



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM BORGERHOUT

BERCHEMLEI 115 2200 ANTWERPEN TEL: 03/236.18.50

# **STRAND VAN OOSTENDE**

1983

**MOD. 401**

# Vlaams Waterbouwkundig Laboratorium

---



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
*Departement Leefmilieu en Infrastructuur*  
Administratie Waterwegen en Zeewezen  
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium  
en Hydrologisch onderzoek

MOD. 401

STRAND TE OOSTENDE

MOD. 401

STRAND TE OOSTENDE



## Mod. 401 - Strand te Oostende

1. **Inleiding**
2. **Basisgegevens**
  - 2.1 Getij
  - 2.2 Golven
  - 2.3 Zeegrint
  - 2.4 Bathymetrie en profielen
3. **Model**
  - 3.1 Getij
  - 3.2 Golven
  - 3.3 Zeegrint
  - 3.4 Bathymetrie en profielen
4. **Proevenprogramma**
5. **Bepaling optimale evenwichtshelling en laagdikte**
  - 5.1 Proeven tot evenwicht
  - 5.2 Jaarcyclus
  - 5.3 Besluiten
6. **Bepaling golfoploop en overtopping**
  - 6.1 Huidige toestand
  - 6.2 Oorspronkelijk ontwerp
  - 6.3 Alternatieve ontwerpen
  - 6.4 Besluiten
7. **Uitvoeringsfasen**
8. **Aansluiting "Klein Strand"**
  - 8.1 Stabiliteit
  - 8.2 Golfrefractie en diffractie
  - 8.3 Besluiten
9. **Algemene besluiten**

## 1. INLEIDING

De lage ligging van het strand tussen het Casino-Kursaal en het Klein Strand te Oostende (Z + 1m50 à 2m50 tegen de dijk en een helling van 1/50 à 1/60) is er de oorzaak van dat de zeedijk aldaar (gem. kruinpeil Z + 9m80) bij zware storm overtopt, wat dan tot wateroverlast leidt voor de lager gelegen stadskern (zie bijlage 1).

Het strandpeil aldaar is sinds lang quasi ongewijzigd en de bouw van een stormmuurtje tussen de wandeldijk en de rijweg (eerst tot Z + 10m25, in 1980 verhoogd tot Z + 10m50 à 10m60) heeft de wateroverlast weliswaar reeds beperkt, doch bij zware storm moet vastgesteld worden dat deze veiligheidsmaatregel niet afdoende is om de bedreiging voor de achtergelegen stadskern volledig weg te nemen.

In het vijfjarenprogramma ter bestrijding van de nefaste gevolgen van stormvloeden was dan ook tevens een kunstmatige verhoging van het strand voorzien, waarvoor door de Dienst der Kust, directie Midden- en Westkust een eerste ontwerp werd opgemaakt, bestaande uit een strandverhoging tot Z + 4m75 tegen de zeedijk en onder een helling 1/50 naar Z + 0m75, gecombineerd met de bouw van een lage strekdam (digue de préférentement), kruinhoogte Z + 0m75 en kruinbreedte 6 m, op iets meer dan 200 m zeewaarts de dijk.

Dit ontwerp werd omwille van de bezwaren tegen deze strekdam (ontgroning vóór en achter, gevaar voor badgasten, verhinderen natuurlijke strandopbouw) gevolgd door twee variant-ontwerpen, het eerste bestaande uit een zandsuppletie tot Z + 5m75 tegen de zeedijk en onder een helling 1/50 naar Z + 2m35, gesteund door een grindkade met kruinhoogte Z + 2m à 2m35, kruinbreedte 30 m en zeevaartse helling van 1/10, het tweede uit een grindsuppletie met kruinhoogte Z + 6m, kruinbreedte 25 m, verticale dikte 3 m à 3m50 en zeevaartse helling 1/7, gevolgd door een zandopvulling van Z + 6m naar Z + 7m tegen de zeedijk onder een helling van 1/50 (zie bijlage 2).

Op 18 maart 1983 werd het Waterbouwkundig Laboratorium belast met een tweedimensionale studie op fysisch golfmodel van de verhoging van het strand vóór de stadskern van Oostende. In overleg met de Dienst der Kust werd beslist daarbij uit te gaan van het tweede variant-ontwerp teneinde aldus een nauwkeurig idee te verkrijgen van toe te passen evenwichtshelling, optimale laagdikte en overtoppingskarakteristieken.

## 2. BASISGEGEVENS

### 2.1. Getij.

Inzake de getijen te Oostende werd uitgegaan van de gemiddelde getijgegevens 1952 - 1970, weergegeven op de bijlage 3. Van de geëxtrapoleerde overschrijdingsfrequenties der hoogwaters te Oostende is weinig bekend en wordt uitgegaan van volgende veronderstellingen : (curve A van bijlage 4)

4m75	100/1
5m75	1/1
6m25	1/10
6m75	1/100

### 2.2. Golven.

Inzake de golfgegevens werd uitgegaan van de golfregistraties Westhinder over de periode 1958 - 1971 als "diepwatergegevens". Uitgaande van deze registraties zijn de voorkomenspercentages der significante golfhoogten uitgezet in onderstaande tabel. Deze golven werden vervolgens per golfrichting gereflecteerd naar de Z - 5m dieptelijn voor de Oostendse kust wat aanleiding geeft tot de voorkomenspercentages der significante golfhoogten in de derde kolom der tabel.

$H_s$	Westhinder alle richtingen	Westhinder sector ZZW-NNO	Z - 5m Oostende sector ZZW-NNO
0 - 0.5 m	25 %	22.8	77
0.5 - 1.5 m	41.4	38.9	19.4
1.5 - 2.5 m	21.6	24.3	2.8
2.5 - 3.5 m	8.7	10.5	0.6
> 3.5 m	3.3	3.5	0.2
	<hr/> 100 %	<hr/> 100 % (47,8% van tot.)	<hr/> 100 %

Terugkerend op jaarbasis met volledige windroos, en ervan uitgaande dat landwinden geen aanleiding geven tot significante golfhoogten nabij het strand van Oostende leiden deze gegevens tot de overschrijdingscurve B van bijlage 4 of nog tot de overschrijdingsfrequentie van mogelijke stormen met overeenkomstige  $H_s$ , weergegeven als curve C van dezelfde bijlage. (Voor deze curve werd uitgegaan van een gemiddelde stormduur van 6 hr. en dient er tevens op gewezen dat boven  $H_s = 5m00$  het brekingscriterium gaat gelden, zijnde  $H_s = 0.45 D$  voor  $Z = 5m$  en het overeenkomstige voorkomen van HW).

### 2.3. Zeegrint.

Inzake het te bezigen zeegrint werd voor een 75-tal monsters van de te Zeebrugge aangevoerde vrachten een zeefkromme opgesteld wat per vindplaats leidde tot de gegevens van onderstaande tabel en voor de totaliteit der monsters tot de omhullenden van bijlage 5.

Vindplaats	Vrachten	monsters	% < 2mm	$d_{50}$ mm	$d_{90}$ mm
Wight	10	20	24 %	9.5	30
Thames	14	14	22 %	11.5	31
Wissant	10	20	21 %	14	39
Dieppe	10	20	15 %	15	38
Totaal	44	74			
Gemid.			20.5 %	12.5	34.5

Uit de omhullenden zou blijken dat voor de totaliteit der monsters de fractie kleiner dan 2 mm schommelt tussen 7 en 37 %, de  $d_{50}$  tussen 5.4 en 21 mm en de  $d_{90}$  tussen 22 en 54 mm.

#### 2.4. Profiel en bathymetrie

Voor de bathymetrie van het bedoelde kustgedeelte werd uitgegaan van de opnamen van de vooroever van september 1982 - schaal 1/5000 (zie bijlage 1), van de overeenkomstige strandprofielen 42, 43 en 44 en van de fotogrammetrische strandwaarnemingen van mei 1983 - schaal 1/1000.

Uit deze gegevens blijkt dat ter hoogte van het te suppleren strand de helling momenteel circa 1/50 à 1/60 bedraagt, sedert lang stabiel is, en dat de Z - 0m lijn zich op 100 à 150 m en de Z - 5m lijn zich op 350 à 450m van de kruin van de zeedijk bevindt.

Tegen de zeedijk is het strandpeil gelegen tussen Z + 1m50 à 2m70, terwijl bij gebrek aan correctere gegevens voor de zeedijk voorlopig werd uitgegaan van een taludhelling van 68° (bgtg 10/4).

Voor het in te brengen profiel der strandverbetering werd uitgegaan van het schetsvoorontwerp van bijlage 2.

### 3. HET MODEL.

Alle proeven werden uitgevoerd in een golfgoot, met als afmetingen 63.5 x 4.01 x 1.45m en uitgerust met een golfgenerator "Arenfield" waarmee regelmatige of onregelmatige golven kunnen gegenereerd worden.

De goot is tevens voorzien van een toe-en afvoersysteem zodat tijdens de proeven een veranderlijk waterpeil kan ingesteld worden, met een maximale waterhoogte in het kanaal van 1m20.

In samenwerking met de Dienst der Kust werd beslist de proeven uit te voeren op schaal 1/12 (tijdsschaal 1/3.464), en het kanaal in de breedte te halveren (2 x 2m00) teneinde twee proeven simultaan te kunnen uitvoeren.

#### 3.1. Getij

Voor het modelgetij (veranderlijke waterstand) werd uitgegaan van het gemiddeld springtij 1952 - 1970 te Oostende. Daar het toe-en afvoersysteem van het kanaal echter alleen met konstant debiet kan werken leidde dit tot het geschematiseerd getijverloop van bijlage 6 met tijamplitude 4m90 (Z - 0m10 tot Z + 4m80) en tijdsduur 12h30 (216.5 min. model). De modelapparatuur liet toe dit waterstandsverloop steeds opnieuw zonder enige tussenkomst te herhalen.

#### 3.2. Golven

Voor het instellen van een onregelmatig golfpatroon diende, naast de keuze van het toe te passen energiespectrum en de significante golfhoogte  $H_s$ , tevens de waterdiepte in het kanaal  $d$  en de modelschaal  $n$  te worden ingevoerd, om de "Wave spectrum synthesizer" toe te laten hieruit een bewegingsspectrum voor het golfshot te bepalen en uit te sturen. Uitgaande van de besluiten van het afstudeerwerk "Studie van de golfenergiespectra langs de Belgische Kust" van ir. S. Rouseff, RUG 1982, werd beslist uit te gaan van het Pierson-Moskovitz spectrum wat met het toegepaste programma en met  $m_0$ , oppervlakte van het energiedichtheidsspectrum leidde tot 
$$H_s = 4 \sqrt{m_0}$$

een zero-crossing periode

$$T_{zc} \text{ (sec)} = 4.18 \quad H_s \text{ (m)}$$

en een overeenkomstige windsnelheid

$$U \text{ (m/s)} = 1.67 T_{zc} \text{ (sec)}$$

of nog	$H_s$ (m)	$T_{zc}$ (sec)	U (m/s)
	1	4.18	6.98
	2	5.91	9.87
	3	7.24	12.09
	3.5	7.82	13.06
	4	8.36	13.96
	4.5	8.87	14.81
	5	9.35	15.62

Daar, zoals hoger gesteld, het in te stellen bewegingsspectrum van het golfschot voor het verkrijgen van een bepaald golfspectrum in de goot, tevens afhankelijk is van de waterdiepte in het kanaal, en deze variabele is in functie van de tijd (waterstand varieert i.f.v. het getij) werd voor de golfinstelling steeds uitgegaan van een middenzeestand (Z + 2m35) wat dan echter bij laagwater aanleiding gaf tot iets te lage, bij hoogwater tot iets te hoge golven. Bijlage 7 toont dat enerzijds op 0,5 m van het golfschot, anderzijds op 15 m van het golfschot (aanvang zeebodem helling 1/50 vanaf Z - 5 m) bij deze instelling volgende significante golfhoogten werden ingemeten ( $H_{sgem}$  = gemeten,  $H_{s(ing)}$  = ingestelde significante golfhoogte)

$H_{sgem}$  op 0.5 m van het schot       $H_{sgem}$  op 15 m van het schot

$H_{s(ing)}$	$H_{sgem}$ op 0.5 m van het schot			$H_{sgem}$ op 15 m van het schot								
	LW	% $H_{s(ing)}$	MSL %	MSL $H_{s(ing)}$	HW	% $H_{s(ing)}$	LW	% $H_{s(ing)}$	MSL %	MSL $H_{s(ing)}$	HW	% $H_{s(ing)}$
1 m							0.73	73	0.87	87	1.96	96
2	1.48	74	2.09	104	2.41	120	1.38	69	1.92	96	2.24	112
3	2.30	77	3.10	103	3.66	122	2.10	70	2.92	97	3.42	114
3.5	2.37	68	3.32	95	4.05	116	2.17	62	3.03	87	3.68	105
gem.		73%		100%		120%		69%		92%		107%



Uit deze tabel blijkt dat bij laagwater de golven 25 à 30 % lager, bij hoogwater 10 à 15% hoger zijn dan de ingestelde significante golfhoogte, waarbij tevens kan opgemerkt dat het verlies aan golfhoogte op 15m van de golfgenerator (Z - 5m lijn) circa 7 à 8 %, m.a.w. verlies aan golfenergie ongeveer 15% bedraagt t.o.v. de meting vlak bij het schot.

Voor het verkrijgen van deze resultaten werd telkens bij vaste waterstand gedurende 20 x 50 sec. model (20 x 2 min. 53 sec. natuur) gemeten, telkens de  $H_s = 4 \sqrt{m_0}$  bepaald, alsook de gemiddelde  $H_s$  der 20 metingen, die hierboven wordt weergegeven. Het gemiddelde energiedichtheidsspectrum der 20 metingen, alsook de golfregistratie der 11e meetperiode werden uitgetekend, zoals weergegeven op het voorbeeld van bijlage 8.

### 3.3 Zeegrint

Daar op voorhand niet geweten is welke vindplaats voor de uitvoering van het werk zal gebezigd worden werd uitgegaan van de fijnst mogelijke korrelverdeling (vindplaats Wight) met  $d_{50} = 9.5$  mm en  $d_{90} = 30$  mm. De hoeveelheid fijne fractie (Wight 24% < 2 mm) werd echter gevoelig verkleind, enerzijds om schaalredenen, anderzijds omwille van het uitgangspunt dat deze fractie toch vrij snel (zelfs tijdens de bouwfasen) zal uitgewassen worden. Het lijkt dan ook aangewezen bij de aanbesteding met deze verliezen rekening te houden. De korrelverdeling van het op modelschaal 1/12 gebezigde zeegrint staat weergegeven op bijlage 5.

### 3.4 Bathymetrie en profiel.

Uitgaande van de bathymetrie van bijlage 1 en het schetsontwerp van bijlage 2 werd het huidige strand ingebracht onder een helling 1/50 vanaf Z - 5 m op 368 m uit de kruin der zeedijk (strandpeil Z + 2m30 tegen zeedijk) en werd vervolgens zand en grint ingevoerd zodat de teen van de grintkade met zeewaartse helling 1/7 samenviel met de Z - 0 m lijn (50m droogstrand, helling 1/50 van Z + 7m naar Z + 6 m, 25 grintkadekruin op Z + 6m en 42m grinttalud 1/7, totaal 117 m uit raakpunt nieuw strand-zeedijk of 115 m uit raakpunt huidige strand-zeedijk op Z + 2m30). De volledige weergave van het ingebouwde ontwerp in de golfgoet is uitgetekend op bijlage 9.

#### 4. PROEVENPROGRAMMA

In samenspraak met de opdrachtgever werd volgend proevenprogramma samengesteld :

- a) Bepalen evenwichtshelling en optimale laagdikte :
  - a.1 Bepalen evenwichtshelling per golfklasse.  
Toenemende  $H_s$ , golfactie tot evenwicht, telkens herstel initieel talud.
  - a.2 Invloed  $H_s$  op evenwichtsprofiel  
Toenemende  $H_s$ , golfactie tot evenwicht, geen herstel initieel talud.
  - a.3 Herstel evenwichtsprofiel.  
Afnemende  $H_s$ , golfactie tot evenwicht, geen herstel initieel talud.
  - a.4 Jaarcyclus  
Opbouwend en afbrekend golfveld volgens geschematiseerde cyclus samengesteld op jaarbasis.

Al deze proeven dienden uitgevoerd met variabele waterstand volgens het gemiddeld springtij Oostende en met taludhelling 1/5, 1/7 en/of 1/10. Daar, zoals hoger vermeld, de golfgoot langs gehalveerd werd konden de proeven a.1 en a.2 tegelijkertijd worden uitgevoerd, en werd er besloten te starten met een ontwerphelling 1/7.

- b) Bepalen golfovertopping en golfoploop  
Toenemende  $H_s$  en vaste waterstanden HW, HW + 1 m, HW + 2m.  
Meten van hoeveelheid water op wandeldijk en over stormmuurtje.
- c) Onderzoek bouwfases.  
Gedrag grindkaden met verschillende kruincota's.

**5. BEPALING OPTIMALE EVENWICHTSHELLING EN LAAGDIKTE.**

Zoals aangegeven op bijlage 6 werden op een zestal perioden over het getij golfmetingen uitgevoerd in de posities 2 (Z - 5 m lijn) en 3 (Z - 0,5 m lijn), wat leidde tot de significante golfhoogten weergegeven op bijlage 10 of nog tot de gemiddelde significante golfhoogten over het getij van onderstaande tabel ( $H_{s(ing)}$  = ingesteld,  $H_{sgem}$  = gemeten).

$H_{s(ing)}$	$H_{sgem}$ Z - 5 m			$H_{sgem}$ Z - 0.5 m		
	LW	gemidd.	HW	LW	gemidd	HW
1	0.73	0.93	1.04	0.67	0.91	1.01
2	1.42	1.81	2.07	0.74	1.64	2.13
3	2.07	2.87	3.41	0.92	2.21	3.33
3.5	2.18	2.92	3.50	0.96	2.36	3.42

Deze gemiddelde significante golfhoogten op de Z - 5 m lijn bevestigen hogervermelde conclusies dat op deze plaats 7 à 8% van de golfenergie reeds verdwenen is, behalve voor  $H_{s(ing)} = 3m50$  waar circa 17% van de golfenergie op 15 m van het golfschot verdwenen is, daar reeds verscheidene golven vlak voor het golfschot breken, zoals ook blijkt uit de brekingscriteriumlijn van bijlage 7.

Op de Z - 0,5 m lijn bedraagt het verlies aan golfenergie voor toenemende golfhoogten respectievelijk 9, 18, 21 en 32%, toename van verlies dat weer te wijten is aan het feit dat de golven breken op de bodem die onder helling 1/50 oploopt van Z - 5 m tot Z - 0 m.

**5.1. Proeven tot evenwicht.**

$H_s = 1$  m : Aan beide zijden van het kanaal werd gestart met een ontwerphelling 1/7 en vervolgens werden met een ingestelde

golfhoogte  $H_s = 1\text{m}$  vijfenvijftig tijen gestroomd. Zoals blijkt uit bijlage 11 wordt de ingestelde helling geenszins aangetast en gaat slechts een beperkte hoeveelheid materiaal met het getij mee op en neer bewegen, aanleiding gevend tot riffelvorming bij opgaand tij, die echter volledig terug wordt uitgevlakt bij afgaand tij, hier en daar vlekken uitgewassen grover materiaal achterlatend (zie foto bijl.12). Bovendien zal een kleine hoeveelheid fijner materiaal bovenaan en grover materiaal onderaan het talud worden afgezet (zie korrelverdeling monsters genomen na 55 tijen aan top en teen talud - bijlage 12) waardoor er zich aan de kruin na 55 tijen een opzet voordoet van circa 25 cm (er dient hierbij opgemerkt dat steeds opnieuw werd gestroomd met eenzelfde gemiddeld springtij HW = Z + 4m80).

$H_s = 2\text{m}$

Zoals weergegeven op bijlage 13 werd het rechter talud hersteld naar zijn oorspronkelijke helling 1/7 en bleef het linkertalud behouden (ook helling 1/7 maar met kruinopzet van 25 cm). Vervolgens werden 10 tijen gestroomd met ingestelde significante golfhoogte  $H_s = 2\text{ m}$ .

Na één tij is de helling aan beide zijden gereduceerd tot 1/9,50 door een kantelen van het talud omheen MSL (teen komt ongeveer 7 m vooruit, kruin gaat ongeveer 8 m achteruit), gekombineerd met een ophoging van de kruin tot 6m30. Bij hoogwater bereiken enkele golfcombinaties de zeedijk waardoor een geringe hoeveelheid grover materiaal op het ganse droogstrand wordt afgezet.

Na 10 tijen is de helling aan beide zijden verder afgenomen tot 1/11 door een verder kantelen van het talud omheen MSL (teen komt ongeveer 11 m vooruit, kruin gaat ongeveer 13 m achteruit). De ophoging van de kruin bereikt een maximum peil van 6m55 en strekt zich uit tot circa 8m op het droogstrand.

Zoals blijkt uit bijlage 20 kan voor de gebruikte grintsamenstelling 1/11 aangenomen worden als evenwichtshelling voor een golfklimaat met significante golfhoogte van circa 2m.

$$\underline{H_s = 3 \text{ m}}$$

Na herstel van het rechter talud naar een helling 1/7 en behoud van het linker talud met helling 1/11 werden 4 tijen gestroomd met ingestelde significante golfhoogte  $H_s = 3 \text{ m}$  (zie bijlage 14).

Bij het uitgangstalud 1/7 (rechts) is de helling reeds na 1 tij verflauwd tot 1/14 (teen komt ongeveer 18 m vooruit, kruin gaat 24 m achteruit) zodat het droogstrand juist niet aangetast wordt. Dit gebeurt wel het tweede tij, zodat na 4 tijen een helling 1/18 bereikt wordt met een vooruitgang van de teen van circa 30 m en een achteruitgang van de kruin met 35 m. Omstreeks hoogwater bereiken verscheidene golfcombinaties de dijk en wordt elke keer een dunne laag grint bovenop het resterende droogstrand afgezet, zodat deze grintlaag na 4 tijen een dikte bereikt van circa 25 cm. Bij het uitgangstalud 1/11 (links) is de helling na 1 tij verflauwd tot 1/13 door een vooruitkomen van de teen met 6 m en een achteruitgang van de kruin met 6 m. Pas tijdens het 4e tij is ook hier aantasting van het droogstrand merkbaar en wordt een helling bereikt van 1/17. In totaal is de teen ook hier 30m vooruitgekomen, de kruin echter slechts 30 m achteruitgeslagen met een grintlaag boven het resterende droogstrand die na 4 tijen een dikte van ongeveer 10 à 15 cm bereikt. Omwille van de aantasting van het droogstrand werd beslist niet tot evenwicht door te gaan, hoewel uit bijlage 20 toch blijkt dat de evenwichtshelling voor een golfklimaat met ingestelde golfhoogte  $H_s = 3 \text{ m}$  ongeveer 1/19 moet bedragen.

$$\underline{H_s = 3\text{m}50}$$

Na herstel van het rechtse talud naar een helling 1/7 en behoud van het linkse talud op 1/17 werden twee tijen gestroomd met ingestelde golfhoogte  $H_s = 3\text{m}50$ . Hierbij dient echter opgemerkt dat omwille van de breking der golven vlak voor het golfschot, op de Z - 5 m lijn gemiddeld over het getij significante golfhoogten worden gemeten die slechts 2m92 bedragen (ten opzichte van 2m87 bij  $H_{s(\text{ing})} = 3\text{m}$ ) zodat

de reëel toegepaste golven slechts 2 à 3% hoger zijn als deze bij de ingestelde  $H_s = 3$  m. Men zou deze proef dan ook als een voortzetting kunnen beschouwen van de vorige, met  $H_{s(ing)} = 3$  m.

Bij het uitgangstalud 1/7 (rechts) is de helling na 1 tij verflauwd tot 1/14.50 (1/14 bij  $H_{s(ing)} = 3$  m) zodat het droogstrand juist aangetast wordt. Na 2 tijen wordt een helling bereikt van 1/16 (1/15.70 bij  $H_{s(ing)} = 3$  m) (zie bijlage 15). Bij het uitgangstalud 1/17 (links) gaat de helling verder verflauwen naar 1.17.50 resp. 1/18.00 door verdere achteruitgang van de kruin en aantasting van het droogstrand (totale achteruitgang kruin circa 35 m).

$H_s = 3m00$

Deze proef nogmaals als voortzetting van de vorige beschouwend werd beslist het rechtse talud te behouden op 1/16 en het linkse talud te herstellen naar 1/10, met behoud van de plaats der kruin op 75 m uit de zeedijk (zie bijlage 16). Vervolgens werden 4 tijen gestroomd met ingestelde significante golfhoogte  $H_s = 3$  m. Zoals verwacht ging het rechtse uitgangstalud 1/16 verder verflauwen naar 1/16.50 na 1 tij en 1/17.50 na 4 tijen met verdere aantasting van het droogstrand en totale achteruitgang van de kruin op Z - 6m over circa 40 m. Het bijkomende grint dat elk tij op het resterende droogstrand wordt geworpen maakt dat deze grintlaag na 4 tijen een dikte van ongeveer 25 à 30 cm bereikt.

Het linkse uitgangstalud 1/10 verflauwt na 1 tij tot 1/14 en na 4 tijen tot 1/16 met totale achteruitgang der kruin over circa 28 m, zodat het droogstrand slechts over enkele meters wordt aangetast. De teen van het talud komt echter slechts over 9 m vooruit zodat zich onder en boven Z + 3m een totaal andere helling instelt van resp. 1/13 en 1/19 (zie bijlage 16), een fenomeen dat bij een uitgangshelling 1/7 quasi niet werd waargenomen.

$H_s = 2m$

Met behoud van beide taluds op 1/17.50 (rechts) en 1/16 (links) werden vervolgens 16 tijen gestroomd met  $H_s = 2m$ , teneinde het opbouwend vermogen van deze golven na te gaan (zie bijlage 17). Zoals blijkt uit de samenvatting van bijlage 20 gaat er rechts een geleidelijke heropbouw met nieuwe kruin optreden van 1/17.50 naar 1/14.50 na 16 tijen.

Links gaat de golf eerst een éénledig talud opbouwen van 1/15 om vervolgens vrij snel met nieuwe kruinopbouw over te gaan naar 1/13 en dan zeer geleidelijk verder af te nemen naar 1/12.75 na 16 tijen.

$H_s = 1m$

Met behoud van beide taluds op 1/14.50 (rechts) en 1/12.75 (links) werden vervolgens 42 tijen gestroomd met  $H_s = 1m$ . Zoals blijkt uit de bijlagen 18 en 20 gaat de opbouw van het talud (met nieuwe kruinopzet) zeer geleidelijk volgens volgend schema :

hellingevolucie	totaal aantal tijen
1/13 - 1/12	± 3
1/11	7
1/10	12
1/9	20
1/8	31
1/7	43

Samenvatting der resultaten van de proeven tot evenwicht.

De resultaten van hogerbeschreven proeven werden samengevat op bijlage 19 in tabelvorm en op de bijlagen 20 en 21 in grafiek.

Bijlage 20 geeft de algemene evolutie der taludhellingen, die nogmaals als volgt kan samengevat worden :

$H_{sgem}$ Z - 5m	0.93	1.81	2.87	2.93	2.87	1.81	0.93
aantal tijen	55	10	4	2	4	16	43
evolutie links	1/7-1/7	1/7-1/11	1/11-1/17	1/17-1/18	1/10-1/16	1/16-1/12.7	1/12.7-1/7
evolutie rechts	1/7-1/7	1/7-1/11	1/7-1/18	1/7-1/16	1/16-1/17.5	1/17.5-1/14.5	1/14.5-1/7.5

Algemeen kan gesteld dat steeds een draaiing plaatsvindt rondom MSL (steeds gestroomd met gemiddeld springtij) en dat de proeven hebben geleid tot volgende evenwichtshellingen (zie bijlage 21 bovenaan) :

$H_{sgem}$ Z - 5m	evenwichtshelling
0 m 93	1/7
1 m 81	1/11
2 m 90	1/19

Uit de proeven blijkt tevens dat de kruinbreedte der grindkade van 25 m bij een uitgangshelling 1/7 na 1 tij  $H_s = 3$  m bijna volledig opgebruikt is, en elke verflauwing der aanvangshelling hier verbetering in brengt, en tenslotte blijkt uit bijlage 21 onderaan dat, daar het gaat om een draaiing van het talud omheen MSL, de maximum benodigde laagdikte zich steeds voordoet aan de zeewaartse kruinpunt ( $Z_{42}$  of 75 m uit zeedijk) wat bij een evenwichtshelling 1/19 leidt tot 2m30 bij een uitgangshelling 1/7 en tot 1m80 bij een uitgangshelling 1/10.

## 5.2. Jaarcyclus.

Uitgaande van de frequentiecurve B van bijlage 4 werd een geschematiseerde jaarcyclus samengesteld op basis van 28 gemiddelde springtijden (één week model), wat leidde tot volgende toegepaste golfklassen :



	voorkomens %	op 100%	op 28 tijen	toegepast
$0 < H_s < 1.5$	35.4	90.8	25.4	24
$1.5 < H_s < 2.5$	2.8	7.2	2.0	2.5
$2.5 < H_s < 3.5$	0.64	1.6	0.4	1
$3.5 < H_s$	0.16	0.4	0.1	0.5
Totaal	39 %	100 %	28	28

De verschillende golfklassen werden over de 28 tijen geschikt, zoals aangegeven op bijlage 22, wat zeer geschematiseerd kan beschouwd worden als een najaars-, een winter- en een voorjaarsstorm.

In de linkse kanaalhelft werd een grintberm onder helling 1/10 - in de rechtse helft een grintberm onder helling 1/7 ingebracht en vervolgens werd de jaarcyclus gestart waarbij naast de basisprofielen tevens werd gemeten na het 7°, 8°, 13°, 15°, 21°, 22° en 28° tij (zie bijlagen 23 en 24).

Na de jaarcyclus werd nog gedurende 14 tijen verdergestroomd met  $H_{s(ing)} = 1$  m en ook na het 42° tij werden de profielen ingemeten.

De resultaten van al deze opmetingen staan in tabel weergegeven op bijlage 25 en in grafiek op bijlage 26, wat leidt tot volgende conclusies :

- bij de uitgangshelling 1/10 wordt bij de winterstorm de kruin op Z + 6m over circa 15 m achteruitgeslagen (helling 1/13.50) en wordt, deels op de resterende kruin, deels op het droogstrand ( $\pm 15$  m) een grintberm gecreëerd tot Z + 6m50. De max. gebruikte laagdikte bedraagt circa 1 m. Nadien wordt het profiel terug opgebouwd zodat na 28 tijen een helling wordt verkregen van 1/7.50. De kruin is alsdan over 15 m verlaagd tot 5m20 door materiaal dat zich naar de

zeedijk toe verplaatste (uit bijlage 27 blijkt trouwens dat zowel het talud als de kruin een landwaarts gericht transport kent over de jaarcyclus);

- bij de uitgangshelling 1/7 wordt tijdens de winterstorm de kruinbreedte van 25 m volledig opgebruikt (helling 1/14.50) en wordt een dun laagje grind van circa 10 cm tot tegen de zeedijk afgezet. De maximaal gebruikte laagdikte bedraagt 1m66. Nadien wordt het profiel terug opgebouwd zodat na 28 tijen een helling wordt verkregen van 1/9 met een globale kruinverlaging tot Z + 5m70 (m.a.w. talud kende zeewaarts transport en kruin werd landwaarts verplaatst over de jaarcyclus zoals blijkt uit bijlage 27).

### 5.3. Besluiten.

Uitgaande van de beschreven proeven zijn voor het gebezigde zeegrind ( $d_{50}$  10 mm) voor opeenvolgende golfklassen  $H_{sgem}$  (Z - 5 m) = 0.81 m, 1.81 m en 2.90 m evenwichtshellingen weergevonden van 1/7, 1/11 en 1/19, waarbij elke hellingswijziging zich voordoet door een draaiing van het talud omheen MSL (steeds gestroomd met gemiddeld springtij!).

Samenvattend kan dan ook volgende tabel worden opgesteld :

		Uitgangshelling 1/7			Uitgangshelling 1/10		
		helling	kruinaf- slag	gebruikte laagdikte	helling	kruinaf- slag	gebruikte laagdikte
$H_{s(ing)}=1m$	na 1 tij	1/7	-	-	1/9.80	-	-
(± 100 x per jaar)	evenwicht	1/7	-	-	1/7	-	-
$H_{s(ing)}=2m$	na 1 tij	1/9.50	9 m	0.80 m	1/10.20	1 m	0.20 m
(± 25 x per jaar)	evenwicht	1/11	15 m	1.25 m	1/11	4 m	0.50 m
$H_{s(ing)}=3m$	na 1 tij	1/14.20	26 m	1.60 m	1/14.20	16 m	1.10 m
(± 9 x per jaar)	evenwicht	1/19	44 m	2.35 m	1/19	33 m	1.80 m
jaarcyclus		1/9	max. 28 m (1/14.50)	1.66 m	1/7.50	max. 15 m (1/13.50)	1.00 m

met als besluiten voor het strand van Oostende volgende opties :

- inzake taludhelling voor de grindkade wordt geopteerd voor 1/8, immers
  - + de gemiddelde  $H_s$  over de 40% der tijd dat golven voorkomen (ervan uitgaande dat bij  $H_s \approx 0\text{m}$  de helling niet wijzigt) is 1m12, wat overeenstemt met een evenwichtshelling 1/7.8 (zie bijlage 21).
  - + bij een uitgangshelling 1/7 wordt de volledige kruinbreedte van 25 m op één storm van golfklasse 3m à 3m50 opgebruikt, zodat het droogstrand kan aangetast worden.
  - + de geschematiseerde jaarcyclus leidt tot eindhellingen van 1/7.50 à 1/9.
  
- Inzake kruinbreedte wordt geopteerd voor 25 m, immers met een taludhelling 1/8 zijn er dan reeds twee opeenvolgende stormtijden van golfklasse 3m à 3m50 nodig vooraleer de kruin tot tegen het droogstrand wordt teruggeslagen.
  
- Inzake laagdikte (vertikaal) bedraagt de gebezigde dikte ter hoogte van de zeewaartse kruinpunt bij een taludhelling 1/8 en golfklasse 3m à 3m50 ongeveer 1m50 na 1 tij en 2 m bij evenwicht. Afhankelijk van de gewenste reserve lijkt een laagdikte van 2m50 à 3m00 aangewezen, waarbij deze dikte evenwel uit stabiliteitsoogpunt (wellicht niet om constructieve redenen) lineair kan afnemen naar de teen toe en naar het droogstrand toe.
  
- Inzake kruinhoogte werden bij de oploop-en overstortproeven enkele alternatieven bestudeerd.

## 6. BEPALING GOLFOLOOP EN OVERTOPPING

### 6.1. Huidige toestand

Teneinde een idee te verkrijgen van de verbetering die onderhavig bestudeerd ontwerp teweegbrengt inzake golfloop en overstort op de zeedijk werd de huidige situatie in model ingebracht volgens bijlage 28 figuur 4.

Vervolgens werden bij vaste waterniveau's van respectievelijk Z + 4m75, 5m75, 6m25 en 6m75 golven gegenereerd overeenkomstig  $H_{s(ing)} = 2m, 3m$  en 3m50.

In de linker kanaalhelft werd gemeten welke hoeveelheid water er telkens op 20 min. model (circa 70 min. natuur) op de wandeldijk terecht kwam, in de rechtse kanaalhelft werd gemeten welke hoeveelheid water er in dezelfde periode over het stormmuurtje overstortte (stormmuurtje opgesteld op 16 m achter de kruin van de zeedijk niveau Z + 10m60 - zie bijlage 28).

Bij deze proeven werden grote golfreflexies waargenomen (zie foto's bijlage 29) wat enerzijds aanleiding gaf tot golven die in het kanaal heen en weer slingerden met steeds een piek in het energiedichtheidsspectrum bij grote golfperiodes van 30 à 45 sec. natuur (zie voorbeeld bijlage 30) en anderzijds aanleiding gaf tot ingemeten significante golfhoogten op de Z - 5m lijn die 20 à 25% hoger lagen dan  $H_s$  ingesteld.

$H_{s(ing)}$	$H_{sgem}$ Z=4m75	5m75	6m25	6m75	gem.	% $H_{s(ing)}$
2	2m45	-	-	-	2m45	123%
3	3m36	3m85	3m79	3m74	3m68	123%
3.5	3m85	4m19	4m37	-	4m14	118%

Eenzelfde fenomeen werd ingemeten op de Z-0.5m lijn op circa 170 m uit de kruin der zeedijk.

Samengevat leiden deze proeven tot volgende tabel waarbij de resultaten

zijn weergegeven in liter per strekkende meter zeedijk per minuut natuur en gelden voor de huidige toestand met strandpeil tegen de zeedijk van Z + 2m.

l/m'/min op wandeldijk	$H_{s(ing)}$	Z-4m75	5m75	6m25	6m75
	2	68.9	-	-	-
	3	413.5	3381.7	6447.4	>7000
	3.5	609.7	4891.9	>7000	-
l/m'/min over stormmuurtje	2	0	-	-	-
	3	4.42	114.7	740.2	1864.7
	3.5	16.44	318.5	1805.9	

Uit deze resultaten, gekombineerd met de voorkomensfrequenties van hoogwater en significante golfhoogten blijkt dat in de huidige situatie gemiddeld verscheidene malen per jaar water op de zeedijk terechtkomt en gemiddeld zelfs enkele keren per jaar water over het stormmuurtje kan terechtkomen.

## 6.2. Oorspronkelijk ontwerp.

Vertrekkend van de evenwichtshellingen, ontstaan na het beëindigen van de jaarcyclus, werden bij dezelfde waterniveau's als hogervermeld golven gegenereerd overeenkomstig  $H_{s(ing)} = 3m, 3m50$  en  $4m$ .

De ingemeten significante golfhoogten op de Z - 5m lijn bedroegen

H <sub>s(ing)</sub>	H <sub>sgem</sub>					%H <sub>s(ing)</sub>
	Z = 4m75	5m75	6m25	6m75	gem	
3	-	2.72	2.66	2.70	2.70	90 %
3.5	3.21	3.23	3.23	3.35	3.25	92.8 %
4	-	3.67	3.4	3.85	3.75	93.8 %

Zodat ook hier het reeds vroeger vermelde verlies van 7 à 8 % merkbaar is. De proeven werden op identieke wijze uitgevoerd als deze voor de huidige toestand en onderstaande resultaten (hoeveelheden in liter per strekkende meter zeedijk per minuut natuur) gelden dus voor het ontwerp met kruin der grindkade op Z + 6m en strandniveau tegen de zeedijk Z + 7m.

	H <sub>s(ing)</sub>	Z = 4m75	5m75	6m25	6m75
aantal golven die uitlopen tegen de zeedijk	3m	-	enkele	1/4	1/3
	3m50	enkele	1/7	1/3	1/2
	4m	-	1/4	1/2	1/1
l/m'/min op de wandeldijk	3m	-	0	1.68	10.20
	3m50	0	1.15	10.04	29.53
	4m	-	7.68	49.47	126.98
aantal golfcombinaties die uitlopen tegen het stormmuurtje (op 70 min. nat.)	3m	-	0	0	1
	3m50	0	0	0	2
	4m	-	1	3	8
l/m'/min. over het stormmuurtje	3m	-	0	0	0
	3m50	0	0	0	0
	4m	-	0	0	6.71

Bij opmeting van het profiel na deze ophoop- en overstortproeven blijkt dat de taludhelling onder het peil Z + 4m niet gewijzigd is, zij het geaccidenteerd, terwijl de kruin over 20 à 25 m achteruitgeslagen werd, waarbij dit materiaal zich bovenop het droogstrand heeft neergezet, tegen de zeedijk zelfs met een laagdikte van circa 1 m (zie bijlage 31). De aandacht wordt hierbij echter gevestigd op het feit dat alle proeven uitgevoerd werden met constant waterpeil.

### 6.3. Alternatieve ontwerpen.

In eerste instantie werd onderzocht welke hoeveelheid water in de stormriool zou terechtkomen wanneer het stormmuurtje op de zeedijk volledig zou afgebroken worden, m.a.w. welke waterhoeveelheid voorbij de plaats, waar thans het stormmuurtje staat, zou voorbijstromen (peil Z + 10m00). De resultaten kunnen als volgt samengevat :

	H <sub>s</sub> (ing)	Z - 4m75	5m75	6m25	6m75
l/m' /min. voorbij	3m	-	0	0	2.16
plaats storm-	3m50	0	0	0	8.47
muur (afgebro-	4m	-	0	21.98	44.55
ken)					

waaruit blijkt dat, afhankelijk van het waterpeil circa 20 à 30% van het water dat op de wandeldijk terechtkomt in de stormriool ter hoogte van het stormmuurtje zou terechtkomen.

Als tweede alternatief werd de kruinhoogte van de grindkade en het niveau van het droogstrand aangepast, in de linker kanaalhelft tot Z + 5m50 (droogstrand van Z + 5m50 tot 6m50 - zie bijl. 28, figuur 2) waarbij de hoeveelheid water op de wandeldijk werd gemeten, in de rechter kanaalhelft tot Z + 5m (droogstrand van Z + 5m tot Z + 6m - zie bijl. 28, figuur 3) waarbij de hoeveelheid water voorbij de plaats van het afgebroken stormmuurtje werd opgemeten.

De resultaten zijn als volgt samengevat :

	$H_{s(ing)}$	Z = 4m75	5m75	6m25	6m75
1/m'/min op wandeldijk (9m80) kruin grintkade Z + 5m50	3m	-	0.65	10.70	74.54
	4m	-	15.88	86.67	-
1/m'/min voorbij stormmuurtje (10m00) kruin grintkade Z + 5m	3m	-	0	1.40	15.07
	4m	-	2.41	49.14	-

Ervan uitgaande dat ook hier 20 à 30% van het water dat op de wandeldijk terechtkomt voorbij de plaats van het afgebroken stormmuurtje stroomt kan hieruit afgeleid worden dat voor éénzelfde waterstand én significante golfhoogte de hoeveelheid water die op de wandeldijk terechtkomt X maal groter is dan bij het ontwerp met grintkade tot Z + 6m en droogstrand van Z + 6m naar + 7m

X $H_{s(ing)}$ strandpeil zeedijk	3m	3m50	4m	gem.
Z + 7m	1x	1x	1x	1x
Z + 6m50	7x	3,5x	2x	4x
Z + 6m	12x	6x	3x	7x
Z + 2m (+)	2000x	750x	350x	1000x

(+) Huidige toestand



#### 6.4. Besluiten.

Vooreerst dient vermeld dat in onderhavige proeven geen rekening werd gehouden met een mogelijk lokaal windeffect, dat aanleiding kan geven tot bijkomend opspatten van het water.

Alle resultaten der uitgevoerde olop- en overstortproeven zijn samengevat in tabelvorm op bijlage 32 en in grafiek op bijlage 33, en uitgaande hiervan kan als besluit gesteld :

- dat er in de huidige situatie reeds water op de wandeldijk terechtkomt bij HW = 4m75 (kans 100 maal per jaar) en  $H_s = 2m$  (stormoverschrijdingskans 12 maal per jaar) terwijl er in het oorspronkelijk strandverbeteringsproject pas evenveel water op de dijk terechtkomt vanaf HW = 6m25 (kans éénmaal per 10 jaar) en  $H_s = 4m$  (stormoverschrijdingskans 0.72 maal per jaar);
- dat de hoeveelheid water op de wandeldijk voor eenzelfde overschrijdingskans van HW en  $H_s$  in het oorspronkelijk ontwerp (strandpeil zeedijk + 7m00) circa 1000 maal kleiner, in het ontwerp met strandpeil zeedijk op + 6m50 circa 250 maal kleiner en in het ontwerp met strandpeil zeedijk op + 6m00 circa 150 maal kleiner is dan in de huidige toestand. Teneinde een voldoende bescherming te bieden tegen opspattend water wordt dan ook een minimum kruinhoogte voor de grindkade van Z + 5m50 à 6m00 voorgesteld met strandniveau tegen de zeedijk van Z + 6m50 à 7m00;
- dat inzake de overstort over het stormmuurtje kan gesteld dat deze in de huidige situatie reeds voorkomt bij HW = 4m75 (kans 100 maal per jaar) en  $H_s = 3m$  (stormoverschrijdingskans 3 maal per jaar) en zich bij het oorspronkelijk ontwerp met strandniveau tegen de zeedijk Z + 7m00 pas voordoet bij HW = 6m75 (kans 1 maal per 100 jaar) en  $H_s = 4m$  (stormoverschrijdingskans 0.72 maal per jaar);

- dat er gemiddeld nog 20 à 30% van het water dat op de wandeldijk terechtkomt tot voorbij het afgebroken stormmuurtje zou stromen zodat het aangewezen is bij eventuele afbraak toch enkele dm van het muurtje te laten staan.

