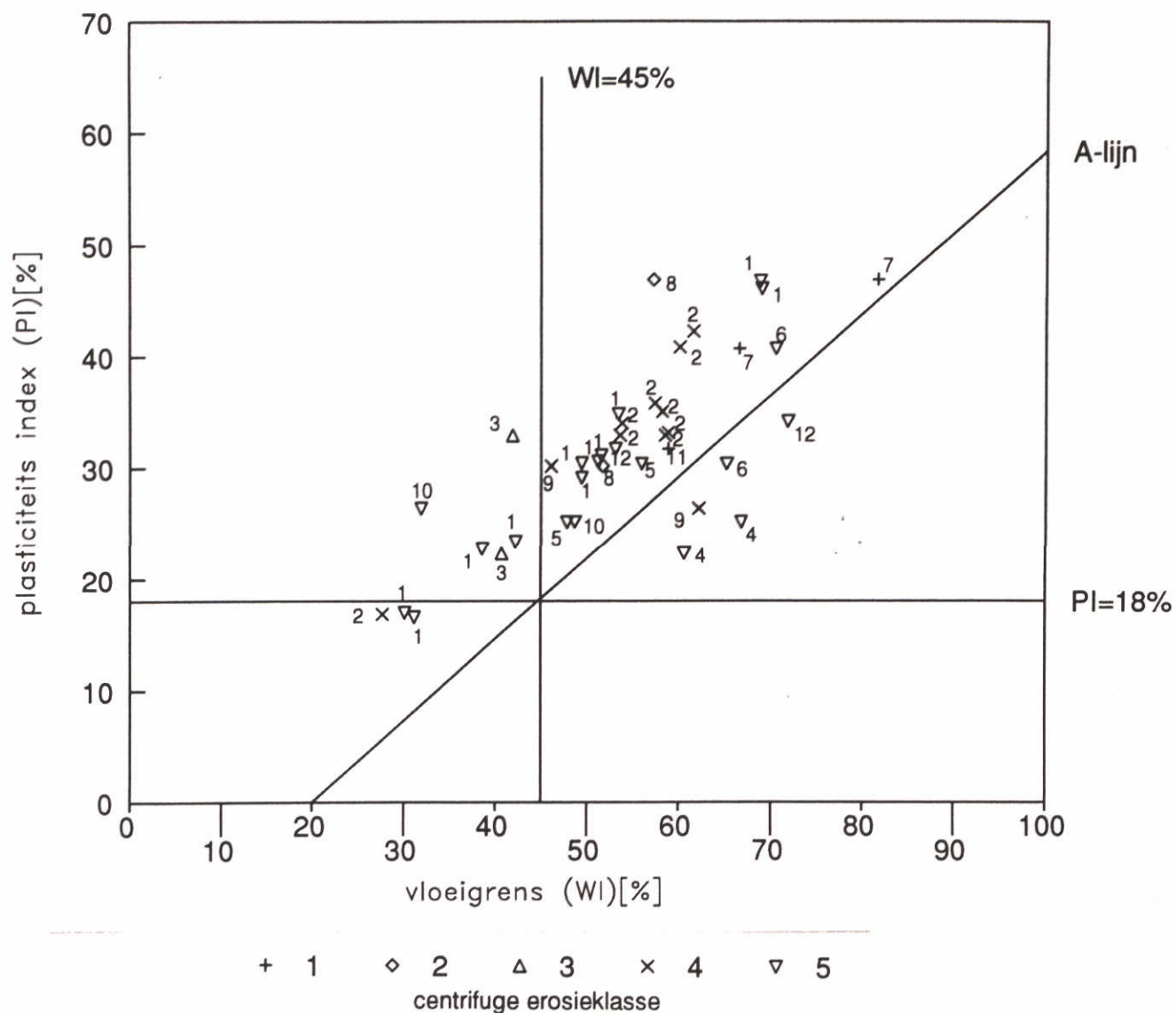
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

EROSIE VOLGENS EROSIE-TOESTEL EN
LIGGING MONSTERS IN KORRELVERDELINGSDRIEHOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.32



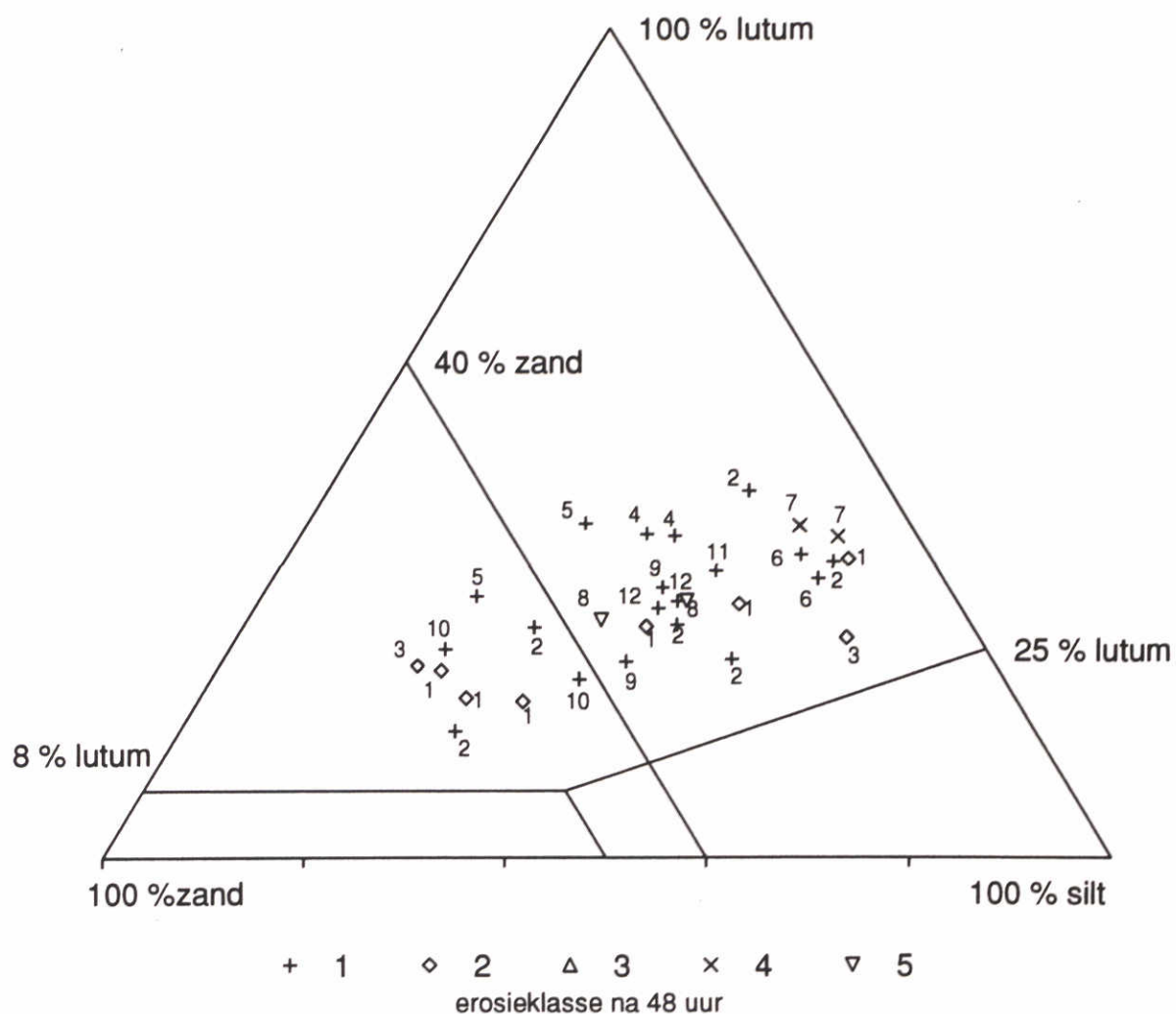
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

EROSIE VOLGENS EROSIE-TOESTEL EN
LIGGING MONSTERS IN PLASTICITEITSDIAGRAM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.33



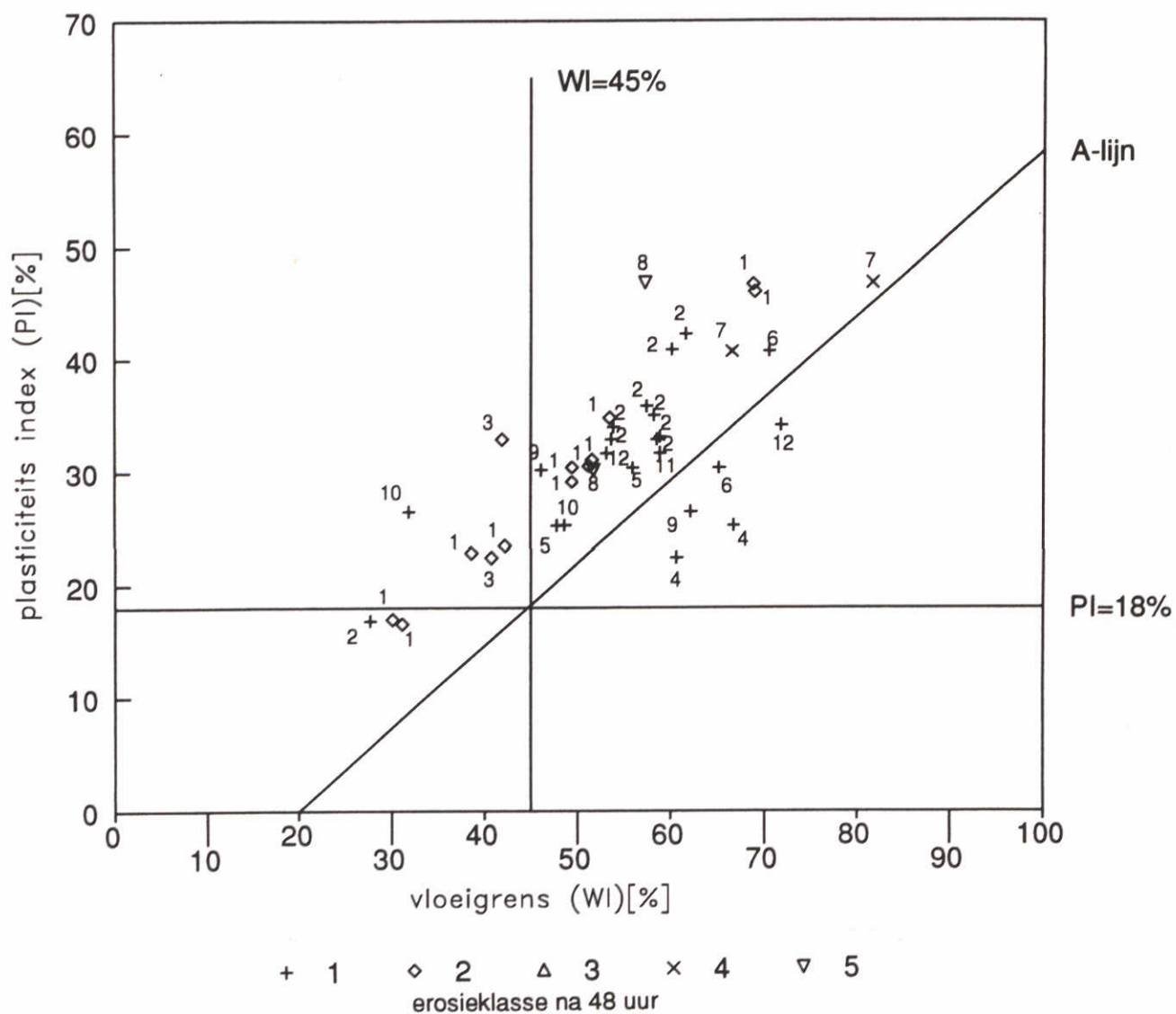
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

VISUELE WAARNEMING EROSIE NA 48 UUR GOLVEN EN
LIGGING MONSTERS IN KORRELVERDELINGSDRIEHOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.34



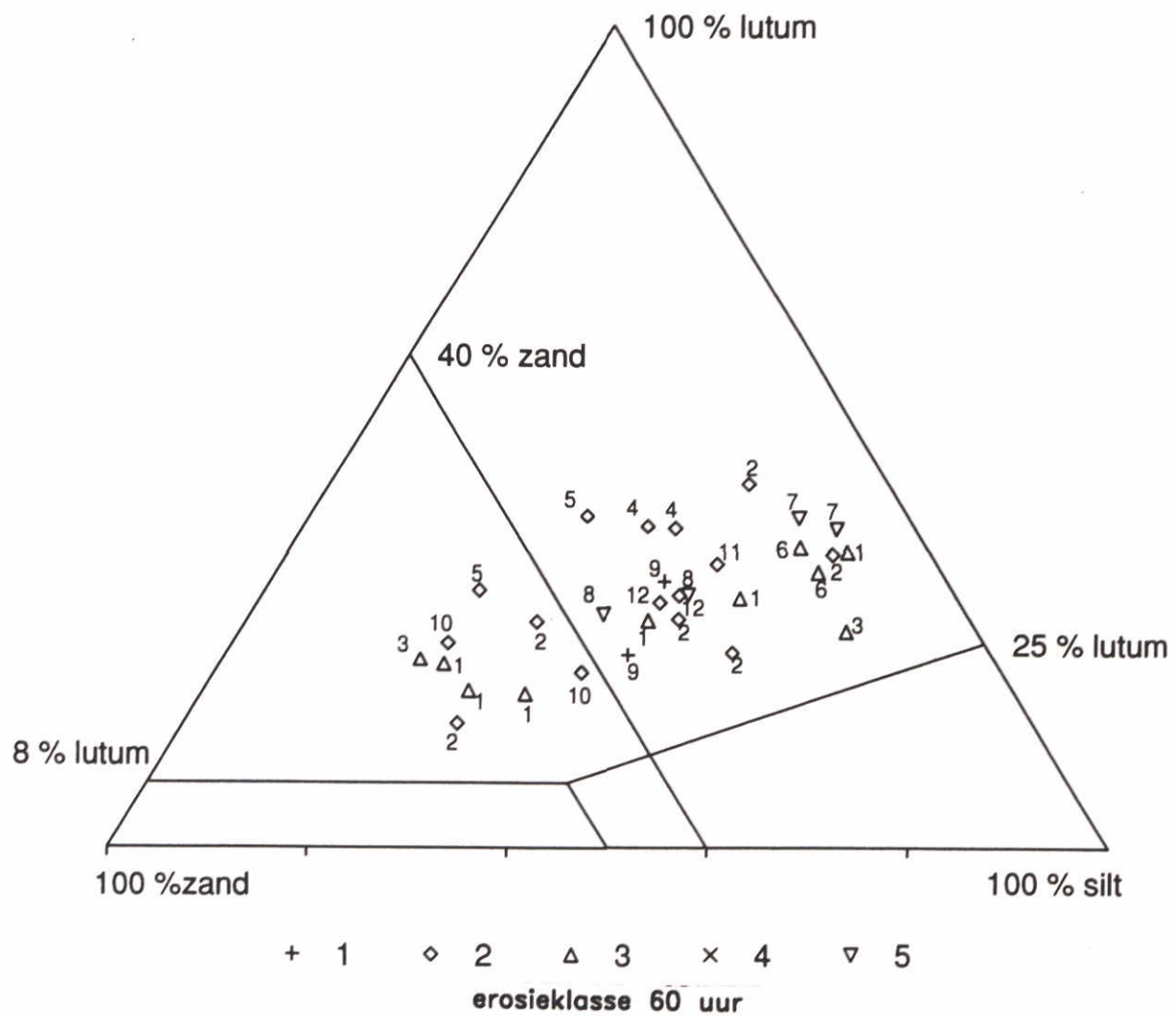
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

VISUELE WAARNEMING EROSIE NA 48 UUR GOLVEN EN
LIGGING MONSTERS IN PLASTICITEITSDIAGRAM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.35



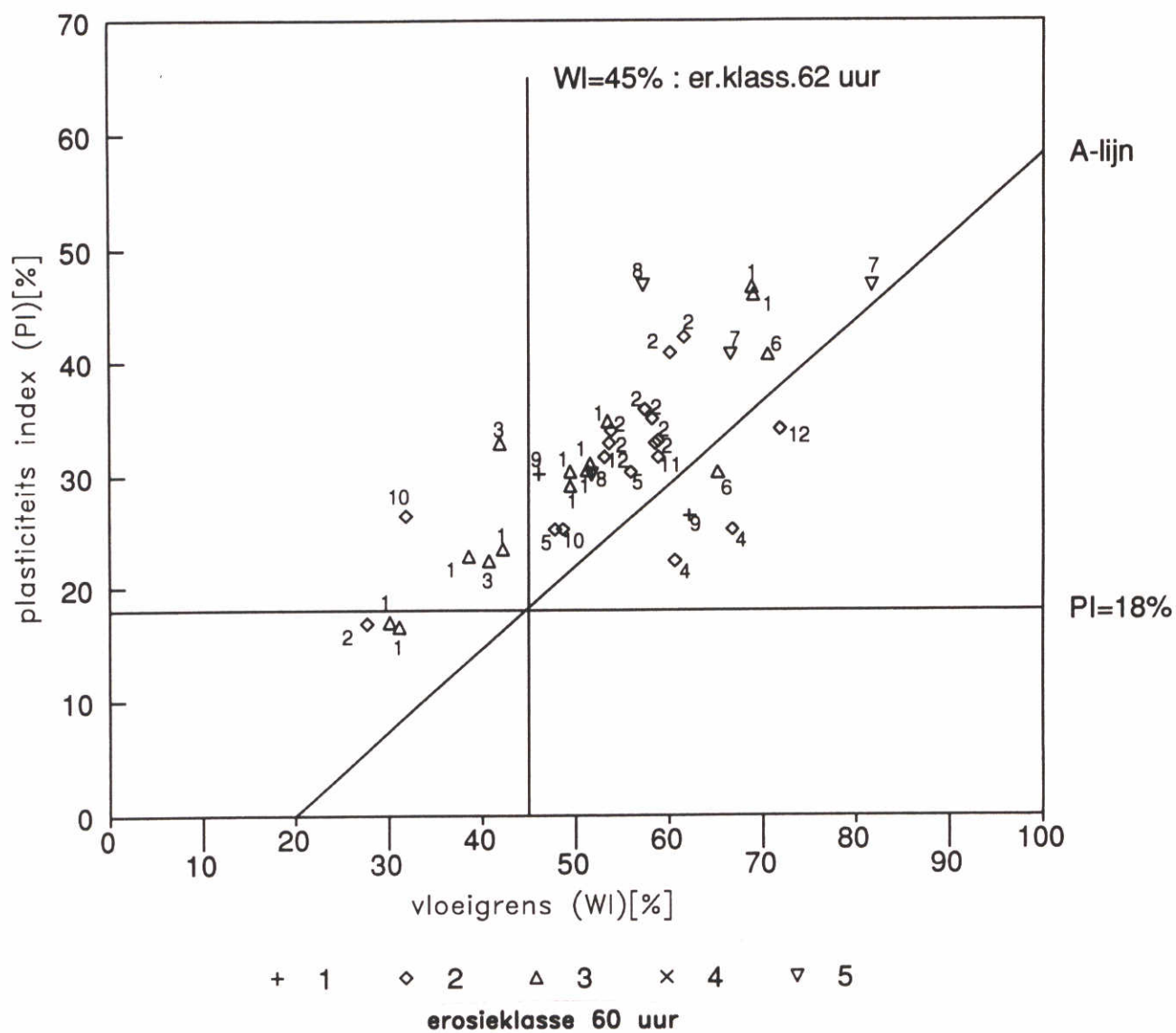
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

VISUELE WAARNEMING EROSIE NA 60 UUR GOLVEN EN
LIGGING MONSTERS IN KORRELVERDELINGSDRIEHOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.36



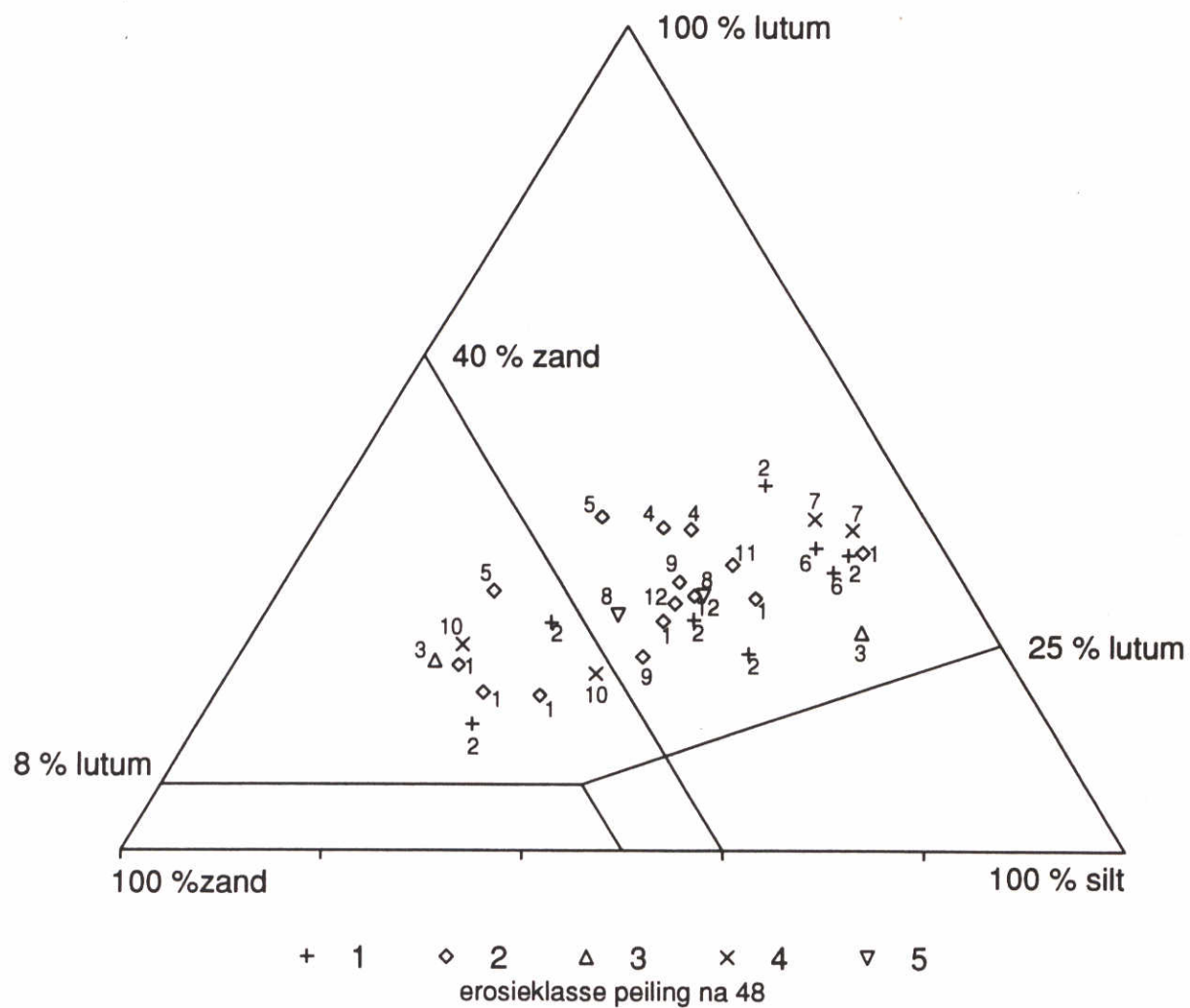
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

VISUELE WAARNEMING EROSIE NA 60 UUR GOLVEN EN
LIGGING MONSTERS IN PLASTICITEITSDIAGRAM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.37



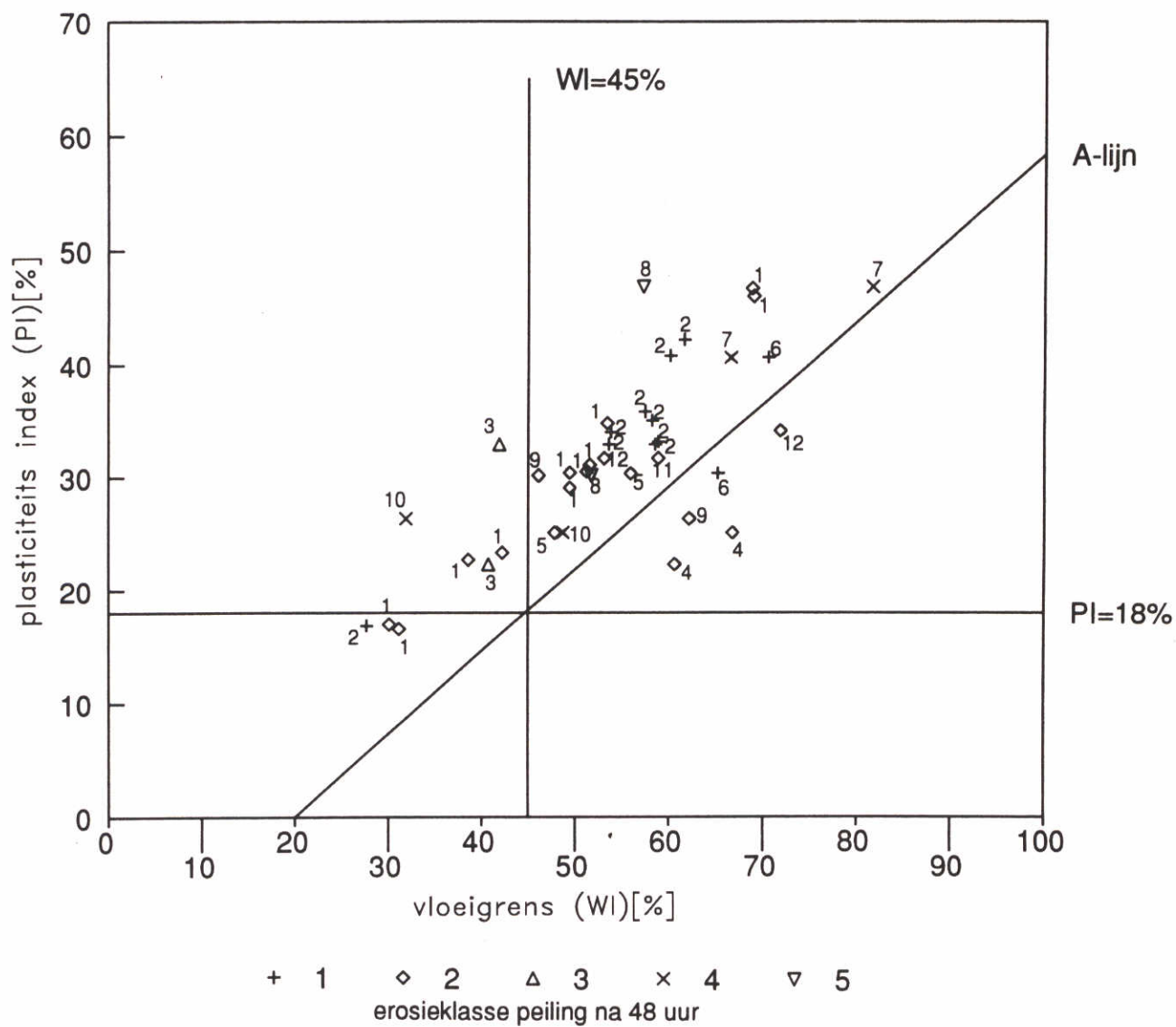
NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

