



WATERBOUWKUNDIG

LABORATORIUM

borgerhout

Stroomgootonderzoek
fundering
buitenhavendammen
Zeebrugge

1981

MOD. 419

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout antwerpen



ministerie van openbare werken
bruggen en wegen
bestuur der waterwegen

**STROOMGOOTONDERZOEK FUNDERING
BUITENHAVENDAMMEN ZEEBRUGGE**

MOD. 419

INHOUD

	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
1.1. Doel van het onderzoek	1
1.2. Onderwerp van het onderzoek	1
1.2.1. Damprofiel	1
1.2.2. Hydraulische omstandigheden	2
1.2.3. Materialen	2
1.3. Modelschalen	3
1.3.1. Hydraulische modelschalen	3
1.3.2. Sedimentologische modelschalen	3
a. Begin van beweging	3
b. Frijlink - Bijker	4
c. Meyer - Peter	5
d. Ribbelfactor	6
e. Lengte der duinen	7
f. Steilheid der duinen	7
g. Schaal voor de ribbelfactor	8
h. Transportschalen	8
1.4. Bepalen van sedimenttransport in model	9
1.4.1. Erosie en afzetting	9
1.4.2. Zandvang	10
1.4.3. Verplaatsing der duinen	10
1.5. Aanstroming over de zeebodem	10
1.6. Snelheidsmetingen	11
2. PROEFSITUATIE T1 : EROSIEGRINT	12
2.1. Stroming over het grint	12
2.2. Beweging van het grint o.i.v. stroming	12
2.3. Beweging van het grint o.i.v. stroming en golven	13

	<u>Blz.</u>
2.4. Grinttransport	14
2.4.1. Methodiek	14
2.4.2. Grinttransport i.f.v. oppervlaktesnelheid van de zeebodem	14
2.5. Erosies	15
2.6. Controleproef	15
3. PROEFSITUATIE T2 : KERNGRINT	16
3.1. Stroming over de damfundering	16
3.2. Beweging van het grint	16
3.3. Grinttransport	17
3.4. Erosie	17
4. VERGELIJKING TUSSEN GEMETEN EN BEREKEND GRINTTRANSPORT	18
5. SITUATIE T3 : TOUT-VENANT KERNFILTER	19
6. SITUATIE T4 : BUITENBERM	20
7. SITUATIE T5 : BINNENBERM + BUITENBERM	21
8. AANVULLENDE PROEVEN T1 : TRANSPORT O.I.V. NIET PERMANENTE STROMING	22
9. CONCLUSIES	24
BIBLIOGRAFIE	25
SYMBOLLEN	26
TABEL 1 Hydraulische gegevens T1	
TABEL 2 Verplaatsing duinen T1	
TABEL 3 Sedimentologische gegevens T1	
TABEL 4 Hydraulische en sedimentologische gegevens T2	
TABEL 5 Hydraulische gegevens T3	
TABEL 6 Hydraulische gegevens T4	
TABEL 7 Hydraulische gegevens T5	
LIJST DER BIJLAGEN	

1. INLEIDING.

1.1. Doel van het onderzoek.

Bij de bouw van de buitenhavendammen van de nieuwe voorhaven te Zeebrugge wordt in het damtracé een grondverbetering toegepast. De minder draagkrachtige bodem wordt weggebaggerd en de sleuf wordt minder gevuld met grof zand. Teneinde erosie van dit zand te voorkomen wordt het door een grintlaag van 1 m afgedekt.

Aangezien gesteld wordt dat het grint niet meer dan 0.5 m mag eroderen dient het na korte tijd met zinkstukken en tout-venant stortsteen afgedekt. Tussen de zinkstukken wordt in de NW-dam een grintlaag van 1 m aangebracht (kerngrint), af te dekken met T.V. Om de verliezen van het niet-afgedekte grint te bepalen werd door TVZ2 gebruik gemaakt van de bodemtransportformule van Frijlink - Bijker.

Teneinde deze werkwijze experimenteel te testen werd in de nota LNK/81.039 ("Stroomgootonderzoek W.L.B. op fundering van de buitenhavendammen - Proevenprogramma") van de Studiedienst TVZ2 (Haecon-Zeebrugge) voorgesteld een dwarsdoorsnede van de damfundering in een stroomgoot te onderzoeken. Het onderhavig onderzoek betreft dan ook in de eerste plaats het gedrag van het erosiegrint onder invloed van stroming, met en zonder golven, inclusief het bepalen van het grinttransport. De metingen op model moeten met de formule van Bijker vergeleken worden. Ook dient het gedrag en transport van het kerngrint onderzocht.

Bij de verdere damopbouw worden sterke turbulenties gecreëerd door de buitenbermen en binnenbermen. In een tweede fase van het onderzoek zullen de snelheidsprofielen van de stroming over de damfundering opgemeten worden en de turbulenties gevisualiseerd. Tevens wordt nagegaan in hoeverre het nog blootgestelde grint geërodeerd wordt.

1.2. Onderwerp van het onderzoek.

1.2.1. Damprofiel. (Zie foto 1).

Uit de damprofielen van de westdam (ref. plan TVZ2 I.45-208-1 en 2) werd een typeprofiel samengesteld dat representatief is voor de Zuidelijke en Noordelijke Westdam. Er zijn zodoende 5 situaties die onderzocht worden :

- eerste fase (zie bijlage 1)
 - situatie 1 : erosiegrint (1 m dik) op getrapte grondverbetering;
 - situatie 2 : erosiegrint afgedekt door zinkstukken en kerngrint (laag 1 m dik) tussen de zinkstukken;
- tweede fase (zie bijlage 2)
 - situatie 3 : zoals situatie 2 plus tout-venantfilterlaag van 1 m;
 - situatie 4 : situatie 3 plus buitenberm 3 à 6 ton;
 - situatie 5 : situatie 4 plus binnenberm 1 à 3 ton, waarbij de kerngrintlaag en daarop gelegen tout-venantfilter vervangen zijn door T.V.-filter van 1 m (situatie ZW dam).

1.2.2. Hydraulische omstandigheden.

- Waterstanden van 8, 10 en 12 meter boven de zeebodem worden gecombineerd met stroomsnelheden van 1.5 tot 2.7 m/s (oppervlaktesnelheden in aanstromend profiel, zoals genomen uit stroomatlassen tijverzichtsmodeel), in stappen van 0.30 m/s.
- Voor zover het kleine golfschot voorzien op de proefgoot het toeliet werden ook proeven uitgevoerd waarbij regelmatige golven op de stroming gesuperponeerd werden, om de invloed van deze golven op het grinttransport te onderzoeken. Een golfperiode van 6 seconden werd aangenomen, voor golfhoogten van 0.5 m, 1 m en 1.75 m.

1.2.3. Materialen.

In prototype worden de verschillende damonderdelen uitgevoerd in volgende materialen :

- erosie- en kerngrint : $D_{50} = 15 \text{ mm}$
 $D_{90} = \text{circa } 30 \text{ mm}$

- bestorting zinkstukken : stenen 80 à 300 kg
- tout-venant filter : stenen 2 à 300 kg
- binnenberm : rotsblokken 1 à 3 ton
- buitenberm : rotsblokken 3 à 6 ton.

1.3. Modelschalen.

1.3.1. Hydraulische modelschalen.

Gezien de noodzaak o.a. turbulenties, die veroorzaakt worden door verticale hindernissen, te onderzoeken, leek het ons noodzakelijk het model van het damprofiel zonder vertrekking te bouwen.

Omwille van de maximale waterdiepte in de stroomgoot werd een geometrische schaal $N_x = 1/16$ gekozen. Hieruit volgt volgens Froude een snelheidsschaal $N_u = 1/4$ en een hydraulische tijdschaal $N_t = 1/4$.

1.3.2. Sedimentologische modelschalen.

a. Begin van beweging.

=====

Als belangrijkste parameter in dit onderzoek kan men de aanvang van de erosie van het grint, d.w.z. de aanvang van de beweging, beschouwen.

Uit talrijke experimenten, waarvan de recentste uitgevoerd door Yalin en Karahan,^[1] blijkt dat men het begin van beweging vaststelt wanneer bij een bepaald korrelreynolds getal (symbolen: zie tabel in bijlage)

$$X = \frac{U_* D_{50}}{V}$$

de kritische waarde van de dimensieloze schuifspanning (Shields - parameter)

$$Y = \frac{\rho U_*^2}{\gamma_s D_{50}}$$

wordt bereikt. In bijlage 3 wordt het verband

$$Y_{cr} = f(X_{cr})$$

weergegeven. Op het diagramma vinden we voor grint ($\gamma_s = 9.81 \times (2650 - 1000) \text{ N/m}^3$) met $D_{50} = 15 \text{ mm}$ dat $Y_{cr} = 0.045$, d.w.z. dat $U_{*cr} = 0.104 \text{ m/s}$.

Welnu, zand met een $U_{*cr} = 0.104/4 = 0.026 \text{ m/s}$

heeft een gemiddelde doormeter $D_{50} = 1.1 \text{ mm}$.

Door dus aan te nemen dat de schaal van de kritische schuifspanningsnelheid gelijk is aan de snelheidsschaal werd de doormeter van het zand bepaald dat in model het zeegrint dient voor te stellen. De schaal der korreldiameters is dus $1/13.6$.

b. Frijlink - Bijker.
=====

Vervolgens dient de schaal voor het sedimenttransport bepaald. Hiervoor zal hier de formule van Frijlink-Bijker en in een volgende paragraaf de formule van Meyer-Peter (E.T.H.-formule) beschouwd worden, telkens voor transport onder invloed van stroming alleen.

De formule van Frijlink luidt :

$$S_b = 5 \cdot D_{50} \cdot U_* \cdot \exp \left[-0.27 \frac{\gamma_s D_{50}}{\mu \rho U_*^2} \right]$$

Het transport S_b is uitgedrukt in volume (inclusief poriën) met eenheid van tijd en breedte (m^2/s). De schuifspanning $\mu \rho U_*^2$ in de exponent wordt in geval van stroming met golven uitgebreid tot een "resulterende schuifspanning" veroorzaakt door vectoriële sommatie van orbitaalsnelheid en snelheid bij de bodem omwille van de stroming. Verdere details in [2], [3] en [4].

De formule kan herleid worden tot een dimensieloze voorstelling

$$\frac{S_b}{5v} = X \cdot \exp \left[-0.27 / \mu Y \right]$$

De schaal van X is

$$N_X = \frac{X_{\text{model}}}{X_{\text{natuur}}} = N_d \cdot N_u = \frac{1}{13.6} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{54.4}$$

en de schaal van Y is

$$N_Y = \frac{N_u^2}{N_d} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 13.6 = \frac{1}{1.18}$$

Zodoende is de transportschaal een functie van snelheid (via Y) en bodemvorm (via μ). Opdat dit niet zo zou zijn moet $(\mu Y)_{\text{model}} = (\mu Y)_{\text{natuur}}$. De "ribbelfactor" geeft aan hoeveel van het vermogen van de stroming wordt aangewend voor het transport. In het geval $\mu = 1$ neemt men aan dat het transport geschiedt over een laagdikte $r = 2D_{90}$, wat overeenkomt met een vlakke bodem.

De transportschaal luidt dus

$$\begin{aligned} N_{sb} &= N_X \cdot \frac{\exp \left[-0.27 / (\mu Y)_{\text{mod}} \right]}{\exp \left[-0.27 / (\mu Y)_{\text{nat}} \right]} \\ N_{sb} &= N_X \frac{\exp \left[-0.27 / (\mu Y)_{\text{mod}} \right]}{\exp \left[-0.27 / (\mu Y)_{\text{mod}} \cdot N_\mu \cdot N_Y \right]} \\ &= N_X \exp \left\{ \left[-0.27 / (\mu Y)_{\text{mod}} \right] \left[1 - \frac{1}{N_\mu \cdot N_Y} \right] \right\} \end{aligned}$$

c. Meyer - Peter.

=====

De formule voor bodemtransport van Meyer - Peter luidt [5] en [6] :

$$\frac{\rho \psi^2 \mu}{\gamma_s D_{50}} = 0.047 + 0.25 \rho^{1/3} \frac{Q_s^{2/3}}{\gamma_s D_{50}}$$

Het transport Q_s (N / (m.s) of kg/s^3) is uitgedrukt in gewicht, onder water gewogen. Deze formule kan geschreven

$$\mu Y = 0.047 + 0.25 Y \cdot \frac{Q_s^{2/3}}{\rho U_*^2}$$

Als $Q_s = 0$ is $Y = Y_{cr} = 0.047$ en $\mu = 1$. De formule kan zodoende veralgemeend worden tot

$$\mu Y = \mu Y_{crit} + 0.25 Y \frac{Q_s^{2/3}}{\rho U_*^2}$$

of

$$\frac{Q_s}{\rho U_*^3} = 8\mu \left[1 - \frac{Y_{cr}}{Y} \right]^{3/2}$$

De transportschaal wordt dan

$$N_{Q_s} = N_u^3 \left[\frac{\mu_{mod}}{\mu_{nat}} \right]^{3/2} \frac{\left[1 - \frac{Y_{cr}}{Y} \right]^{3/2}_{mod}}{\left[1 - \frac{Y_{cr}}{Y} \right]^{3/2}_{nat}} = N_u^3 N_\mu^{3/2}$$

d. Ribbelfactor.

=====

Uit de hierboven afgeleide formules blijkt de waarde van de 'ribbelfactor' μ van belang in het afleiden van de transportschalen.

Nu [2, 3, 4]

$$\mu = \left[\frac{C_H}{C_{d90}} \right]^{3/2} = \left[\frac{(18 \log 12 H/r)}{(18 \log 12 H/D_{90})} \right]^{3/2}$$

met $r = \Delta/2$, de halve ribbelhoogte, waarover het transport geschiedt. Er dient hierbij opgemerkt bij materiaal met $D_{50} > 0.7$ mm er geen ribbelforming meer plaats heeft, en enkel vlakke bodem of duinvorming optreedt. In bijlage 3 is dit weergegeven door de begrenzing die de overgang van ribbels naar duinen geeft (proeven van Hill e.a. [7])

op het Shields-diagramma, en in bijlage 4 op het diagramma vermogen versus diameter van Simons en Richardson.

De schaal van μ zal afhangen van de gelijkvormigheid tussen duinen in model en in natuur. Daarom zal dan nagegaan worden in hoeverre in model en in natuur duinen tot ontwikkeling komen.

e. Lengte der duinen.

=====

In model is $X = \frac{U_* D_{50}}{v}$ begrepen tussen 20 en 50, dus gelegen in het overgangsgebied, terwijl in de natuur dit schuifspanningskorrelgetal circa 1200 tot 3000 zal bedragen. De lengte van duinen is volgens Yalin [6] voor $X = 45$ enkel functie van de waterdiepte : $\Lambda = 2\pi H$ indien de duin volledig ontwikkeld is.

De proeven geschieden met een materiaal en waterdiepte waarbij de verhouding $Z = H/D_{50}$ varieert tussen 340 en 625. Uit de analyse van Yalin [6] blijkt dat in dit gebied, voor $18 < X < 43$ geldt dat

$$2\pi H \leq \Lambda \leq 8H$$

Rekening houdende met de spreiding die in deze zone van X en Z optreedt, mag men stellen dat de lengte van de duinen in model en natuur overeen zullen stemmen op circa 20 % na.

f. Steilheid der duinen.

=====

Uit proeven in verband met de steilheid van de duinen

$$\delta = \Delta/\Lambda \quad \text{blijkt dat voor} \quad Z > 100 \text{ à } 400$$

$$\delta = 0.0127 \eta \exp(-\eta/12.84)$$

$$\text{waarin } \eta = Y/Y_{cr} = U_*^2 / U_{*cr}^2$$

Uit de proeven blijkt dat $\eta < 3$ in de onderzochte toestanden T1 en T2

$\eta =$	1	1.5	2	2.5	3
$\delta =$	0.012	0.017	0.022	0.026	0.030

Aangezien door keuze van het modelgrint de schaal van U_{e-cr} gelijk is aan de snelheidsschaal zal η zowel voor model als prototype dezelfde waarde hebben, en is dus ook de steilheid gelijk.

g. Schaal van de ribbelfactor.

Zodoende kan men stellen dat in model de duinen lichtelijk langer en dus hoger kunnen zijn dan in natuur. Evenwel is deze conclusie pas gegrond in een regimesituatie, die niet optreedt in de werkelijkheid

- omwille van de niet-permanente stroming
- omwille van de eindigheid van het profiel.

Aangenomen kan echter dat in de ontwikkeling van de duinen ongeveer dezelfde relatie model - natuur voorkomt als in regimetoestand. We mogen dan aannemen dat C_{Hmod} iets kleiner is dan C_{Hnat} , en dus μ model iets kleiner dan μ natuur, gemiddeld circa 9% ^{*}). Zodoende is $(\mu Y)_{mod} \approx \frac{1}{1.18} \cdot \frac{1}{1.09} \cdot (\mu Y)_{nat} \approx 0.8 (\mu Y)_{nat}$, op voorwaarde dat zich duinvorming voordoet, anders is $N_{\mu} = 1$.

h. Transportschalen.

Zodoende kan in de 2 veronderstellingen

*) Bij 8 m diepte

i) $N_{\mu} = 1 \quad N_Y = 1/1.18$

ii) $N_{(\mu Y)} = 1/1.28$

de transportschaal worden uitgedrukt als

Bijker

i) $N_{sb} = \frac{1}{54.4} \exp \left[- 0.0486 / Y_{\text{mod}} \right]$

of $N_{sb} = \frac{1}{54.4} \left[\frac{S_b}{5D_{50} U} \right]_{\text{mod}}^{0.18}$

ii) $N_{sb} = \frac{1}{54.4} \left[\frac{S_b}{5D_{50} U} \right]_{\text{mod}}^{0.28}$

Meyer - Peter

i) $N_{qs} = \frac{1}{64}$

ii) $N_{qs} = \frac{1}{64} \cdot \frac{1}{1.09} = \frac{1}{70}$

Voor de verdere omrekeningen van transporten in model naar transporten natuur zal $N_{sb} = N_{qs} = 1/64$ gehanteerd worden. Daaruit volgt een sedimentologische tijdsschaal 1/4.

1.4. Bepalen van het sedimenttransport in model.

1.4.1. Methode 1 - "Erosie en afzetting".

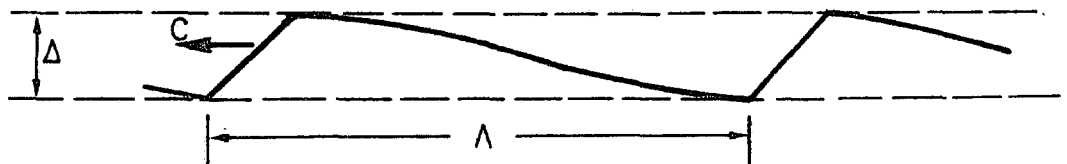
Voor elke proef wordt het theoretische profiel, hersteld. Na de proef, meestal na 1 uur stroming bij ingestelde waterstand en debiet, wordt de bodem gepeild. Zodoende kunnen de erosies en afzettingen bepaald worden. Voor de transporten op b + 1 m werd steeds de erosie van het aanstromend talud beschouwd. In de gevallen waar op b + 1 m geen beweging was, is de erosie van het zeewaarts talud naar b + 2 m een maat voor het transport.

Het transport op $b + 2$ m wordt ook weergegeven door de hoeveelheid materiaal afgezet buiten profiel aan de landzijde.

1.42. Methode 2 - Zandvang.

Een aantal proeven bij situatie T1 is hernomen met een zandvang (in de bodem gewerkte bak met dwars schotten en een gaasdraad (8 x 8 mm) gelijk met de grintbodem). Uit de waarneming bleek deze zandvang bij de hele grote transporten te klein voor langdurige proeven. De zandbak werd ingeplant juist opwaarts meetpunt 4. Bij deze proeven werd het snelheidsprofiel in meetpunt 1 opgemeten ter controle.

1.4.3. Methode 3 - Verplaatsing van de duinen.



De duinen verplaatsen zich met snelheid C m/s. De hoogte van de duinen is Δ , de golflengte λ . Op elke plaats langs één golflengte is het transport verschillend (groot op de kruin, klein in de trog). We bepalen dus een gemiddeld transport over een golflengte :

$$\text{transport} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\lambda \Delta}{2} \cdot C = \frac{\Delta \cdot C}{2}$$

Bij een groot aantal proeven werden de verplaatsingen van de duinkruinen opgemeten. Hieruit kan de duinverplaatsings-snelheid bepaald worden en op elk ogenblik dat ook de duin-hoogte Δ gekend is kan also het transport berekend.

1.5. Aanstroming over de zeebodem.

Volgens de Side-scan-sonar waarnemingen van de Meetdienst TVZ2 (plan I 42 / 2419-1/1) zijn bodemribbels met golflengte 4.25-m en hoogte 0.22 m aanvaardbare gemiddelden voor de zeebodem nabij de

de havendammen. Om hiermede rekening te houden in de snelheidsverdeling van het aanstroomprofiel (MP1) is een kunstmatige ruwheid (kippengaas) aangebracht, die een equivalente ruwheidshoogte van 0.3 m geeft.

1.6. Snelheidsmetingen.

Snelheidsprofielen werden met Ott-molens opgemeten in de profielen MP1 ... MP5 (zie bijlagen 1 en 2). De gemiddelde snelheid werd bepaald alsook de schuifsnelheid U_* door opmeten van de helling van de regressierechte

$$U = a + U_* \log(\text{afstand tot bodem}) .$$

De snelheidsprofielen werden in de as van de stroomgoot opgemeten. Bij de grote diepten die beschouwd werden (even groot als de breedte van de goot) is de stroming op enige afstand van de bodem niet langer zuiver tweedimensionaal.

De stroming werd ingesteld met een debiet

$$Q = (\text{waterdiepte}) \times (\text{breedte goot}) \times 0.8 \times V$$

waarin V de nominale oppervlaktesnelheid in de aanloop is, die van 1.5 tot 2.7 m/s verloopt, en 0.8 de omrekeningsfaktor van oppervlaktesnelheid naar gemiddelde snelheid is.

2. PROEFSITUATIE T1 : EROSIEGRINT

2.1. Stroming over het erosiegrint.

Een overzicht van de ingestelde snelheden en waterstanden vindt men in tabel 1. De snelheidsprofielen zijn weergegeven in bijlagen 5, 6 en 7 voor waterdiepten van resp. 8, 10 en 12 m. De snelheden V die in de tabel en op de bijlagen vermeld staan zijn de nominale oppervlaktesnelheden.

De bijlagen 5, 6 en 7 tonen aan dat de stroming boven het erosiegrint op 70 m voorbij de as (MP5) een luwe zone nabij de bodem veroorzaakt. Het is op deze plaats dat het grint wordt afgezet, zodat er uiteindelijk slechts weinig grint uit het profiel wordt verplaatst.

2.2. Beweging van het grint onder invloed van stroming.

Bij toenemende snelheid zal er eerst geen beweging van bodemmateriaal zijn, nadien een voortschuiven van enkele of kleine groepjes korrels terwijl de bodem vlak blijft. Vervolgens zullen, bij het optreden van groter transport, duinen gevormd worden. Deze fenomenen werden op model vastgesteld en weergegeven in bijlage 4 op het diagramma van Simons en Richardson.

Uit deze proeven (zie tabel 3) kan afgeleid worden dat de kritische snelheid U_{*cr} ongeveer 0.10 m/s bedraagt.

Voor de kritische snelheid waarbij grove materialen in beweging worden gebracht werd door C.R. Neill [9] gevonden :

$$\frac{\rho \bar{U}_{cr}^2}{\gamma_s D_{50}} = 2 \left(\frac{D_{50}}{H} \right)^{-1/3}$$

Voor $\gamma_s = 1650 \times 9.81 \text{ N/m}^3$

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

en $D_{50} = 0.015 \text{ m}$

is in bijlage 21 deze kritische vertikaal gemiddelde snelheid boven

het grint tegen de waterdiepte uitgezet, met daarbij de resultaten van proef T1. De formule van Neill is slechts geldig voor $H = 3 D_{50}$ tot $100 D_{50}$, maar de resultaten van T1 bewijzen haar bruikbaarheid bij grotere waterdiepten. Een voordeel van deze formule is het gebruik van de gemiddelde snelheid.

De eindsituatie na elke proef is weergegeven in de bijlagen 8, 9 en 10. De tijdsduur die erbij vermeld is zijn uren model (1 h model = 4 h natuur, bij aanname van de transportschaal 1/64).

Uit de verplaatsing van de duinen tijdens de proef (bijlagen 11 en 12) kan men afleiden dat bij het einde van de proef een regimetoestand was ontstaan. De afstand tussen de duinen blijft konstant.

De duinen die optreden hebben een golflengte van gemiddeld 20 m en een hoogte van 0.3 tot 1.5 m. In elke situatie treedt echter één uitzonderlijk grote duin op, nl. deze gevormd door de erosie van het talud tussen grint op bodem + 1 m (b + 1) en bodem + 2 m (b + 2).

2.3. Beweging van het grint onder invloed van stroming en golven.

Teneinde na te gaan in hoeverre de verplaatsingen van het grint toenemen o.i.v. golven werden in de stroomgoot bij een waterdiepte van 8 m regelmatige golven met een periode van 6 seconden en een golfhoogte $h = 0.5$ m en $h = 1$ m ingesteld. Bij 10 m waterdiepte bedroegen de golfhoogten $h = 1$ m en $h = 1.75$ m.

Door de superpositie van orbitaalsnelheid U_o en stroomsnelheid U_b boven de bodem ontstaan volgende vormen van beweging bij toenemende stroomsnelheid

a. geen beweging : $(U_o)_{\max} + U_b < U_{bcrit}$

b. enkel beweging op een fractie van de golfperiode :

$$U_b < U_{bcrit} < U_b + (U_o)_{\max}$$

c. altijd beweging :

$$U_{bcrit} < U_b - (U_o)_{\max}$$

d. indien in situatie b. en d. de golfhoogte wordt opgedreven en dus ook U_0 , keert men terug naar een voorgaand stadium (resp. a. en b.).

De duinvorming vertoont bij kleine golven (vb. $h = 0.5$ m, zie bijlage 13) nog gelijkenis met de situatie zonder golven, hoewel de golflengte van de duinen afneemt. Bij golven van 1 m en hoger (bijlagen 14, 15, 16) zijn de zandgolven veel steiler en korter. Tevens wordt door de golfwerking het grint dat op het afstroomse talud wordt afgezet over de zeebodem verspreid. De beweging van de duinen tijdens de proef zijn weergegeven in bijlagen 17, 18, 19 en 20.

2.4. Grintransport.

In tabel 2 is de berekening van het grintransport m.b.v. de duinverplaatsing weergegeven. In tabel 3 zijn de sedimentologische gegevens van de proevenreeks T1 samengebracht.

2.4.1. Methodiek.

De drie methoden waarmee het transport bepaald werden zijn vergeleken in bijlage 22. Hieruit blijkt dat de drie transporten niet significant van elkaar verschillen. Men zou uit deze grafieken wel kunnen afleiden dat het transport gemeten met de zandvang (b.v. omwille van pakkingsdichtheid) iets onderschat is.

2.4.2. Grintransport in functie van de oppervlaktesnelheid boven de zeebodem.

De transporten zijn t.o.v. de nominale oppervlaktesnelheid uitgezet op bijlage 23.

2.5. Erosies.

De erosie van het profiel op 12 m opwaarts de damas, ter plaatse van de knik in het profiel wordt hier beschouwd.

Uit de opmetingen van het damprofiel werd de erosie bepaald na 1 h stromen in de goot, t.t.z. na 4 h natuur. Als maat van de erosieverwekkende stroming is de gemiddelde snelheid in MP2, boven het erosiegrint op bodem + 1 m gekozen. In bijlage 24 wordt aangetoond dat de erosie o.i.v. stroming bij 2.2 m/s (2.65 m/s aan de oppervlakte) tot 60 cm na 4 h beperkt blijft.

De bijdrage van de golfwerking is slechts belangrijk waar zonder golven minder dan 0.2 m erosie zou optreden. Bij grote erosie lijkt de golfwerking zonder invloed.

Tijdens de proeven werd vastgesteld dat in de eerste ogenblikken van de proef het hoekige theoretische profiel niet werd afgerond. De erosie is dan ook wat groter in de eerste ogenblikken van de proef.

2.6. Controleproef.

Een controleproef werd uitgevoerd op de situatie T1, $H = 8$ m, $V = 2.1$ m/s, zonder golven, gedurende 2 1/2 uur. Het grintprofiel na deze periode is in streepjeslijn op bijlage 8 weergegeven. Uit deze proef blijkt het transport op bodem + 2 m gemiddeld $1.55 \text{ m}^2/\text{h}$ te bedragen, vergeleken met $1.50 \text{ m}^2/\text{h}$ uit een proef van 1 1/2 uur.

3. PROEFSITUATIE T2 : KERNGRINT.

3.1. Stroming over de damfundering.

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de onderzochte combinatie van waterdiepte, snelheid en golven. Ook hier werden gemiddelde snelheid \bar{U} en schuifnelheid U_* bepaald.

In bijlagen 25 en 26 zijn de snelheidsprofielen getekend. In bijlage 25, meetpunt 3 en 4 zijn de onregelmatigheden bij $V = 2.1$ en $V = 2.4$ m/s te wijten aan de erosie en duinvorming, waardoor de bodemligging en dus de waterdiepte en gemiddelde snelheid veranderen.

De stroming boven het zinkstuk is zeer turbulent nabij de bodem, wat zich vertaalt in grote waarden van U_* . Het kerngrint wordt geërodeerd en vertoont t.p.v. MP3 een vlakke bodem. Hierdoor, en tevens door de contractie vertoont het snelheidsprofiel een kleinere gradiënt nabij de bodem, dus een geringere U_* .

Het grint afwaarts het 2e zinkstuk wordt door de turbulenties boven het zinkstuk in zeer geringe mate aangetast (lokaal 1 à 2 dm). Afwaarts meetpunt 5 raakt de stroming de bodem niet (tot as + 85 m).

3.2. Beweging van het grint.

In bijlagen 27, 28 (stroming zonder golven) en bijlage 29 (stroming met golf $h = 1$ m) is het eindprofiel weergegeven. De verplaatsing van de duinen tijdens de proef zijn gegeven in bijlagen 30, 31 en 32.

Het grint verplaatst zich door het zinkstuk onder vorm van een duin (zoals op bijlage 28, $V = 2.4$ m/s, nog te zien is). Na verloop van tijd wordt het kerngrint verder aangetast, terwijl het zinkstuk door

dit grint wordt afgedekt. Als dit voltooid is, treedt er transport op onder vorm van kleinere duinen die zich zeer snel (45 m/h) verplaatsen (vb. : $H = 8$ m, $V = 2.4$ m/s zonder golven en met golf $h = 1$ m).

3.3. Grintransport.

Het volume kerngrint dat geërodeerd werd is t.o.v. de nominale oppervlaktesnelheid V uitgezet in bijlage 33. Het transport bij $H = 10$ m bedraagt 60 % van het transport bij $H = 8$ m. Door golven $h = 1$ m bij waterdiepte $H = 8$ m wordt het transport 25 % verhoogd.

3.4. Erosie (zie bijlagen 33 en 34).

De erosie ter plaatse van het profiel P - 12 (zie bijlage 1) werd gedurende de proeven opgetekend, en neemt toe, evenredig met de tijd. De erosies na 4 h natuur nemen toe evenredig met de gemiddelde snelheid in MP2. Een halve meter erosie na 4 h wordt bereikt bij $V = 1.8$ m/s. Het feit dat de erosie reeds bij 1.5 m/s aanvangt t.o.v. 1.7 m/s voor situatie T1 kan verklaard worden door de grotere turbulentie bij T2, omwille van het zinkstuk.

Een gemiddelde snelheid van 2.2 m/s (in natuur : een oppervlaktesnelheid van 2.65 m/s) veroorzaakt een erosie van 1 m op 4 h.

Onder invloed van golven neemt de erosie met circa 4 dm toe. Ook hier dient opgemerkt dat de erosie tijdens de eerste ogenblikken van de proef wat groter is.

4. VERGELIJKING TUSSEN GEMETEN EN BEREKEND GRINTTRANSPORT

In dit hoofdstuk worden de grinttransporten, berekend met de formule van Bijker ten behoeve van de materiaalverliezen in de damfundering (nota TVZ2 81.052 - Damfundering, uitvoeringsplanning en materiaalverliezen, le aanvulling) vergeleken met de modelproeven.