## 7. UITVOERINGSFASEN

Twee grintkadeprofielen werden onderzocht, zijnde één met kruin op Z + 3m50 en één met kruin op Z + 5m00. Het zeewaartse talud, met helling 1/7 is gelegen op 1 meter onder het definitieve grintprofiel (zie voorbeeld schetsontwerp bijlage 2), terwijl aan de kop en aan de landzijde een helling 1/5 voorzien werd.

Het eerste profiel biedt het voordeel dat 5 à 10% minder grint nodig is, het tweede profiel biedt het voordeel dat quasi onafhankelijk van het getij in de droge kan gewerkt worden.

In de golfgoot werden drie proefsituaties ingebracht, zijnde

1. kop grintkade kruin Z + 3m50 (bijl. 33)
2. kop grintkade kruin Z + 5m00 (bijl. 33)
3. volle breedte grintkade kruin Z + 5m00

en werd telkens een proefcyclus uitgevoerd bestaande uit zeven tijen  $H_s = 1\text{m}$  (opmeting na 1, 2 en 7 tijen), één tij  $H_s = 2\text{m}$  en één tij  $H_s = 3\text{m}$  (eventueel).

Zoals blijkt uit de bijlagen 34, 35 en 36 dient vooral in de nabijheid der koppen bij golven vanaf  $H_s = 1\text{ m}$  met een grote vervorming van het profiel te worden gerekend door materiaal dat zich evenwijdig met de kust uit de grintkop en loodrecht op de kust landwaarts verplaatst en niet gerekupereerd wordt waardoor de verflauwing van de zeewaartse helling niet, zoals in de definitieve fase, omheen MSL (Z + 2m35) geschiedt, maar wel rondom de teen van het talud.

De zeewaartse helling, de landwaartse verplaatsing van de kruin en de kruinhoogte, dit alles op circa 10 m uit de kop, evolueren als volgt :

	grintkade kruin Z + 3m50			grintkade kruin Z + 5m00		
	zeew. helling	landw. verplaatsing kruin	kruin-hoogte	zeew. helling	landw. verplaatsing kruin	kruin-hoogte
Basis	1/9	0	+3m50	1/7	0	+5m00
na 1 tij $H_s = 1$ m	1/14	19m	+3m10	1/9.4	11m	+4m95
2 tijen	1/16.7	24m	+2m95	1/11.6	19m	+4m70
7 tijen	1/20.9	33m	+2m75	1/15.2	27m	+4m10
8 tijen	1/22.6	37m	+2m50	1/17.9	30m	+3m65
(1 tij $H_s = 2$ m)						

Zoals blijkt uit bijlage 37 zal een doorlopende grintkade op Z + 5m00 vrij goed weerstand bieden aan golven tot  $H_s = 1$  m, maar dient ook hier met een ernstige aantasting van het profiel te worden gerekend vanaf golven met  $H_s = 2$  m.

Voor een doorlopende grintkade met kruin op Z + 5m00 en zonder zandaanvulling evolueren de zeewaartse helling, de landwaartse verplaatsing der kruin en de kruinhoogte als volgt :

	zeewaartse helling	landwaartse verplaatsing kruin	kruinhoogte
Basis	1/7	0	+ 5m00
na 1 tij $H_s = 1$ m	1/8.9	10m	+ 5m10
2	1/8.9	10m	+ 5m17
7	1/8.9	12m	+ 5m30
8 (1 tij $H_s = 2$ m)	1/13.1	19m	+ 4m75
9 (1 tij $H_s = 3$ m)	1/16.9	27m	+ 4m10

Als besluit van deze proeven kan dan ook gesteld :

- dat hogervermelde resultaten er zeker toe aanzetten met alle mogelijke middelen te trachten deze werken uit te voeren in de kalme perioden van het jaar;
- dat er dient getracht de zandopvulling tussen grintkade en zeedijk zo snel mogelijk te laten volgen op de uitbouw van de grintkade zelf;
- dat het aangewezen lijkt de uitbouw zo veel als mogelijk in de droge uit te voeren (grintkade met kruin op  $Z + 5m00$ ) om eventueel opgelopen schade tijdens de bouw zo gemakkelijk mogelijk te kunnen herstellen;
- dat een dergelijke grintkade zonder noemenswaardige schade lijkt te weerstaan aan golven tot  $H_s = 1m \text{ à } 1m50$ , behalve aan de koppen waar reeds na enkele tijen met golven  $H_s = 1m$  met grintverliezen rekening dient te worden gehouden. De afwerking der koppen zal dan ook speciale aandacht vereisen.

## 8. AANSLUITING "KLEIN STRAND".

Speciale aandacht werd besteed aan de aansluiting van grintkade en zandopvulling ter hoogte van het Heldenplein en Klein Strand, teneinde enerzijds het Heldenplein mee te beveiligen tegen wateroverlast en anderzijds het Klein Strand te behouden als badstrand.

### 8.1. Stabiliteit.

Eén van de mogelijkheden bestaat erin grintkade en zandopvulling te doen aansluiten tegen de kop van het Heldenplein (zie variante T2 van bijlage 42). De vrees bestaat echter dat het grinttalud, dat alsdan voor een gedeelte loodrecht op de invallende golven wordt uitgebouwd, zwaar zal worden aangevallen en er grote landwaarts gerichte grintverplaatsingen zullen optreden waardoor het Klein Strand na een bepaalde periode tot een grintstrand zou omgevormd worden.

Teneinde de gegrondheid van deze vrees te bestuderen werd tegen de linkerwand van de golfgoot, loodrecht op de invallende golven, een grintkade uitgebouwd met helling 1/7, kruin op Z + 6m00 over een lengte van circa 60 m natuur, en steunend tegen de zeedijk (zie bijl. 39). Zoals blijkt uit bijlage 40 dient er inderdaad rekening gehouden met een belangrijke landwaartse verplaatsing van grintmateriaal, dat niet meer gerekupereerd wordt om het dynamisch evenwicht van het grinttalud te herstellen, en werd in de golfgoot volgende afslag van het zeewaarts talud waargenomen

	landwaartse verplaat- sing kruin Z + 6m00	zeewaartse helling grinttalud
Basis	0	1/7
na 1 tij $H_s = 1$ m	15 m	1/9.5
na 7 tijen $H_s = 1$ m <sup>(+)</sup>	35 m	1/12.5

(+) Vanaf het 2° tij  $H_s = 1$  m werd de golfgoot te smal om verdere onbelemmerde zijwaartse verplaatsing van het grint toe te laten.

Uit deze resultaten blijkt dat deze oplossing noch voor de beveiliging van het Heldenplein, noch voor het behoud van het Klein Strand als zandstrand voldoet aan de gestelde eisen.

## 8.2. Golfrefractie en -diffractie.

Teneinde voor een aantal andere varianten na te gaan of deze ter hoogte van het Heldenplein voldoende beveiliging bieden tegen wateroverlast werd in een golfbak het Klein Strand, inclusief de toegangseul van de haven van Oostende op schaal 1/100 ingebouwd (zie bijlage 41).

Deze inbouw gebeurde zodanig dat met het golfschot regelmatige golven konden gegenereerd worden uit NW- tot NNW-richting, waarbij (met een ingestelde vaste waterstand van  $Z + 4m80$ ) telkens golfperioden van 6 sec. natuur ( $H = 2m$ ) en 9 sec. natuur ( $H = 3m$ ) werden beschouwd.

Vervolgens werden in een ganse reeks punten de golfhoogten ingemeten en vergeleken met de "buitengolf" (zie bijlage 41), wat aldus een beeld gaf van het binnendringen der golven t.h.v. het Heldenplein en het Klein Strand.

De onderzochte varianten staan weergegeven op bijlage 42 en kunnen als volgt omschreven worden :

- T0 Huidige toestand
- T1 Grint- en zandopvulling tot aan de bestaande krib, die zelf over circa 75 m wordt opgehoogd tot  $Z + 7m00$
- T2 Grint- en zandopvulling aansluitend op de kop van het Heldenplein
- T3 Grint- en zandopvulling aansluitend op het niveau  $Z + 6m00$  van de lage dam langsheen het Westerstaketsel
- T4 Grint- en zandopvulling tot aan de bestaande krib, die zelf over circa 150 m wordt opgehoogd tot  $Z + 7m00$
- T5 Grint- en zandopvulling tot aan een nieuwe krib die ter hoogte van de kop van het Heldenplein over 170 m wordt uitgebouwd op  $Z + 7m00$
- T6 T1 + onderwaterdam op  $Z + 0m75$  die de kop der bestaande krib verbindt met de kop van de lage dam langsheen het Westerstaketsel en gevolgd door een zandopvulling vóór het Heldenplein.

Met andere woorden zijn er drie varianten waarbij het Heldenplein niet extra beveiligd wordt door een grint- en zandaanvulling (T1, T4, T6), drie varianten waarbij dit wel gebeurt (T2, T3, T5).

Zoals blijkt uit de bijlagen 43 en 50 wordt het Heldenplein in de huidige situatie minstens even zwaar aangevallen als de zeedijk vóór de stadskern van Oostende (vak 2 t.o.v. vak 1).

De gemiddelde verhouding der ingemeten golfhoogten in de zes meetpunten ter hoogte van het Heldenplein (vak 2) t.o.v. deze der buitengolf bedraagt respectievelijk :

golfrichting en -periode	NNW 6 sec	NNW 9 sec	NW 6 sec	NW 9 sec	gem.
verhouding golf- hoogten	1.05	1.02	0.95	0.88	0.98

waaruit blijkt dat in de huidige situatie de golfhoogte die zich buitengaats voordoet, in alle gevallen tevens tot aan de zeedijk t.h.v. het Heldenplein doordringt en de eventuele afname der golfhoogten door refractie en diffractie gecompenseerd wordt door golfreflexie tegen de zeedijk. Voor de varianten, waarbij de grint- en zandaanvulling niet tot vóór het Heldenplein wordt doorgetrokken (T1, T4 en T6) bedraagt dezelfde gemiddelde verhouding der golfhoogten in vak 2 ten opzichte van de buitengolf :

golfrichting en -periode	NNW 6 sec	NNW 9 sec	NW 6 sec	NW 9 sec	
T1	0.89	0.85	0.85	0.82	(bijl.44)
T4	1.02	0.99	0.87	0.88	(bijl.47)
T6	0.86	0.82	0.73	0.75	(bijl.49)

zodat de verhouding van de golfhoogten t.h.v. het Heldenplein in deze varianten t.o.v. de golfhoogten aldaar in de huidige situatie als volgt kan samengevat worden :



golfrichting en -periode	NNW 6 sec	NNW 9 sec	NW 6 sec	NW 9 sec	gem
T1	85 %	83	89	93	88%
T4	97	97	92	100	97%
T6	82	80	77	85	81%

Rekening houdend met de meet- en regelnauwkeurigheid van het model blijkt hieruit dat in de varianten T1 en T4 ten opzichte van de huidige toestand ter hoogte van het Heldenplein quasi geen wijziging inzake optredende golven en a posteriori inzake golfoploop en -overstort zal optreden en dat ook in de variante T6 de beperkte afname der golfhoogten geen significante invloed zal hebben op de mogelijke wateroverlast die aldaar kan blijven optreden.

Teneinde aan het Heldenplein dezelfde beveiliging te bieden tegen wateroverlast als aan de zeedijk vóór de stadskern van Oostende dient de grint- en zandaanvulling dan ook verder te worden doorgetrokken, zoals uitgevoerd in de varianten T2 (bijl. 45), T3 (bijl. 46) en T5 (bijl. 48).

Daar variante T2 dient te worden afgewezen uit oogpunt van stabiliteit en grintverplaatsing (zie paragraaf 8.1.) blijven als mogelijke oplossingen slechts behouden :

- a) mét behoud van het Klein Strand als badstrand, de variante T5 waarbij de grint- en zandopvulling wordt doorgetrokken tot aan een nieuwe krib die ter hoogte van de kop van het Heldenplein over circa 170 m wordt ugebouwd op Z + 7m00;
- b) zonder behoud van het Klein Strand als badstrand, de variante T3 waarbij de grint- en zandopvulling aansluit op het niveau Z + 6m00 van de lage dam langsheen het Westerstaketsel.

Bij de variante T5 bedraagt de gemiddelde golfhoogte tegen het grinttalud 99% van de golfhoogte der buitengolf, zodat de stabiliteitsproeven in de golfgoot hun geldigheid behouden, terwijl de gemiddelde golfhoogte ter plaatse van het Klein Strand (vak 4) met 1/3 gereduceerd worden t.o.v. de huidige toestand (zie bijlage 50 - 67%).

Bij de variante T3 bedraagt de gemiddelde golfhoogte tegen het grinttalud 85% van de golfhoogte der buitengolf, zodat ook hier de stabiliteitsproeven hun geldigheid behouden.

## 9. ALGEMENE BESLUITEN

### Optimale evenwichtshelling en laagdikte.

Uitgaande van het voorontwerp van de strandverbetering werden in de golfgoot voor het gebezigde zeegrint ( $d_{50} \approx 10$  mm) voor opeenvolgende golfklassen  $H_s = 0,8 - 1,8$  en  $2,9$  m evenwichtshellingen weergevonden van  $1/7 - 1/11$  en  $1/19$ , waarbij elke hellingswijziging zich instelde door een draaiing van het talud omheen MSL. De geschematiseerde jaarcyclus leidde tot eindhellingen van  $1/7.5$  à  $1/9$ . Voor het strand van Oostende wordt dan ook voorgesteld :

- een zeewaartse taludhelling van  $1/8$
- een kruinbreedte van de grintkade van min. 25 m
- een laagdikte van de grintkade van 2m50 à 3m00 ter hoogte van de zeewaartse kruinpunt, laagdikte die uit stabiliteitsoogpunt lineair kan afnemen naar de teen én naar het droogstrand toe.

Bij deze besluiten dient eerop gewezen dat in de uitgevoerde proeven geen rekening werd gehouden met grintverplaatsing onder invloed van stroming, die tot een zeker langstransport zou kunnen leiden.

### Golfoploop en -overstort.

Bij het voorontwerp van strandverbetering is de kans op wateroverlast niet alleen veel kleiner dan in de huidige situatie, maar zal tevens bij tóch overstorten de hoeveelheid water die op de zeedijk terechtkomt bij gelijke voorkomenskans van HW en  $H_s$  circa 1000x kleiner zijn dan in de huidige situatie. Bij het verlagen van de kruin der grintkade met 0.5 m (Z + 5m50) wordt deze verhouding circa 250x, en bij de verlaging van de kruin der grintkade met 1 m (Z + 5m) wordt deze circa 150 maal.

Teneinde een voldoende bescherming te bieden tegen overstort wordt dan ook voorgesteld de kruinhoogte der grintkade min. tot Z + 5m50 op te trekken met strandniveau tegen de zeedijk van Z + 6m50 à 7m00.

Daar er gemiddeld nog 20 à 30% van het water dat op de wandeldijk terecht komt tot voorbij het stormmuurtje zou stromen wordt voorgesteld bij eventuele afbraak toch enkele dm te laten staan.

Tenslotte dient vermeld dat bij onderhavig onderzoek geen rekening werd gehouden met een mogelijk lokaal windeffect, dat tot extra wateroverlast aanleiding kan geven.

#### Uitvoeringsfasen.

Uitgaande van de proefresultaten op twee verschillende uitvoeringsgrintkaden (kruin op Z + 3m50 resp. 5m00) kan gesteld dat :

- aan de koppen reeds bij golven  $H_s = 1$  m met grintverlies zal dienen gerekend, terwijl de doorgaande stukken zonder noemenswaardige schade lijken te weerstaan aan golven tot  $H_s = 1m50$
- er bijgevolg zoveel mogelijk dient getracht deze werken uit te voeren in de kalme perioden van het jaar
- er dient getracht de zandopvulling tussen grintkade en zeedijk zo snel mogelijk te laten volgen op de uitbouw van de grintkade zelf
- de grintkade met kruin op Z + 5m00 de voorkeur geniet om eventueel opgetreden schade zoveel mogelijk in de droge te kunnen herstellen.

Tenslotte dient hierbij opgemerkt dat op modelschaal de hoeveelheid fijne fractie om modeltechnische redenen gevoelig werd verkleind, en bij de realisatie tijdens de uitvoering met een gevoelig uitwassen van deze fractie zal moeten rekening gehouden worden.

#### Aansluiting Klein Strand.

Het laten ophouden van grintsuppletie en zandaanvulling ter hoogte van de bestaande krib leidt in alle varianten tot golfhoogten ter plaatse van het Heldenplein die deze der huidige situatie sterk benaderen zodat hier met blijvende wateroverlast dient gerekend.

Het doortrekken van de grintsuppletie en zandaanvulling tot vóór de kop van het Heldenplein leidt tot een niet stabiele situatie, waarbij met grote grintverplaatsingen landwaarts rekening dient gehouden.

Als mogelijke oplossingen wordt voorgesteld :

- a) met behoud van het Klein Strand als badstrand : het doortrekken van grint- en zandaanvulling tot aan een nieuwe krib die ter hoogte van de kop van het Heldenplein over circa 170 m wordt uitgebouwd op Z + 7m00
- b) zonder behoud van het Klein Strand als badstrand : het laten aansluiten van grint- en zandaanvulling op het niveau Z + 6m00 van de lage dam langsheen het Westerstaketsel.

Borgerhout, december 1983

De e.a. ir. van Bruggen en Wegen  
belast met de studie,

De Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen,  
Directeur van het Waterbouwkundig  
Laboratorium,

ir. F. WENS

ir. P. ROOVERS



## Lijst der bijlagen

1. Situatieplan
2. Variante grintsuppletie en zandopvulling - schetsontwerp
3. Getijen te Oostende
4. Gëextrapoleerde overschrijdingsfrequenties HW,  $H_s$  en stormen nabij Oostende.
5. Korrelverdeling zeegrint
6. Geschematiseerd modeltij
7. Gemeten significante golfhoogten bij vast waterpeil ( $H_{sgem}$ )
8. Golkfregistratie en golfspectrum - voorbeeld
9. Inbouw profiel in golfgoot
10. Gemeten significante golfhoogten over het getij ( $H_{sgem}$ )
11. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 1$  m
12. Korrelverdeling zeegrint top en teen talud na 55 tijen  $H_{s(ing)} = 1$  m
13. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 2$  m
14. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 3$  m
15. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 3m50$
16. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 3$  m
17. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 2$  m
18. Grintprofielen  $H_{s(ing)} = 1$  m
19. Samenvattende resultaten proeven tot evenwicht - tabel
20. Samenvattende resultaten proeven tot evenwicht - grafiek
21. Evenwichtshellingen en opgebruikte laagdikten
22. Geschematiseerde jaarcyclus
23. Grintprofielen basis tot  $15^\circ$  tij
24. Grintprofielen  $15^\circ$  tot  $28^\circ$  tij
25. Samenvattende resultaten jaarcyclus - tabel
26. Samenvattende resultaten jaarcyclus - grafiek
27. Dwarstransport over de jaarcyclus
28. Oploop-en overstortproeven - onderzochte profielen
29. Oploop-en overstortproeven - foto's
30. Golfregistratie en golfspectrum - voorbeeld
31. Oploop-en overstortproeven - profielverloop na de proeven
32. Oploop-en overstortproeven - samenvattende resultaten in tabel
33. Oploop-en overstortproeven - samenvattende resultaten in grafiek
34. Ingebouwde uitvoeringsfasen

### Lijst der bijlagen (vervolg)

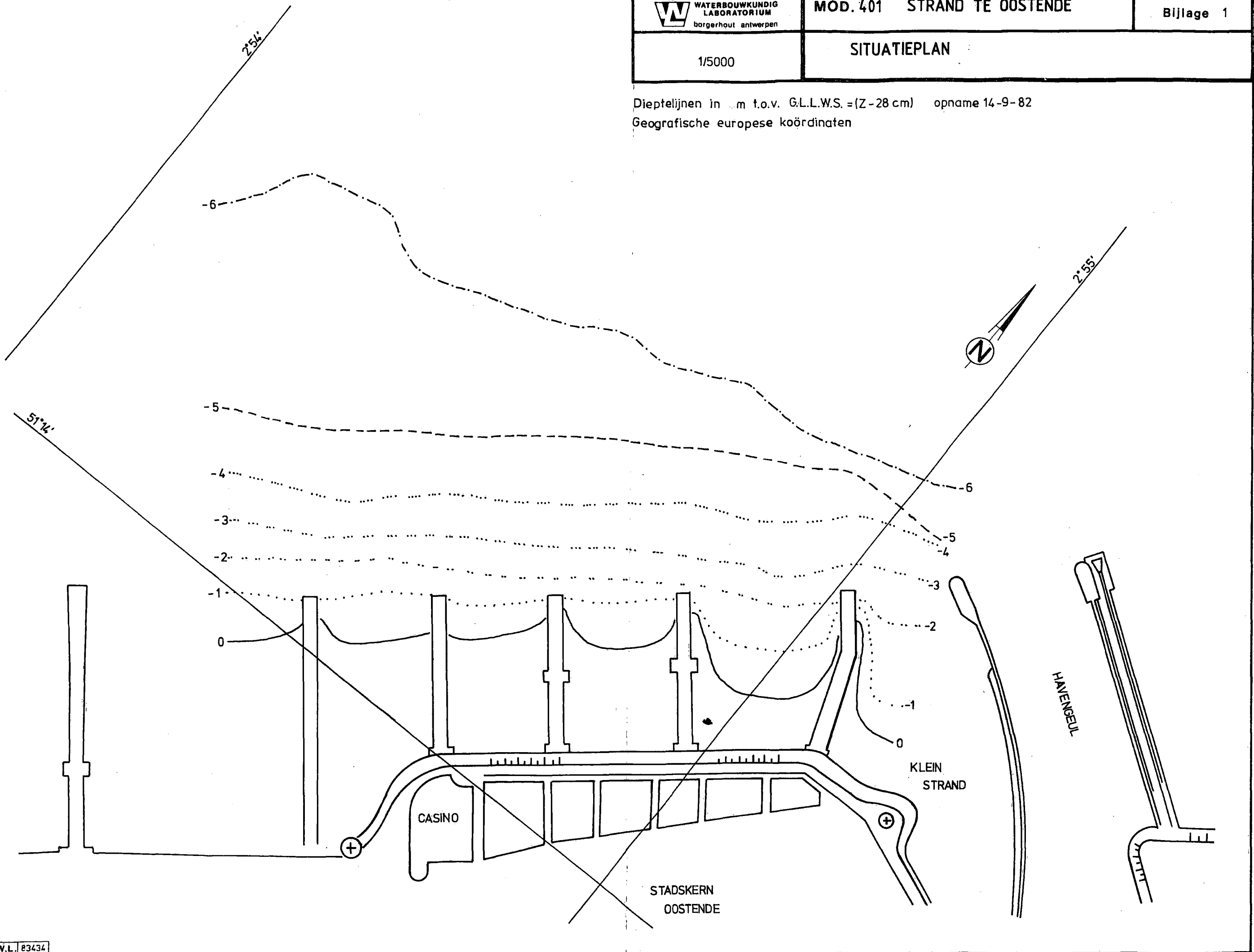
35. Proefresultaten grintkade Z + 3m50 - kop
36. Proefresultaten grintkade Z + 5m00 - kop
37. Proefresultaten grintkade Z + 3m50 en Z + 5m00 - dwarsprofielen 10 m uit kop
38. Proefresultaten grintkade Z + 5m00 - dwarsprofielen volle breedte
39. Ingebouwde grintkade aansluiting "Klein Strand"
40. Proefresultaten grintkade aansluiting "Klein Strand"
41. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - model
42. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - ingebouwde varianten
43. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T0
44. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T1
45. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T2
46. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T3
47. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T4
48. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T5
49. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - proefresultaten T6
50. Refractie- en diffractieproeven "Klein Strand" - samenvattende resultaten



1/5000

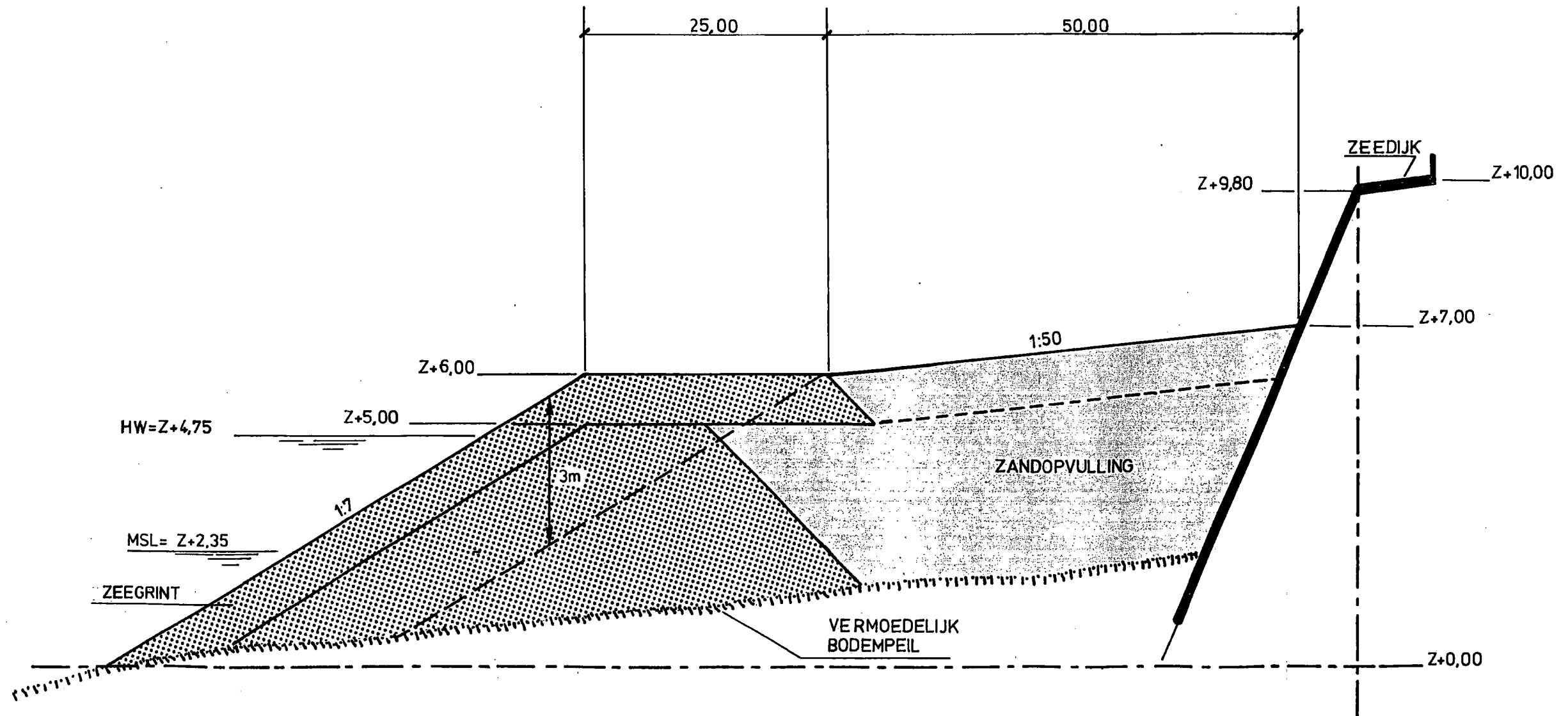
SITUATIEPLAN

Dieptelijnen in m t.o.v. G.L.L.W.S. = (Z-28 cm) opname 14-9-82  
Geografische europese coördinaten



Hor. 1/500  
Ver. 1/100

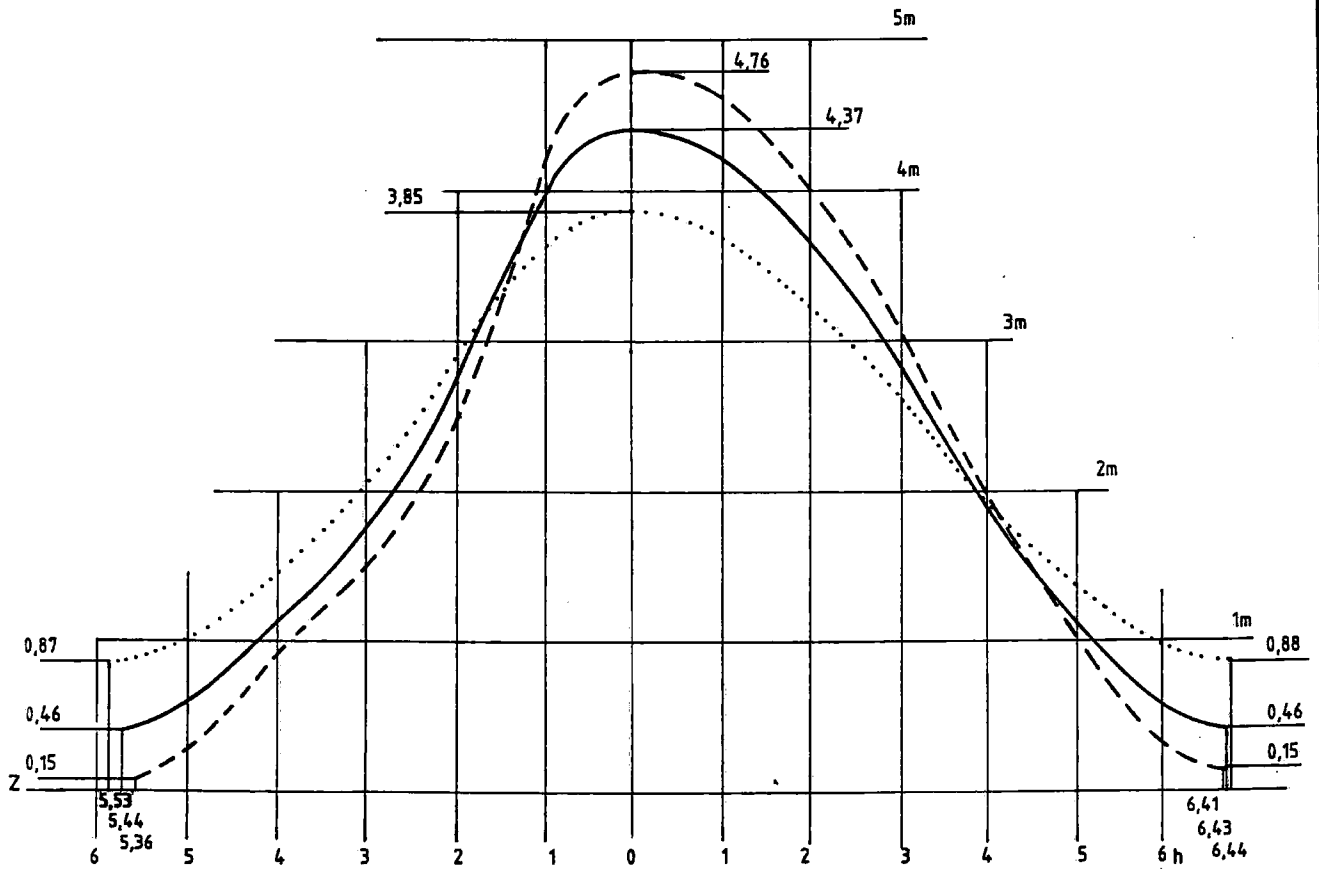
VARIANTE GRINTSUPPLETIE EN ZANDOPVULLING  
SCHETSONTWERP





GETIJEN TE OOSTENDE

- Gemiddeld springtij
- Gemiddeld tij
- ..... Gemiddeld dooftij

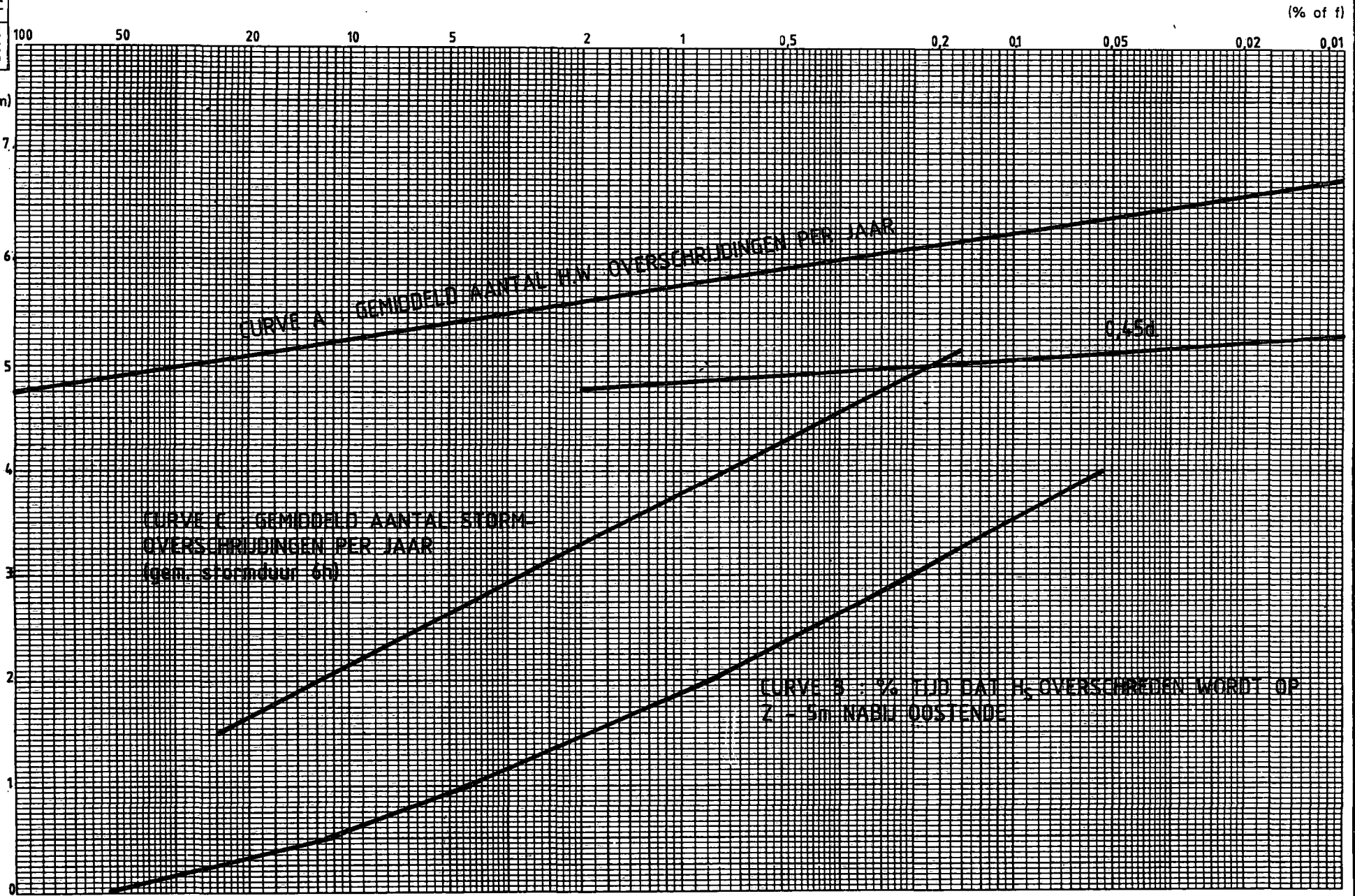




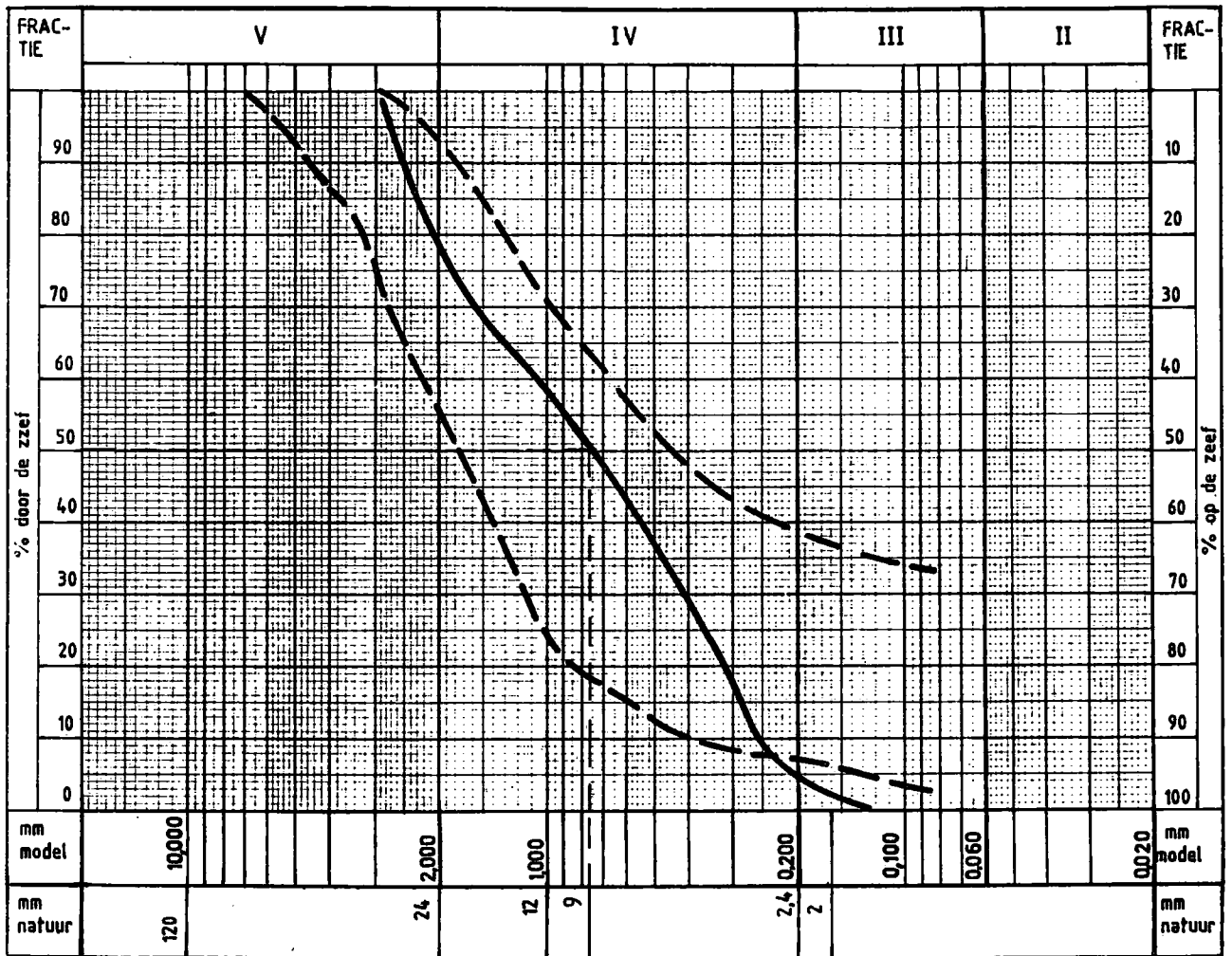
GEËXTRAPOLEERDE OVERSCHRIJDINGSFREQUENTIES  
HW, H<sub>S</sub> EN STORMEN NABIJ OOSTENDE

W.L. B3237

(m)



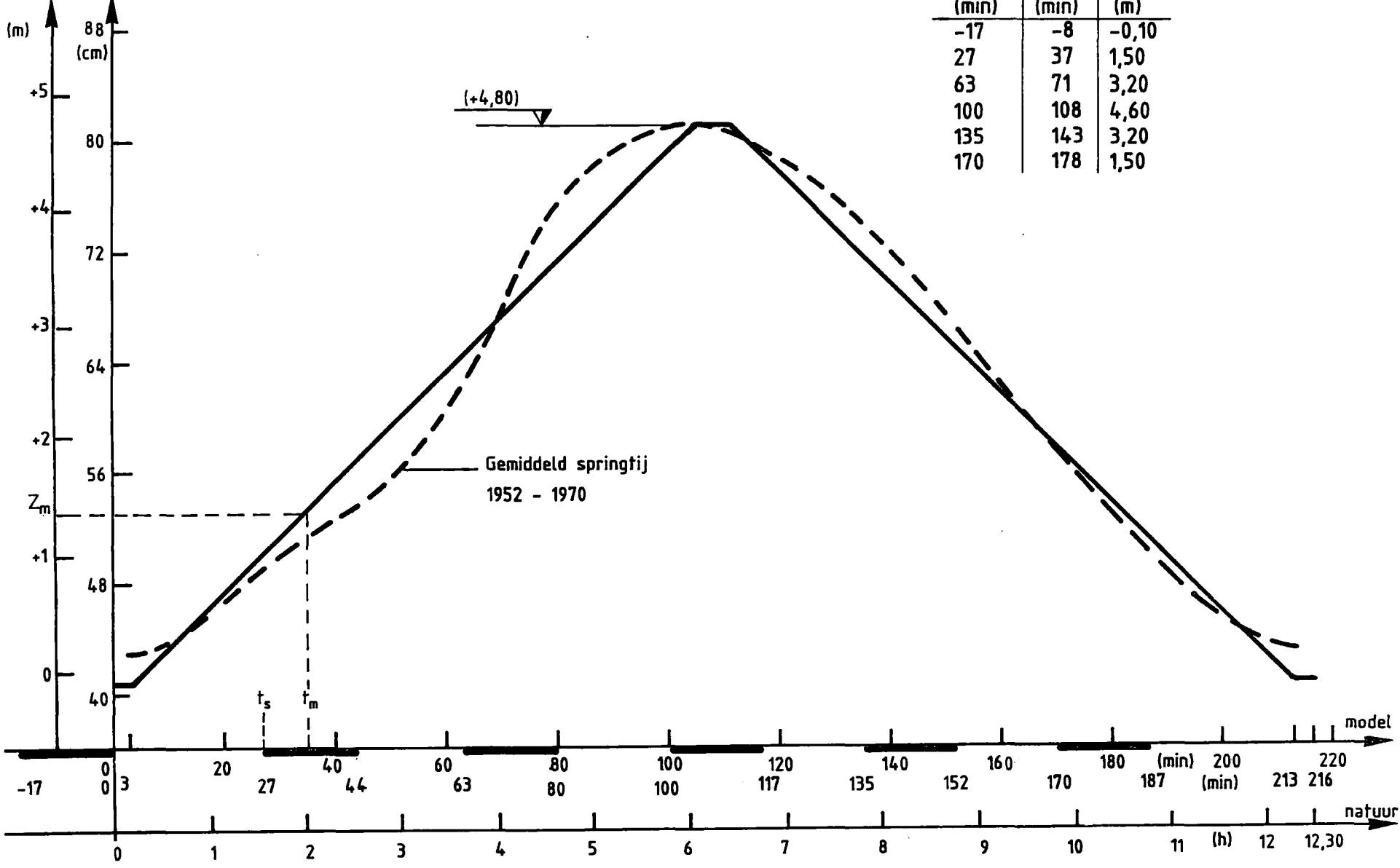
KORRELVERDELING ZEEGRINT



- - - - Omhullenden zeegrint natuur  
 ——— Zeegrint model

WATERDIEPTE

natuur model



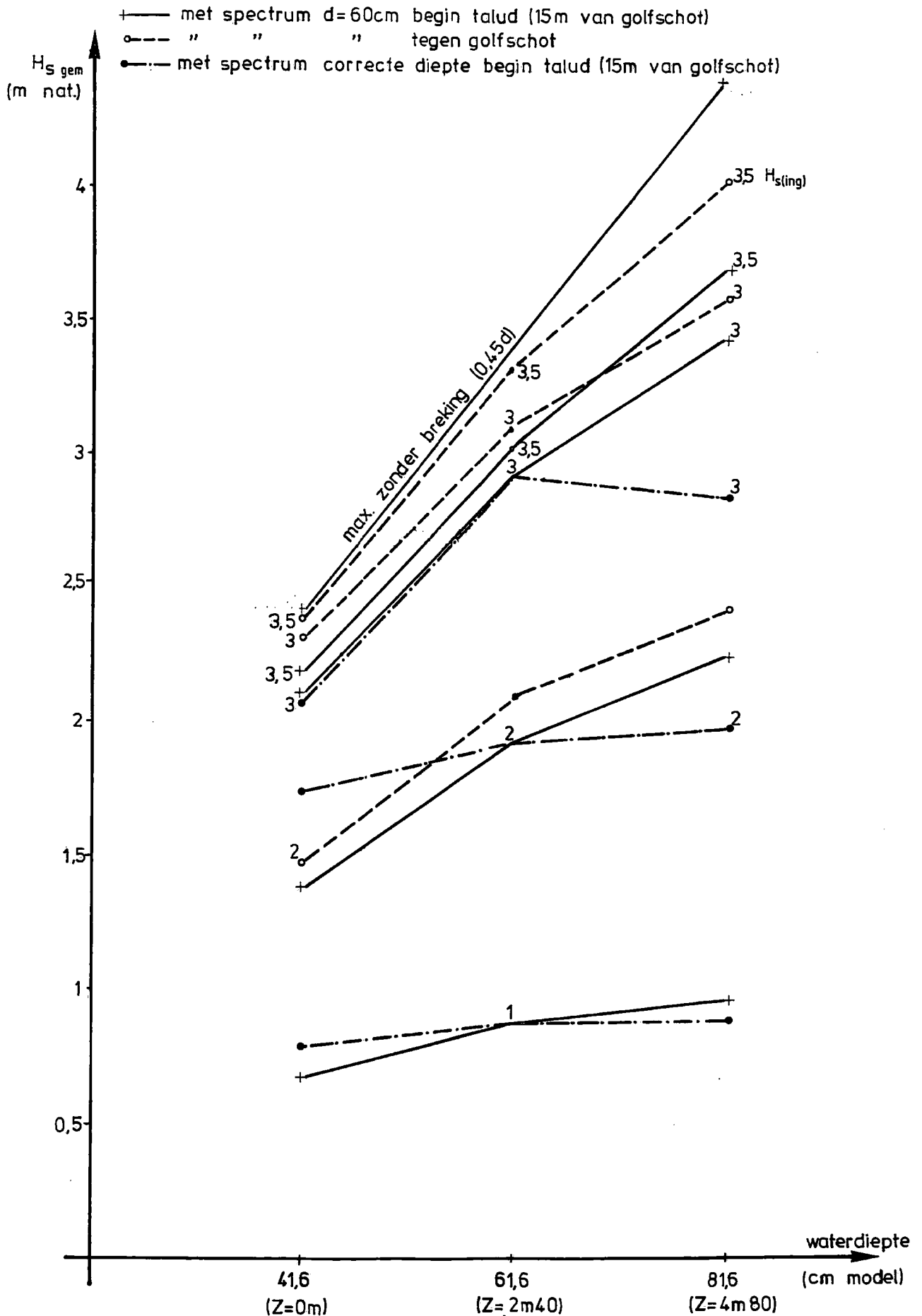
Golfmetingen

Start (min)	$t_m$ (min)	$Z_m$ (m)
-17	-8	-0,10
27	37	1,50
63	71	3,20
100	108	4,60
135	143	3,20
170	178	1,50