EROSIESNELHEID OP BASIS VAN PEILING EN
LIGGING MONSTERS IN KORRELVERDELINGSDRIEHOEK

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.38



NB. Nummers verwijzen naar klasse-indeling. Zie hiervoor Tabel 5

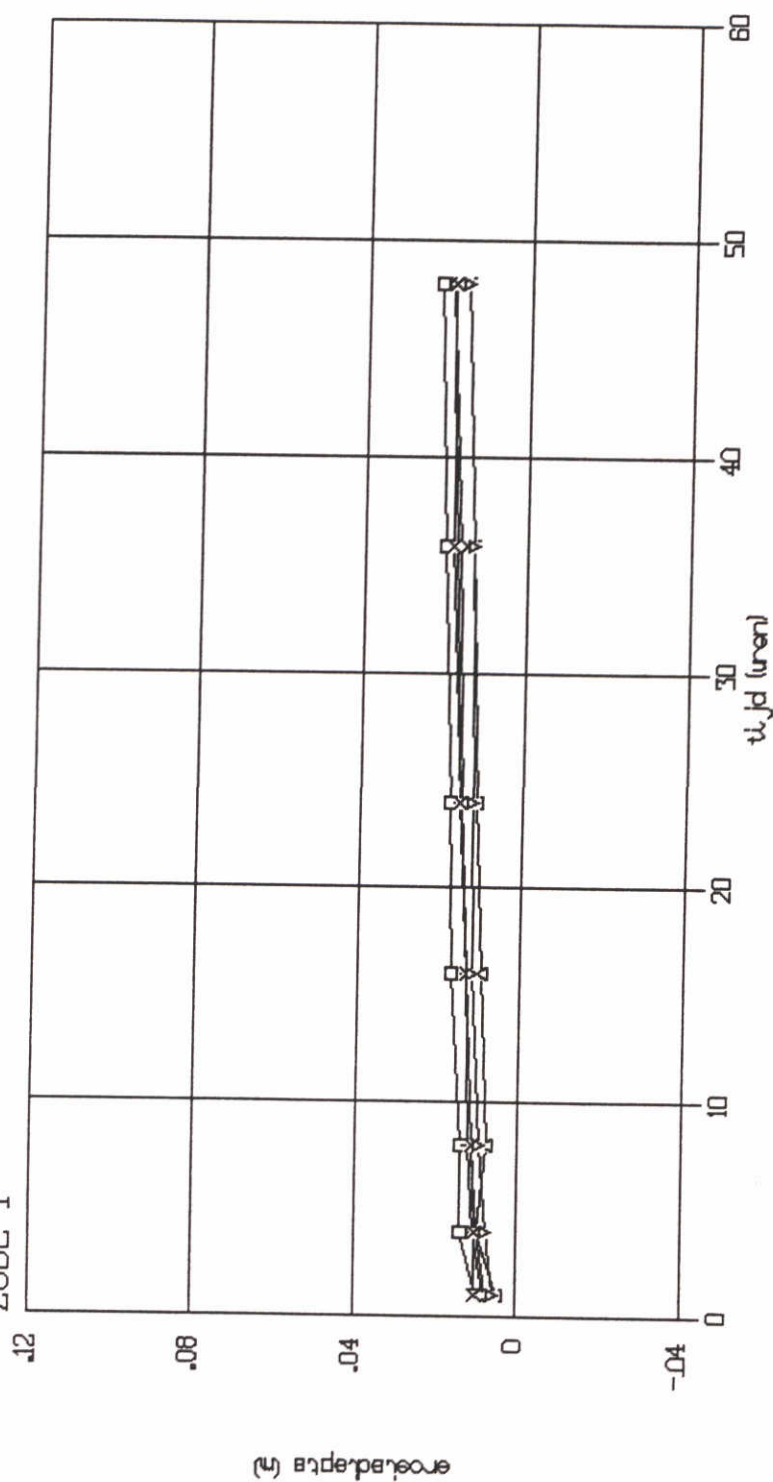
EROSIESNELHEID OP BASIS VAN PEILING EN
LIGGING MONSTERS IN PLASTICITEITSDIAGRAM

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 3.39

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31$ m $T_p = 2,5$ s $h = 0,80$ m
 ZONE 1



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

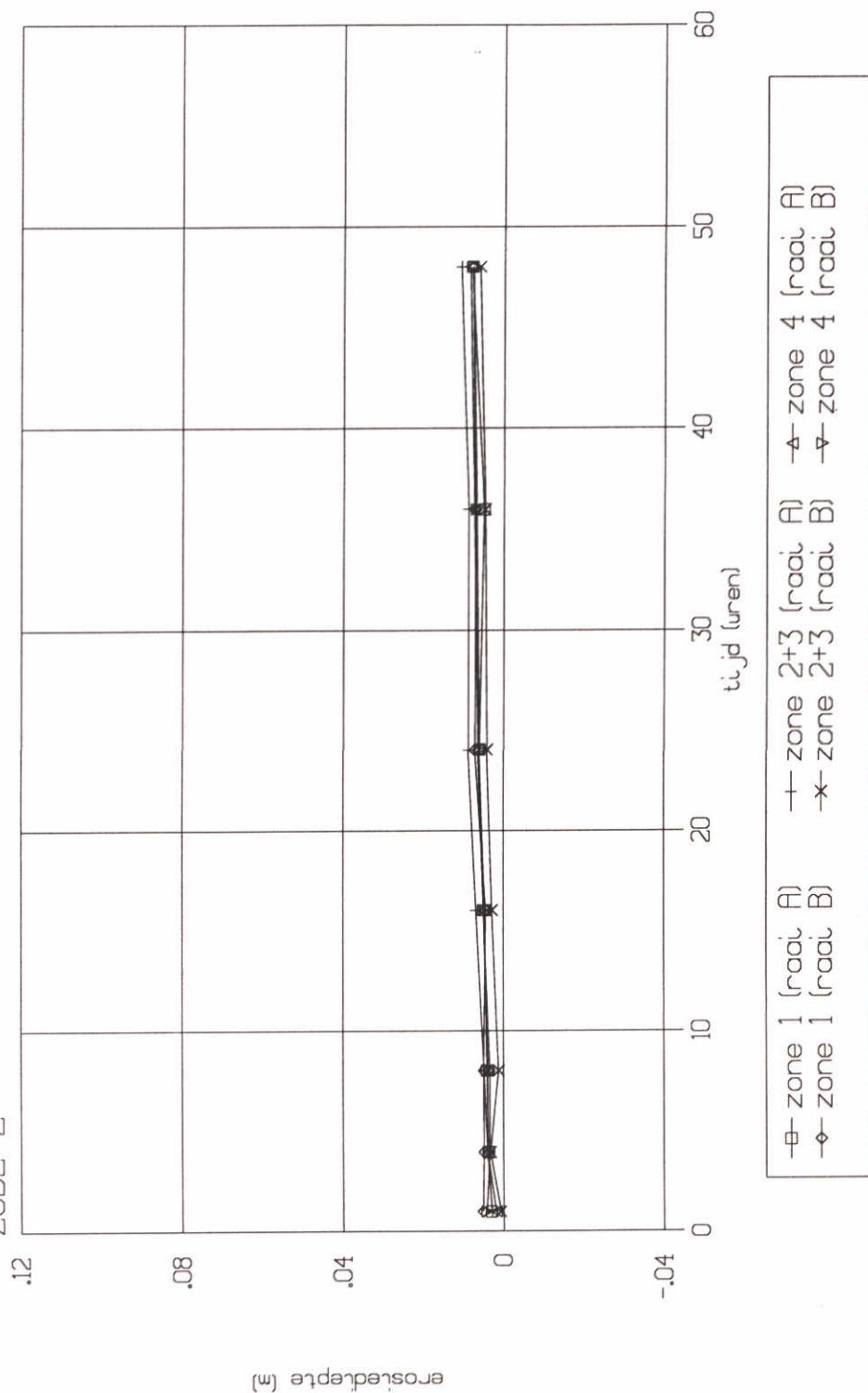
ZONE 1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.1

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 2



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

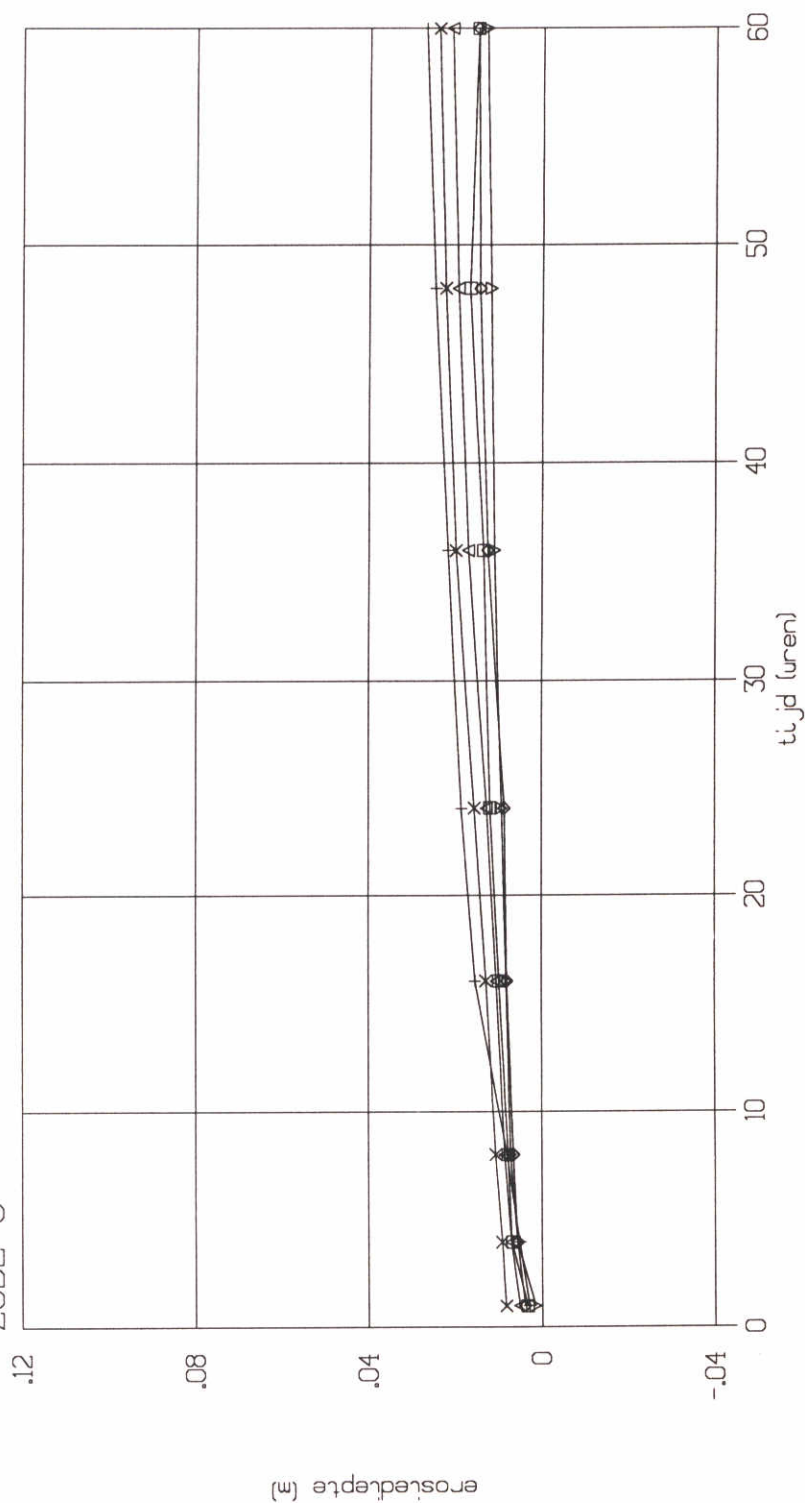
ZONE 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.2

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 3



ZONE GEMIDDELTE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

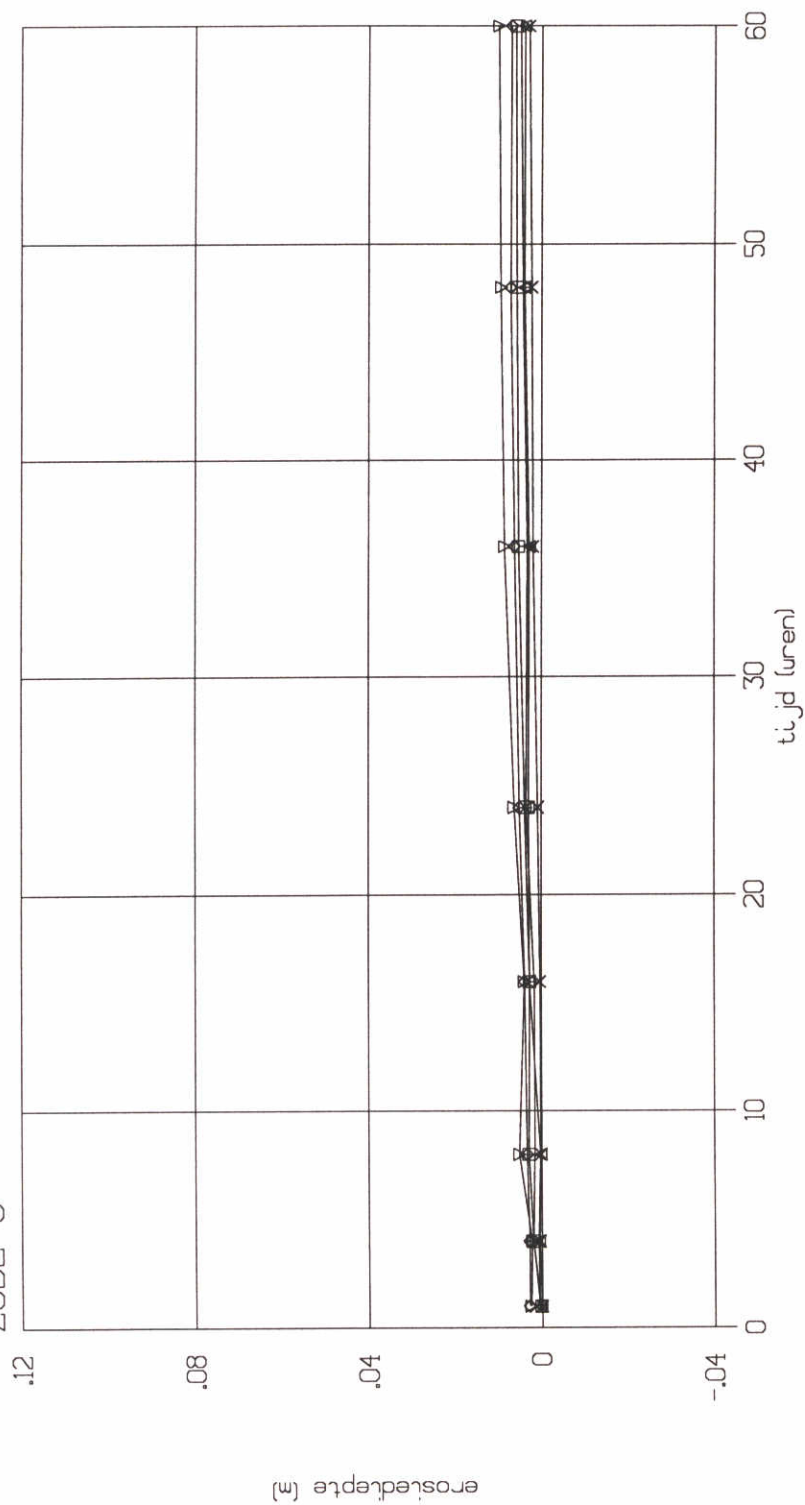
ZONE 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.3

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 5



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

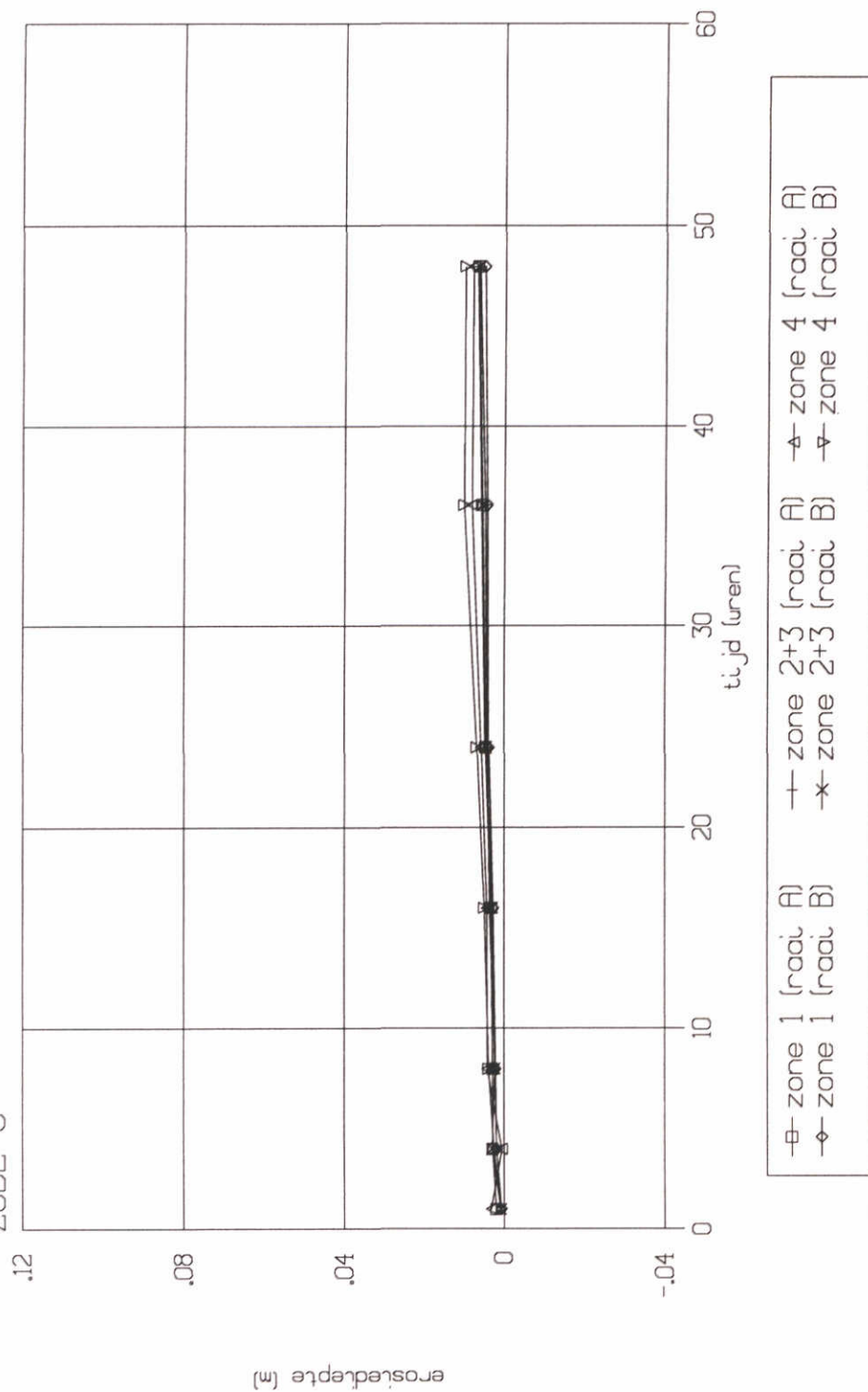
ZONE 5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.5

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 6



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

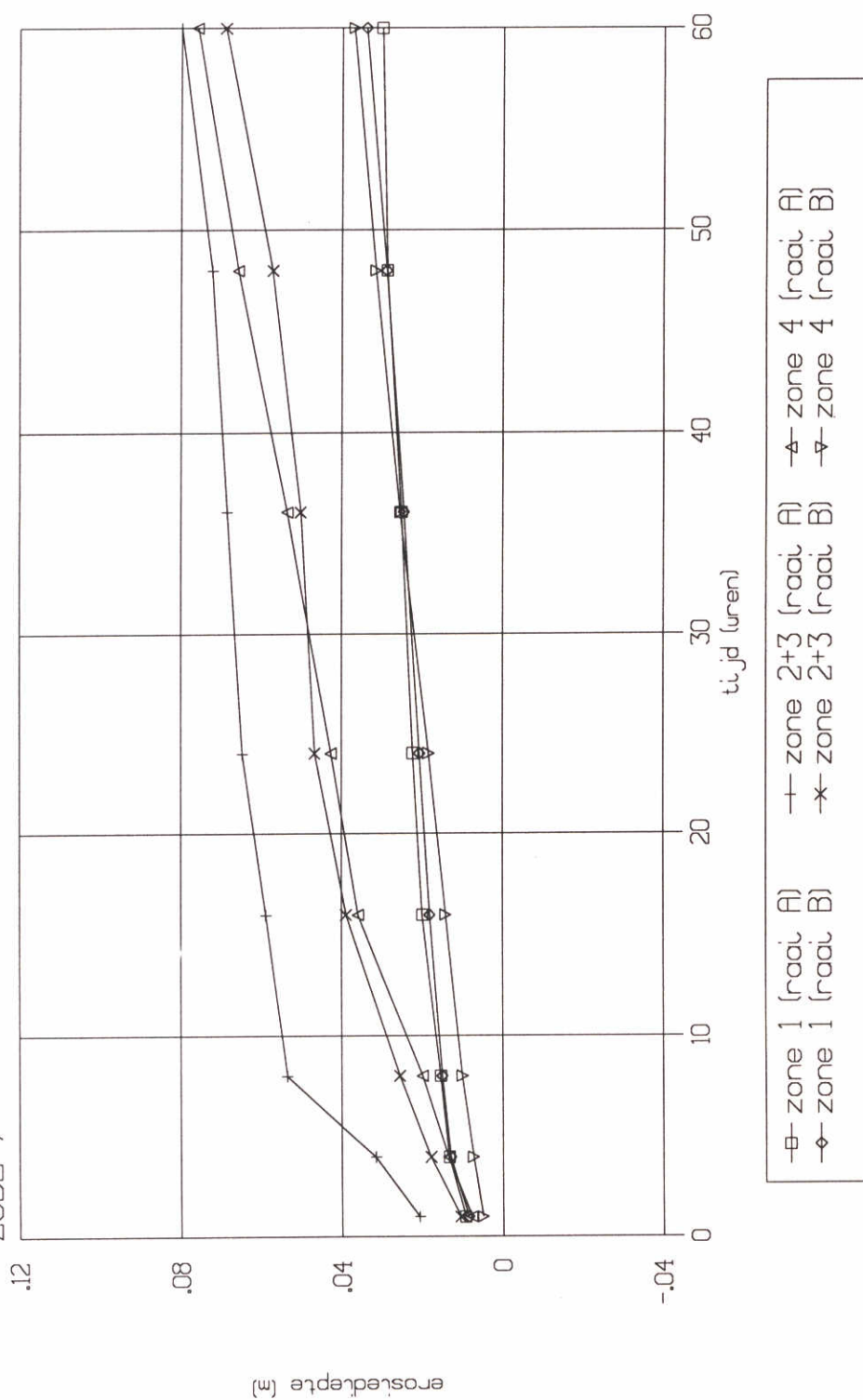
ZONE 6

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.6

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 7



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

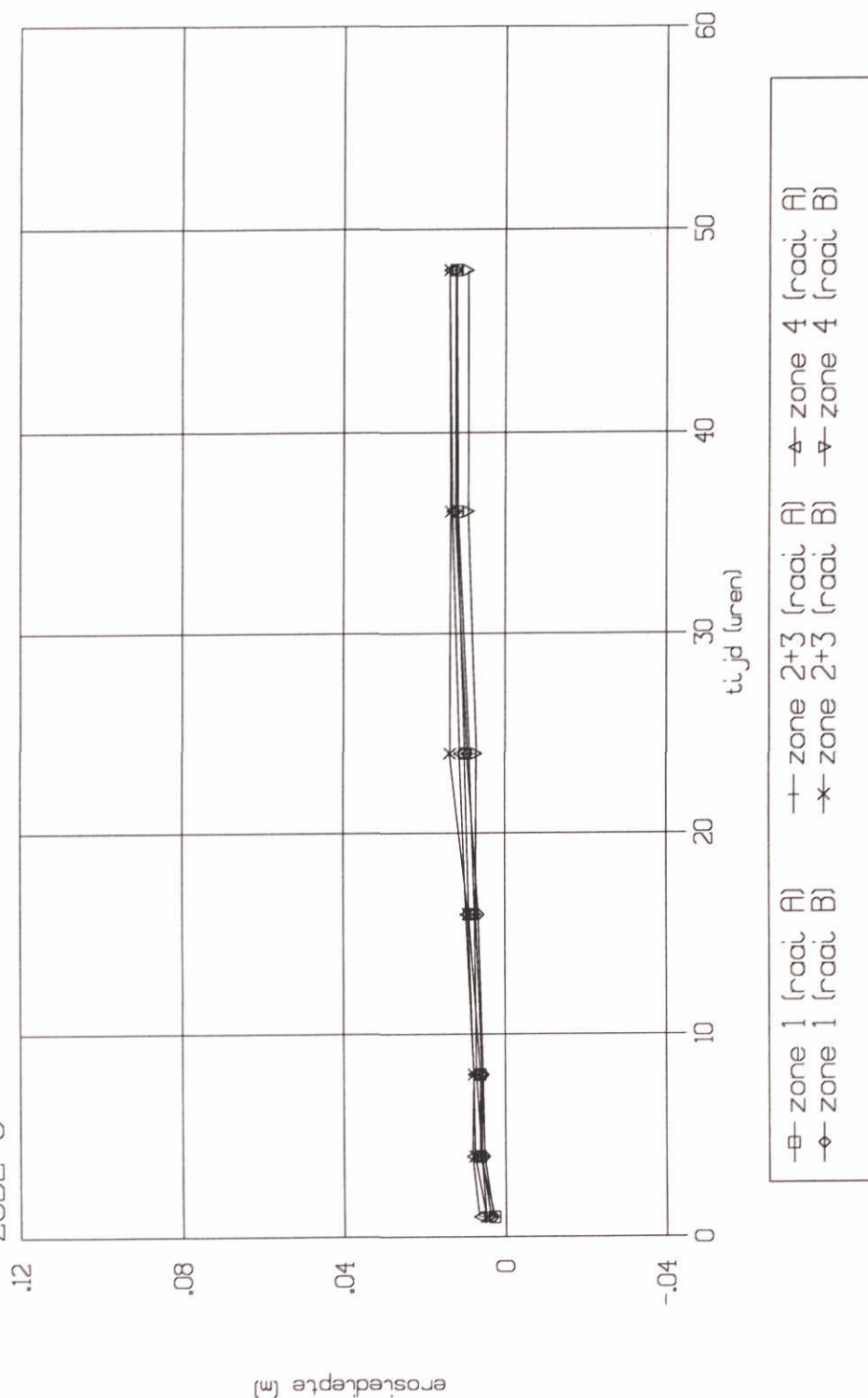
ZONE 7

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.7

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 9



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

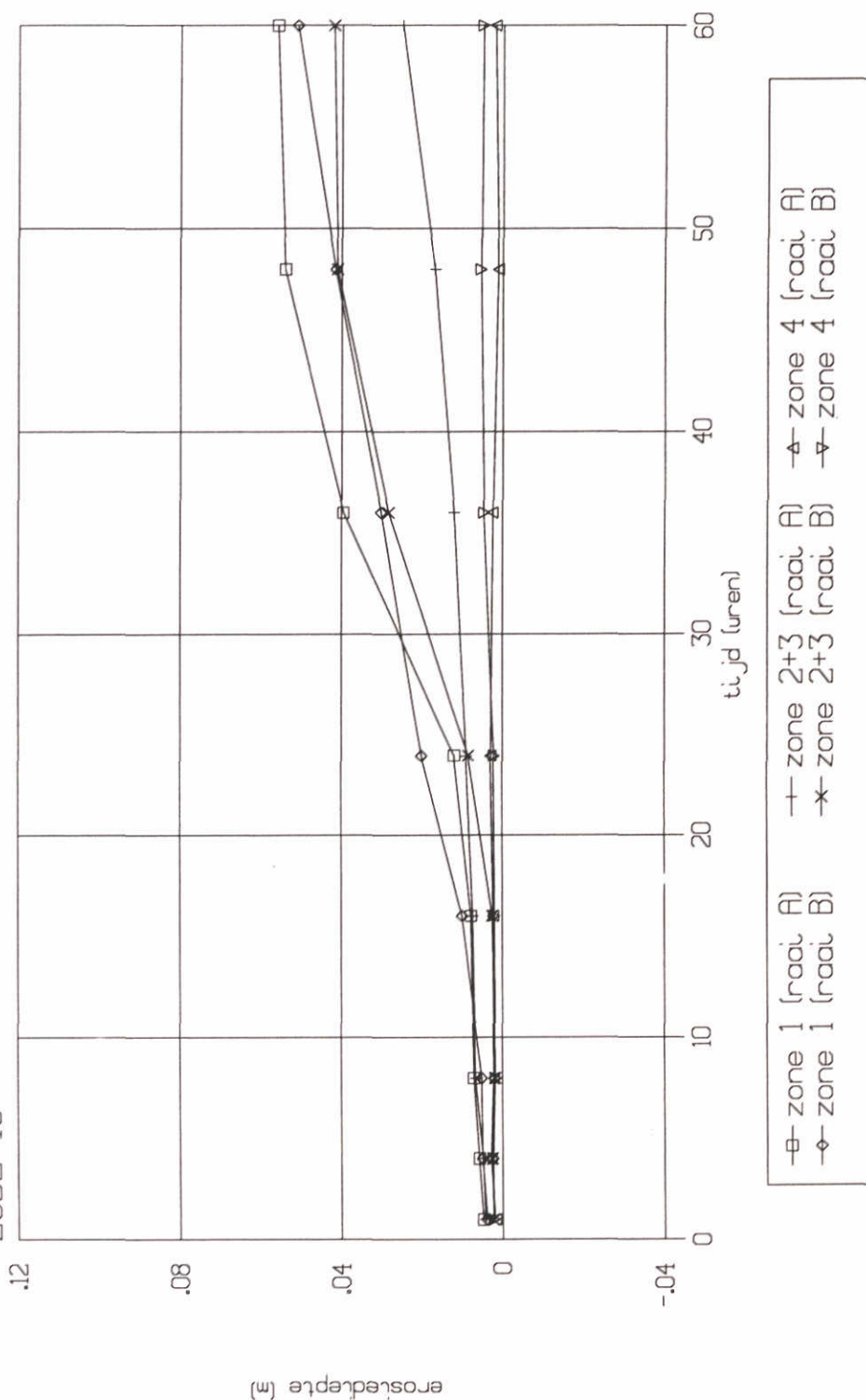
ZONE 9

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.8

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31$ m $T_p = 2,5$ s $h = 0,80$ m
 ZONE 10