De oppervlaktesnelheden V_{opp} , gehanteerd in bovenvermelde nota hebben betrekking op het snelheidsprofiel boven het grint. De oppervlaktesnelheden tot hiertoe vermeld in dit rapport zijn nominale oppervlaktesnelheden V in de aanstroming, boven de zeebodem. De snelheden werden naar oppervlaktesnelheden boven het grint herleid.

Modelresultaten en berekening zijn aldus weergegeven in bijlagen 36, 37 en 38. Onderzoek van deze figuren leidt tot volgende bedenkingen

- het verschil tussen berekening en meting is groter voor transporten gemeten op bodem + 2 m dan op bodem + 1 m. Het effect van de contractie is hiervan wellicht de oorzaak;
- de afwijkingen nemen toe met toenemend transport. In model worden de duinen dan ook hoger, terwijl in de berekeningen de ribbelhoogte op 10 cm wordt gehouden;
- de overeenkomst model-berekeningen is meestal behoorlijk bij snelheden V_{opp} kleiner dan 2.7 m/s.

5. SITUATIE T3 - TOUT-VENANT KERNFILTER

In bijlagen 39, 40 en 41 worden de snelheidsprofielen weergegeven zoals in de as van de stroomgoot opgemeten voor deze situatie.

In tabel 5 zijn de gemiddelde snelheden en de schuifnelheden gegeven evenals het verval over de fundering.

Volgende opmerkingen kunnen hierbij gemaakt.

1. Het snelheidsprofiel in MP4 en MP5 is misvormd door de contractie boven de T.V.-filter.
2. De stroming boven het stortsteenbed is zeer turbulent. Pogingen om een duidelijke afbakening vast te stellen tussen hoofdstroming en secundaire stroming boven het afwaartse zinkstuk werden hierdoor bemoeilijkt. Uit de profielen blijkt bij diepte $H = 8$ m dat er ter plaatse van MP4 een dode zone is.
3. Ter plaatse van MP5 is er turbulentie in het zog van het zinkstuk, en tevens een kleine retourstroom, waardoor grint naar het zinkstuk wordt verplaatst, en enkel meters voorbij het zinkstuk erosie (tot 0.5 m) ontstaat (zie bijlage 42).
4. Aan de aanstroomzijde wordt erosie van het grint vastgesteld, gelijkaardig aan de toestand T2. Er zet zich grint af in het zinkstuk (zie bijlage 42).

6. SITUATIE T4 - BUITENBERM

Voor het inmeten van deze situatie werd ter plaatse van de buitenberm een meetpunt MP6 toegevoegd (zie bijlage 2) op de minst diepe plaats van het funderingsprofiel. In bijlagen 43, 44 en 45 zijn de snelheidsverlopen voor deze profielen weergegeven. In tabel 6 zijn gemiddelde snelheid, schuifsnelheid en verval gegeven. Door de sterke insnoering en de grote energieverliezen over de kering diende gekozen waar het waterpeil op 8, 10 of 12 m boven de zeebodem zou worden gehandhaafd. Hiervoor werd de opwaartse zijde, ter hoogte van het meetpunt voor de opwaartse waterstand gekozen.

1. Ter plaatse van de berm vindt een zeer belangrijke contractie plaats. Ter plaatse van profiel P-30 ontstaat een schaduwzone, uiterst turbulent doch met geringe snelheid. Aangezien de berm doorlaatbaar is en de menging met de hoofdstroom intens (zie foto 2), is het erg moeilijk de begrenzing van de hoofdstroom weer te geven. Een gemiddelde lijn is gegeven in bijlagen 43, 44 en 45, aangezien bij eenzelfde waterdiepte deze begrenzing weinig verschilt voor verschillende debieten. Hieruit blijkt dat de grootste contractie zich afwaarts de berm voordoet.
2. De onbeschermd grinttaluds (zie bijlage 46) worden enigszins geërodeerd (max. circa 0.5 m op 1 h model, d.i. circa 4 h natuur). Deze verschijnselen zijn bijna identiek aan die van T3.

7. SITUATIE T5 - BINNENBERM EN BUITENBERM

Voor deze situatie werden de (opwaartse) profielen MP1, MP2 en MP6 niet opgemeten. Voor enkele proeven werd ter plaatse van A \bar{B} + 48 m in meetpunt MP7 (zie bijlage 2) een extra snelheidsprofiel opgemeten.

Aangezien de binnenberm tot bodem + 5 m reikt, treedt bij $H = 8$ m en V groter dan 1.8 m/s kritische stroming op over de binnenberm. Zulke situaties zijn uiteraard niet onderzocht.

De snelheidsprofielen zijn weergegeven op bijlagen 47, 48 en 49. In tabel 7 zijn de gemiddelde snelheden, de schuifnelheden uit het semi-logaritmisch snelheidsprofiel en de vervallen gegeven.

In de luwte van de binnenberm (foto 3) vormt zich een turbulente stroomarme zone, met lichte retourstroom boven het grinttalud. Deze stroming was evenwel te gering om met Ott-molentjes op te meten. Uit de fotografische waarnemingen werd weer getracht een begrenzing van de hoofdstroom weer te geven op de snelheidsprofielen.

De turbulentie boven het grint afwaarts is geringer dan bij T4, de erosie is ook minder belangrijk (zie bijlagen 50 en 51; de duur der proeven is hier 1 h of 1/2 h).

8. AANVULLENDE PROEVEN T1 - TRANSPORT O.I.V. NIET PERMANENTE STROMING

8.1. In permanente stroming zal na verloop van tijd een evenwichtstoestand bereikt worden waarbij het bodemtransport onveranderd blijft, en de bodemvormen volledig ontwikkeld zijn. In niet-permanente stroming met transport zal zulk evenwicht niet optreden.

In de berekeningen voor het grintverlies werd aangenomen dat 7 uren transport onder invloed van de maximum vloed- (of eb) snelheid van het modelgetij (tijfactor 1.3) equivalent is met het transport bij vloed (of eb) gedurende een veertiendaagse cyclus.

8.2. Om enig verband te kunnen leggen tussen de modelproeven bij permanente stroming en de tij-realiteit werden vier proeven op het erosiegrint (situatie T1) uitgevoerd waarbij een vloedcyclus gesimuleerd werd.

In onderstaande tabel zijn de proefparameters gegeven.

Proef	Tij 1	Tij 2	Tij 3	Tij 4
- waterpeil bij max. snelheid (H)	12 m	10 m	12 m	10 m
- maximum opp.aanloop-snelheid (V)	2.4 m/s	2.7 m/s	2.4 m/s	2.8 m/s
- golfhoogte (h)	geen golven		0.5 m	0.5 m
- golfperiode (T)			6 sec.	6 sec.
- Transport gemeten op b + 2 m	1m ² /h	3.4m ² /h	2.7m ² /h	5 m ² /h
- erosie na 1 tij (P - 12)	0.1 m	0.2 m	0.12 m	0.35 m
- duur beweging grint (natuur)	-	100 min	90 min	130 min
- transport voor Vmax bij Hmax volgens proeven in permanentie	1.32m ² /h	3.88m ² /h	-	6 m ² /h (interpolatie)

Uit deze proeven (zie bijlage 52) blijkt dat slechts gedurende een korte periode van de vloed transport optreedt. Opvallend was de snelle vermindering van de beweging na maximum vloed, waar snelheidsdaling samengaat met waterpeilsverhoging. Op hoogwater is de snelheid dermate gedaald dat het grint stil ligt.

In bijlage 53 is het grintprofiel gegeven op het einde van de proef.

Uit de opgemeten transporten kan afgeleid worden dat voor Tij 2 en Tij 4 het transport over deze vloedcyclus overeenstemt met 0.85 uur transport bij maximum vloed. Zeven uren maximum-vloedtransport stemt overeen met circa 8 vloed cycli bij tijfactor 1.3.

- 8.3. Teneinde na te gaan welke invloed de duinstructuur ondervindt na kentering werd het grintprofiel dat op het einde van proef Tij 4 gevonden werd in omgekeerde richting in de proefgoot ingebouwd. De proef Tij 4 werd op dit profiel herhaald. Waargenomen werd dat de duinen als het ware "omslaan", er zeer steile duinen met korte golf-lengte gevormd worden, die vervolgens in de lengte toenemen. Een eb, waarbij de snelheden beduidend lager blijven kan evenwel tot een gans andere situatie leiden, doch werd niet meer beproefd.

9. CONCLUSIES.

1. Het erosiegrint wordt door de stroming geërodeerd en verplaatst, doch het grint wordt op het stroomafwaartse talud afgezet, zodat de netto verplaatsing van het grintprofiel beperkt blijft.
2. De erosie na 4 uur van 0.5 m wordt bereikt bij een gemiddelde snelheid van 2.1 m/s boven het erosiegrint.
3. Het begin van beweging voor het grint kan kennelijk met de formule van NEILL (bijlage 21) berekend worden.
4. Onderzoek naar de erosie van het kerngrint toont aan dat zonder golven een erosie van 0.5 m bereikt wordt bij 1.8 m/s oppervlaktesnelheid vóór het profiel na 4 uur stromen. Bij golven van één meter geldt dit reeds voor 1.5 m/s.
5. De modelproeven op het erosiegrint tonen aan dat binnen de grenzen der gehanteerde parameters met de formule van Bijker, zoals ze voor de berekening van het grintverlies werd gebezigd, transporten gevonden worden die de experimentele waarden dicht benaderen.
6. In verdere uitbouwfasen veroorzaken stortstenen en bermten grote turbulenties, die evenwel vrij geringe erosies (tot 0.5 m op 4 h) in het onbeschermd grint tot gevolg hebben.

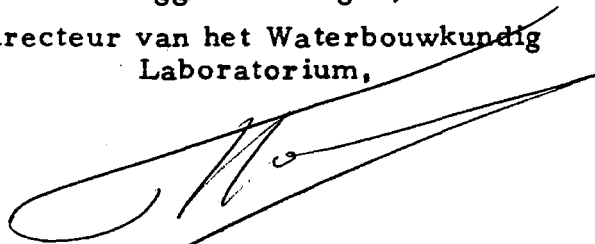
Borgerhout, november 1981

De ingenieur belast met de studie,



ir. E. LAFORCE

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



ir. P. ROOVERS

BIBLIOGRAFIE

1. YALIN en KARAHAN "Inception of sediment transport". Proc. ASCE, Vol. 105, n° HY11, nov. 1979.
2. Model van de Kust en het Scheldeëstuarium. Model 265/4. "Zandtransportberekeningen". Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout - Antwerpen. 1975.
3. T.O.W. Coastal Sediment Transport "Computation of longshore transport" R.968 part 1. Waterloopkundig Laboratorium Delft, september 1976.
4. BIJKER, E.W. "Some considerations about scales for coastal models with movable bed." Delft Hydraulics Laboratory. Publ. n° 50. 1967.
5. GRAF, W.H. "Hydraulics of Sediment Transport". Mc Graw-Hill. 1971.
6. YALIN, M.S. "Mechanics of Sediment Transport", Pergamon Press. 1972.
7. HILL, ROBINSON, SRINIVASAN "On the Occurrence of Bed Forms in Alluvial Channels". I.A.H.R. Congres 1971, Paper C12.
8. YALIN, M.S. "Steepnes of Sedimentary Dunes". Proc. ASCE. vol. 105, n° HY4, April 1979.
- 9.(a) NEILL, C.R. "Mean-Velocity criterion for scour of coarse uniform bed-material". I.A.H.R. Congres 1967.

(b) NEILL, C.R. "Note on Initial Movement of Coarse Uniform Bed-Material". Journal of Hydraulic Research. 6 (1968) n° 2.
10. SIMONS, D.B. & RICHARDSON, E.V. "Resistance to Flow in Alluvial Channels". Geological Survey. Prof. paper 422-J. VS.Gov. Printing Office, Washington 1966.
11. ALLEN, J.R.L. "Current Ripples" (fig. 6.9). North Holland Publishing Company, Amsterdam 1968.

LIJST DER SYMBOLEN

C_{d90}	Chezy coëff. t.g.v. zandruwheid
C_H	Chezy coëff. t.g.v. bodemvormen (ribbels)
C	duinverplaatsingssnelheid (m/h)
D_{50}	gemiddelde korreldiameter (m)
$f(\dots)$	functie van ...
h	golfhoogte (m)
H	waterdiepte (m)
N_x	afstandsschaal
N_u	snelheidsschaal
N_t	tijdsschaal
N_X	schaal voor X
N_Y	schaal voor Y
Q	debiet (m^3/s)
Q_s	sedimenttransport volgens Meyer - Peter (kg/s^3)
\bar{U}	gemiddelde snelheid over de vertikaal (m/s)
U_*	schuifspanningssnelheid (m/s)
U_b	snelheid bij de bodem (m/s)
U_o	orbitaalsnelheid bij de bodem (m/s)
r	halve ribbelhoogte (m)
S_b	transport volgens Freylink - Bijker (m^2/s)
$T_{b+1}, T_{b+2},$ T_{b+3}	gemeten grintransport op resp. bodem + 1 m, bodem + 2 m, ... bepaald m.b.v. kubering (m^2/h)
T'_{b+2}	id., bepaald met zandvang (m^2/h)
T''_{b+2}	id., bepaald aan de hand der duinverplaatsing (m^2/h)

LIJST DER SYMBOLEN (vervolg)

V	nominale oppervlaktesnelheid in aanloop (m/s)
V_{opp}	oppervlaktesnelheid boven het grint (m/s)
$X = U_* D_{50} / \nu$	korrel-schuifspanning-Reynoldsgetal
$Y = \rho U_*^2 / \gamma_s D_{50}$	Shields parameter
$Z = (H/D_{50})$	dimensieloze diepte
γ_s	gewicht van sediment onder water (N/m^3)
μ	ribbelfactor
ρ	soortelijke massa van water (kg/m^3)
ν	kinematische viscositeit
Λ	golflengte der duinen (m)
Δ	golfhoogte der duinen (m)
δ	steilheid der duinen (Δ/Λ)
$\eta = Y/Y_{cr}$	relatieve Shieldsparameter
index $_{cr}$	critische waarde (begin van beweging)
mod	model waarde
nat	natuur waarde
max	maximale waarde

TABEL 1

T1 HYDRAULISCHE GEGEVENS

Proef		MP1 (b)		MP2 (b+1)		MP3 (b+2)		MP4 (b+2)		MP5 (b+1)		Verval cm/m
H m	V m/s	\bar{U} m/s	U_* m/s	\bar{U} m/s	U_* m/s	\bar{U} m/s	U_* m/s	\bar{U} m/s	U_* m/s	\bar{U} m/s	U_* m/s	
8	1.5	1.23	.108	1.40	.064	1.66	.088	1.72	.084	1.52	.134	0.026
	1.8	1.50	.134	1.71	.088	1.94	.100	1.99	.100	1.96	.222	0.022
	2.1	1.74	.134	1.98	.108	2.27	.112	2.26	.160	2.28	.252	0.041
	2.4	1.96	.172	2.22	.136	2.52	.110	2.68	.174	2.72	.256	-
10	1.8	1.50	.112	1.69	.090	1.86	.090	1.87	.094	1.68	.256	0.020
	2.1	1.74	.125	2.01	.035	2.18	.100	2.13	.108	1.93	.192	0.018
	2.4	1.99	.146	2.12	.120	2.48	.124	2.36	.144	2.47	.228	0.055
	2.7	2.20	.148	2.46	.130	2.77	.180	2.72	.219	2.77	.240	0.088
12	1.8	1.72	.108	1.72	.088	1.80	.090	1.76	.101	1.76	.136	0.019
	2.1	1.77	.136	1.90	.118	2.13	.098	2.08	.122	2.00	.136	0.023
	2.4	2.06	.140	2.20	.124	2.47	.136	2.39	.152	2.36	.248	0.041
	2.7	2.23	.153	2.44	.160	2.69	.156	2.74	.166	2.60	.208	0.065

TABEL 2

T1 VERPLAATSING DUINEN

H	V	Golf hoogte	bodem + 1 m				bodem + 2 m					
			C	Δ	$\frac{C\Delta}{2}$	T''_{b+1}	C	Δ	$\frac{C\Delta}{2}$	T''_{b+2}		
m	m/s	m	m/h	m	m ² /h	m ² /h	m/h	m	m ² /h	m ² /h		
8	2.4	0	4	0.2	0.4	0.4	4.25	0.8	1.7	} 2.1		
							6.25		2.5			
10	2.4	0	2.5	0.3	0.4	0.4	5.75	0.8	2.3	} 1.61		
							5.25		1.05			
							6.5		1.63			
							3.25		1.46			
12	2.4	0	2	0.25	0.25	0.25	2.75	0.5	.69	} .97		
							5		.88			
							5.75		.86			
							4.75		1.43			
							1.5		.98			
10	2.7	0	2.5	0.7	0.88	} 0.95	3	1.5	2.25	} 3.68		
			4.5		0.4		0.9		7.5		1.1	4.13
			7.5		0.3		1.12		7.5		1.1	4.13
			7.5		0.24		0.9		4		2.1	4.2
12	2.7	0	3.75	0.5	.94	} 0.76	6.75	0.9	3.04	} 2.56		
			5.25		0.22		.58		6.5		0.7	2.34
									7		0.7	2.45
									4.4		1.1	2.41
8	2.1	0.5	3.5	0.2	0.35	0.35	4.75	0.6	1.43	} 2.11		
							6		0.7		2.1	
							7.5		0.5		1.88	
							5.5		1.1		3.03	
8	2.4	0.5	3.5	0.5	0.88	0.88	7	1.6	5.6	} 7.38		
							13.5		1.2		8.1	
							13		1.1		8.45	
8	1.8	1	-	-	-	-	4.75	0.25	0.59	} 0.65		
							5.75		0.2		0.58	
							6		0.2		0.6	
							3.25		0.5		0.81	
8	2.1	1	5	0.6	1.5	1.5	2.5	1.2	1.5	} 3.3		
							11		0.6		3.3	
							10		1.0		5	

TABEL 2 (vervolg)

H	V	Golf hoogte	bodem + 1 m				bodem + 2 m			
			C	Δ	$\frac{C\Delta}{2}$	T''_{b+1}	C	Δ	$\frac{C\Delta}{2}$	T''_{b+2}
m	m/s	m	m/h	m	m ² /h	m ² /h	m/h	m	m ² /h	m ² /h
10	1.8	1	-	-	-	-	4.00	0.3	0.6	} 0.43
			-	-	-	-	3.25	0.15	0.24	
			-	-	-	-	1.75	0.5	.44	
10	2.1	1	-	-	-	-	3	0.6	0.9	} 0.76
			-	-	-	-	4.75	0.25	0.59	
			-	-	-	-	5.25	0.3	0.79	
			-	-	-	-	2.5	0.6	0.75	
10	2.4	1	2.5	0.7	.88	} .91	5.00	1.5	3.75	} 4.62
			3.75	0.5	.94		6.95	1.4	4.38	
			-	-	-		8.00	1.2	4.8	
			-	-	-		9.15	1.2	5.55	
10	1.8	1.75	-	-	-	-	4.5	0.6	1.35	} 1.36
			-	-	-	-	5.5	0.5	1.38	
			-	-	-	-	6.75	0.4	1.35	

TABEL 3

T1 SEDIMENTOLOGISCHE GEGEVENS

Proef			Kubering		Zand- vang	Beweging duinen		Erosie P-12	Bodemvorm ^{a)}	
H	V	h	T _{b+1}	T _{b+2}	T' _{b+2}	T'' _{b+1}	T'' _{b+2}		b + 1	b + 2
m	m/s	m	m ² /h	m ² /h	m ² /h	m ² /h	m ² /h	m		
8	1.5	0	0	0	0	0	0	0	GB	GB
8	1.8	0	0	0.39	0.14	-	-	0.05	VB	VB
8	2.1	0	0.42	1.50	1.30	0.4	2.1	0.40	VB	D
8	2.4	0	0.49	3.08	3.35	-	-	0.75	D	D
10	1.8	0	0	0	0.08	0	-	0	GB	GB
10	2.1	0	0	0.40	0.40	-	-	0.08	GB	VB
10	2.4	0	0.56	1.83	1.82	0.4	1.61	0.55	D	D
10	2.7	0	1.53	3.88	2.93	0.95	3.68	1.00	D	D
12	1.8	0	0	0	0	-	-	0	GB	GB
12	2.1	0	0	0.12	0.29	-	-	0.2	GB	VB
12	2.4	0	0.52	1.32	0.84	0.25	0.97	0.5	D	D
12	2.7	0	1.06	2.99	2.39	0.76	2.56	0.8	D	D
8	1.5	0.5	0	0	-	-	0	0	GB	GB
8	1.8	0.5	0	0.53	-	-	-	0.15	BB	VB
8	2.1	0.5	0.4	1.75	-	0.35	2.11	0.45	D	D
8	2.4	0.5	1.05	5.41	-	0.88	7.38	0.64	D	D
8	1.5	1	0	0.38	-	-	-	0.30	GB	V
8	1.8	1	0.15	1.45	-	-	0.65	0.40	V	D
8	2.1	1	0.60	4.85	-	1.5	3.3	0.38	D	D
8	2.4	1	0.93	6.33	-	-	-	0.64	D	D
10	1.5	1	0	0	-	-	-	0	GB	BB
10	1.8	1	0	0.56	-	-	0.43	0.32	VB	D
10	2.1	1	0.49	1.38	-	-	0.76	0.50	D	D
10	2.4	1	1.16	3.96	-	0.91	4.62	0.70	D	D
10	2.7	1	2.13	7.08	-	-	-	0.80	D	D
10	1.5	1.75	0.25	1.57	-	-	-	0.25	VB	D
10	1.8	1.75	0.56	2.09	-	-	1.36	0.40	D	D

- ^{a)} GB : geen beweging
 VB : vlakke bodem, transport
 D : duinen
 BB : begin van beweging

TABEL 4

T2 HYDRAULISCHE EN SEDIMENTOLOGISCHE GEGEVENS

Proef			MP1		MP2		MP3		MP4		MP5		verval cm/m	T_{b+3} (erosie) m^2/h	erosie P - 12 na 4 h natuur m
H	V	h	\bar{U}	U_c	\bar{U}	U_c	\bar{U}	U_c	\bar{U}	U_c	\bar{U}	U_c			
m	m/s	m	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	cm/m	m^2/h	m
8	1.5	0	1.19	0.108	1.60	0.160	2.00	0.111	1.89	0.143	1.67	0.292	0.049	0.19	0.20
	1.8	0	1.46	0.118	1.85	0.198	2.44	0.101	2.19	0.205	1.92	0.348	0.070	2.52	0.48
	2.1	0	1.71	0.136	2.20	0.240	2.82	0.115	2.59	0.299	2.27	0.358	0.108	4.80	1.00
	2.4	0	1.91	0.139	2.46	0.320	2.87	0.100	3.24	0.063	2.51	0.466	0.122	7.97	1.40
10	1.5	0	1.26	0.101	1.50	0.146	1.79	0.098	1.73	0.146	1.49	0.268	0.040	0.22	0
	1.8	0	1.54	0.122	1.82	0.157	2.21	0.101	1.88	0.174	1.73	0.219	0.038	1.23	0.34
	2.1	0	1.78	0.122	2.10	0.268	2.56	0.167	2.49	0.230	2.04	0.317	0.057	2.91	0.80
	2.4	0	1.97	0.129	2.34	0.289	2.80	0.139	2.84	0.160	2.26	0.344	0.066	4.61	1.15
	2.7	0	2.20	0.143	2.57	0.306	3.05	0.111	2.96	0.306	2.65	0.296	0.086	7.36	1.35
8	1.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.26	0.50
	1.8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.10	0.90
	2.1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.21	1.20
	2.4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.05	1.60

TABEL 5

T3 HYDRAULISCHE GEGEVENS

Proef			MP1		MP2		MP3		MP4		MP5		Verval
H	V	h	\bar{U}	U_s	\bar{U}	U_s	\bar{U}	U_s	\bar{U}	U_s	\bar{U}	U_s	
m	m/s	m	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	cm/m
8	1.5	∅	1.28	0.098	1.58	0.209	2.54	0.226	2.09	0.480	1.66	0.170	0.082
8	1.8	∅	1.51	0.136	1.89	0.146	3.06	0.202	2.46	0.452	2.18	0.376	0.114
8	2.1	∅	1.72	0.132	2.21	0.195	3.91	0.327	3.01	0.849	2.51	0.376	0.154
8	2.4	∅	1.94	0.139	2.42	0.153	4.12	0.296	2.99	1.096	2.38	0.494	0.194
10	1.5	∅	1.34	0.118	1.55	0.125	2.12	0.181	1.93	0.299	1.55	0.223	0.050
10	1.8	∅	1.54	0.115	1.82	0.139	2.47	0.209	2.41	0.459	1.87	0.338	0.062
10	2.1	∅	1.78	0.150	2.13	0.150	2.95	0.247	2.49	0.376	2.22	0.289	0.086
10	2.4	∅	2.03	0.146	2.46	0.160	3.44	0.282	2.81	0.383	2.47	0.384	0.106
10	2.7	∅	2.25	0.160	2.74	0.237	3.96	0.324	3.45	0.835	2.92	0.355	0.142
12	1.5	∅	1.32	0.098	1.55	0.090	1.88	0.146	1.62	0.278	1.44	0.202	0.030
12	1.8	∅	1.50	0.094	1.80	0.122	2.27	0.146	1.92	0.285	1.83	0.205	0.043
12	2.1	∅	1.74	0.143	2.00	0.174	2.61	0.181	2.30	0.414	2.13	0.313	0.056
12	2.4	∅	2.03	0.150	2.35	0.153	2.97	0.219	2.57	0.459	2.36	0.341	0.070
12	2.7	∅	2.31	0.167	2.62	0.205	3.40	0.198	2.72	0.320	2.54	0.363	0.094

TABEL 6

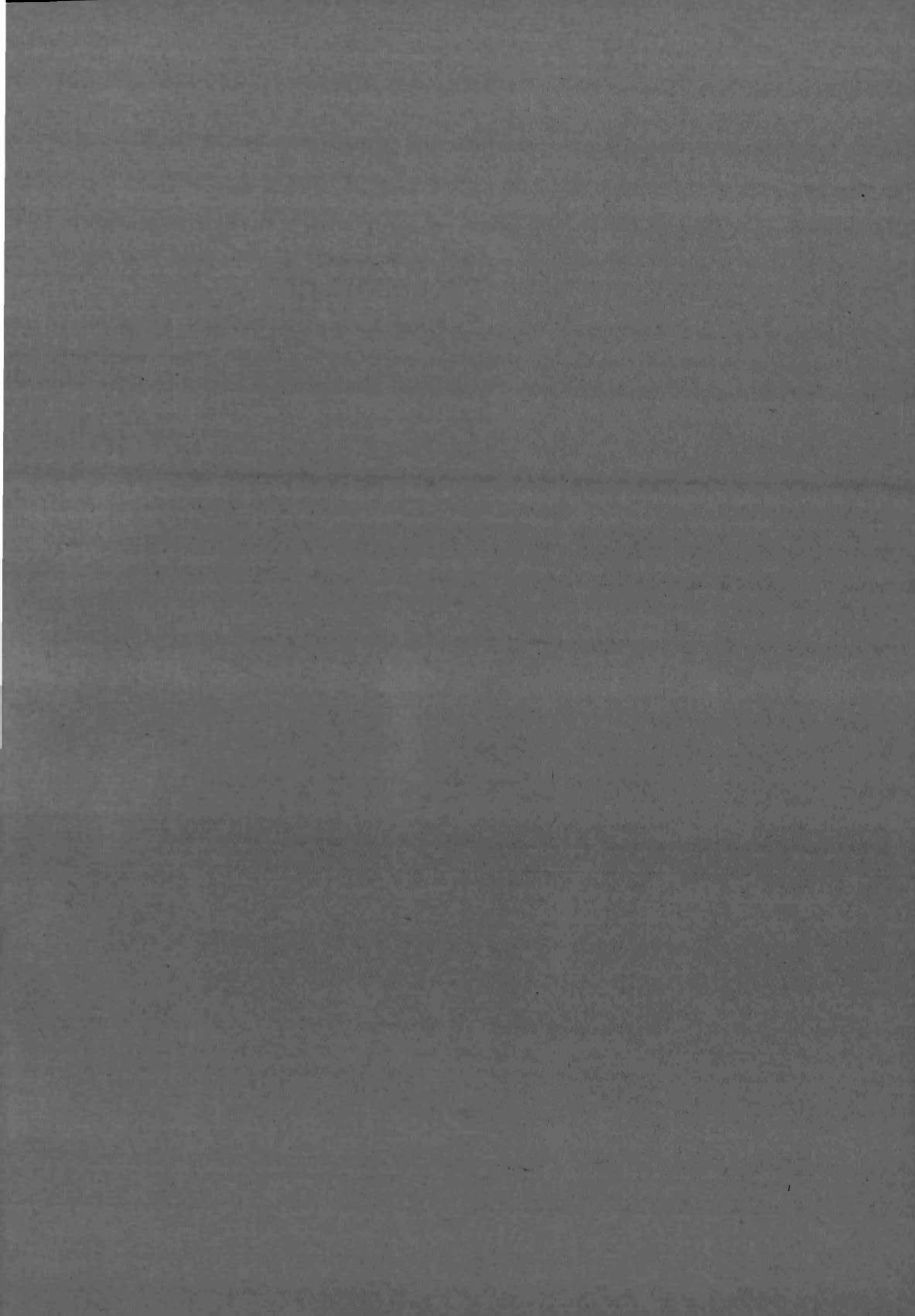
T4 HYDRAULISCHE GEGEVENS

Proef			MP 1		MP 2		MP 3		MP 4		MP 5		MP 6		Verval
H	V	h	\bar{U}	U_0	\bar{U}	U_0	\bar{U}	U_0	\bar{U}	U_0	\bar{U}	U_0	\bar{U}	U_0	
m	m/s	m	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	cm/m
8	1.5	∅	1.22	0.101	1.85	0.049	2.54	0.285	1.77	0.386	1.44	0.258	3.01	0.122	0.186
8	1.8	∅	1.38	0.111	2.10	0.070	2.96	0.230	2.04	0.418	1.74	0.299	3.32	0.146	0.218
8	2.1	∅	1.62	0.139	2.38	0.070	3.64	0.344	2.44	0.466	1.96	0.237	3.94	0.181	0.346
8	2.4	∅	1.71	0.167	2.56	0.073	4.15	0.689	2.85	0.494	2.33	0.366	4.18	0.258	0.446
10	1.5	∅	1.31	0.090	1.76	0.059	2.11	0.202	1.62	0.292	1.49	0.223	2.33	0.226	0.070
10	1.8	∅	1.53	0.146	2.08	0.070	2.46	0.209	2.00	0.376	1.77	0.276	2.73	0.250	0.106
10	2.1	∅	1.70	0.160	2.38	0.059	2.83	0.216	2.36	0.397	2.06	0.386	3.31	0.202	0.218
10	2.4	∅	1.95	0.157	2.63	0.084	3.26	0.258	2.66	0.258	2.29	0.160	3.74	0.136	0.178
10	2.7	∅	2.17	0.108	3.00	0.181	3.80	0.317	2.95	0.640	2.70	0.498	4.26	0.188	0.258
12	1.5	∅	1.28	0.108	1.60	0.056	1.89	0.132	1.68	0.196	1.44	0.226	1.98	0.139	0.042
12	1.8	∅	1.53	0.132	1.98	0.049	2.32	0.195	2.00	0.299	1.71	0.272	2.35	0.174	0.062
12	2.1	∅	1.77	0.122	2.32	0.099	2.65	0.223	2.14	0.392	1.99	0.320	2.77	0.084	0.100
12	2.4	∅	2.06	0.122	2.64	0.070	2.94	0.247	2.56	0.424	2.30	0.366	3.31	0.219	0.118
12	2.7	∅	2.23	0.146	2.81	0.125	3.30	0.258	2.71	0.470	2.44	0.216	3.67	0.452	0.154

TABEL 7

T5 HYDRAULISCHE GEGEVENS

Proef			MP 3		MP 4		MP 5		MP 7		Verval cm/m
H m	V m/s	h m	\bar{U} m/s	U_{\bullet} m/s	\bar{U} m/s	U_{\bullet} m/s	\bar{U} m/s	U_{\bullet} m/s	\bar{U} m/s	U_{\bullet} m/s	
8	1.5	∅	1.83	0.156	3.46	0.104	1.79	0.556	-	-	0.282
8	1.8	∅	2.14	0.152	4.02	0.168	2.36	0.968	-	-	0.410
8	2.1	∅	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	2.4	∅	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1.5	∅	1.86	0.148	2.71	0.124	1.89	0.648	-	-	0.106
10	1.8	∅	2.14	0.188	3.08	0.152	2.04	0.716	-	-	0.146
10	2.1	∅	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	2.4	∅	2.45	0.244	4.12	0.236	2.98	0.992	3.56	0.172	0.282
10	2.7	∅	3.07	0.256	4.68	0.192	3.52	1.440	4.03	0.844	0.298
12	1.5	∅	1.73	0.148	2.24	0.124	1.90	0.512	-	-	0.048
12	1.8	∅	2.06	0.192	2.64	0.092	2.28	0.592	-	-	0.082
12	2.1	∅	2.32	0.188	3.05	0.176	2.66	0.652	-	-	0.090
12	2.4	∅	2.68	0.224	3.42	0.204	2.93	0.980	-	-	0.138
12	2.7	∅	2.93	0.312	4.02	0.264	3.40	0.808	3.94	0.648	0.202