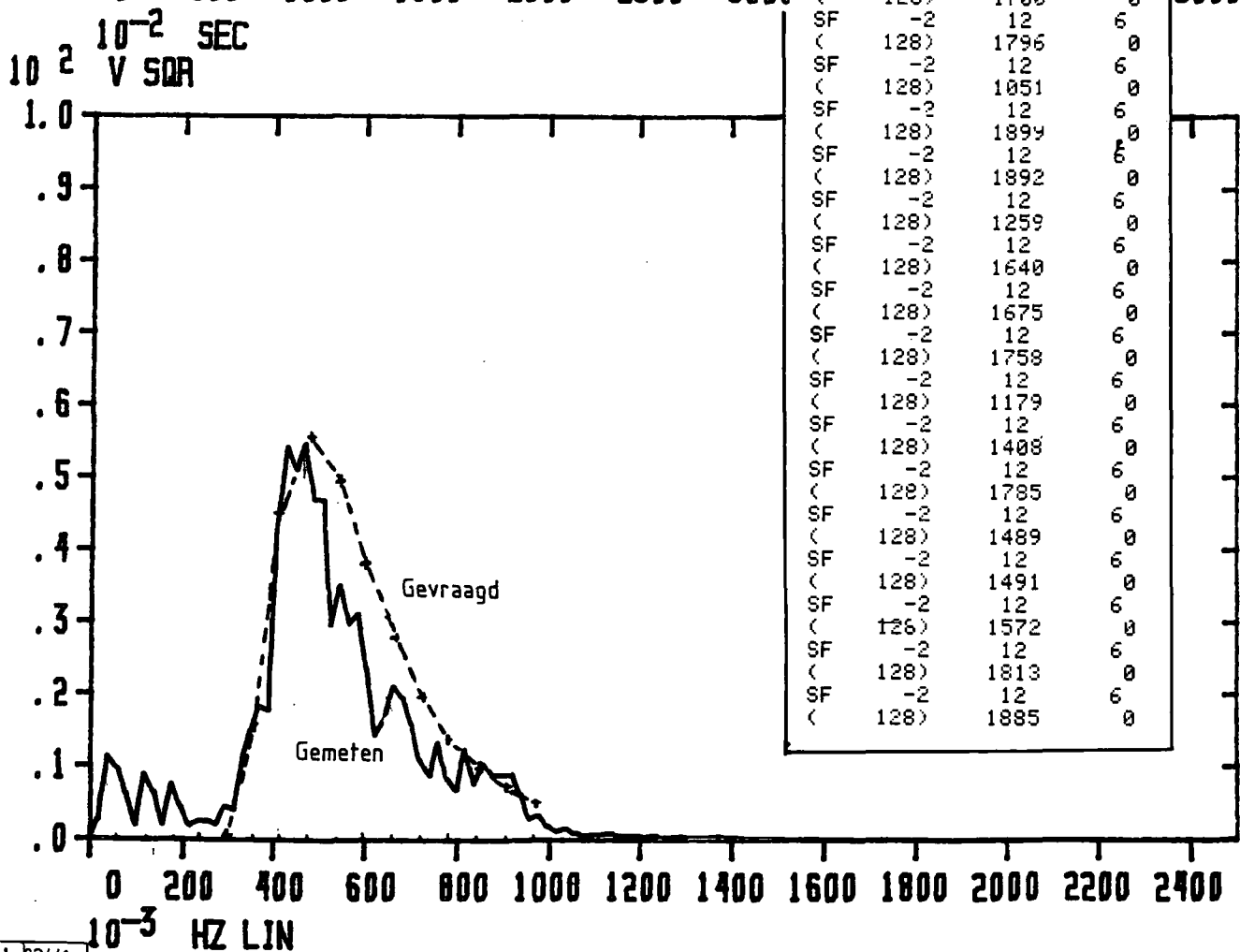
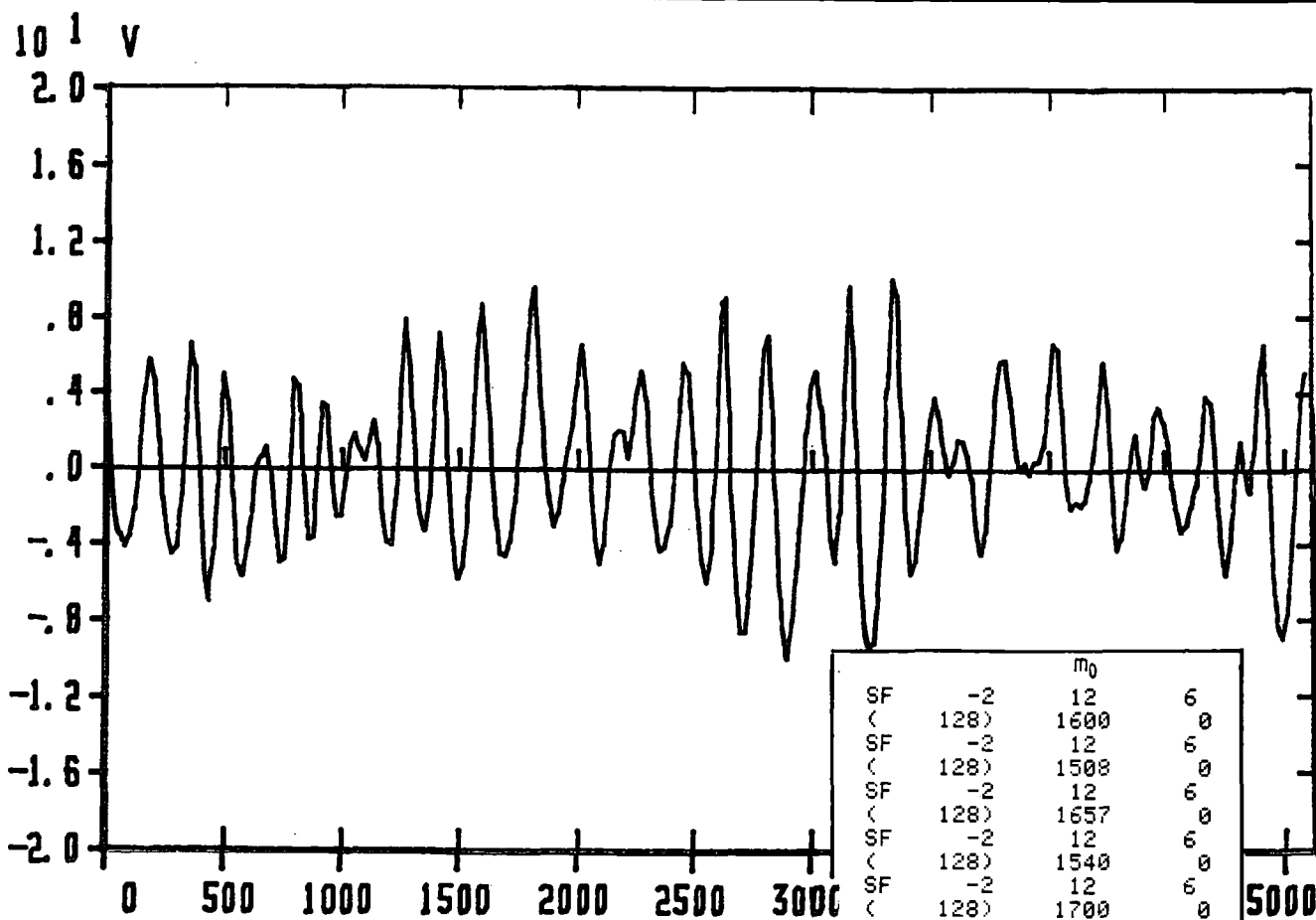


GEMETEN SIGNIFICANTE GOLFHOOGTEN BIJ VAST  
WATERPEIL





GOLFREGISTRATIE EN GOLFSPECTRUM VOORBEELD

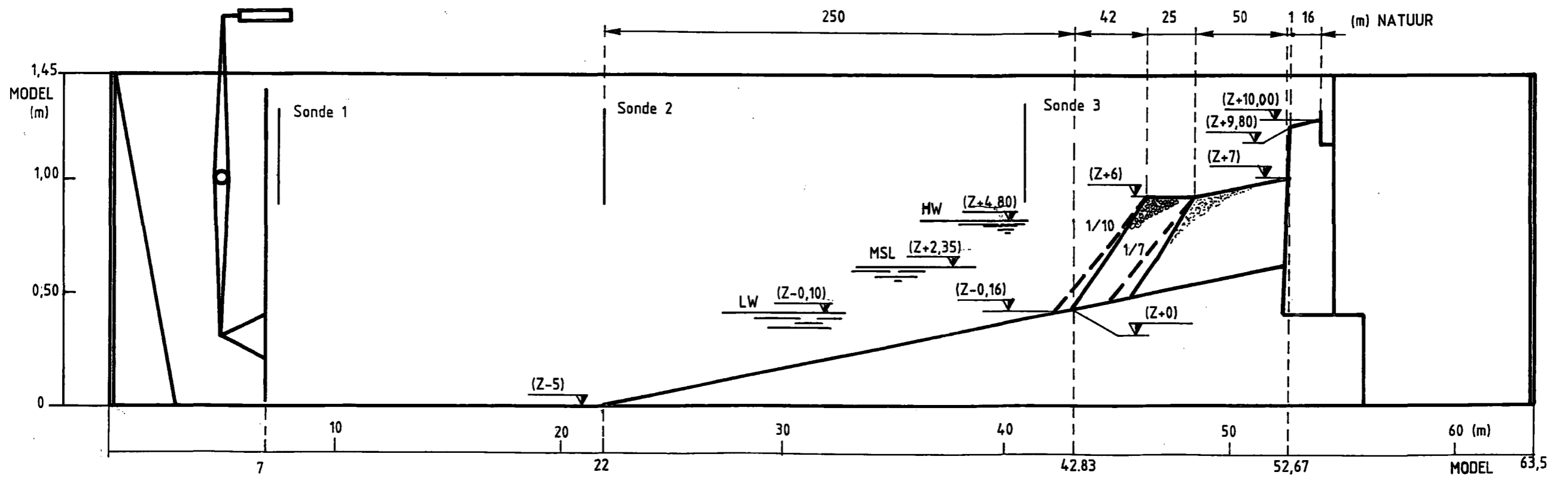


		$m_0$	
SF	-2	12	6
(	128)	1600	0
SF	-2	12	6
(	128)	1500	0
SF	-2	12	6
(	128)	1657	0
SF	-2	12	6
(	128)	1540	0
SF	-2	12	6
(	128)	1700	0
SF	-2	12	6
(	128)	1796	0
SF	-2	12	6
(	128)	1051	0
SF	-2	12	6
(	128)	1899	0
SF	-2	12	6
(	128)	1892	0
SF	-2	12	6
(	128)	1259	0
SF	-2	12	6
(	128)	1640	0
SF	-2	12	6
(	128)	1675	0
SF	-2	12	6
(	128)	1758	0
SF	-2	12	6
(	128)	1179	0
SF	-2	12	6
(	128)	1408	0
SF	-2	12	6
(	128)	1785	0
SF	-2	12	6
(	128)	1489	0
SF	-2	12	6
(	128)	1491	0
SF	-2	12	6
(	128)	1572	0
SF	-2	12	6
(	128)	1813	0
SF	-2	12	6
(	128)	1885	0

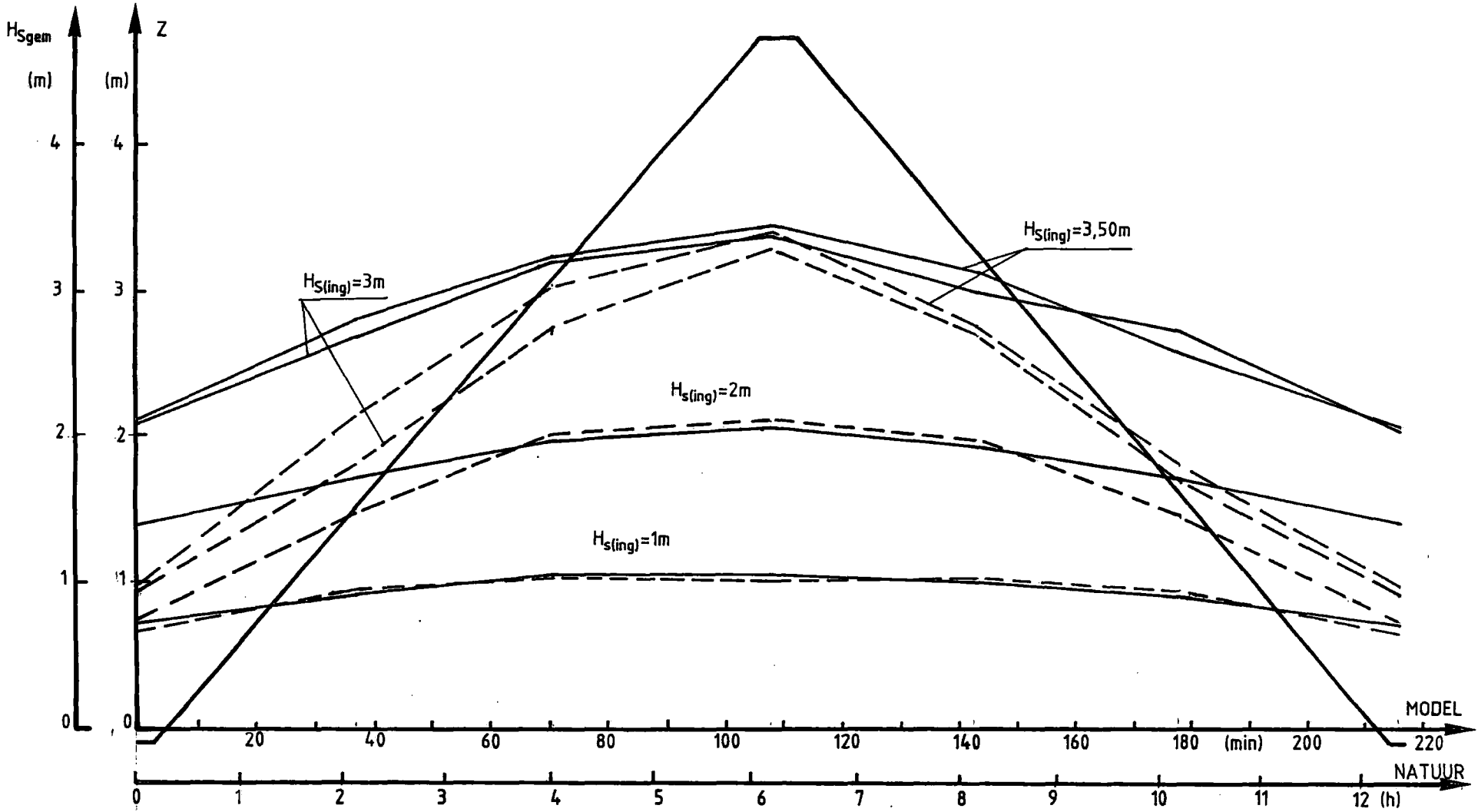


Schalen: horizontaal 1/2500 natuur  
vertikaal 1/250 natuur  
cota's in m natuur

INBOUW PROFIEL IN GOLFGOOT



— Z-5m (sonde 2)  
 - - - Z-0,5m (sonde 3)

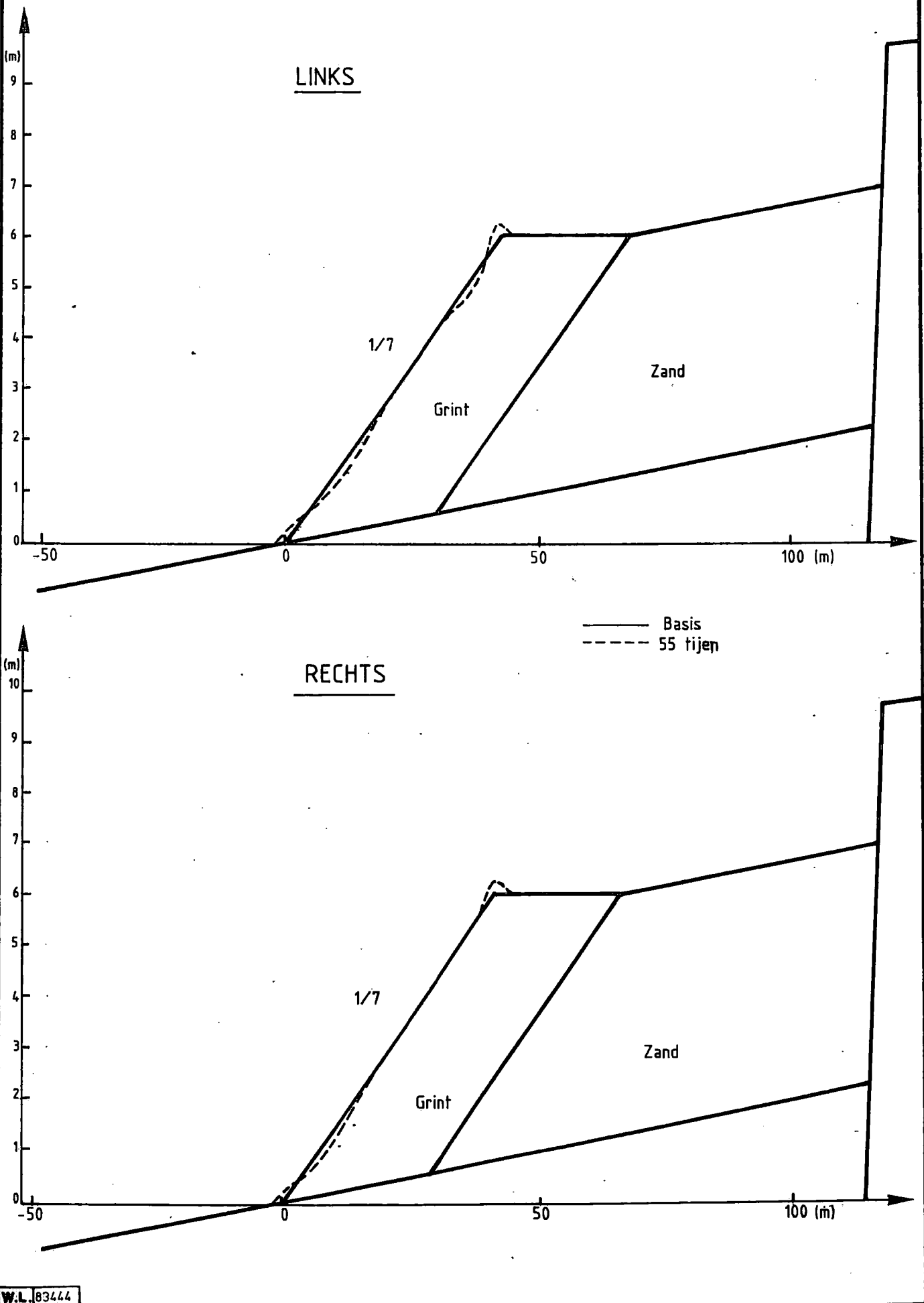


GEMETEN SIGNIFICANTE GOLFHOOGTEN OVER HET GETIJ



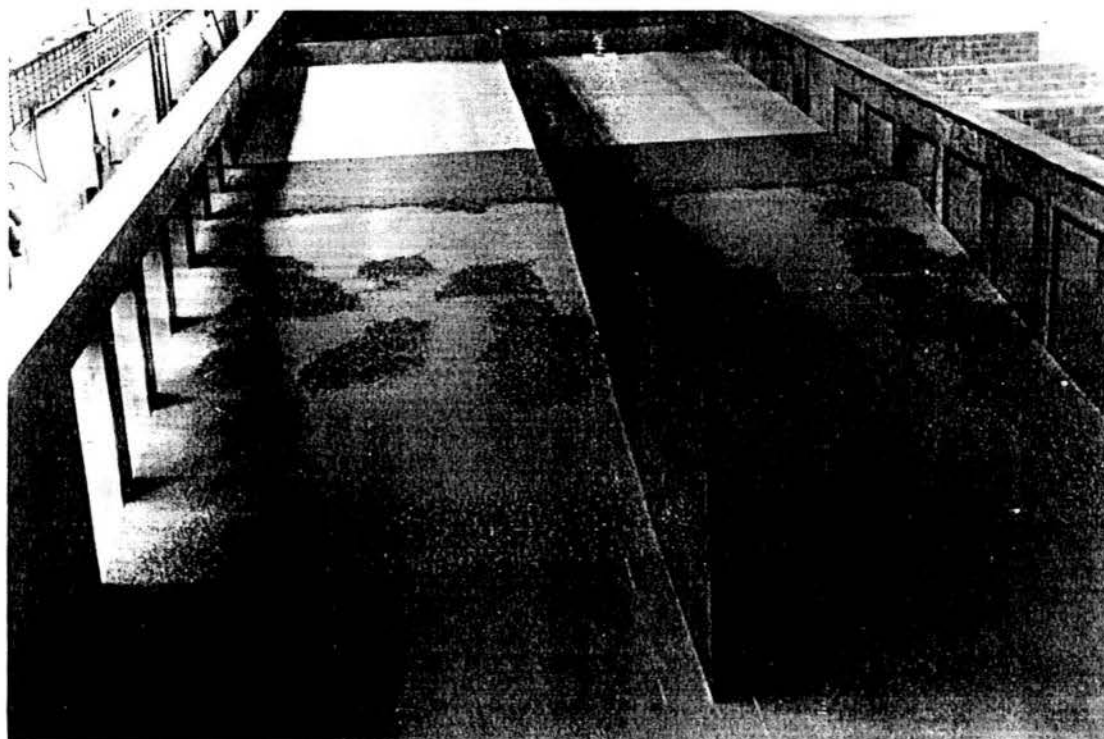
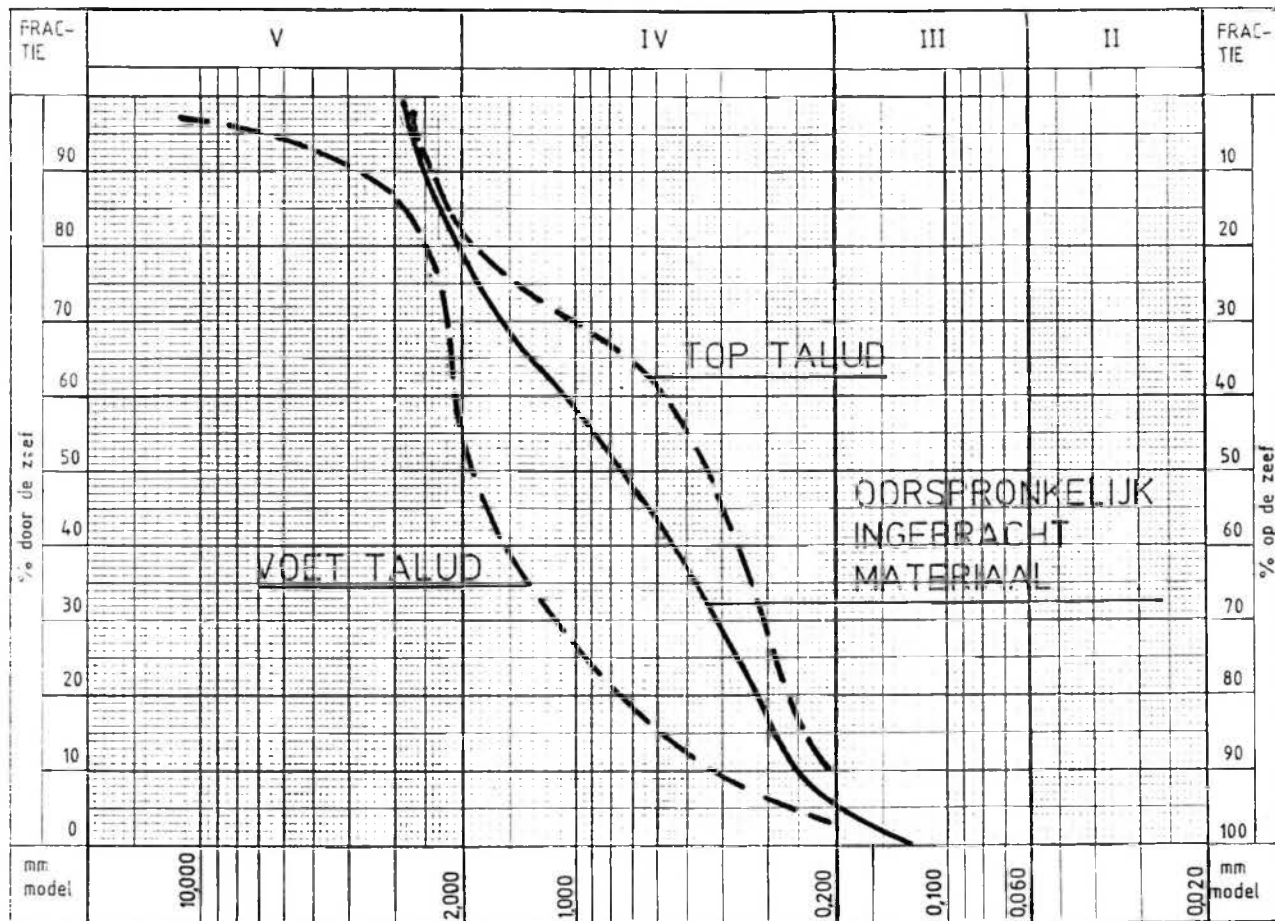
Schalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

GRINTPROFIELEN  $H_{S(ing)}=1\text{ m}$



KORRELVERDELING ZEEGRINT TOP EN VOET TALUD

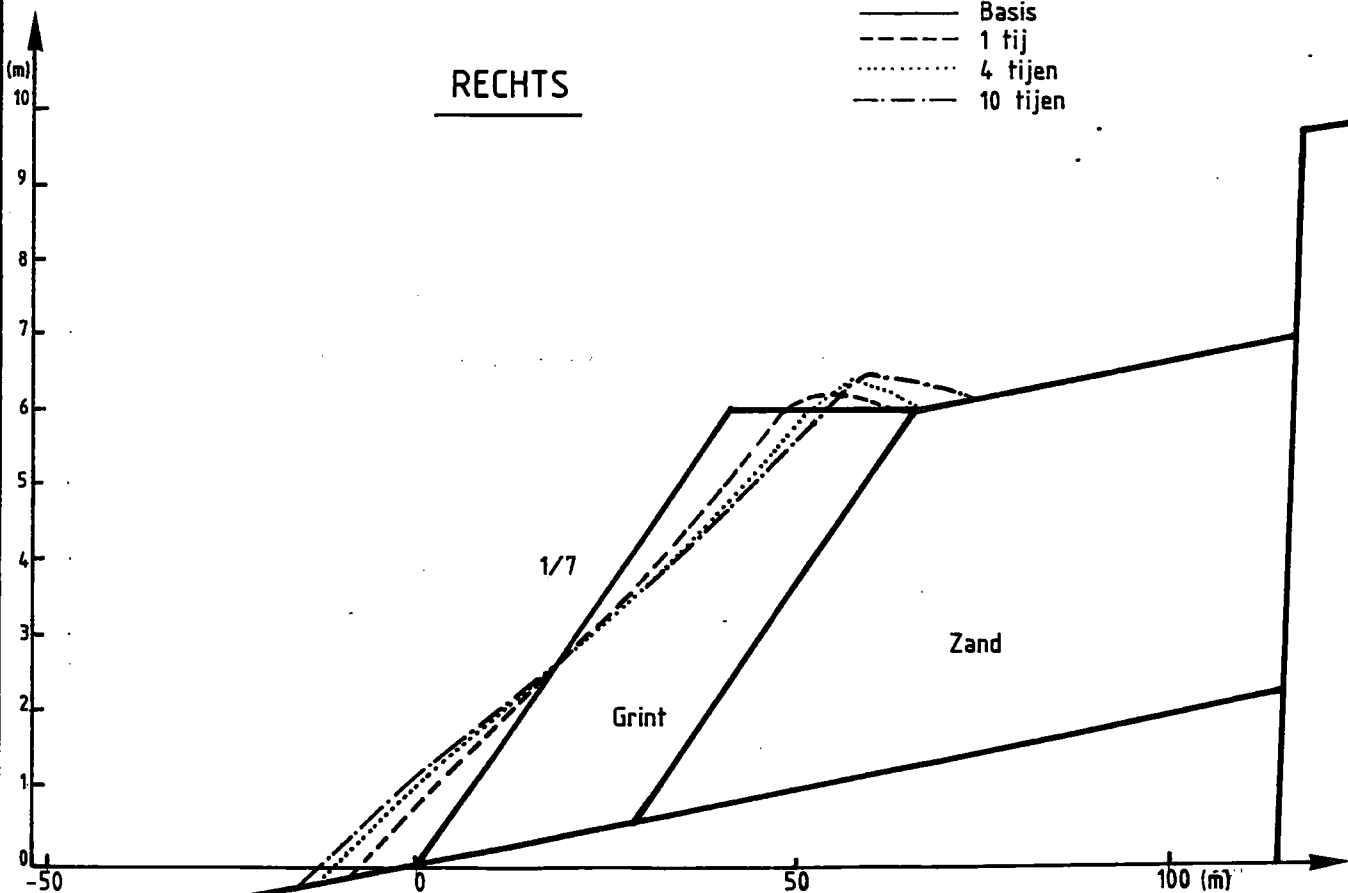
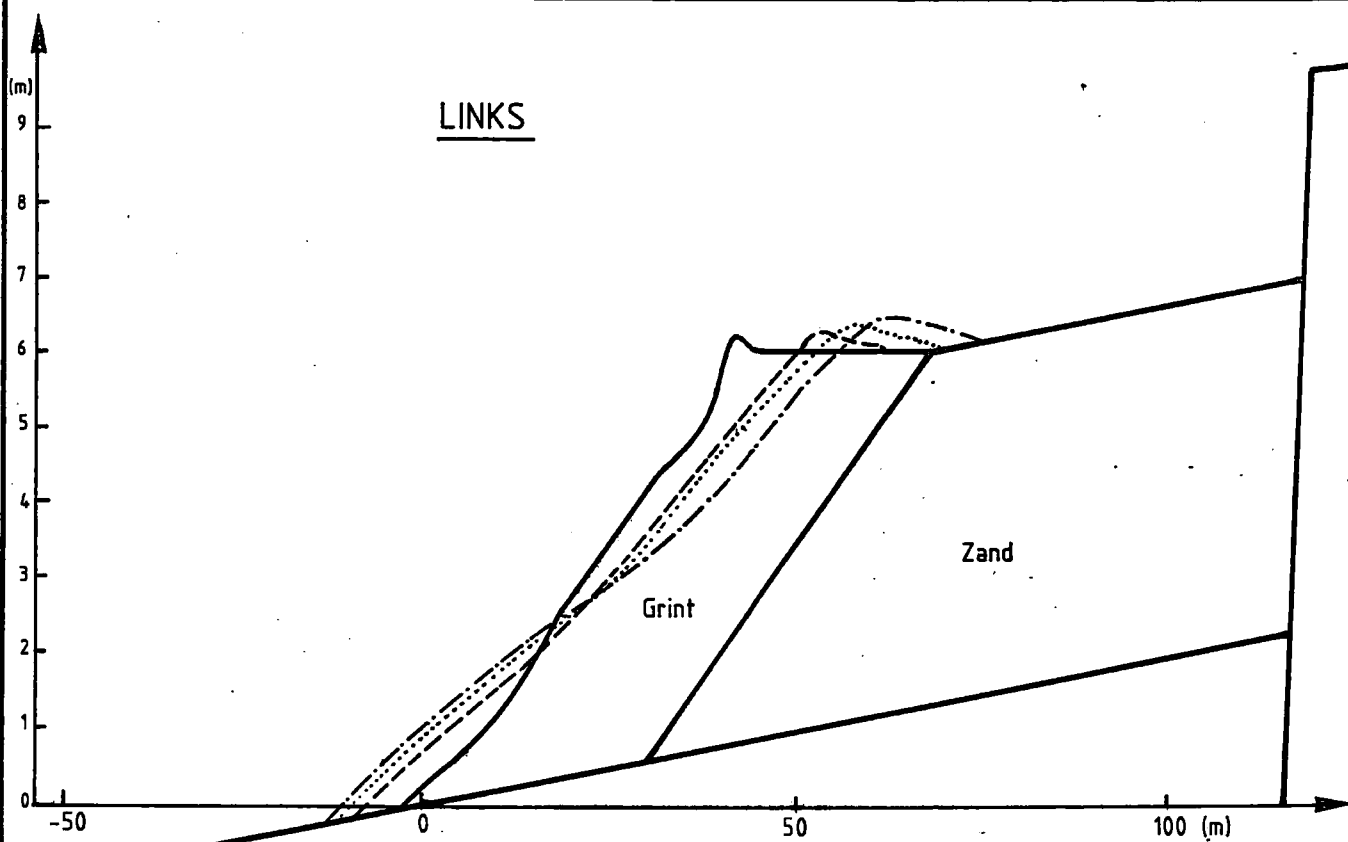
$H_{S(ing)} = 1m$





Schaalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/400

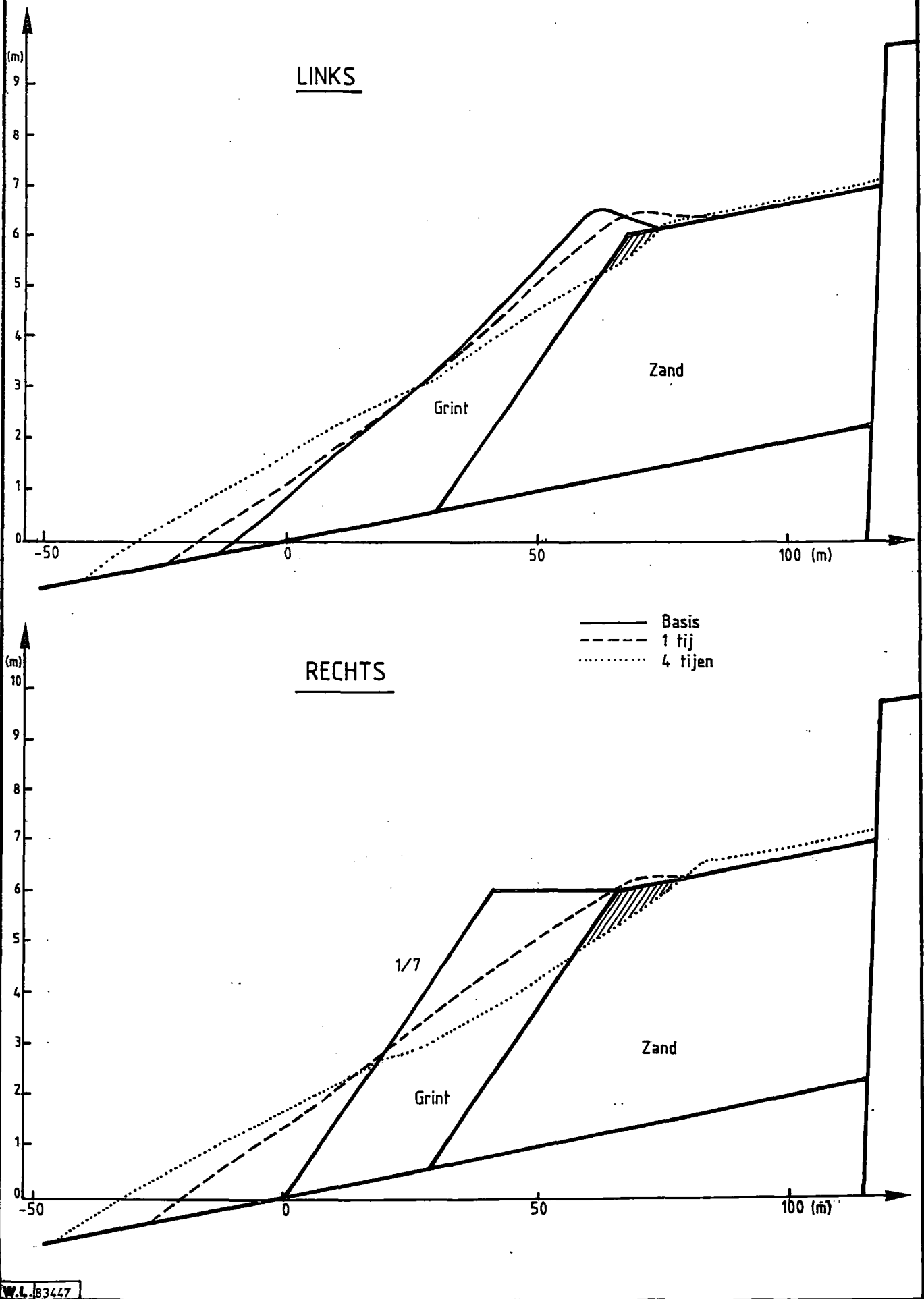
GRINTPROFIELEN  $H_{S(ing)}=2m$





Schalen: Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/400

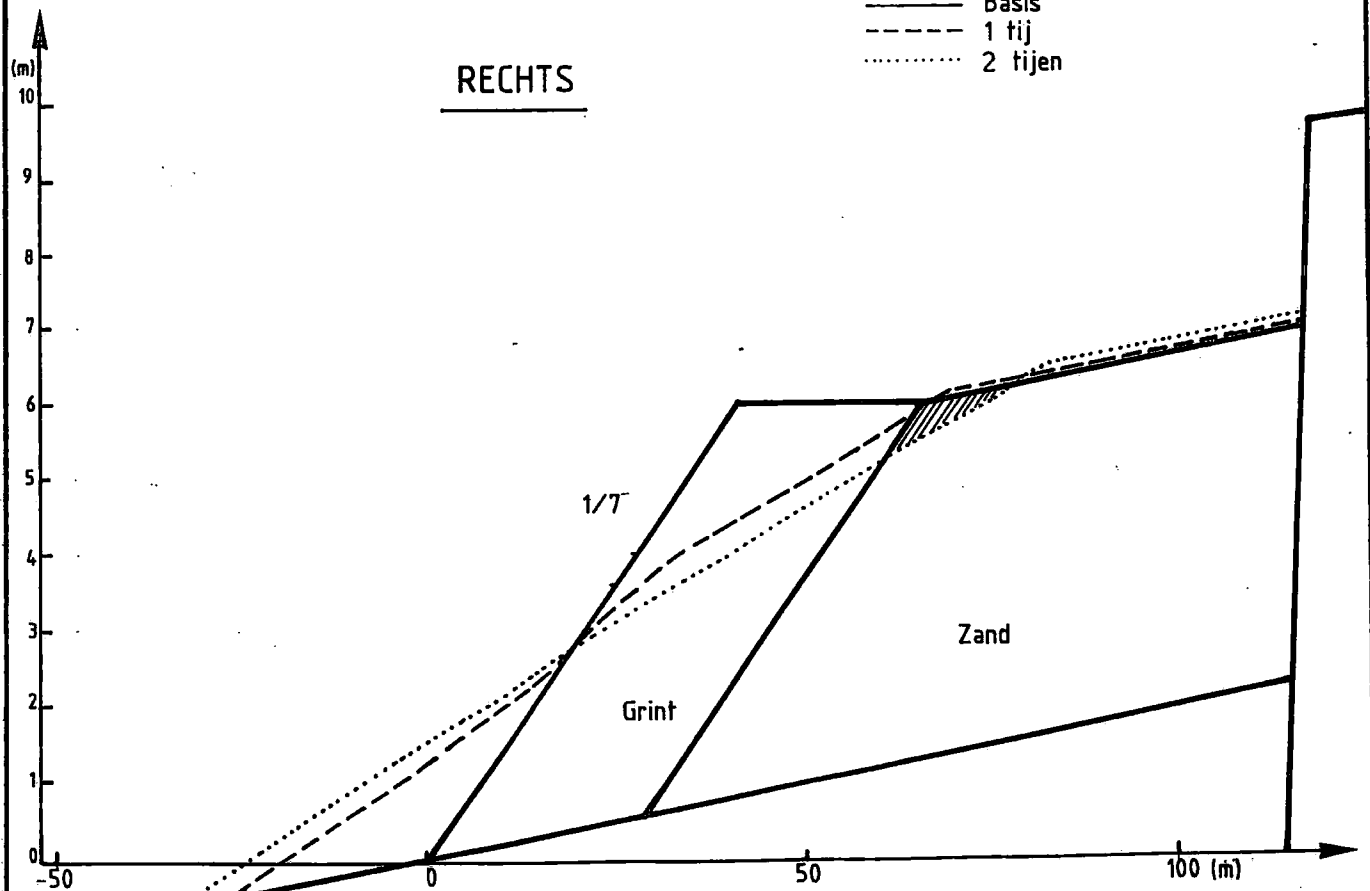
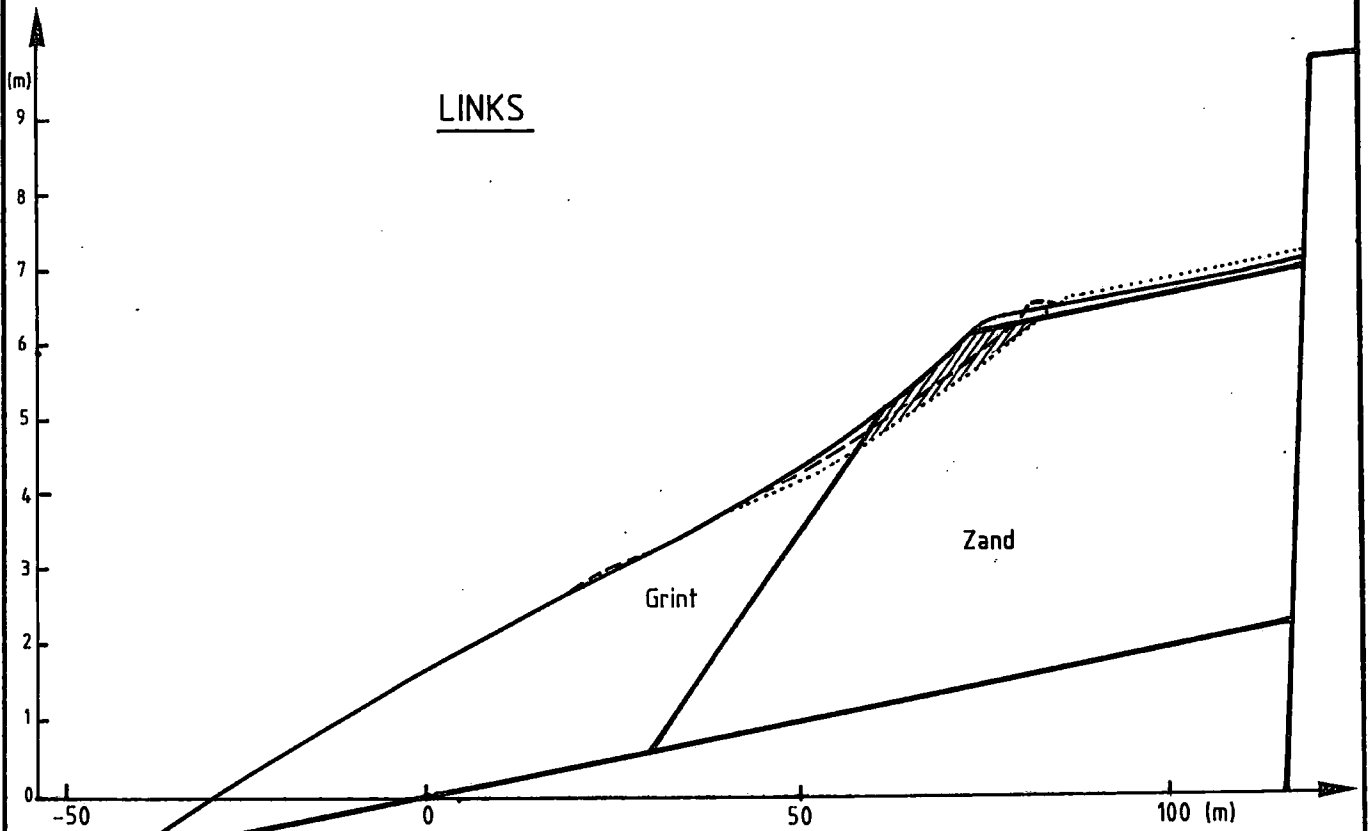
GRINTPROFIELEN  $H_{S(lng)}=3m$





Schalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

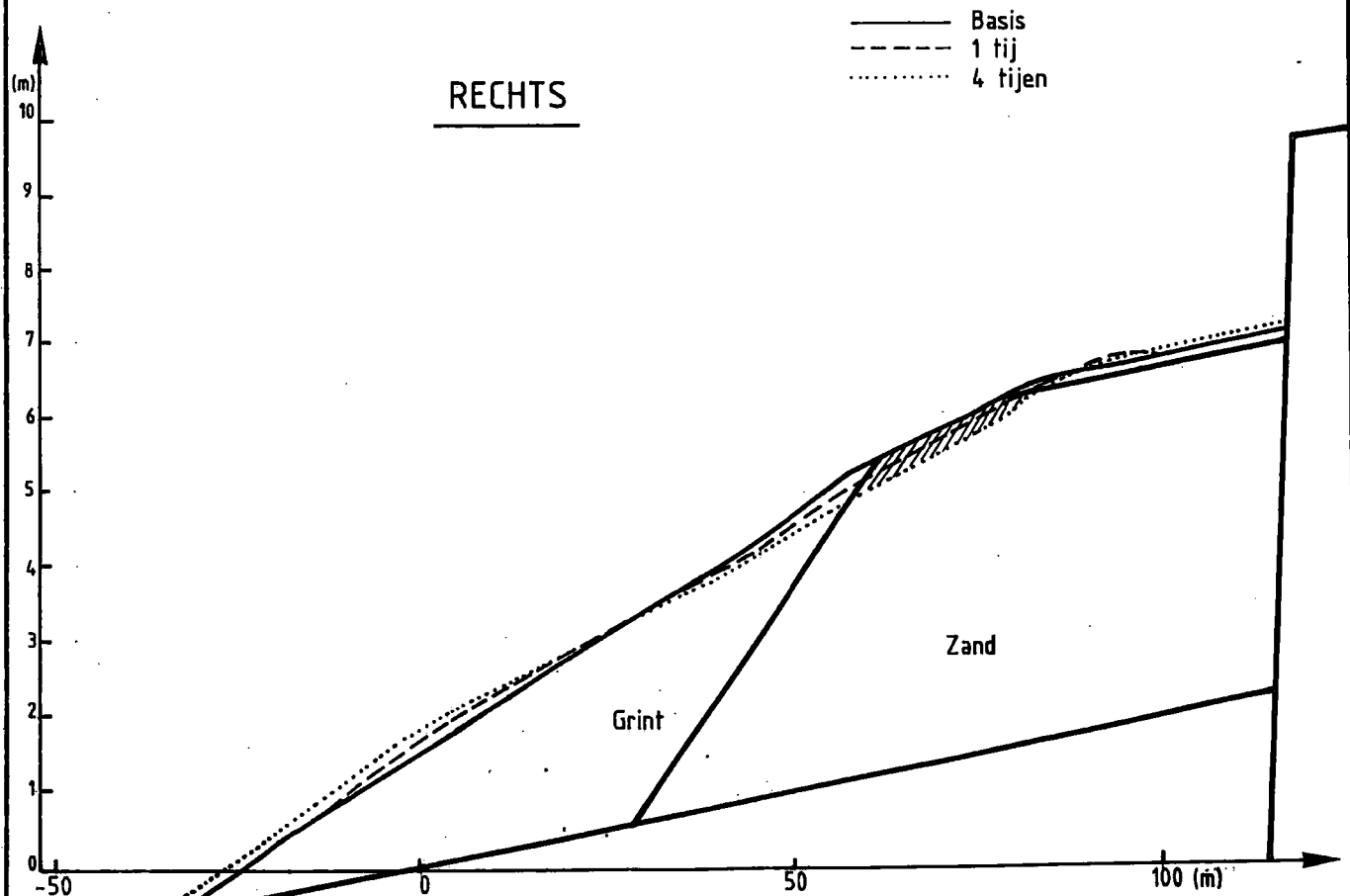
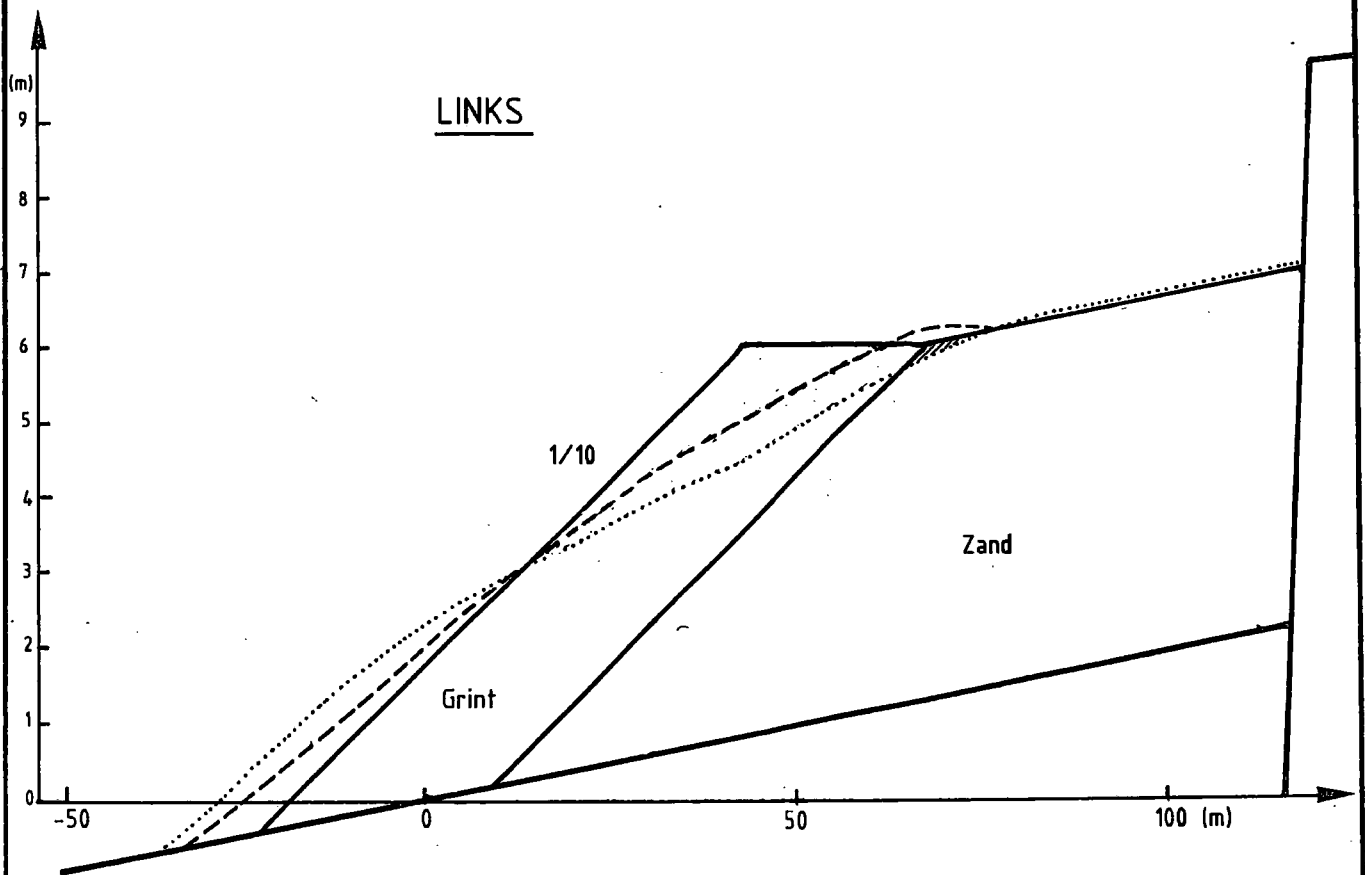
GRINTPROFIELEN  $H_{S(\text{ing})}=3,50\text{m}$





Schalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

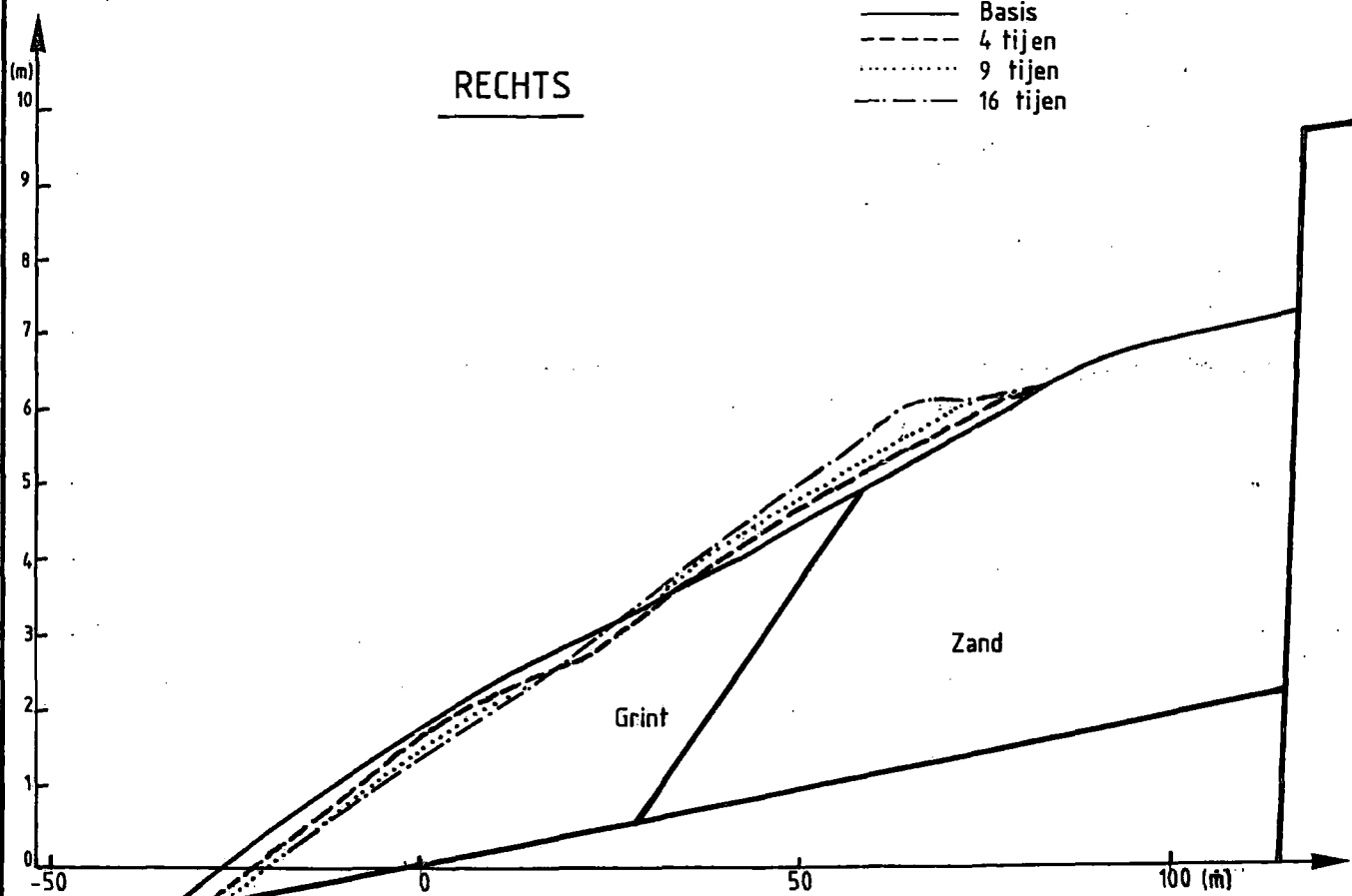
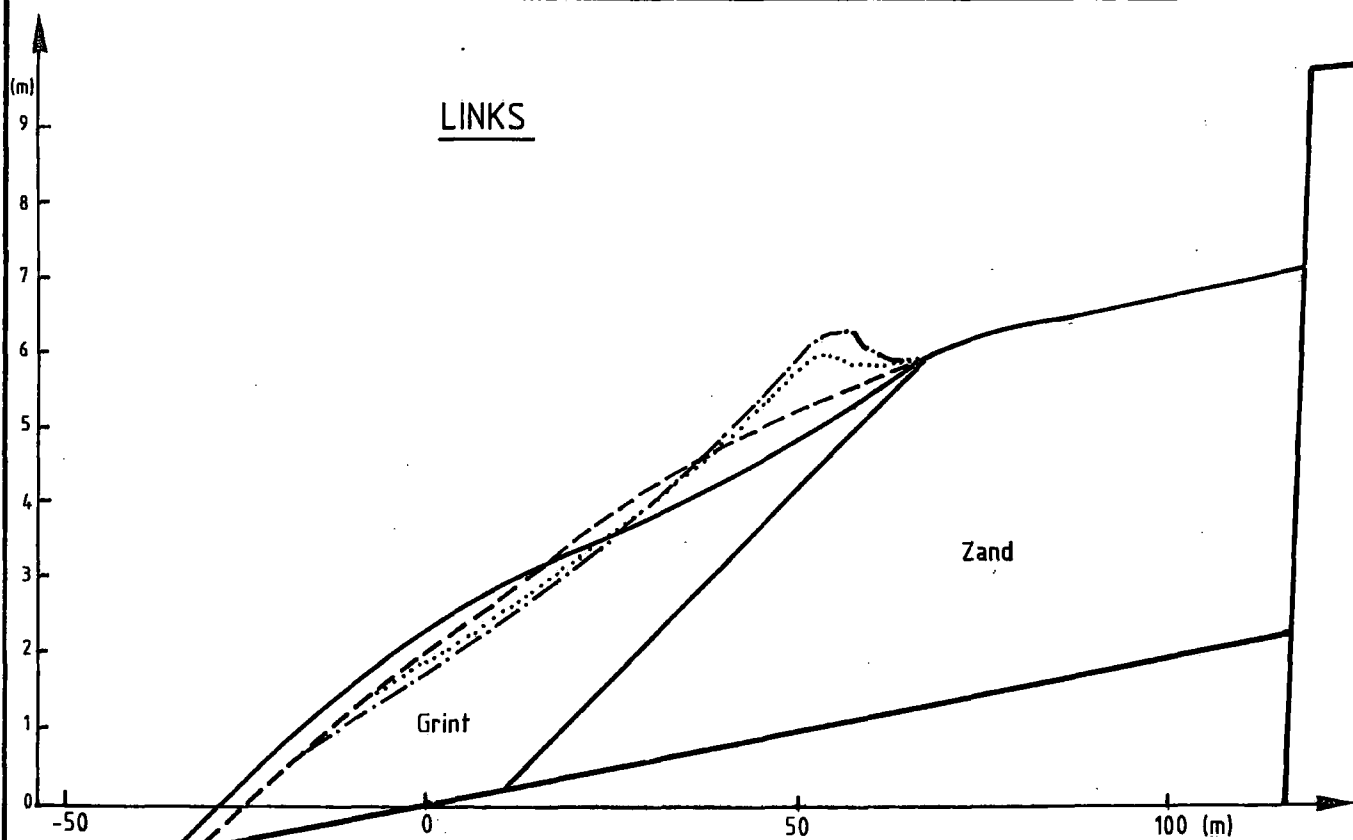
GRINTPROFIELEN  $H_{S(\text{ing})}=3 \text{ m}$





Schaalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

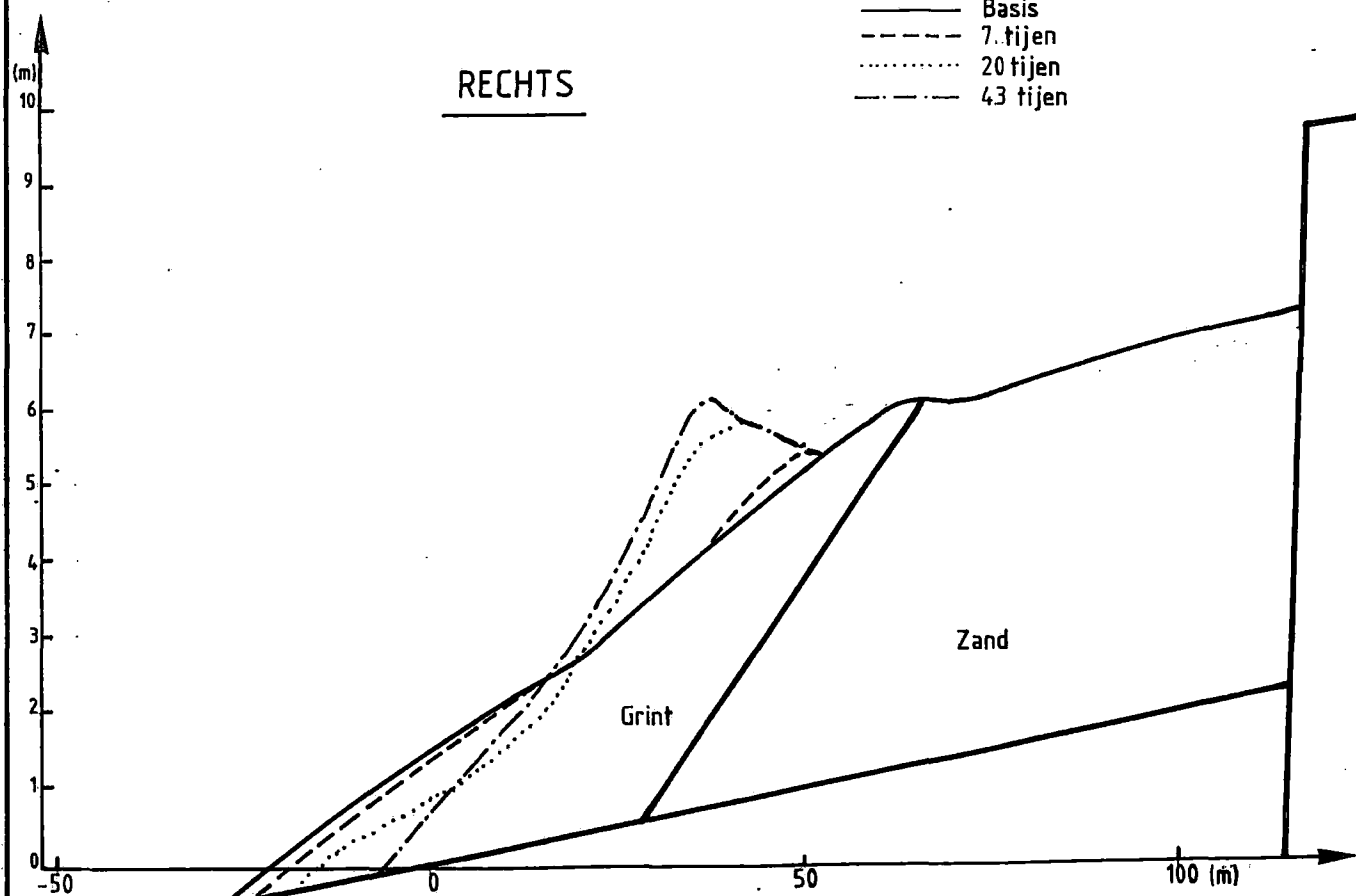
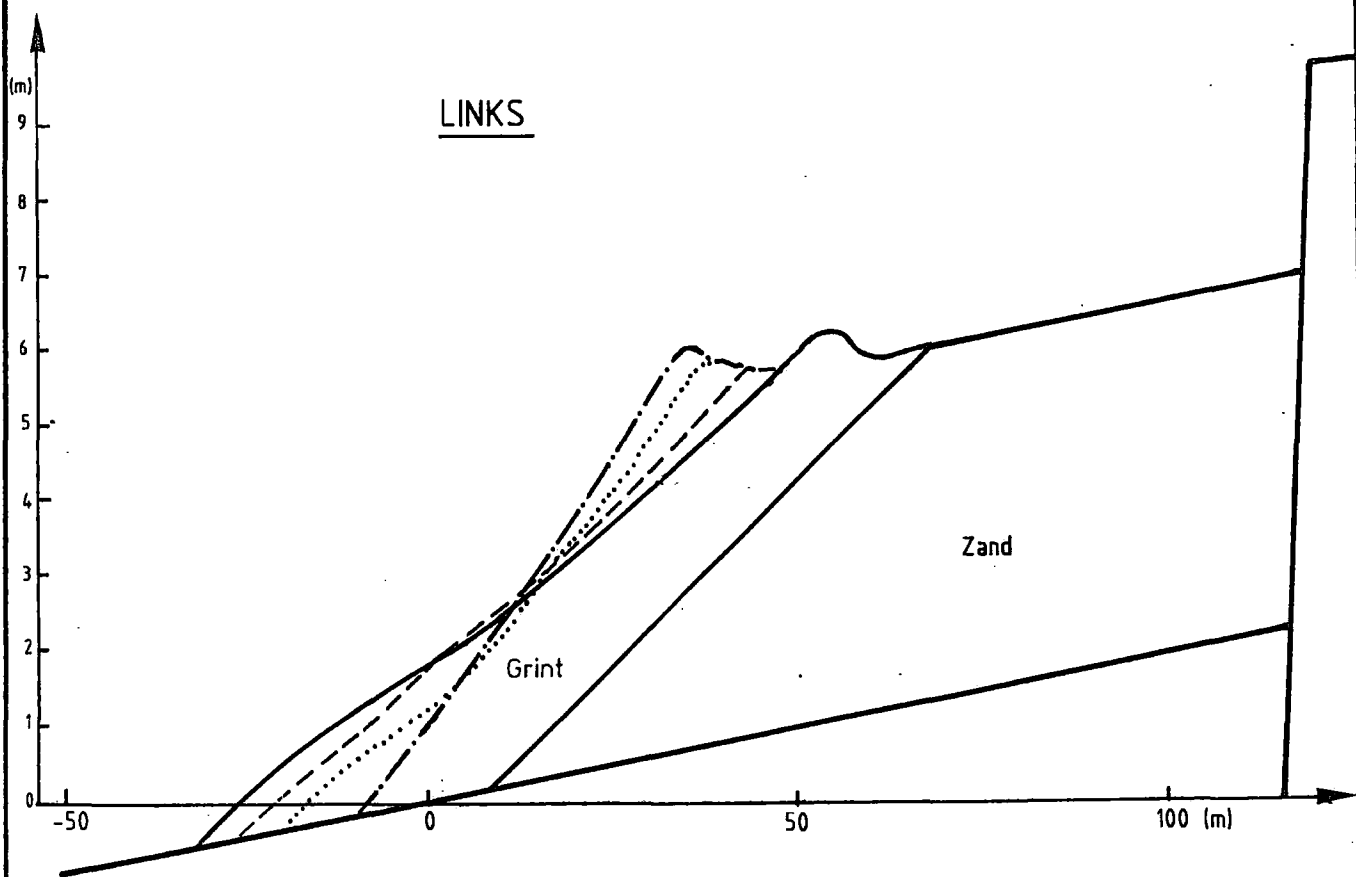
GRINTPROFIELEN  $H_{S(ing)} = 2$  m





Schalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

GRINTPROFIELEN  $H_{s(ling)}=1$  m

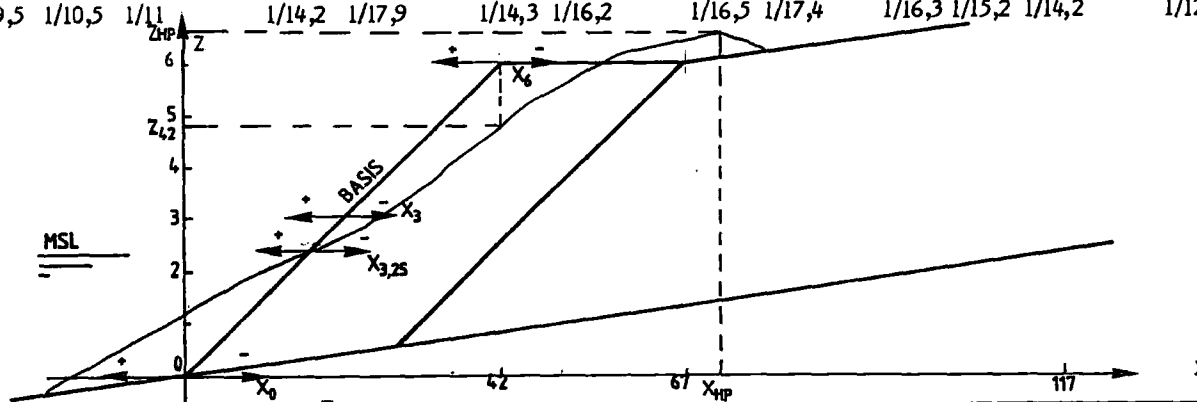


Links

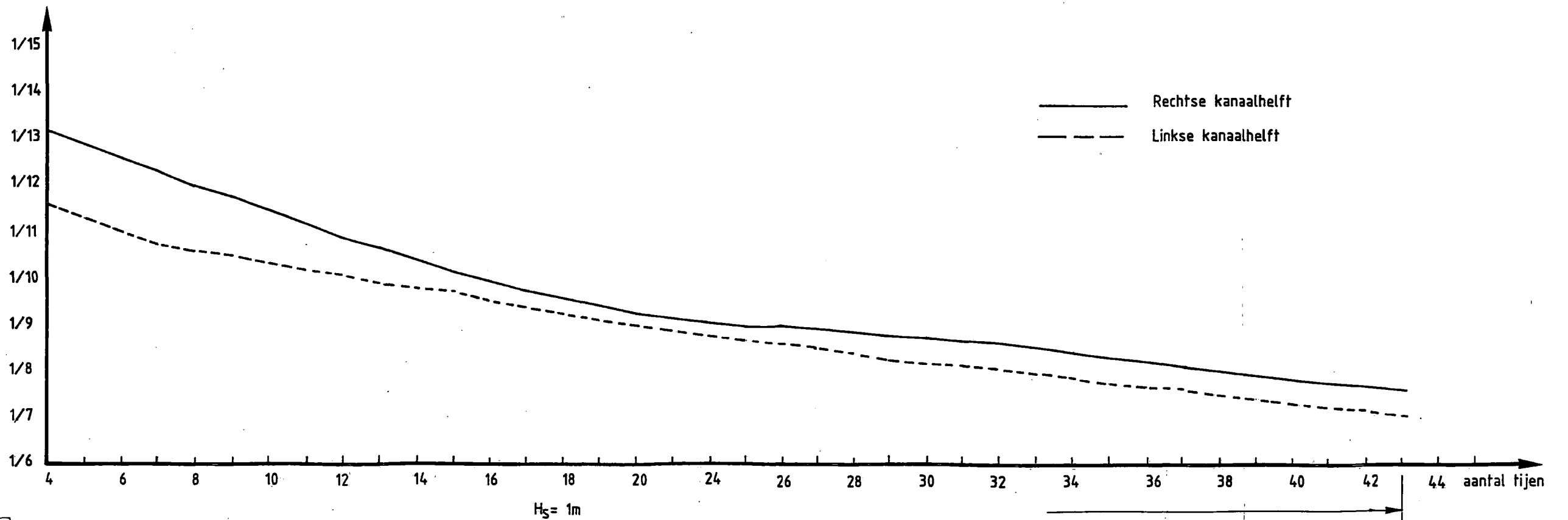
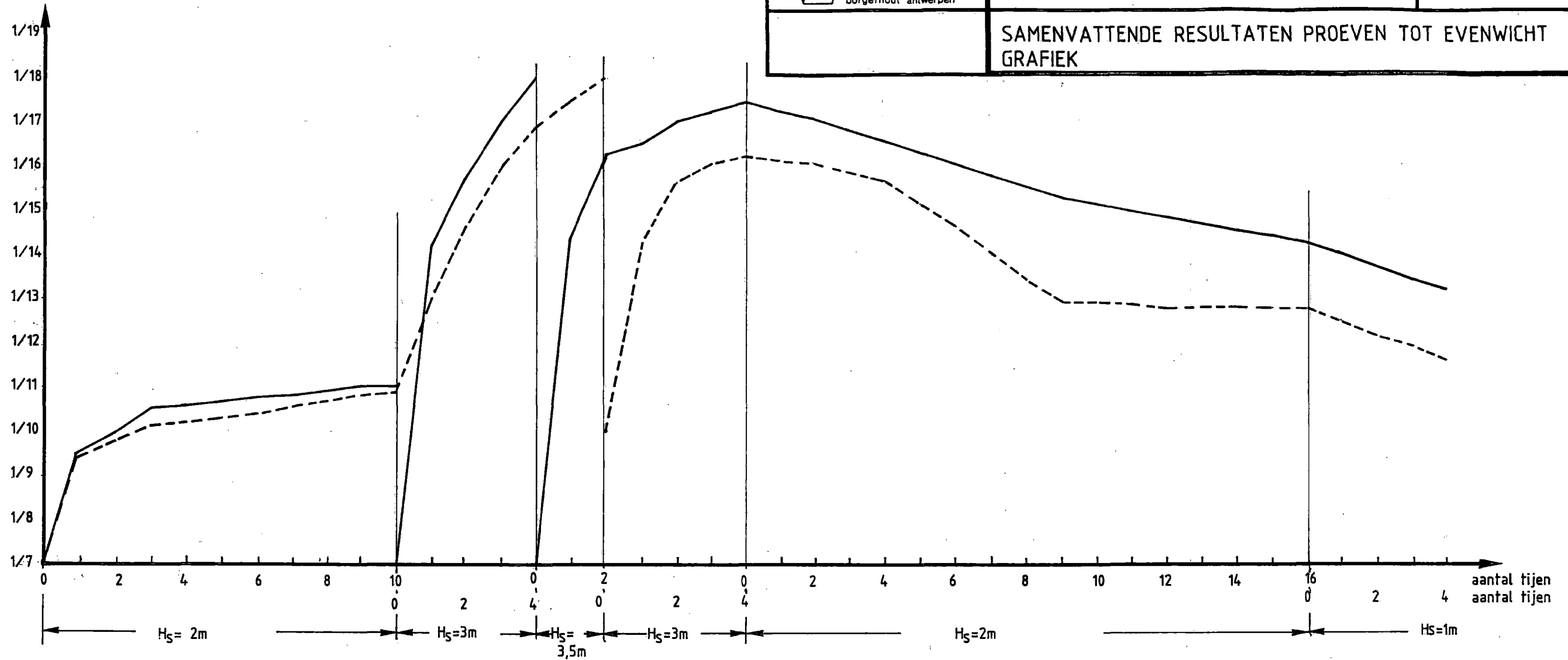
Z	H <sub>s</sub>	1m		2m			3m			3m50		3m			2m			1m								
		BAS	55tij	BAS	1tij	4tij	10tij	BAS	1tij	4tij	BAS	1tij	2tij	2tij	1tIJ	4tij	BAS	4tij	9tij	16tij	BAS	7tij	15tij	20tij	30tij	43tij
x <sub>0</sub>		+1.5		+6.2	+8.4	+9.1		+7.1	+19.2	-0.8	+0.1		+6	+9.2	-2.3	-2.6	-2.6		-4.8	-7.1	-8.6	-11.6	-17.2			
x <sub>2.35</sub>		-0.4		-2.2	+0.8	+0.3		+0.1	+6.2	-0.5	+0.5		+1.4	+4.5	-4.6	-6.3	-7.7		+0.8	-2.4	-3.5	-1.7	-1.4			
x <sub>3</sub>	1/7	+0.3		-1.8	-2.4	-2.7		-0.3	-1.3	+1.4	+0.1	1/10	+0.5	+0.7	-2.5	-4.1	-6.4		+1.6	+0.3	+1.2	+2.7	+3.9			
x <sub>6</sub>		+1.7		-8.5	-10.5	-14.3		-5.7	-16.9	-4.2	-6.8		-18.8	-27.9	+0.9	+17.2	+18.4		+7.1	+10.3	+13.8	+16.3	+17.7			
Z <sub>42</sub>		6.23		5.30	4.78	4.66		4.39	3.91	3.82	3.79		5.06	4.49	4.92	5.00	5.04		5.61	5.80	5.90	5.90	5.90			
Z <sub>HP</sub>		6.25		6.26	6.37	6.55		6.51									6.30		5/72	5.84	5.90	6.05	6.05			
x <sub>HP</sub>		41.4		52.3	57.7	59.6		69.2	dijk	dijk	dijk		dijk	dijk	dijk	dijk	55.2		43.5	40.7	38.2	36.0	35.4			
helling		1/7		1/9,4	1/10,1	1/10,8		1/13	1/16,8	1/17,4	1/18		1/14,2	1/16,2	1/15,6	1/12,9	1/12,7		1/10,7	1/9,7	1/9	1/8	1/6,9			

rechts

Z	H <sub>s</sub>	1m		2m			3m			3m50		3m			2m			1m								
		BAS	55tij	BAS	1tij	4tij	10tij	BAS	1tij	4tij	BAS	1tij	2tij	BAS	1tij	4tij	BAS	4tij	9tij	16tij	BAS	7tij	15tij	20tij	30tij	43tij
x <sub>0</sub>		+1.5		+7.9	+10.5	+11.7		+18.5	+30.7	+18.6	+23.3		-0.2	+1	-2.7	-3.9	-3.9		-3.5	-5.9	-7.4	-9.1	-14.7			
x <sub>2.35</sub>		-1		-0.3	+1.6	+0.1		+1.4	+1	+1.1	+2.9		+1.9	+4	-1.1	-3	-4.6		0	-3.7	-4.9	-3.5	-3.5			
x <sub>3</sub>	1/7	-0.9	1/7	-1.7	-1.4	-2.2	1/7	-2.2	-8.1	1/7	-1.5	-1.8		+0.5	+0.9	-2.8	-0.1	-2.3		+1.8	+0.6	-0.2	+2.1	+3.5		
x <sub>6</sub>		+1.5		-7.6	-10.6	-12.1		-24.8	-35.2	-25.4	-32.2		-1.3	-6.1	+2.5	+9.1	+15.3		17.7	+18.5	+22.5	+24.6	+26.3			
Z <sub>42</sub>		6.20		5.09	4.73	4.79		4.44	3.63	4.51	4.15		4.03	3.96	4.17	4.27	4.39		4.49	5.28	5.81	6.00	6.00			
Z <sub>HP</sub>		6.23		6.26	6.39	6.52		6.24									6.12		5.45	5.69	5.83	6.13	6.20			
x <sub>HP</sub>		41.5		53.5	57.3	60.6		72.5	dijk	dijk	dijk		dijk	dijk	dijk	dijk	67.8		+51.9	45.1	42.8	41	39.8			
helling		1/7		1/9,5	1/10,5	1/11		1/14,2	1/17,9	1/14,3	1/16,2		1/16,5	1/17,4	1/16,3	1/15,2	1/14,2		1/12,3	1/10,1	1/9,2	1/8	1/7,4			

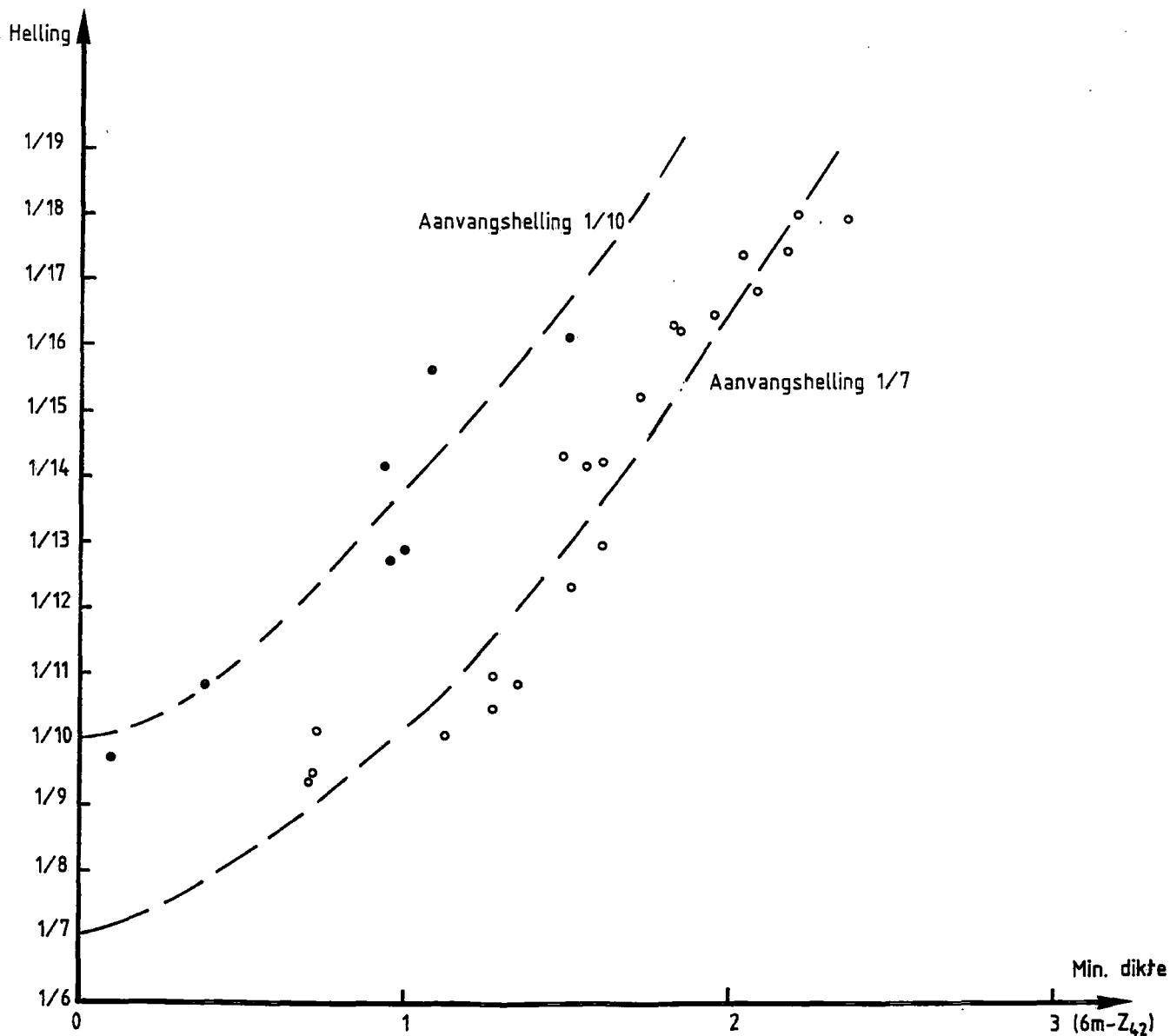
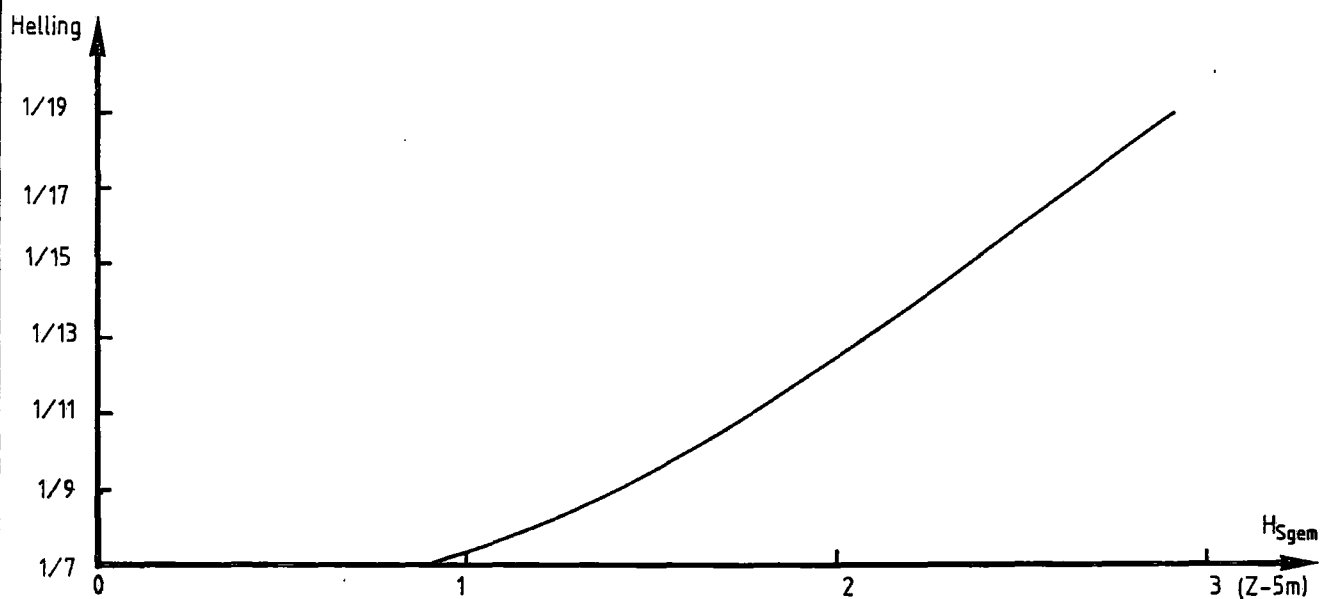