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

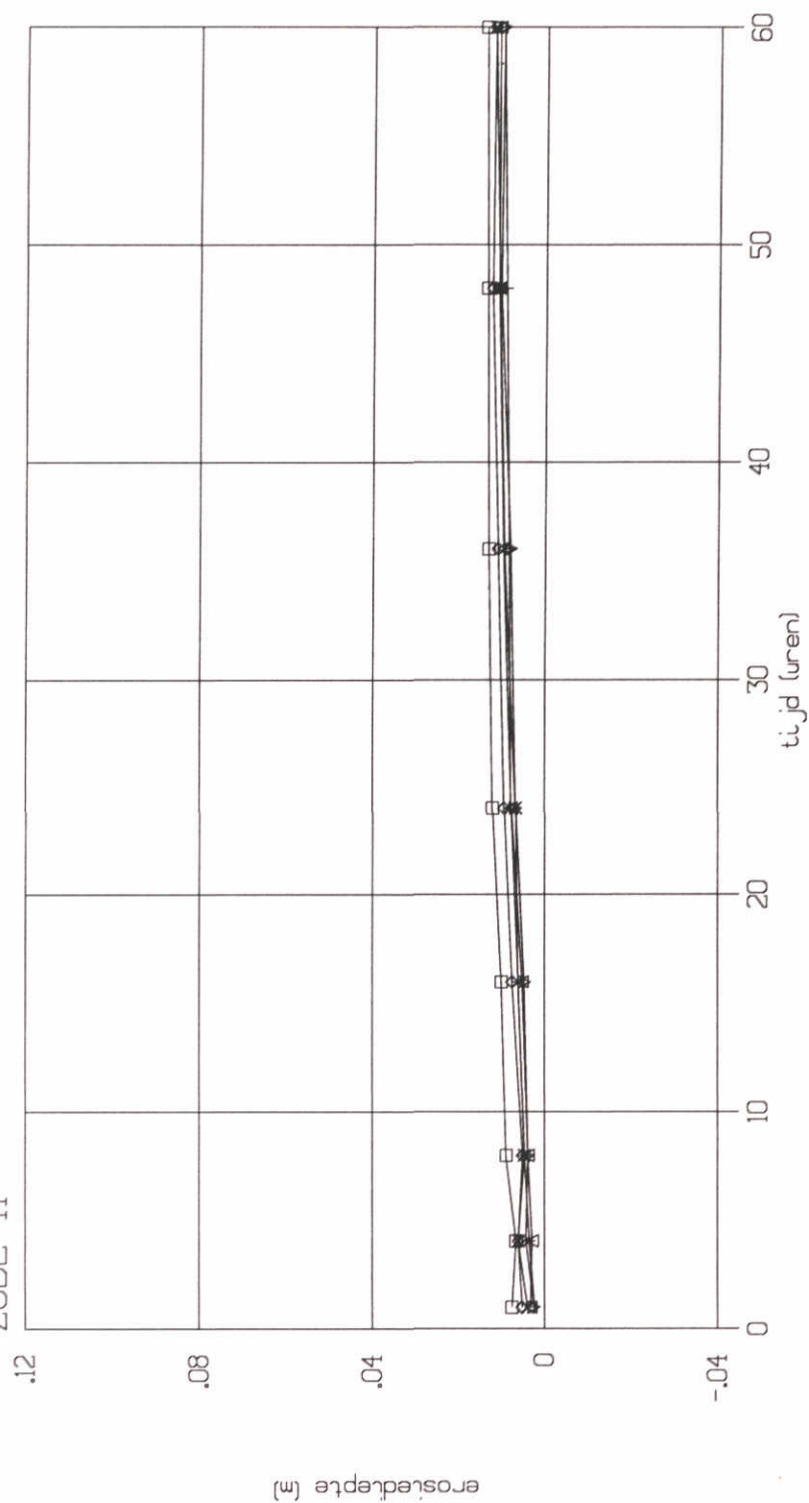
ZONE 10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.9

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 11



ZONE GEMIDDELTE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

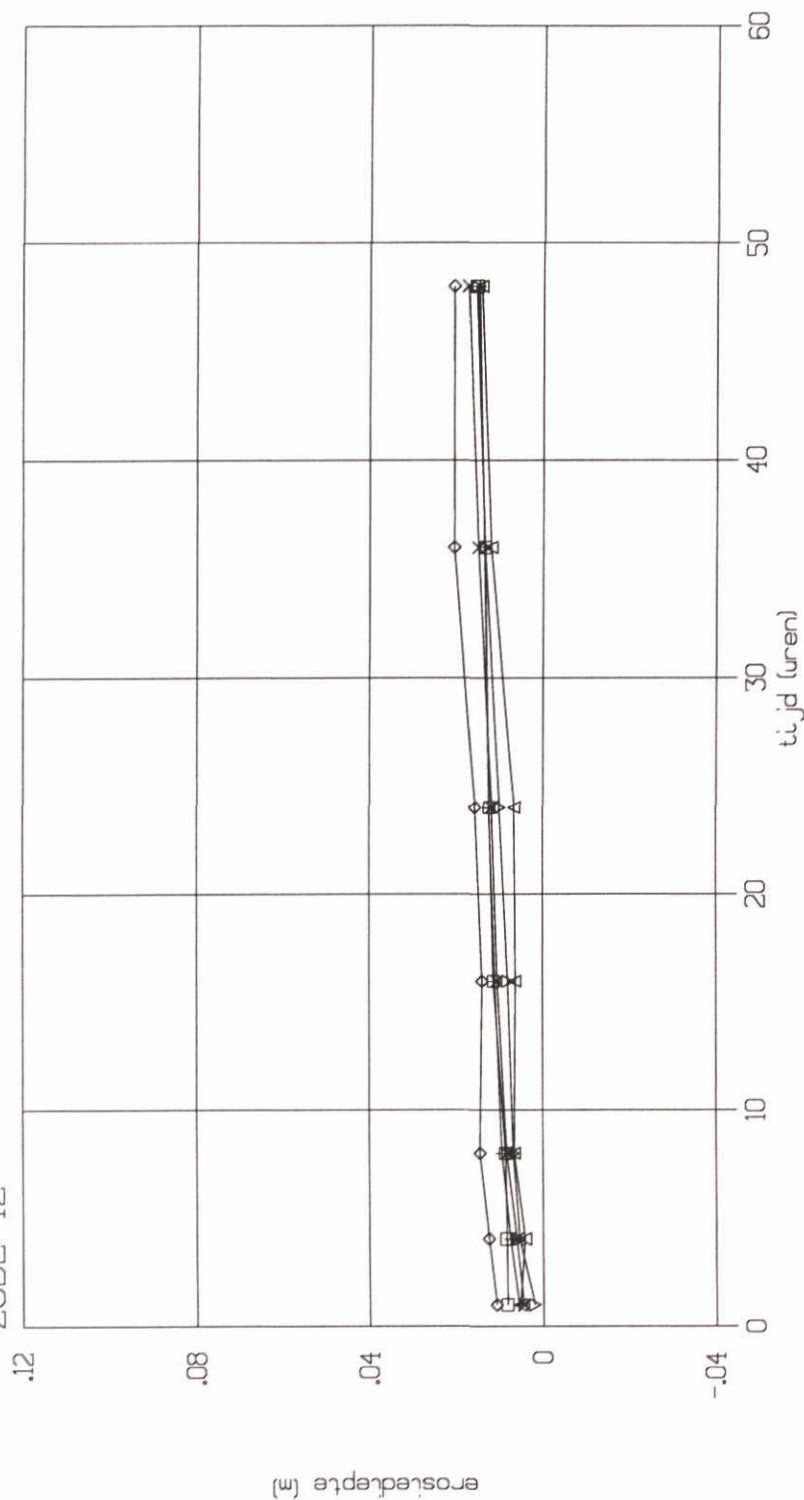
ZONE 11

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.10

Erosie van graszoden onder golfbelasting
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$
 ZONE 12



ZONE GEMIDDELDE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZONE 12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.11

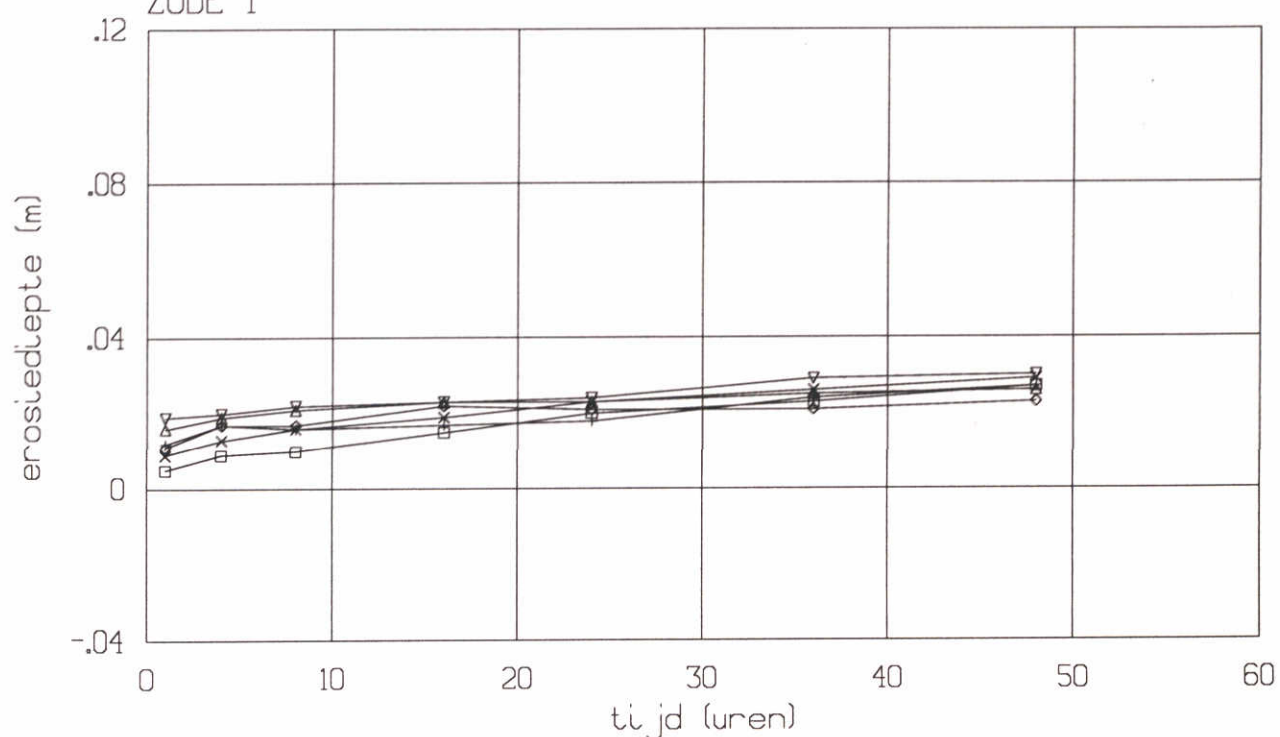
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 1



—□— zone 1 (raai A)	—+— zone 2+3 (raai A)	—△— zone 4 (raai A)
—◇— zone 1 (raai B)	—×— zone 2+3 (raai B)	—▽— zone 4 (raai B)

MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.12

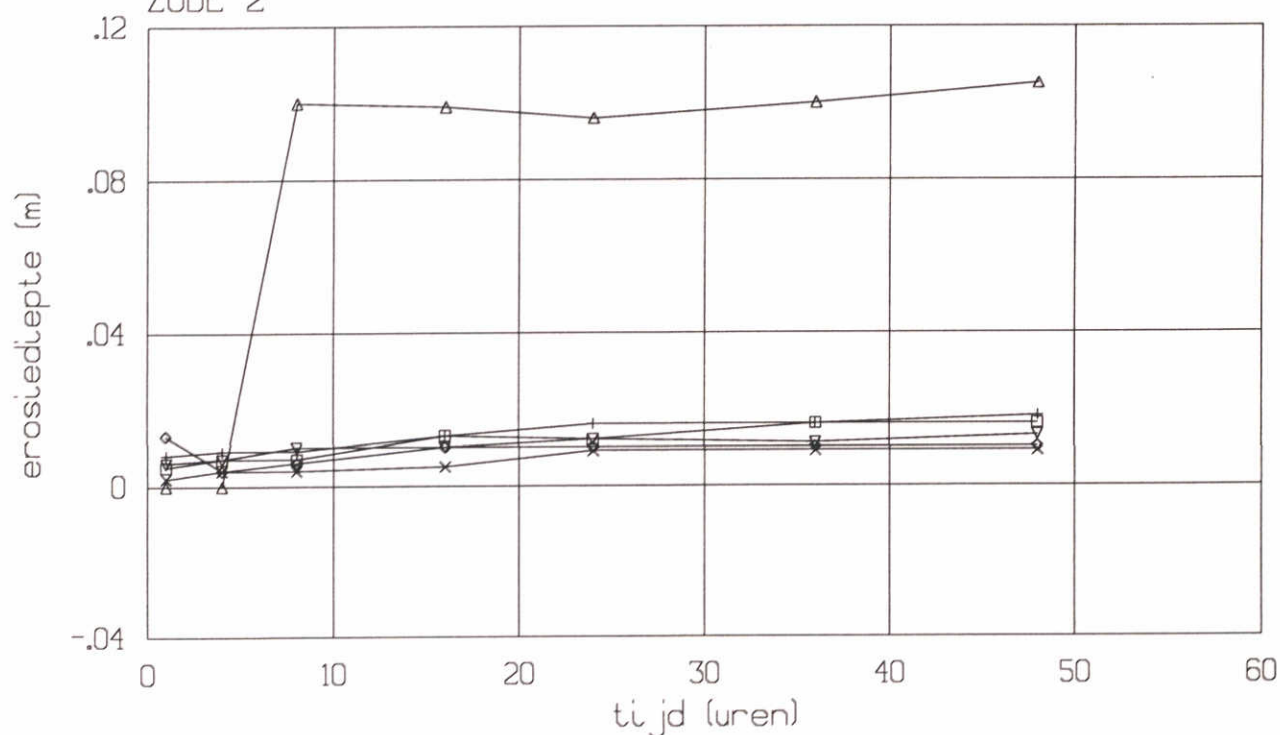
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 2



—□— zone 1 (raai A)	—+— zone 2+3 (raai A)	—△— zone 4 (raai A)
—◇— zone 1 (raai B)	—×— zone 2+3 (raai B)	—▽— zone 4 (raai B)

MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.13

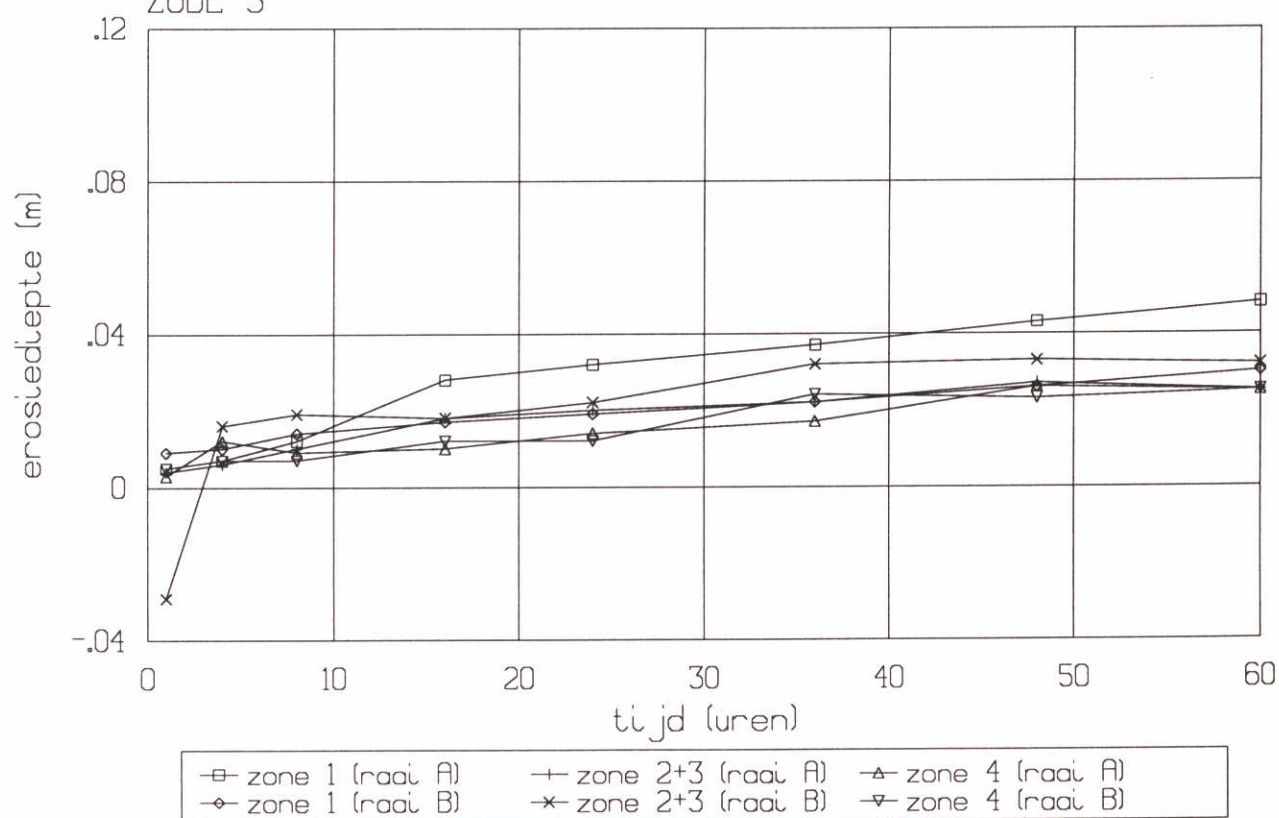
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 3



MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.14

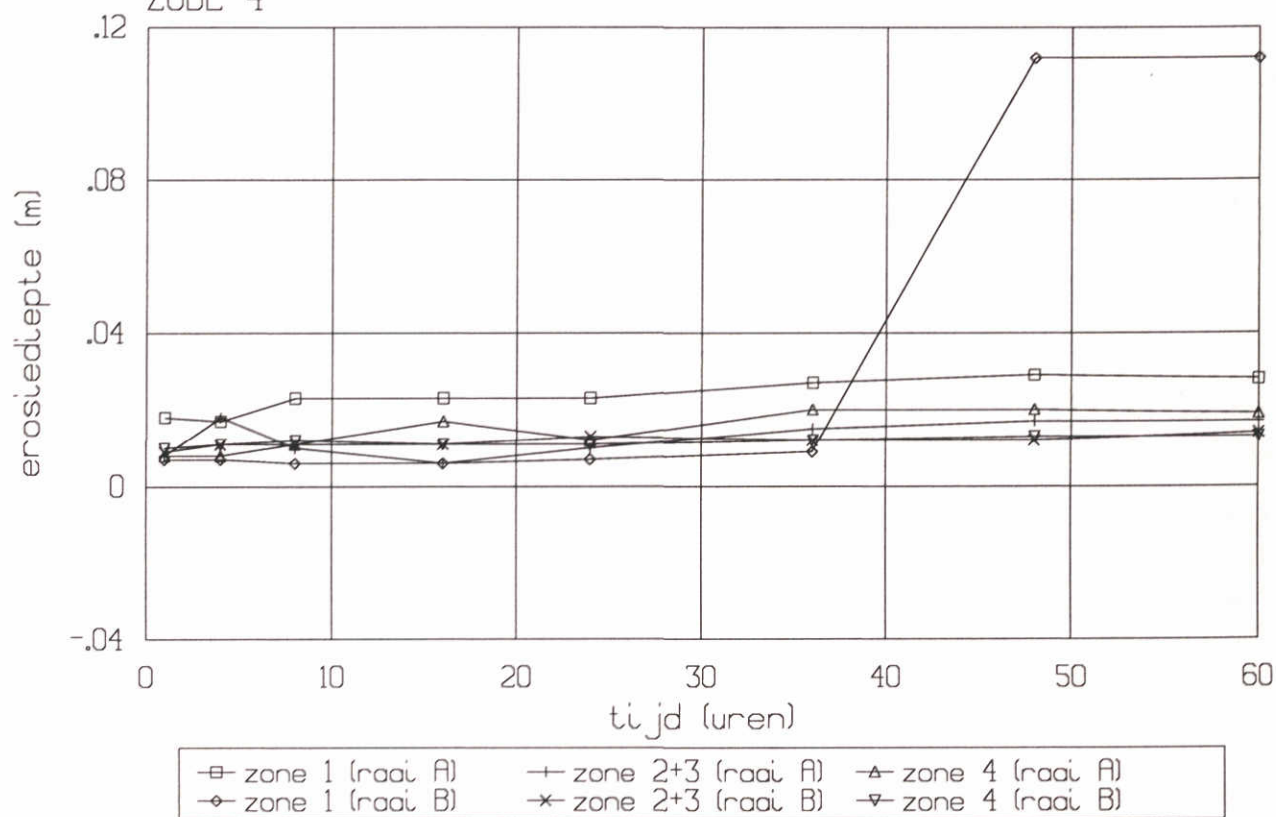
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 4



MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.15

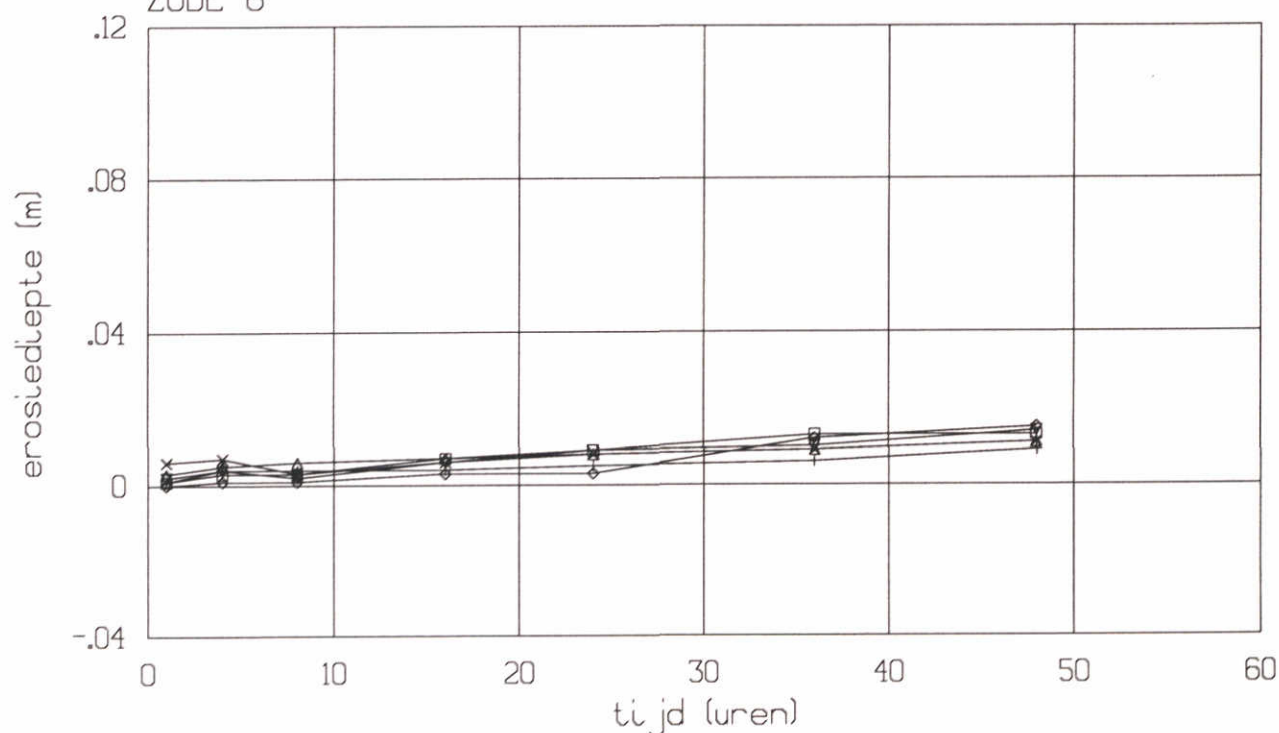
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 6



MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 6

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

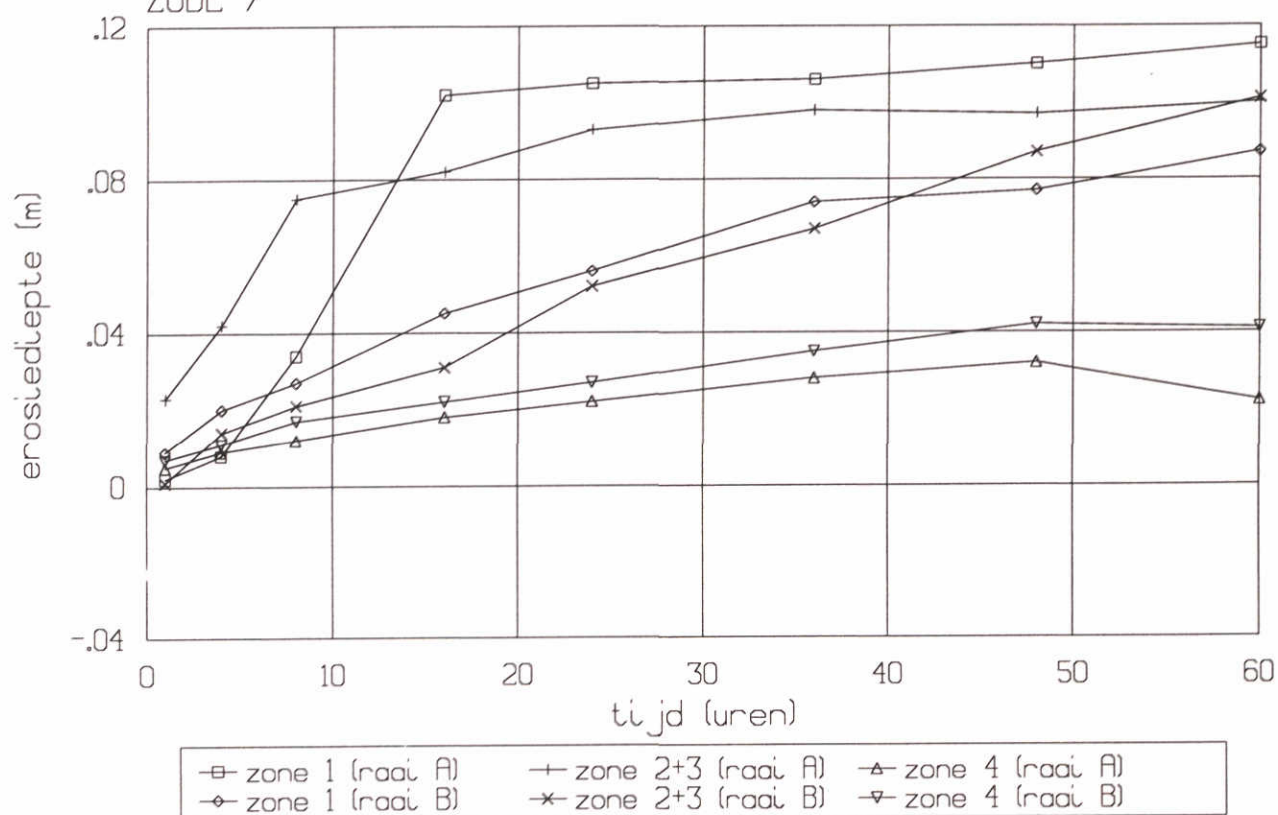
Q 1878

FIG. 4.17

Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 7



MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 7

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.18

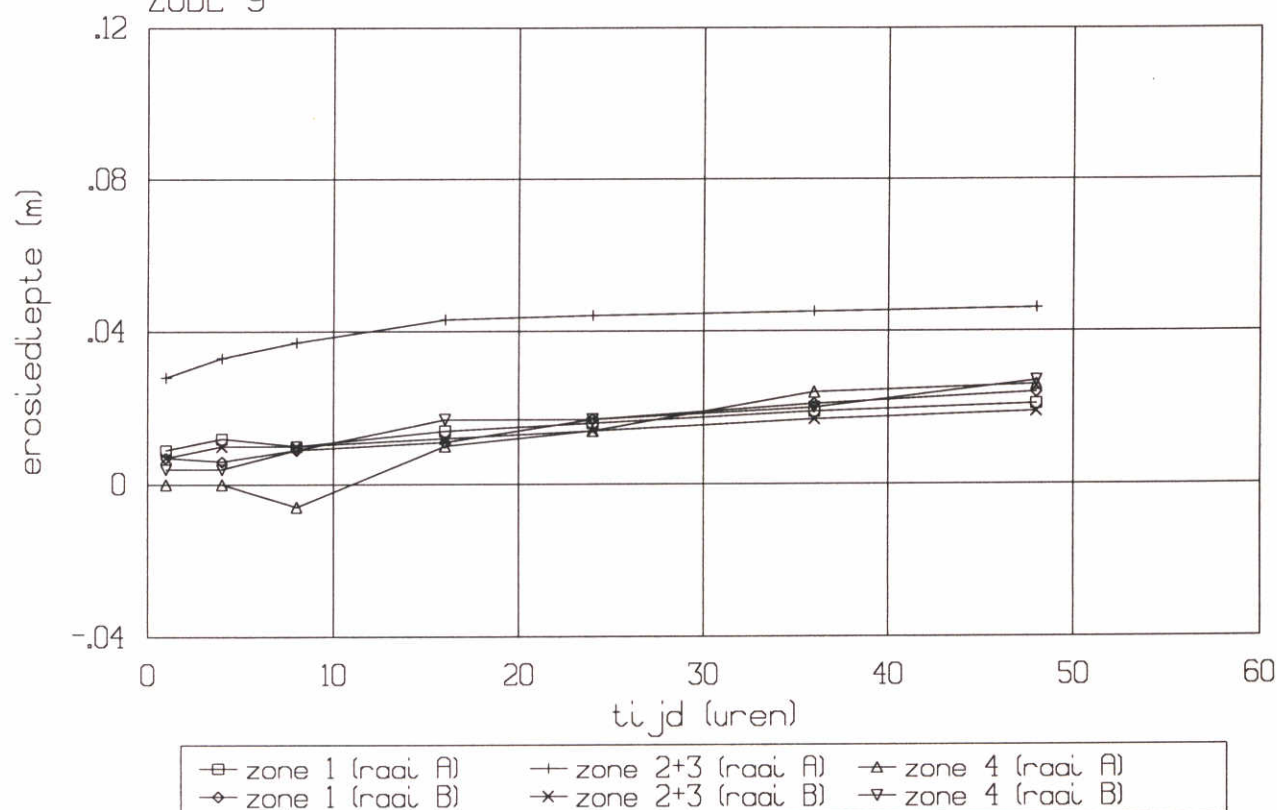
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 9



MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 9

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

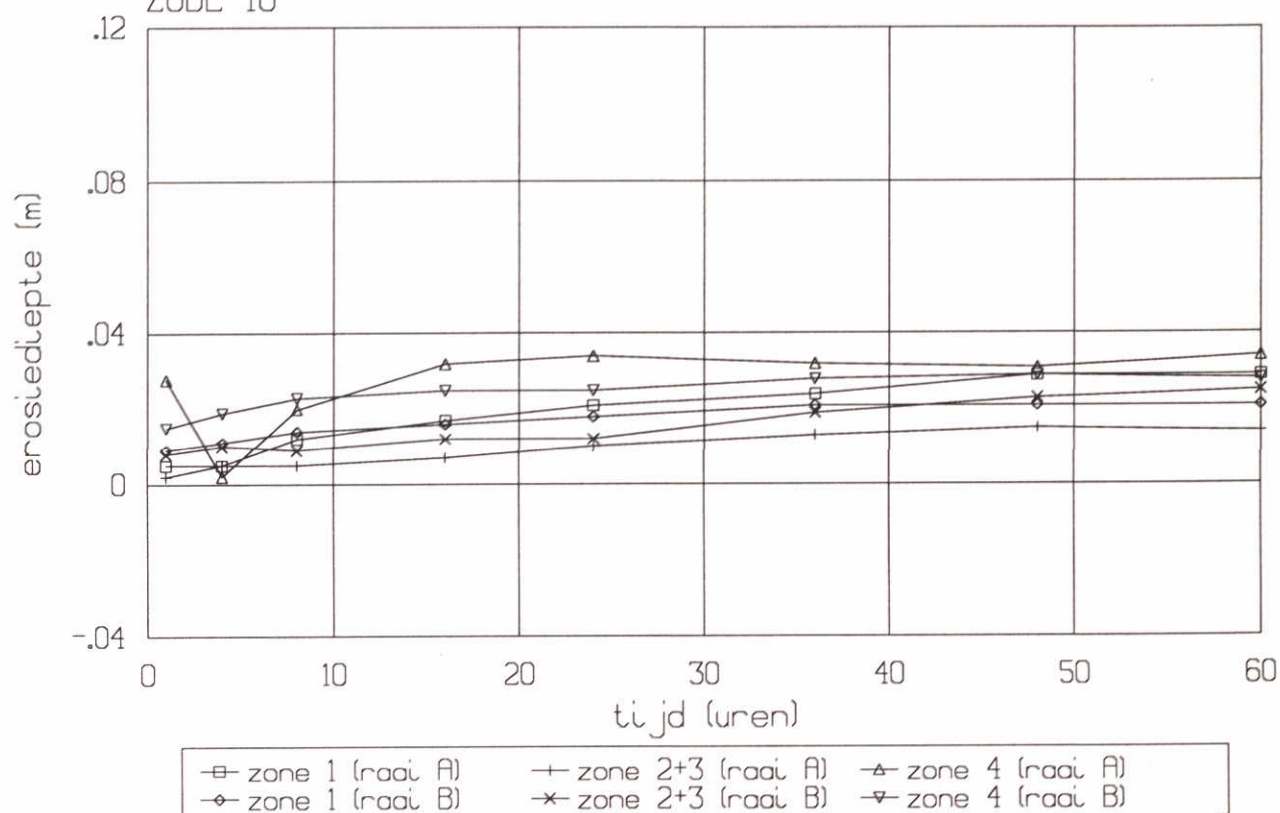
Q 1878

FIG. 4.19

Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 10



MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 11

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.21

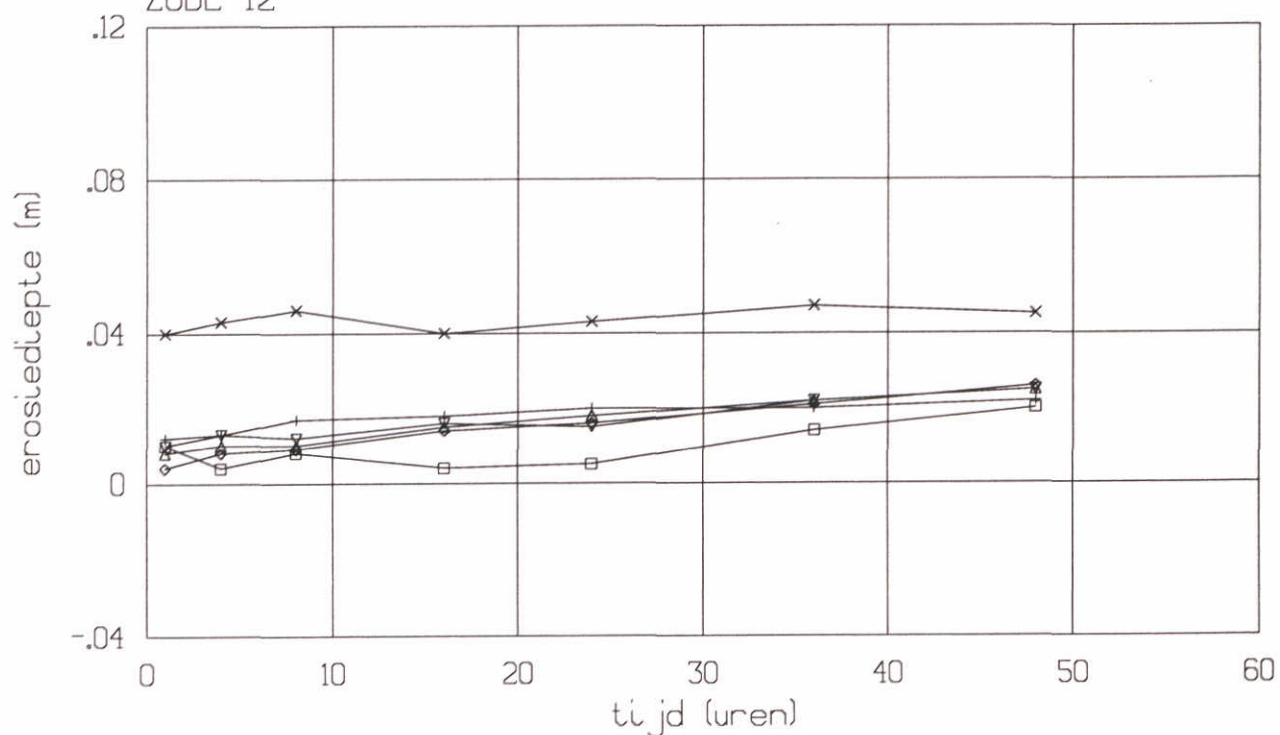
Erosie in graszoden onder golfbelasting

$H_s = 0,31 \text{ m}$

$T_p = 2,5 \text{ s}$

$h = 0,80 \text{ m}$

ZODE 12



—□— zone 1 (raai A)	—+— zone 2+3 (raai A)	—△— zone 4 (raai A)
—◇— zone 1 (raai B)	—×— zone 2+3 (raai B)	—▽— zone 4 (raai B)

MAXIMALE LOKALE EROSIEDIEPTE IN DE TIJD

ZODE 12

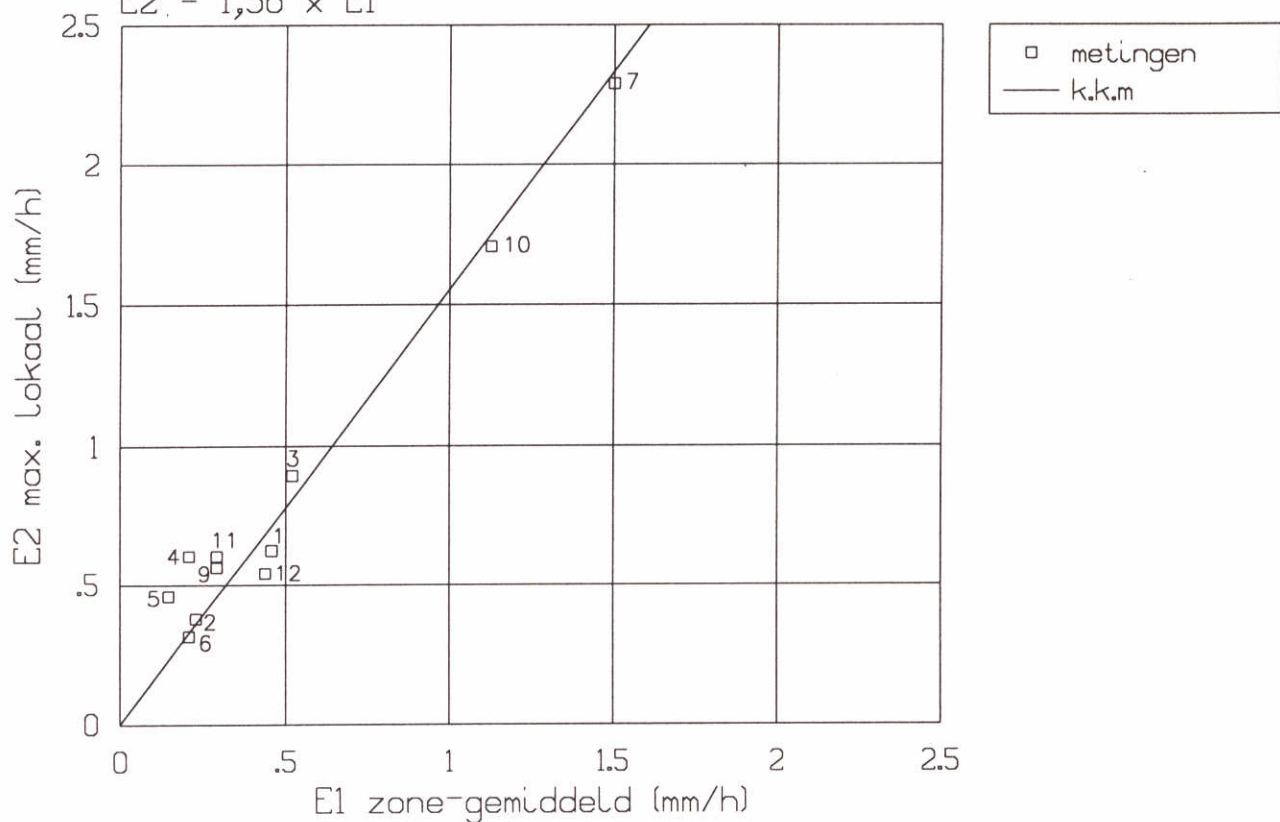
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.22

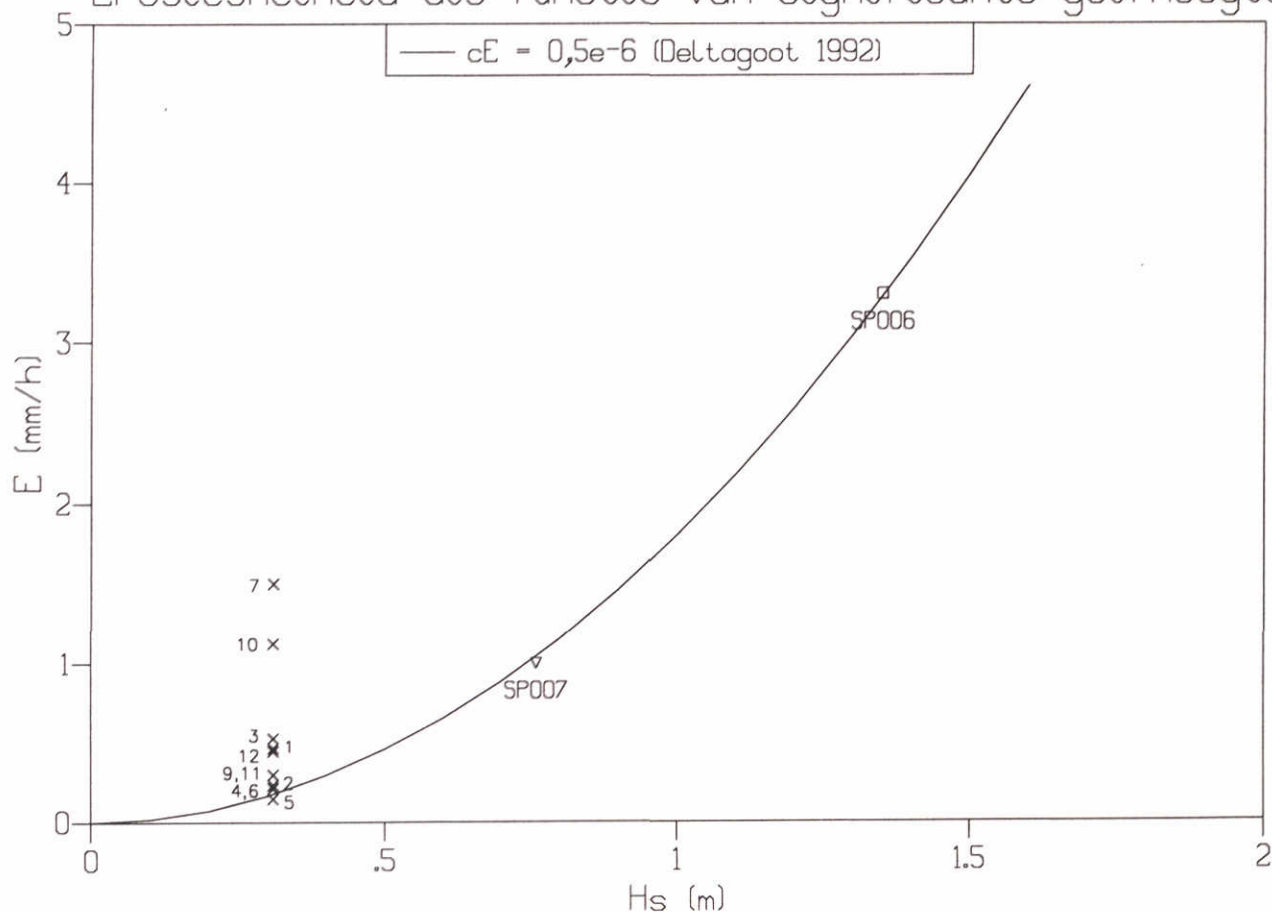
Maximale lokale erosiesnelheden uitgezet tegen
maximale zone-gemiddelde erosiesnelheden

$$E2 = 1,56 \times E1$$



MAXIMALE LOKALE EROSIESNELHEDEN VS.
MAXIMALE ZONE-GEMIDDELDE EROSIESNELHEDEN

Erosiesnelheid als functie van significante golfhoogte



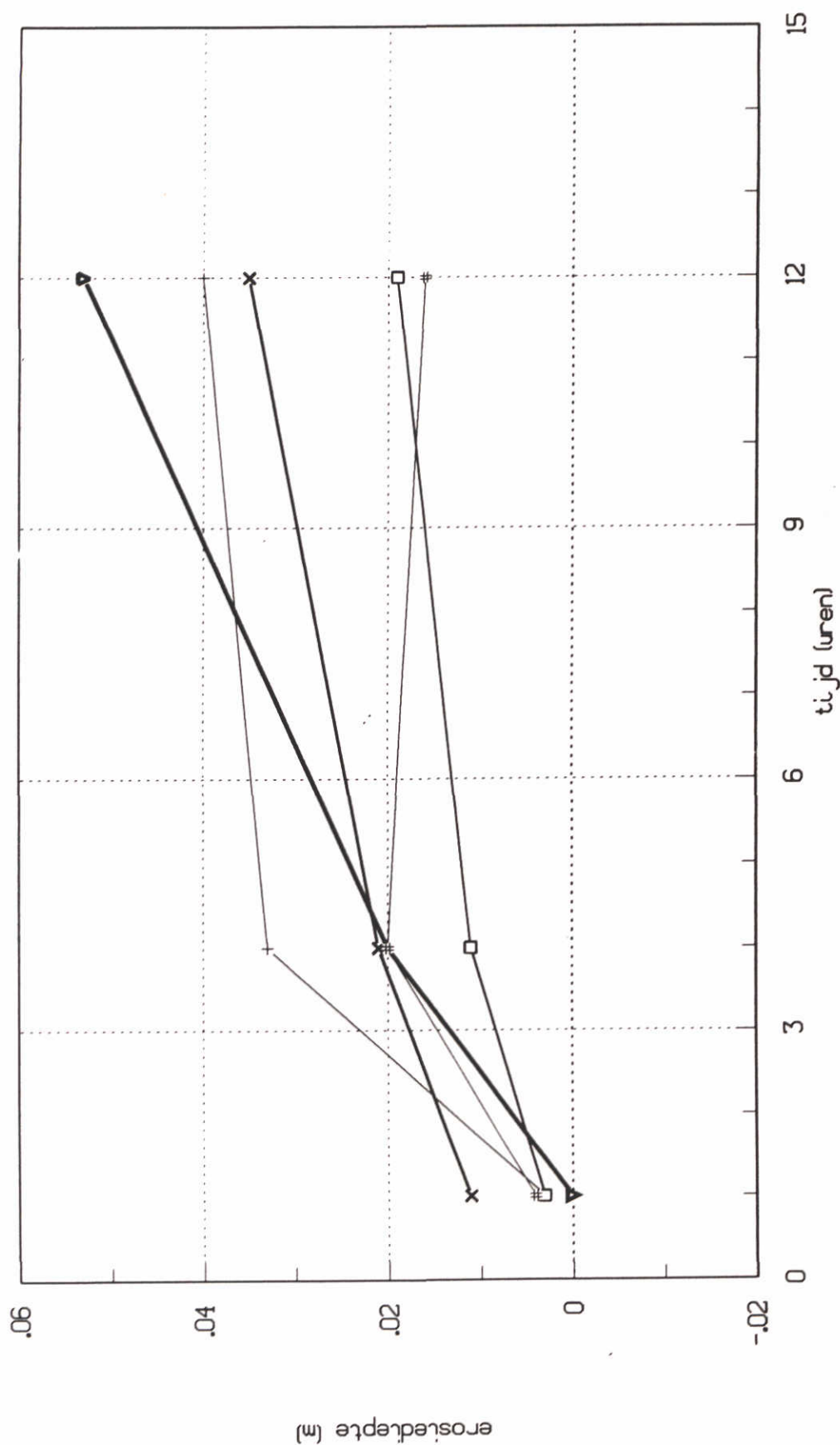
VERGELIJKING EROSIESNELHEDEN MET
DELTAGOOTPROEVEN (1992)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

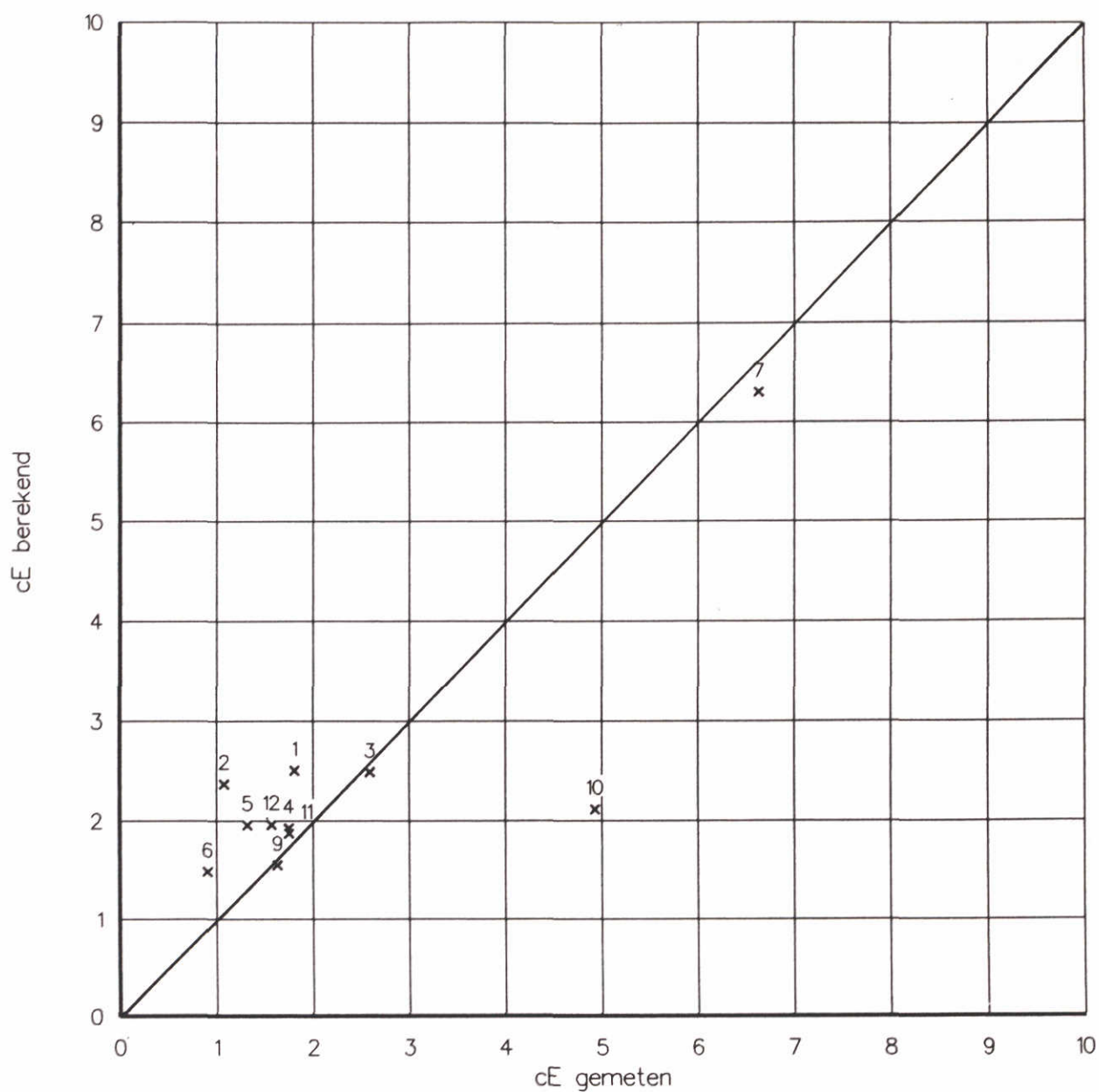
Q 1878

FIG. 4.24

Erosie van kunstmatige schades
 $H_s = 0,31 \text{ m}$ $T_p = 2,5 \text{ s}$ $h = 0,80 \text{ m}$



VERLOOP GATEROSIE IN DE TIJD
 (ZODEN 1, 2, 6, 9 EN 12)

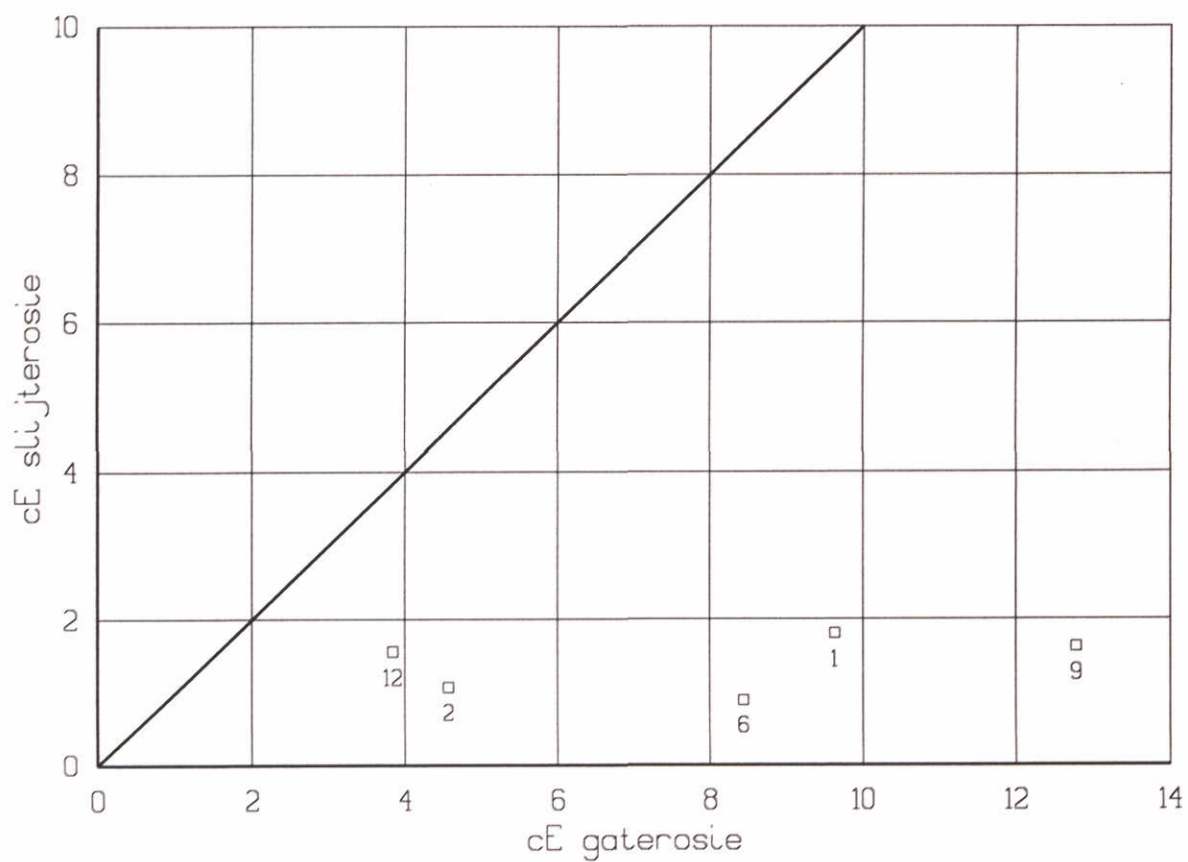


RELATIE TUSSEN GEMETEN EN BEREKENDE
WAARDE VAN GRASEROSIECONSTANTE cE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.26