LIJST DER BIJLAGEN

Bijlage nr.	Titel	WL - nr.
1	Onderzoek op de stabiliteit van het grint onder invloed van stroming en golven	81.515
2	Onderzoek van de stroming over de damfundering	81.516
3	Shields-diagramma	81.517
4	Voorkomen bedvormen modelproeven T1	81.518
5	Situatie T1 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 8 m	81.519
6	Situatie T1 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 10 m	81.520
7	Situatie T1 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 12 m	81.521
8	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 8 m - zonder golven	81.522
9	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 10 m - zonder golven	81.523
10	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 12 m - zonder golven	81.524
11	Verplaatsing duinen tijdens de proef T1	81.525
12	Verplaatsing duinen tijdens de proef T1	81.526
13	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 8 m - golven : T = 6 sec, h = 0.5 m	81.527
14	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 8 m - golven : T = 6 sec, h = 1 m	81.528
15	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 10 m - golven : T = 6 sec, h = 1 m	81.529
16	Bodemprofiel T1 na einde proef - waterdiepte H = 10 m - golven : T = 6 sec, h = 1m75	81.530
17	Verplaatsing duinen tijdens de proef T1	81.531
18	Verplaatsing duinen tijdens de proef T1	81.532

LIJST DER BIJLAGEN (Vervolg)

Bijlage nr.	Titel	WL - nr.
19	Verplaatsing duinen tijdens de proef T1	81.533
20	Verplaatsing duinen tijdens de proef T1	81.534
21	Begin van beweging bij grof materiaal volgens C.R. Neill	81.537
22	Vergelijking bepalingwijzen grinttransport T1	81.535
23	Grinttransport i.f.v. aanstroomsnelheid voor T1	81.536
24	T1 - erosie op damprofiel P - 12	81.538
25	Situatie T2 - snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 8 m	81.539
26	Situatie T2 - snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 10 m	81.540
27	Bodemprofiel T2 na einde proef - waterdiepte H = 8 m - zonder golven	81.541
28	Bodemprofiel T2 na einde proef - waterdiepte H = 10 m - zonder golven	81.542
29	Bodemprofiel T2 na einde proef - waterdiepte H = 8 m - golven : T = 6 sec, h = 1 m	81.543
30	Verplaatsing duinen tijdens de proef T2	81.544
31	Verplaatsing duinen tijdens de proef T2	81.545
32	Verplaatsing duinen tijdens de proef T2	81.546
33	Grinttransport bij situatie T2 i.f.v. de aanstroomsnelheid	81.547
34	T2 - erosie op damprofiel P - 12	81.548
35	T2 - erosie op damprofiel P - 12	81.549
36	Transport i.f.v. oppervlaktesnelheid boven het erosie- grint Vergelijking berekeningen - modelproeven T1	81.550
37	Transport i.f.v. oppervlaktesnelheid boven het erosie- grint Vergelijking berekeningen - modelproeven T1	81.551
38	Transport i.f.v. oppervlaktesnelheid boven het erosie- grint Vergelijking berekeningen - modelproeven T2	81.552

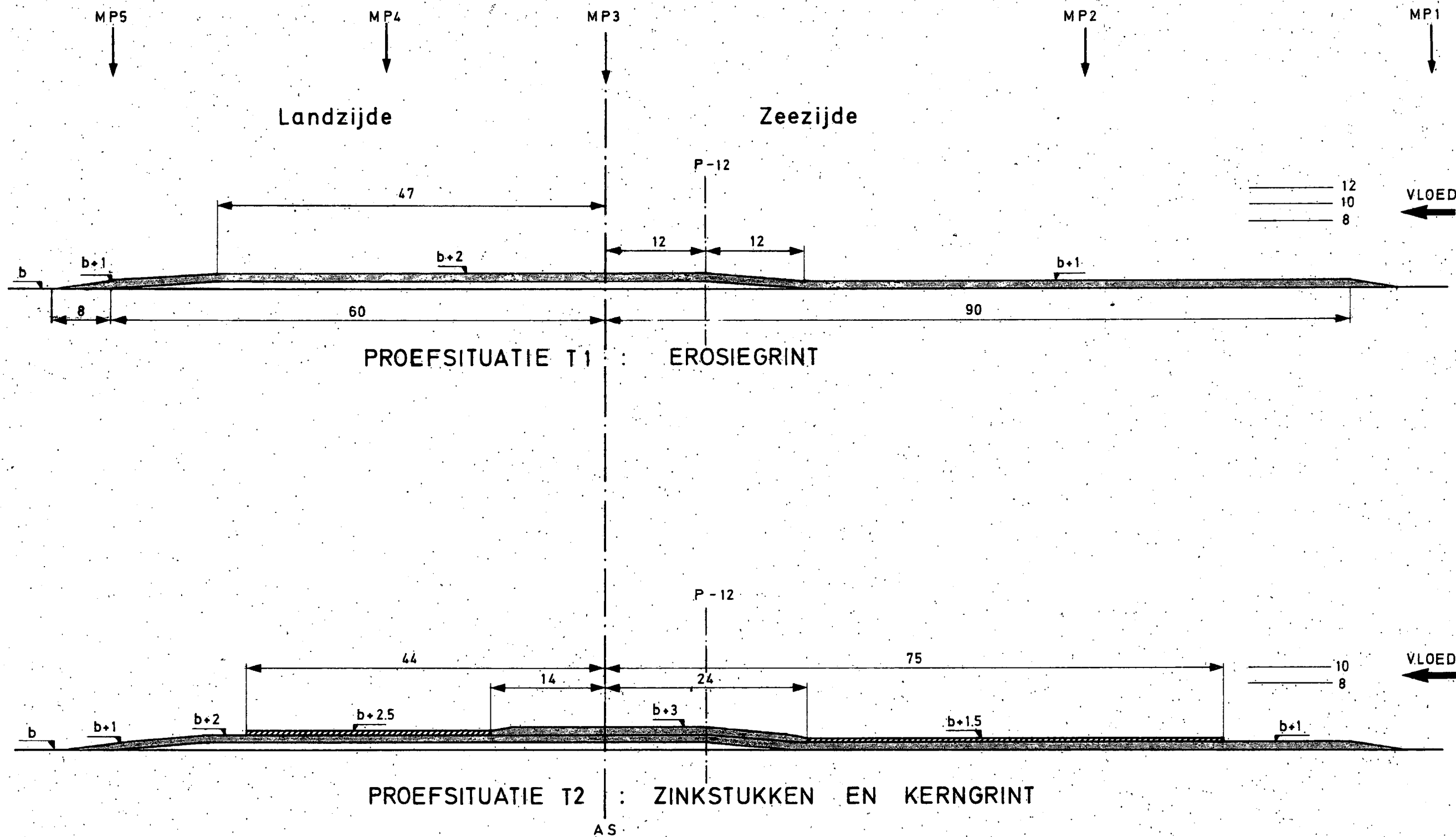
LIJST DER BIJLAGEN (Vervolg)

Bijlage nr.	Titel	WL - nr.
39	Situatie T3 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 8 m	81.698
40	Situatie T3 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 10 m	81.699
41	Situatie T3 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 12 m	81.700
42	Bodemprofiel T3 na einde proef (na 1 h stromen model)	81.701
43	Situatie T4 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 8 m	81.701
44	Situatie T4 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 10 m	81.703
45	Situatie T4 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 12 m	81.704
46	Bodemprofiel T4 na einde proef (na 1 h stromen model)	81.705
47	Situatie T5 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 8 m	81.706
48	Situatie T5 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 10 m	81.707
49	Situatie T5 - Snelheidsverloop over de damfundering - waterdiepte : 12 m	81.708
50	Bodemprofiel T5 na einde proef	81.709
51	Bodemprofiel T5 na einde proef	81.710
52	Situatie T1 met getij-simulatie - Verplaatsing duinen tijdens de proef	81.711
53	Bodemprofiel T1 na einde proef (1 vloed)	81.712
Foto 1	Onderzochte toestanden	
Foto 2	Turbulentie T4	klass. 2736
Foto 3	Turbulentie T5	klass. 3016

Schaal: 1/500 natuur
maten in m_{nat.}





ONDERZOEK OP DE STABILITEIT VAN HET GRINT
ONDER INVLOED VAN STROMING EN GOLVEN

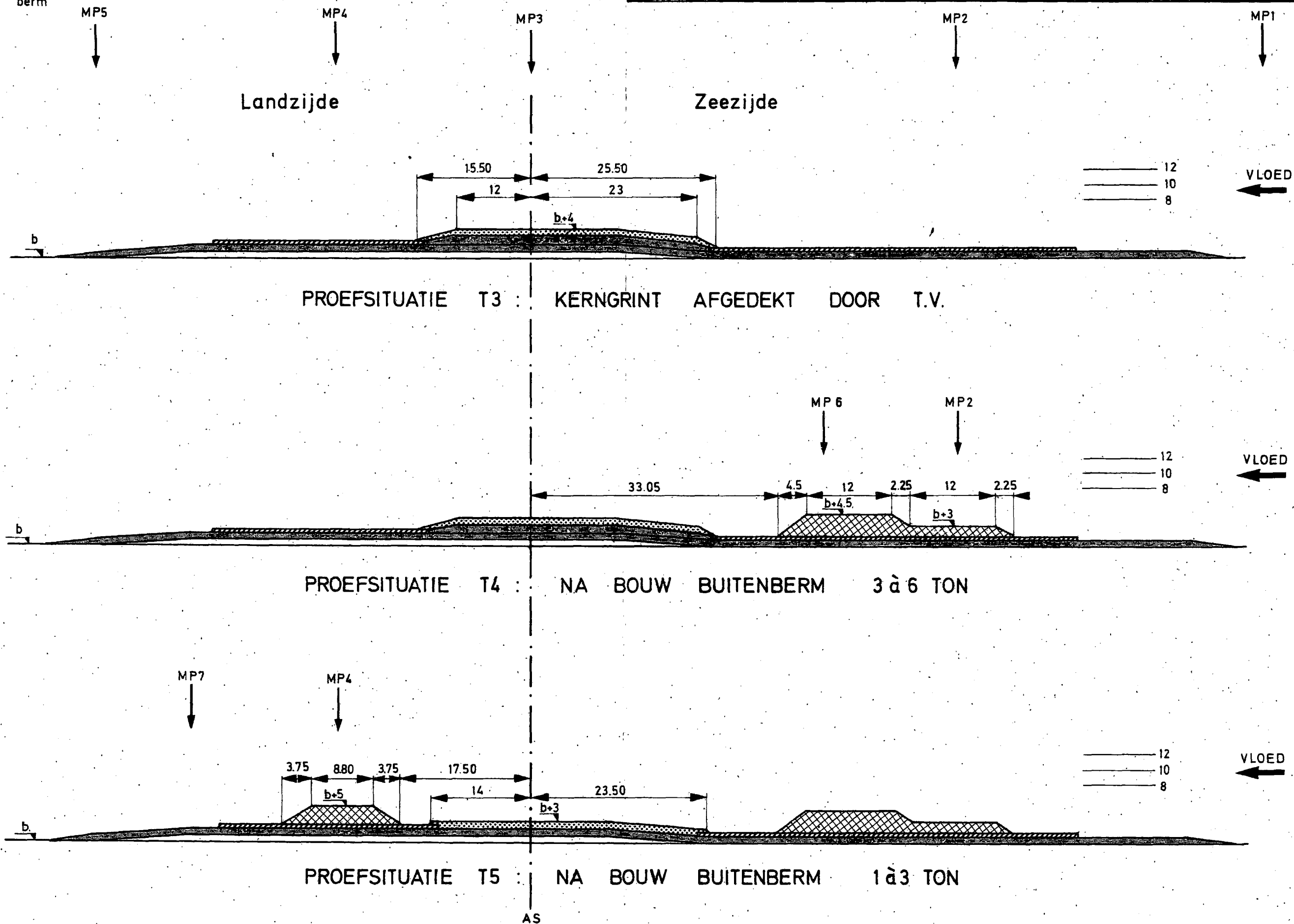
grint
zinkstuk



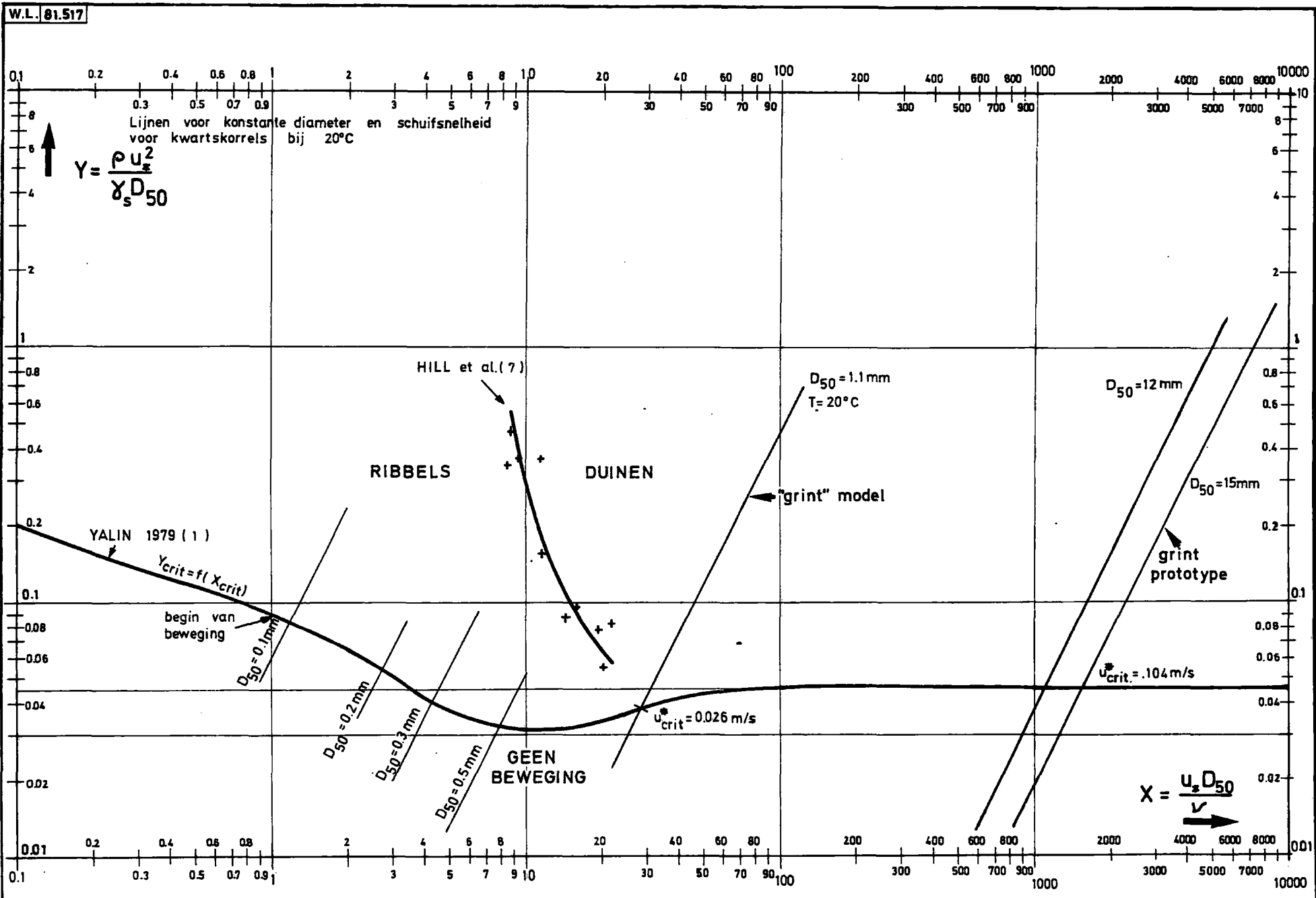
Schaal : 1/500 natuur
maten in m_{nat.}

ONDERZOEK VAN DE STROMING OVER DE DAMFUNDERING

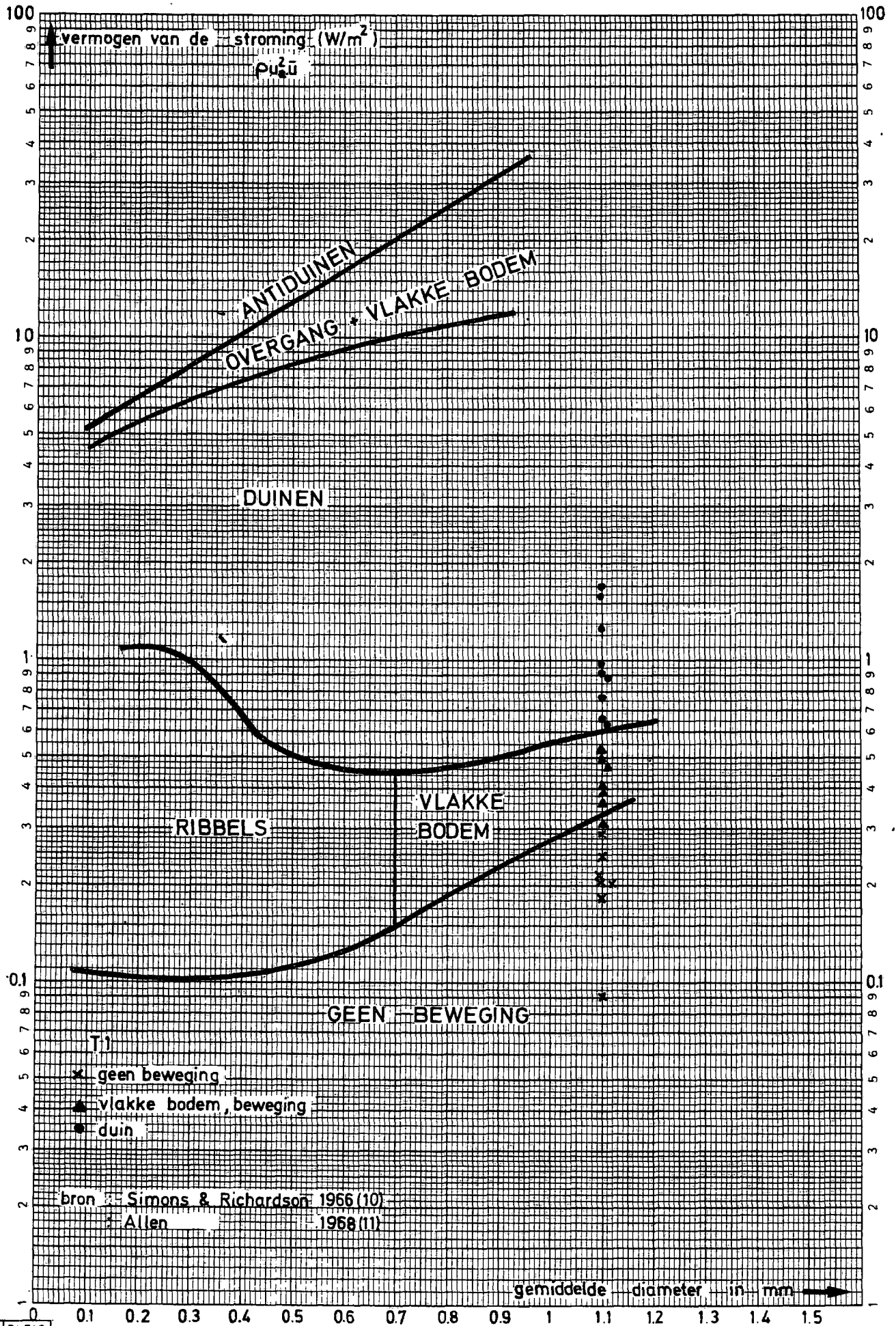
-  grint
-  zinkstuk
-  T.V.-filter
-  berm



SHIELDS - DIAGRAMMA

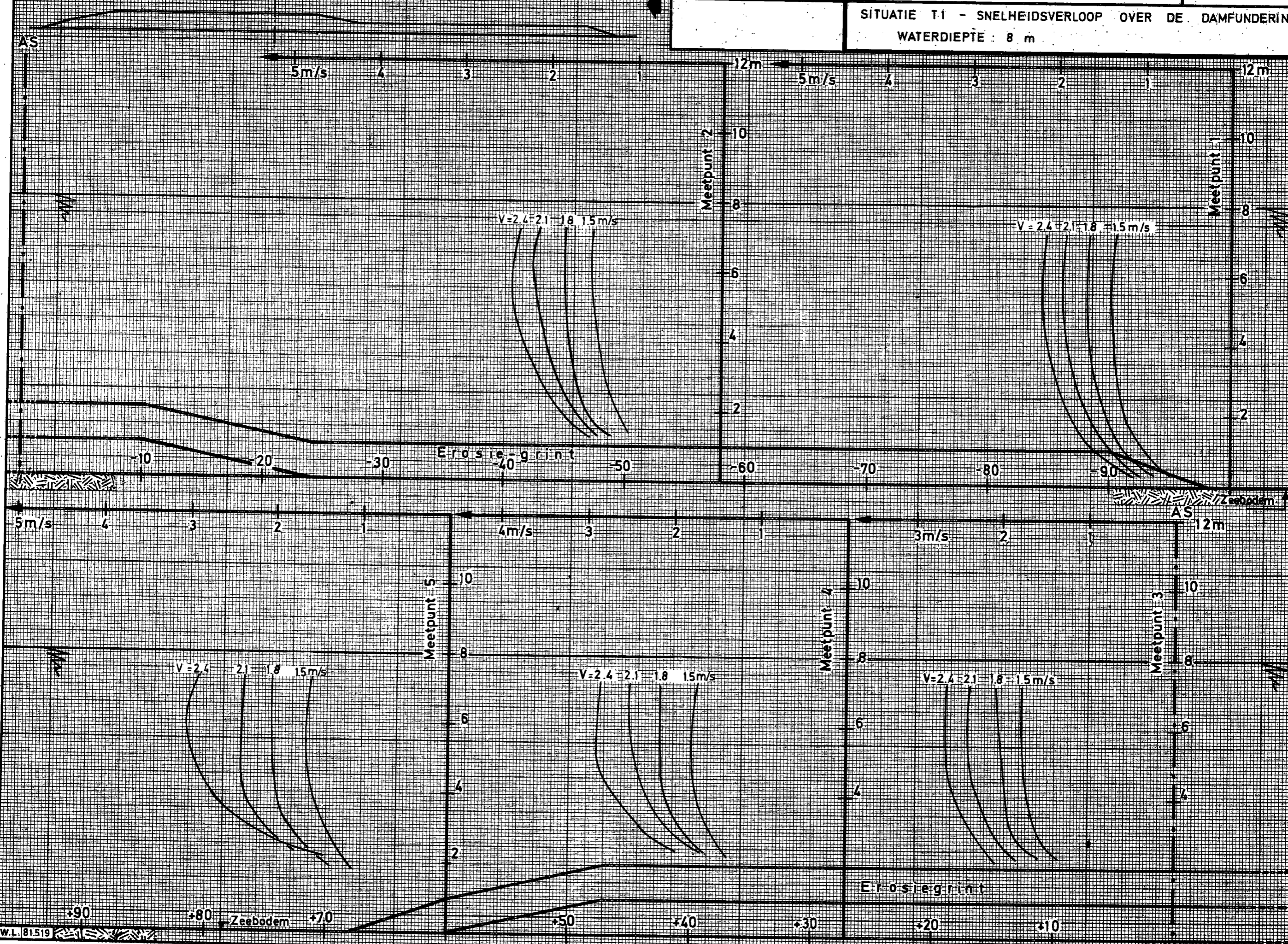


VOORKOMEN BEDVORMEN MODELPROEVEN T1 -



MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1

SITUATIE T.1 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 8 m



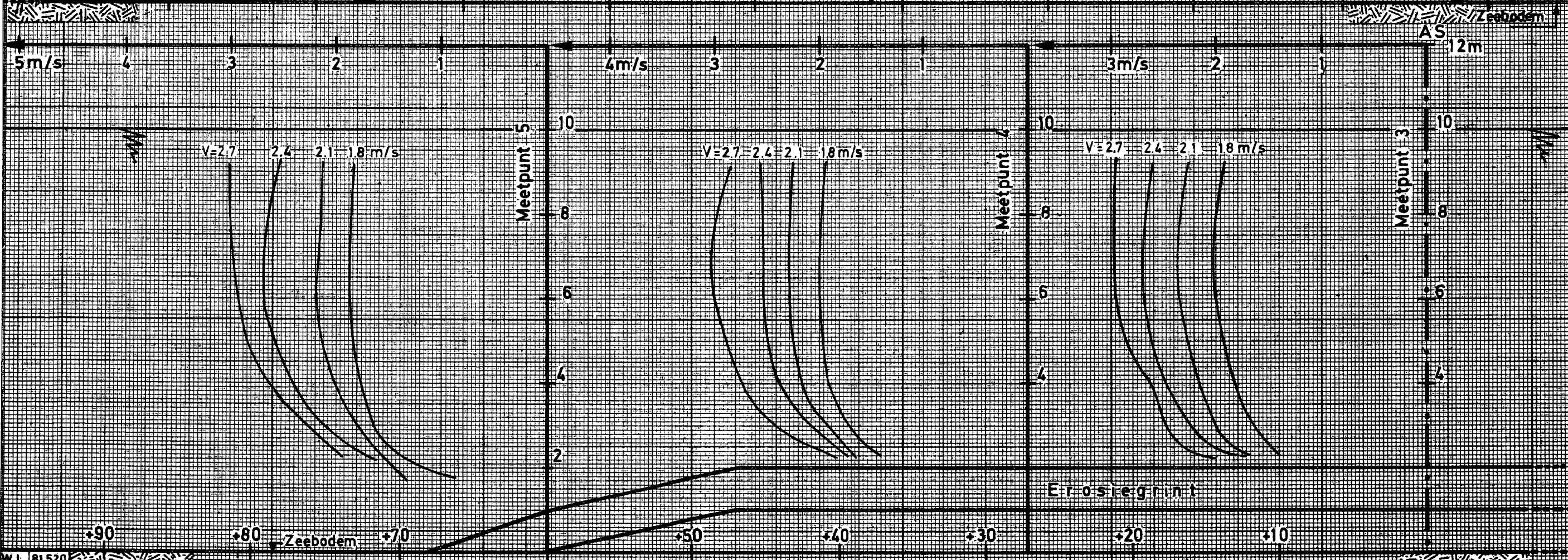
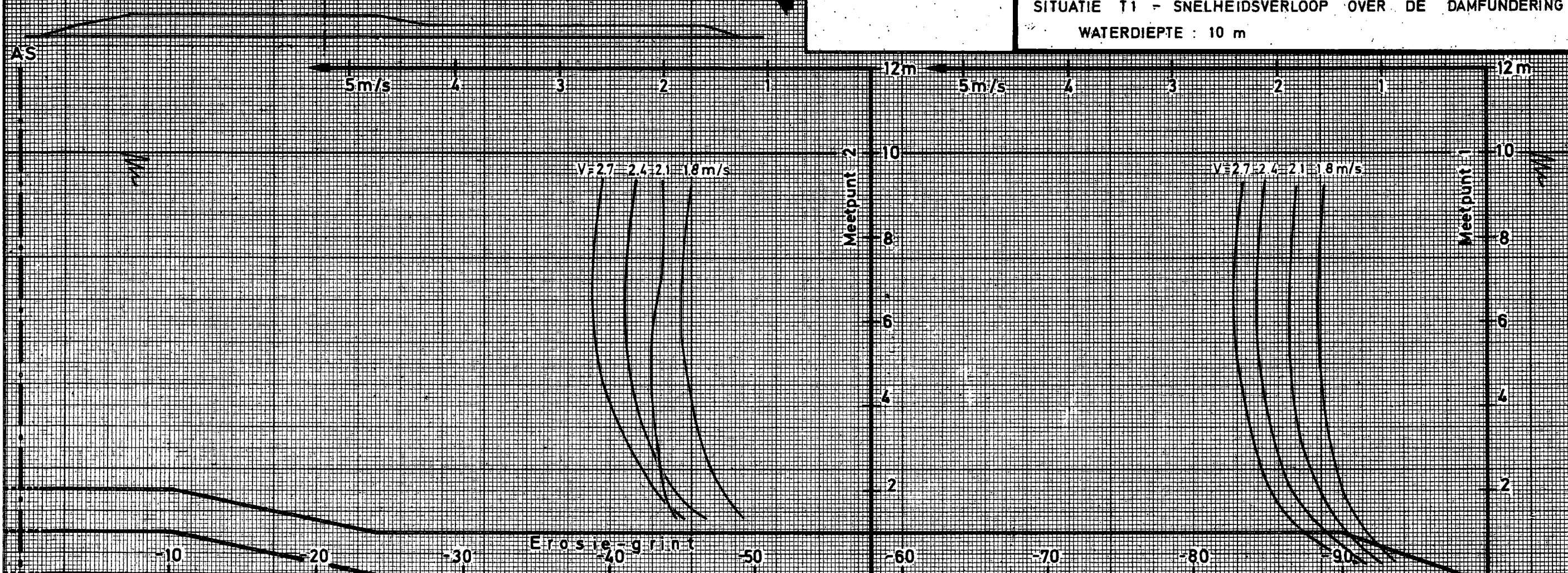
MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1