SAMENVATTENDE RESULTATEN PROEVEN TOT EVENWICHT  
GRAFIEK



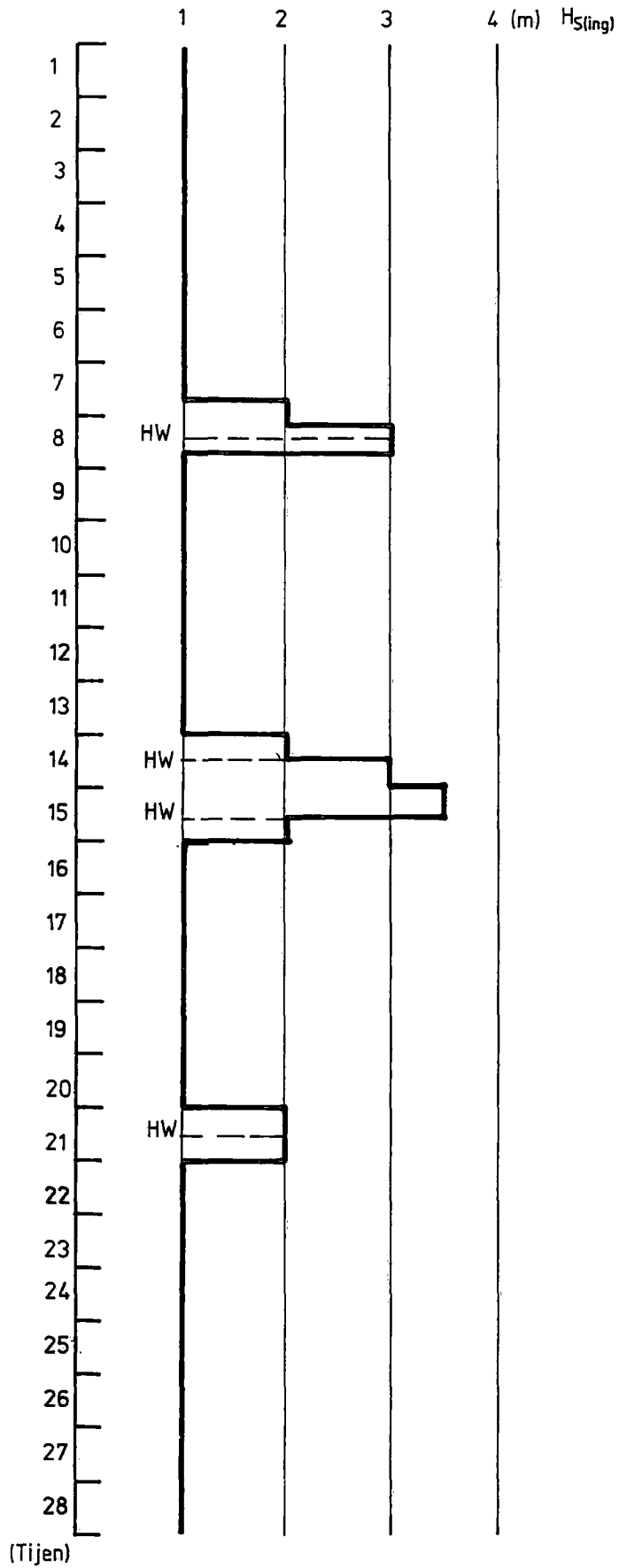


EVENWICHTSHELLINGEN EN GEBRUIKTE LAAGDIKTEN





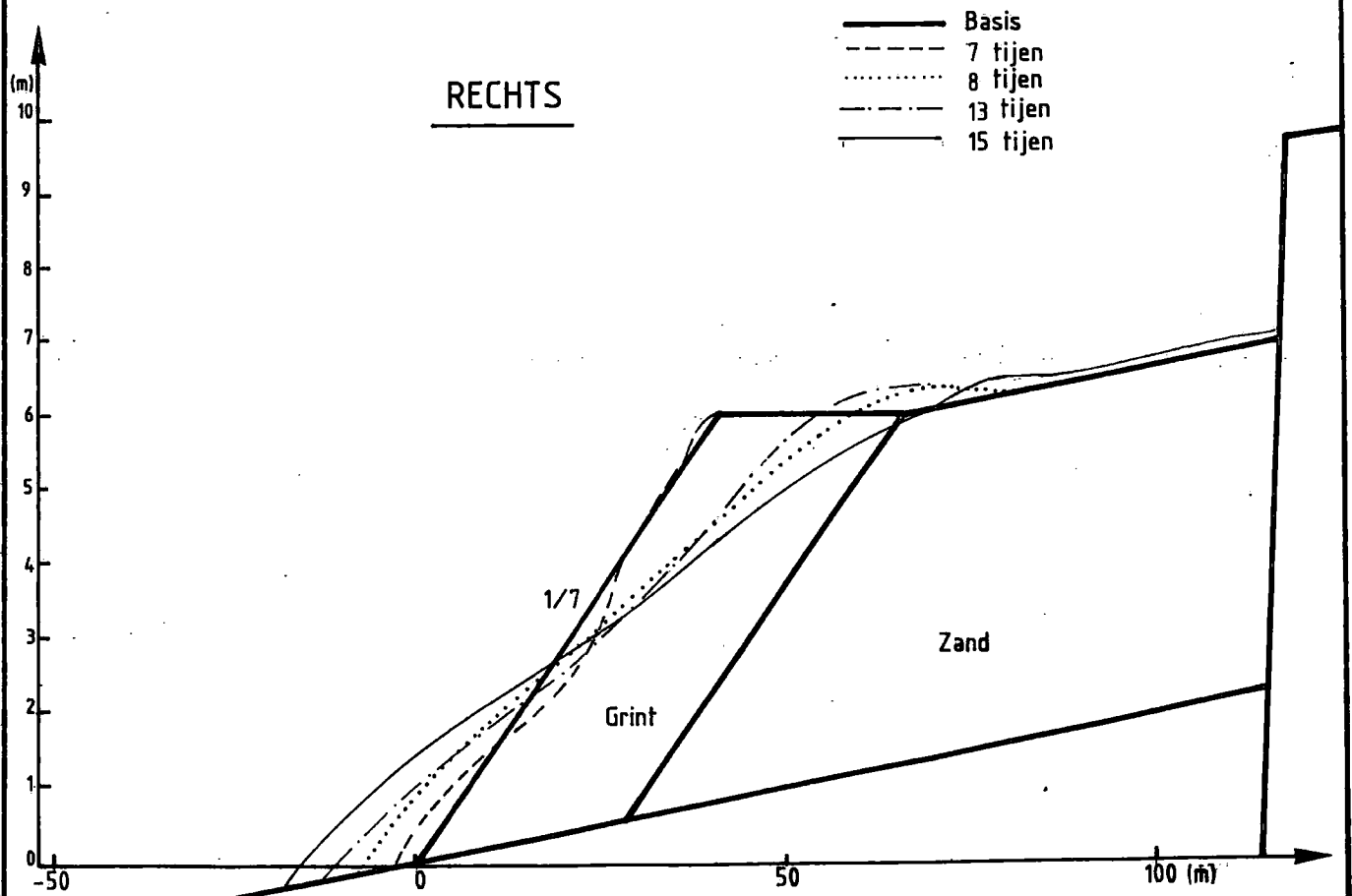
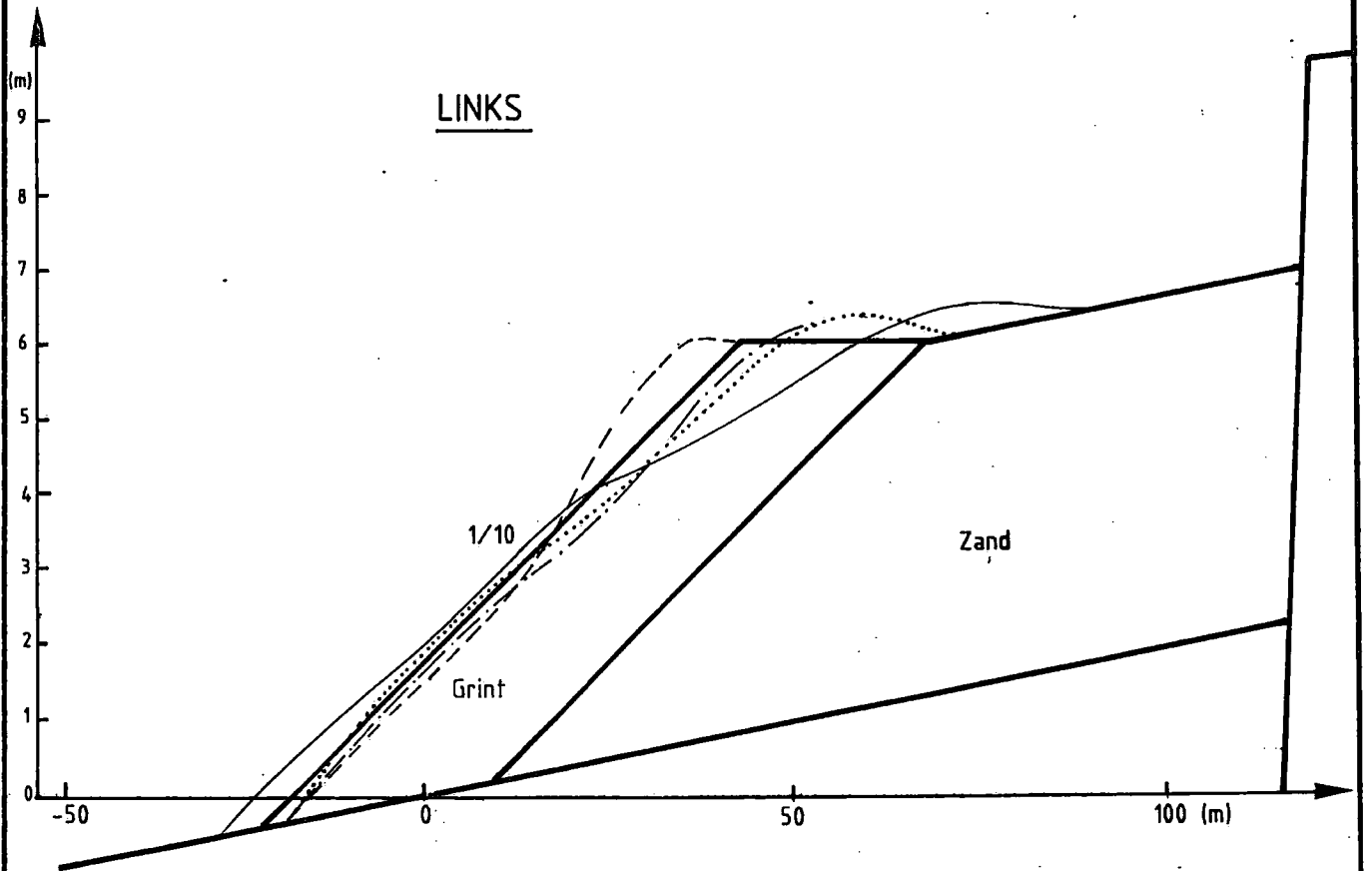
GESCHEMATISEERDE JAARCYCLUS





Schalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

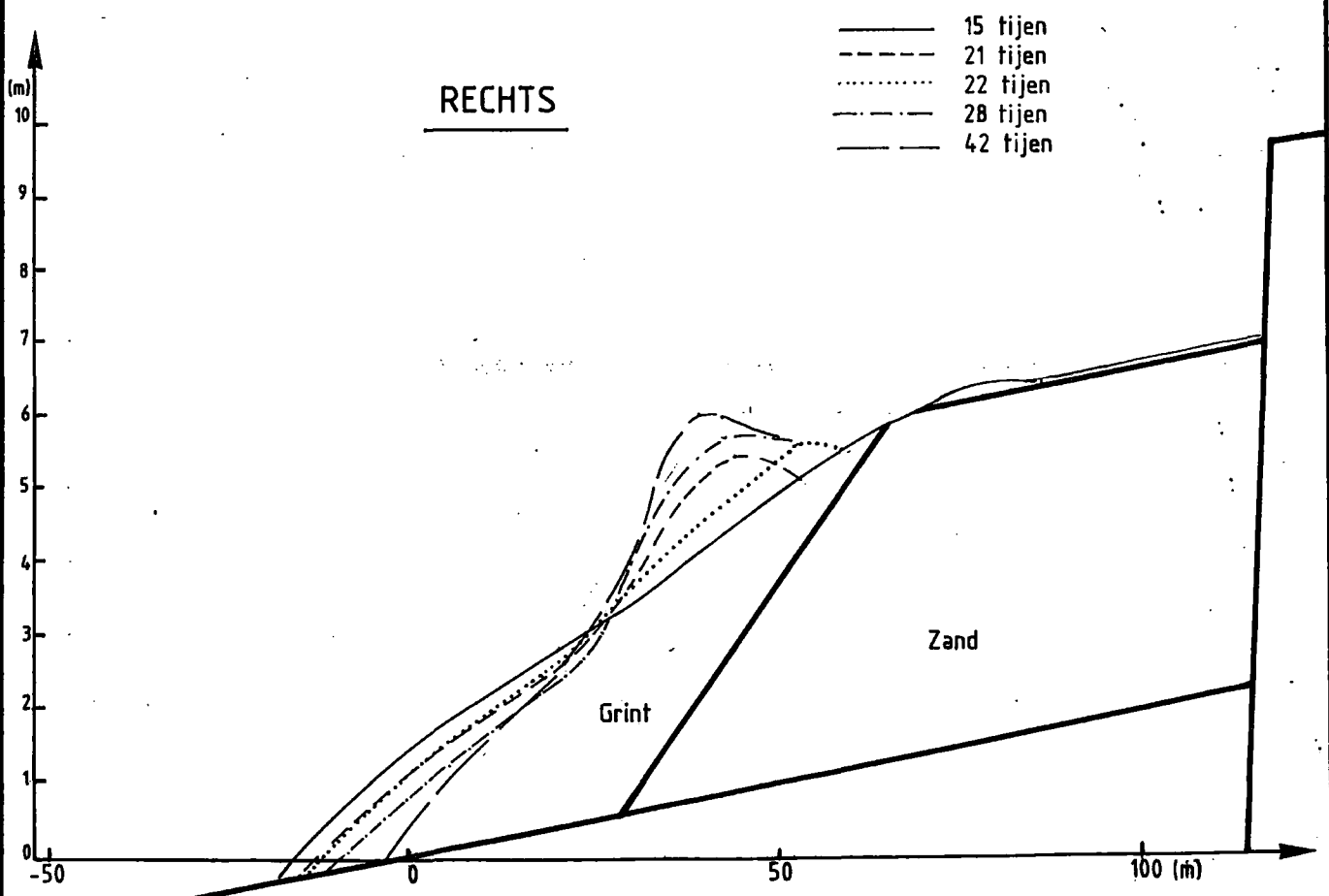
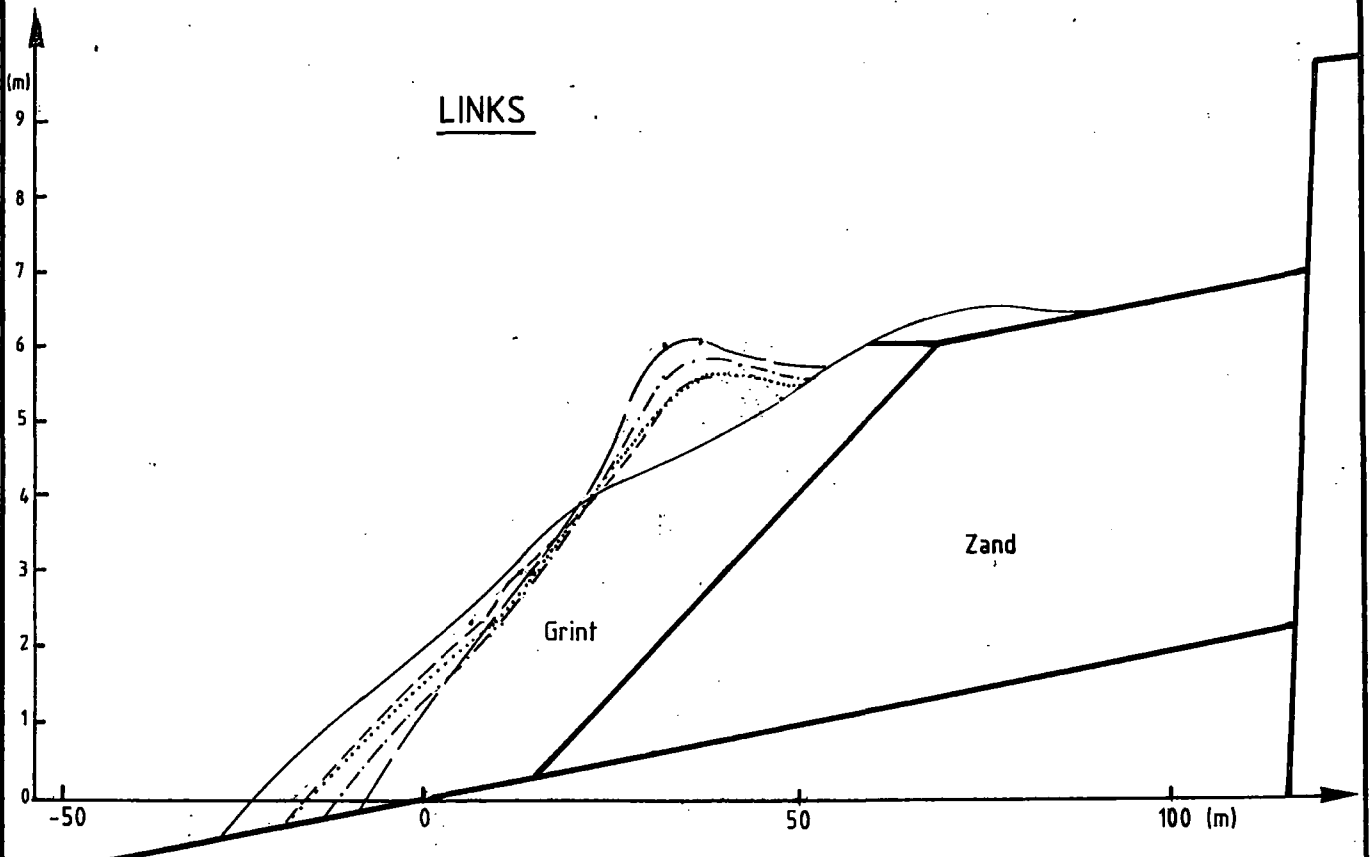
GRINTPROFIELEN BASIS TOT 15° TIJ





Schalen : Horizontaal 1/1000  
Vertikaal 1/100

GRINTPROFIELEN 15° TOT 42° TIJ





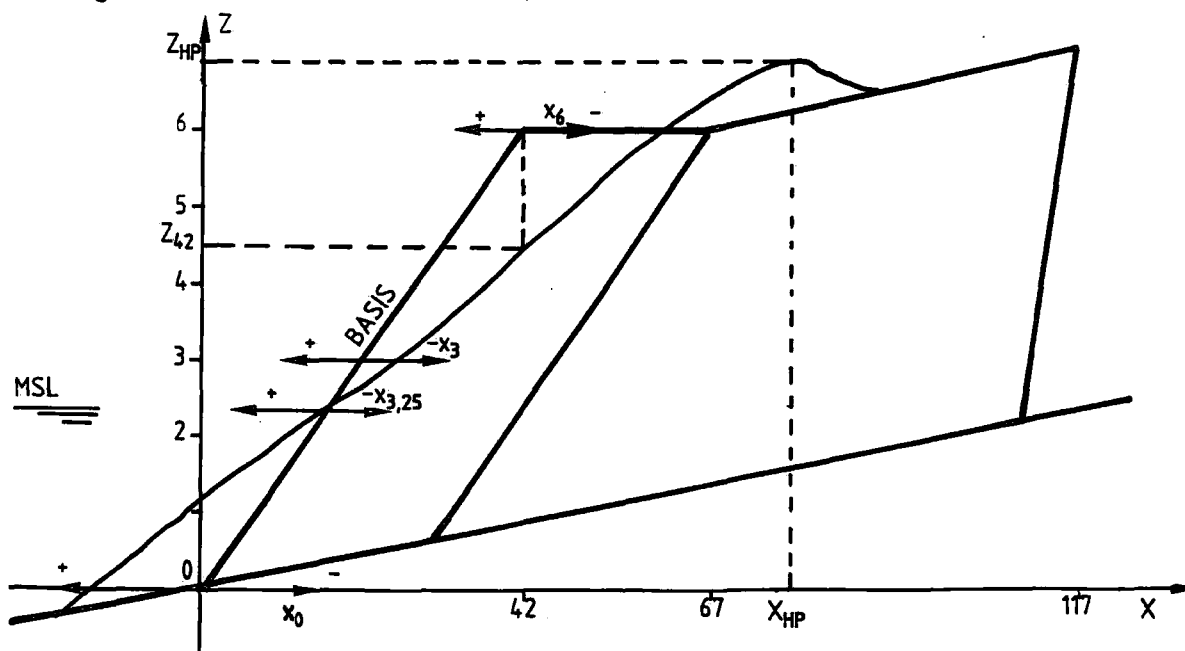
**SAMENVATTENDE RESULTATEN JAARCYCLUS TABEL**

Links

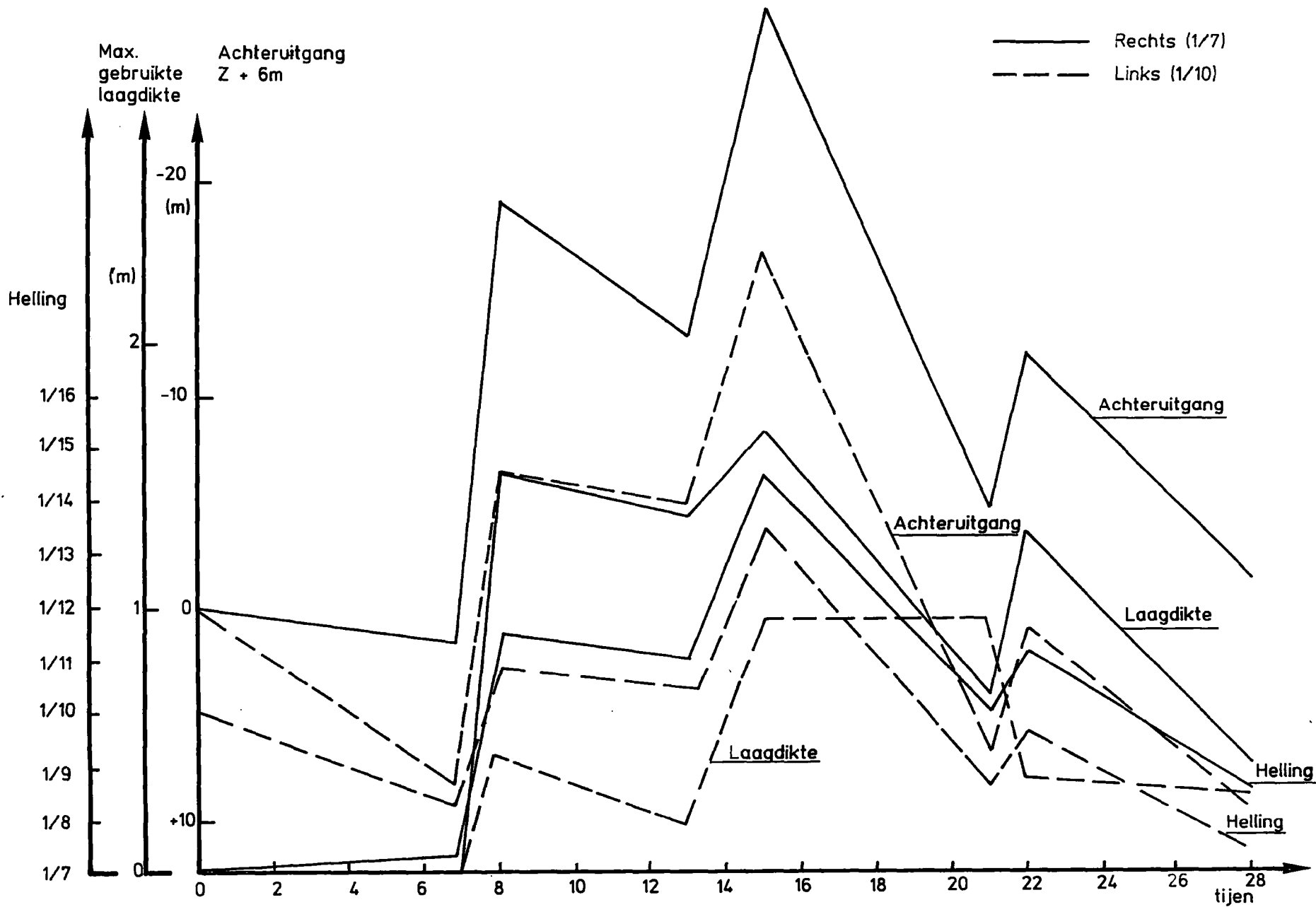
$H_s$									
Z	BAS	na 7 tij	na 8 tij	na 13 tij	na 15 tij	na 21 tij	na 22 tij	na 28 tij	na 42 tij
$x_0$		-1.8	-1.8	-1.8	+4.4	-1.5	-1.5	-6.5	-8.2
$x_{2.35}$		-3.5	+0.6	-1.2	+1.9	-2.7	-2.7	-3.5	-3.5
$x_3$		-1.5	0	-2.1	+1.2	-0.6	-2.1	-1.8	-1.8
$x_6$		+8.3	-6.5	-4.7	-16.7	+6.8	+0.6	+8.9	+10
$Z_{42}$	1/10	6.00	5.57	5.87	5.04	5.04	5.64	5.71	5.71
$Z_{HP}$		6.00	6.33	6.33	6.45	5.59	5.66	5.74	6.00
$X_{HP}$		42	58	58	71	337	40	31.3	32
Helling		1/8.30	1/10.80	1/10.50	1/13.50	1/8.60	1/9.65	1/7.45	1/6.95

Rechts

$H_s$									
Z	BAS	na 7 tij	na 8 tij	na 13 tij	na 15 tij	na 21 tij	na 22 tij	na 28 tij	na 42 tij
$x_0$		+3	+8	+10.9	+16.6	+13.4	+13	+9.8	+3
$x_{2.35}$		-3.2	+1.2	-1.2	+1.8	-2.1	-1.2	-4.1	-3.2
$x_3$		-2.4	-2.4	-3.8	-2.4	-4.1	-3	-4.1	-2.4
$x_6$		+1.5	-19	-13	-28.4	-4.8	-12.2	-2.8	+1.5
$Z_{42}$	1/7	6.00	4.49	4.66	4.34	5.33	4.70	5.59	6.00
$Z_{HP}$		6.00	6.30	6.30	-	5.47	5.66	5.74	6.00
$X_{HP}$		41	72	72	dijk	45.5	52.6	43.5	41
Helling		1/7.25	1/11.50	1/11.00	1/14.50	1/10.05	1/11.20	1/9.20	1/7.25



SAMENVATTENDE RESULTATEN JAARCYCLUS GRAFIEK

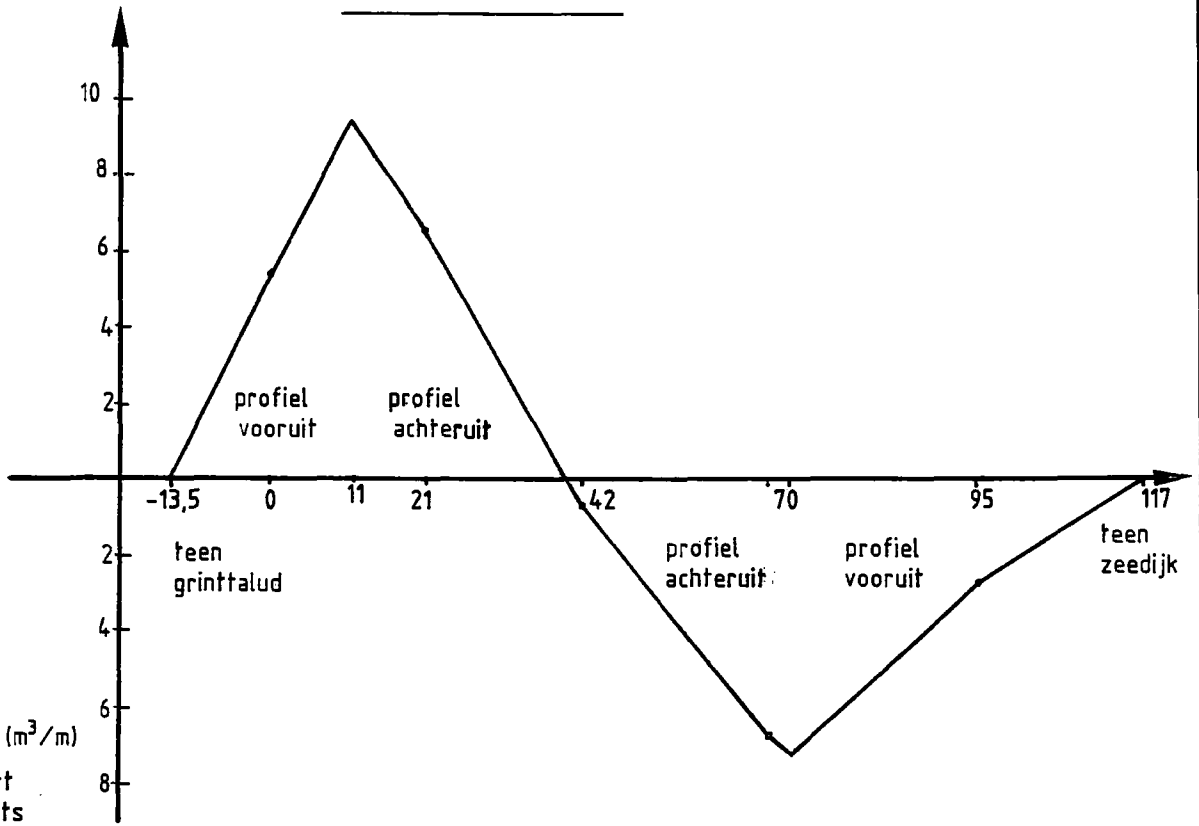


DWARSTRANSPORT OVER EEN JAARCYCLUS

Transport  
zeewaarts

(m<sup>3</sup>/m)

AANVANGSHELLING 1/7



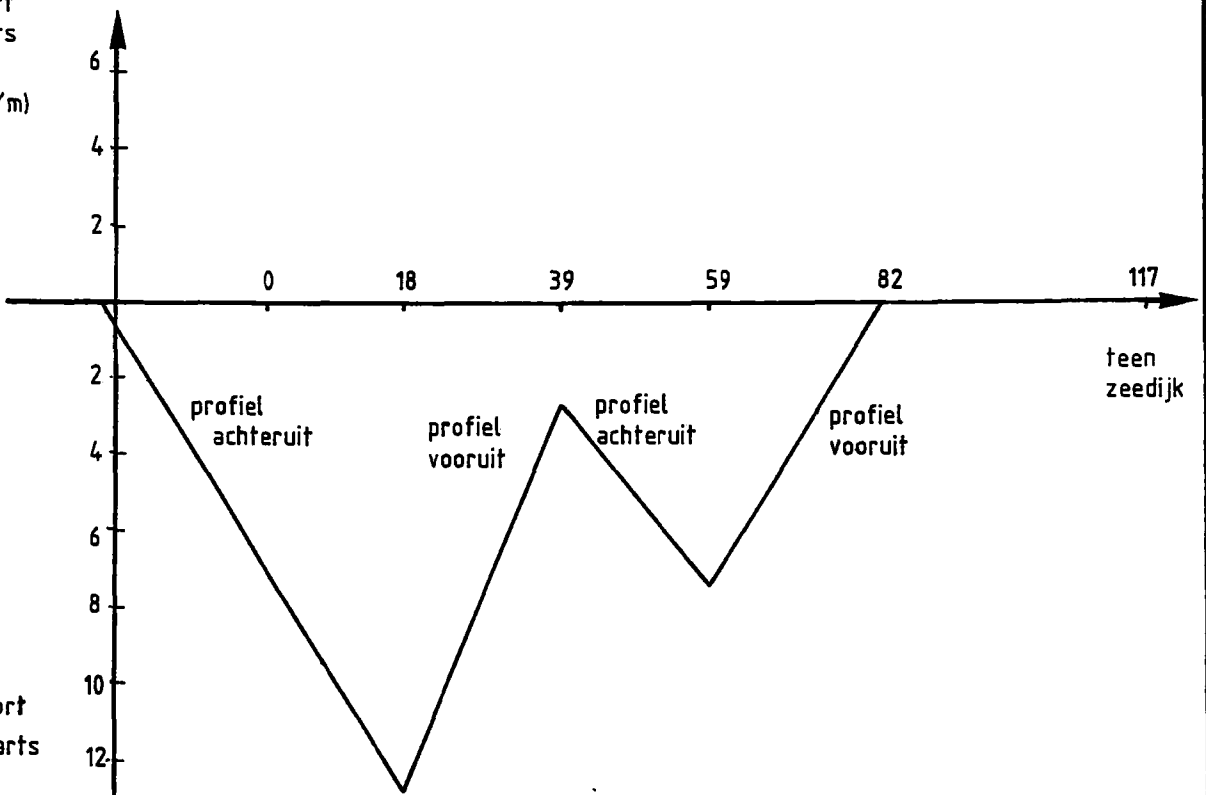
(m<sup>3</sup>/m)

Transport  
landwaarts

AANVANGSHELLING 1/10

Transport  
zeewaarts

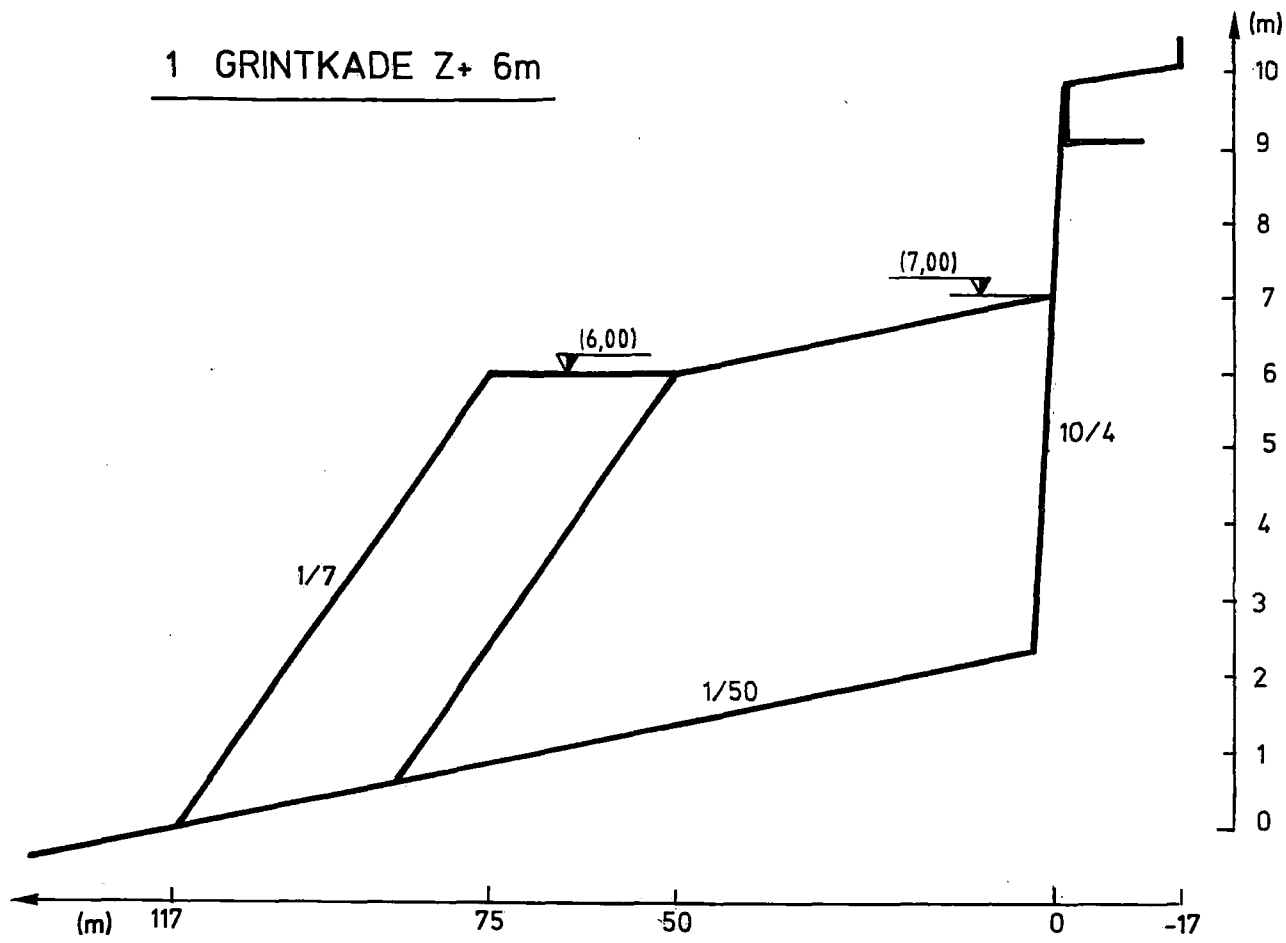
(m<sup>3</sup>/m)



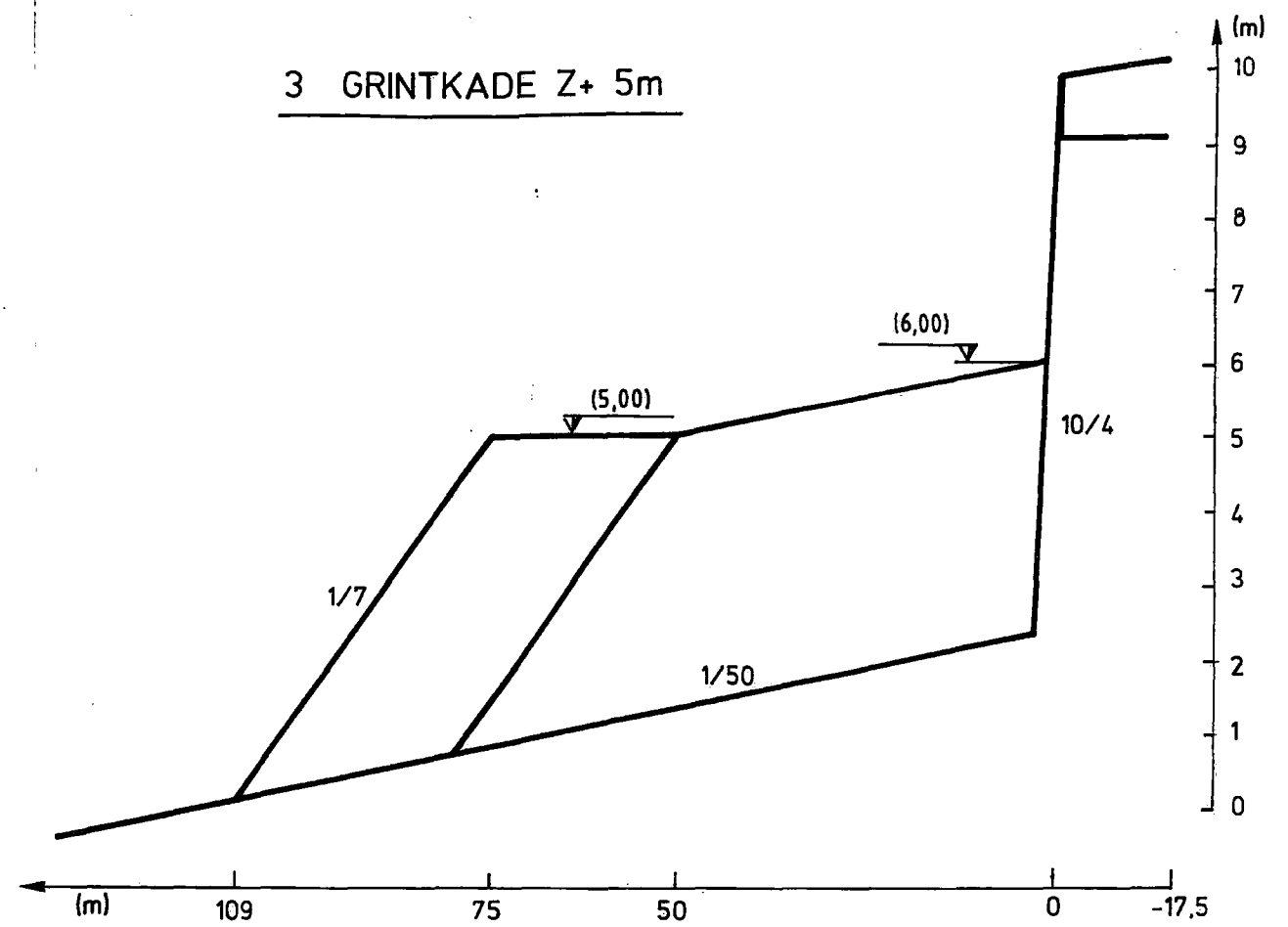
Transport  
landwaarts

OPLOOP EN OVERSTORTPROEVEN  
ONDERZOCHE PROFIELN

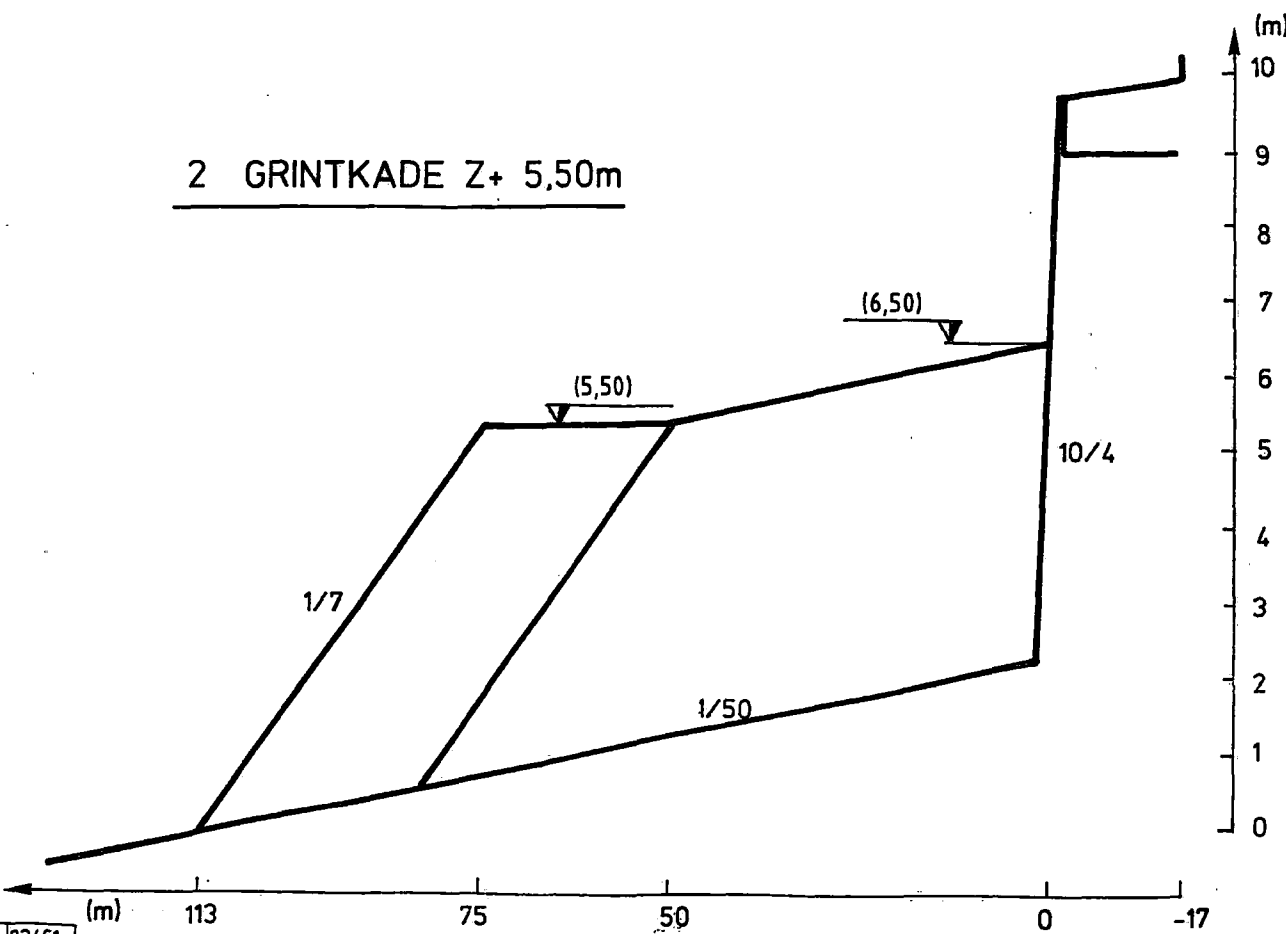
1 GRINTKADE Z+ 6m



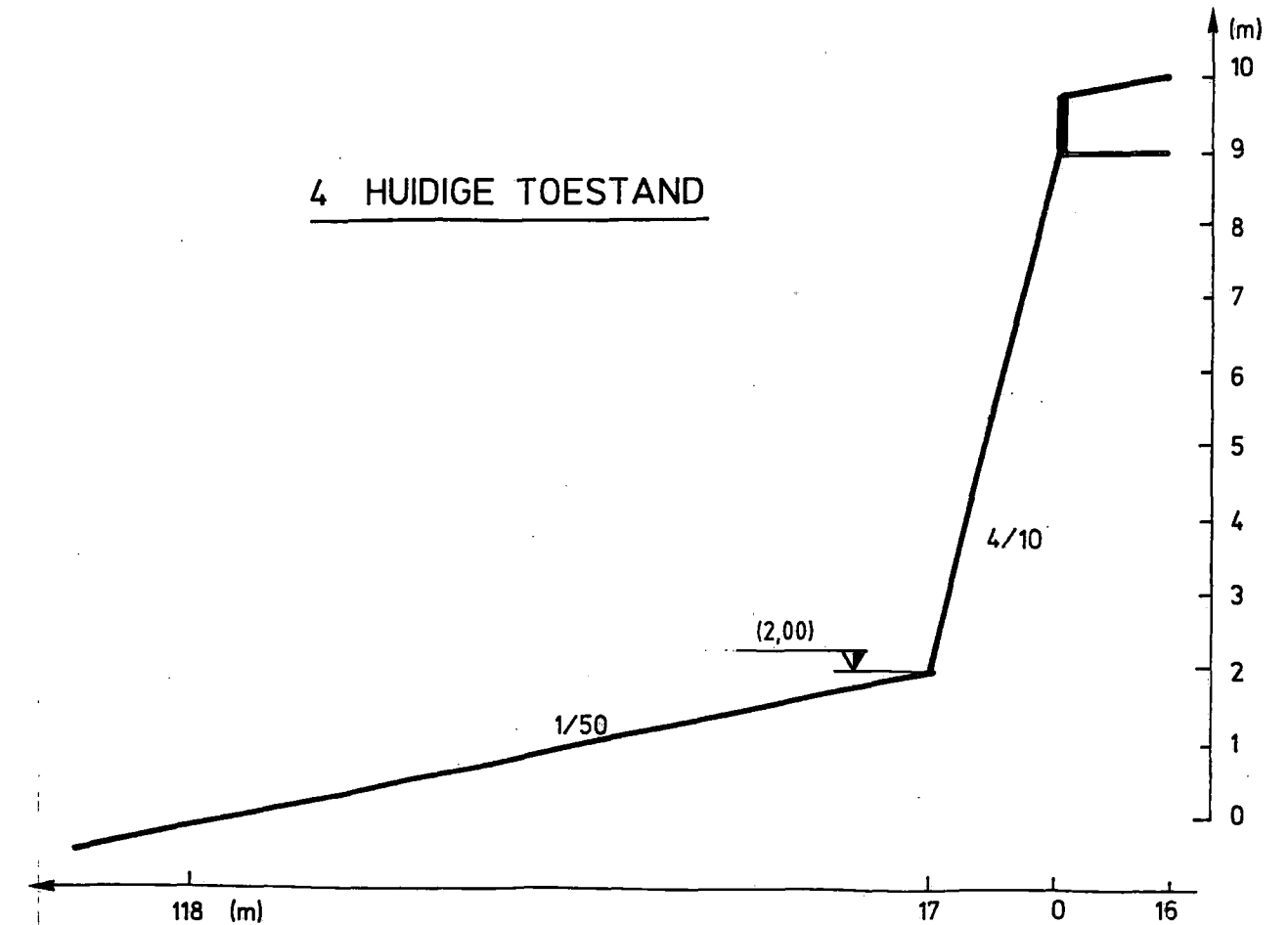
3 GRINTKADE Z+ 5m



2 GRINTKADE Z+ 5,50m

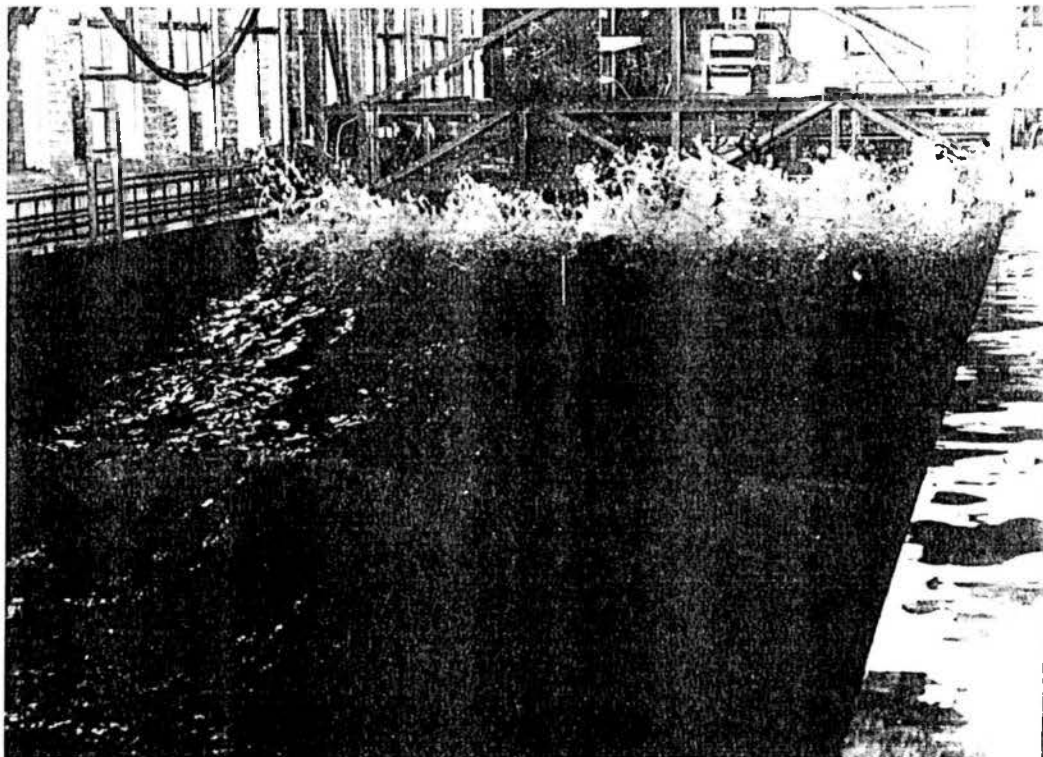
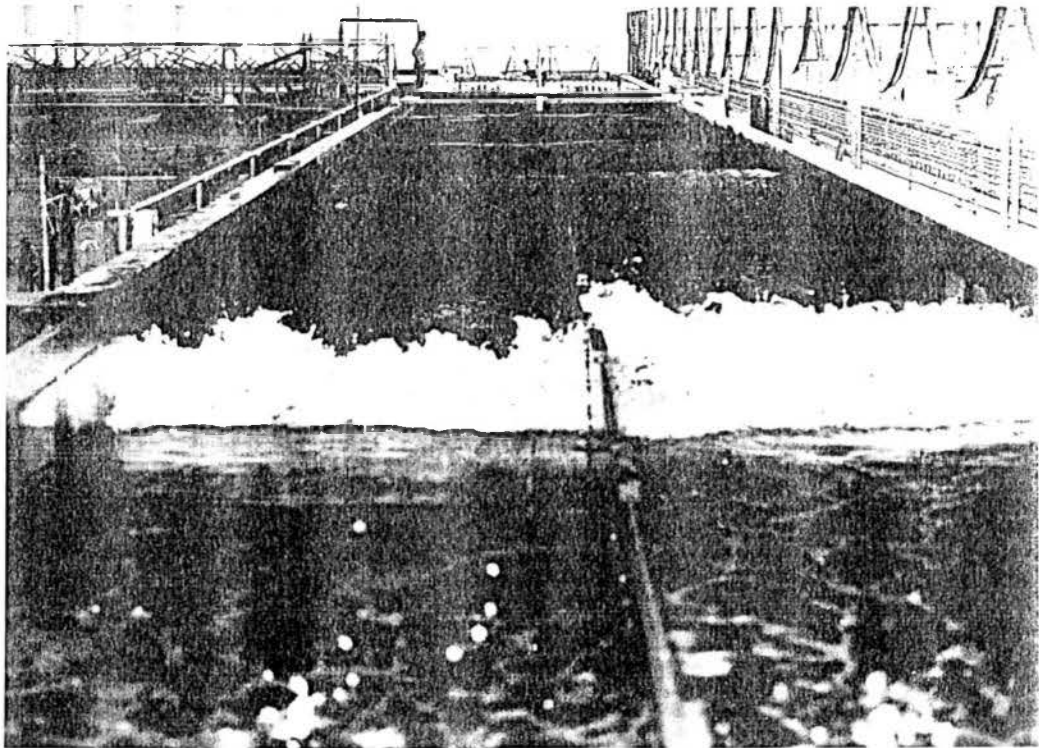