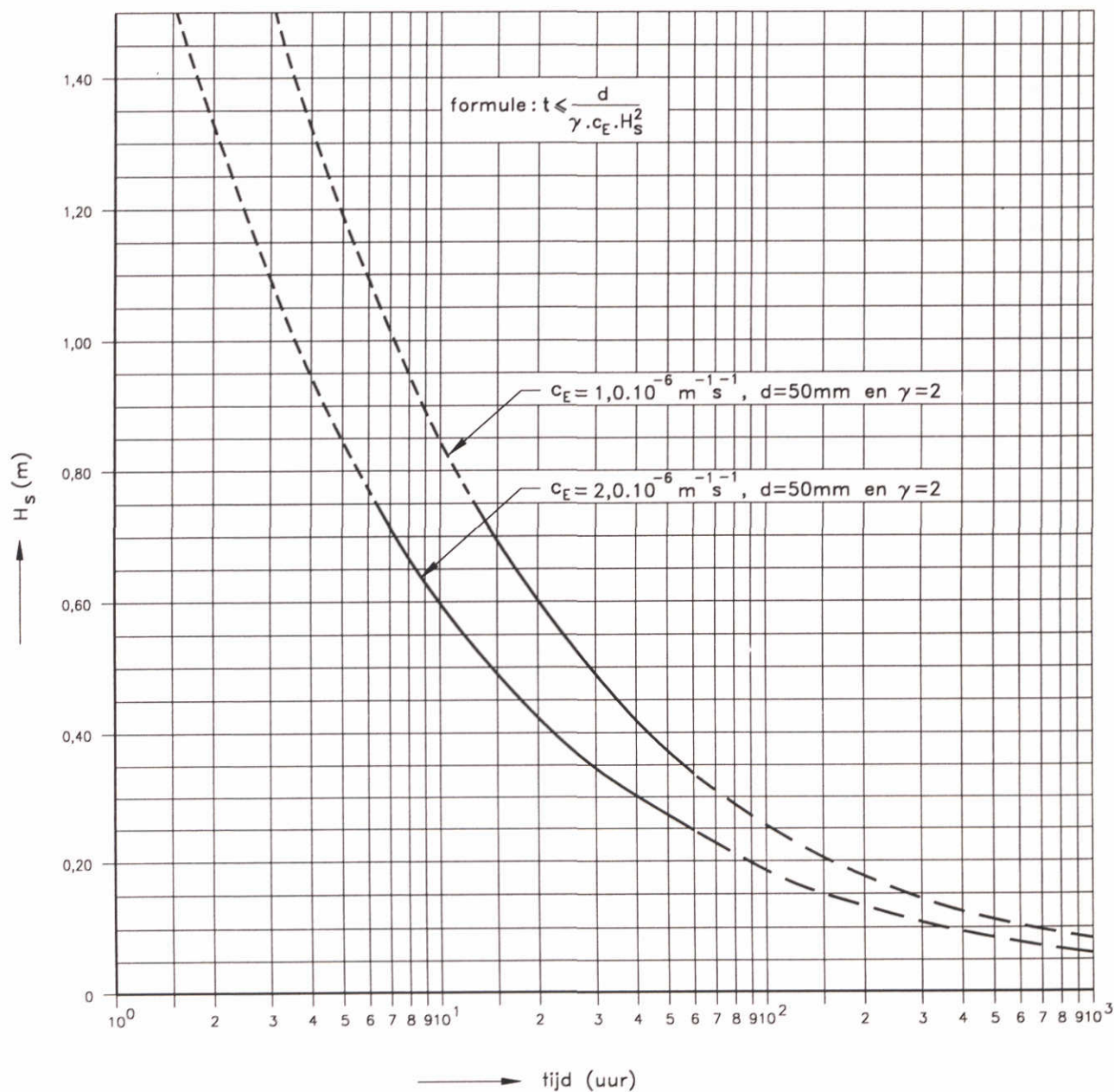


VERGELIJKING GATEROSIE MET SLIJTEROSIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.27



TOELAATBARE BELASTINGDUUR VERSUS GOLFHOOGTE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Q 1878

FIG. 4.28

Foto's



Foto 2.1 Opstelling in de golfbak



Foto 2.2 Het snijmes

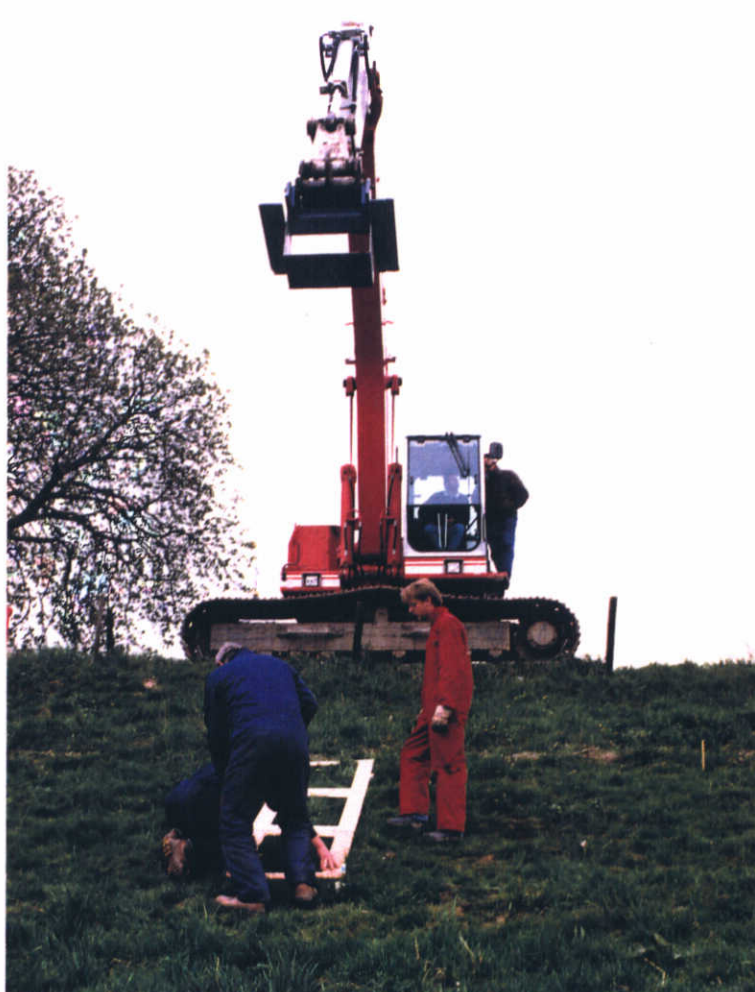


Foto 2.3 Prepareren voor het snijden van een monster



Foto 2.4 Het snijden van het monster



Foto 2.5 Zij-aanzicht monster 4 (Boven Leeuwen)



Foto 2.6 De stalen onderplaat en zijkant



Foto 2.7 Het beschadigde gebied na het steken



Foto 2.8a Onderkant zode 7 na 48 uur golven



Foto 2.8b Bovenkant monster 7 na 48 uur

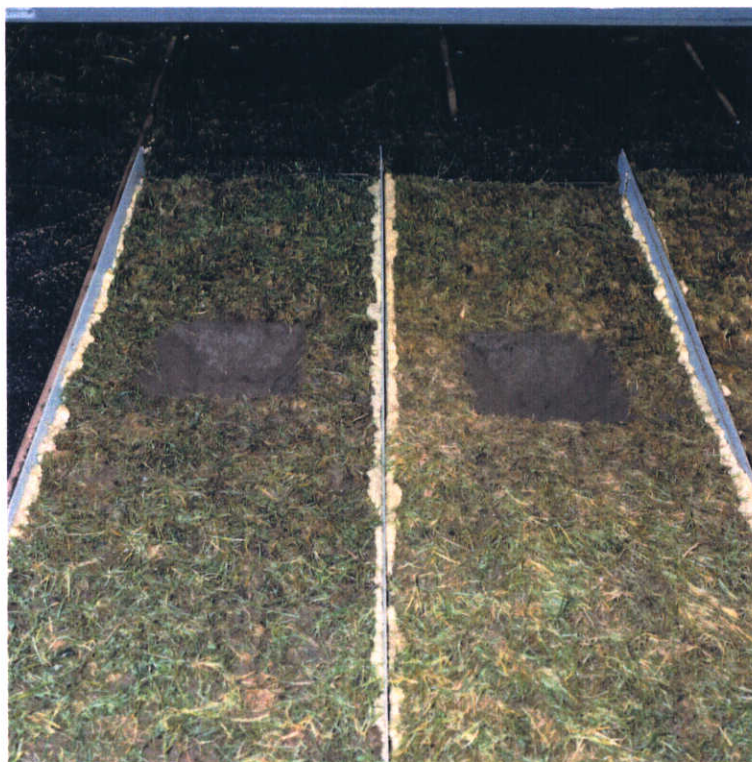


Foto 2.9 Kunstmatige schades zoden 1 en 2 begintstaat

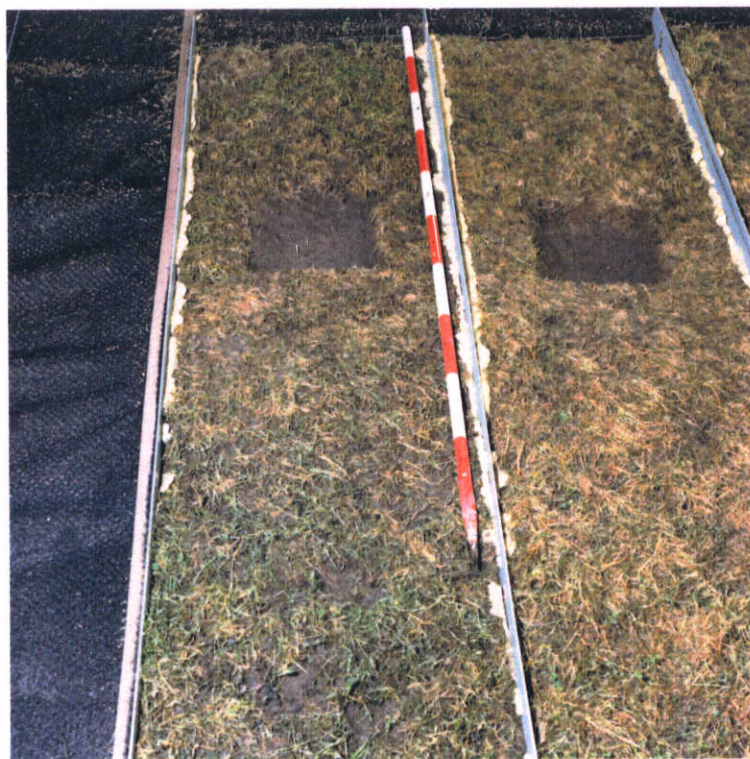


Foto 2.10 Kunstmatige schades op zoden 1 en 2 na 12 uur golven

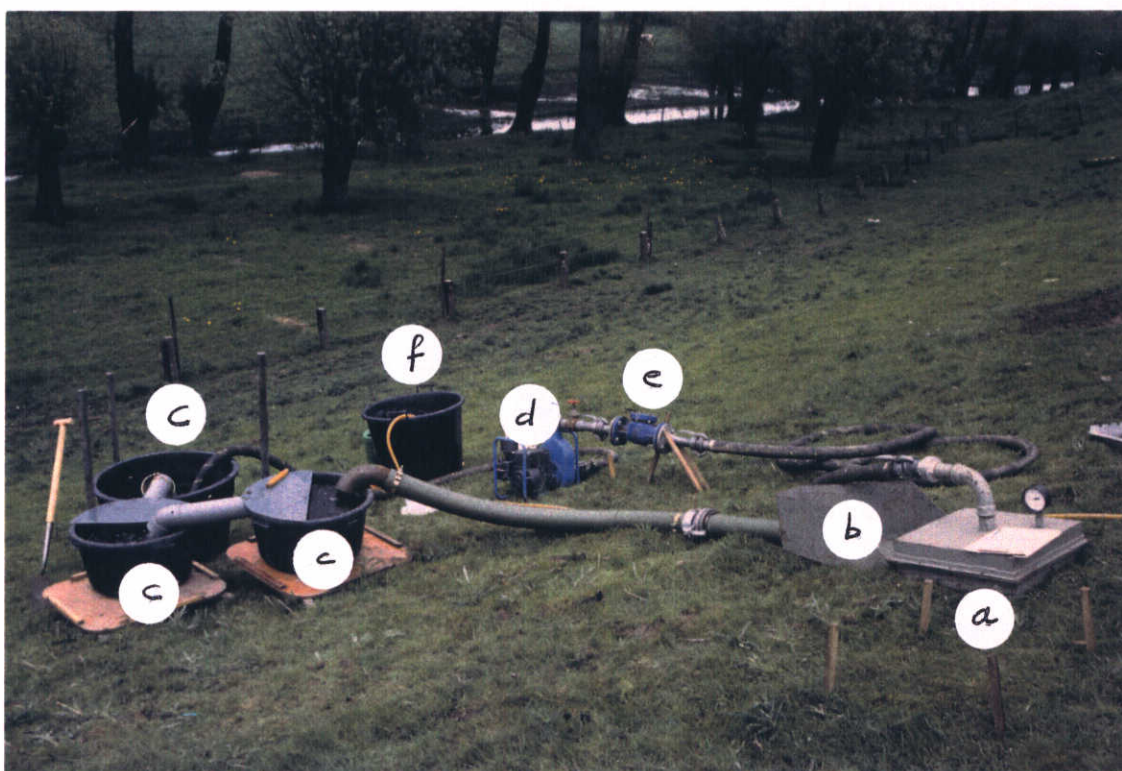


Foto 2.11 De proefopstelling van de sproeikopproef

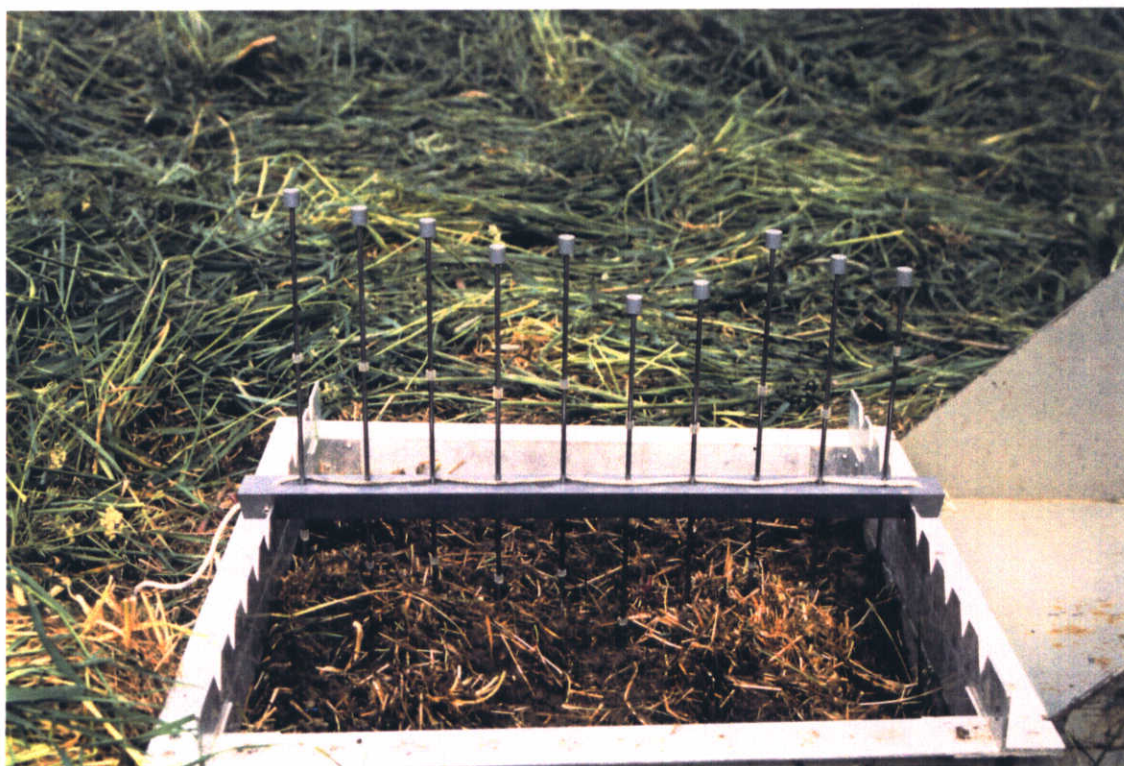


Foto 2.12 Methode om de relatieve bodemhoogte te bepalen



Foto 3.1 Lokatie 8 voor de sproeikopproef



Foto 3.2 Lokatie 8 na de sproeikopproef



Foto 4.1 Voorbeeld van een slecht erosiebestendige vegetatie (lokatie 8)



Foto 4.2 Voorbeeld van een goed erosiebestendige vegetatie (lokatie 6)

Bijlage 1
Vegetatietypen

Indeling vegetatietypen op basis van notitie dr K.V. Sykora d.d. 24 februari 1994.
(alleen de vegetatietypen zijn vermeld die in het rapport aan de orde komen).

- 1 *Droog stroomdalgrasland*
Hoofdgroep 1, gem. 2 Arrhenatheretum brizetosum met Galium verum en Pimpinella saxifraga.
relatief zandig, lutum 5-18%,
extensief beweide of extensief gehooide.
bovenrivierengebied.
- 2 *Droog stroomdalgrasland*
Hoofdgroep 1, gem. 3 Arrhenatheretum brizetosum met Galium verum en Agrostis capillaris,
relatief zandig, lutum 5-20%
maai-beheer met afvoer, extensieve beweiding zonder bemesting
Maasdijken + binnendijken van Zeeland.
- 3 *Glanshaverhooiland*
Hoofdgroep 2, gem. 4 Arrhenatheretum subass. gr. B: brizetosum
matig lichte tot zware zavel, lutum 10-27%
extensieve beweiding, 2x maaien + afvoeren.
Julianakanaal.
- 5 *Schraal hooiland*
Hoofdgroep 3, gem. 9 Arrhenatheretum, overgangsgemeenschap van Origanum vulgare en Euphorbia esula [A/B]
zeer lichte zavel tot matig zware klei, lutum 7-35%
maaien + afvoer van maaisel.
bovenrivierengebied, Waal en Rijn.
- 7 *Glanshaverhooiland*
Hoofdgroep 4, gem. 12 Arrhenatheretum subass. gr. A, variant met Potentilla reptans en Galium mollugo
matig lichte tot matig zware zavel, lutum 10-35%
maaien en afvoeren, een aantal opnamen extensieve begrazing.
benedenrivierengebied.
- 9 *Verruigd hooiland*
Hoofdgroep 5, gem. 14 Fragmentgemeenschap van Alopecurus pratensis en Heracleum sphondylium [Arrhenatherion/Artemisietea]
kleiig zand tot matig zware klei, lutum 5-38%
maaien zonder afvoer.
hele rivierengebied.

10 *Kamgrasweiland*

Hoofdgroep 7, gem. 17 Lolio-Cynosuretum, subass. groep B, ononidetosum

zeer lichte zavel tot matig zware klei, lutum 8-35%

meestal extensief beweid en zonder bemesting

rivierengebied met name benedenrivieren.

11 *Productie weiland*

Hoofdgroep 8, gem. 21 Poo-Lolietum van kleiig zand intensieve beweiding, bemesting en herbicidegebruik

kleiig zand tot matig zware klei, lutum 5-40%

overall.

Bijlage 2

Vegetatie-opnamen

In deze bijlage zijn per lokatie de soorten met hun abundantie weergegeven. De gebruikte codes worden verklaard in onderstaande tabel.

Verklarende tabel Braun-Blanquetschaal

code	aantal individuen	bedekking van de soort (%)
r	1	< 5
+	2 - 5	< 5
1	6 - 50	< 5
2m	> 50	< 5
2a	onbelangrijk	5 - 12,5
2b	onbelangrijk	12,5 - 25
3	onbelangrijk	25 - 50
4	onbelangrijk	50 - 75
5	onbelangrijk	75 - 100

Lokatie 1

(48 soorten)

<i>Achillea millefolium</i>	1
<i>Agrostis capillaris</i>	1
<i>Allium vineale</i>	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2m
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2a
<i>Avenula pubescens</i>	2m
<i>Bellis perennis</i>	2m
<i>Briza media</i>	2a
<i>Centaurea jacea</i>	1
<i>Cerastium fontanum</i>	1
<i>Cirsium arvense</i>	r
<i>Cynosurus cristatus</i>	2m
<i>Dactylis glomerata</i>	1
<i>Equisetum arvense</i>	1
<i>Festuca pratensis</i>	1
<i>Festuca rubra</i>	2a
<i>Galium mollugo</i>	+
<i>Galium verum</i>	2m
<i>Hieracium pilosella</i>	1
<i>Holcus lanatus</i>	2a
<i>Hypochaeris radicata</i>	1
<i>Lathyrus pratensis</i>	1
<i>Leontodon autumnalis</i>	r
<i>Leucanthemum vulgare</i>	1
<i>Lolium perenne</i>	2m
<i>Lotus corniculatus</i>	+
<i>Luzula campestris</i>	2m
<i>Ononis spinosa</i>	1
<i>Origanum vulgare</i>	1
<i>Peucedanum carvifolia</i>	1
<i>Phleum pratense</i>	1
<i>Pimpinella saxifraga</i>	1
<i>Plantago lanceolata</i>	2a
<i>Plantago major</i>	+
<i>Poa pratensis</i>	2m
<i>Potentilla reptans</i>	1
<i>Prunella vulgaris</i>	+
<i>Ranunculus bulbosus</i>	1
<i>Ranunculus ficaria</i>	1
<i>Rumex thyrsiflorus</i>	r
<i>Senecio jacobaea</i>	1
<i>Taraxacum officinale</i>	1
<i>Tragopogon pratensis*pratensis</i>	1
<i>Trifolium dubium</i>	2m
<i>Trifolium pratense</i>	2m
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	2m
<i>Veronica chamaedrys</i>	+

Lokatie 2

(44 soorten)

<i>Achillea millefolium</i>	1
<i>Agrostis capillaris</i>	2m
<i>Allium vineale</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2m
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2a
<i>Avenula pubescens</i>	2m
<i>Bellis perennis</i>	+
<i>Centaurea jacea</i>	1
<i>Cerastium fontanum</i>	1
<i>Cynosurus cristata</i>	2m
<i>Dactylis glomerata</i>	2m
<i>Daucus carota</i>	1
<i>Equisetum arvense</i>	1
<i>Festuca rubra</i>	2b
<i>Galium aparine</i>	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	+
<i>Holcus lanatus</i>	2a
<i>Hypochaeris radicata</i>	+
<i>Lathyrus pratensis</i>	1
<i>Leontodon saxatilis</i>	r
<i>Leucanthemum vulgare</i>	1
<i>Lotus corniculatus</i>	2a
<i>Luzula campestris</i>	1
<i>Lysimachia nummularia</i>	r
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	+
<i>Peucedanum carvifolia</i>	1
<i>Phleum pratense</i>	1
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	2a
<i>Plantago media</i>	+
<i>Potentilla reptans</i>	1
<i>Prunella vulgaris</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Ranunculus ficaria</i>	+
<i>Rumex acetosa</i>	1
<i>Scabiosa columbaria</i>	r
<i>Senecio jacobaea</i>	1
<i>Taraxacum officinale</i>	+
<i>Tragopogon pratensis</i> * <i>pratensis</i>	+
<i>Trifolium dubium</i>	2m
<i>Trifolium pratense</i>	1
<i>Trisetum flavescens</i>	2m
<i>Veronica chamaedrys</i>	1
<i>Vicia cracca</i>	1

Lokatie 3

(29 soorten)

<i>Achillea millefolium</i>	1
<i>Allium vineale</i>	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	2m
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2b
<i>Bellis perennis</i>	1
<i>Bromus sterilis</i>	1
<i>Cardamine hirsuta</i>	+
<i>Centaurea jacea</i>	1
<i>Cerastium glomerata</i>	+
<i>Cerastium fontanum</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	2m
<i>Festuca pratensis</i>	2m
<i>Festuca rubra</i>	2a
<i>Geranium molle</i>	1
<i>Glechoma hederacea</i>	1
<i>Heracleum sphondylium</i>	+
<i>Holcus lanatus</i>	2m
<i>Medicago lupulina</i>	1
<i>Plantago lanceolata</i>	1
<i>Poa trivialis</i>	2a
<i>Potentilla reptans</i>	1
<i>Ranunculus repens</i>	1
<i>Rumex acetosa</i>	1
<i>Senecio jacobaea</i>	1
<i>Taraxacum officinale</i>	1
<i>Trifolium dubium</i>	1
<i>Trifolium pratense</i>	1
<i>Veronica chamaedrys</i>	1
<i>Vicia cracca</i>	1

Lokatie 4

(25 soorten)

<i>Agrostis capillaris</i>	2m
<i>Alopecurus pratensis</i>	2b
<i>Anthriscus sylvestris</i>	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2b
<i>Bellis perennis</i>	+
<i>Bromus inermis</i>	2m
<i>Cardamine pratensis</i>	+
<i>Carduus crispus</i>	r
<i>Cerastium fontanum</i>	+
<i>Cirsium arvense</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	2m
<i>Elymus repens</i>	2m
<i>Festuca rubra</i>	2a
<i>Geranium molle</i>	1
<i>Glechoma hederacea</i>	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	+
<i>Lolium perenne</i>	2m
<i>Poa trivialis</i>	2a
<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Ranunculus ficaria</i>	+
<i>Ranunculus repens</i>	1
<i>Trifolium pratense</i>	1
<i>Trisetum flavescens</i>	1
<i>Urtica dioica</i>	1
<i>Vicia tetrasperma</i>	1

Lokatie 5

(38 soorten)

<i>Achillea millefolium</i>	1
<i>Agrostis capillaris</i>	2m
<i>Allium vineale</i>	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2a
<i>Bellis perennis</i>	2m
<i>Centaurea jacea</i>	1
<i>Cerastium arvense</i>	1
<i>Cerastium glomerata</i>	1
<i>Cerastium fontanum</i>	1
<i>Dactylis glomerata</i>	2a
<i>Daucus carota</i>	1
<i>Elymus repens</i>	1
<i>Equisetum arvense</i>	1
<i>Festuca rubra</i>	2a
<i>Galium verum</i>	1
<i>Glechoma hederacea</i>	2m
<i>Holcus lanatus</i>	2m
<i>Hypochaeris radicata</i>	1
<i>Leontodon autumnalis</i>	1
<i>Lolium perenne</i>	2a
<i>Lotus corniculatus</i>	1
<i>Luzula campestris</i>	1
<i>Lysimachia nummularia</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	1
<i>Plantago major</i>	1
<i>Poa annua</i>	2m
<i>Poa pratensis</i>	1
<i>Potentilla reptans</i>	1
<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Ranunculus bulbosus</i>	1
<i>Ranunculus ficaria</i>	1
<i>Rumex acetosa</i>	1
<i>Sanguisorba minor</i>	1
<i>Senecio jacobaea</i>	1
<i>Trifolium dubium</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	2m

Lokatie 6

(40 soorten)

<i>Achillea millefolium</i>	1
<i>Allium vineale</i>	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2a
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2a
<i>Bellis perennis</i>	1
<i>Centaurea jacea</i>	1
<i>Cerastium fontanum</i>	1
<i>Cirsium vulgare</i>	1
<i>Convolvulus arvensis</i>	+
<i>Crepis biennis</i>	1
<i>Dactylis glomerata</i>	2m
<i>Equisetum arvense</i>	+
<i>Festuca pratensis</i>	2m
<i>Festuca rubra</i>	2m
<i>Glechoma hederacea</i>	1
<i>Heracleum sphondylium</i>	+
<i>Hypochaeris radicata</i>	+
<i>Lathyrus pratensis</i>	+
<i>Leucanthemum vulgare</i>	2m
<i>Lolium perenne</i>	2a
<i>Lotus corniculatus</i>	1
<i>Luzula campestris</i>	2m
<i>Lysimachia nummularia</i>	1
<i>Medicago lupulina</i>	1
<i>Plantago lanceolata</i>	2m
<i>Poa trivialis</i>	2m
<i>Potentilla reptans</i>	2m
<i>Prunella vulgaris</i>	1
<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Ranunculus ficaria</i>	1
<i>Rumex acetosa</i>	1
<i>Sanguisorba minor</i>	1
<i>Senecio jacobaea</i>	1
<i>Sonchus spec.</i>	r
<i>Taraxacum officinale</i>	1
<i>Tragopogon pratensis</i>	r
<i>Trifolium dubium</i>	2m
<i>Trifolium pratense</i>	2m
<i>Trisetum flavescens</i>	2m
<i>Vicia cracca</i>	1

Lokatie 7

(12 soorten)

<i>Allium vineale</i>	1
<i>Alopecurus pratensis</i>	2b
<i>Anthriscus sylvestris</i>	1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2b
<i>Convolvulus arvensis</i>	1
<i>Dactylis glomerata</i>	1
<i>Elymus repens</i>	2b
<i>Galium aparine</i>	1
<i>Glechoma hederacea</i>	1
<i>Heracleum sphondylium</i>	1
<i>Ranunculus ficaria</i>	1
<i>Sonchus spec.</i>	+