MOD.419 STROOMGOOTONDERZOEK DAMFUNDERING
BUITENHAVENDAMMEN ZEEBRUGGE

Bijlage 6

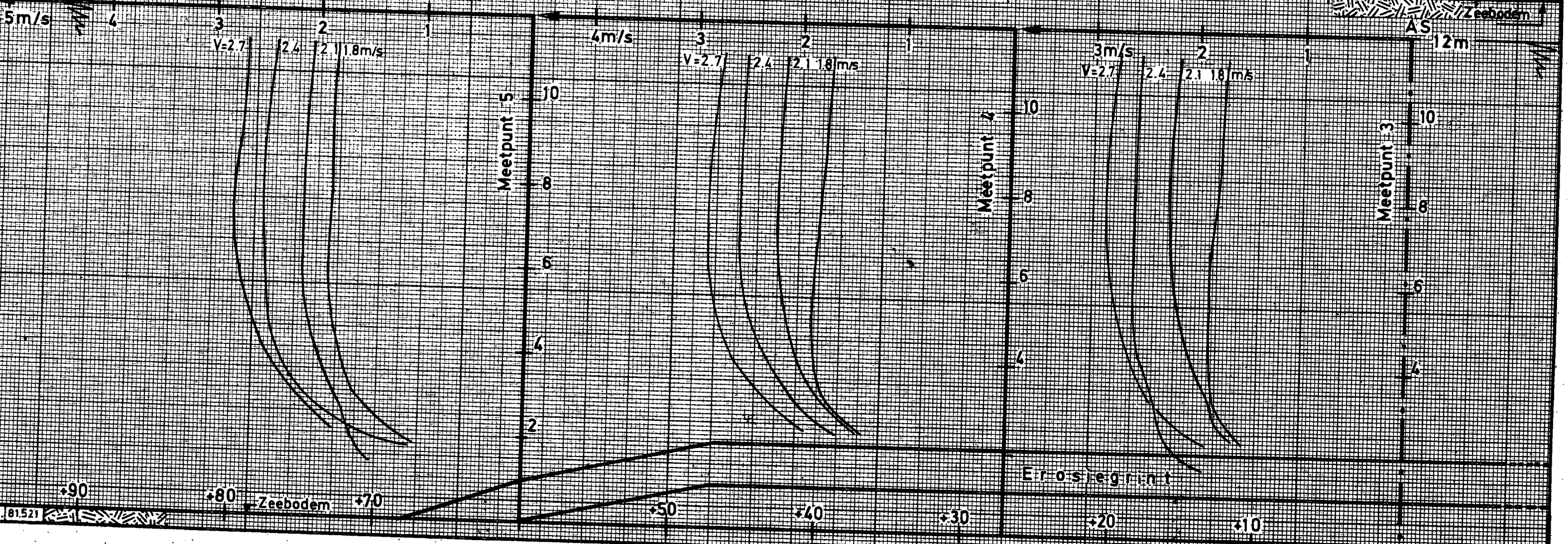
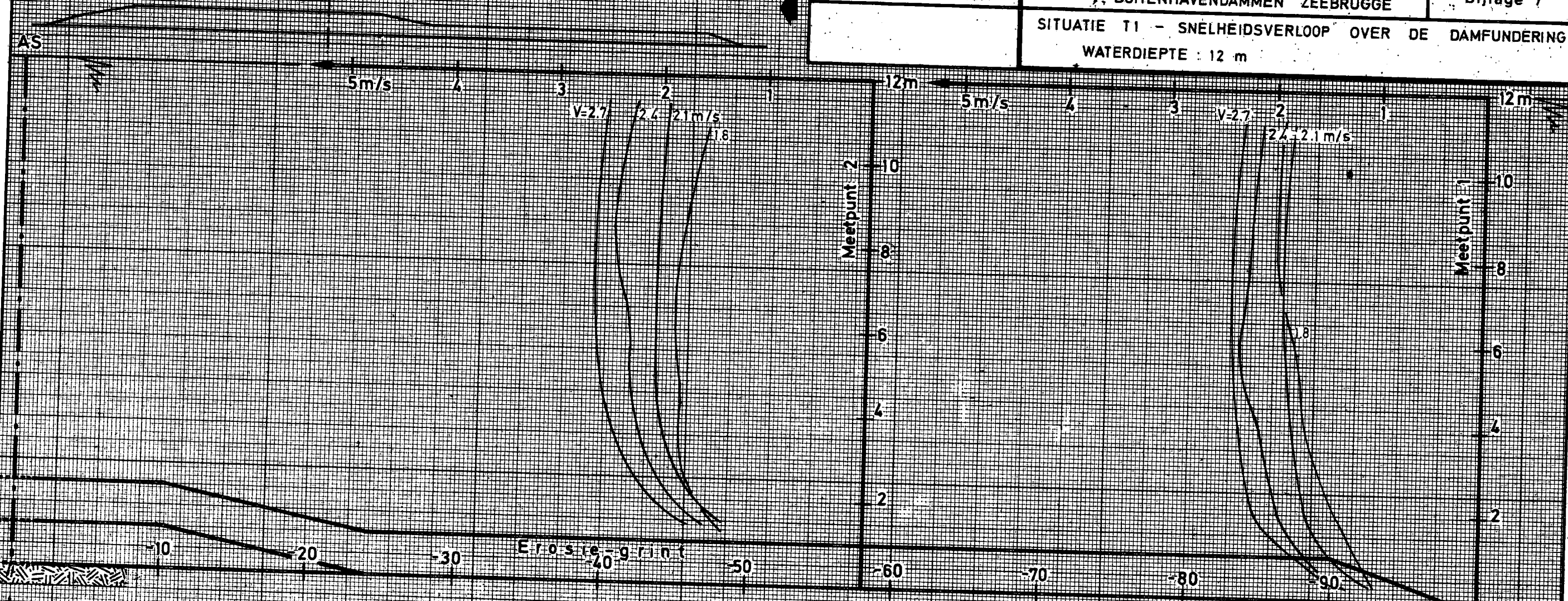
SITUATIE T1 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 10 m



MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1



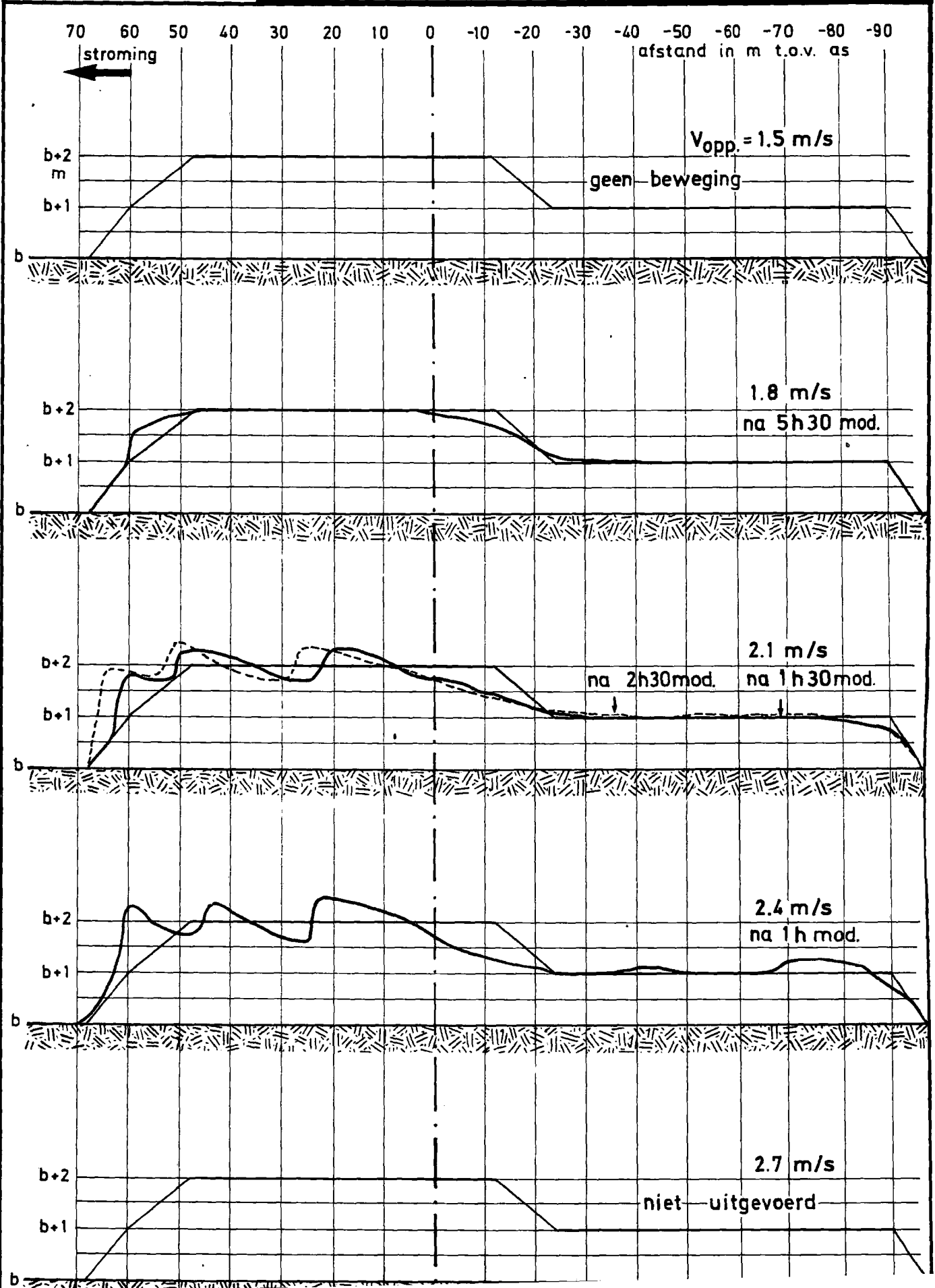
MOD. 419 STROOMGOOTONDERZOEK DAMFUNDERING
BUITENHAVENDAMMËN ZEEBRUGGE
SITUATIE T1 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 12 m
Bijlage 7





BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

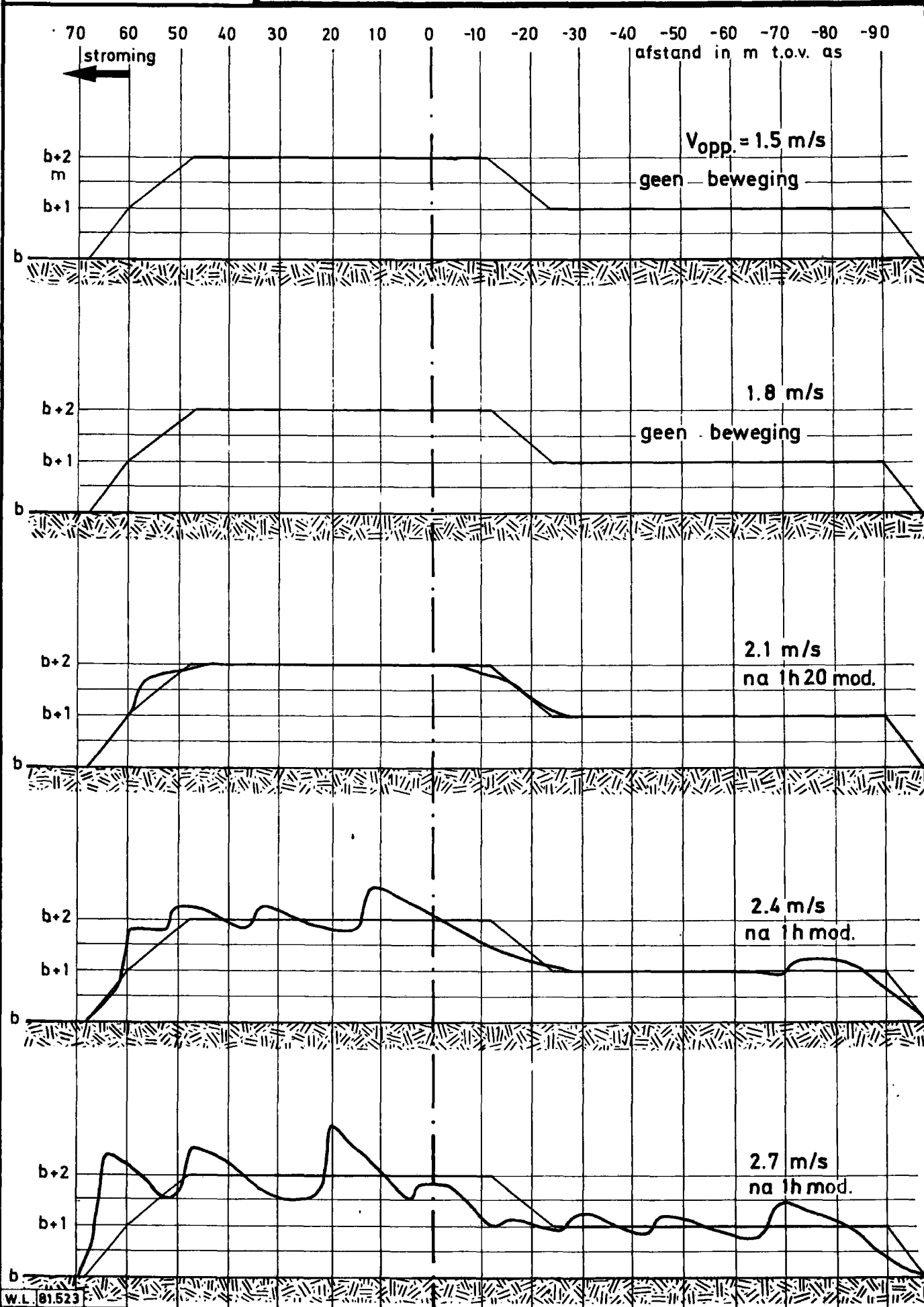
waterdiepte H = 8 m Zonder golven





BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

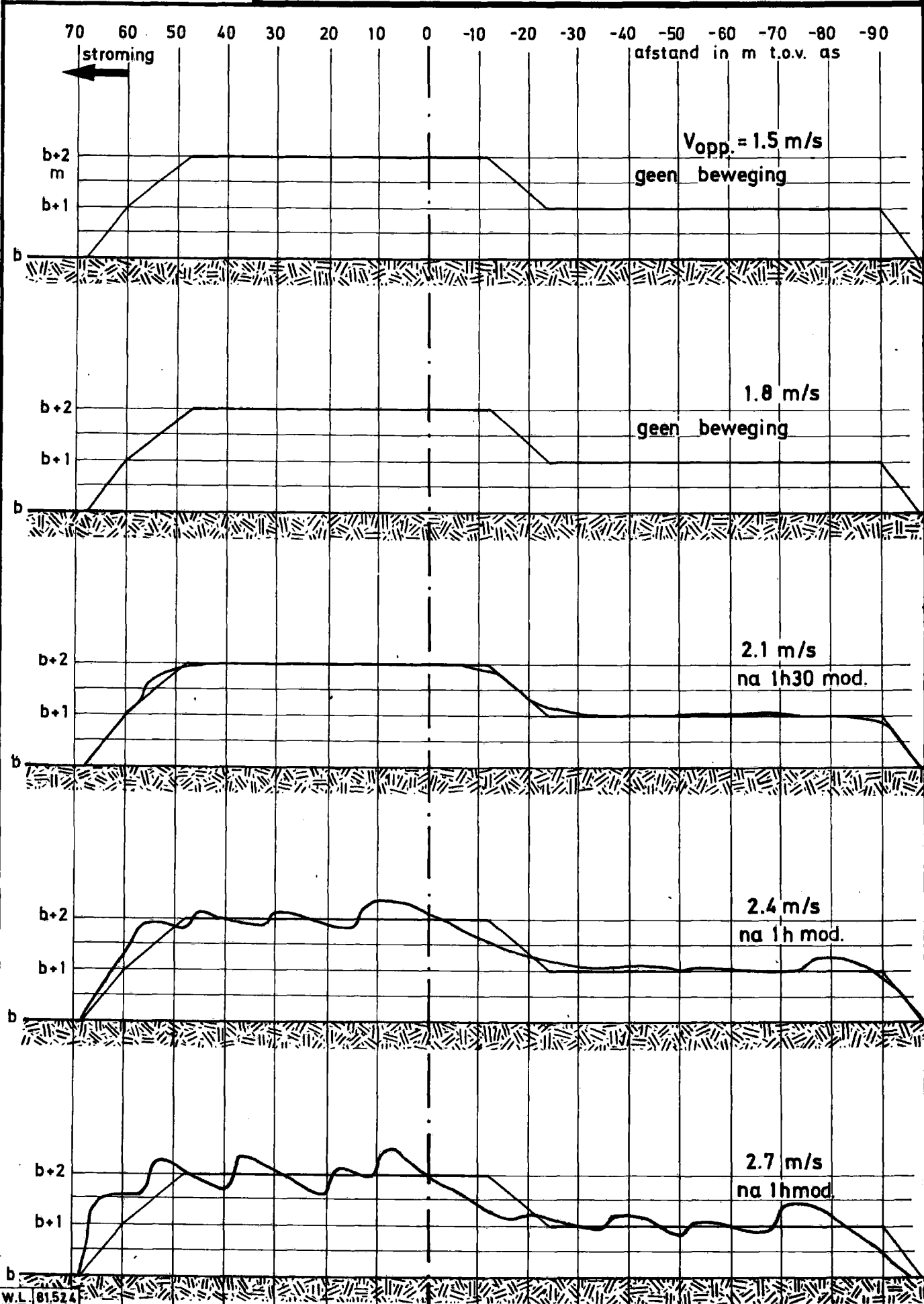
waterdiepte H = 10 m Zonder golven



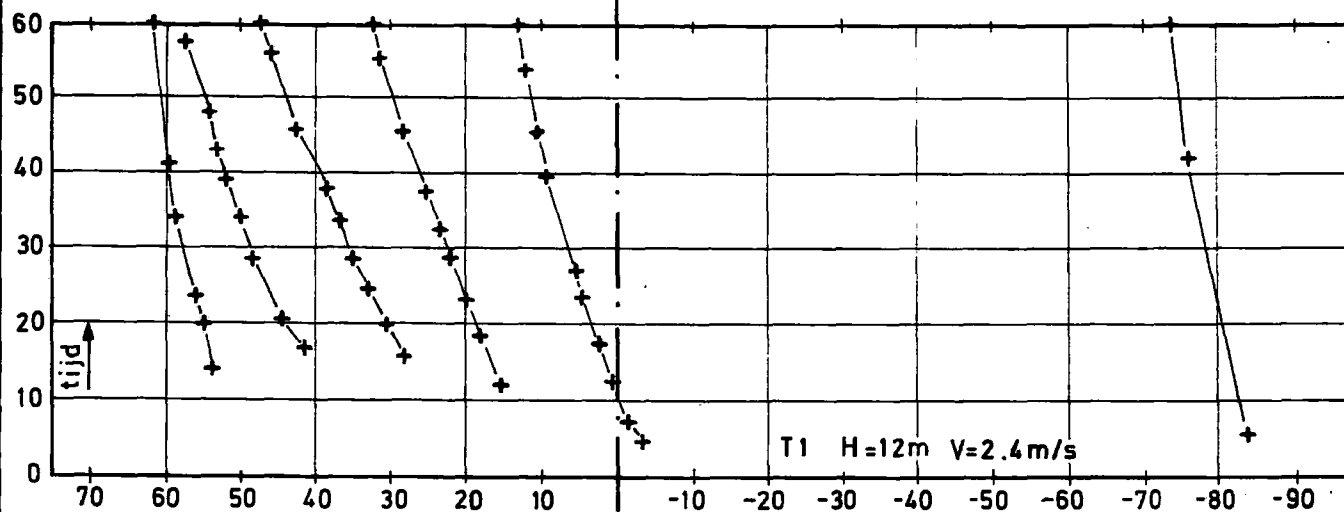
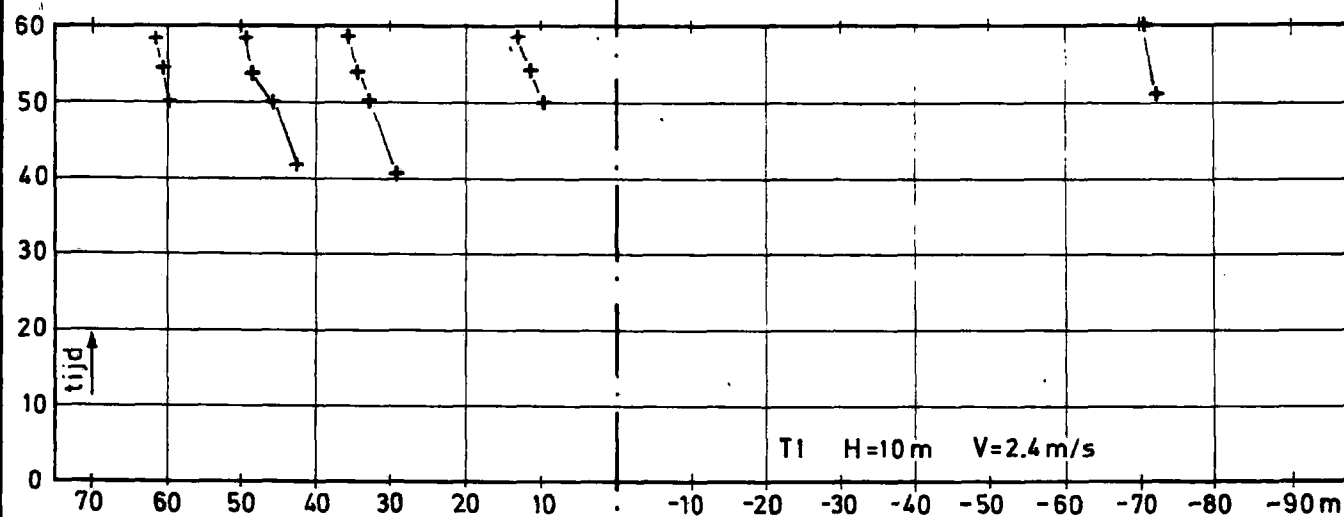
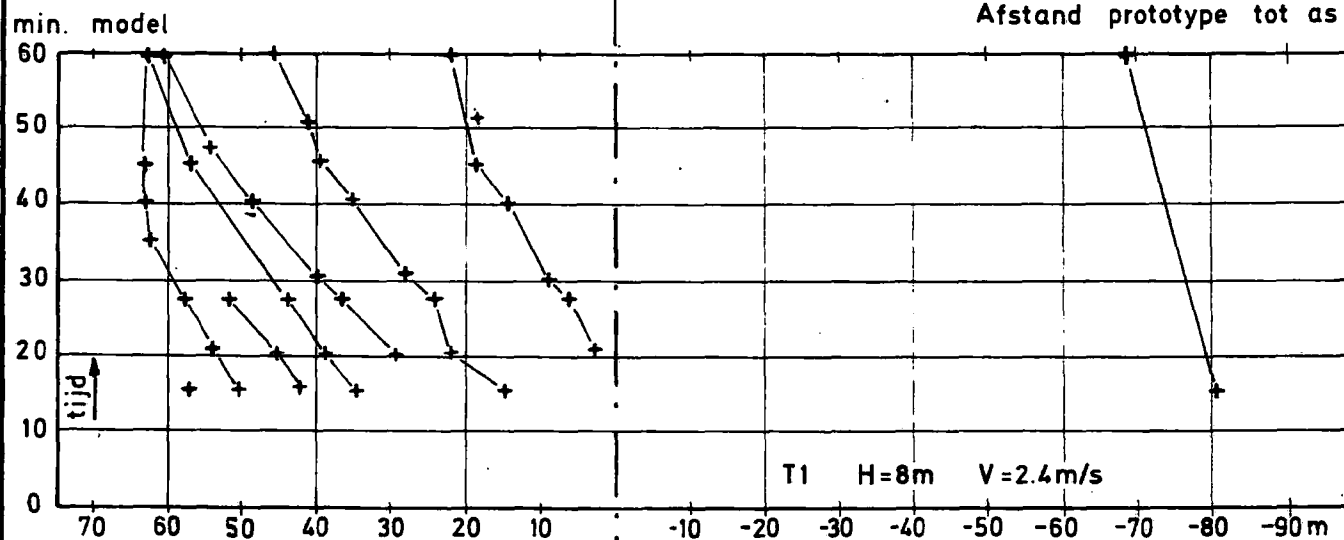
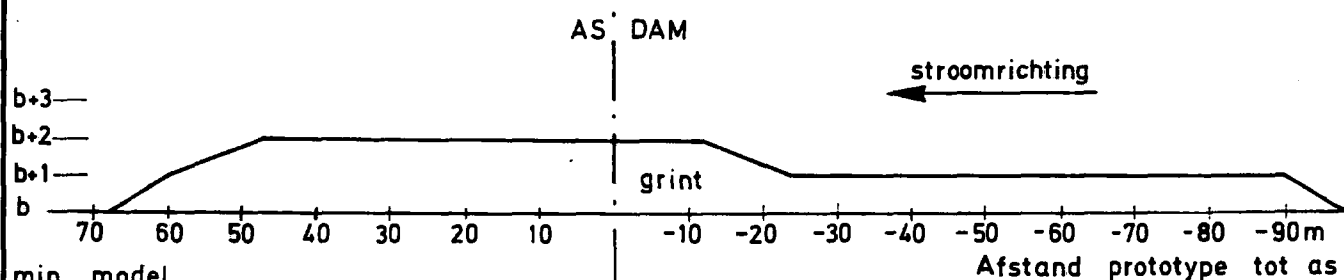


BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

waterdiepte H = 12 m Zonder golven

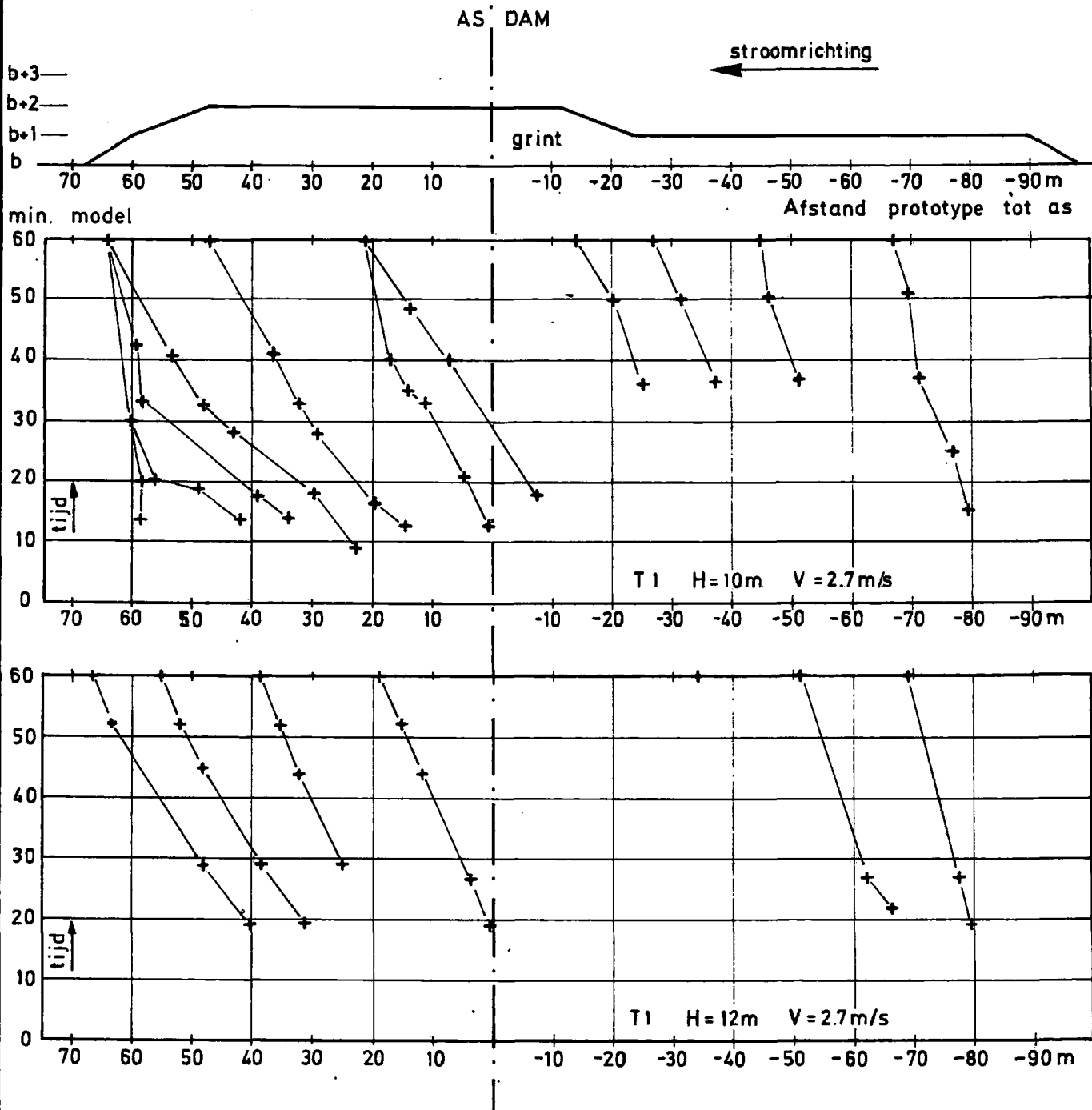


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T1





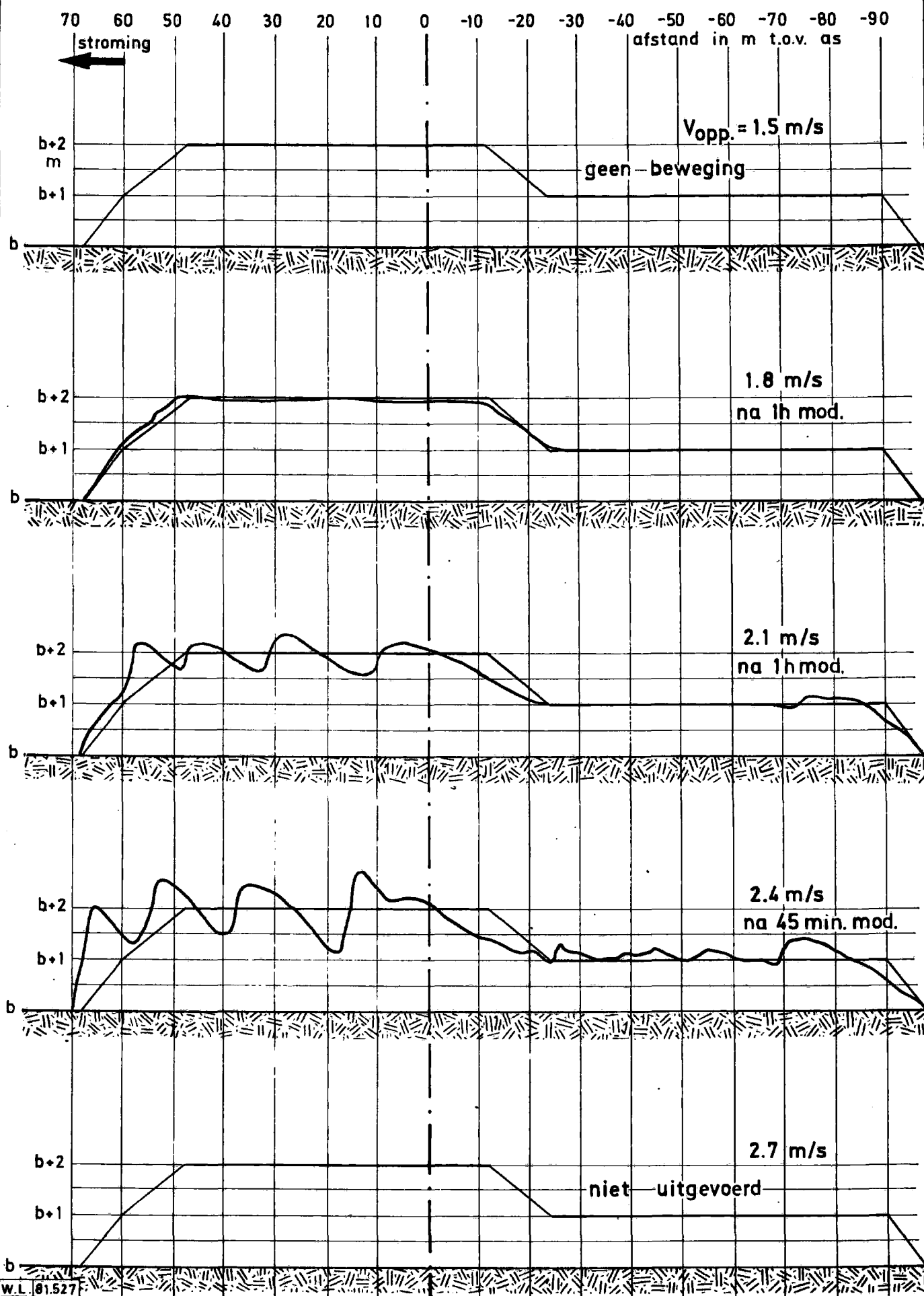
VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T1





BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

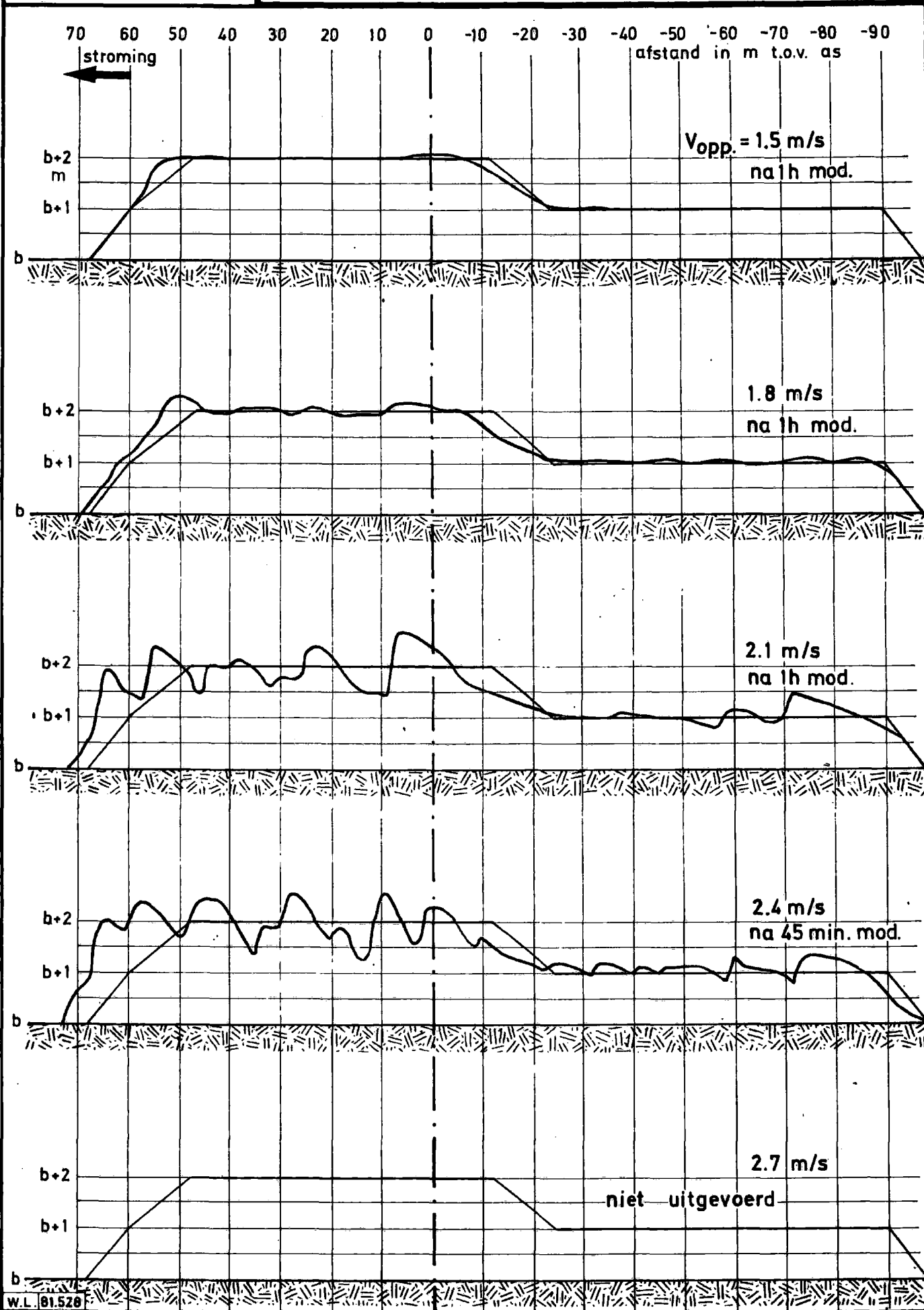
waterdiepte H = 8 m Golven : T=6sec , h=0.5m





BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

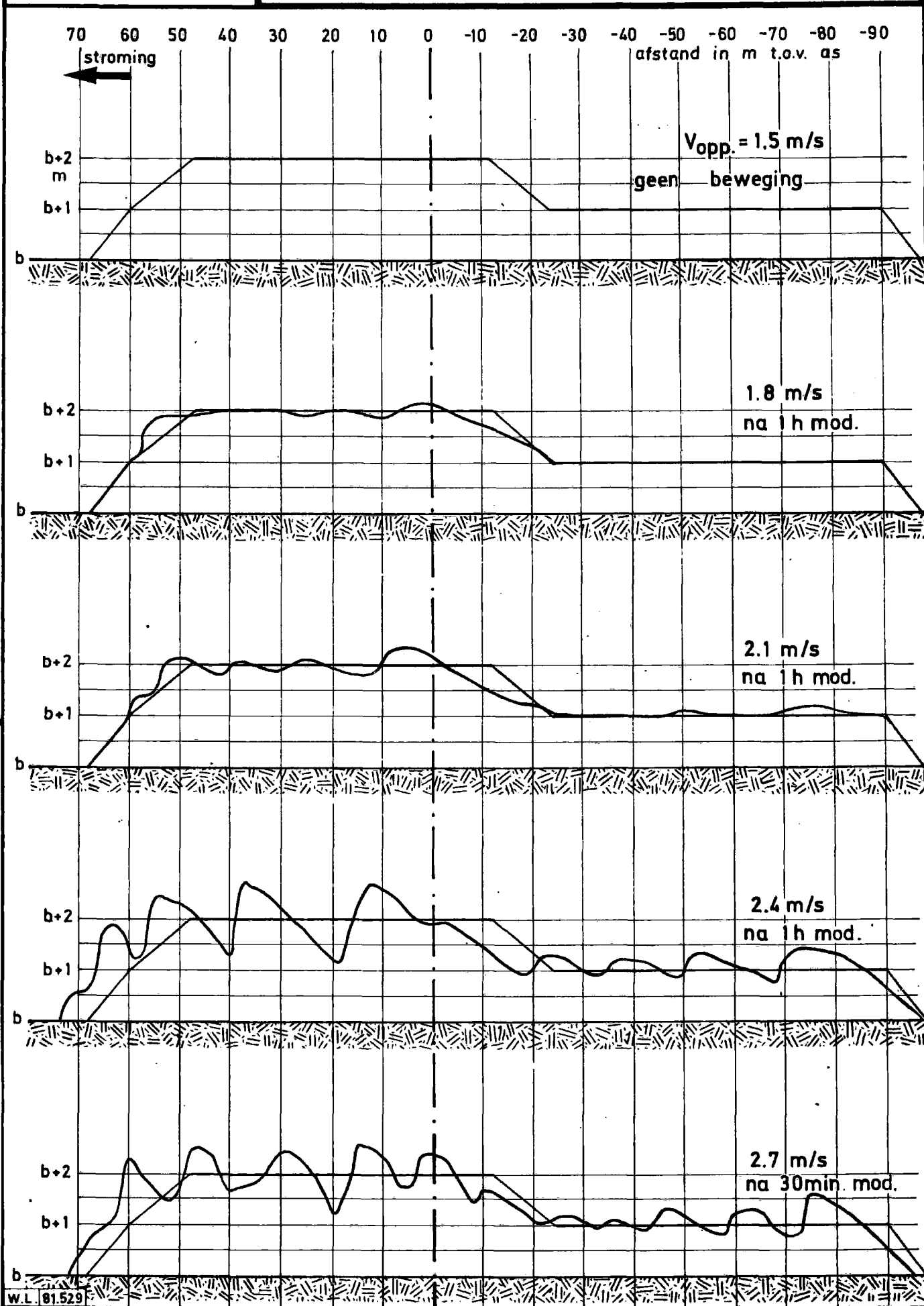
waterdiepte H = 8 m Golven : T=6 sec , h = 1 m





BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

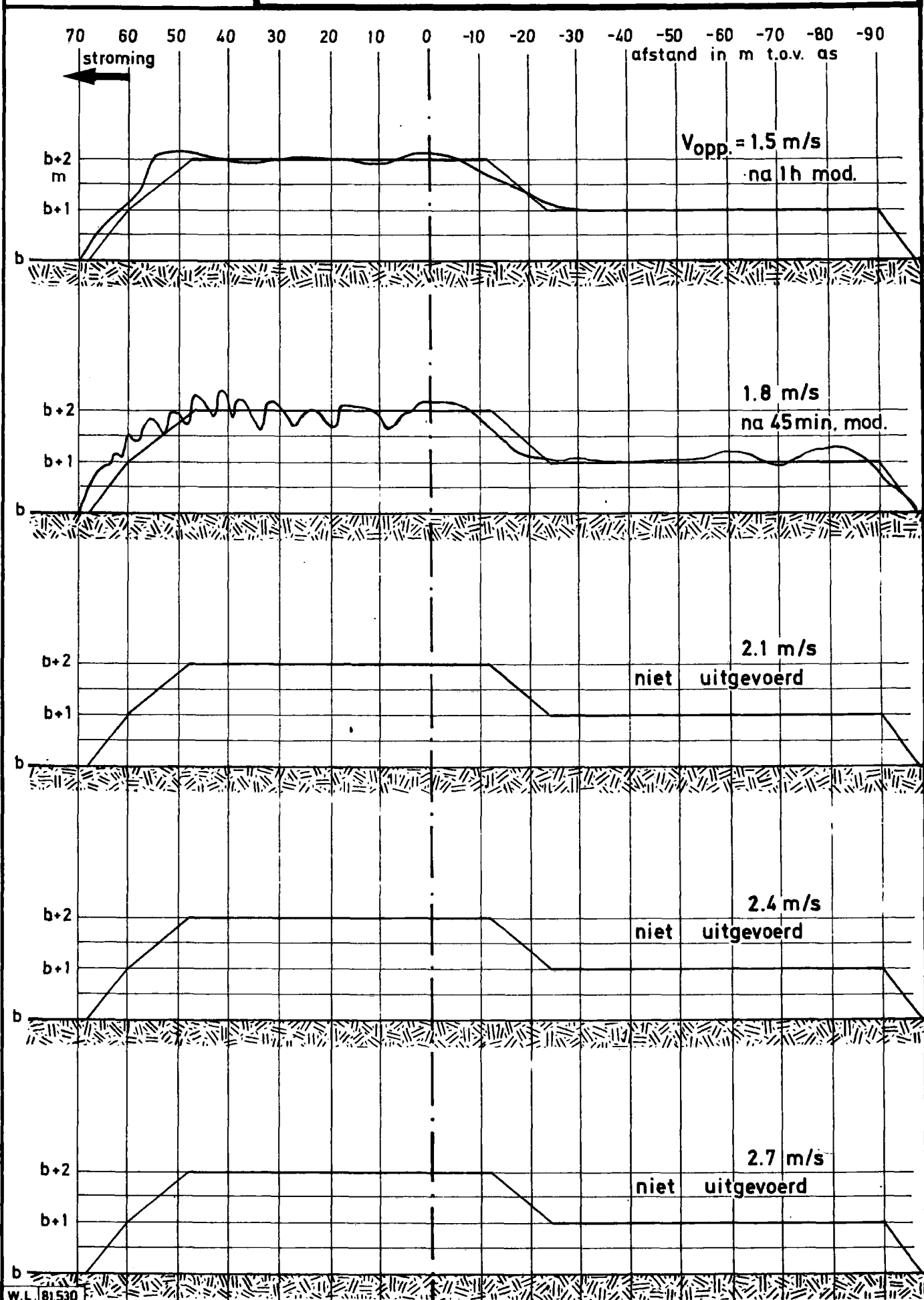
waterdiepte $H = 10$ m Golven : $T = 6$ sec , $h = 1$ m



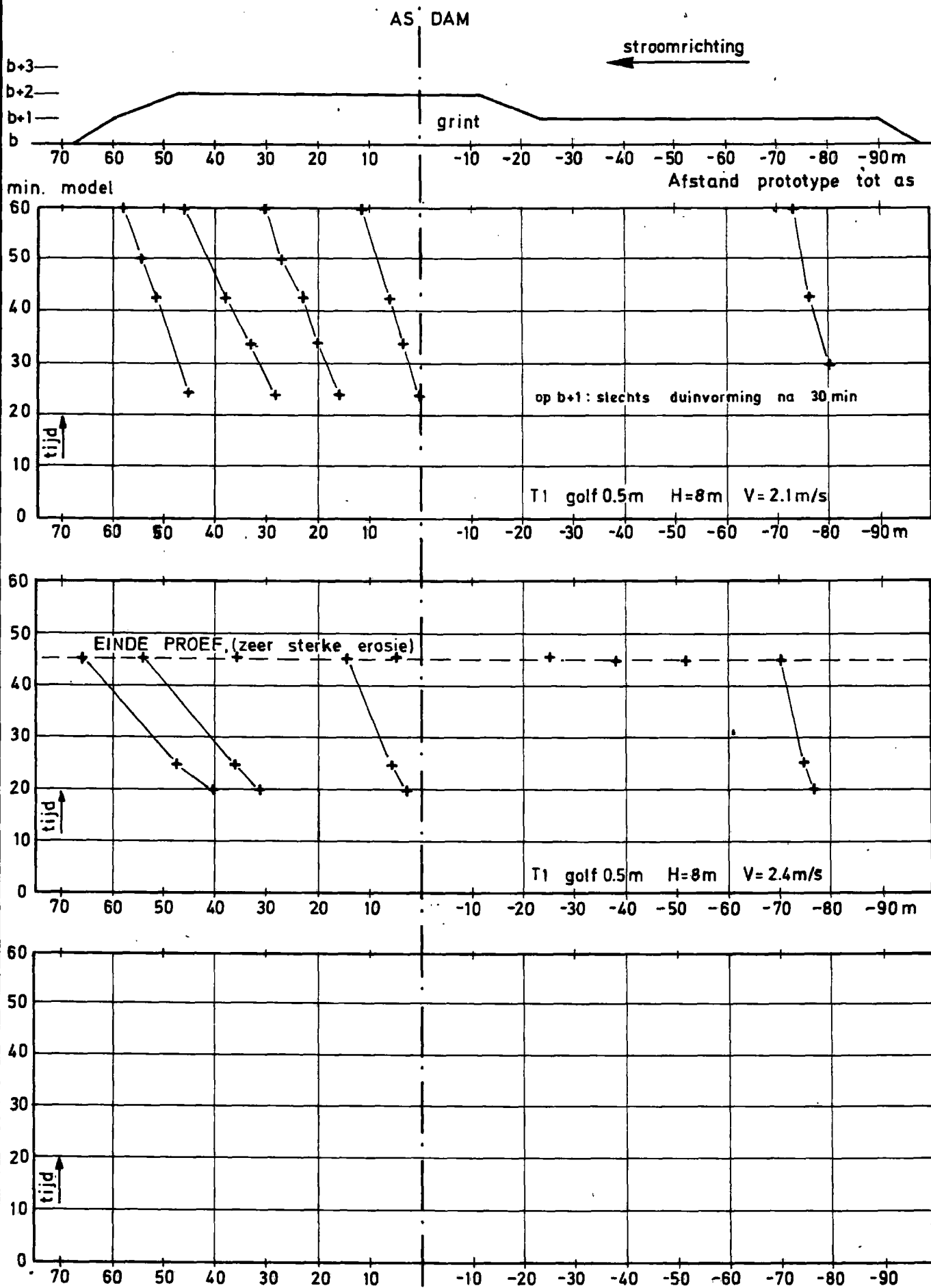


BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF

waterdiepte H = 10 m Golven : T=6sec , h= 1m75

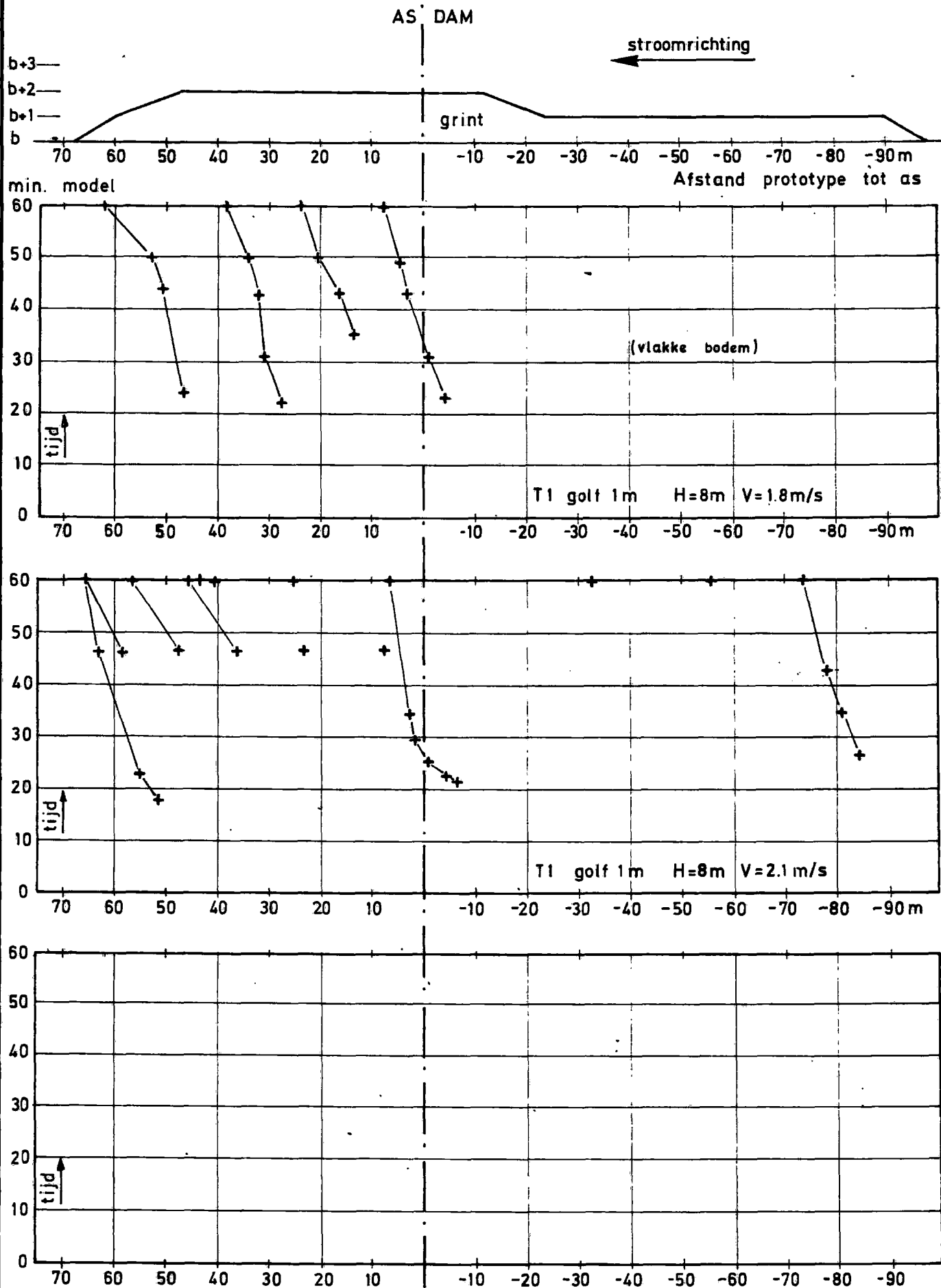


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T1



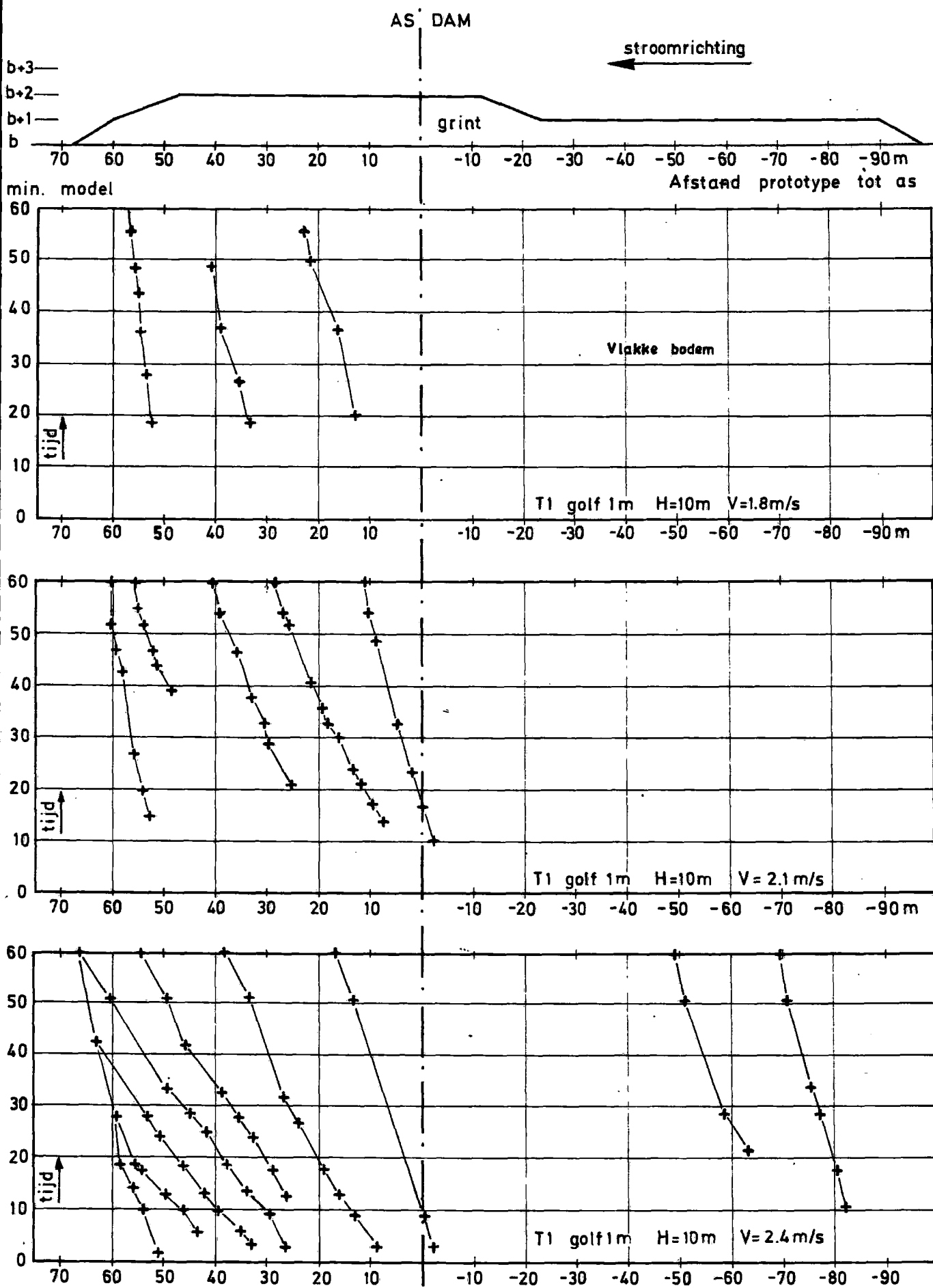


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T1



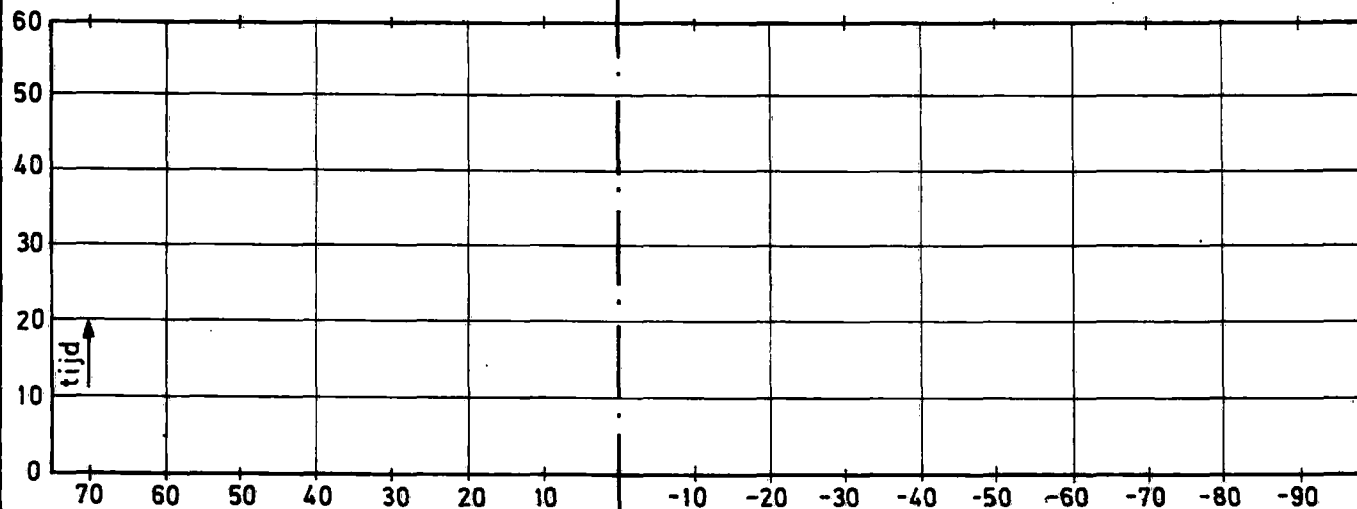
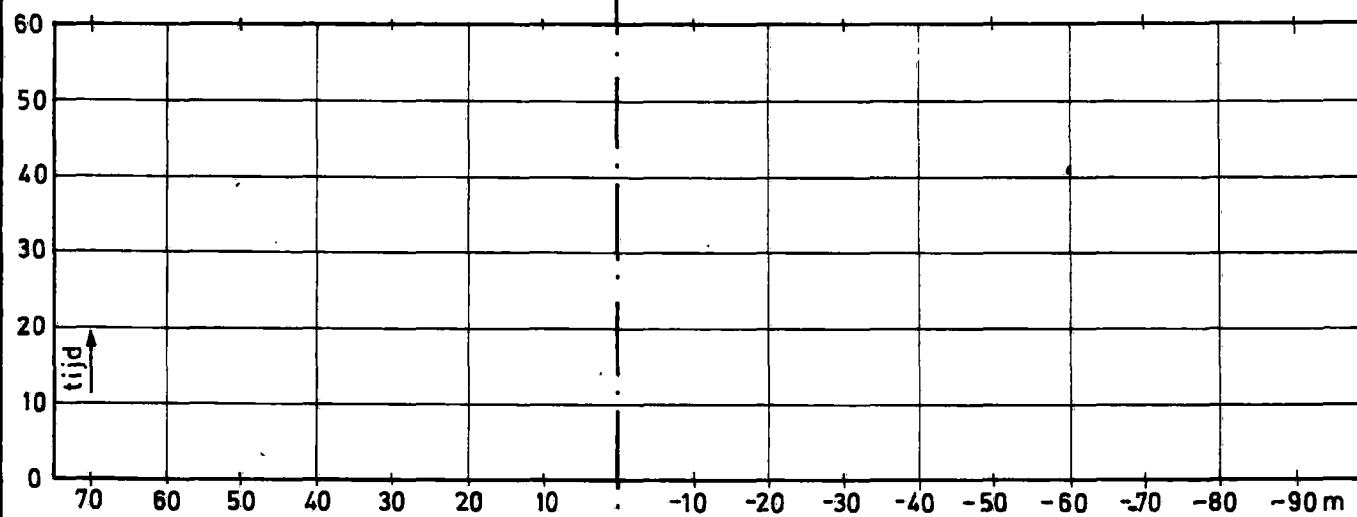
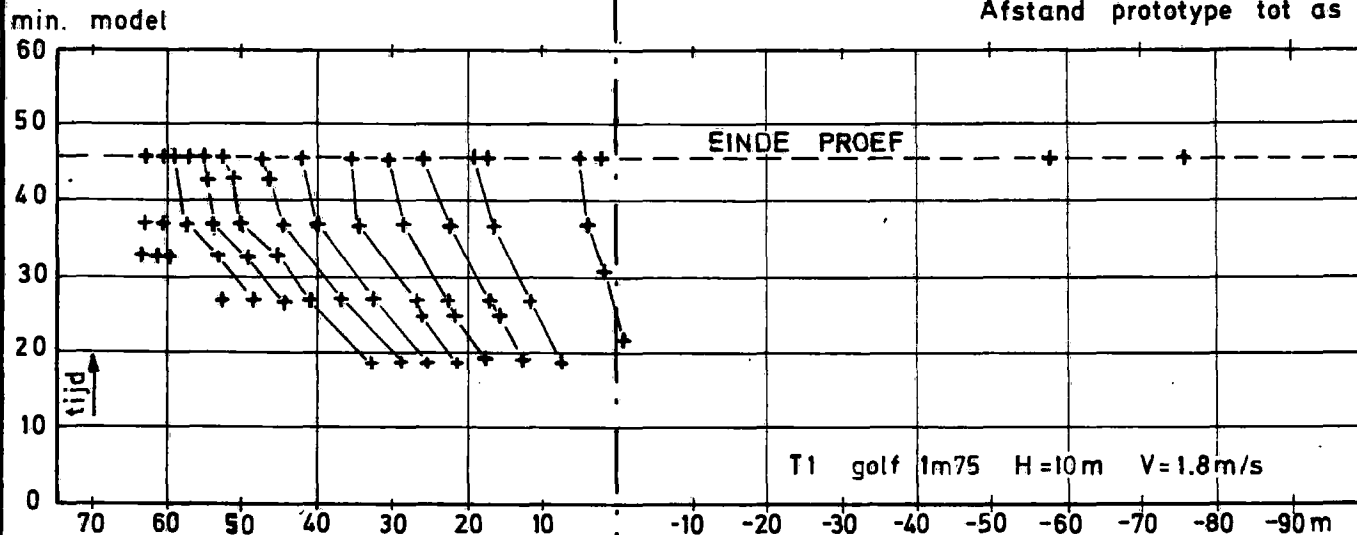
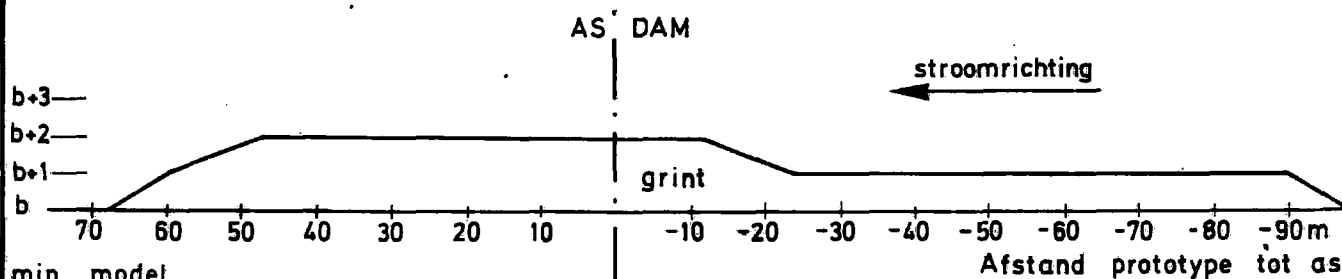