4 HUIDIGE TOESTAND

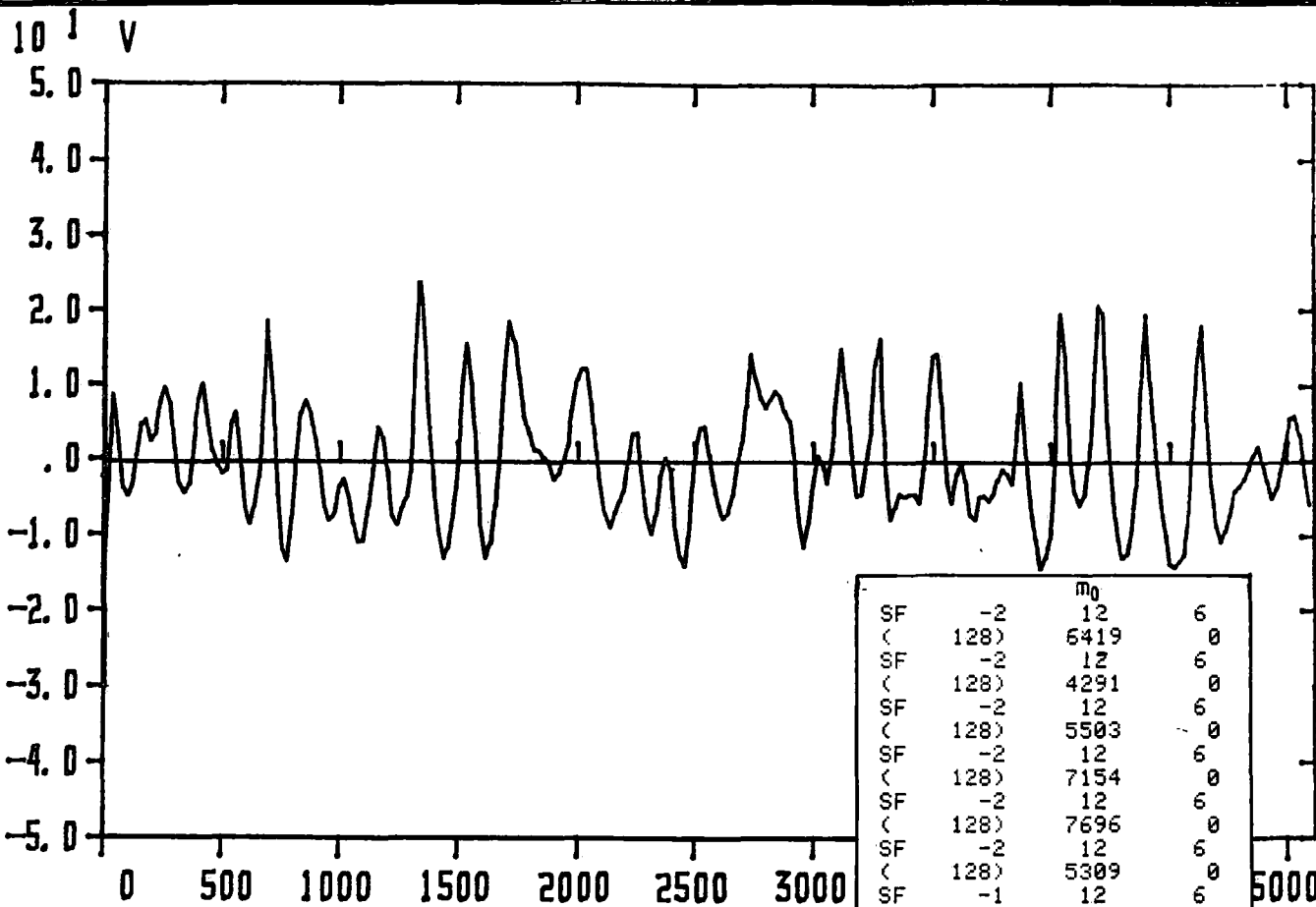




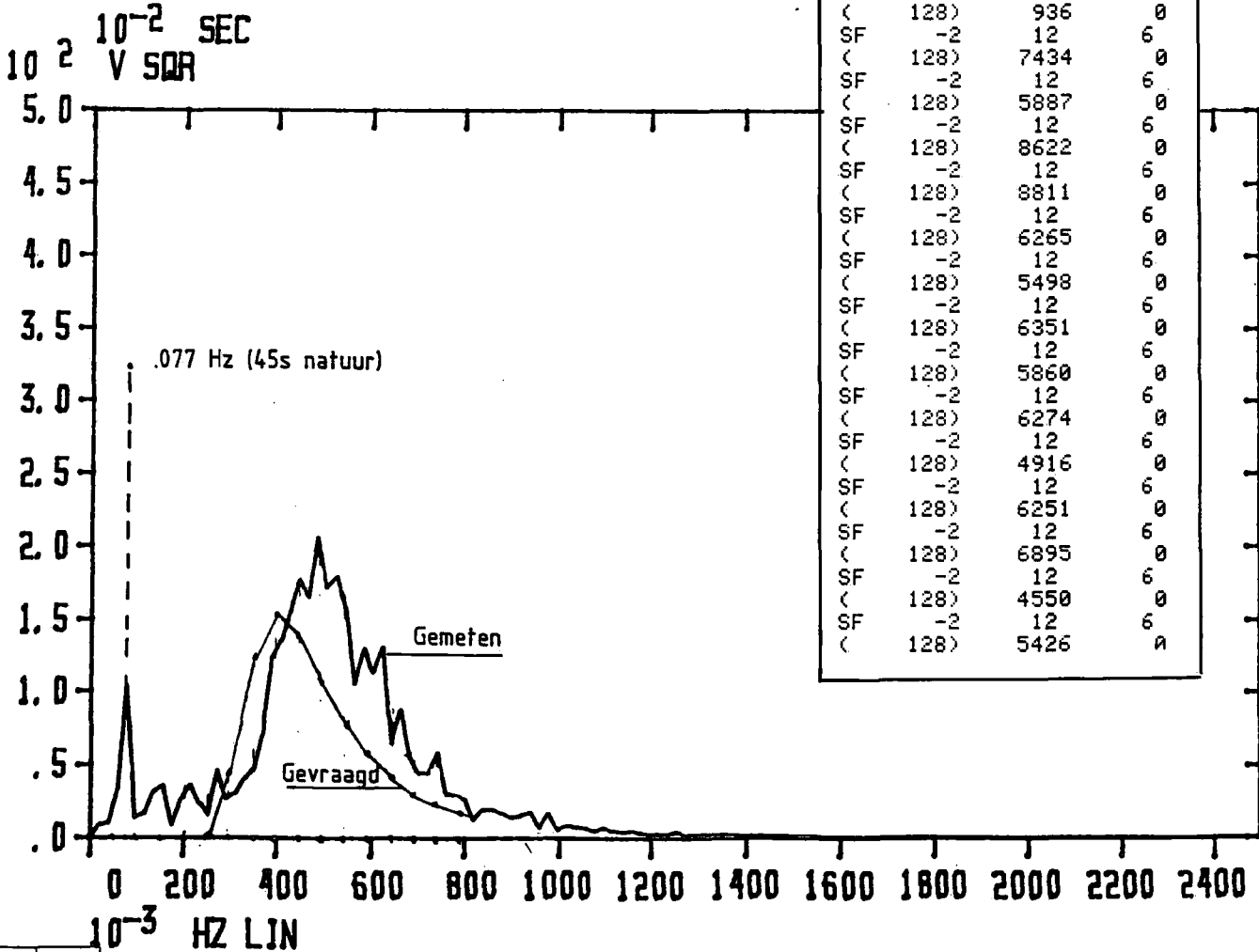
OPLOOP EN OVERSTORTPROEVEN : FOTO'S



GOLFREGISTRATIE EN GOLFSPECTRUM VOORBEELD



		$m_0$	
SF	-2	12	6
(	128)	6419	0
SF	-2	12	6
(	128)	4291	0
SF	-2	12	6
(	128)	5503	0
SF	-2	12	6
(	128)	7154	0
SF	-2	12	6
(	128)	7696	0
SF	-2	12	6
(	128)	5309	0
SF	-1	12	6
(	128)	936	0
SF	-2	12	6
(	128)	7434	0
SF	-2	12	6
(	128)	5887	0
SF	-2	12	6
(	128)	8622	0
SF	-2	12	6
(	128)	8811	0
SF	-2	12	6
(	128)	6265	0
SF	-2	12	6
(	128)	5498	0
SF	-2	12	6
(	128)	6351	0
SF	-2	12	6
(	128)	5860	0
SF	-2	12	6
(	128)	6274	0
SF	-2	12	6
(	128)	4916	0
SF	-2	12	6
(	128)	6251	0
SF	-2	12	6
(	128)	6895	0
SF	-2	12	6
(	128)	4550	0
SF	-2	12	6
(	128)	5426	0

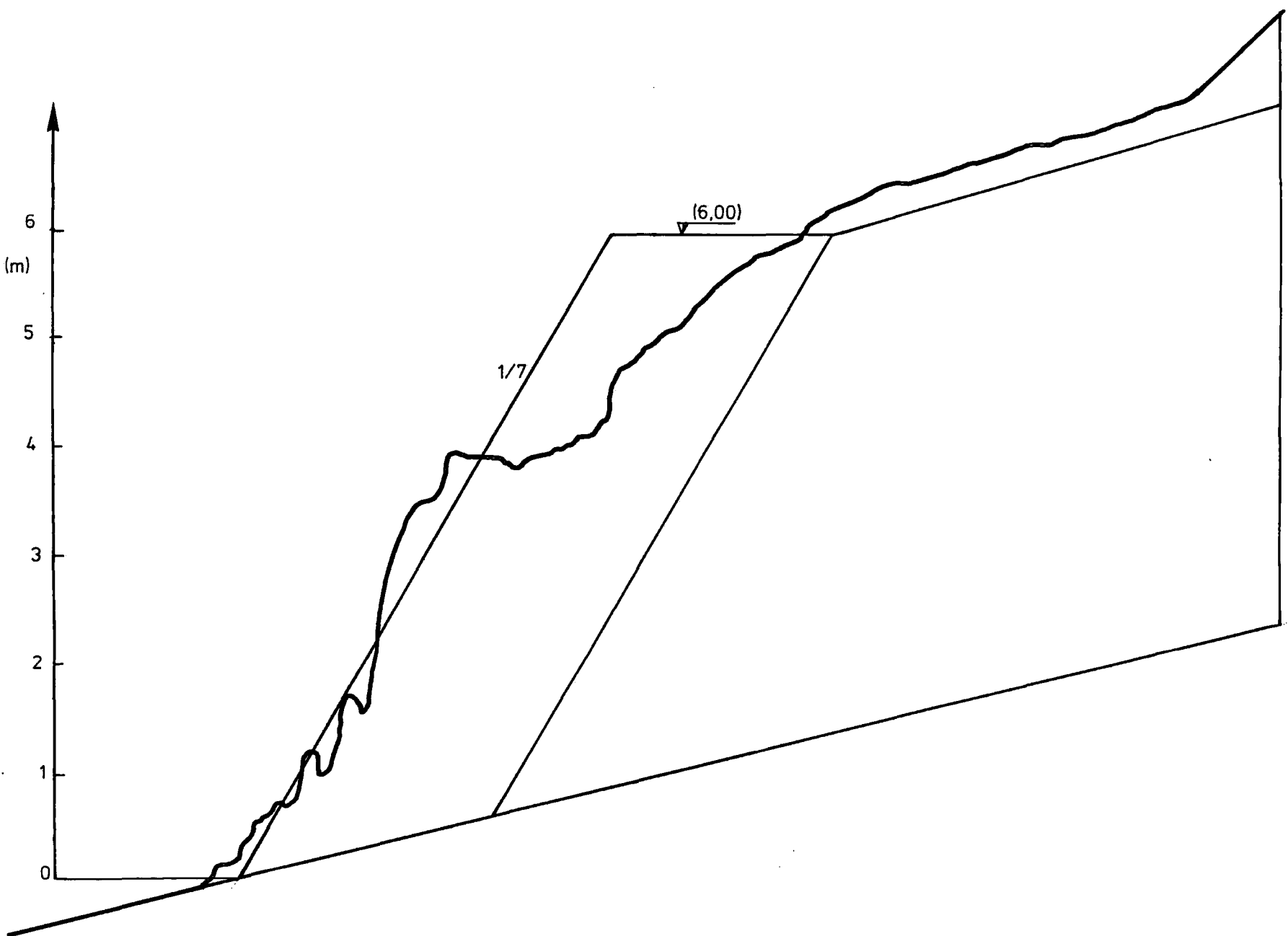




WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM  
borgerhout antwerpen

MOD. 401 STRAND TE OOSTENDE  
OPLOOP EN OVERSTORTPROEVEN  
PROFIELVERLOOP NA DE PROEVEN

Bijlage 31



W.L. 83764



OVERSTORTPROEVEN

Op wandeldijk (+ 9.80)

Strandpeil	H <sub>sing</sub>	Z = 4m75	5m75	6m25	6m75
7	3	-	0	1.68	10.20
	3.5	0	1.15	10.04	29.53
	4	-	7.68	49.47	126.98
6.5	3	-	0.65	10.70	74.54
	4	-	15.88	86.67	-
2.0	2	68.9	-	-	-
	3	413.5	3381.7	6447.4	>7000
	3.5	609.7	4891.9	>7000	-

Over stormmuurtje (+ 10.60)

Strandpeil	H <sub>sing</sub>	Z = 4m75	5m75	6m25	6m75
7	3	-	0	0	0
	3.5	0	0	0	0
	4	-	0	0	6.71
2.0	2	0	-	-	-
	3	4.42	114.7	740.2	1864.7
	3.5	16.44	318.5	805.9	-

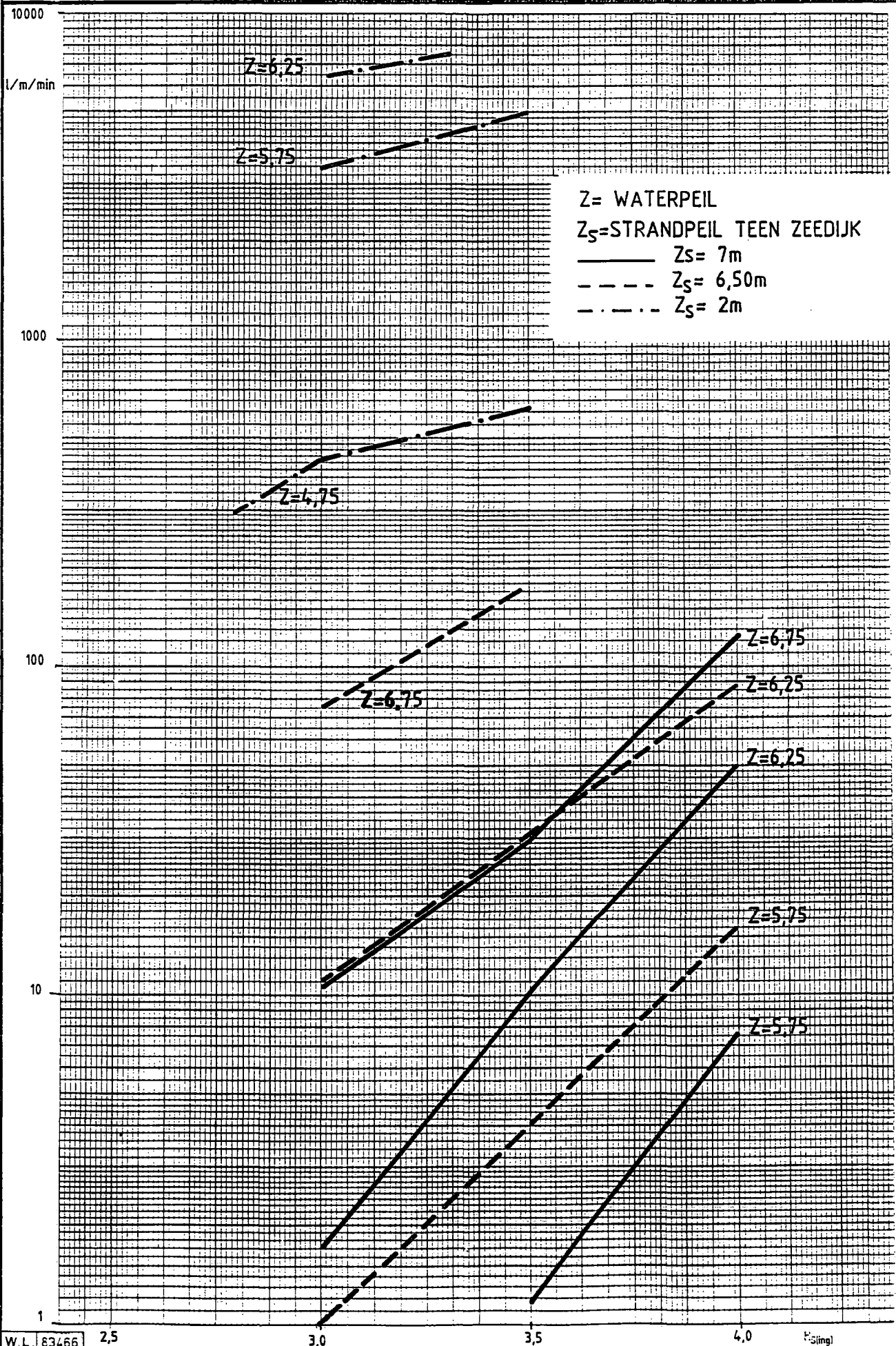
Voorbij plaats stormmuurtje (+ 10.00)

Strandpeil	H <sub>sing</sub>	Z = 4m75	5m75	6m25	6m75
7	3	-	0	0	2.16
	3.5	0	0	0	8.47
	4	-	0	21.98	44.55
6	3	-	0	1.40	15.07
	4	-	2.41	49.14	-

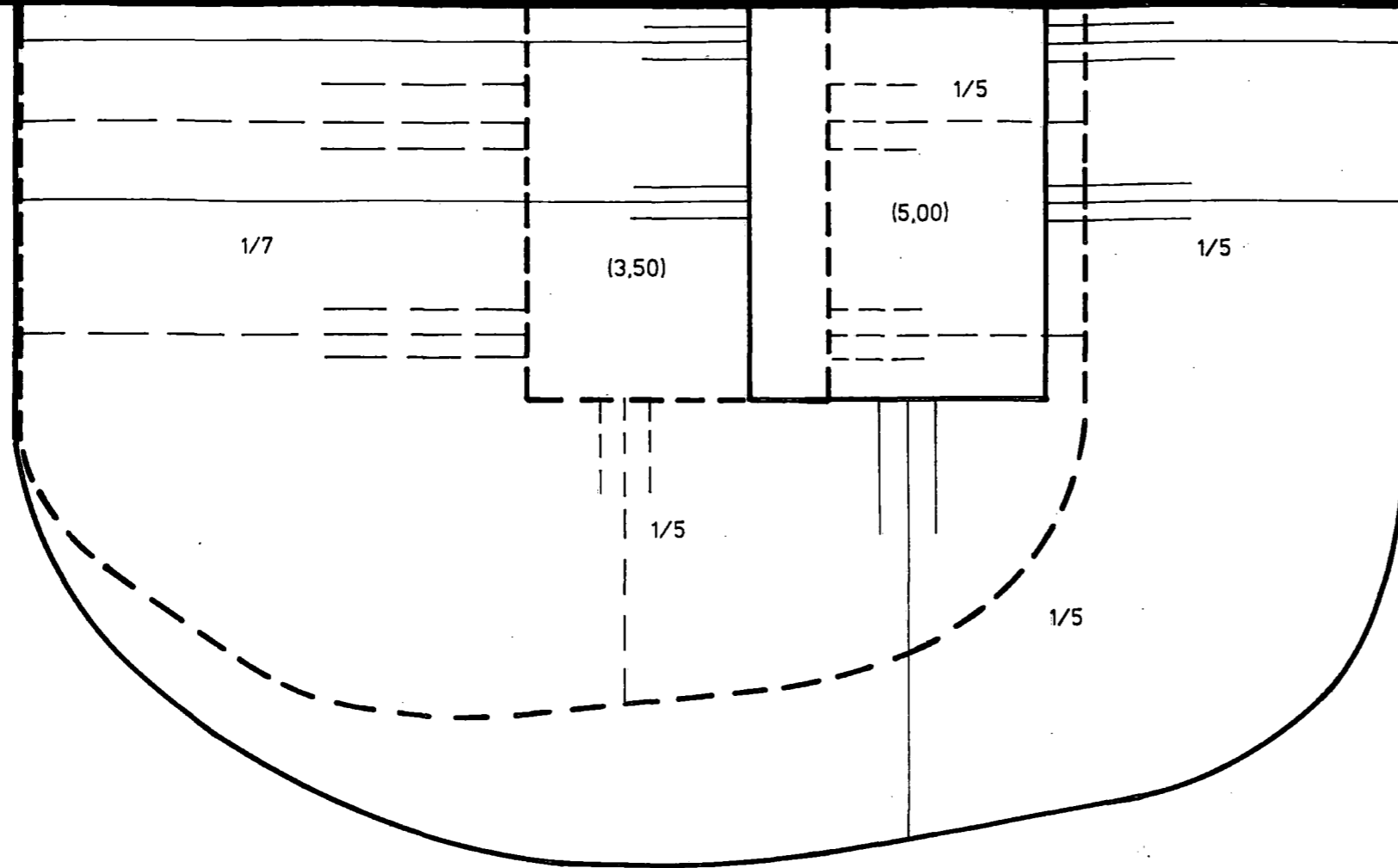




OPLOOP EN OVERSTORTPROEVEN  
SAMENVATTENDE RESULTATEN IN GRAFIEK



INGEBOUWDE UITVOERINGSFASEN



TEEN  
ZEEDIJK

100 (m) natuur

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

5,00

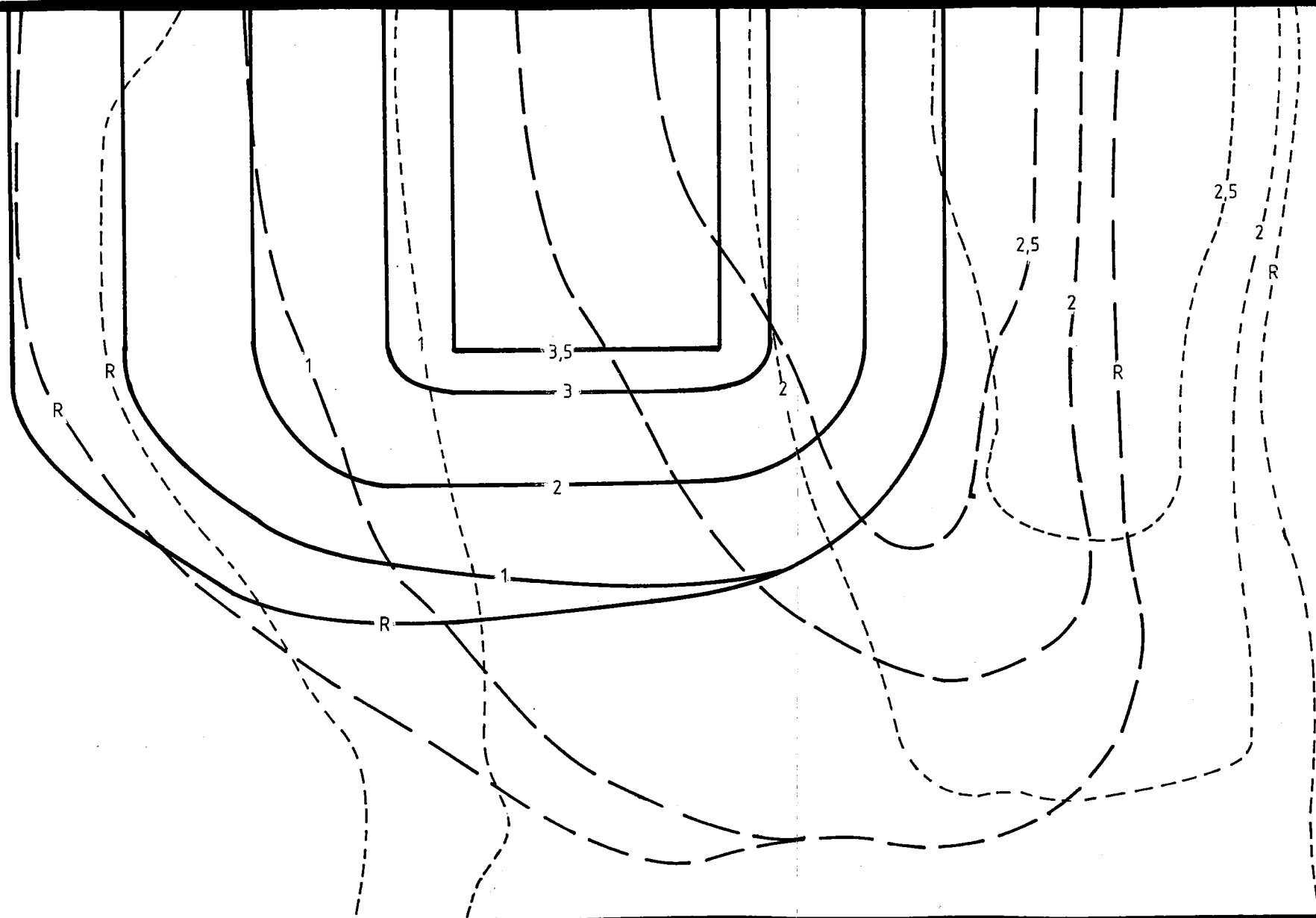
3,50

1/7

1/5

1/5

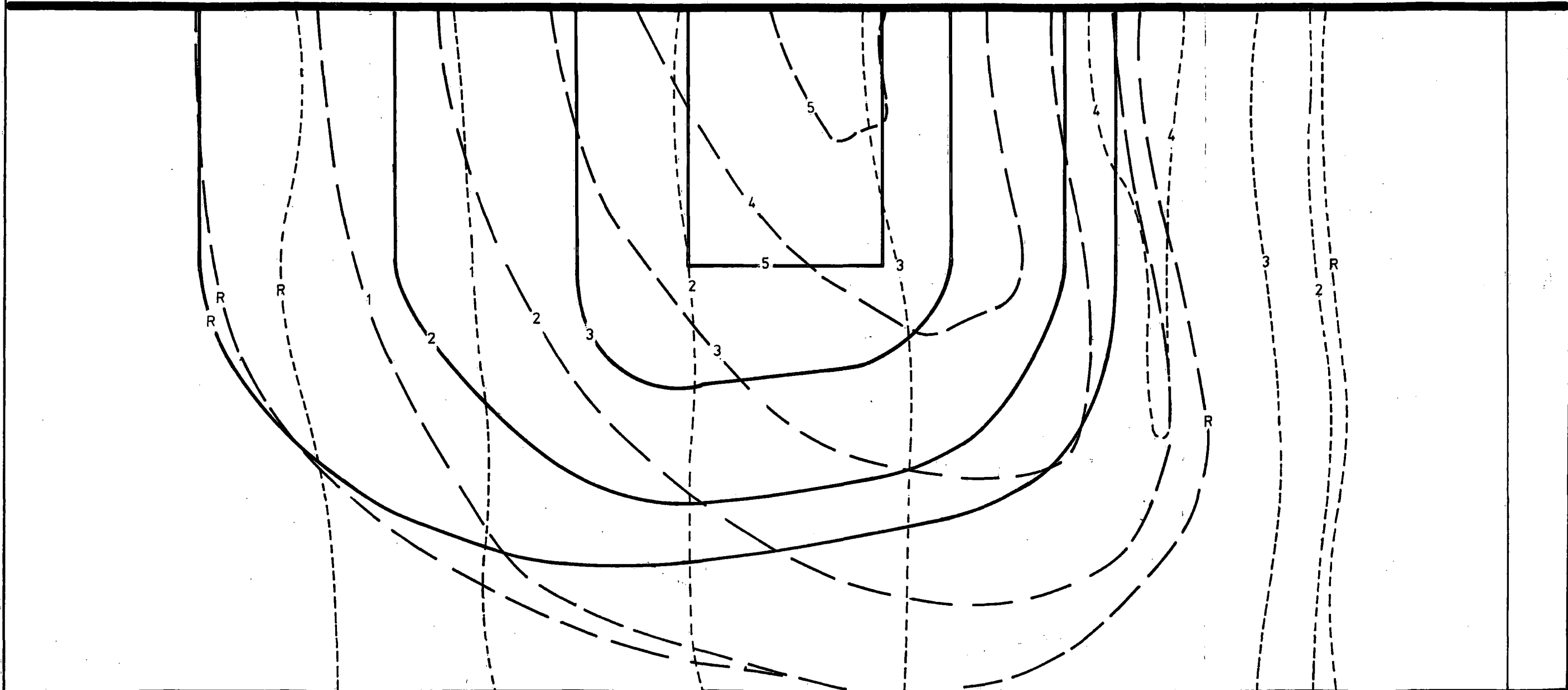
0,00



100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

- Basistoestand
- - - Toestand na 2 tijen  $H_s=1m$
- · - · - Toestand na 7 tijen  $H_s=1m$

Teen  
dijktalud



100

90

80

70

60

50

40

30

20

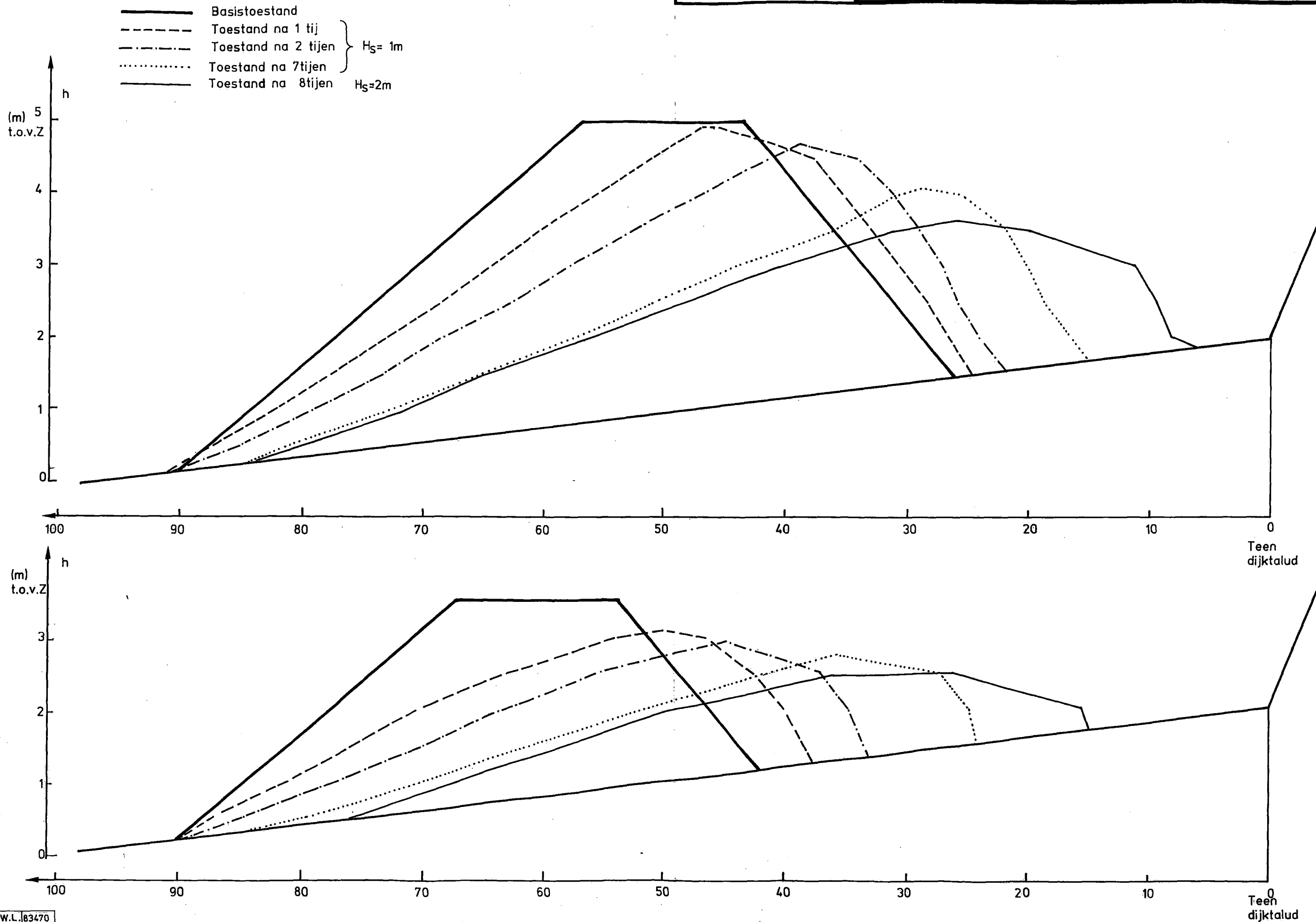
10

0

Teen  
dijktalud

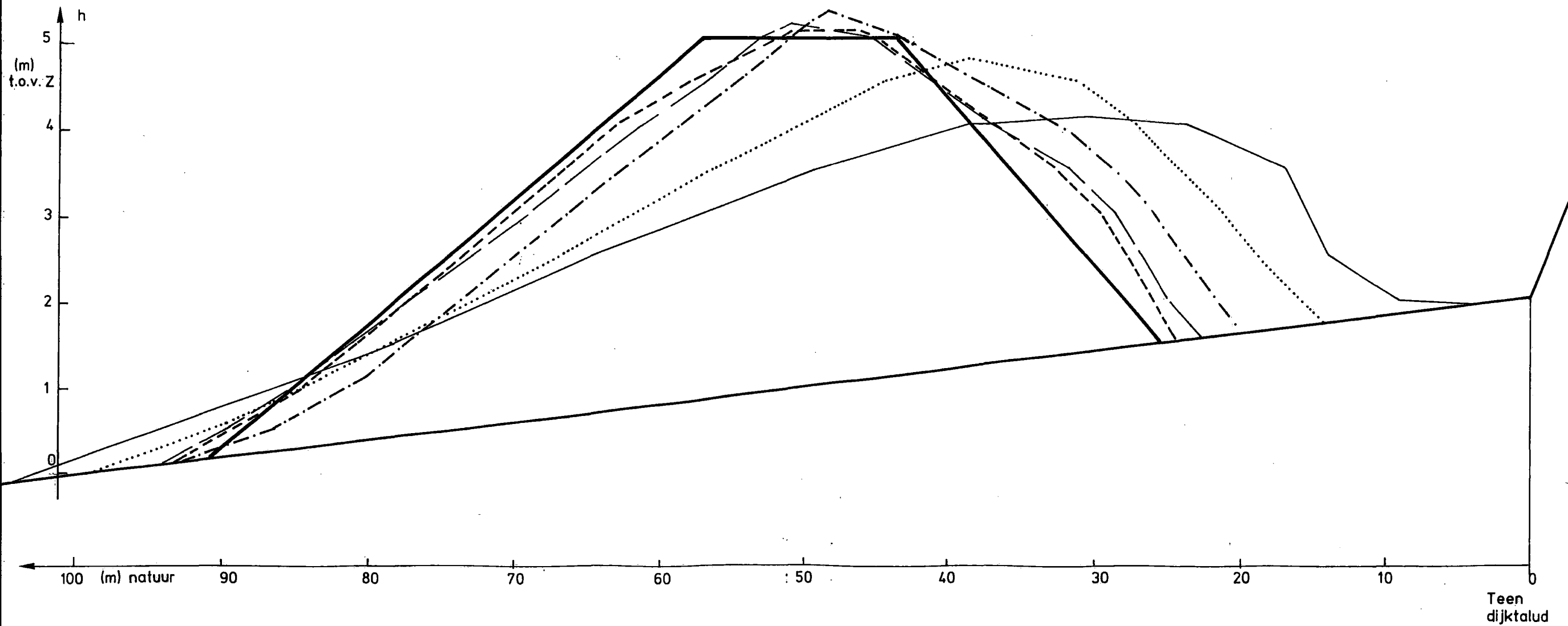
- Basistoestand
- - - - - Toestand na 1 tij  $H_s = 1m$
- · - · - Toestand na 7 tijen  $H_s = 1m$

PROEFRESULTATEN GRINTKADE Z+3,5m EN Z+5m  
DWARSPROFIELEN 10m UIT KOP



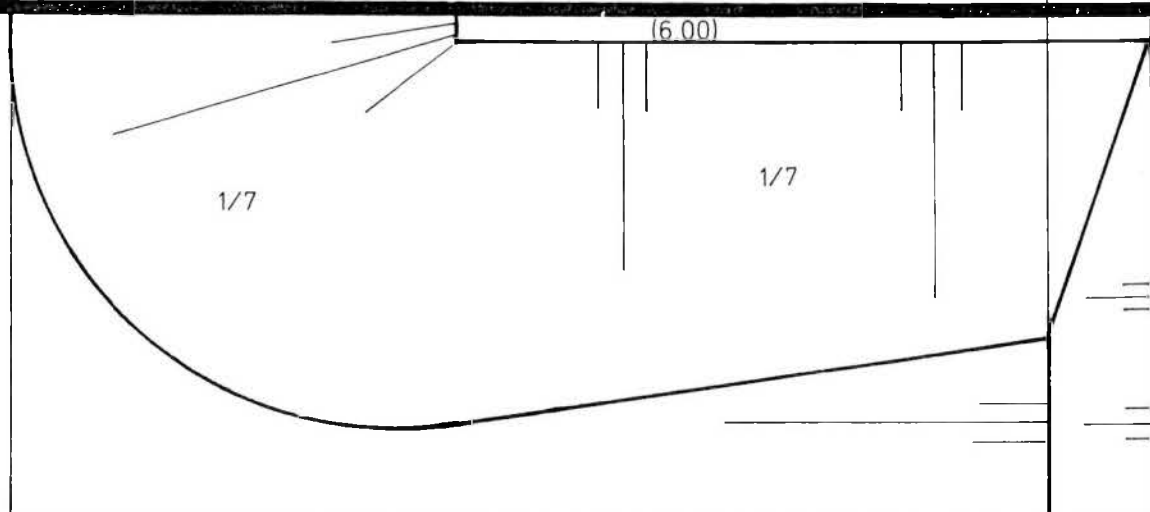
PROEFRESULTATEN GRINTKADE Z+5m  
VOLLE BREEDTE DWARSPROFIEL

- Basistoestand
- - - Toestand na 1 tij }  $H_S = 1m$
- - - Toestand na 2 tij }  $H_S = 1m$
- · - · - Toestand na 7 tij }  $H_S = 1m$
- · · · · Toestand na 8 tij }  $H_S = 2m$
- Toestand na 9 tij }  $H_S = 3m$