Lokatie 8

(10 soorten)

<i>Alopecurus pratensis</i>	2a
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2a
<i>Dactylis glomerata</i>	1
<i>Elymus repens</i>	2a
<i>Festuca arundinacea</i>	2a
<i>Glechoma hederacea</i>	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	1
<i>Poa trivialis</i>	2a
<i>Ranunculus ficaria</i>	2m
<i>Urtica dioica</i>	+

Lokatie 9

(7 soorten)

<i>Cerastium fontanum</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	2m
<i>Elymus repens</i>	2m
<i>Lolium perenne</i>	3
<i>Poa trivialis</i>	3
<i>Ranunculus ficaria</i>	2m
<i>Ranunculus repens</i>	+

Lokatie 11

(20 soorten)

<i>Alopecurus pratensis</i>	2a
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1
<i>Anthriscus sylvestris</i>	1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2b
<i>Crepis biennis</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	2a
<i>Elymus repens</i>	2m
<i>Festuca pratensis</i>	2m
<i>Festuca rubra</i>	2a
<i>Galium mollugo</i>	+
<i>Geranium dissectum</i>	1
<i>Glechoma hederacea</i>	1
<i>Heracleum sphondylium</i>	1
<i>Lolium perenne</i>	2m
<i>Poa trivialis</i>	2a
<i>Polygonum amphibium</i>	1
<i>Stellaria media</i>	+
<i>Taraxacum officinale</i>	1
<i>Trisetum flavescens</i>	2m
<i>Vicia cracca</i>	+

Lokatie 12

(36 soorten)

<i>Achillea millefolium</i>	1
<i>Allium vineale</i>	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	2m
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2a
<i>Anthriscus sylvestris</i>	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2b
<i>Avenula pubescens</i>	2m
<i>Bellis perennis</i>	1
<i>Bromus hordeaceus</i>	2m
<i>Cardamine pratensis</i>	1
<i>Crepis biennis</i>	1
<i>Dactylis glomerata</i>	2a
<i>Elymus repens</i>	2m
<i>Equisetum arvense</i>	+
<i>Festuca pratensis</i>	2m
<i>Festuca rubra</i>	2a
x <i>Festulolium</i>	2m
<i>Galium mollugo</i>	1
<i>Glechoma hederacea</i>	1
<i>Lathyrus pratensis</i>	1
<i>Lolium perenne</i>	2m
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	1
<i>Plantago lanceolata</i>	1
<i>Poa pratensis</i>	2m
<i>Poa trivialis</i>	2m
<i>Potentilla reptans</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Ranunculus bulbosus</i>	+
<i>Ranunculus ficaria</i>	1
<i>Rumex acetosa</i>	1
<i>Symphytum officinale</i>	+
<i>Taraxacum officinale</i>	1
<i>Tragopogon pratensis*orientalis</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	1
<i>Trisetum flavescens</i>	2m
<i>Vicia sepium</i>	1

Bijlage 3

Wortelgegevens

Verklaring bij de tabel:

herh	per lokatie zijn 3 wortelmonsters gestoken: herhaling A, B, C
gem	gemiddelde van de 3 herhalingen A,B en C
tot m/dm^3	waardes voor de 6 bodemlagen opgeteld
tot g/dm^3	waardes voor de 6 bodemlagen opgeteld
lengte%	m/dm^3 van de betreffende laag gedeeld door tot $\text{m/dm}^3 \times 100\%$
gewicht%	g/dm^3 van de betreffende laag gedeeld door tot $\text{g/dm}^3 \times 100\%$
0-30 m/dm^3	wortellengte van de 6 lagen opgeteld, omgezet van cm naar m en gedeeld door het totale monstervolume van 0-30 cm
0-30 g/dm^3	wortelgewicht van de 6 lagen opgeteld en gedeeld door het totale monstervolume van 0-30 cm

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
1	A	0-3	16681	0.7809	4424.668	20.71352	48.58078	47.65731
		3-6	7393	0.4504	1961.007	11.94694	21.53094	27.48732
		6-10	4922	0.2616	978.529	5.20080	10.74378	11.96589
		10-15	5217	0.3082	830.732	0.49076	9.12105	1.12914
		15-20	3386	0.1936	539.172	3.08280	5.91986	7.09286
		20-30	4698	0.2550	373.747	2.02864	4.10357	4.66746
		tot	42297	2.2497	9107.856	43.46347		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	1122	5.9674				
	B	0-3	13234	0.7000	3510.344	18.56763	41.20356	40.70163
		3-6	9313	0.4618	2470.291	12.24933	28.99567	26.85145
		6-10	5885	0.4053	1169.980	8.05765	13.73293	17.66297
		10-15	4200	0.2389	668.790	3.80414	7.85009	8.33896
		15-20	2754	0.1096	438.535	1.74522	5.14742	3.82566
		20-30	3288	0.1502	261.575	1.19491	3.07031	2.61933
		tot	38674	2.0658	8519.516	45.61890		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	1026	5.4796				
	C	0-3	13988	1.0313	3710.344	27.35543	45.59780	51.14339
		3-6	8525	0.4078	2261.273	10.81697	27.78962	20.22328
		6-10	5640	0.3872	1121.272	7.69781	13.77973	14.39173
		10-15	2919	0.2294	464.809	3.65287	5.71221	6.82935
		15-20	2030	0.0969	323.248	1.54299	3.97252	2.88476
		20-30	3220	0.3044	256.165	2.42164	3.14811	4.52747
		tot	36322	2.4570	8137.113	53.48772		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	963	6.5172				
	gem	0-3	14634	0.8374	3881.786	22.21220	45.12738	46.50078
		3-6	8410	0.4400	2230.857	11.67108	26.10541	24.85402
		6-10	5482	0.3514	1089.927	6.98542	12.75215	14.67363
		10-15	4112	0.2588	654.777	2.64926	7.56112	5.43248
		15-20	2723	0.1334	433.652	2.12367	5.01326	4.60109
		20-30	3735	0.2365	297.163	1.88173	3.44066	3.93808
		tot	39098	2.2575	8588.162	47.52336		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	1037	5.9881				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
2	A	0-3	13900	0.5068	3687.002	13.44297	51.91290	24.45636
		3-6	4947	0.3428	1312.201	9.09284	18.47576	16.54230
		6-10	3977	0.7634	790.656	15.17693	11.13241	27.61091
		10-15	3768	0.2436	600.000	3.87898	8.44798	7.05691
		15-20	2628	0.4351	418.471	6.92834	5.89207	12.60451
		20-30	3695	0.8104	293.954	6.44710	4.13886	11.72899
		tot	32915	3.1021	7102.285	54.96716		
0-30 m/dm3 en g/dm3			873	8.2284				
	B	0-3	20871	0.8517	5536.074	22.59151	55.79314	46.02799
		3-6	7232	0.5075	1918.302	13.46153	19.33285	27.42656
		6-10	6440	0.2868	1280.318	5.70179	12.90318	11.61683
		10-15	4253	0.2682	677.229	4.27070	6.82519	8.70113
		15-20	1842	0.1327	293.312	2.11306	2.95603	4.30515
		20-30	2731	0.1186	217.263	0.94352	2.18960	1.92232
		tot	43369	2.1655	9922.499	49.08211		
0-30 m/dm3 en g/dm3			1150	5.7440				
	C	0-3	13463	0.9360	3571.087	24.82758	47.98598	48.46872
		3-6	6985	0.5335	1852.785	14.15119	24.89653	27.62614
		6-10	4022	0.2844	799.602	5.65408	10.74454	11.03795
		10-15	3208	0.1587	510.828	2.52707	6.86418	4.93338
		15-20	2497	0.1538	397.611	2.44904	5.34285	4.78106
		20-30	3897	0.2030	310.024	1.61496	4.16590	3.15274
		tot	34072	2.2694	7441.938	51.22392		
0-30 m/dm3 en g/dm3			904	6.0196				
	gem	0-3	16078	0.7648	4264.721	20.28735	51.89734	39.65102
		3-6	6388	0.4613	1694.429	12.23519	20.90171	23.86500
		6-10	4813	0.4449	956.859	8.84427	11.59338	16.75523
		10-15	3743	0.2235	596.019	3.55892	7.37912	6.89714
		15-20	2322	0.2405	369.798	3.83015	4.73031	7.23028
		20-30	3441	0.3773	273.747	3.00186	3.49812	5.60135
		tot	36785	2.5123	8155.574	51.75773		
0-30 m/dm3 en g/dm3			976	6.6640				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
3	A	0-3	3951	0.2093	1048.010	5.55173	49.20012	43.73404
		3-6	1932	0.1177	512.467	3.12202	24.05837	24.59387
		6-10	1298	0.0918	258.052	1.82505	12.11454	14.37693
		10-15	1515	0.1091	241.242	1.73727	11.32539	13.68538
		15-20	*	*	0	0	0	0
		20-30	884	0.0576	70.3262	0.45823	3.301547	3.60977
		tot	9580	0.5855	2130.097	12.69428		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		254	1.5531				
	B	0-3	3833	0.2542	1016.710	6.74271	35.17815	32.11754
		3-6	3422	0.2383	907.692	6.32095	31.40611	30.10861
		6-10	2414	0.1652	479.920	3.28429	16.60522	15.64408
		10-15	1767	0.1594	281.369	2.53822	9.73537	12.09029
		15-20	856	0.0840	136.306	1.33758	4.71617	6.37130
		20-30	857	0.0968	68.178	0.77009	2.35896	3.66816
		tot	13149	0.9979	2890.177	20.99383		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		349	2.6469				
	C	0-3	11458	0.6960	3039.257	18.46153	47.97159	48.65363
		3-6	5677	0.3419	1505.835	9.06897	23.76808	23.90039
		6-10	4933	0.2861	980.716	5.68787	15.47960	14.98984
		10-15	3356	0.1883	534.395	2.99841	8.43488	7.90202
		15-20	1201	0.0723	191.242	1.15127	3.01856	3.03407
		20-30	1057	0.0725	84.089	0.57677	1.32726	1.52002
		tot	27682	1.6571	6335.534	37.94482		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		734	4.3955				
	gem	0-3	6414	0.3865	1701.326	10.25198	44.11662	41.50174
		3-6	3677	0.2326	975.332	6.17065	26.41086	26.20096
		6-10	2882	0.1810	572.896	3.59907	14.73312	15.00362
		10-15	2213	0.1523	352.335	2.42463	9.83188	11.22589
		15-20	1029	0.0782	163.774	1.24443	3.86737	4.70268
		20-30	933	0.0756	74.198	0.60170	2.32926	2.93265
		tot	16804	1.0802	4612.855	29.46933		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		542	3.5212				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
4	A	0-3	5796	0.3787	1537.400	10.04509	50.96359	53.89323
		3-6	1535	0.0986	407.162	2.61538	13.49708	14.03187
		6-10	2922	0.1566	580.915	3.11332	19.25685	16.70336
		10-15	1554	0.0795	247.452	1.26592	8.20284	6.79185
		15-20	1099	0.0714	175.000	1.13694	5.80111	6.09985
		20-30	864	0.0581	68.735	0.46221	2.27851	2.47983
		tot	13770	0.8429	3016.664	18.63887		
0-30 m/dm3 en g/dm3			365	2.2358				
	B	0-3	11774	0.7585	3123.076	20.11936	64.70026	62.47749
		3-6	3206	0.2157	850.398	5.72149	17.61755	17.76716
		6-10	1576	0.0945	313.320	1.87873	6.49100	5.83409
		10-15	1378	0.1215	219.427	1.93471	4.54583	6.00795
		15-20	1312	0.0750	208.917	1.19427	4.32810	3.70861
		20-30	1406	0.1702	111.854	1.35402	2.31725	4.20469
		tot	20652	1.4354	4826.992	32.20257		
0-30 m/dm3 en g/dm3			548	3.8074				
	C	0-3	8604	0.3663	2282.228	9.71618	55.55152	46.23568
		3-6	2270	0.1070	602.122	2.83820	14.65620	13.50592
		6-10	3303	0.2097	656.660	4.16899	15.98370	19.83865
		10-15	2230	0.1800	355.096	2.86624	8.64335	13.63937
		15-20	873	0.0655	139.013	1.04299	3.38370	4.96322
		20-30	920	0.0480	73.190	0.38186	1.78152	1.81714
		tot	18200	0.9765	4108.308	21.01445		
0-30 m/dm3 en g/dm3			483	2.5902				
	gem	0-3	8725	0.5012	2314.235	13.29354	57.07179	54.20214
		3-6	2337	0.1404	619.894	3.72502	15.25694	15.10165
		6-10	2600	0.1536	516.965	3.05368	13.91051	14.12537
		10-15	1721	0.1270	273.992	2.02229	7.13067	8.81306
		15-20	1095	0.0706	174.310	1.12473	4.50430	4.92389
		20-30	1063	0.0921	84.593	0.73270	2.12576	2.83388
		tot	17541	1.0849	3983.988	23.95197		
0-30 m/dm3 en g/dm3			465	2.8878				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
5	A	0-3	10942	0.7595	2902.387	20.14588	51.51633	58.58136
		3-6	5463	0.2436	1449.071	6.46154	25.72050	18.78923
		6-10	2347	0.1287	466.600	2.55865	8.28199	7.44018
		10-15	2216	0.1589	352.866	2.53025	6.26325	7.35762
		15-20	1756	0.0891	279.618	1.41879	4.96312	4.12564
		20-30	2305	0.1602	183.373	1.27446	3.25481	3.70596
		tot	25029	1.5400	5633.916	34.38958		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		664	4.0848				
	B	0-3	15715	0.8433	4168.435	22.36870	57.90758	59.74050
		3-6	5656	0.3110	1500.265	8.24934	20.84157	22.03165
		6-10	2062	0.1103	409.940	2.19284	5.69486	5.85647
		10-15	3039	0.1327	483.917	2.11306	6.72254	5.64338
		15-20	2434	0.0999	387.580	1.59076	5.38423	4.24848
		20-30	3121	0.1167	248.290	0.92840	3.44922	2.47950
		tot	32027	1.6139	7198.427	37.44310		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		850	4.2809				
	C	0-3	12042	0.6605	3194.164	17.51989	49.99473	50.92141
		3-6	4886	0.3025	1296.021	8.02387	20.28519	23.32131
		6-10	3236	0.1622	643.340	3.22465	10.06949	9.37242
		10-15	3975	0.1602	632.962	2.55096	9.90705	7.41433
		15-20	3145	0.1617	500.796	2.57484	7.83841	7.48375
		20-30	1530	0.0643	121.718	0.51154	1.90512	1.48677
		tot	28814	1.5114	6389.001	34.40575		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		764	4.0090				
	gem	0-3	12900	0.7544	3421.662	20.01149	53.13954	56.41443
		3-6	5335	0.2857	1415.119	7.57825	22.28242	21.38073
		6-10	2548	0.1337	506.627	2.65871	8.01545	7.55636
		10-15	3076	0.1506	489.915	2.39809	7.63095	6.80511
		15-20	2445	0.1169	389.331	1.86146	6.06192	5.28596
		20-30	2318	0.1137	184.460	0.90480	2.86972	2.55741
		tot	28623	1.5551	6407.115	35.41281		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		759	4.1249				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
6	A	0-3	10742	0.4264	2849.336	11.31034	58.02187	46.74722
		3-6	3120	0.2553	827.586	6.77188	16.85237	27.98913
		6-10	2237	0.1380	444.732	2.74354	9.05620	11.33942
		10-15	1992	0.0721	317.197	1.14809	6.45918	4.74521
		15-20	2109	0.0997	335.828	1.58758	6.83856	6.56169
		20-30	1711	0.0796	136.118	0.63325	2.77180	2.61733
		tot	21911	1.0711	4910.797	24.19468		
0-30 m/dm3 en g/dm3			581	2.8411				
	B	0-3	10249	0.8151	2718.567	21.62068	49.41257	60.04565
		3-6	4334	0.2844	1149.602	7.54377	20.89512	20.95078
		6-10	3084	0.1163	613.121	2.31213	11.14406	6.42131
		10-15	3124	0.1188	497.452	1.89172	9.04167	5.25374
		15-20	2188	0.1224	348.408	1.94904	6.33264	5.41295
		20-30	2195	0.0867	174.622	0.68974	3.17392	1.91556
		tot	25174	1.5437	5501.773	36.00708		
0-30 m/dm3 en g/dm3			668	4.0947				
	C	0-3	8613	0.4877	2284.615	12.93633	49.41886	60.85281
		3-6	3404	0.1379	902.918	3.65782	19.53115	17.20648
		6-10	3272	0.1124	650.497	2.23459	14.07100	10.51156
		10-15	2445	0.0855	389.331	1.36146	8.42168	6.40436
		15-20	1696	0.0446	270.064	0.71019	5.84179	3.34075
		20-30	1578	0.0450	125.537	0.35800	2.71551	1.68402
		tot	21008	0.9131	4622.962	21.25840		
0-30 m/dm3 en g/dm3			557	2.4220				
gem		0-3	9868	0.5764	2617.506	15.28912	52.28443	55.88199
		3-6	3619	0.2259	960.035	5.99116	19.09288	22.04880
		6-10	2864	0.1222	569.450	2.43009	11.42375	9.42410
		10-15	2520	0.0921	401.327	1.46709	7.97418	5.46777
		15-20	1998	0.0889	318.100	1.41561	6.33767	5.10513
		20-30	1828	0.0704	145.426	0.56033	2.88708	2.07130
		tot	22698	1.1760	5011.844	27.15339		
0-30 m/dm3 en g/dm3			602	3.1193				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
7	A	0-3	4287	0.2913	1137.135	7.72679	39.64744	40.70808
		3-6	2739	0.1574	726.525	4.17507	25.33108	21.99606
		6-10	3026	0.1966	601.590	3.90855	20.97510	20.59193
		10-15	1133	0.0829	180.414	1.32006	6.29033	6.95467
		15-20	769	0.0680	122.452	1.08280	4.26943	5.70467
		20-30	1257	0.0965	100.000	0.76770	3.48661	4.04458
		tot	13211	0.8927	2868.117	18.98097		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		350	2.3679				
	B	0-3	4787	1.5463	1269.761	41.01591	36.24379	73.05439
		3-6	3028	0.3623	803.183	9.61008	22.92588	17.11673
		6-10	3736	0.1421	742.744	2.82505	21.20071	5.03176
		10-15	3254	0.1116	518.153	1.77707	14.79004	3.16518
		15-20	770	0.0444	122.611	0.70701	3.49980	1.25927
		20-30	590	0.0263	46.937	0.20923	1.33976	0.37266
		tot	16165	2.2330	3503.389	56.14434		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		429	5.9231				
	C	0-3	4495	0.4330	1192.307	11.48541	49.44184	57.92684
		3-6	1838	0.1718	487.533	4.55703	20.21670	22.98344
		6-10	1581	0.0888	314.314	1.76541	13.03377	8.90386
		10-15	1086	0.0577	172.930	0.91879	7.17095	4.63393
		15-20	1096	0.0447	174.522	0.71178	7.23698	3.58989
		20-30	879	0.0489	69.928	0.38902	2.89975	1.96204
		tot	10975	0.8449	2411.535	19.82744		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		291	2.2411				
	gem	0-3	4523	0.7569	1199.734	20.07603	41.77769	57.22977
		3-6	2535	0.2305	672.414	6.11406	22.82456	20.69874
		6-10	2781	0.1425	552.883	2.83300	18.40319	11.50918
		10-15	1824	0.0841	290.499	1.33864	9.41711	4.91793
		15-20	878	0.0524	139.862	0.83386	5.00207	3.51794
		20-30	909	0.0572	72.289	0.45532	2.57537	2.12643
		tot	13450	1.3235	2927.680	31.65092		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		357	3.5107				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
8	A	0-3	3925	0.4220	1041.114	11.19363	43.43060	57.08975
		3-6	1833	0.0981	486.207	2.60212	20.28236	13.27133
		6-10	1561	0.1181	310.338	2.34791	12.94590	11.97482
		10-15	1450	0.0860	230.892	1.36943	9.63177	6.98435
		15-20	1253	0.0714	199.522	1.13694	8.32317	5.79863
		20-30	1623	0.1203	129.117	0.95704	5.38618	4.88110
		tot	11645	0.9159	2397.189	19.60707		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	309	2.4294				
	B	0-3	4340	0.4159	1151.193	11.03183	46.88490	63.03846
		3-6	1716	0.1406	455.172	3.72944	18.53790	21.31091
		6-10	2019	*	401.392	0	16.34756	0
		10-15	1159	0.0625	184.554	0.99522	7.51638	5.68694
		15-20	959	0.0490	152.707	0.78025	6.21933	4.45856
		20-30	1387	0.1211	110.342	0.96340	4.49393	5.50512
		tot	11580	0.7891	2455.360	17.50015		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	307	2.0931				
	C	0-3	4150	0.1189	1100.795	3.15385	55.81614	47.47986
		3-6	1389	0.0589	368.435	1.56233	18.68159	23.52030
		6-10	1162	0.0458	231.014	0.91054	11.71362	13.70776
		10-15	821	0.0316	130.732	0.50318	6.62883	7.57524
		15-20	589	0.0204	93.790	0.32484	4.75564	4.89035
		20-30	596	0.0236	47.414	0.18775	2.40416	2.82648
		tot	8707	0.2992	1972.181	6.64249		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	231	0.7936				
	gem	0-3	4138	0.3189	1097.701	8.45977	48.71055	55.86936
		3-6	1646	0.0992	436.605	2.63130	19.16728	19.36751
		6-10	1581	0.0820	314.248	1.62922	13.66903	12.84129
		10-15	1143	0.0600	182.059	0.95594	7.92566	6.74884
		15-20	921	0.0469	146.656	0.74735	6.43271	5.04918
		20-30	1202	0.0883	95.625	0.70273	4.09476	4.40423
		tot	10644	0.6681	2274.910	13.12478		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	282	1.6115				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
10	A	0-3	13203	0.6977	3502.122	18.50663	55.62911	61.90971
		3-6	5149	0.2124	1365.782	5.63395	21.69464	18.84710
		6-10	4026	0.1609	800.398	3.19881	12.71383	10.70088
		10-15	1311	0.0632	208.758	1.00637	3.31600	3.36658
		15-20	1621	0.0501	258.121	0.79777	4.10010	2.66876
		20-30	2015	0.0942	160.302	0.74940	2.54631	2.50696
		tot	27325	1.2785	6295.483	29.89293		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	725	3.3912				
	B	0-3	2965	0.1365	786.472	3.62069	18.19880	19.34864
		3-6	5800	0.3365	1538.461	8.92573	35.59968	47.69831
		6-10	3688	0.1639	733.201	3.25845	16.96611	17.41286
		10-15	3228	0.0934	514.013	1.48726	11.89415	7.94779
		15-20	3208	0.0556	510.828	0.88535	11.82045	4.73123
		20-30	2999	0.0673	238.584	0.53540	5.52078	2.86114
		tot	21888	0.8532	4321.559	18.71288		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	581	2.2631				
	C	0-3	16282	0.4512	4318.832	11.96816	70.94322	62.63948
		3-6	3928	0.1648	1041.909	4.37135	17.11491	22.87896
		6-10	1677	0.0504	333.400	1.00199	5.47658	5.24425
		10-15	1232	0.0594	196.178	0.94586	3.22252	4.95048
		15-20	912	0.0350	145.223	0.55732	2.38550	2.91695
		20-30	656	0.0329	52.188	0.261734	0.857264	1.36988
		tot	24687	0.7937	6087.731	19.10642		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	655	2.1053				
	gem	0-3	10817	0.4285	2869.142	11.36516	48.25704	47.96595
		3-6	4959	0.2379	1315.384	6.31034	24.80307	29.80812
		6-10	3130	0.1251	622.333	2.48641	11.71884	11.11933
		10-15	1924	0.0720	306.316	1.14650	6.14422	5.42167
		15-20	1914	0.0469	304.724	0.74682	6.10202	3.43898
		20-30	1890	0.0648	150.358	0.51551	2.97478	2.24599
		tot	24633	0.9751	5568.257	22.57074		
		0-30 m/dm3 en g/dm3	653	2.5866				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
11	A	0-3	8548	0.5579	2267.374	14.79840	61.09894	66.58186
		3-6	2956	0.1068	784.085	2.83289	21.12874	12.74591
		6-10	2040	0.1533	405.567	3.04771	10.92880	13.71245
		10-15	1126	0.0655	179.299	1.04299	4.83158	4.69270
		15-20	319	0.0234	50.7962	0.37261	1.36880	1.67648
		20-30	300	0.0165	23.8663	0.13126	0.64313	0.59059
		tot	15289	0.9234	3710.987	22.22588		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		406	2.4493				
	B	0-3	6123	0.2601	1624.137	6.89920	48.62776	34.67453
		3-6	2123	0.1555	563.130	4.12467	16.86048	20.73006
		6-10	2498	0.1995	496.620	3.96620	14.86914	19.93363
		10-15	2023	0.1409	322.134	2.24363	9.64490	11.27620
		15-20	1471	0.1135	234.236	1.80732	7.01317	9.08339
		20-30	1253	0.1076	99.682	0.85601	2.98454	4.30218
		tot	15491	0.9771	3339.939	19.89703		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		411	2.5918				
	C	0-3	6275	0.2158	1664.456	5.72414	46.81830	43.04357
		3-6	2853	0.1263	756.764	3.35013	21.28647	25.19186
		6-10	2875	0.0628	571.571	1.24851	16.07730	9.38836
		10-15	1991	0.0980	317.038	1.56051	8.91774	11.73450
		15-20	981	0.0555	156.210	0.88376	4.39392	6.64556
		20-30	1120	0.0668	89.101	0.53142	2.50626	3.99613
		tot	16095	0.6252	3555.140	13.29847		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		427	1.6584				
	gem	0-3	6982	0.3446	1851.989	9.14058	52.18166	48.09999
		3-6	2644	0.1295	701.326	3.43590	19.75856	19.55594
		6-10	2471	0.1385	491.252	2.75414	13.95841	14.34481
		10-15	1713	0.1015	272.824	1.61571	7.79807	9.23447
		15-20	924	0.0641	147.081	1.02123	4.25863	5.80181
		20-30	891	0.0636	70.883	0.50623	2.04464	2.96297
		tot	15625	0.8419	3535.355	18.47379		
	0-30 m/dm3 en g/dm3		414	2.2332				

lokatie nummer	herh.	laag	wortel lengte (cm)	gewicht wortels (g)	m/dm3	g/dm3	lengte%	gewicht%
12	A	0-3	4825	0.2729	1279.840	7.23873	37.24773	24.99188
		3-6	3674	0.4022	974.536	10.66843	28.36231	36.83304
		6-10	3041	0.3331	604.573	6.62227	17.59512	22.86354
		10-15	2064	0.1683	328.662	2.67994	9.56520	9.25255
		15-20	963	0.0605	153.344	0.96338	4.46283	3.32608
		20-30	1195	0.0995	95.068	0.79157	2.76679	2.73291
		tot	15762	1.3365	3436.023	28.96430		
0-30 m/dm3 en g/dm3			418	3.5451				
B	0-3	7508	0.4721	1991.511	12.52254	47.32350	37.25699	
	3-6	3331	0.4760	883.554	12.62599	20.99555	37.56476	
	6-10	4104	0.2924	815.905	5.81312	19.38801	17.29515	
	10-15	1433	0.1280	228.185	0.20382	5.42226	0.60641	
	15-20	918	0.0847	146.178	1.34872	3.47358	4.01272	
	20-30	1797	0.1379	142.959	1.09706	3.39709	3.26395	
	tot	19091	1.5911	4208.293	33.61126			
0-30 m/dm3 en g/dm3			506	4.2204				
C	0-3	5910	0.3992	1567.639	10.58885	51.68876	58.62543	
	3-6	2579	0.1262	684.085	3.34748	22.55589	18.53339	
	6-10	1615	0.0783	321.074	1.55666	10.58655	8.61848	
	10-15	1519	0.0872	241.879	1.38854	7.97532	7.68765	
	15-20	851	0.0442	135.510	0.70382	4.46807	3.89672	
	20-30	1039	0.0599	82.657	0.47653	2.72540	2.63833	
	tot	13513	0.7950	3032.843	18.06188			
0-30 m/dm3 en g/dm3			358	2.1088				
gem	0-3	6081	0.3814	1612.997	10.11671	45.42000	40.29143	
	3-6	3195	0.3348	847.392	8.88064	23.97125	30.97706	
	6-10	2920	0.2346	580.517	4.66402	15.85656	16.25905	
	10-15	1672	0.1278	266.242	1.42410	7.65426	5.84887	
	15-20	911	0.0631	145.011	1.00531	4.13483	3.74517	
	20-30	1344	0.0991	106.895	0.78839	2.96309	2.87836	
	tot	16122	1.2409	3559.053	26.87915			
0-30 m/dm3 en g/dm3			428	3.2914				