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T1



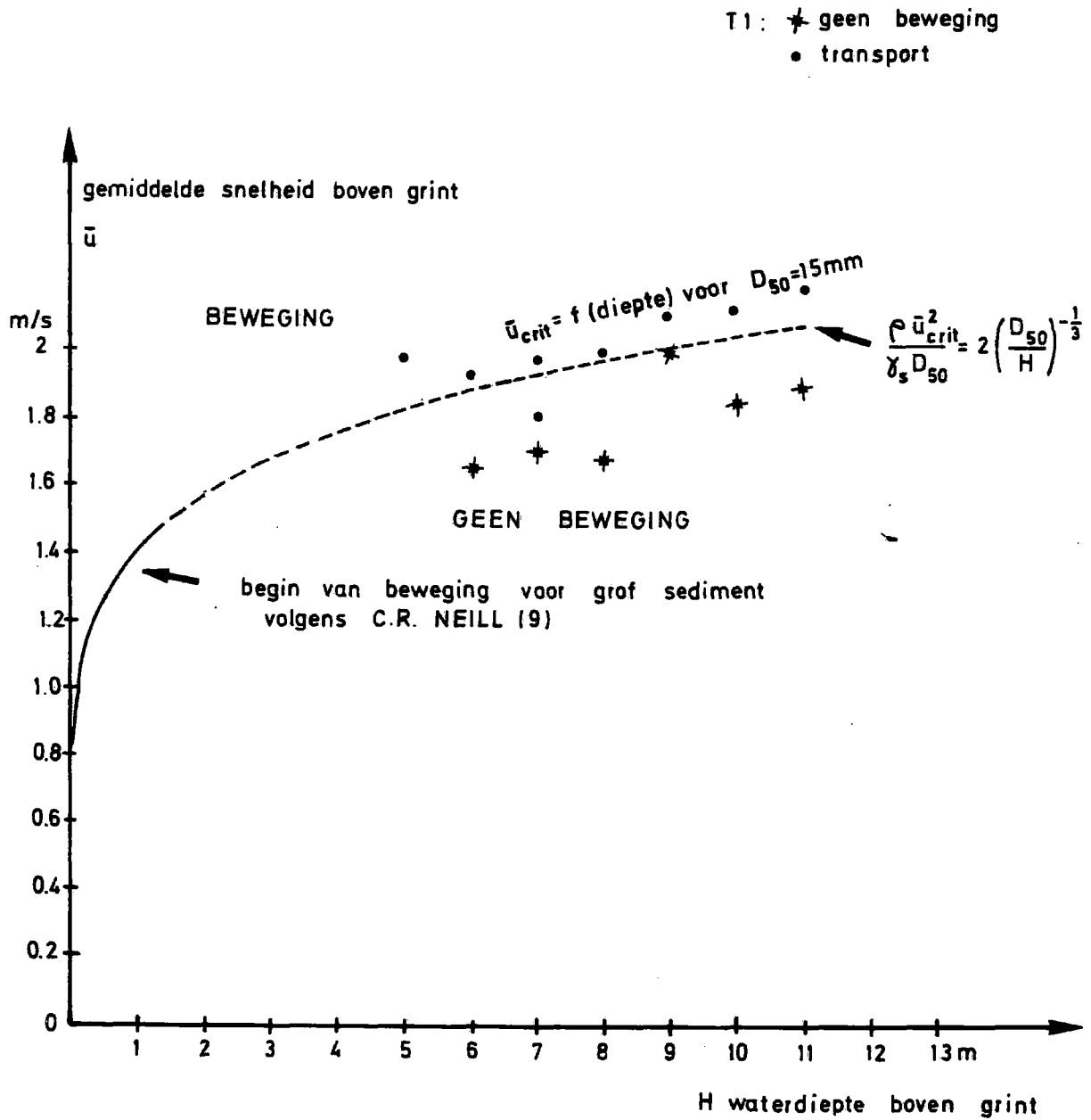


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T.1



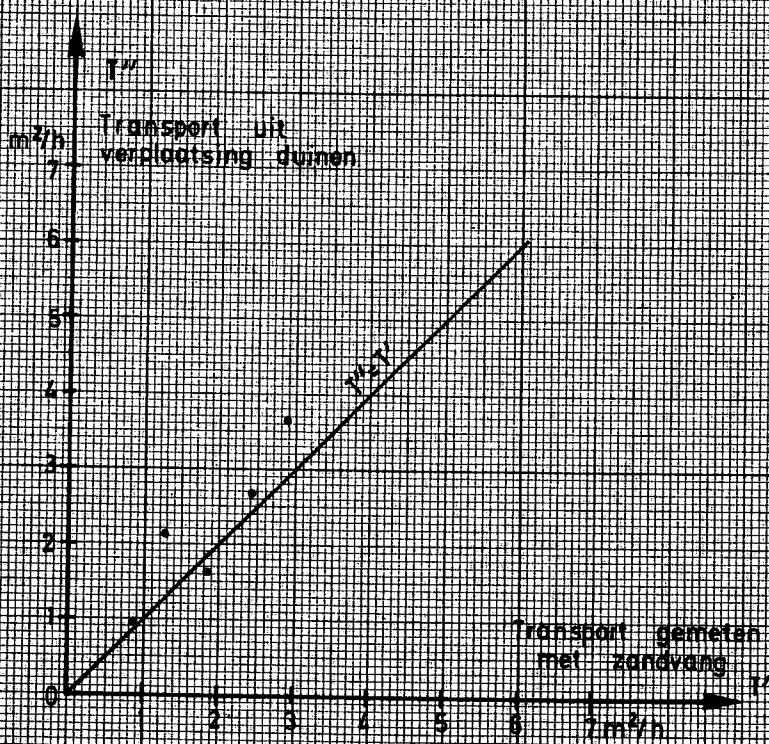
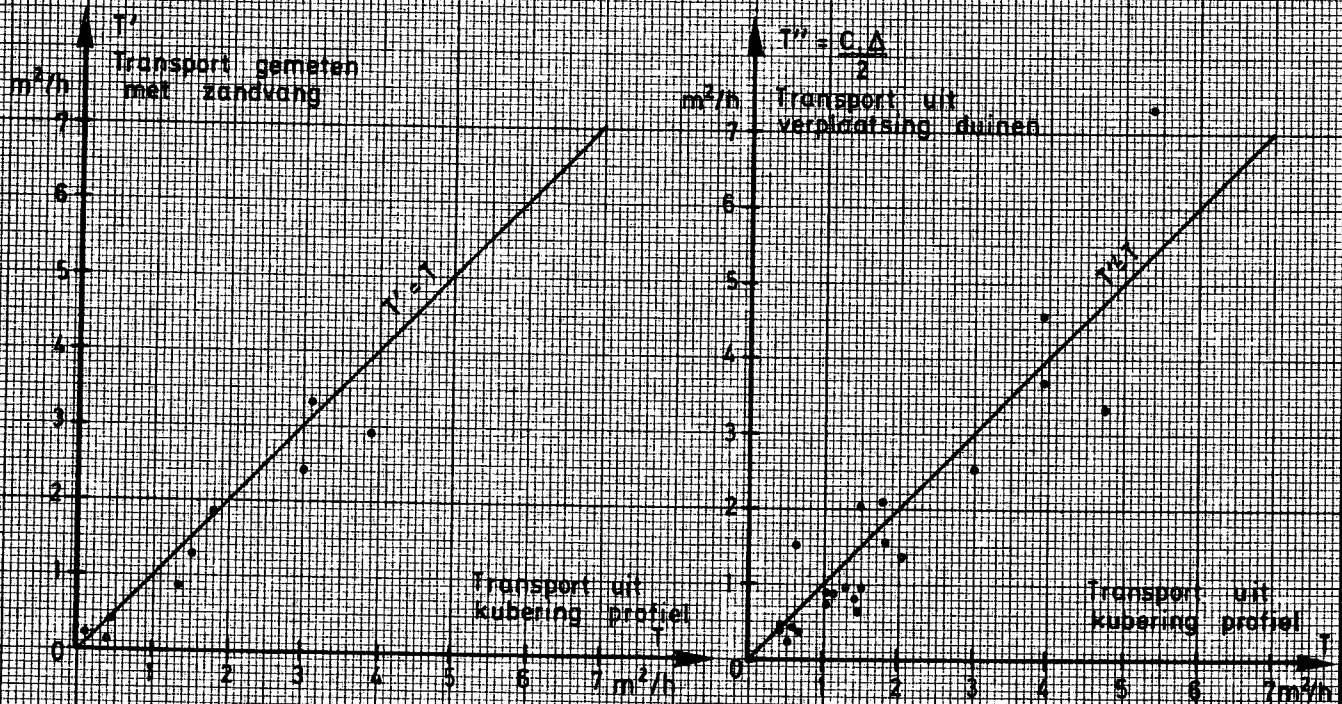


BEGIN VAN BEWEGING BIJ GROF MATERIAAL VOLGENS C.R. NEILL



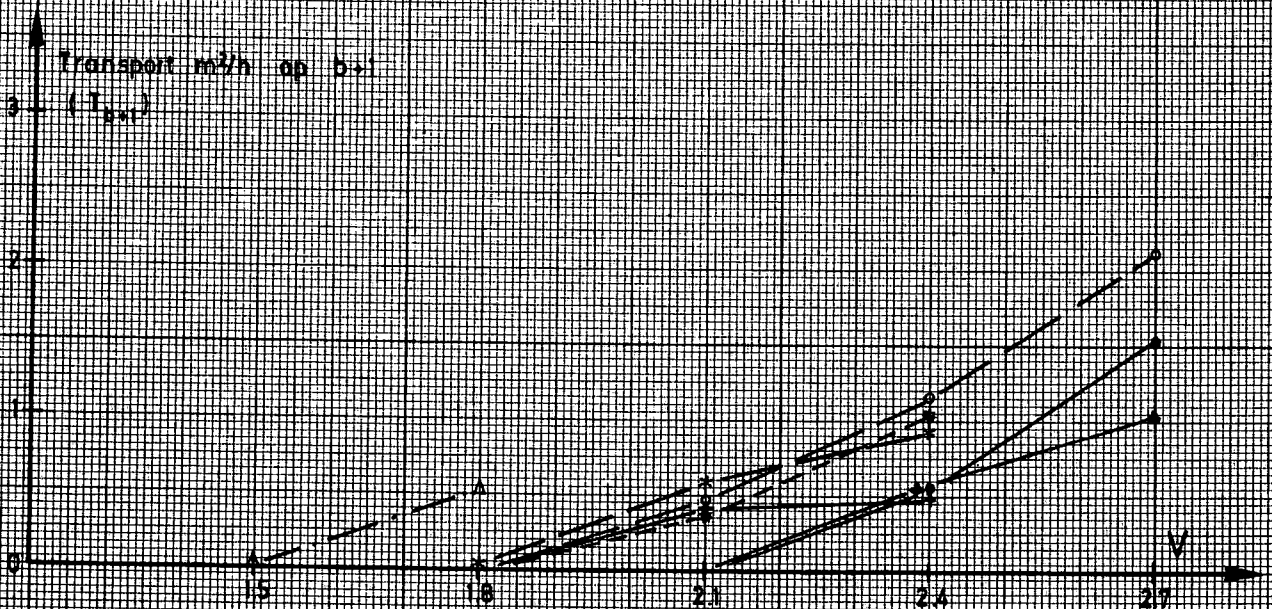
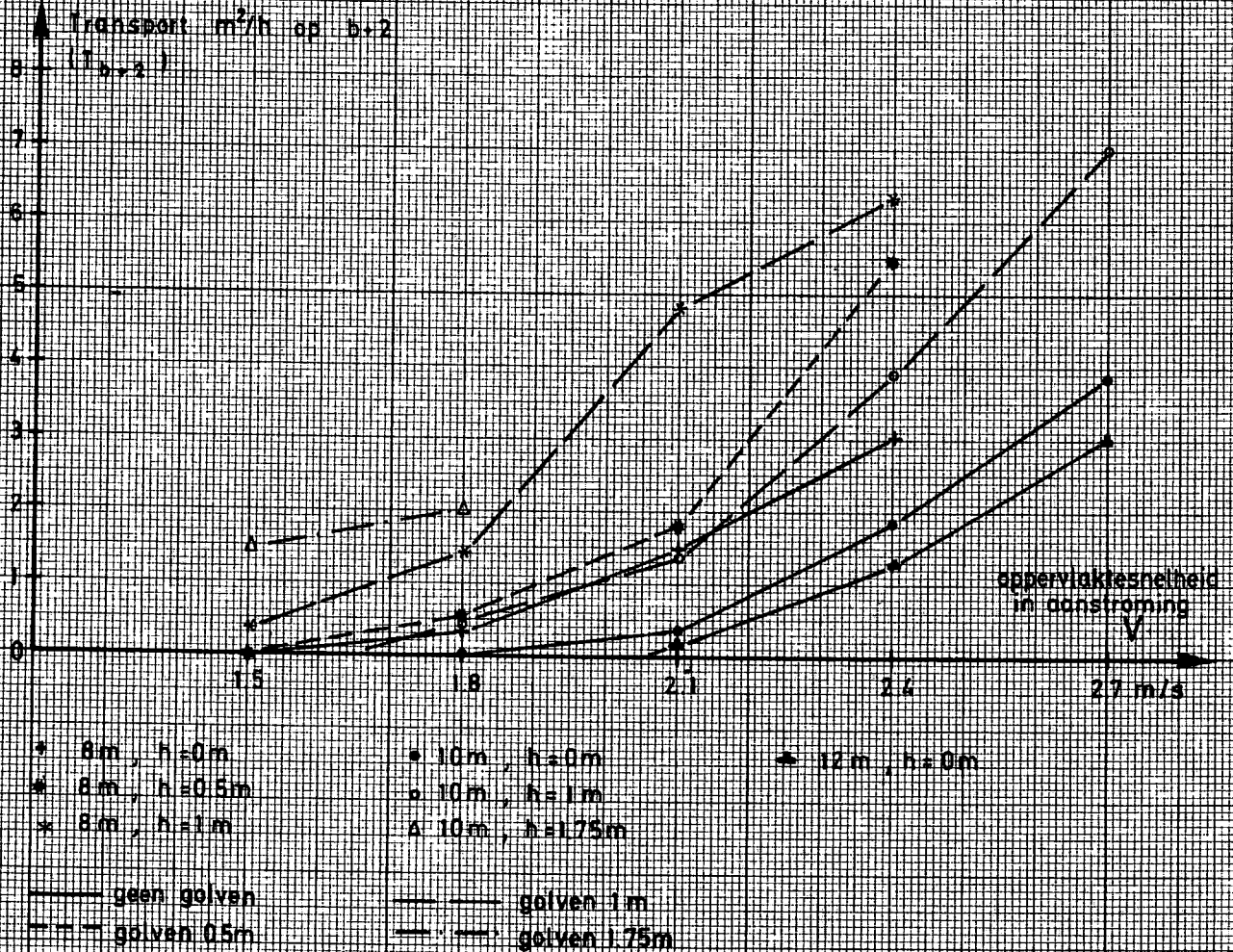


VERGELIJKING BEPALINGSWIJZEN GRINSTRANSPOORT T1





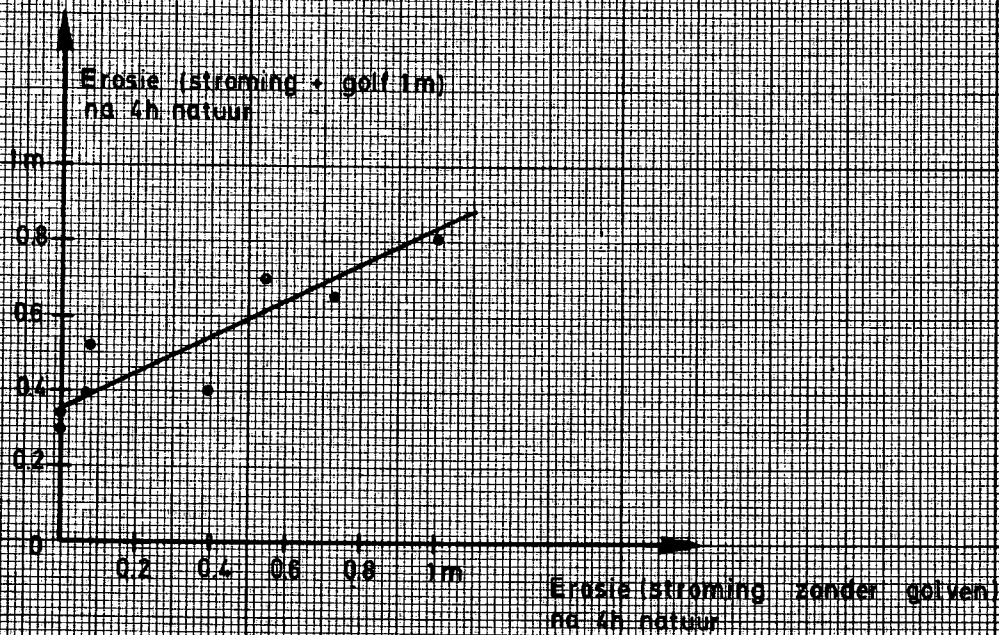
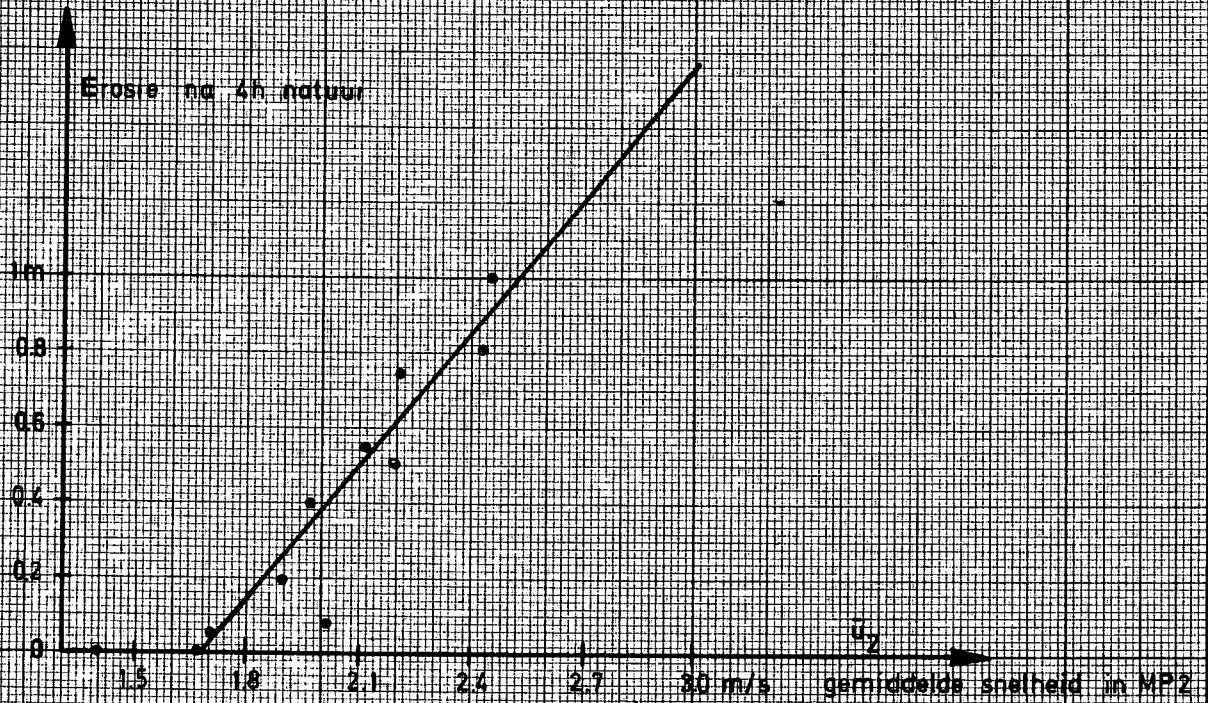
GRINTTRANSPORT i.f.v. AANSTROOMSNELHEID VOOR T 1





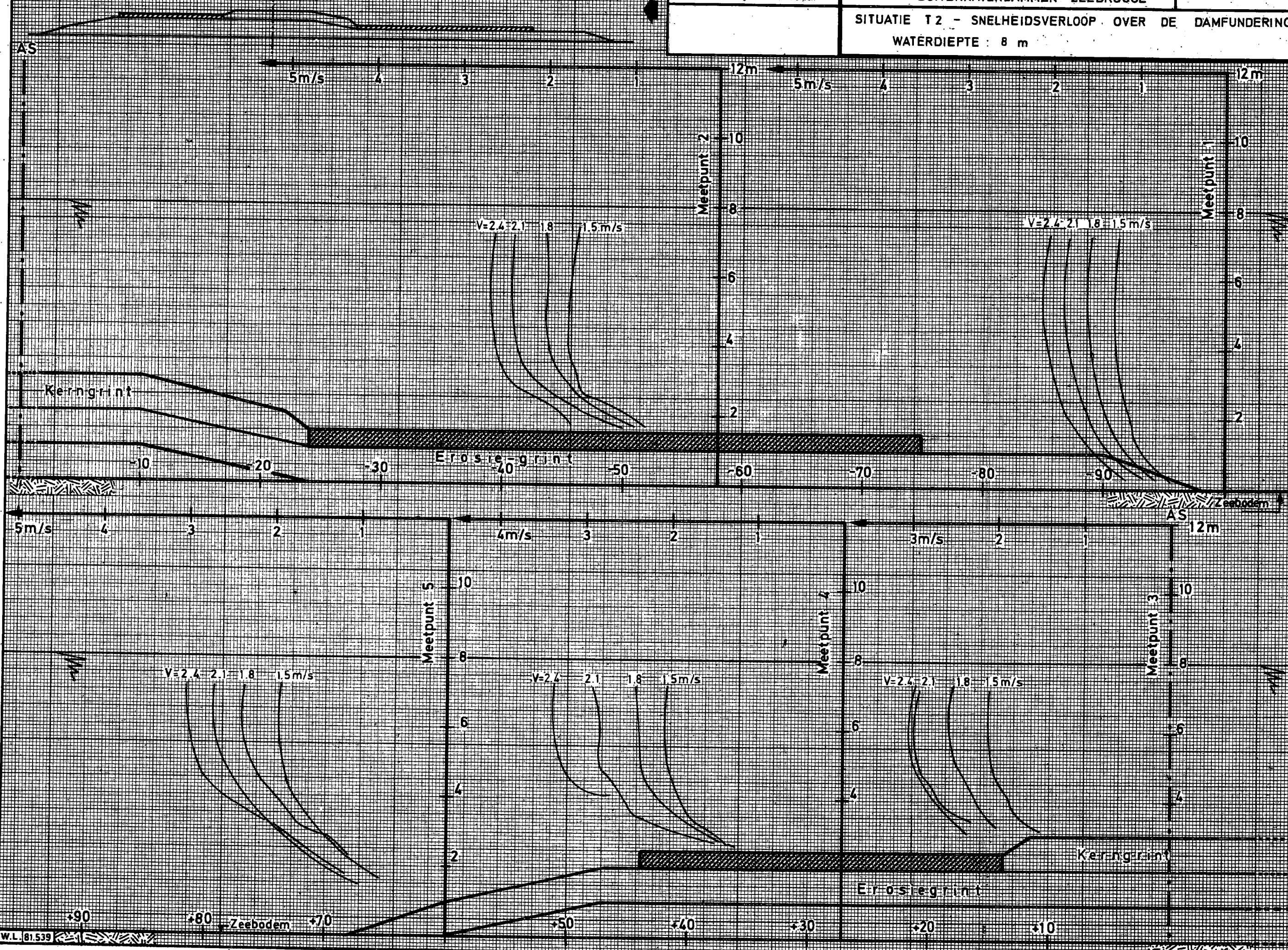
T1 - EROSION OP DAMPROFIEL P-12

P-12 zie bijlage 1



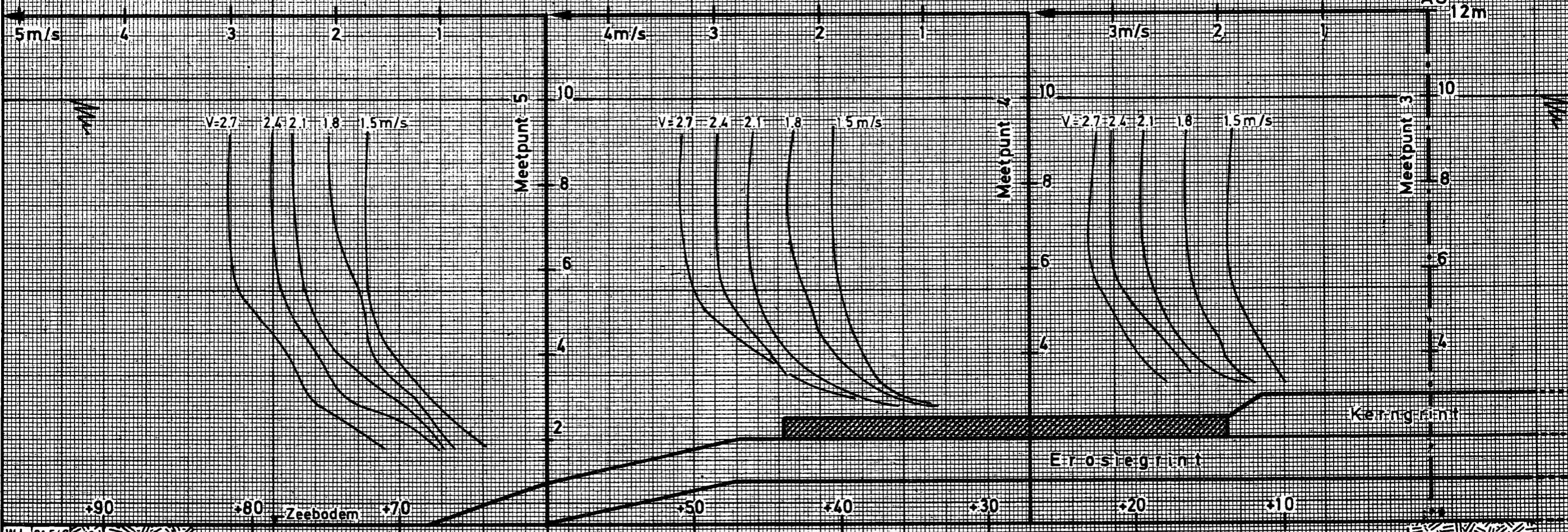
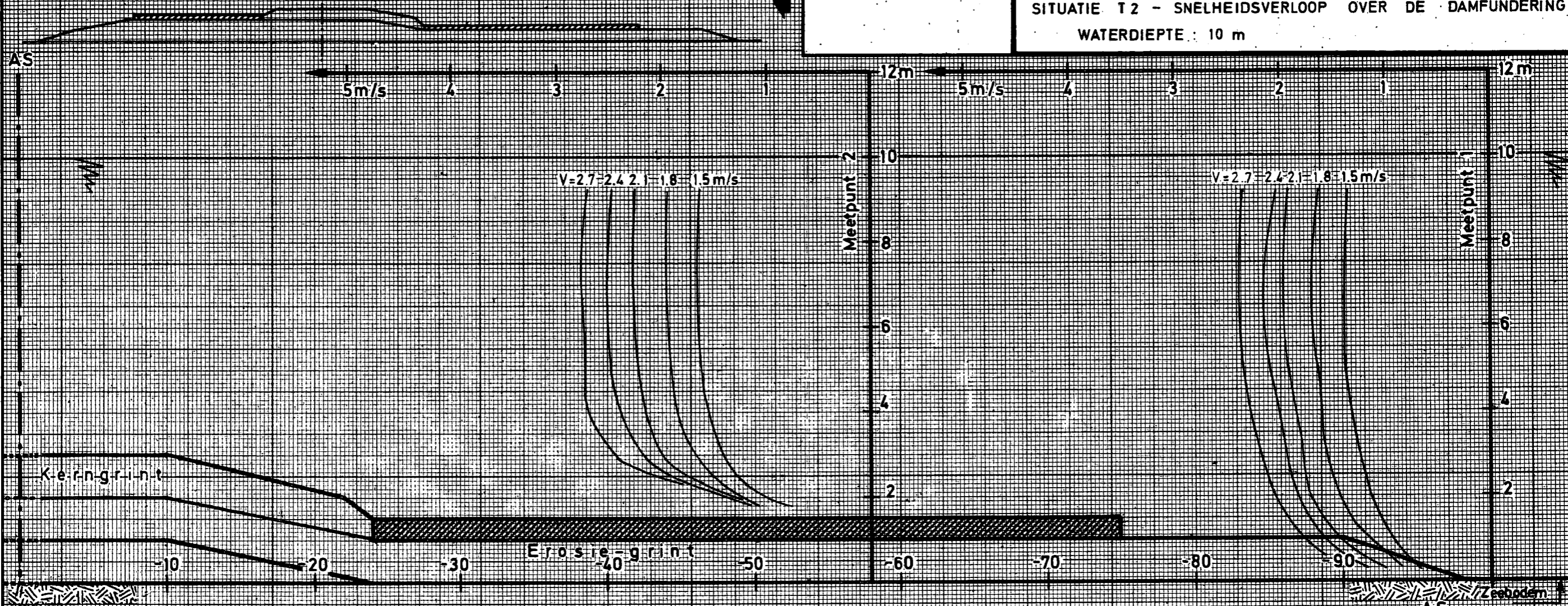
MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1

SITUATIE T2 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 8 m



MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1

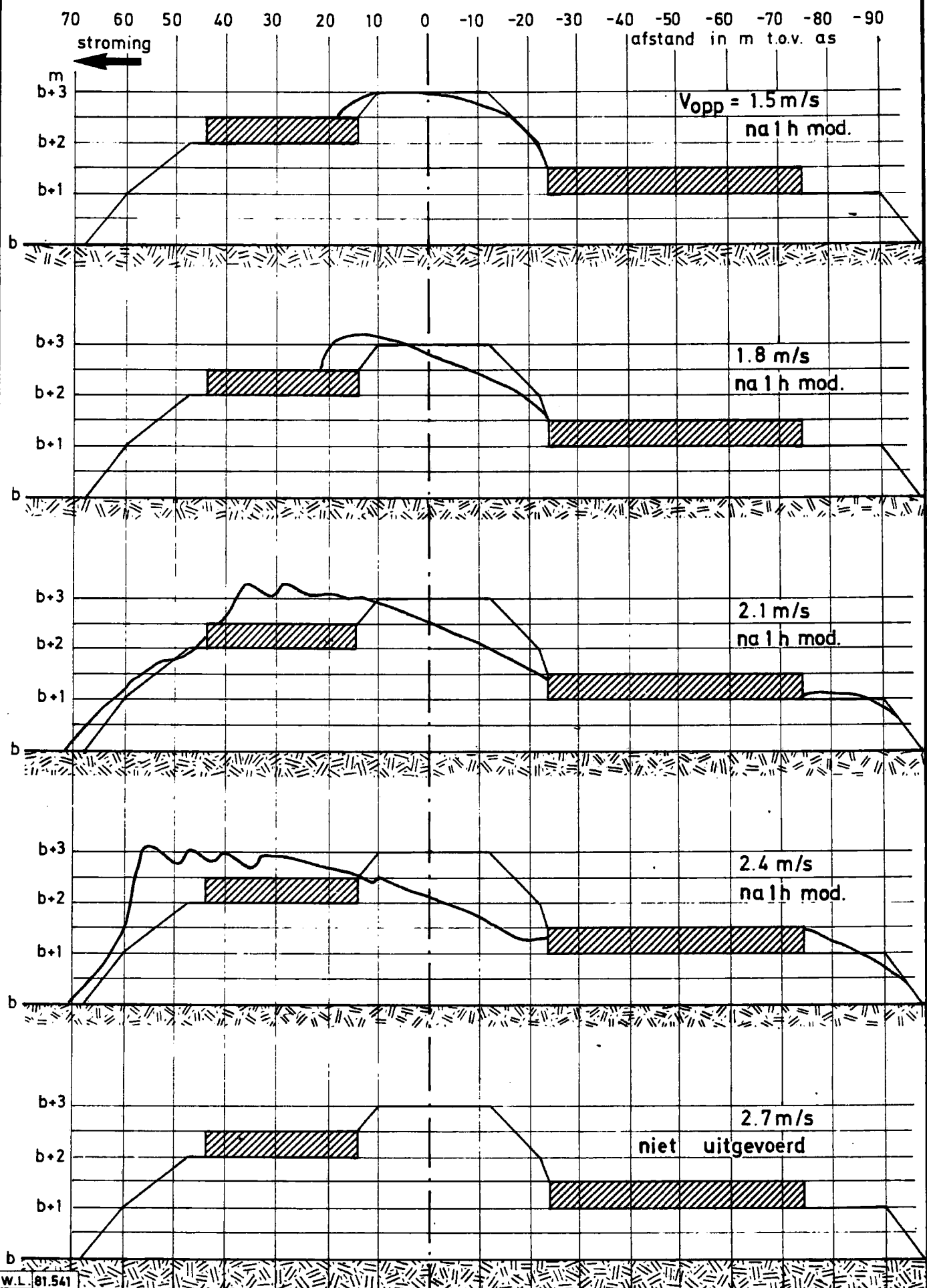
SITUATIE T2 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 10 m