INGEBOUWDE GRINTKADE AANSLUITING KLEIN STRAND

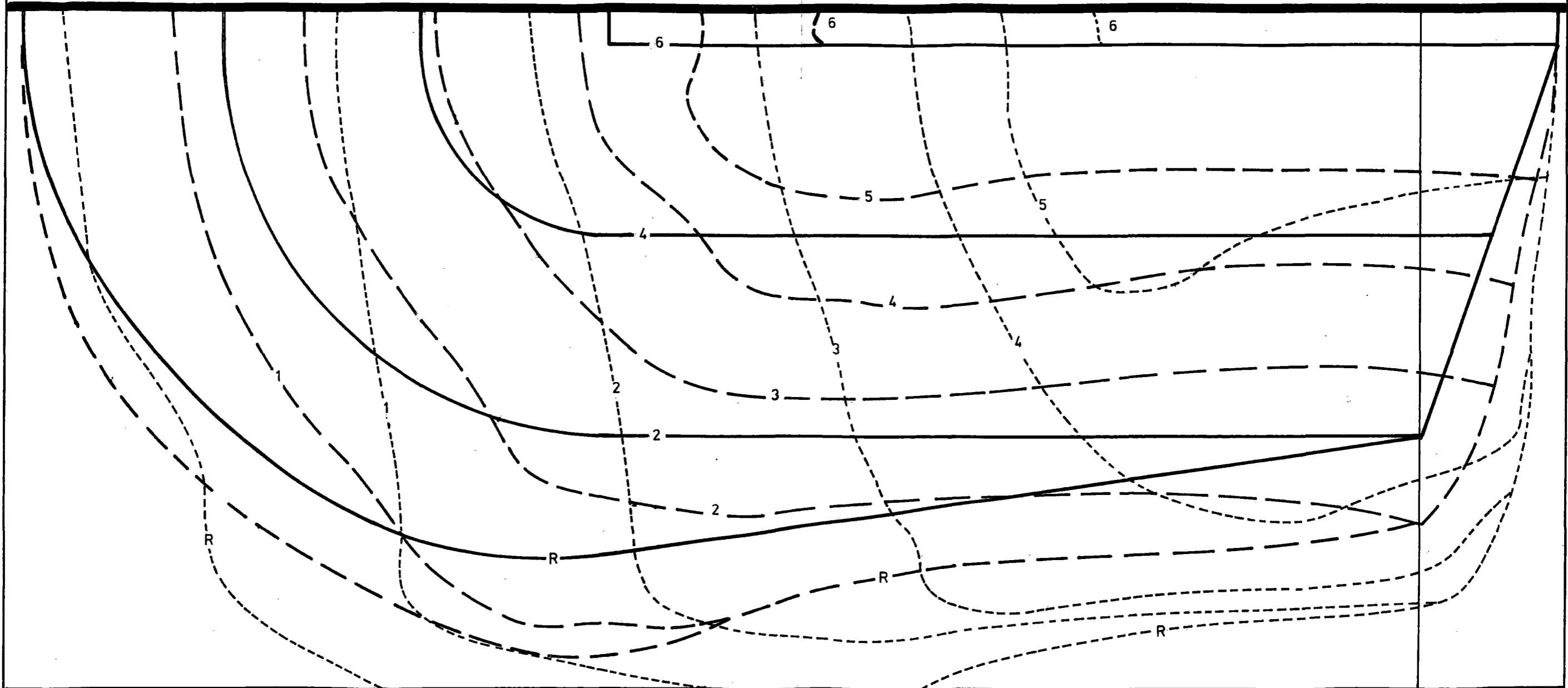


(0,00)

(+2,00) (+6,00)



PROEFRESULTATEN GRINTKADE AANSLUITING  
KLEIN STRAND



(m) natuur 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0  
Teen dijktalud

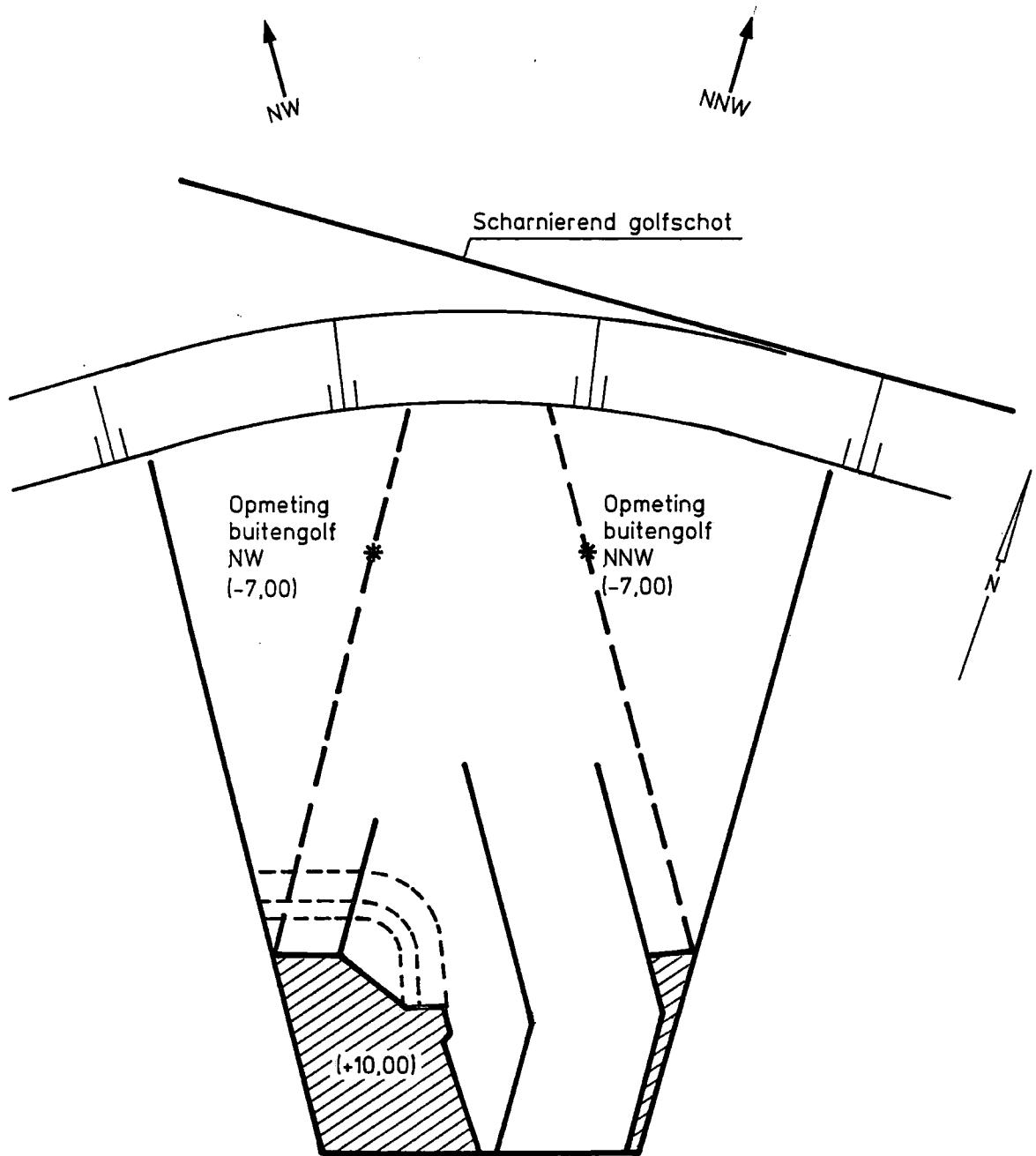
— Basistoestand  
- - - Toestand na 1 tij  $H_s=1m$   
· · · Toestand na 7 tijen  $H_s=1m$





Modelschaal 1/100

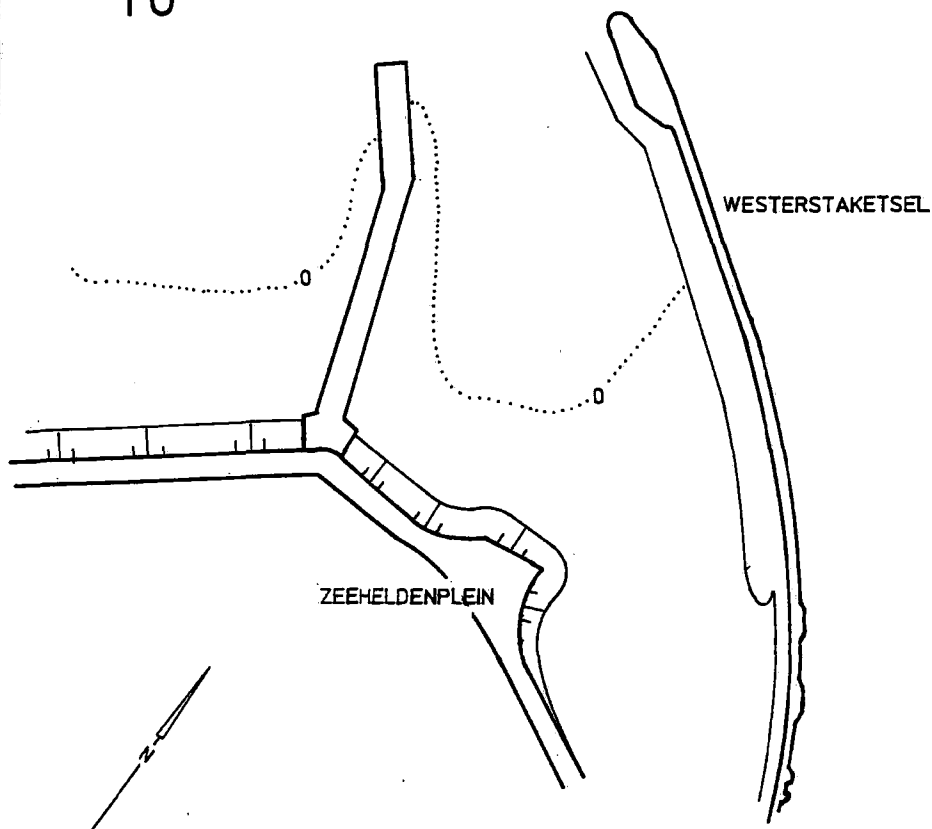
DIFFRACTIE EN REFRACTIEPROEVEN "KLEIN STRAND"  
MODEL



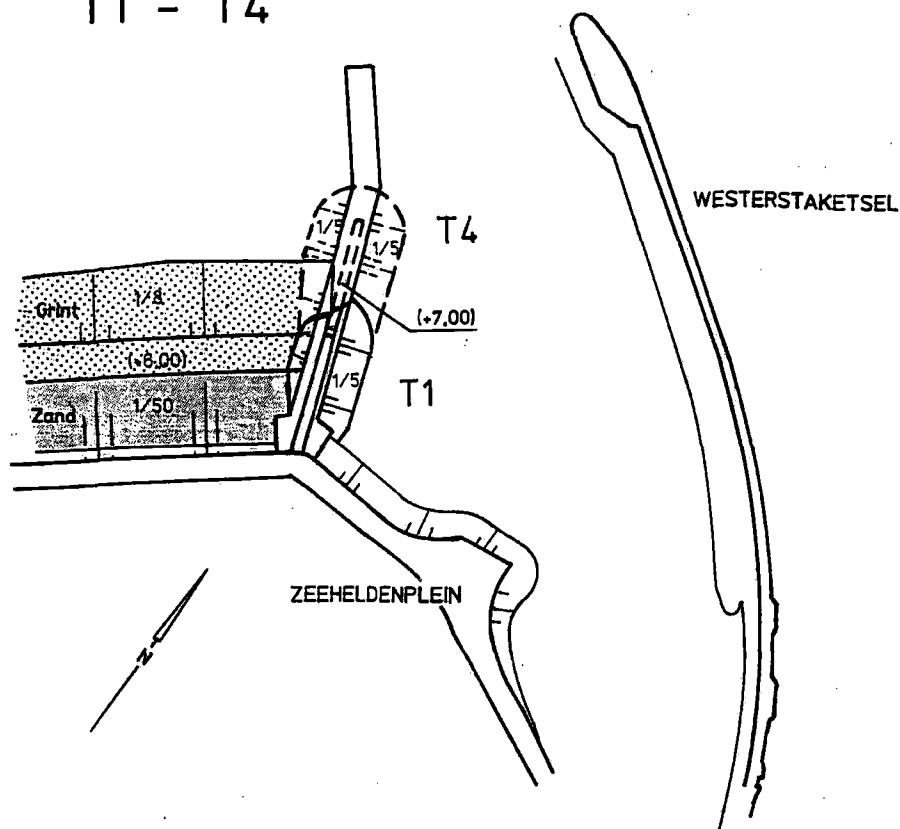
Schaal 1/5000

AANSLUITING "KLEIN STRAND"  
ONDERZOCHE VARIANTEN

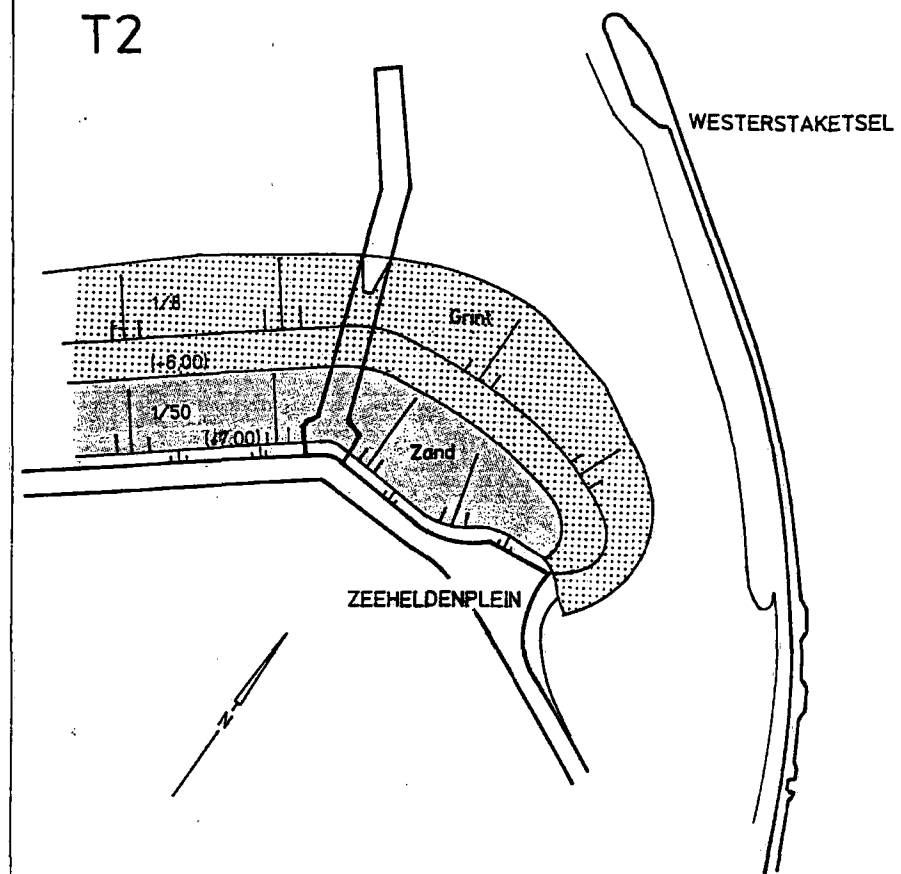
T0



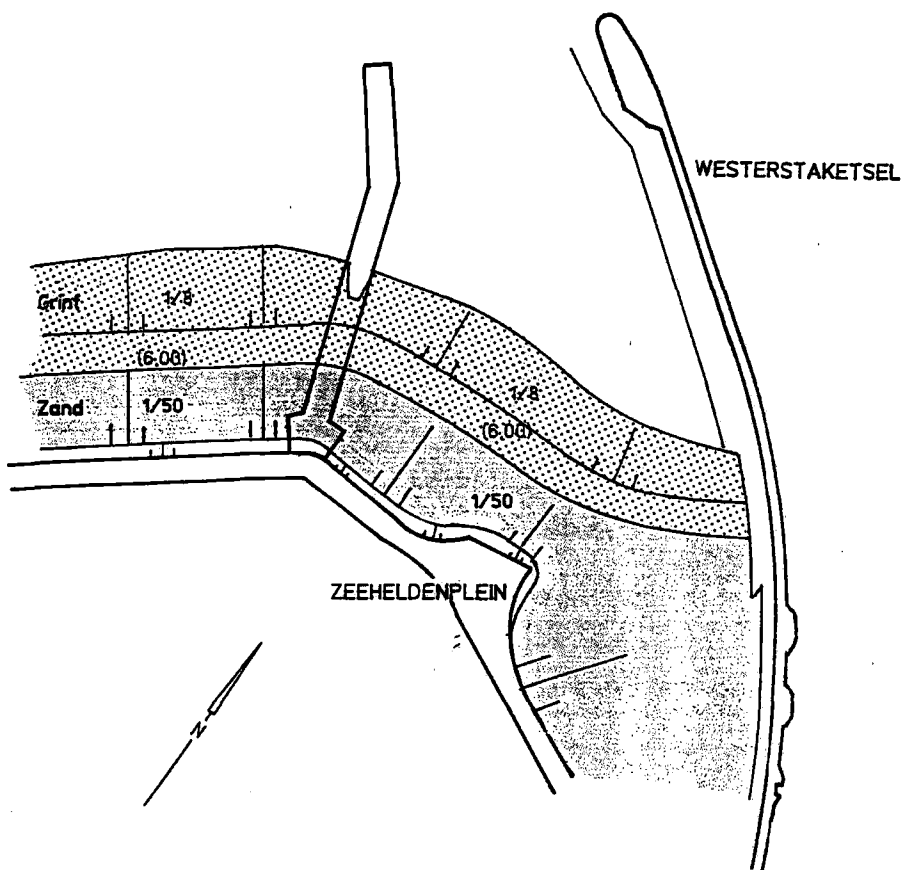
T1 - T4



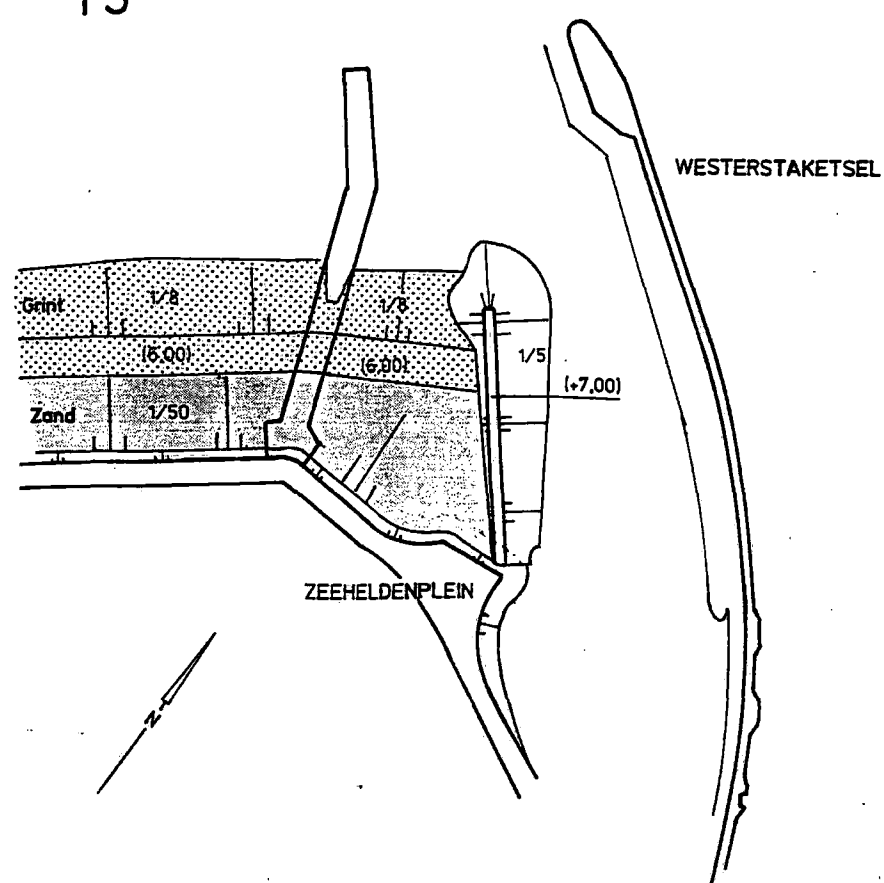
T2



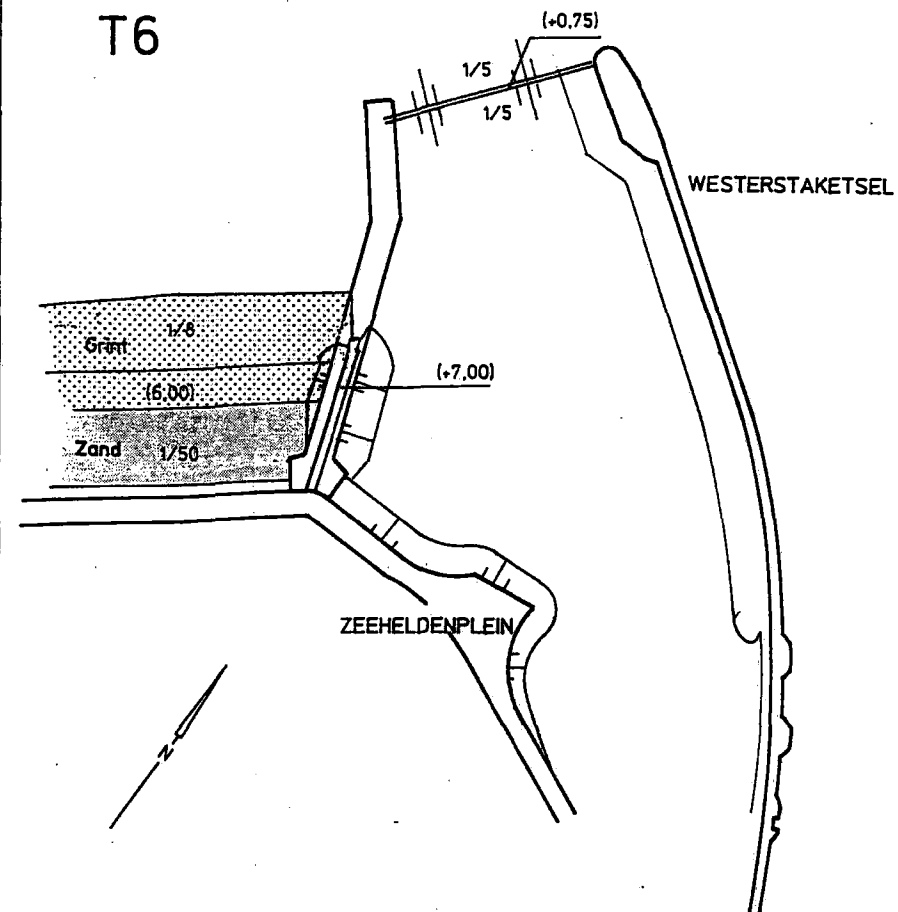
T3



T5



T6

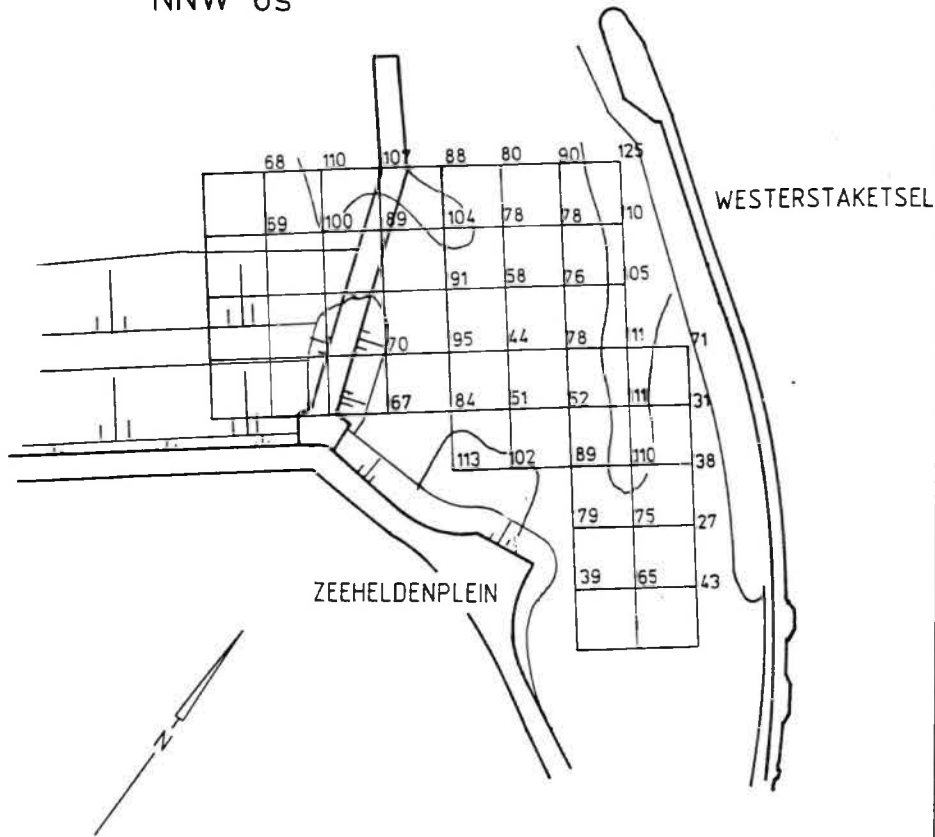




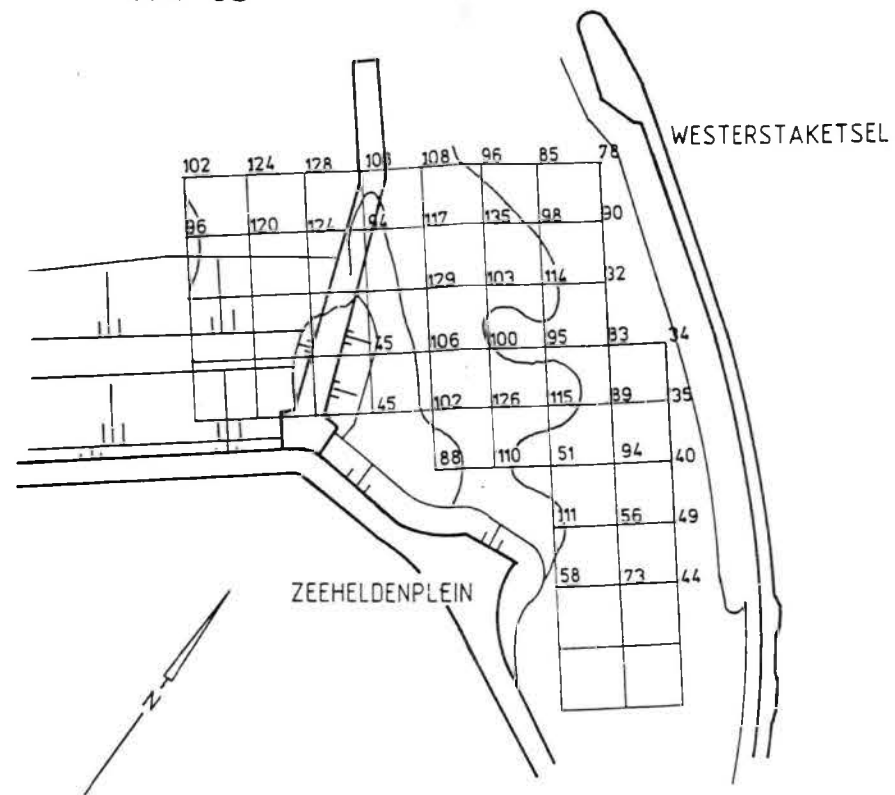
Schaal 1/5000

REFRACTIE- EN DIFFRACTIEPROEVEN  
"KLEIN STRAND" PROEF T1

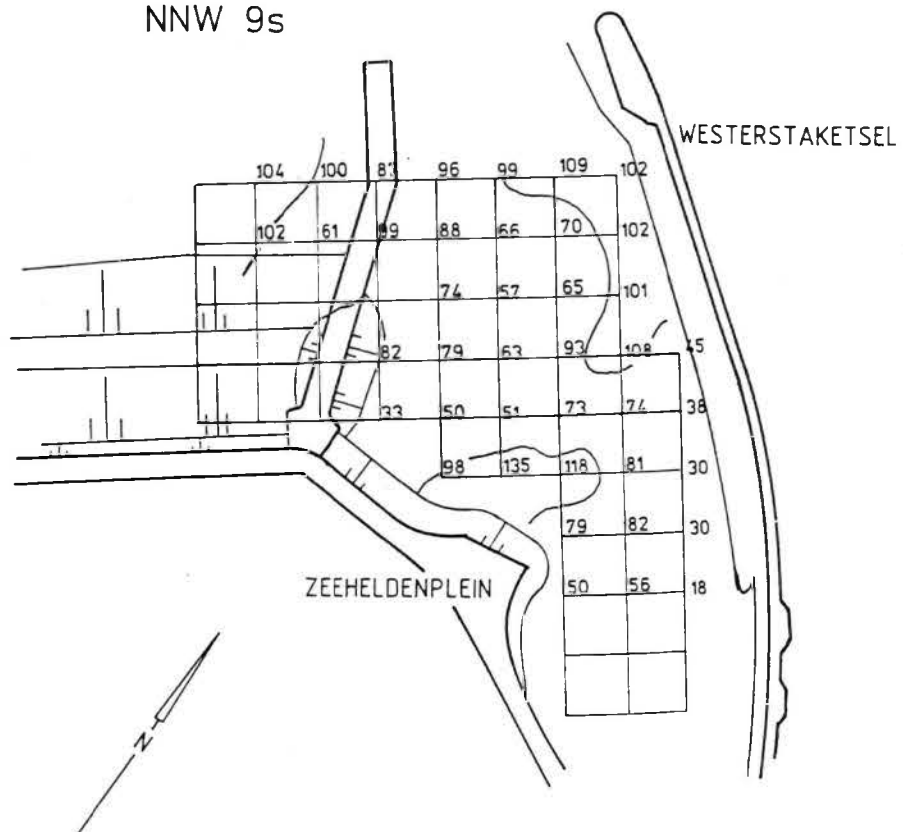
NNW 6s



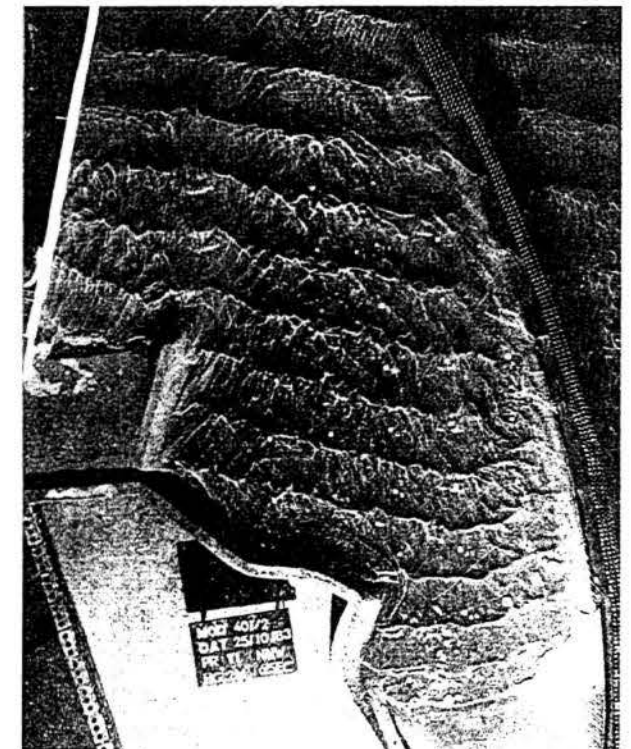
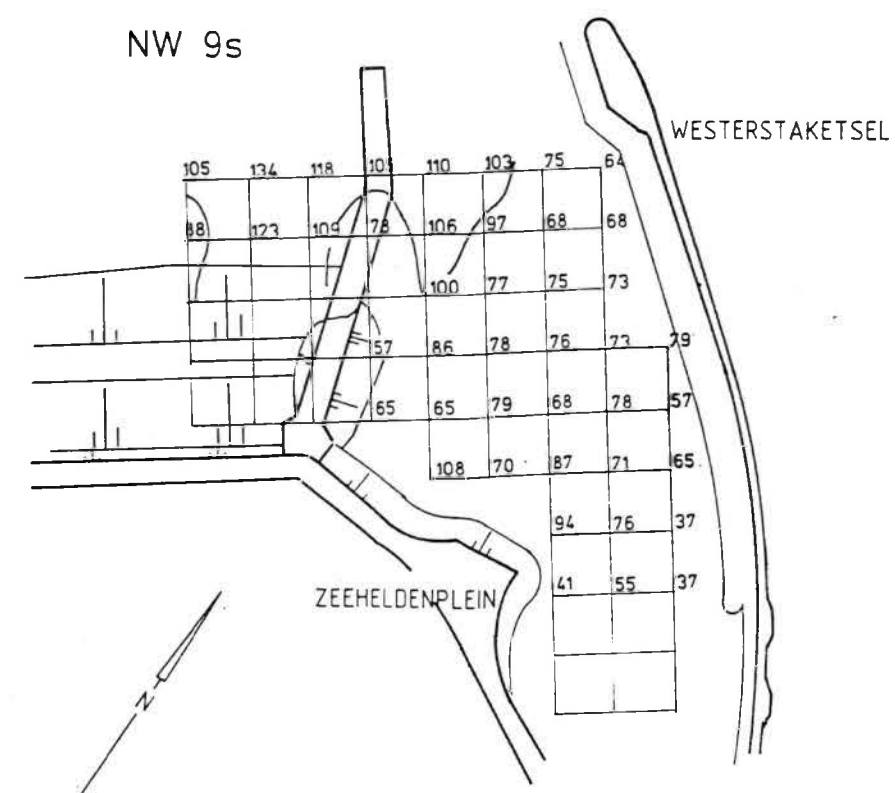
NW 6s



NNW 9s



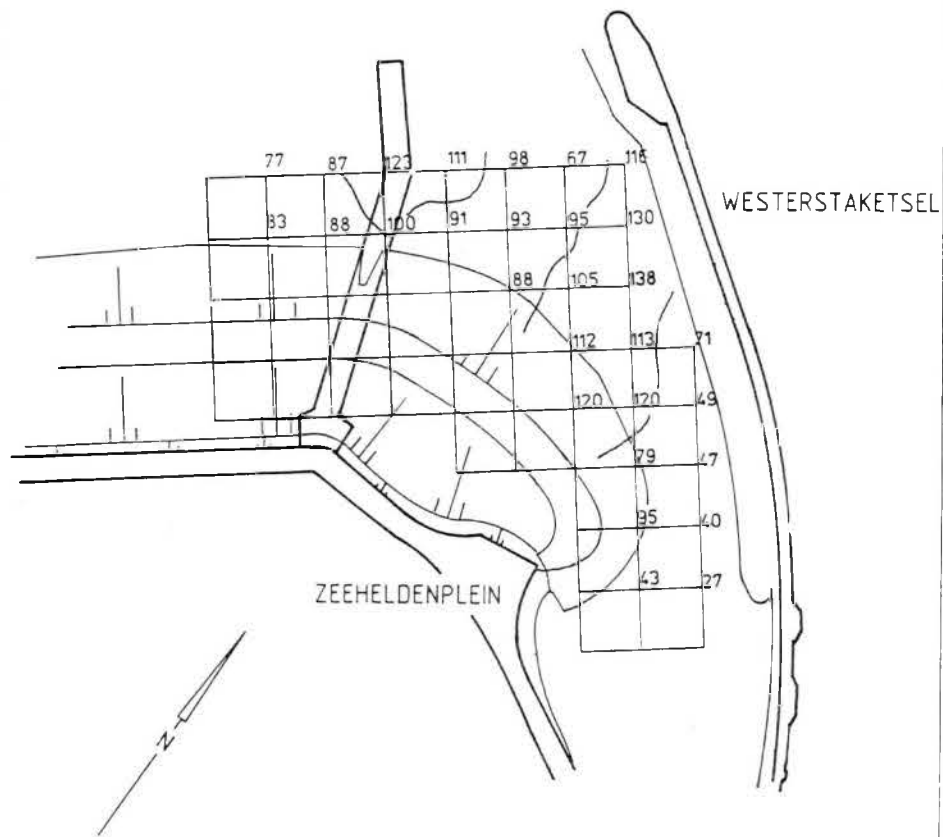
NW 9s



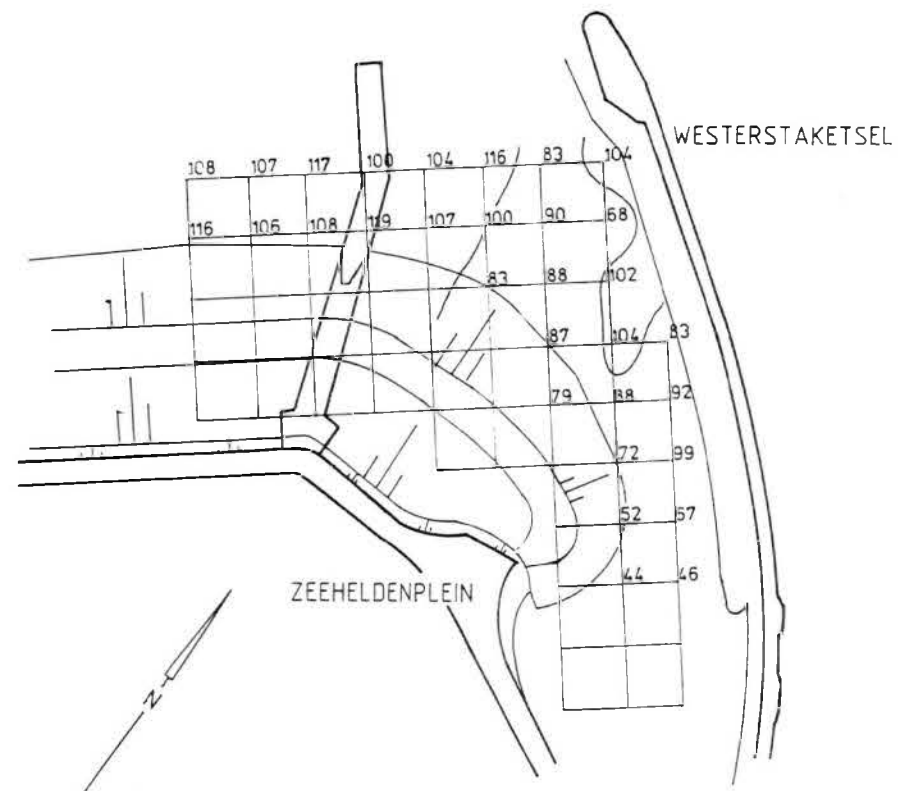
Schaal 1/5000

REFRACTIE- EN DIFFRACTIEPROEVEN  
"KLEIN STRAND" PROEF T2

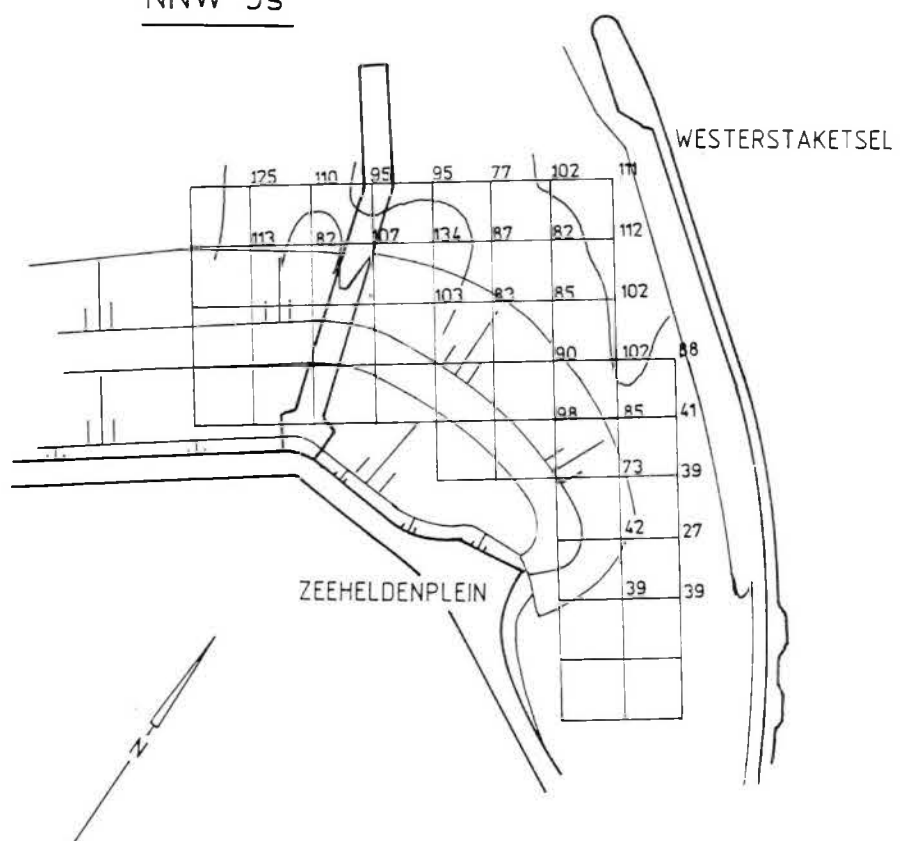
NNW 6s



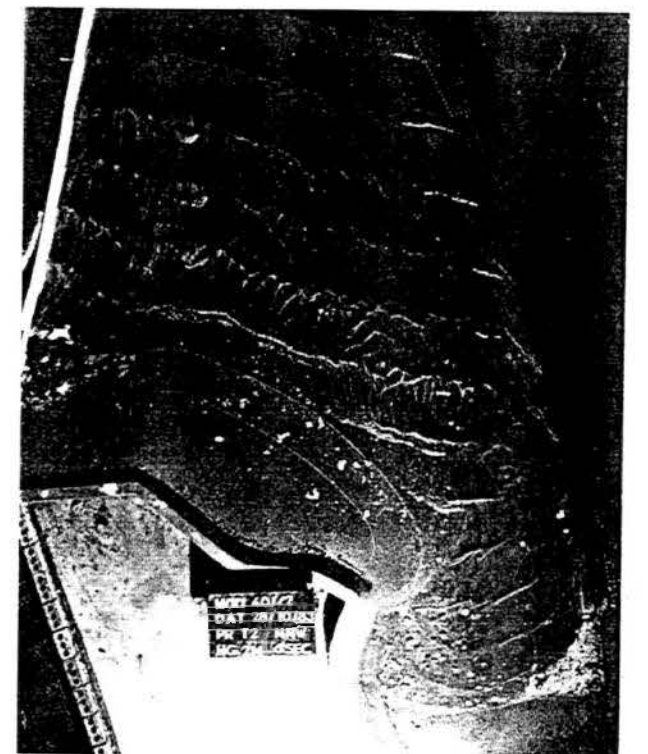
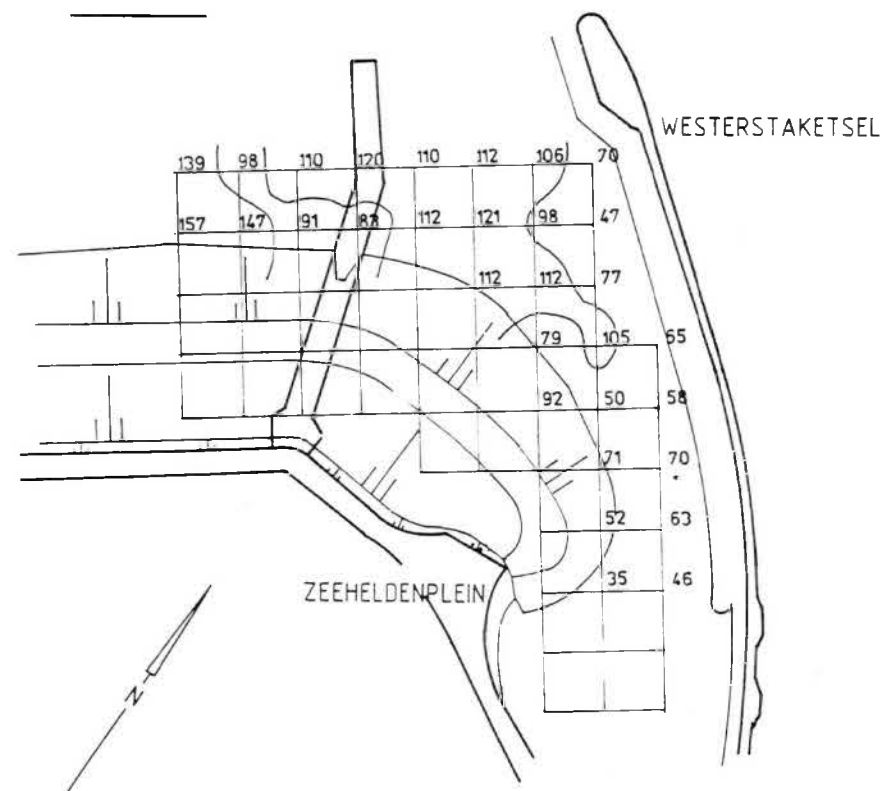
NW 6s