Bijlage 4

Correlatiematrix

Correlations:	BEDZ	BEDV	GATZ	GATV	RICOZ	RICOV	SED2	SED4	SCHELDE	LENGTE	GEW
BEDZ	1.0000	.5566	-.7667*	-.6768	-.6114	-.4017	-.3155	-.6285	-.7072	.2699	.2129
BEDV	.5566	1.0000	-.9168**	-.9020**	-.6128	-.3408	-.8016*	-.9226**	-.6729	.4378	.0145
GATZ	-.7667*	-.9168**	1.0000	.9157**	.6955	.4551	.7396*	.9255**	.8229*	-.4259	-.1169
GATV	-.6768	-.9020**	.9157**	1.0000	.6621	.6361	.8568**	.8655**	.7546*	-.5037	-.1243
RICOZ	-.6114	-.6128	.6955	.6621	1.0000	.5623	.5609	.4600	.7092	-.5485	-.3994
RICOV	-.4017	-.3408	.4551	.6361	.5623	1.0000	.6208	.2728	.3996	-.6793	-.5283
SED2	-.3155	-.8016*	.7396*	.8568**	.5609	.6208	1.0000	.7089	.4769	-.4707	-.0107
SED4	-.6285	-.9226**	.9255**	.8655**	.4600	.2728	.7089	1.0000	.7081	-.3706	.0027
SCHELDE	-.7072	-.6729	.8229*	.7546*	.7092	.3996	.4769	.7081	1.0000	-.3317	-.2130
LENGTE	.2699	.4378	-.4259	-.5037	-.5485	-.6793	-.4707	-.3706	-.3317	1.0000	.8571**
GEW	.2129	.0145	-.1169	-.1243	-.3994	-.5283	-.0107	.0027	-.2130	.8571**	1.0000

N of cases: 11

2-tailed Signif: * - .01 ** - .001

" . " is printed if a coefficient cannot be computed

Verklaring afkortingen:

BEDZ	bedekking van de Scheldebak-zode
BEDV	bedekking van het vegetatie-proefvlak
GATZ	gemiddelde gatgrootte Scheldebak-zode
GATV	gemiddelde gatgrootte vegetatie-proefvlak
RICOZ	rico-absentiepercentage Scheldebak-zode
RICOV	rico-absentiepercentage vegetatie-proefvlak
SED2	afgespoeld materiaal sproeikopproef bij 2 l/s
SED4	afgespoeld materiaal sproeikopproef bij 4 l/s
SCHELDE	erosiesnelheid Scheldebakproef
LENGTE	gem. totale wortellengte (m) per dm ³ grond in de laag 0-30 cm
GEW	gem. totaal wortelgewicht (g) per dm ³ grond in de laag 0-30 cm

Bijlage 5

Maximale zone-gemiddelde erosiediepten

ZODE: 1

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.007	.009	.008	.005	.007	.008	.010	.005
4	.010	.014	.011	.010	.011	.010	.010	.007
8	.010	.014	.012	.007	.012	.011	.011	.009
16	.012	.017	.013	.009	.012	.013	.013	.012
24	.014	.018	.016	.011	.014	.015	.015	.012
36	.014	.020	.017	.013	.016	.016	.018	.013
48	.015	.022	.019	.015	.018	.019	.019	.015
60								

ZODE: 2

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.003	.003	.003	.002	.002	.005	.001	.004
4	.003	.004	.004	.004	.002	.005	.003	.003
8	.003	.004	.005	.004	.003	.005	.001	.003
16	.003	.005	.007	.005	.004	.004	.003	.005
24	.003	.006	.009	.006	.004	.007	.004	.006
36	.004	.005	.009	.007	.005	.007	.005	.007
48	.005	.008	.011	.008	.005	.008	.006	.008
60								

ZODE: 3

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.005	.003	.003	.005	.005	.004	.008	.002
4	.007	.007	.005	.007	.005	.006	.009	.006
8	.009	.008	.008	.009	.006	.007	.011	.007
16	.010	.010	.015	.010	.008	.008	.013	.008
24	.011	.012	.019	.013	.008	.009	.016	.009
36	.013	.014	.022	.017	.012	.013	.020	.011
48	.014	.017	.025	.019	.012	.014	.022	.012
60	.012	.015	.027	.021	.012	.015	.024	.013

ZODE: 4

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.006	.005	.002	.006	.004	.004	.005	.013
4	.005	.007	.004	.006	.003	.005	.005	.001
8	.006	.007	.003	.008	.001	.004	.005	.013
16	.005	.006	.003	.007	.001	.004	.005	.015
24	.006	.007	.005	.008	.002	.005	.007	.017
36	.006	.009	.005	.011	.003	.005	.006	.019
48	.006	.010	.005	.010	.001	.006	.006	.032
60	.005	.009	.004	.012	.001	.007	.008	.034

ZODE: 5

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.003	.000	.001	.001	.002	.003	.000	.003
4	.003	.002	.002	.001	.001	.003	.001	.002
8	.003	.003	.002	.000	.002	.003	.000	.005
16	.001	.003	.002	.003	.001	.004	.000	.004
24	.003	.004	.004	.003	.002	.005	.001	.006
36	.005	.005	.003	.003	.004	.006	.002	.009
48	.004	.006	.004	.004	.003	.007	.002	.009
60	.004	.006	.005	.004	.003	.007	.003	.010

ZODE: 6

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.001	.002		.003	.003	.001	.001	.001
4	.002	.003	.002	.001	.001	.002	.003	.003
8	.002	.003	.002	.004	.001	.002	.002	.004
16	.003	.003	.004	.004	.001	.003	.003	.005
24	.003	.005	.004	.006	.001	.004	.005	.007
36	.003	.006	.005	.008	.001	.004	.006	.010
48	.004	.007	.006	.008	.001	.005	.007	.010
60								

ZODE: 7

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.004	.009	.021	.008	.009	.009	.011	.005
4	.008	.013	.032	.013	.012	.013	.018	.007
8	.008	.015	.054	.020	.014	.015	.026	.010
16	.012	.020	.059	.036	.016	.018	.039	.014
24	.013	.022	.065	.043	.018	.021	.047	.018
36	.015	.025	.069	.054	.020	.025	.050	.025
48	.017	.029	.072	.066	.022	.029	.057	.032
60	.017	.030	.080	.076	.021	.034	.069	.037

ZODE: 8

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.036	.085	.060	.088	.028	.095	.009	.018
4								
8								
16								
24								
36								
48								
60								

ZODE: 9

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.005	.003	.005	.007	.000	.003	.005	.004
4	.002	.006	.006	.008	.004	.005	.008	.006
8	.003	.006	.007	.008	.005	.006	.008	.006
16	.004	.009	.008	.010	.006	.007	.009	.007
24	.006	.010	.009	.011	.009	.009	.014	.007
36	.006	.012	.012	.013	.009	.012	.014	.009
48	.008	.012	.012	.014	.010	.012	.014	.009
60								

ZODE: 10

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.002	.005	.004	.002		.004	.002	.002
4	.002	.006	.005	.003	.002	.005	.003	.002
8	.002	.007	.007	.002	.002	.005	.002	.002
16	.002	.008	.007	.002	.002	.010	.003	.002
24	.003	.012	.009	.003	.003	.020	.009	.002
36	.003	.040	.012	.002	.001	.030	.028	.005
48	.003	.054	.017	.001	.003	.041	.041	.005
60	.000	.056	.025	.002	.006	.051	.042	.005

ZODE: 11

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.006	.008	.002	.003	.008	.005	.004	.002
4	.007	.007	.004	.003	.010	.006	.006	.004
8	.007	.009	.005	.004	.011	.005	.005	.004
16	.008	.010	.006	.005	.013	.008	.006	.005
24	.008	.012	.008	.008	.013	.009	.007	.007
36	.008	.013	.008	.010	.016	.011	.010	.008
48	.008	.014	.009	.011	.016	.012	.011	.010
60	.007	.014	.010	.011	.016	.012	.012	.010

ZODE: 12

TIJD uur	RAAI A ZONE				RAAI B ZONE			
	0	1	2+3	4	0	1	2+3	4
1	.003	.008	.006	.005	.004	.011	.005	.002
4	.005	.008	.008	.004	.005	.013	.006	.005
8	.005	.009	.010	.007	.005	.015	.008	.007
16	.005	.011	.011	.006	.005	.014	.011	.008
24	.005	.012	.013	.007	.007	.016	.012	.010
36	.008	.014	.014	.012	.009	.021	.015	.013
48	.008	.015	.015	.014	.010	.021	.017	.016
60								

Bijlage 6

Maximale lokale erosiediepten

ZODE 1	R A A I A			R A A I B		
Op x =	270	195	130	210	165	115
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.005	.012	.016	.011	.009	.019
4	.009	.017	.019	.017	.013	.020
8	.010	.016	.021	.017	.016	.022
16	.015	.017	.023	.022	.019	.023
24	.020	.018	.023	.021	.023	.024
36	.023	.024	.025	.021	.026	.029
48	.027	.027	.026	.023	.029	.030

ZODE 2	R A A I A			R A A I B		
Op x =	270	175	10	230	195	140
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.005	.008	.000	.013	.002	.006
4	.007	.009	.000	.004	.004	.007
8	.007	.009	.100	.006	.004	.010
16	.013	.013	.099	.010	.005	.010
24	.012	.016	.096	.010	.009	.012
36	.016	.016	.100	.010	.009	.011
48	.016	.018	.105	.010	.009	.013

ZODE 3	R A A I A			R A A I B		
Op x =	200	165	135	270	195	125
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.005	.004	.003	.009	.029	.005
4	.007	.006	.012	.010	.016	.007
8	.012	.010	.009	.014	.019	.007
16	.028	.018	.010	.017	.018	.012
24	.032	.020	.014	.019	.022	.012
36	.037	.022	.017	.022	.032	.024
48	.043	.027	.026	.026	.033	.023

ZODE 4	R A A I A			R A A I B		
Op x =	250	170	145	250	185	155
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.018	.008	.008	.007	.009	.010
4	.017	.018	.008	.007	.011	.011
8	.023	.010	.011	.006	.011	.012
16	.023	.006	.017	.006	.011	.011
24	.023	.010	.012	.007	.013	.011
36	.027	.015	.020	.009	.012	.012
48	.029	.017	.020	.112	.012	.013

ZODE 9		R A A I A		R A A I B		
Op x =	260	165	10	185	160	85
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.009	.028	.000	.007	.007	.004
4	.012	.033	.000	.006	.010	.004
8	.010	.037	-.006	.009	.010	.009
16	.014	.043	.010	.011	.012	.017
24	.016	.044	.014	.017	.014	.017
36	.019	.045	.024	.021	.017	.020
48	.021	.046	.026	.024	.019	.027

ZODE 10		R A A I A		R A A I B		
Op x =	185	165	145	190	175	130
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.005	.001	.007	.002	.003	.006
4	.004	.002	.009	.004	.006	.009
8	.007	.001	.013	.001	.003	.007
16	.008	.001	.007	-.001	.011	.037
24	.010	.003	.024	-.001	.021	.056
36	.014	.051	.067	.002	.093	.071
48	.022	.077	.082	.040	.100	.059

ZODE 11		R A A I A		R A A I B		
Op x =	220	165	140	205	185	100
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.005	.002	.028	.009	.008	.015
4	.005	.005	.002	.011	.010	.019
8	.012	.005	.020	.014	.009	.023
16	.017	.007	.032	.016	.012	.025
24	.021	.010	.034	.018	.012	.025
36	.024	.013	.032	.021	.019	.028
48	.029	.015	.031	.021	.023	.029

ZODE 12		R A A I A		R A A I B		
Op x =	260	180	160	210	170	150
Tijd uur	zone 1	zone 2 + 3	zone 4	zone 1	zone 2 + 3	zone 4
1	.010	.012	.008	.004	.040	.010
4	.004	.013	.010	.008	.043	.013
8	.008	.017	.010	.009	.046	.012
16	.004	.018	.015	.014	.040	.016
24	.005	.020	.018	.016	.043	.015
36	.014	.020	.022	.021	.047	.022
48	.02	.022	.025	.026	.045	.025
60						

Bijlage 7

Afleiding functie graserosieconstante

Voor de afhankelijkheid van de graserosieconstante van fysische grootheden van de grasmat en de ondergrond wordt de volgende vergelijking aangenomen:

$$E_{\text{gras}} = c_E H_s^2 = c_E' \cdot 10^{-6} H_s^2$$

met

$$c_E' = \alpha B^{\beta_1} W_l^{\beta_2} F^{\beta_3}$$

waarin:

- α = coëfficiënt
- β_i = coëfficiënt ($i=1..3$)
- c_E' = graserosieconstante ($\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$)
- B = bedekkingsgraad (%)
- E_{gras} = erosiesnelheid (m/s)
- H_s = significante golfhoogte (m)
- W_l = wortellengte (m/dm^3)
- F = gehalte afslibbaar materiaal (%)

De coëfficiënten α en β_1 t/m β_3 zijn gefit op de data weergegeven in Tabel B7-1, uitgezonderd uiteraard monster 8 waarvoor geen waarde van c_E bepaald is.

monster	B (%)	W_l (m/dm ³)	F (%)	c_E' (m ⁻¹ s ⁻¹)	
				gemeten	berekend
1	85,2	1037	47,4	1,81	2,50
2	84,3	976	51,7	1,08	2,37
3	78,1	542	35,2	2,59	2,49
4	74,1	465	58,8	1,75	1,93
5	89,2	759	54,0	1,32	1,96
6	95,8	602	64,9	0,91	1,49
7	23,6	357	69,4	6,63	6,30
8	54,0	282	49,0	-	2,53
9	96,6	469	47,8	1,63	1,56
10	95,1	653	35,2	4,93	2,11
11	74,9	414	55,2	1,75	1,87
12	75,9	428	50,0	1,57	1,96

Tabel B7-1 Eigenschappen grasmat en ondergrond

De gevonden coëfficiënten hebben de volgende waarden:

$$\begin{aligned}\alpha &= 222 \\ \beta_1 &= -1,2 \\ \beta_2 &= 0,4 \\ \beta_3 &= -0,5\end{aligned}$$

De formule voor c_E wordt hiermee:

$$c'_E = 220 \frac{W_l^{0,4}}{B^{1,2} F^{0,5}}$$

terwijl c_E gaat luiden:

$$c_E = 220 \cdot 10^{-6} \frac{W_l^{0,4}}{B^{1,2} F^{0,5}}$$

Met de formule voor c_E kunnen voor elk monster ook waarden worden berekend. Deze zijn in de laatste kolom van de tabel weergegeven.

De grootste afwijking tussen gemeten en berekende waarde komt voor bij monster 10: 2,8. De gemiddelde afwijking inclusief monster 10 is 0,6, terwijl die 0,4 bedraagt exclusief monster 10.

Wat verder opvalt, is de relatief geringe waarde van 2,53 voor monster 8, terwijl dit monster toch als eerste (en enige) bezwaken is. Geconcludeerd moet worden dat het voorspellend karakter van de formule beperkt is.

In Figuur 4.26 zijn de berekende en gemeten waarden ter illustratie nog eens tegen elkaar uitgezet. De spreiding blijkt aanzienlijk.

Gezien het voorgaande wordt de formule niet aanbevolen voor ontwerpdoeleinden. Aanbevolen wordt de formule ook te toetsen aan andere onderzoeksresultaten.

Bijlage 8

Beschrijving zodemonsters en grondoppervlak

Algemeen

Aanduidingen waarnemingen in Scheldebak:

mate van: zeer weinig = --, weinig = -, matig = =, veel = +, zeer veel = ++

oude/verse wormexcrementen = oude/verse wormexcrementen op oppervlak

slijtage grond = slijtage in mm

1-30;.3-20;.05-5;.01-1 = Amplitude van het oppervlak in mm op resp 1 m/0.3 m/50 mm/
10 mm schaal

pl. = plaatselijk

Positie op zode opgegeven ten opzichte van onderkant zode (totale lengte zode 2.9 m) met respectievelijk: 1.2-1.8 = tussen 1.2 en 1.8 m, 1.2- = beneden 1.2 m, 1.8+ is boven 1.8 m

Bij de vóóropname in de Scheldebak is in alle vakken het blad goed vochtig. De grond is relatief droog. De druppeltjes van de fijne beregening blijven aan het blad hangen en de grond wordt er niet nat van.

Na 16 uur golven gold voor alle monsters dat de grond in de zone tussen 1.95 en 2.2 m het sterkst is aangetast, hetgeen enigszins boven het niveau is dat bij hogere golven optreedt.

Lokatie 1 - OLST**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling zandig: <40%; 2de middel tot hoogzandig. Structuur onder zode kruimels van 3-5mm, rul.

Stroomdalgraslandschap; Soortenrijk.

Goed doorworteld. Sterke mat in bovenste 70 mm. Beworteling > 0.3 m diep.

Talud $\pm 1:3$. Zode tussen 0.3 en 3.0 m onder kruinlijn. Afstand onderkant zode tot teen ± 2.5 m. Daaronder veel flauwere helling.

Zodebeschrijving: monster 8, midden

- 0 - 90 Zand matig-sterk kleiig, bruin, zeer veel wortels, 300 2mmgangen/dm2 vaak met kleicoating
1ste blok 12mm afgerond pl.kleicoating
2de blok 3mm afgerond/hoekig
- 90 - 140 Zand matig-sterk kleiig, bruin en geelbruin, matig wortels, 3 3mm gangen/dm2 met kleicoating
1ste blok 20mm hoekig spl 0-0.2mm
2de blok hoekig 3mm spl. 0mm
- 140 - 220 Zand matig kleiig, geelbruin gevlekt bruin, weinig-matig wortels, 2 3mm gangen/dm2 met kleicoating
1ste blok 30mm hoekig spl 0-0.2mm enige wijdere met kleicoating
2de blok 3mm hoekig spl 0mm

Steken van de grote zode: In de eerste meter (onderaan) was de slede niet evenwijdig aan het talud. Hierdoor werd de zode opgetild. Dit moet hebben geleid tot scheurvorming; bovenste helft ging beter.

Vooropname in de goot

1-2.5; .3-2.5; .05-pl.2 pl.4.5; .01-0.4; text. siltig-zandig

Plaatselijk veel haarwortels op het oppervlak, los materiaal gering, <10%; wormexcrementen++.

Na 16uur golven

1-50;.3-50;.05-30;.01-5;Text. siltig.

Lokaal slijtage grond 8mm bij één pol net boven een open plek.

oude wormexcrementen=, verse wormexcrementen++ (enkele procenten van het oppervlak). Veel wormgangen, pl.3 /dm2.

Gras geknakt, warrig, i.h.a. groen, 1.6-1.9 m licht vergeeld, 1.3- m niet geknakt. Haarwortels niet schoon sediment zichtbaar, kan afkomstig zijn van aflaatperiode.

Na 48 uur:

1-20;.3-15;.05-8;.01-3;text.silt-zandig;

> 10 2mm gangen/dm² sommige duidelijk aangetast;

verse wormexcrementen--;pl. oude wormexcrementen;

fijne wortelmat bijna overal 1-5mm ontgraven in oploop 2-5 pl. 8mm bij steilrandjes;

mos 1-5%;gras (matig) geel 1.3-2.3m;gras plat boven 1.2-1.35

Na 12 uur voortgezet golven met aangebracht gat

1-50;.3-50;.05-30;.01-1 / 10 (Is helaas niet meer duidelijk);Text.siltig-kleig.

slijtage grond > 15 bij dikkere stammetjes, slijtage grond -8 bij dunne plantjes.

oude wormexcrementen-; verse wormexcrementen++;

Geen nieuwe grasgroei; gras geel 1.0-2.2; toename zichtbare haarwortels, vormen dichte mat op grote delen van het oppervlak tussen de pollen, zitten licht vast aan de grond

In het gat veel wormgangen. Enige uitspoeling van het gat aan de bovenzijde rondom een forse graswortel, met steilrandjes van 30 mm hoog. Op bodem van het gat uitschuring rond 4 grote wortels.

Lokatie 2 - OLST

Veldwaarnemingen

1ste beoordeling zandig 35%, kleiiger dan lokatie 1, 2de beoordeling middel tot hoogzandig.

Bodemstructuur naar beneden toe minder duidelijk

Stroomdalgrasland, soortenrijk. Zeer veel sterke wortels in bovenste 70 mm, zode ligt hier en daar los op het talud.

Talud $\pm 1:3\frac{1}{2}$.

Zodebeschrijving: monster 12 boven

- | | |
|-----------|---|
| 0 - 80 | Zand zwak kleiig, donkerbruin, zeer veel wortels, 500 1-2mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok 8mm onregelm. matig afgerond spl 0.2mm |
| 2de | blok 1-3mm afgerond |
| 80 - 140 | Zand kleiig, bruin, matig-veel wortels, pl 100 1-2mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok 25mm hoekig onregelm. |
| 2de | blok 4mm hoekig |
| 140 - 200 | Zand zwak-matig kleiig, bruin matig wortels, pl. 50 1-2mm gangen/dm ² met zwakke kleicoating |
| 1ste | blok 25mm hoekig |
| 2de | blok 4mm hoekig-matig afgerond |

Vooropname in de goot

1-30;.3-1-.20;.05-2;.01-1;text.zandig

Weinig los materiaal. Oppervlak is vaak rul en zandig.

Bolling in talud, hoogste punt bij 1.1 m, lengte 1.3 m.

Haarwortels vrij op oppervlak, veel vergane planten(gras)resten.

Na 16uur golven

1-15;.3-15;.05-2,5;.01-1;Text. fijnzandig-siltig.

Lokaal slijtage grond 1 mm bij wortels.

oude wormexcrementen- verse wormexcrementen = .

Weinig, < 1 wormgangen/dm².

Haarwortels op oppervlak, Gras duidelijk geknakt, vooral bovenaan, gras geel 1.40-2.2 m, erg vergeeld 1.5-2 m. .

Na 48 uur:

1-20;.3-10;.05-7;.01-1-3;text.siltig;

zeer dichte fijne wortelmat op opp. 0-2 mm ontgraven;

op 2.1 m rond gat met fijn grind;

gras geel 1.4+;gras plat 1-1.2+

Na 12 uur voortgezet golven met aangebrachte gaten
oude wormexcrementen = verse wormexcrementen--
slijtage grond > 15 mm bij dikkere stammetjes (bij 2.4 m), slijtage grond < 8 mm bij dunne
plantjes; wanden gat bedekt met wortels en haarwortelnet, enige wormgaten in bodem gat.
intensieve haarwortelbedekking 1.5 +; enige nieuwe grasgroei 0.9-, overal sterk vergeeld,
veel kale plekken 1.5 -.
2 grote wortels boven gat, daar ook uitspoeling.

Lokatie 3 - ROSSUM**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling middelzandig geschat $w_L = 40\%$, $\% < 60\mu m = 25\%$, 2de hoogzandig.

Goed doorworteld, kruimelig, blokken 2-5mm. Zode 0.12-0.15 m dik.

Glanshaver hooiland veel kale plekken veel mos.

Zodebeschrijving: monster 17, midden

- | | |
|----------|--|
| 0 - 50 | Zand m. sterk siltig matig kleiig, bruin, zeer veel wortels, 10 1-2mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok ? 20mm hoekig-afgerond spl. 0.2-1mm |
| 2de | blok 1-3mm afgerond |
| 50 - 90 | Silt sterk zandig matig kleiig, bruin, veel-zeer veel wortels, 5 1-2mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok ? 20mm hoekig spl. 0-0.2mm |
| 2de | blok 3-4mm hoekig-afgerond spl. 0.2mm |
| 90 - 140 | Silt sterk zandig matig kleiig, bruin-bruingeel, matig wortels, 3 1-2mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok ? 20mm hoekig spl. 0mm |
| 2de | blok ? 4mm hoekig spl. 0-0.2mm |

Vooropname in de goot

1-60;.3-30;.05-10, pl.5,pl. 0;Text. zandig

Veel kale plekken. pl. wormexcrementen ++ (30%).

veel mieren

Na 16uur golven

1-30;.3-20;.05-8;.01-3; Text. siltig

slijtage grond < 10 mm ,erosie tegen opstaande randjes, pl. ± 10 mm ontgraving, zeer lokaal

1.95-2.2 m enig los materiaal

veel 1 mm gangen, 0.5 /dm² grotere gangen

oude wormexcrementen-- verse wormexcrementen--

haarwortelnetwerk op oppervlak, gras 1.1 + geknakt, veel mos, sterk vergeeld, enige nieuwgroei

Na 48 uur:

1-20;.3-15;.05-10 pl.15;.01-2;text.siltig;

6 3mm gangen/dm²;verse wormexcrementen--;oude wormexcrementen--;

fijne wortelmat 1-4 mm ontgraven;

mos 20% in brekerzone 5%;gras geel 1.1+;gras plat 0-0.9+

Na 12 uur voortgezet golven, geen gat aangebracht
 1-40;.3-40;.05-5;.01-2;Text.siltig.
 slijtage grond 20 mm
 oude wormexcrementen--; verse wormexcrementen=
 Oppervlak is erg kaal, slijtage rond dikkere stelen,
 Gras sterk vergeeld en geslonken, haarwortelnet met gaten erin op oppervlak

Lokatie 4 - BOVENLEEUWEN

Veldwaarnemingen

1ste beoordeling weinig zand, $w_L = 60\%$, 2de beoordeling laagzandig.

Duidelijke 2-5 mm kruimelstructuur met grotere eenheden beneden 40 mm, matig goed doorworteld.

Zodebeschrijving: monster 22, midden

- | | |
|----------|--|
| 0 - 30 | Klei matig siltig matig f.zandig, bruin-donkerbruin, 2 2mm gangen/dm ² , zeer veel wortels (onder mos)
1ste blok? 10mm hoekig-afgerond
2de blok 1mm afgerond |
| 30 - 120 | Klei matig siltig matig f.zandig, bruin gevlekt zwak geelbruin, weinig wortels
1ste blok 20mm hoekig spl.0.2-0.5mm pl. klei/org.coating
2de blok 3mm hoekig spl. 0-0.2mm |

Het monster is genomen t.p.v. een hol gedeelte van het talud. Naar beneden toe is het talud steeds flauwer.

Vooropname in de goot

1-golvend;.3-30 pl. > 30;.05-10;.01-1;Text. siltig

Bult tussen 1.3-1.8 m, dal bij 1.2 m, linkerzijde zode in goot ligt lager (van bovenaf gezien).

Veel mos, veel haarwortels op oppervlak wormexcrementen op mos.

Los materiaal 10%.

Na 16uur golven

1-30;.3-10,20;.05-5;.01-1.5;Text. fijnzandig-siltig

bulten op 1.5-2.25 m.(duikt nog steeds naar rechts (van boven)

slijtage grond soms 2mm bij steilrandjes < 1mm erosie; kuiltjes rond harde stengels; in bovenste deel zode steilrandje 10mm slijtage, steilrandjes zitten op een opgaande flank boven de grote bul;los materiaal .9 -;

oude wormexcrementen--; verse wormexcrementen--

Gras geel 1.6-2.2 m, 25cm lang, slap en fijn; mos bijna gesloten dek, enige open plekken; haarwortelnet vrij

Na 48 uur golven:

1-30;.3-20, pl. 50;.05-30 pl.50 op 1.55m;.01-1;text.siltig;

15-20 2mm gangen/dm²;

fijne wortelmat zeer pl. 1-3 mm ontgraven;

mos > 20-30%; gras geel van 1.3-2.3 m; gras plat 0-1 m

Na 12 uur voortgezet golven

1-60;.3-30;.05-5;.01-1;Text. fijnzandig-siltig.

Ondulatie van de bult op 1.5-2.25 m is ± 60 mm;

slijtage grond 10 mm rond harde stengels; aan onderkant van bult, kale plekken, die aan de bovenzijde begrensd zijn door steilrandjes. Ook op de bult zijn enige (lage) steilrandjes ontstaan. Langs de rand van de goot op 1.6 m is een gat 70 mm diep ontstaan.

Muizegang ontgraven op bult bij 1.9 m; steilrandjes van na 16uur zijn niet meer geprononceerd.

oude wormexcrementen--; verse wormexcrementen--

dichte haarwortelbedekking; grasbedekking dicht; veel nieuwe sprietten, 20cm hoog; weinig grond direct zichtbaar. Boven 2.6 m wat meer kale plekken diam. 80 mm. Veel gras is los en makkelijk te verwijderen. Oud gras 10cm hoog, ligt plat naar links van boven gezien (hellingafwaarts). Gras sterk vergeeld, midden op de bult lijkt vergeling minder waarschijnlijk door mos.

Lokatie 5 - OVERASSELT**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling $\pm 30\%$ zand, ook veel grof zand $\frac{1}{2}$ mm 2de beoordeling matig-hoog zandig. structuur kruimels 2-10mm en grotere eenheden ± 5 cm, tussen 5-10cm diepte meer zand, daaronder vetter.

Intensieve doorworteling tot 10cm, wortels tot > 30 cm.

Er zitten ca. 4 treden in het talud. Midden in de gestoken zode is een bult.

Talud $\pm 1:3$.

Zodebeschrijving: monster 26, onder

- | | |
|----------|--|
| 0 - 40 | Klei zeer zandig en Zand kleiig, bruin-donkerbruin, zeer veel wortels
1ste granulair en blok 2mm afgerond |
| 40 - 85 | Klei zeer sterk zandig sterk siltig, bruin, veel wortels, 2 2mm gangen/dm ²
1ste blok 15mm hoekig-afgerond spl. 0.2-0.5mm
2de blok 2-3mm afgerond spl 0.2-0.5mm |
| 85 - 140 | Klei zeer sterk zandig sterk siltig, bruin-bruingeel, matig wortels, 2 2mm gangen/dm ²
1ste blok 20mm hoekig-afgerond spl. 0.2mm
2de blok 1-4mm hoekig spl. 0-0.2mm |

Vooropname in de goot

1-30;.3-30, onregelmatig;.05-10, pl.30;.01-1; Text. zandig.

Veel wortels op oppervlak. 1.5 m lange golf in het oppervlak, hoogste punt bij 1.5 m.

Na 16uur golven

1-50;.3-40;.05-10;.01-2; Text. fijnsiltig.

Bovenaan slijtage grond < 1 mm (bij 2.2 m); geen los materiaal;

oude wormexcrementen--; verse wormexcrementen--;

kuil op 2.25 m; oppervlak bovenin pokdalig, op steilrandjes enige erosie.

Duidelijke voetindrukken op 1.75cm tot 50cm diep, maar weinig uitspoeling.

Na 48 uur:

1-20;.3-15;.05-10 pl.20-40;.01-3;text.siltig;

1-3 2mm gangen/dm²; weinig verse worm excrementen; zeer pl. oude wormexcrementen in brekerzone;

fijne wortelmat zeer pl. 1-2mm ontgraven;

mos 5-10%; gras geel .9-2.3; gras plat boven 2.1m

Na 12 uur voortgezet golven, geen gat aangebracht

1-40;.3-30;.05-8;.01-1;Text. fijn siltig.

verse wormexcrementen++

slijtage grond 10 mm; voetindruk op 1.75 m is niet uitgespoeld; oorspronkelijke golvingen nog zichtbaar.

Haarwortelnet is erg dun en bijzonder extensief.

Grasbezetting is erg matig, veel mos, gras sterk vergeeld, mos geeft groene indruk samen met nieuwe plantjes 2.2 m+ en 1.4-

Lokatie 6 - OOSTERHOUT

Veldwaarnemingen

1ste schatting weinig zandig, zand < 10%, $w_L = 50-60$, 2de beoordeling laag zandig.
Gras met weinig mos. Stevige klei. Grote wortelgaten nog op 50cm diep. Zode 10cm dik, tot 0.25 m weinig wortels en daaronder zeer weinig wortels.

Duidelijke bodemstructuur.

Tot 1.65 m dezelfde grond

Talud 1:3.4.

Vooropname in de goot

1-25;.3-.20;.05-10;.01-2;Text. siltig.

Homogene bedekking. Dwarsscheur bij 145cm. Veel los materiaal, plaatselijk. wormexcrementen +.

Zodebeschrijving: monster 37, midden

- | | |
|-----------|--|
| 0 - 60 | Klei zeer siltig zwak zandig, bruin-donkerbruin, veel wortels |
| 1ste | blok afgerond onregelm. spl. 0.5-1mm |
| 2de | blok 3mm hoekig spl. 0.2-0.5mm |
| 60 - 120 | Klei sterk siltig zwak f.zandig, bruin, matig-veel wortels, 7 1-3mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok 20mm hoekig onregelm. spl. 0.5mm |
| 2de | blok 3mm hoekig spl. 0.2mm |
| 120 - 190 | Klei sterk siltig zwak f.zandig, bruin, matig wortels, 3 1-2mm gangen/dm ² |
| 1ste | blok 20mm hoekig spl. 0.2mm |
| 2de | blok 3mm hoekig spl. 0-0.2mm |

Na 16uur golven

1-20;.3-20;.05-10;.01-2.5;Text. fijnsiltig.

In brekerzone weinig grondslijtage, geen los materiaal, bovenaan bij steilrandjes 2mm slijtage, haarwortels vrij, losse grond

oude wormexcrementen ++; verse wormexcrementen ++

Gras geel 1.8-2.3 m

Na 48 uur:

1-20;.3-10;.05-5 pl.15;.01-1;text.fijn siltig;

2 3mm gangen/dm²;weinig verse wormexcrementen;

fijne wortelmat 1-2 mm ontgraven in brekerzone, 5-7 mm bij steilrandjes;

mos 30%;gras geel 1.2-2.1 daarboven matig geel;gras plat 1.2+

Na 12 uur voortgezet golven, met moedwilling aangebracht gat

1-30;.3-10;.05-10;.01-1;Text. fijnsiltig-kleiig.

verse wormexcrementen +

Slijtage grond 0 mm, pl. slijtage grond 12 mm., steilrandje op 2.5 m, 4cm hoog

Dicht haarwortelnet

Gat aan bovenkant uitgesleten. Fijne wortels zichtbaar. Veel 2 mm gangen.

Lokatie 7 - OOSTERHOUT

Veldwaarnemingen

1ste beoordeling geschat zand < 15%. $w_L \approx 35\%$, 2de beoordeling weinig zand. Hoog gras. Naast het gestoken vak veel treden van 0.3 m breed en 0.3 m hoog. Talud is nogal kaal, slechte doorwortelling. Doorwortelling tot 10 cm, daaronder zeer weinig. Duidelijke structuur.

Tot 0.6 m duidelijke structuur, daaronder tot 1.5 m vette klei met kruimelstructuur.

Talud 1:3.3.

Zodebeschrijving: monster 32, midden

- | | |
|-----------|--|
| 0 - 30 | Klei matig siltig zwak f.zandig, bruin, veel wortels, 20 1mm gangen/dm ²
1ste blok 2mm afgerond-hoekig spl 0.2-1mm |
| 30 - 110 | Klei matig-sterk siltig zwak f.zandig, bruin, matig wortels, 15 1mm gangen/dm ²
1ste blok 25mm hoekig spl. 0.2-0.5mm
2de blok 2-3mm hoekig spl. 0-0.2mm |
| 110 - 130 | Klei matig-sterk siltig zwak f.zandig, bruin, matig-weinig wortels, 5 1mm gangen/dm ²
1ste blok 20mm hoekig spl. 0.2mm
2de blok 2-4mm spl. 0-0.2mm |

Vooropname in de goot

1-60;.3-25,pl.6;.05-5,pl.6;.01-1.5;Text. siltig.

OP 10% oppervlak los materiaal, pl. veel los materiaal; Veel haarwortels.
veel stengelmateriaal, oude veek 1.1-1.5 m.

Na 16uur golven

1-50;.3-50;.05-10;.01-2,pl.4;Text. fijnsiltig.

Sterk aangetast; slijtage grond tientallen mm's. Op 2.1 m open mollegang; in graafgangen 60-70 mm slijtage; bovenin 10 mm slijtage op steilrandjes; onderin veel los materiaal.

oude wormexcrementen++ verse wormexcrementen++

Veel mollegangen, veel mieren, veel plantebolletjes lohangend, haarwortels als net over overigens kale stukken, 15 2mm gangen /dm²; Grindnest van 15 groter stenen op 0.75 m. Sterk vergeeld over hele hoogte. Geen groen meer tussen 1.6-2.1 m; bovenin haarwortelnetwerk schoongespoeld. Onder "bolletjes" netwerk zichtbaar.

Na 48 uur:

1-60 pl.80;.3-35;.05-20 pl.10;.01-3;text.siltig;

20 2mm gangen/dm²;verse wormexcrementen=;pl. oude wormexcrementen-;

graszodestructuur uitgerepareerd; weinig grind op opp.;

pl. 10-30 mm ontgraven; diepere gaten volgen grote (30-50mm) graafgangen; graafgangen intact op 1.6,2.0,2.5 m;

gras geel 1-2.5 daarboven matig geel;grasresten los

Na 12 uur voortgezet golven

1-100;.3-20;.05-8;.01-1;Text. siltig-kleiïg.

Zode bezweken; gaten van >0.15 m langs de rand van de plag; plaatselijk gerepareerd. Diep uitgesleten mollengang op 2.5 m.

verse wormexcrementen-

Veel look-uitjes bloot, nauwelijks nog haarwortelnet. Veel 2 mm gangen. Grindnest op 0.75 nog intact; rond 1.0 m ook veel grof grind, diam ~ 20 mm.

Verse grasgroei.

Lokatie 8 - HETEREN**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling sterk siltige klei met fijn zand, 2de beoordeling middel(hoog) zandig
Veel bereklauw, stuk uitgezocht met bereklauw in het midden, bovenkant oude bereklauw
en kruiden en onderkant gras. Er is nauwelijks sprake van een graszode, toplaag hangt niet
samen, geen trekkracht tussen duidelijke structuurelementen. Er zijn > .4 m lange dikke
bereklauwwortels, weinig zeer fijne wortels. Grotere grindinsluitingen.

Beneden 1.2 m diepte zand.

Talud 1:2.8.

Zodebeschrijving: monster 42, midden

- 0 - 100 Klei matig/sterk siltig matig f.zandig, bruin-donkerbruin, 3 1-3mm gangen/dm²,
matig wortels soms 6mm dik
- | | |
|------|---|
| 1ste | blok 25mm hoekig zeer onregelm. veel klei/org.coatings spl. 0.2-1mm |
| 2de | blok 12mm hoekig zeer onregelm. |
| 3de | blok 1-3mm hoekig |
- 100 - 180 Klei matig/sterk siltig matig f.zandig, bruin zwak gevlekt lichtbruin, weinig
wortels meeste 1mm, 4 1-3mm gangen/dm²
- | | |
|------|---|
| 1ste | blok/prisma 35mm hoekig onregelm. pl.klei-coating, spl. 0.2-0.5mm |
| 2de | blok 15mm hoekig spl. 0.2mm |
| 3de | blok 1-3mm hoekig 0-0.2mm |

Monstername: Op de zode lag een laag veek die werd opgestroopt door de dwarsbalk van
het snijapparaat. Hierdoor ontstond een scheur dwars over het monster, iets onder het
midden. Bij herhaald steken op andere lokaties bleken andere problemen op te treden, reden
waarom toch deze zode als monster is genomen. Steken blokmonsters problematisch omdat
blokken uiteen vallen.

Vooropname in de goot

1-80; 3-40, pl.80;.05-15;.01-2,3; Text. siltig.

Oppervlak toont "afgerond". Grote dwarsscheur op 1.25 m.

Veel wormexcrementen. Plaatselijk 100%, plaatselijk geen los materiaal.

40-80 mm laag veek 1.2-1.6 m.

Na 16uur golven

Bezweken. Afgedekt.

Lokatie 9 - HETEREN**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling sterk siltige klei, 2de beoordeling (laag)middel zandig.

Wortels tot 35cm diep, veel wormgaten, duidelijke bodemstructuur in de zode. 0.1 m treden in het talud.

Monster is kaal op de hoogwaterlijn, alwaar veel juvenile klaver, 1 molshoop op te steken plag.

Talud 1:2.4-2.8.

Zode beschrijving: monster 47, midden

- 0 - 90 Klei sterk siltig matig f.zandig, bruin zeer weinig grind, 5-8 2-3 mm gangen/dm² matig wortels tot 60 mm tot 5 mm zeer veel
- | | |
|------|---|
| 1ste | blok 30mm hoekig zeer onregelm. pl. org.coating, dicht gepakt |
| 2de | blok 8 mm hoekig zeer onregelm. dicht gepakt |
| 3de | blok 2mm hoekig dicht gepakt |
- 90 - 190 Klei sterk siltig matig f.zandig, bruin bruingeel gevlekt, zeer weinig schelp-fragm., 3 2mm gangen/dm², zeer weinig wortels
- | | |
|------|---|
| 1ste | blok/prisma 25mm hoekig onregelm., spl. 0.2mm |
| 2de | blok 12 mm hoekig onregelm. spl. 0.2mm |
| 3de | blok 3mm hoekig |

Vooropname in de goot

1-40;.3-40;.05-20,pl.30,klifjes taludafw.;.01-3;Text. siltig.

75% los materiaal. Zeer veel regenwormen. Wormexcrementen op het gras. Weinig zichtbare haarwortels op oppervlak.

Na 16uur golven

1-20;.3-20.05-5,pl 2;.01-3; Text. siltig.

slijtage grond ½-1 mm, talud is vlakker geworden, geen steilrandjes, beneden 0.7 m ligt nog losse grond.

oude wormexcrementen=; verse wormexcrementen=

Haarwortels schoongespoeld, gras plat tot 1.3 m, vergeeld (licht) 1.3-1.8 m.

(NB peilstaaf drukt 15 mm putje in de grond op 1.75 m).

Na 48 uur:

1-30;.3-30;.05-10 pl.20;.01-5;text. siltig fijnzandig;

fijne wortels 1-3 mm ontgraven, bij steilrandjes tot 7 mm;

veel 2 mm gangen/dm²;veel verse wormexcrementen; in en boven breker.zone 10 mm klifjes;

pl. weinig mos;gras geel 1-2.1m;gras matig geel 2.1+

Na 12 uur voortgezet golven met gat
1-20;.3-20;.05-4;.01-0;Text. Siltig.

Weinig slijtage; oude wormexcrementen + + ; verse wormexcrementen--; dicht haarwortelnet.
Het aangebrachte gat is aan de bovenzijde een beetje aangetast, en bedekt met een haarwortelnet, enig grind zichtbaar in de wanden van het gat; 1 6mm gang en veel 1-2mm gangen in het gat; 1.5mm wortels in het gat.

Lokatie 10 - LEXKESVEER**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling sterk siltige klei, 2de beoordeling (laag)middel zandig en (monster) hoogzandig. Veel wormgaten; duidelijke kruimel structuur in de zode; Zeer veel sterke fijne wortels tot 0.1 m, wortels tot 0.35 m.

(Het monster was al gestoken vòòr de opname)

Talud 1:4.2

Tot 1.5 m mengsel van grof zand en klei

Talud relief: 1m relief 0.1 m. 0.3 m relief 50 mm.

Zodebeschrijving: monster 52, midden

- | | |
|----------|--|
| 0 - 60 | Silt matig kleiig sterk f-g.zandig, matig grind, bruin, zeer veel wortels (monster zeer nat) |
| 1stre | blok 1-3mm afgerond onregelm.spl. 0-3mm |
| 60 - 95 | Zand gr. zeer kleiig sterk siltig matig grind, bruin, veel wortels, 3 1mm gangen/dm ² |
| 1ste | prisma/blok 20mm vaag hoekig, spl.0-0.5mm |
| 2de | blok 2mm hoekig |
| 95 - 190 | Zand gr. zeer kleiig sterk siltig sterk grindig, bruin-geelbruin, weinig-matig wortels, 5 1mm gangen/dm ² |
| 1ste | prisma/blok 30mm hoekig spl. 0-0.2mm |
| 2de | blok 10mm hoekig spl. 0-0.2mm |
| 3de | blok 2mm hoekig spl. 0-0.2mm |

Vooropname in de goot

1-80;.3-30,pl. 80;.05-20,pl. >20;.01-0;Text.fijnsiltig.

Lokale 80 mm diepe geheel kale beschadiging in talud in de brekerzone. Veel mos, los. Op open plekken 10% los materiaal. Plaatselijk veel haarwortels op oppervlak.

Na 16uur golven

1-50;.3-50;.05-8,pl.30;.01-2; Text. siltig

slijtage grond <=5mm, vooral bij kuilen. Bovenaan geen schade

Mollengang 1.7-2.0 m duidelijk zichtbaar.

Haarwortels schoongespoeld en los, gras geel 1.6-2.1 m, plat tot 1.3 m.

NB 35 mm diepe afdruk van peilstok onderin een 40-50 mm diepe kuil op 1.37 m.

Na 48 uur:

1-70;.3-20 pl.50;.05-10-20;text.siltig;

veel muis/mollegangen 25-40mm;

fijne wortels 2-5 mm ontgraven bij openingen grote gangen tussen .8-2.2 m;

70 mm diep gat tussen 1.5-2.1m met steile buitenranden, begrenzing volgt graafgangen die aan alle kanten vanuit het gat in de zode verder lopen; op bodem gat 20% dunne wortels, pl. grindnestjes op bodem gat 20% dunne wortels, pl. grindnestjes; 2de gat 1.24-1.4 m, uitgeprepareerde graafgang met grid en puin erin;

gras geel 1.15-2.2; gras plat 1m+

Na 12 uur voortgezet golven (zonder aangebracht gat)

1-10;.3-10;.05-10;.01-1;Text. Siltig.

gat 1.5-2.2 m, 60 mm diep. Zwak haarwortelnet op de bodem van het gat, randen van gat steil, bodem vlak. Enige dikke wortels in het gat, met uitschuring rondom. Bovenaan geen schade. Gras is intact, stevig haarwortelnet op oppervlak, veel nieuwe grasgroei .

Lokatie 11 - JAARSVELD

Vooropname in de goot

1-60;.3-60;.05-40, afgeronde steile randen;.01-3;Text. zandig.

Plaatselijk zand. Veel los materiaal. Beschadiging op 110cm. verse wormexcrementen++

Zodebeschrijving: monster 64

- | | |
|-----------|--|
| 0 - 40 | Klei sterk siltig zwak zandig, bruin-donkerbruin, 15 2mm gangen/dm2, zeer veel wortels |
| 1ste | blok 1-3mm afgerond-hoekig spl. 0.5-2mm |
| 40 - 120 | Klei sterk siltig zwak zandig, bruin, veel wortels, 4 3mm gangen/dm2 |
| 1ste | blok/prisma 25mm hoekig spl. 0.2-0.5mm pl. klei/org.coating |
| 2de | blok 2-3mm hoekig spl. 0.2mm |
| 120 - 180 | Klei sterk siltig zwak zandig, bruin-geelbruin, 2 2mm gnagen/dm2 |
| 1ste | blok/prisma 20mm hoekig spl. 0.2-0.5mm |
| 2de | blok 5-10mm hoekig spl. 0.2mm pl. klei coating |
| 3de | blok 1-3mm hoekig spl. 0-0.2mm |

Na 16uur golven

oude wormexcrementen 2% verse wormexcrementen--

Zeer ruw en onregelmatig oppervlak, textuur siltig. Veel mollegangen. ontgraven mollegang op 1.1-1.3 m..

Haarwortelnetwerk is schoongespoeld.

Na 48 uur:

1-50;.3-50;0.5-25 pl.40;.01-3;text siltig;

fijne wortels pl. 1-3mm ontgraven vooral bij steilrandjes in brekerzone, daarboven veel minder;

op veel plaatsen 20-30mm gangen onder gras pl. met grind grofzand;

op diepe, beschutte plekken veel aangetaste oude wormexcrementen

gras geel (bruin) 1-2 m; gras plat 1.4 m +

Na 12 uur voortgezet golven (geen aangebracht gat)

1-30;.3-30;.05-20;.01-2;Text. Siltig.

30 mm diep 50 mm diam. gat op 0.75 m, 1.8, 1.9, 2.25, 2.4 m (pokdalig oppervlak), 1.6-eveneens pokdalig;

verse wormexcrementen--

Haarwortelnet plaatselijk dicht, plaatselijk erg dun en afgesleten;veel nieuwe grasgroei.

Ontgraven mollengang 1.1-1.3 m niet uitgebreid, maar bedekt met versleten haarwortelnet.

Gerepareerd gat langs rand op 1.4-1.6 m.

Lokatie 12 - JAARSVELD**Veldwaarnemingen**

1ste beoordeling zwak siltige klei, 2de beoordeling laag zandig.

Op 1m en 0.3 m schaal is ondulatie 0.1 m. Zeer veel mollengangen. Op 3/4 van onderen een mollegang dwars door de plag. Zeer fijne sterke wortels tot 80 mm, wortels tot > .35-m; bodemstructuur duidelijk kruimels en groter tot 100 mm.

Talud 1:3.5-4.

Zodebeschrijving: monster 63, midden

0 - 40 Klei matig siltig zwak f.zandig,brui, zeer veel wortels (tot 1mm),3 1-3mm gangen/dm²

1ste blok 10mm afgrond-hoekig onregelm.,spl.0.5-1mm

2de blok 1-3mm afgrond/hoezig spl.0.2-0.5mm

40 - 90 Klei matig siltig zwak fijnzandig,bruin, veel wortels,3 2mm gangen/dm²

1ste blok 20mm hoezig-afgerond,spl. 0.2-0.5mm

2de blok 2mm hoezig spl.0.2mm

90 - 150 Klei matig siltig zwak f.zandig, bruin-lichtbruin,weinig-matig wortels 2 3mm gangen/dm²

1ste blok 20mm hoezig spl.0-0.5mm

2de blok 3mm hoezig 0-0.2mm

Vooropname in de goot

1-50;.3-50;.05-20, steil;.01-ruw;Text. fijnzandig

Tussen planten in is het relief lager. Onregelmatige graafgangen ½-1cm breed; 20% los materiaal. Haarwortels op en boven het talud t.p.v. kale plekken; plaatselijk mos tegen pollen. Zeer weinig wormexcrementen.

Na 16uur golven

1-30;.3-20;.05-5,pl.15;.01-1,pl.2;Text. siltig.

Slijtage 1-2mm zichtbaar bij plantjes in grote delen van de aangevallen zone; Bovenaan geen slijtage, pl. 1 mm slijtage grond 1 bij kale plekken; Benedenaan geen los materiaal meer; oude wormexcrementen-; verse wormexcrementen1-2%

Dichte haarwortelnet. Veel mos. gras geel 1.3-2.2 m; zwak geel 0.7-1.3. Nieuw gras bovenaan

Na 48 uur:

1-30;.3-20;.05-20;.01-3;text.siltig;

zeer veel 0.5-1 mm gangen; weinig 2-3mm gangen;pl. steilrandjes;

fijne wortels 2.5 mm ontgraven;

mos aanwezig; gras geel 1.2-2.3; matig geel 1.4- resp. 2.3+;gras plat 1.2+; dikke kruiden stengels rechtop

Na 12 uur voortgezet golven met aangebracht gat
1-30;.3-30;.05-2;.01-0;Text. fijnsiltig.

Slijtage grond 10 mm. Aangebracht gat geen schade zoals steilrandjes aan de bovenzijde, wel iets meer fijne wortels zichtbaar, zeer veel kleine en grote wormgaten, geen dikke wortels.

verse wormexcrementen--; Haarwortelnet is nog dicht, maar gesleten; Veel nieuwe gras; Mos sterk afgenomen.

Bijlage 9

**Beschrijving van een aantal zodeemonsters
van de lokaties 1 en 2**

Lokatie 1

monster 7 onder

- 0 - 80 Silt zandig matig kleiig, donkerbruin, zeer veel wortels, 4 3mm gangen/dm2
1ste blok 20mm afgerond/hoekig
2de blok 2-4mm hoekig spl 0-0.2
- 80 - 120 Silt sterk zandig matig kleiig (einig 10mm kleibrokjes), bruin gevlekt lichtbruin-
matig wortels, 1 3mm gang/dm2
1ste blok 15mm spl 0
2de blok 3mm zeer hoekig
- 120 - 200 Silt sterk zandig zwak kleiig, lichtbruin, matig wortels 1 3mm gang/dm2 met
kleicoating
1ste blok 25mm zeer hoekig pl. kleicoating
2de blok 3mm zeer hoekig soms platig (niet hor.)

monster 7A onder

- 0 - 70 Klei sterk siltig matig zandig, donkerbruin, zeer veel wortels, 50-100 2mm gan-
gen/dm2
1ste blok 25mm hoekig/afgerond spl 0.5mm
2de blok 3mm afgerond

monster 8 midden

- 0 - 90 Zand matig-sterk kleiig, bruin, zeer veel wortels, 300 2mmgangen/dm2 vaak
met kleicoating
1ste blok 12mm afgerond pl. kleicoating
2de blok 3mm afgerond/hoekig
- 90 - 140 Zand matig-sterk kleiig, bruin en geelbruin, matig wortels, 3 3mm gangen/dm2
met kleicoating
1ste blok 20mm hoekig spl 0-0.2mm
2de blok hoekig 3mm spl. 0mm
- 140 - 220 Zand matig kleiig, geelbruin gevlekt bruin, weinig-matig wortels, 2 3mm
gangen/dm2 met kleicoating
1ste blok 30mm hoekig spl 0-0.2mm enige wijdere met kleicoating
2de blok 3mm hoekig spl 0mm

monster 8A midden

- 0 - 20 Zand siltig matig-zeer kleiig, bruin, matig wortels, 100 2mm gnagen/dm2 met coatings en wormexcrementen
1ste blok 25mm hoekig-afgerond spl 0.2-0.5mm
2de blok 2-4mm afgerond/matig hoekig
- 20 - 100 Zand siltig matig kleiig, weinig-matig wortels, 1-10 2mm gangen/dm2
1ste blok 25mm hoekig spl 0.5mm
2de blok 2-5mm hoekig

monster 9 boven

- 0 - 45 Silt matig zandig matig kleiig, donkerbruin, zeer veel wortels, 50 2mm gnagen/dm2
1ste prisma/blokken (lopen door in volgende laag) 100mm spl. 0-0.5mm
2de blok 1-2mm afgerond
- 45 - 110 Silt matig zandig matig-sterk kleiig, bruin-donkerbruin, matig wortels, 10 2mm gangen/dm2
1ste prisma 100mm spl 0.5mm
2de blok 2-3mm 20mm hoekig/afgerond
- 110 - 190 Silt matig zandig matig kleiig, bruin, weinig-matig wortels, pl. 2 2mm gangen/dm2
1ste blok 50-100 mm zeer hoekig spl 0.2-0.5mm
2de blok 15mm zeer hoekig
3de blok 4mm zeer hoekig

monster 9A boven

- 0 - 30 Silt zeer kleiig matig zandig, donkerbruin, zeer veel wortels, 200 2mm gangen/dm2
1ste blok afgerond 2mm
- 30 - 110 Silt zeer kleiig matig-sterk zandig, donkerbruin, veel wortels, 5-10 2-3mm gangen/dm2
1ste blok 15mm hoekig spl 0.2mm
2de blok 4mm hoekig/afgerond

Lokatie 2

monster 10 onder

- 0 - 100 Zand kleiig, bruin zeer veel wortels, 200 2mm gangen/dm²
1ste blok hoekig/afgerond onregel. spl 0-0.2mm pl. kleicoatings
2de blok 2mm matig hoekig spl. 0-0.2mm
- 100 - 230 Zand zwak-matig kleiig, lichtbruin, veel wortels, 20 2-3mm gangen/dm²
1ste blok 30-50mm hoekig nregel. pl. kleicoating
2de blok 10mm hoekig
3de blok 2-3mm hoekig

monster 10A onder

- 0 - 60 Klei zeer siltig matig zandig, donkerbruin, zeer veel wortels, 100-150 2mm gangen/dm²
1ste blok 3mm afgerond
- 60 - 120 Klei zeer siltig matig zandig, donkerbruin, matig-veel wortels, 10-40 2mm gangen/dm² vaak met kleicoating
blok 20mm zeer hoekig spl 0mm
2de blok 5mm hoekig/afgerond
- 120 - 160 Klei zeer siltig zeer zandig, bruin, matig wortels, 10 2mm gangen/dm²
1ste blok 20mm hoekig spl 0.2mm pl. kleicoating
2de blok 3mm hoekig spl 0-0.2mm

monster 11A midden

- 0 - 70 Klei zeer zandig matig siltig, donkerbruin, weinig-matig wortels, 100-200 2mm gangen/dm² met kleicoating en wormexcrementen
1ste blok 20mm zeer hoekig spl 0.5mm veel kleicoatings soms mammilated
2de blok 3mm zeer hoekig



locatie Delft
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 569353
telefax 015 619674
telex 38176 hydel-nl
e-mail info@wldelft.nl

m.i.v. 10 oktober 1995
telefoon 015 2569353
telefax 015 2619674

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon 05274 2922
telefax 05274 3573
telex 42290 hylvo-nl
e-mail info@wldelft.nl

m.i.v. 10 oktober 1995
telefoon 0527 242922
telefax 0527 243573