NNW 9s



NW 9s



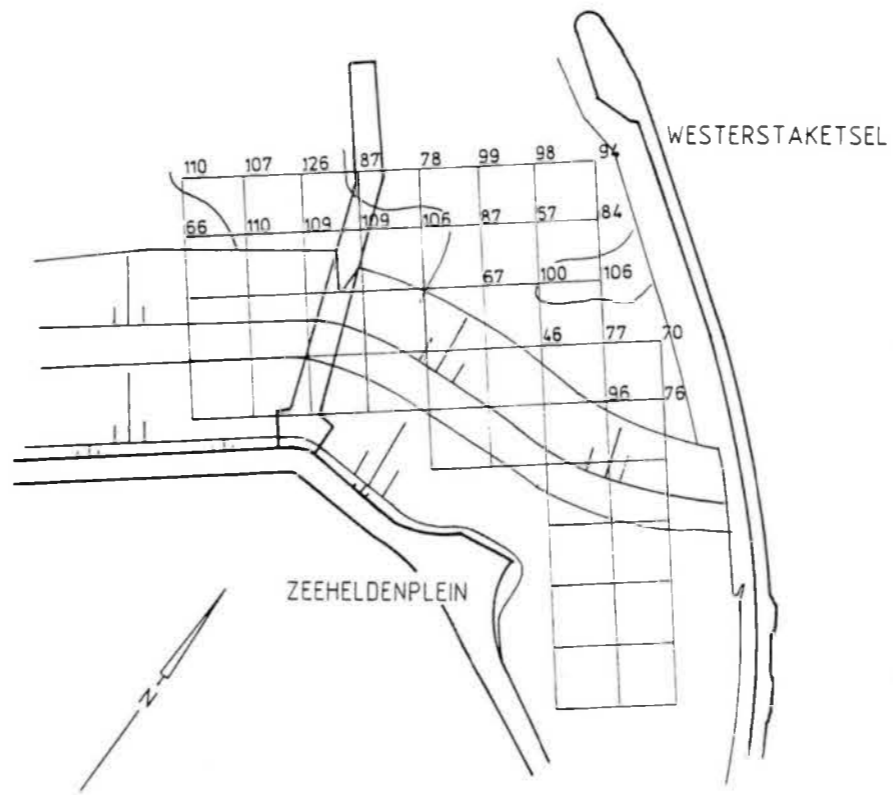
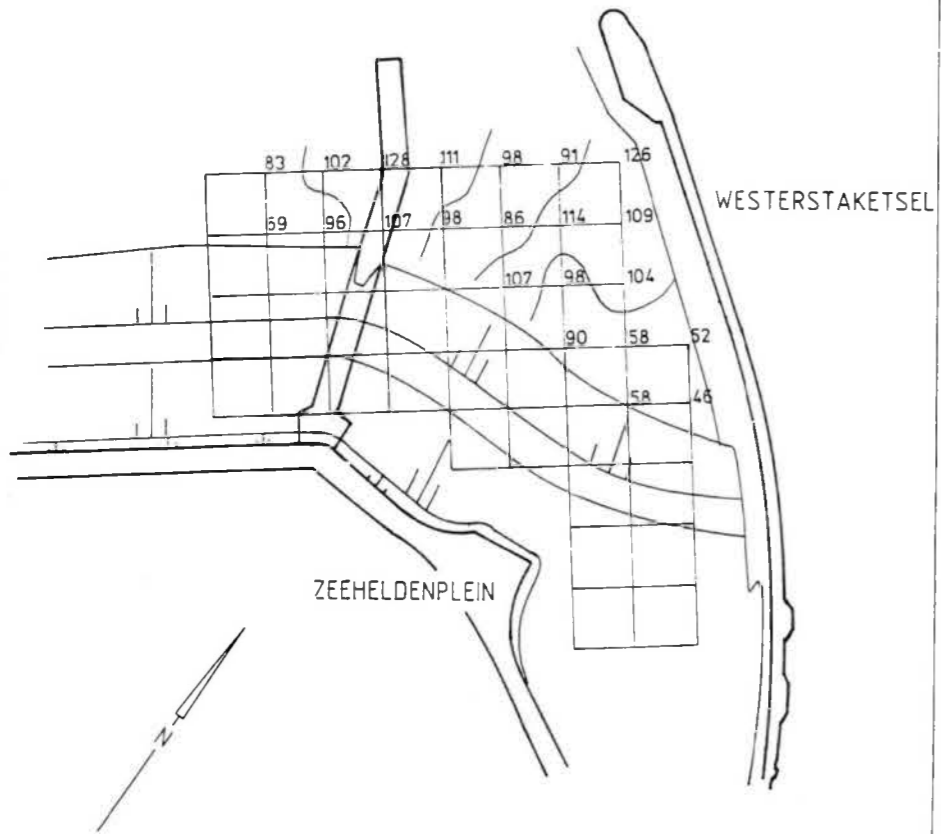


Schaal 1/5000

REFRACTIE- EN DIFFRACTIEPROEVEN  
"KLEIN STRAND" PROEF T3

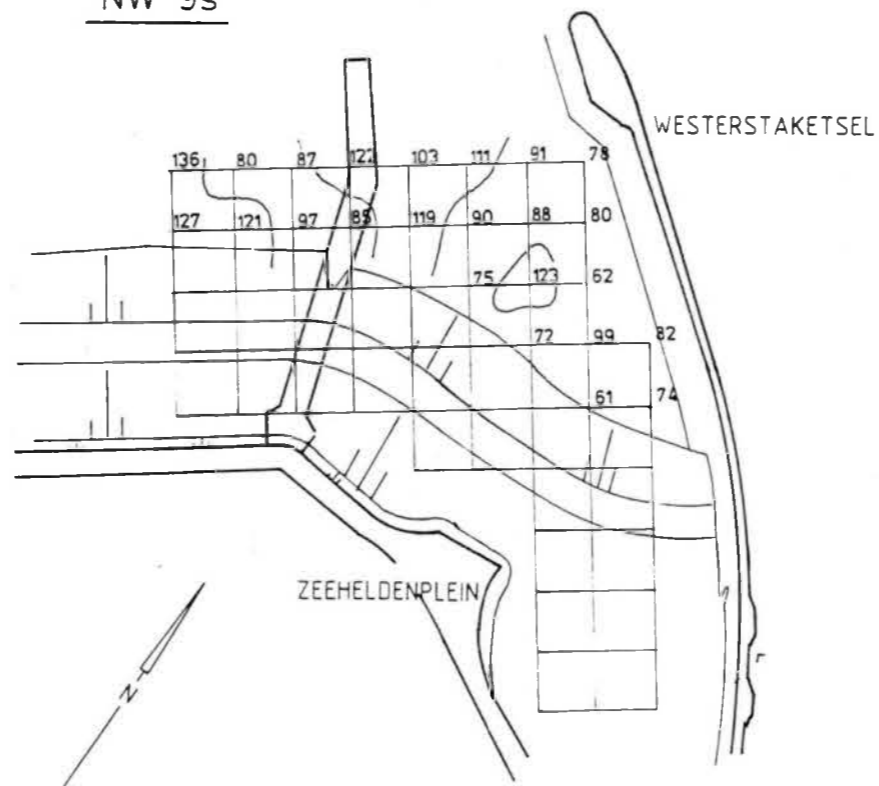
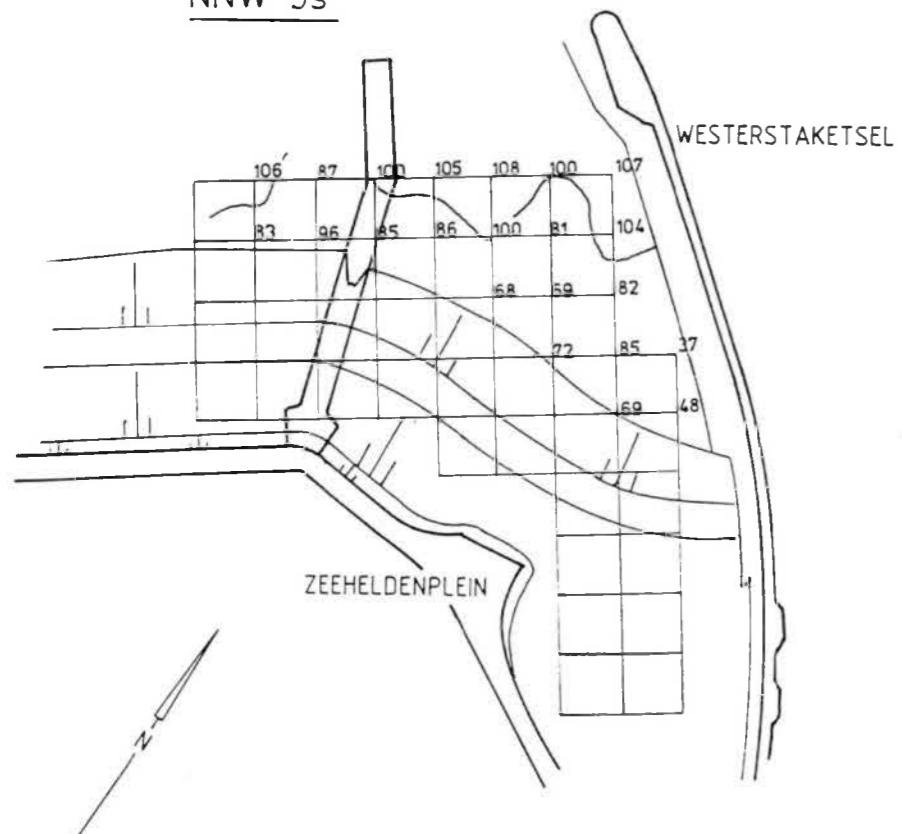
NNW 6s

NW 6s



NNW 9s

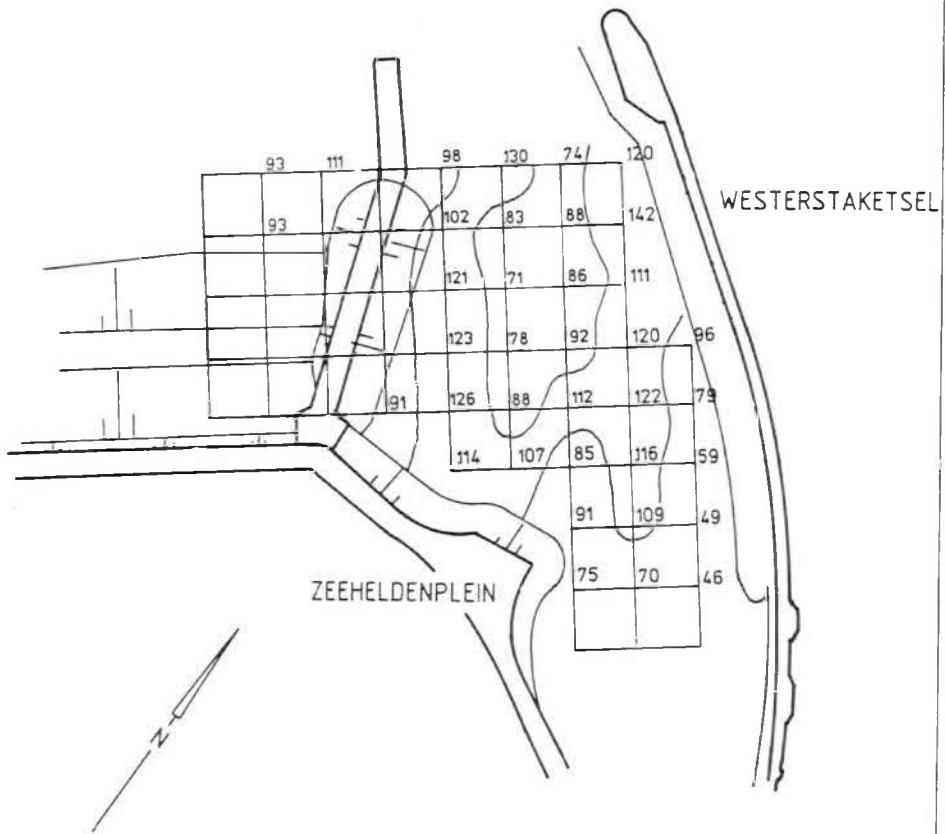
NW 9s



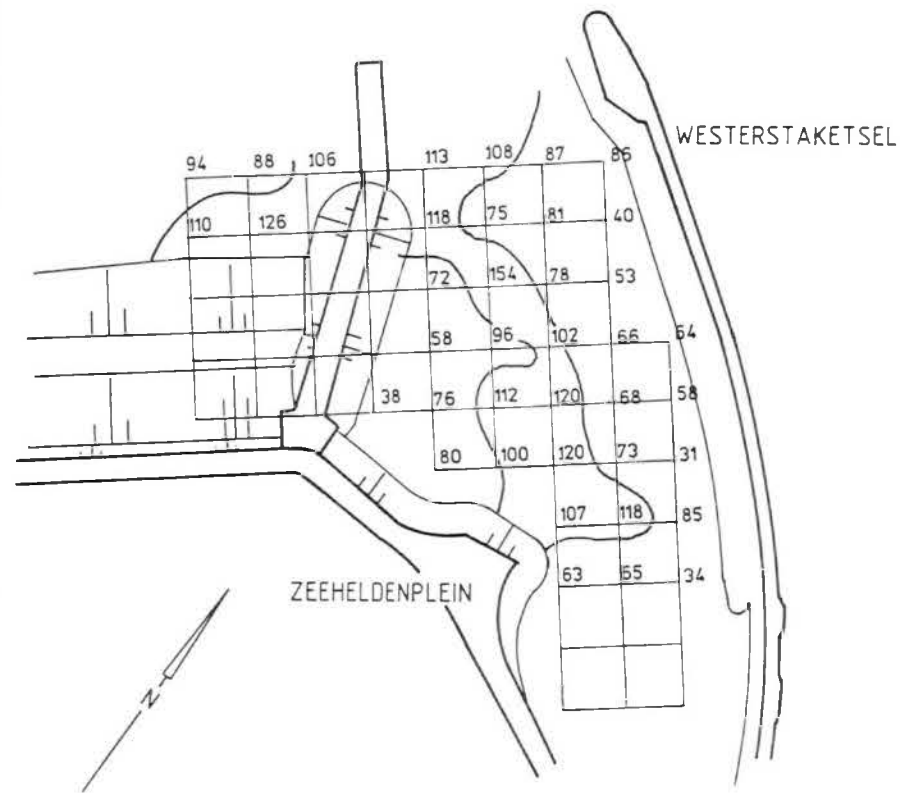
Schaal 1/5000

REFRACTIE- EN DIFFRACTIEPROEVEN  
"KLEIN STRAND" PROEF T4

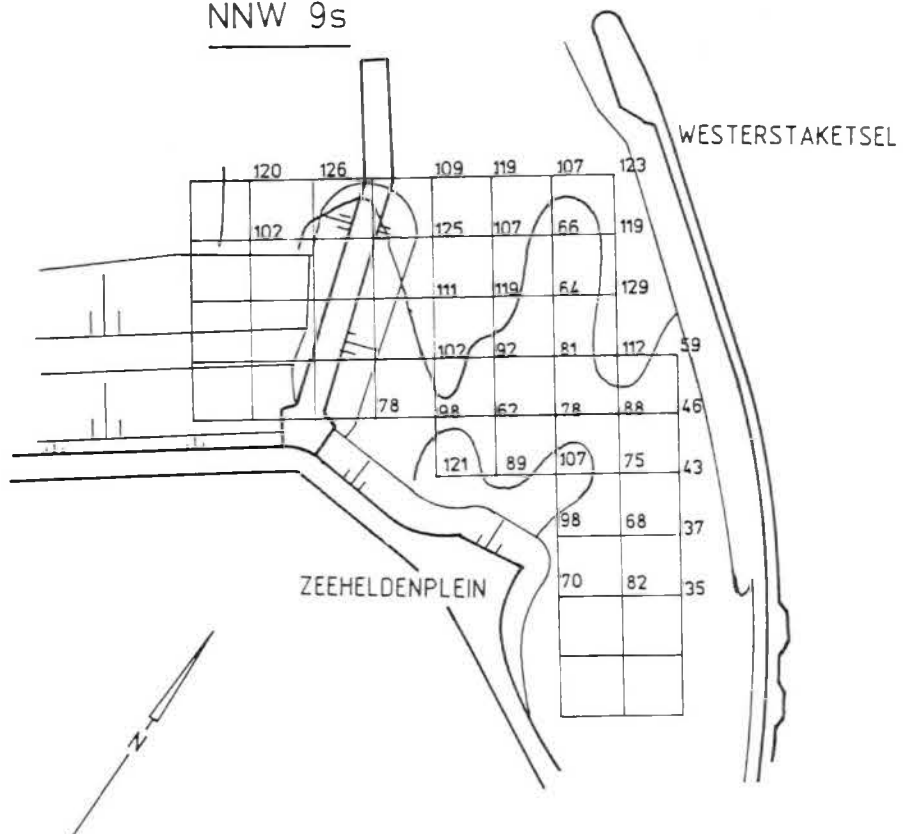
NNW 6s



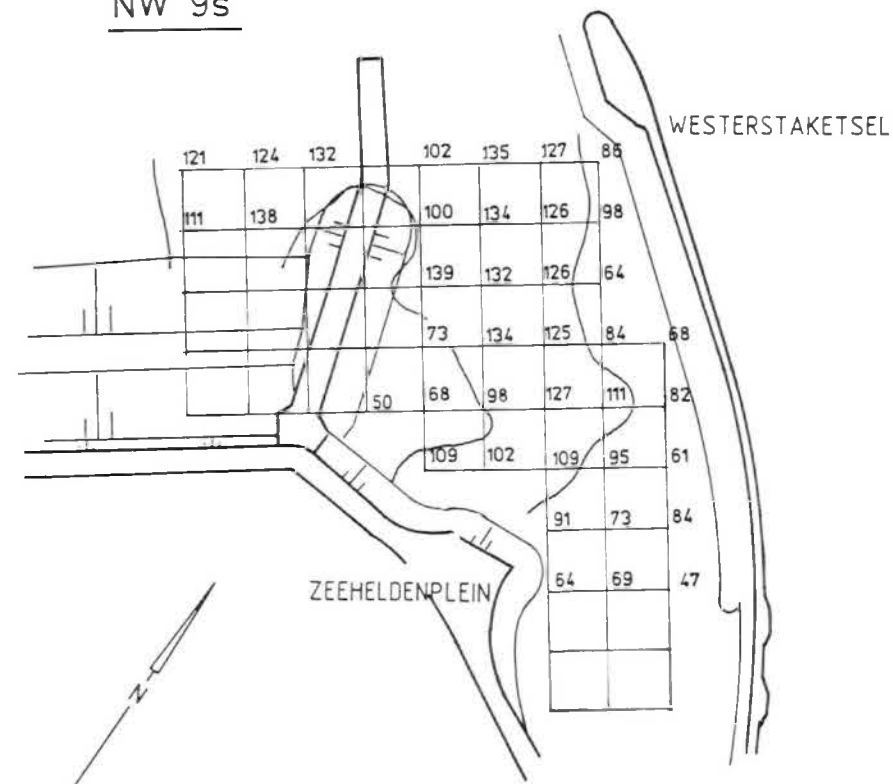
NW 6s



NNW 9s



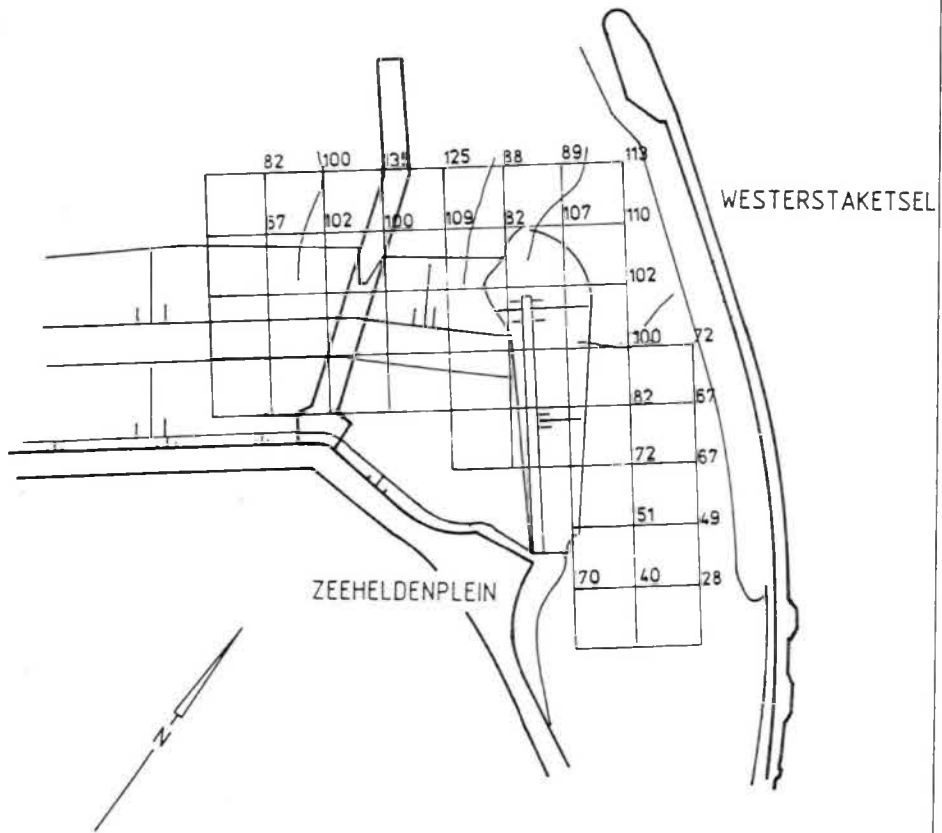
NW 9s



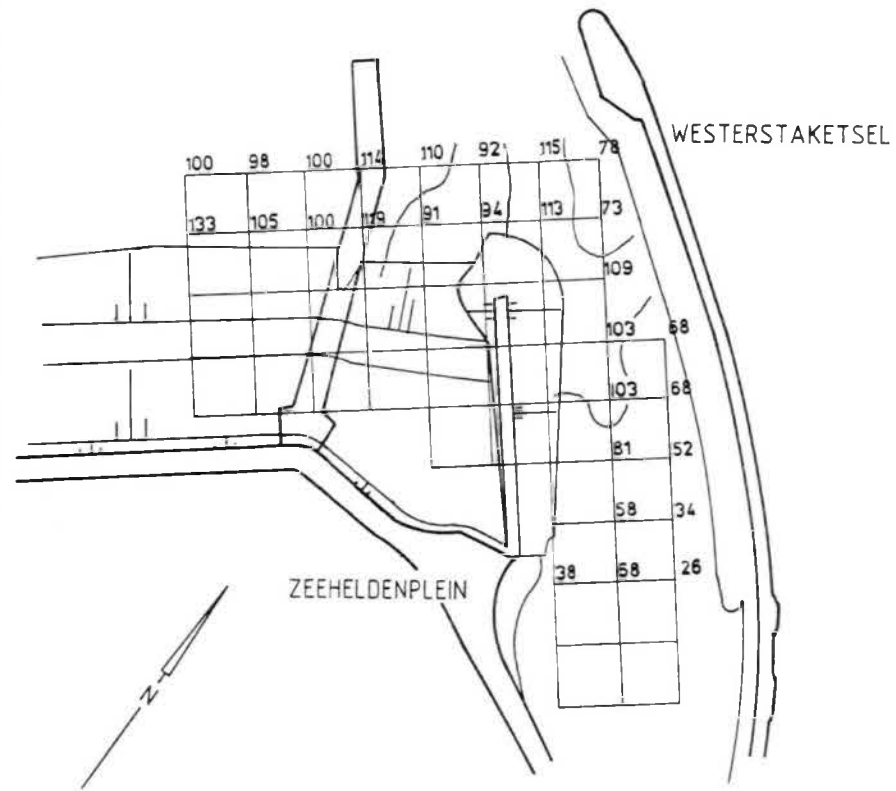
Schaal 1/5000

REFRACTIE- EN DIFFRACTIEPROEVEN  
"KLEIN STRAND" PROEF T5

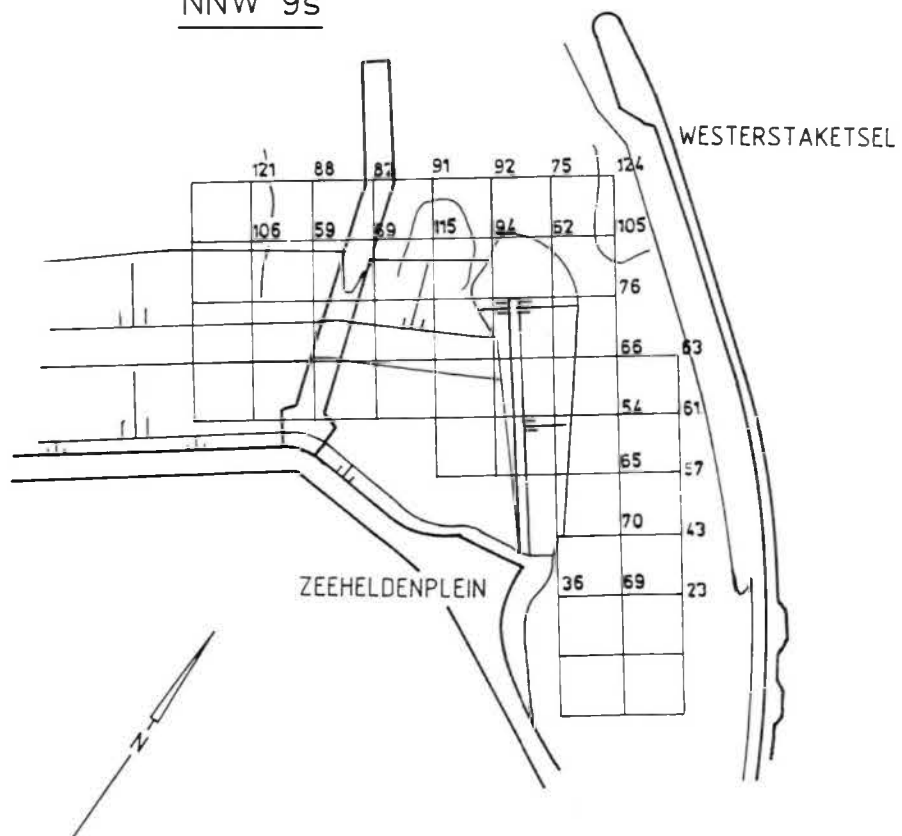
NNW 6s



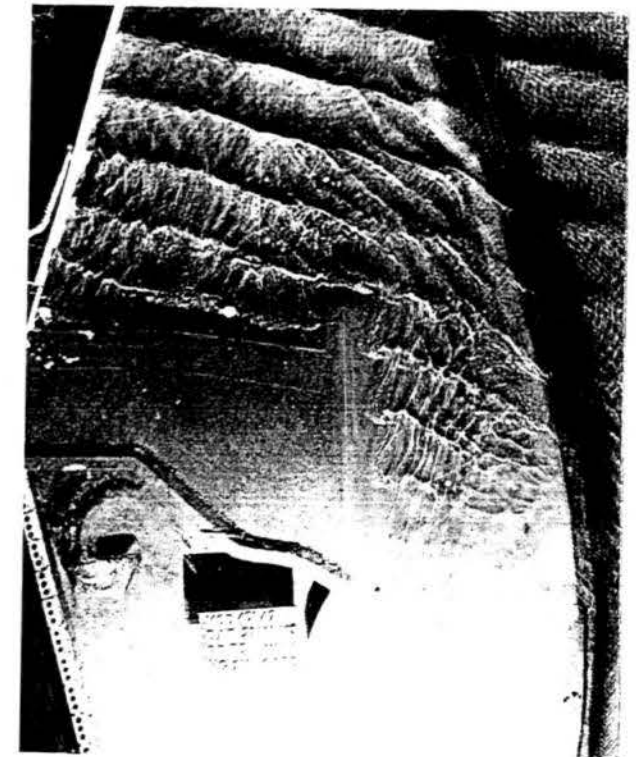
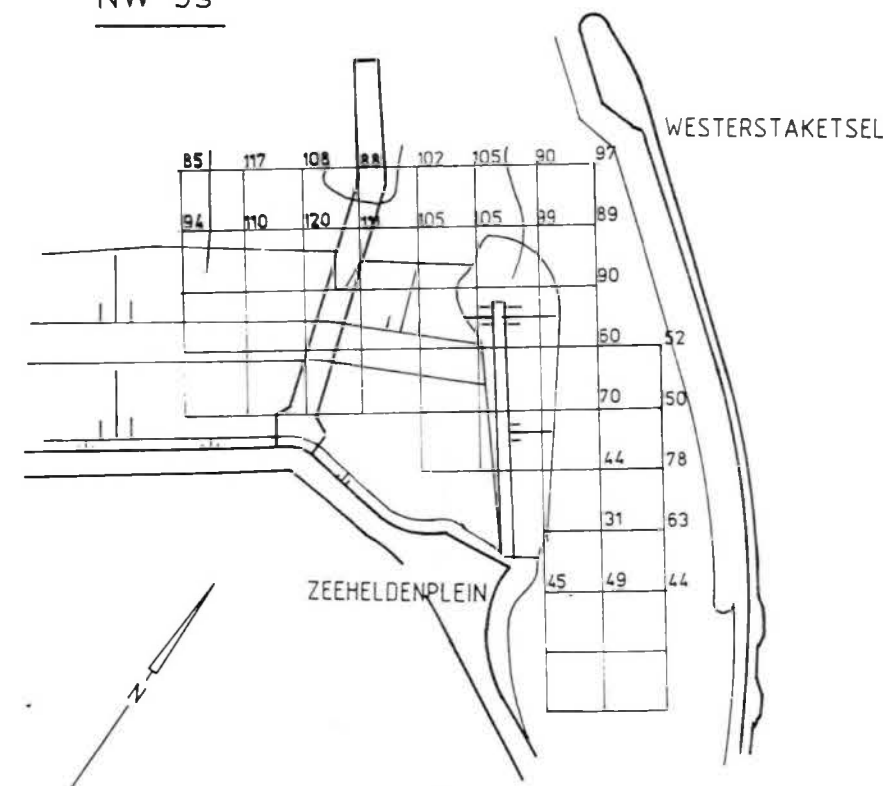
NW 6s



NNW 9s



NW 9s



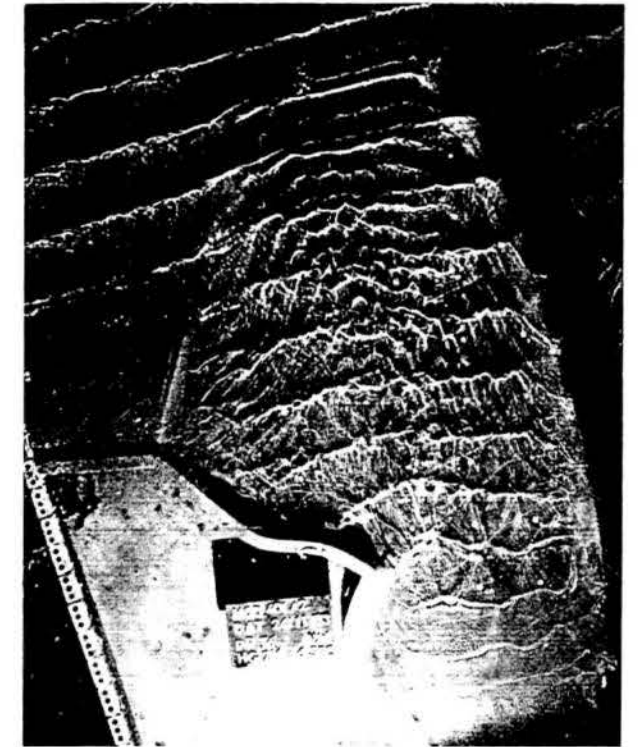
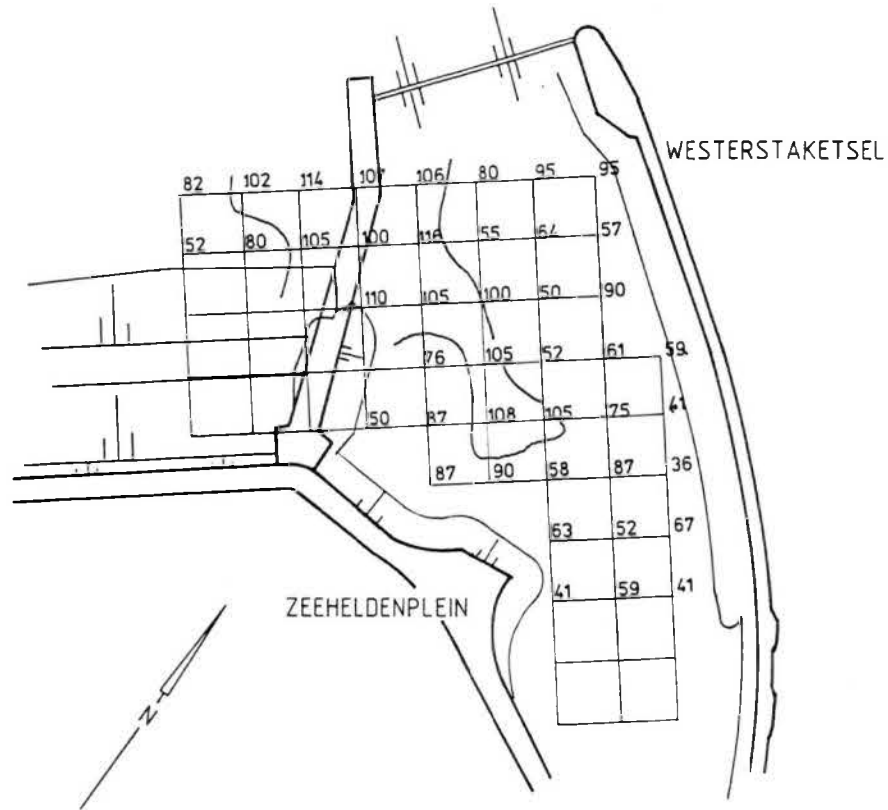
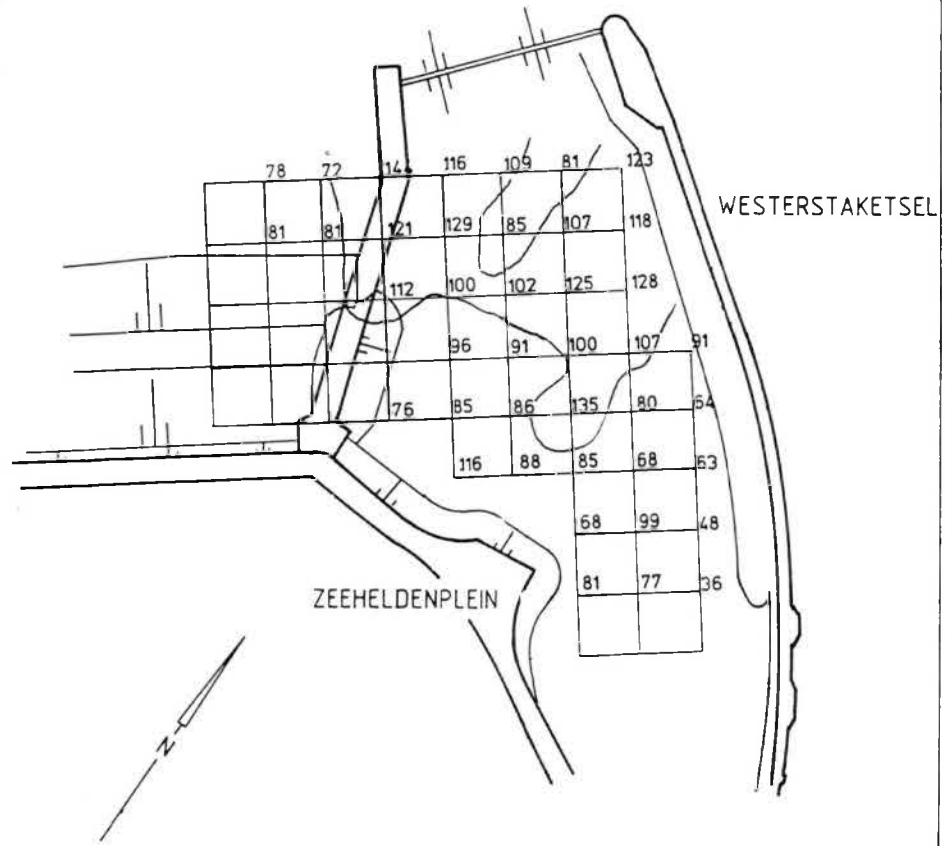


Schaal 1/5000

REFRACTIE- EN DIFFRACTIEPROEVEN  
"KLEIN STRAND" PROEF T6

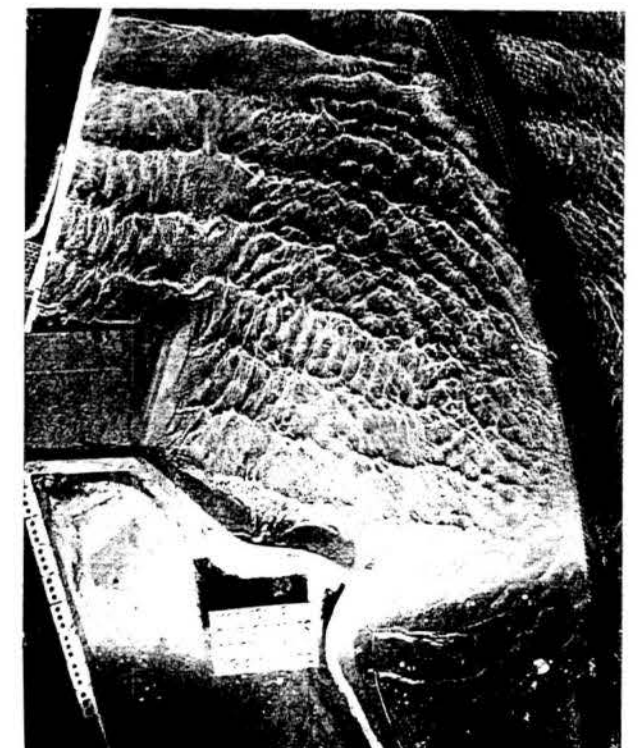
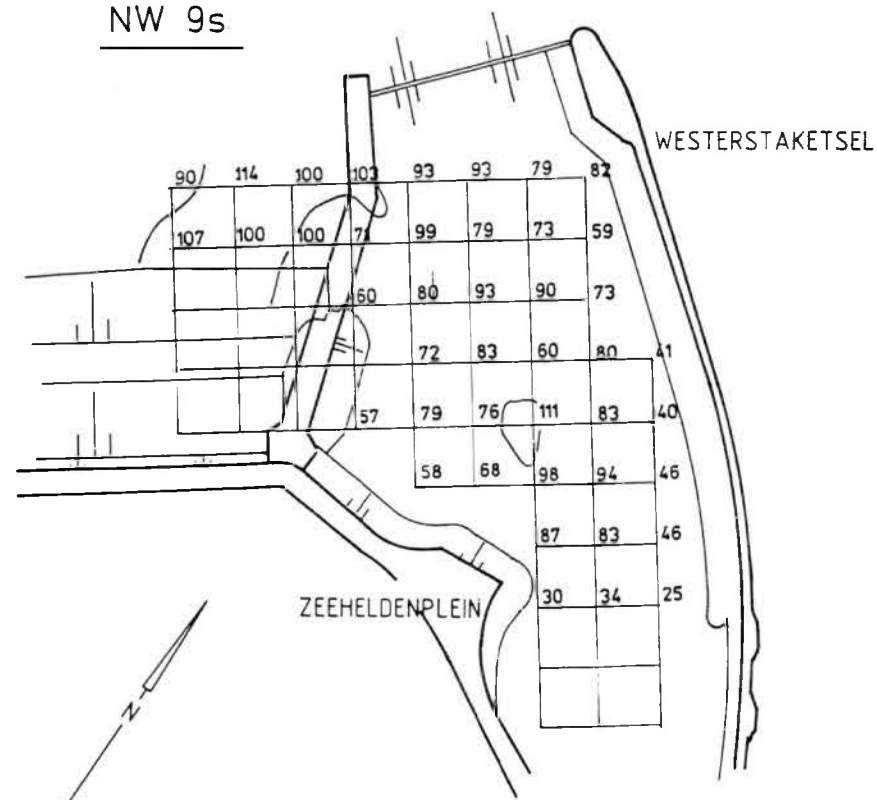
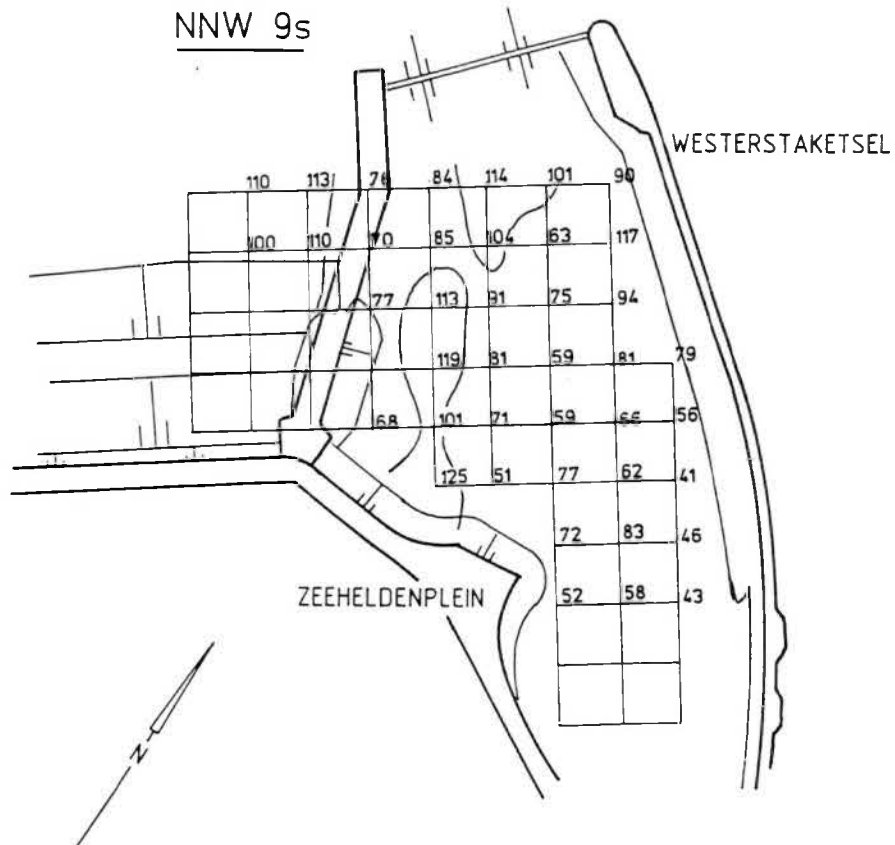
NNW 6s

NW 6s



NNW 9s

NW 9s





SAMENVATTENDE RESULTATEN

in % gem. golfhoogte t.o.v. golfhoogte buitengolf

VAK 1 Zeedijk vóór stadskern

	T0	T1	T1/T0	T2	T2/T0	T3	T3/T0	T4	T4/T0	T5	T5/T0	T6	T6/T0
NNW6	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNW9	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NW6	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NW9	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gem	88												

VAK 2 Zeedijk vóór Heldenplein

NNW6	105	89	85 %	-	-	-	-	102	97 %	-	-	86	82 %
NNW9	102	85	83 %	-	-	-	-	99	97 %	-	-	82	80 %
NW6	95	85	89 %	-	-	-	-	87	92 %	-	-	73	77 %
NW9	88	82	93 %	-	-	-	-	88	100 %	-	-	75	85 %
gem	98		88 %						97 %				81 %

VAK 3 Klein Strand

NNW6	64	55	86 %	51	80 %	-	-	73	114 %	48	75 %	68	106 %
NNW9	56	52	93 %	37	67 %	-	-	65	116 %	48	86 %	59	105 %
NW6	88	65	74 %	52	59 %	-	-	79	89 %	45	51 %	54	61 %
NW9	79	57	72 %	49	62 %	-	-	71	90 %	46	58 %	51	65 %
gem	72		81 %		67 %				102 %		67 %		84 %

VAK 4 Zeewaartse begrenzing meetvak

NNW6	103	96	93 %	97	94 %	105	102 %	104	101 %	104	101 %	103	100 %
NNW9	100	99	99 %	102	102 %	102	102 %	117	117 %	96	96 %	98	98 %
NW6	101	104	103 %	104	103 %	99	98 %	97	96 %	101	100 %	98	97 %
NW9	104	102	98 %	107	103 %	101	97 %	118	113 %	99	95 %	95	91 %
gem	102	100	98 %	103	101 %	102	100 %	109	107 %	100	98 %	99	97 %

# Vlaams Waterbouwkundig Laboratorium

---

Berchemlei 115  
B- 2140 Borgerhout (Antwerpen)  
tel. 32(0)3/236 18 50  
fax. 32(0)3/235 95 23