BODEMPROFIEL T2 NA EINDE PROEF

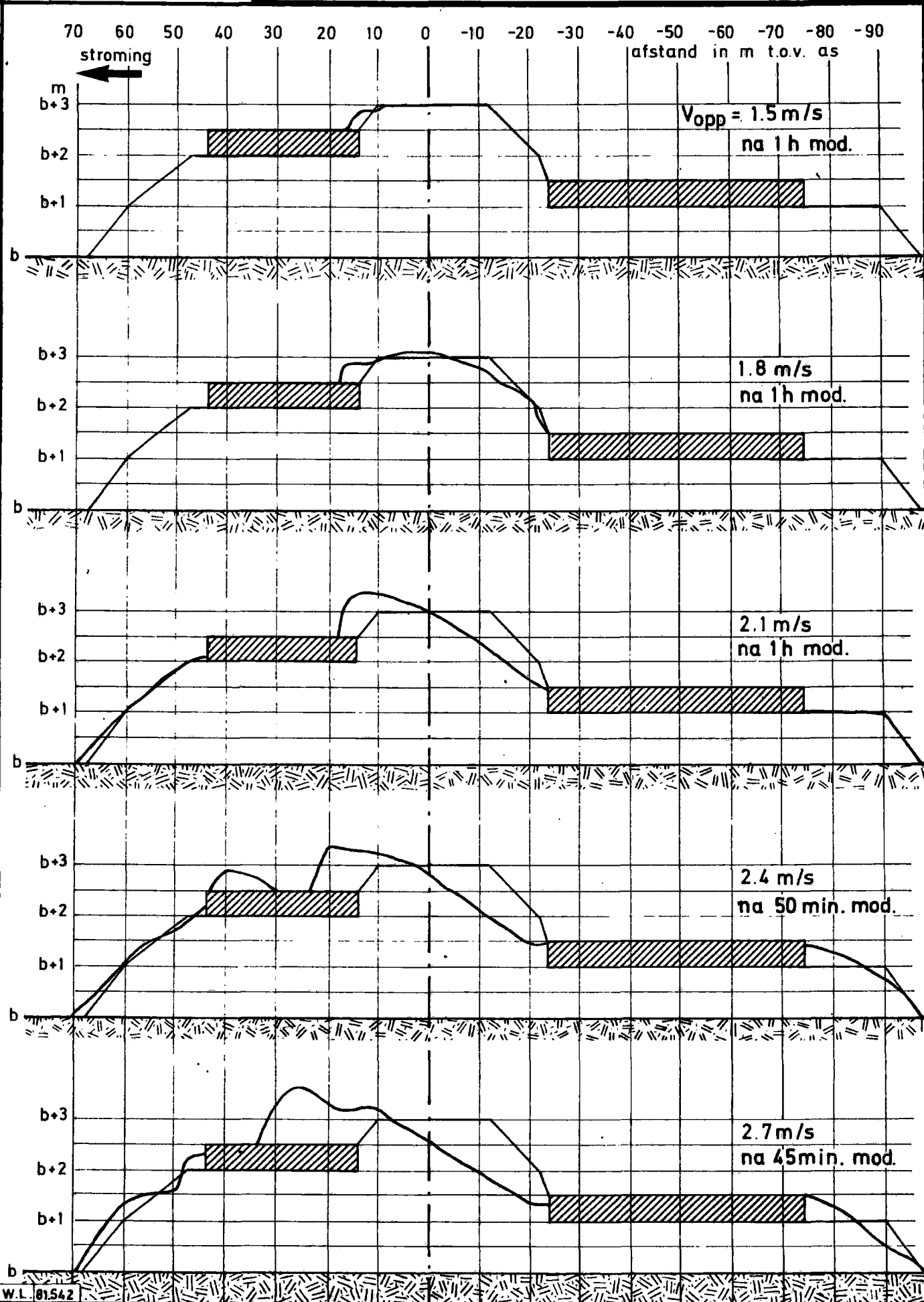
waterdiepte H = 8 m Zonder golven





BODEMPROFIEL T2 NA EINDE PROEF

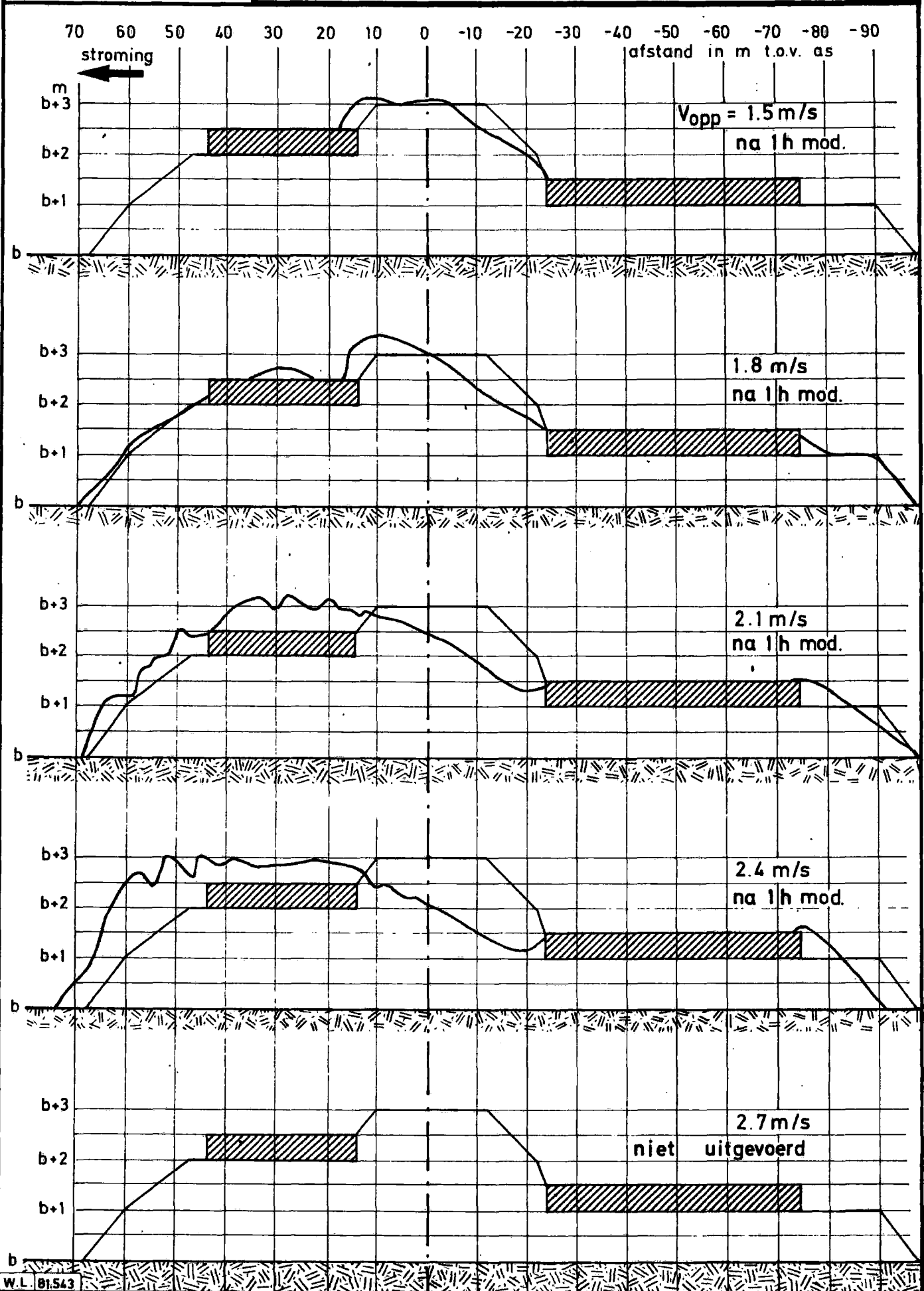
waterdiepte H = 10 m Zonder golven





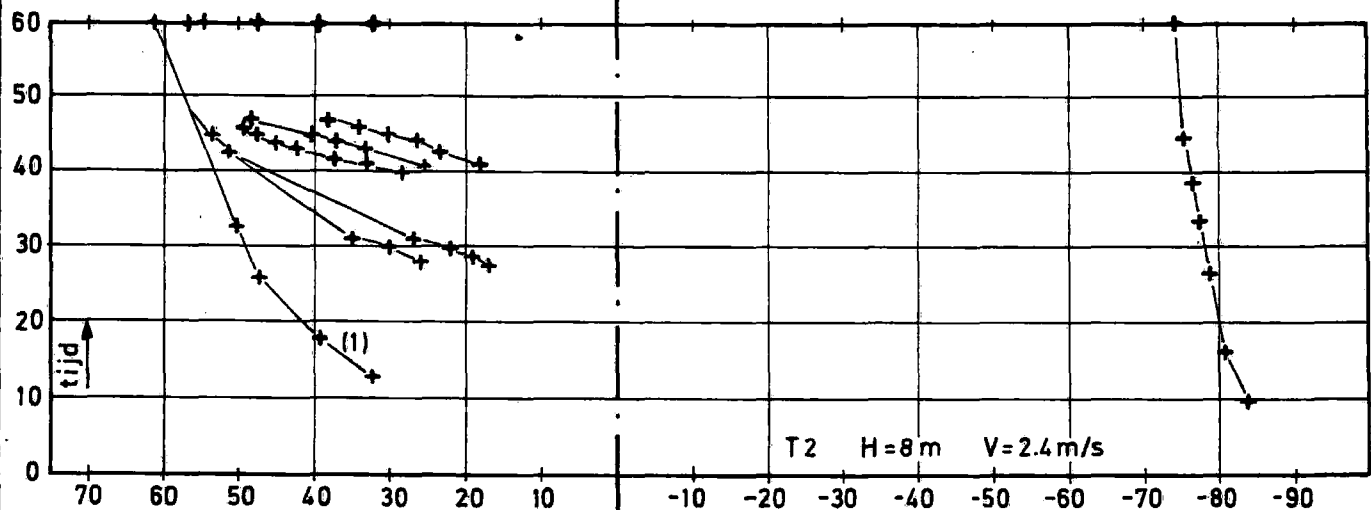
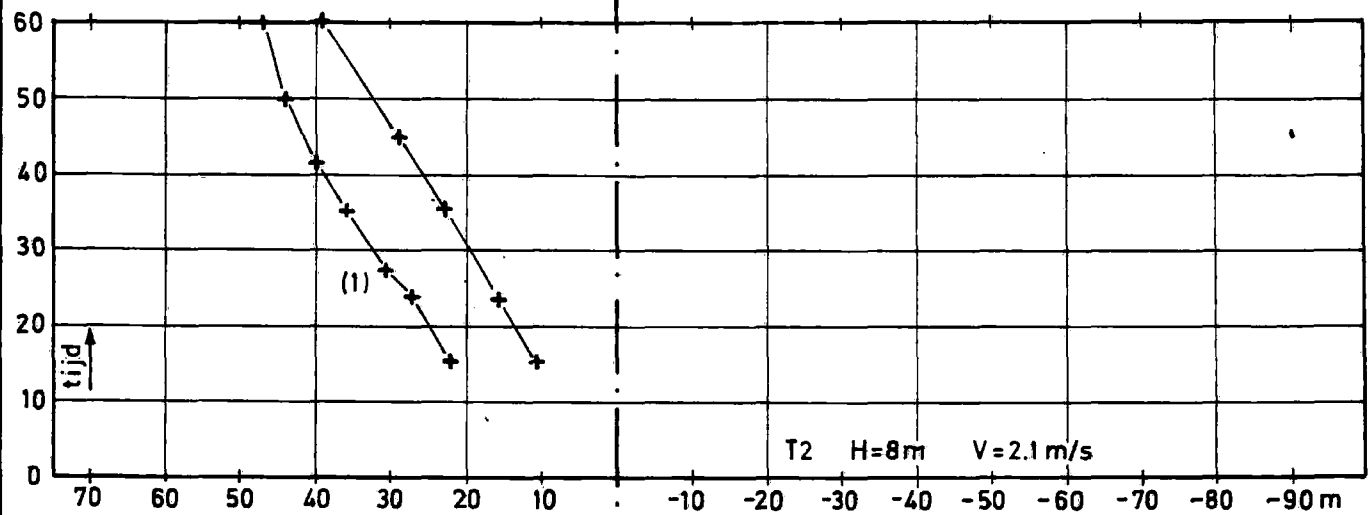
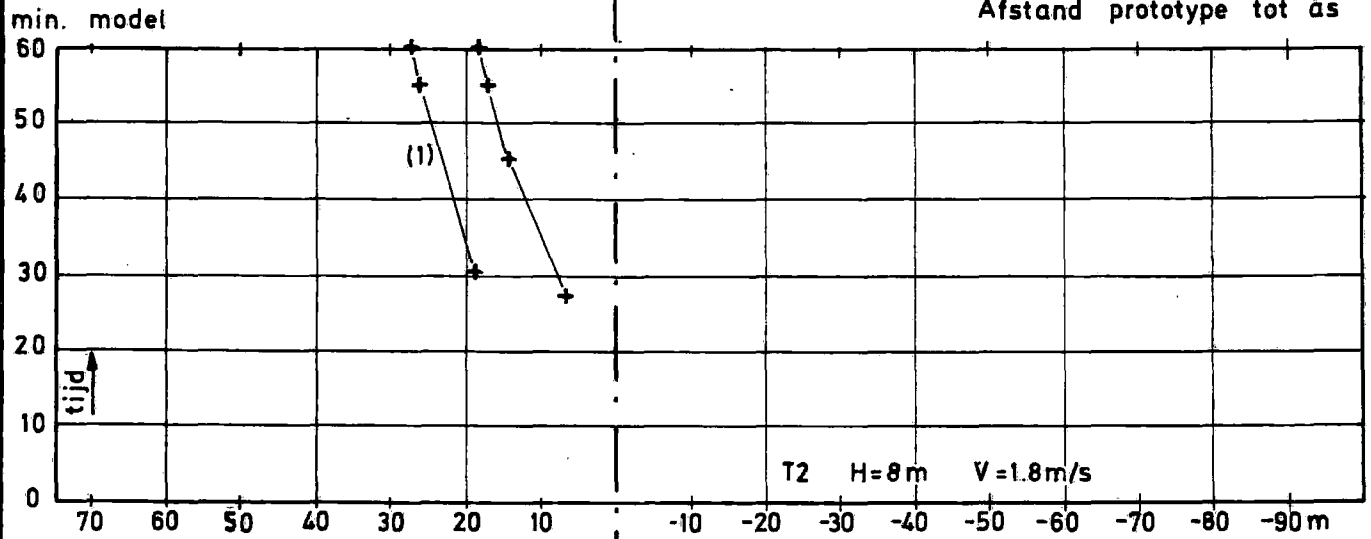
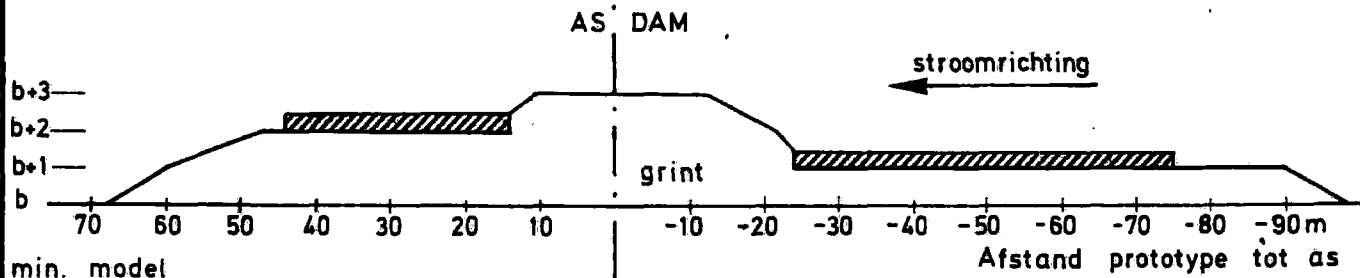
BODEMPROFIEL T2 NA EINDE PROEF

waterdiepte H = 8 m Golven : T=6sec , h=1 m



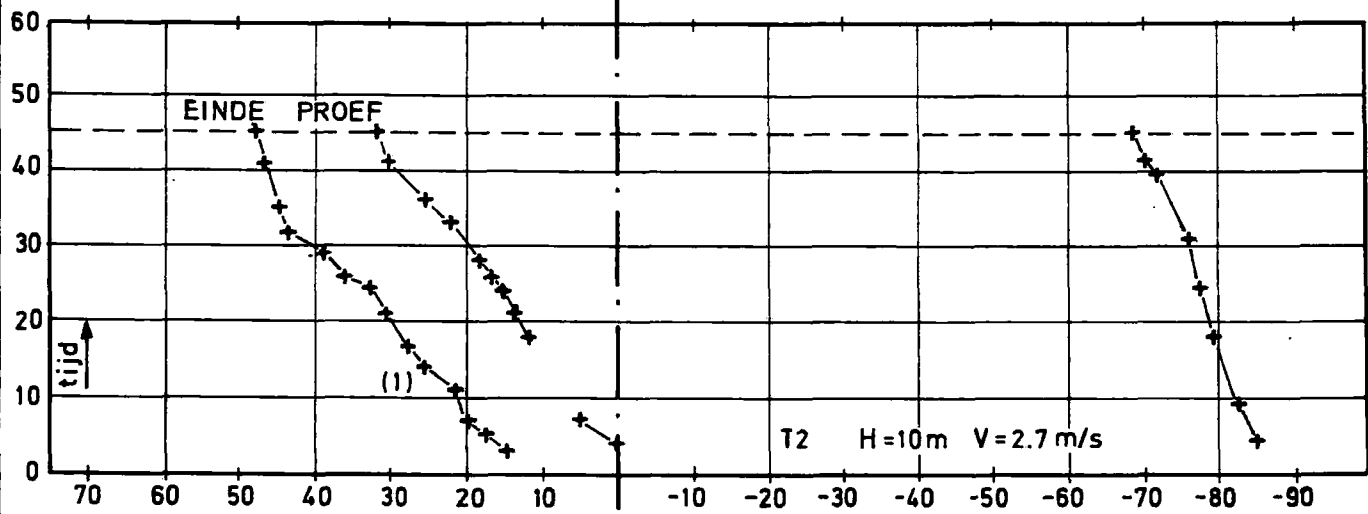
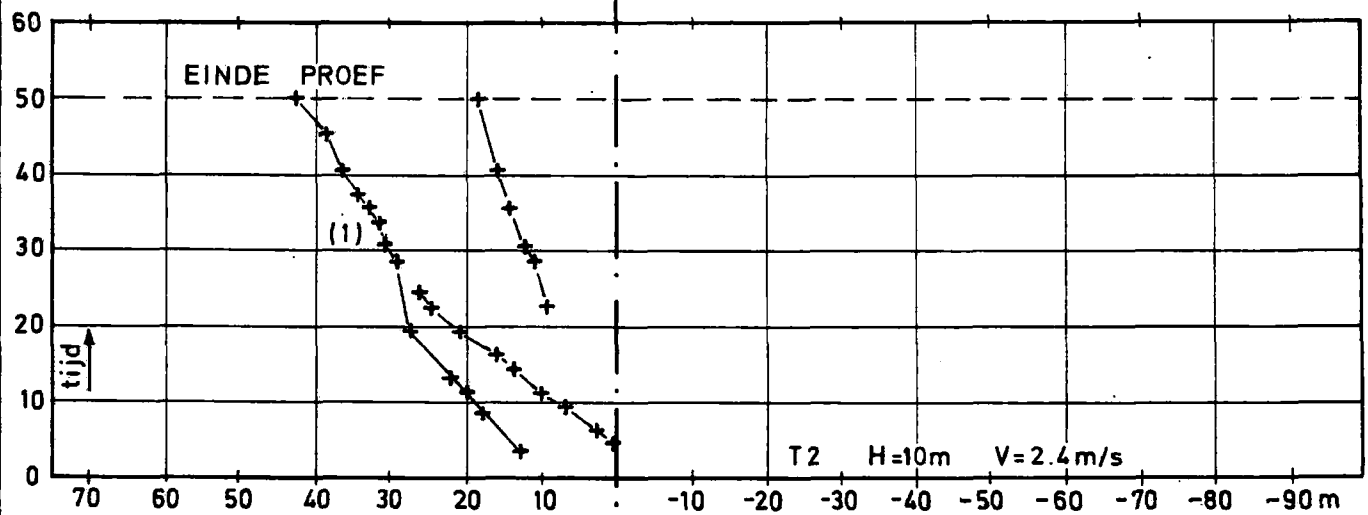
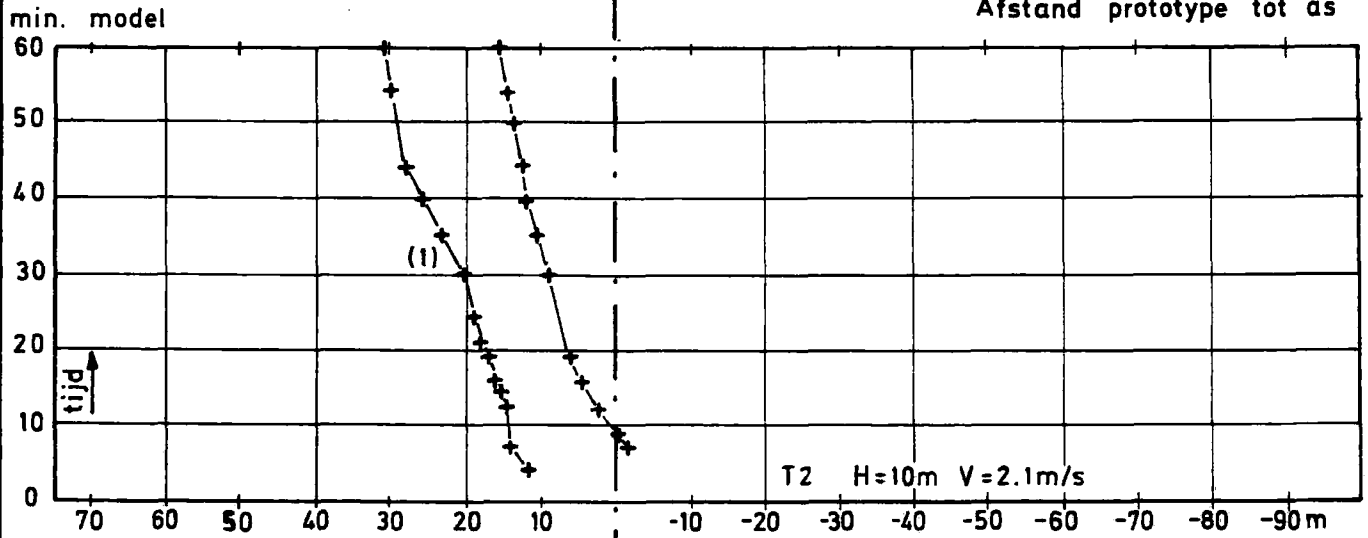
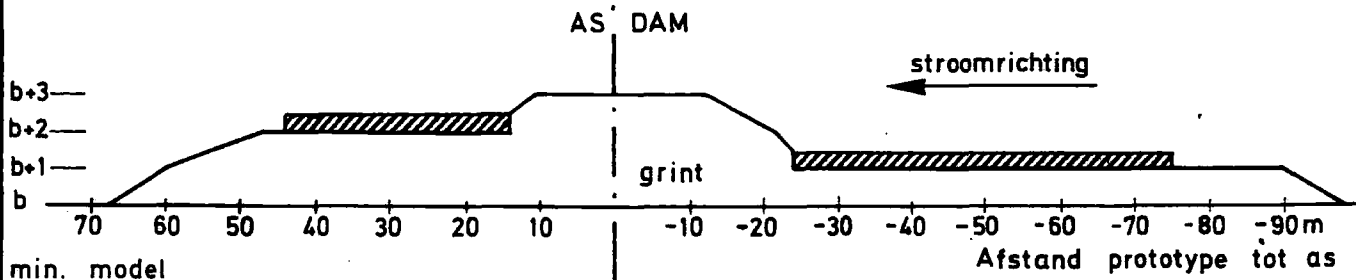


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T2

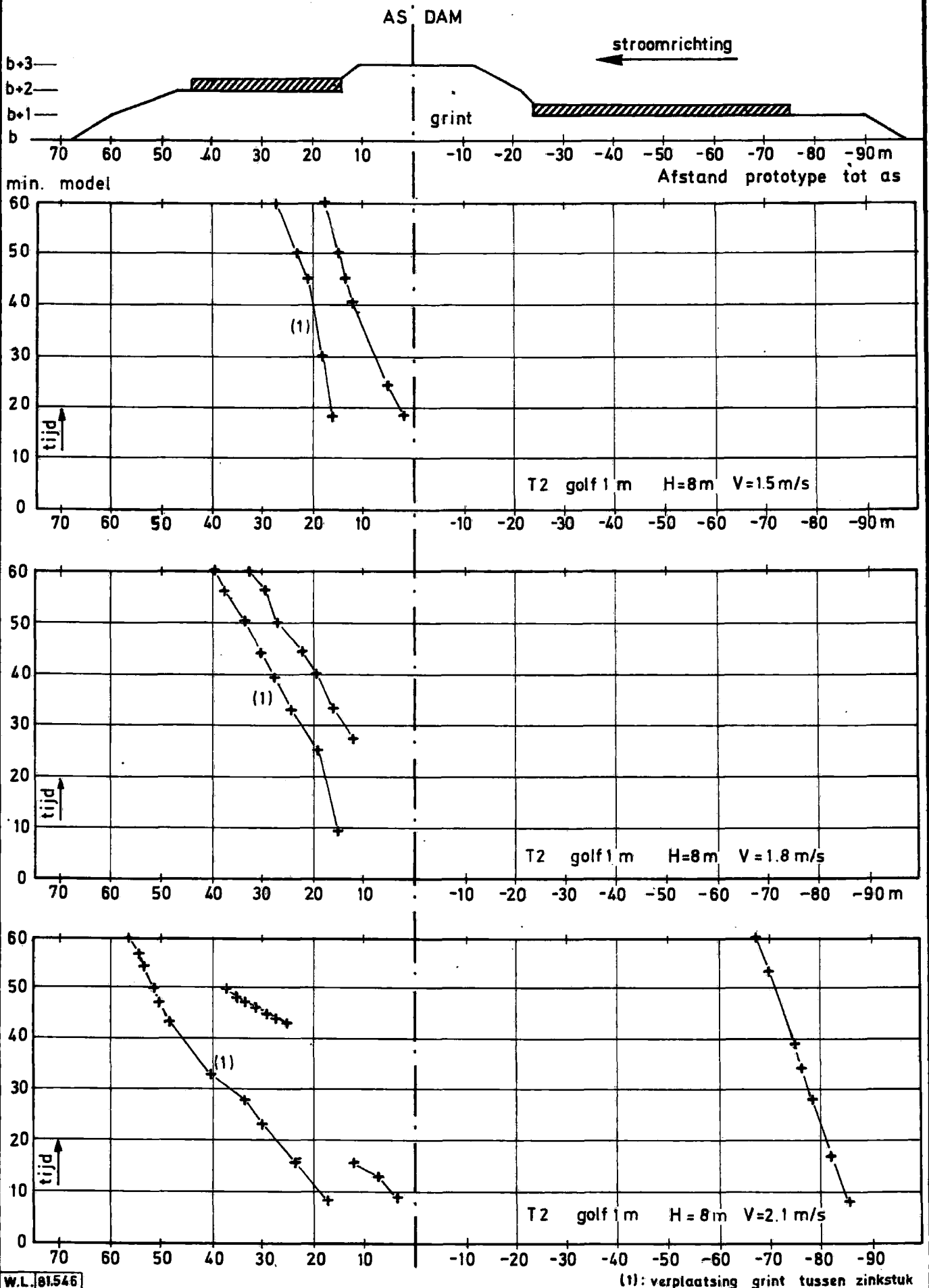




VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T2

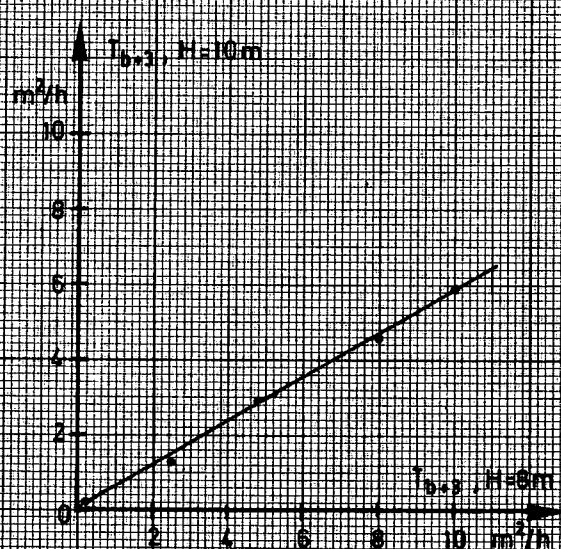
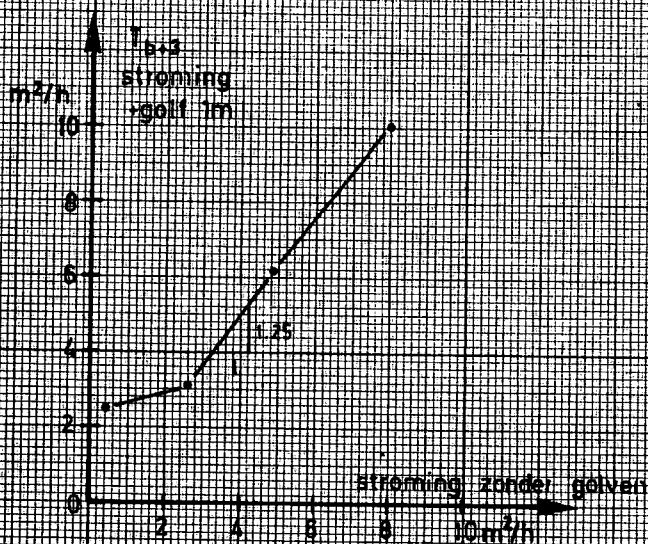
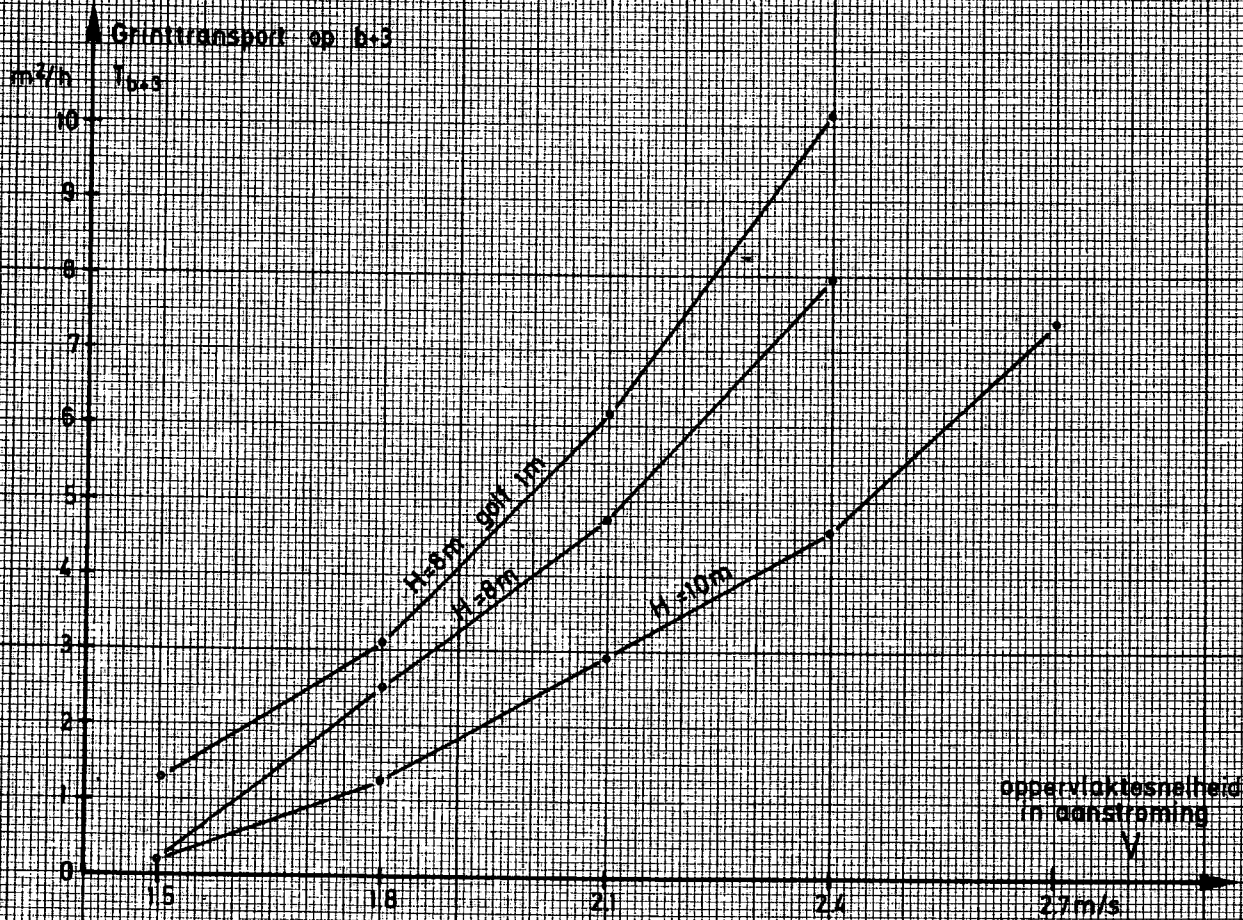


VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF T2





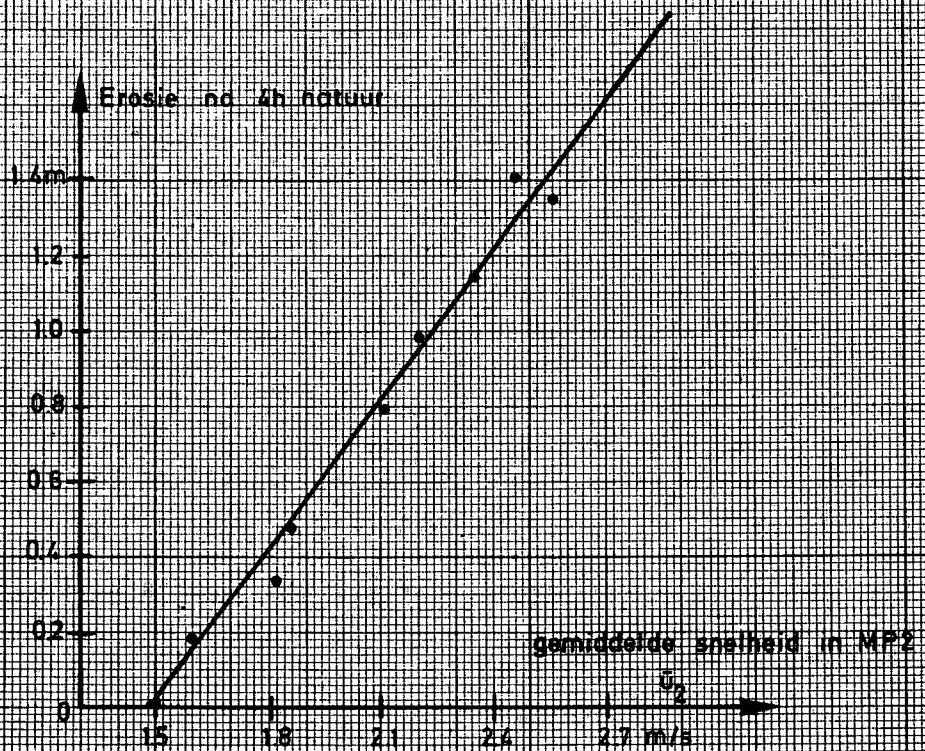
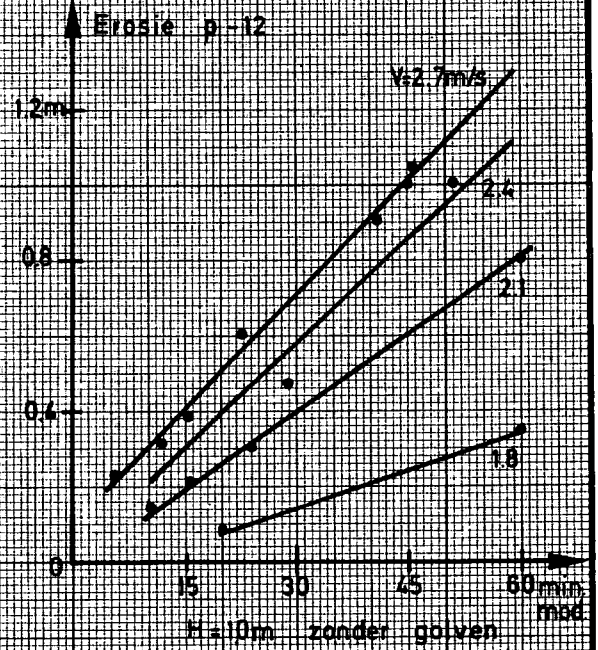
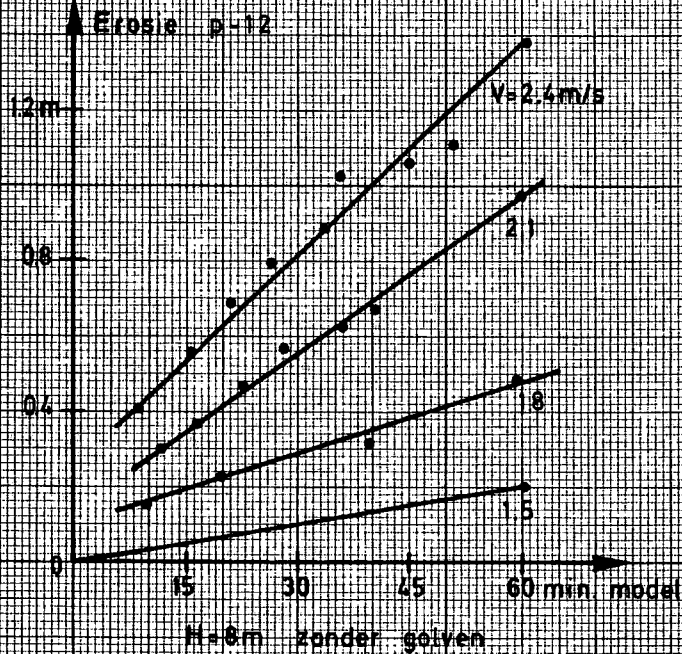
GRINTTRANSPORT BIJ SITUATIE T2 i.f.v. DE AANSTROOMSNELHEID





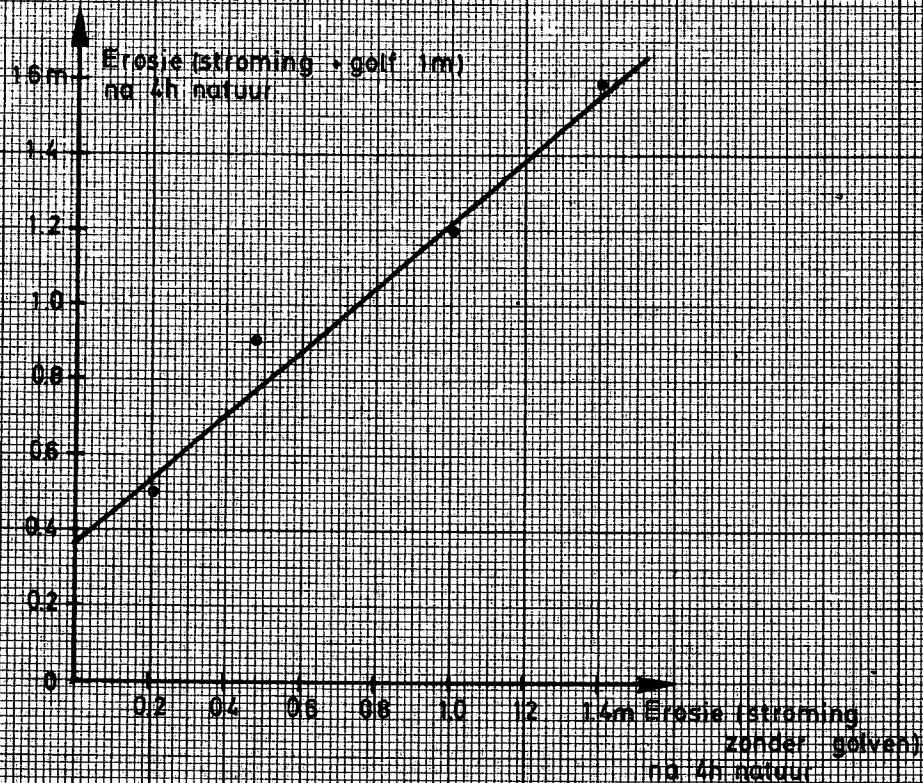
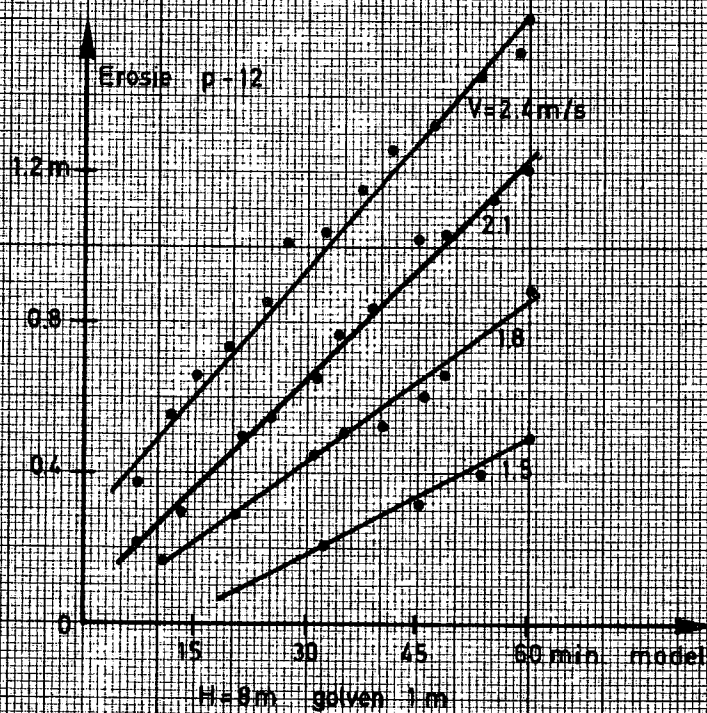
T 2 - EROSION OP DAMPROFIEL P-12

P-12 : zie bijlage 1



T2- EROSIE OP DAMPROFIEL P-12

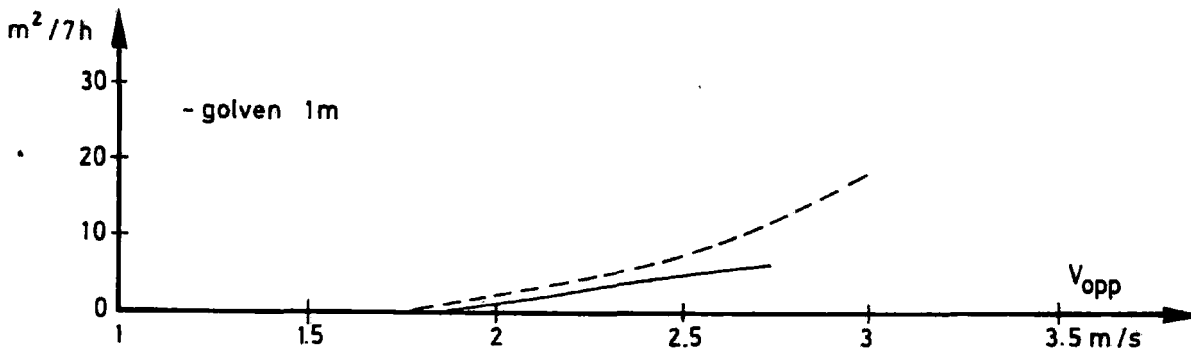
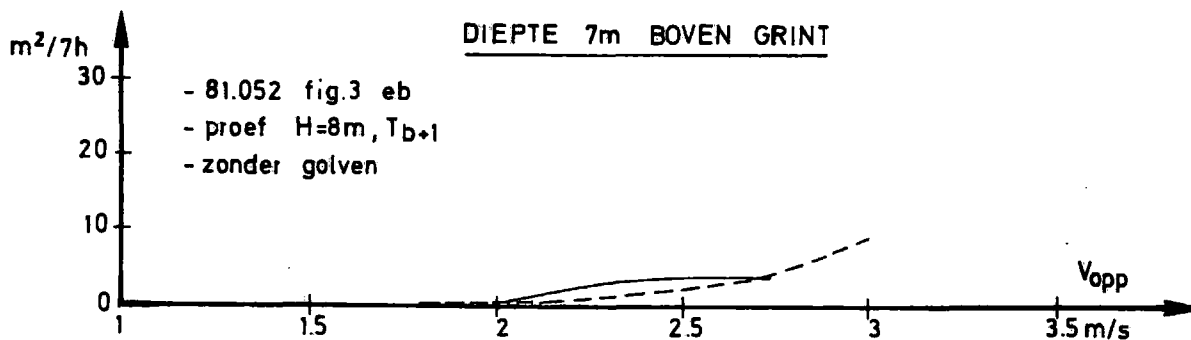
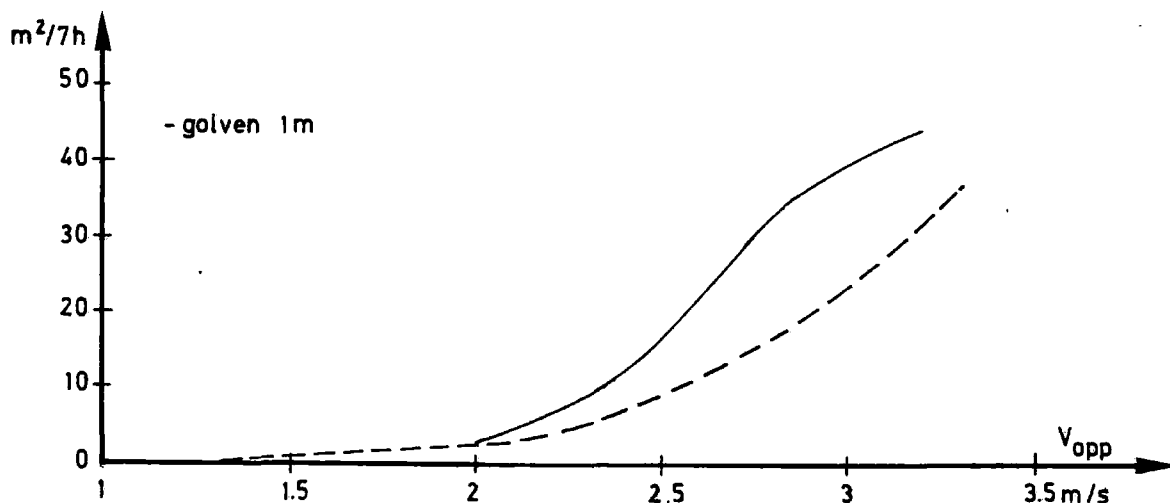
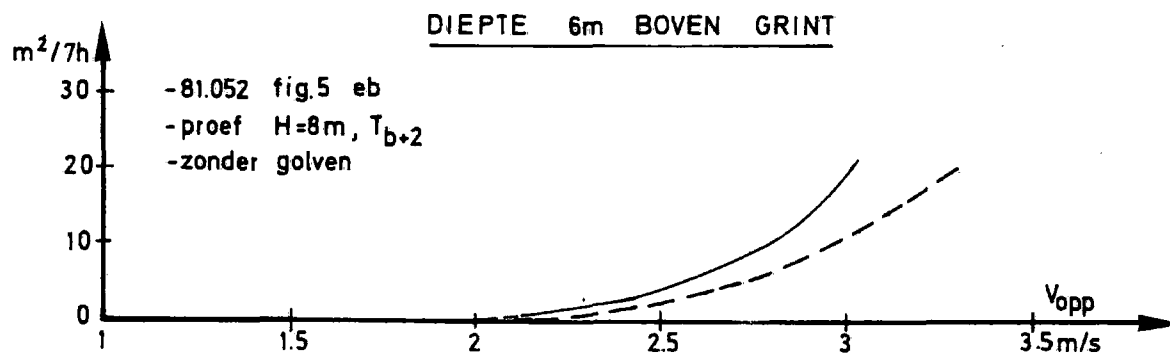
P-12 (zie bijlage 1)





— model
- - - berekeningen

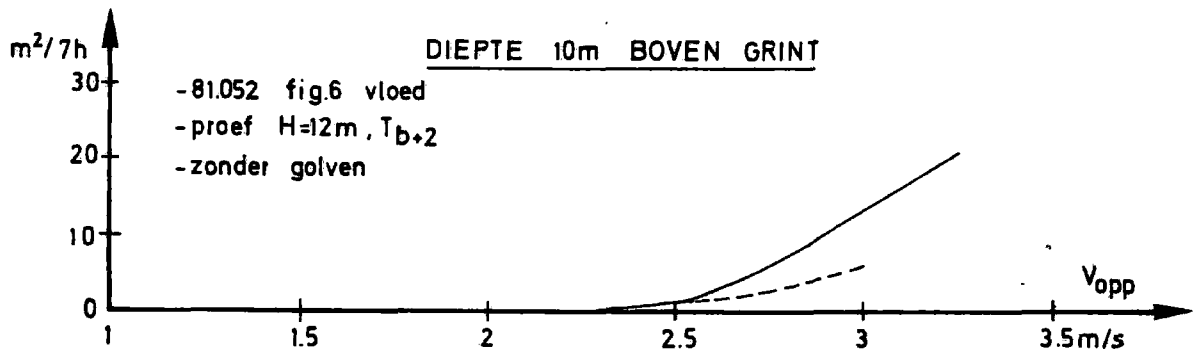
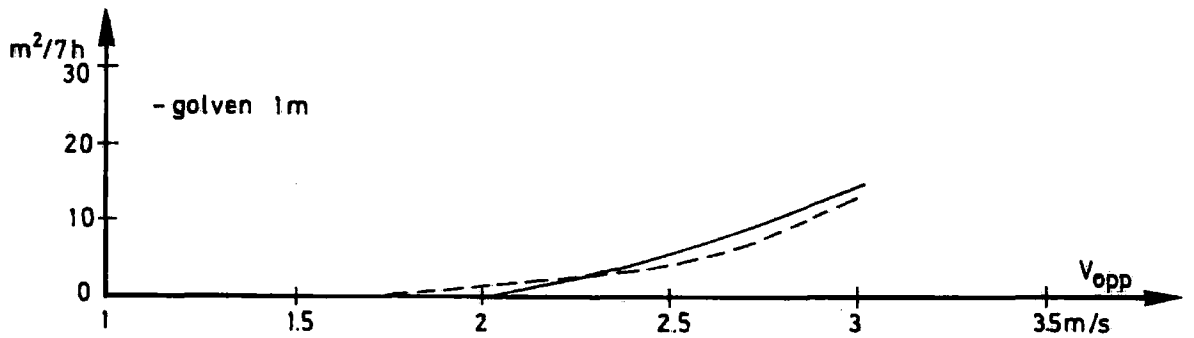
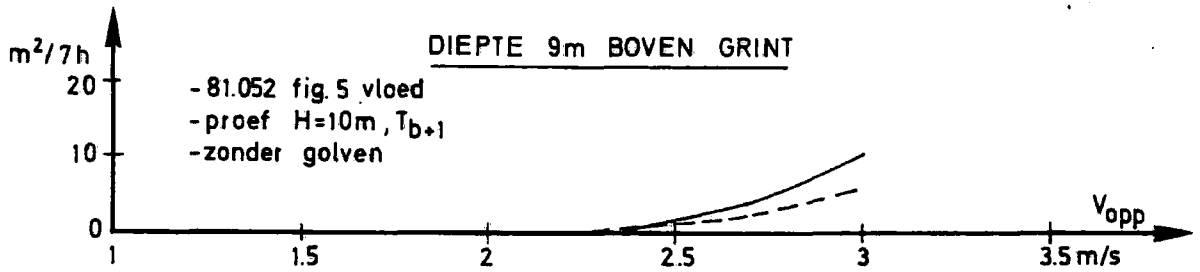
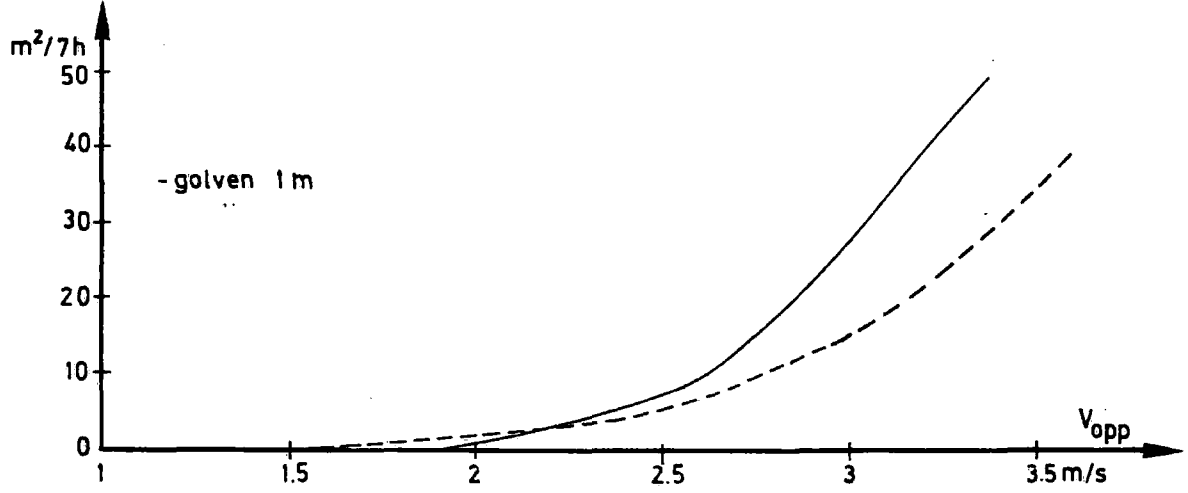
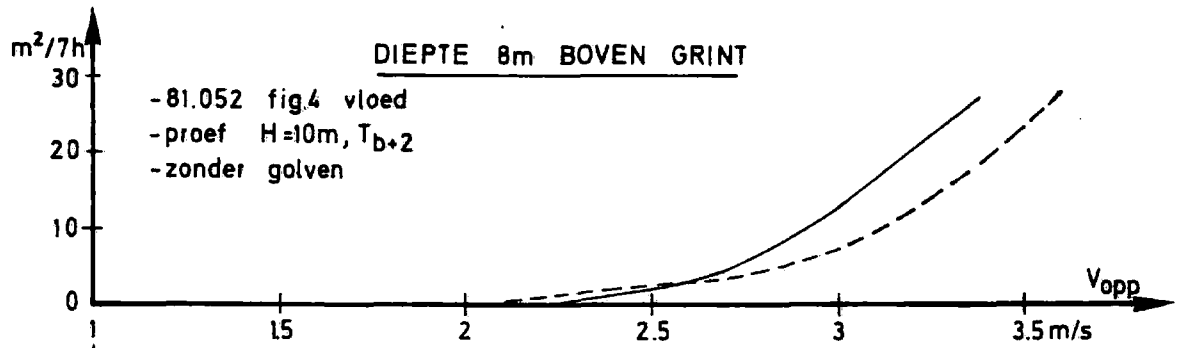
TRANSPORT i.f.v. OPPERVLAKTESNELHEID BOVEN HET EROSIEGRINT
VERGELIJKING BEREKENINGEN - MODELPROEVEN T1





— model
- - - berekeningen

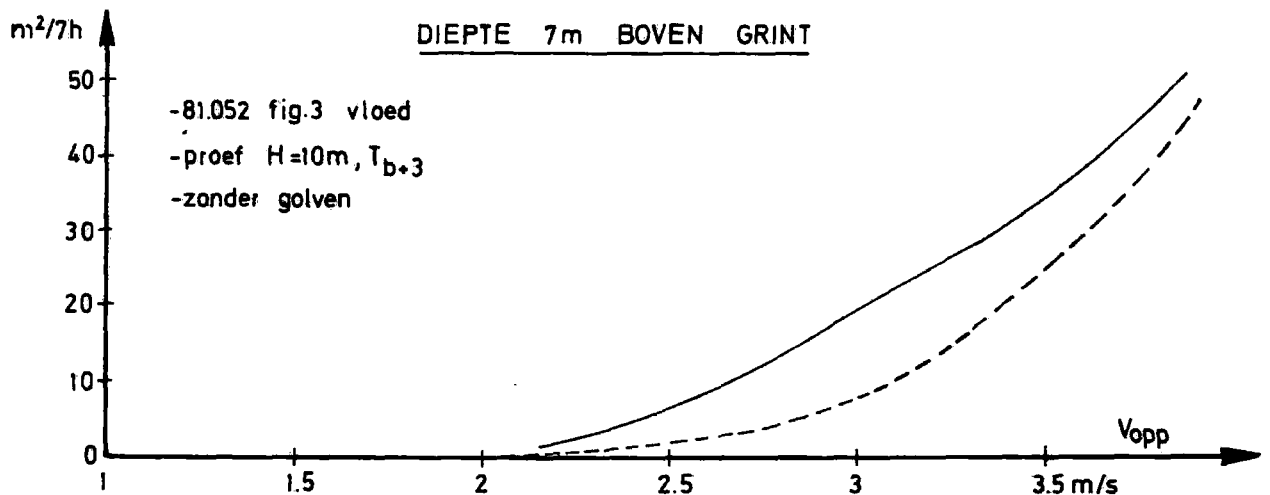
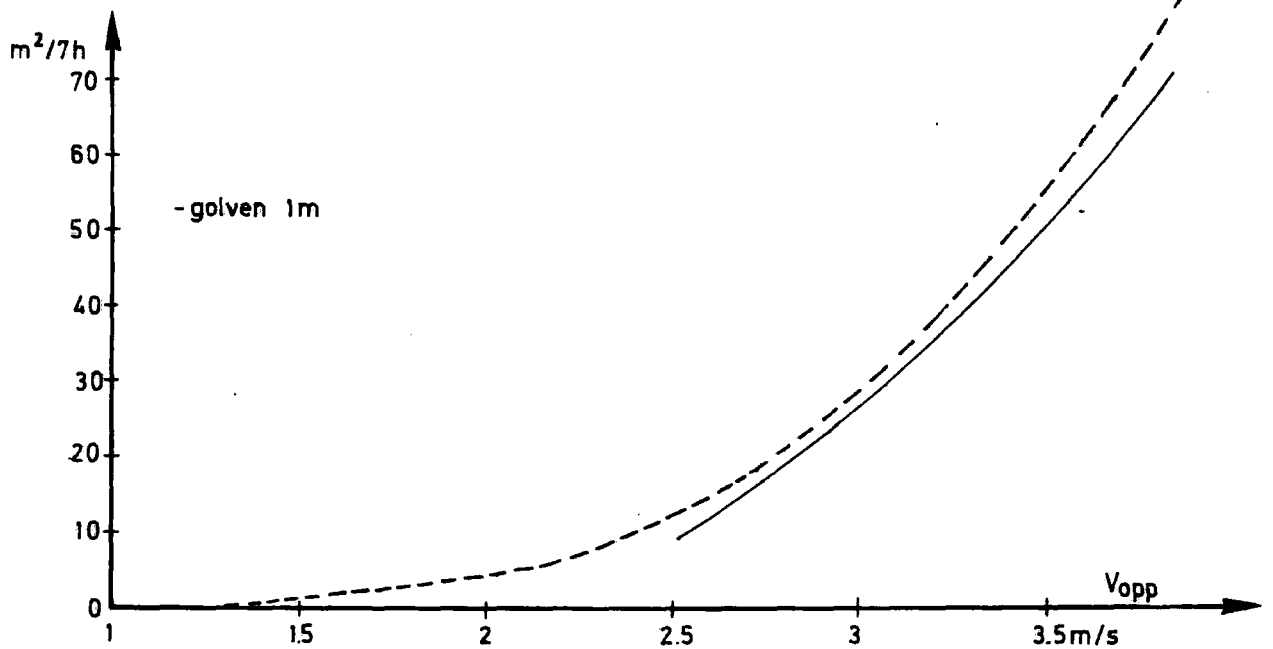
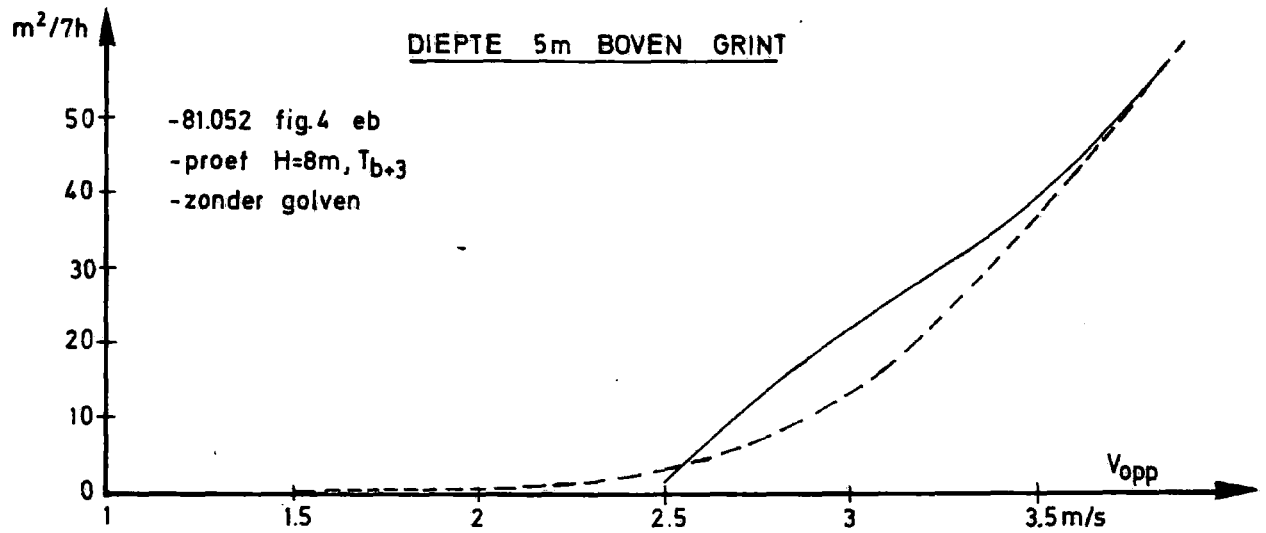
TRANSPORT i.f.v. OPPERVLAKTESNELHEID BOVEN HET EROSIEGRINT
VERGELIJKING BEREKENINGEN — MODELPROEVEN T1





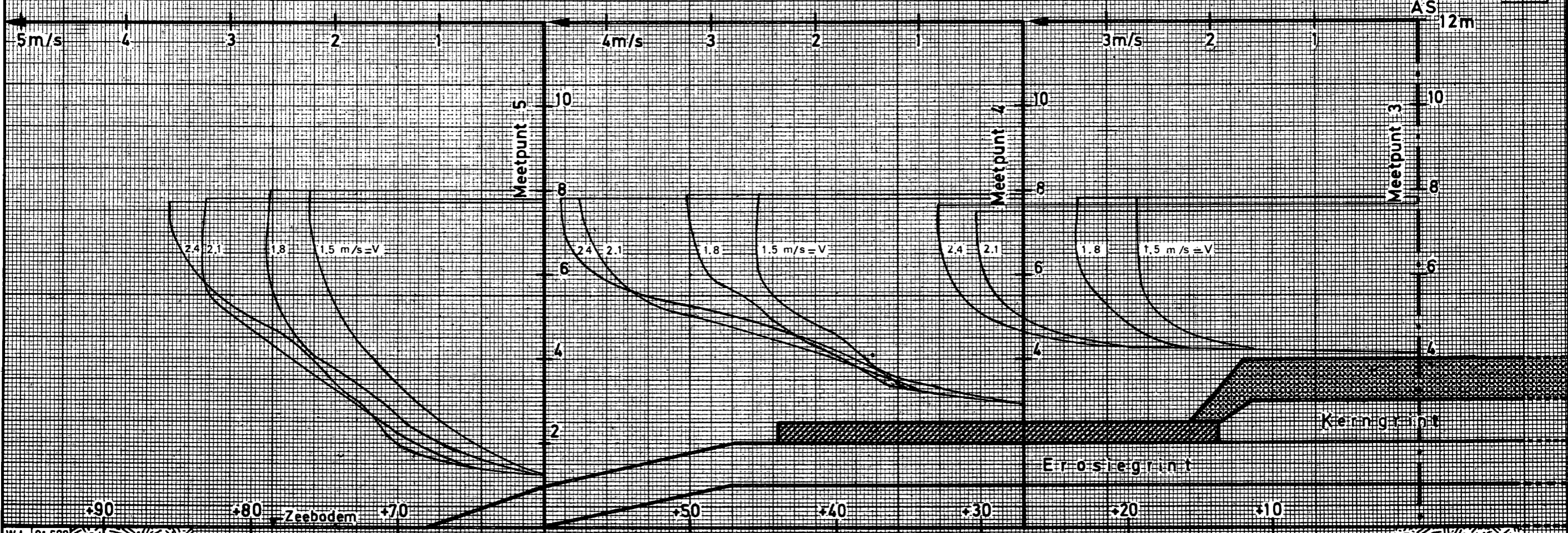
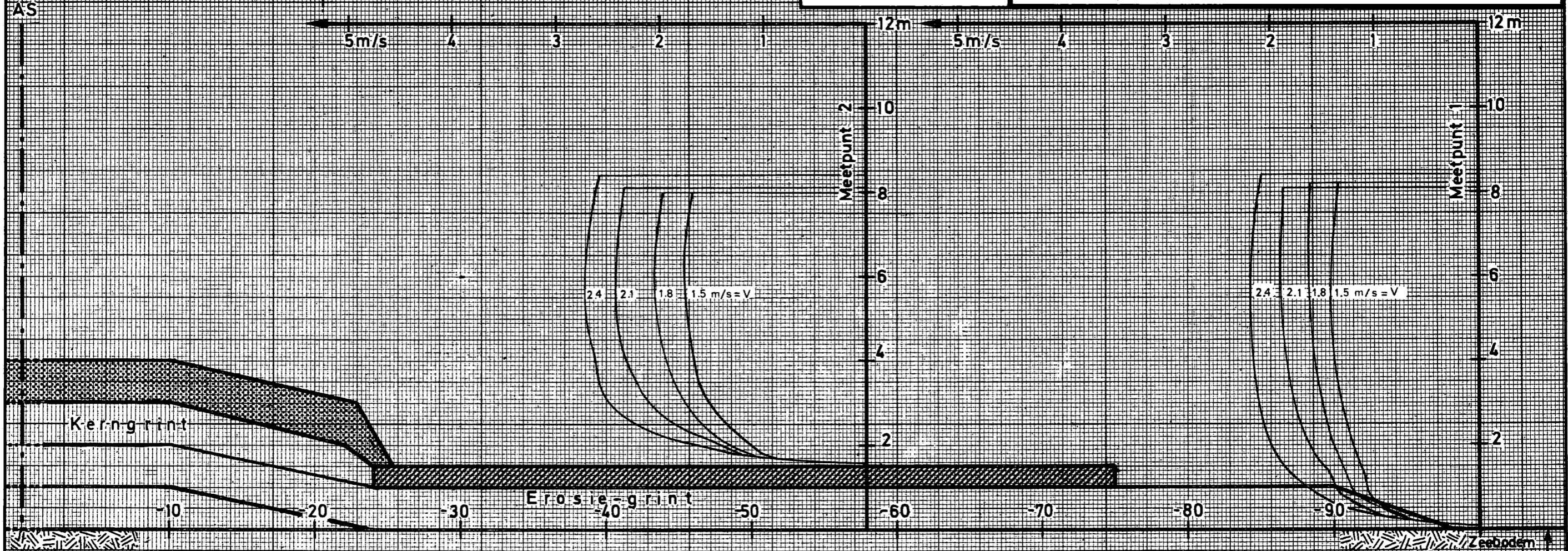
— model
- - - berekeningen

TRANSPORT i.f.v. OPPERVLAKTESNELHEID BOVEN HET KERNGRINT
VERGELIJKING BEREKENINGEN - MODELPROEVEN T2



MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1

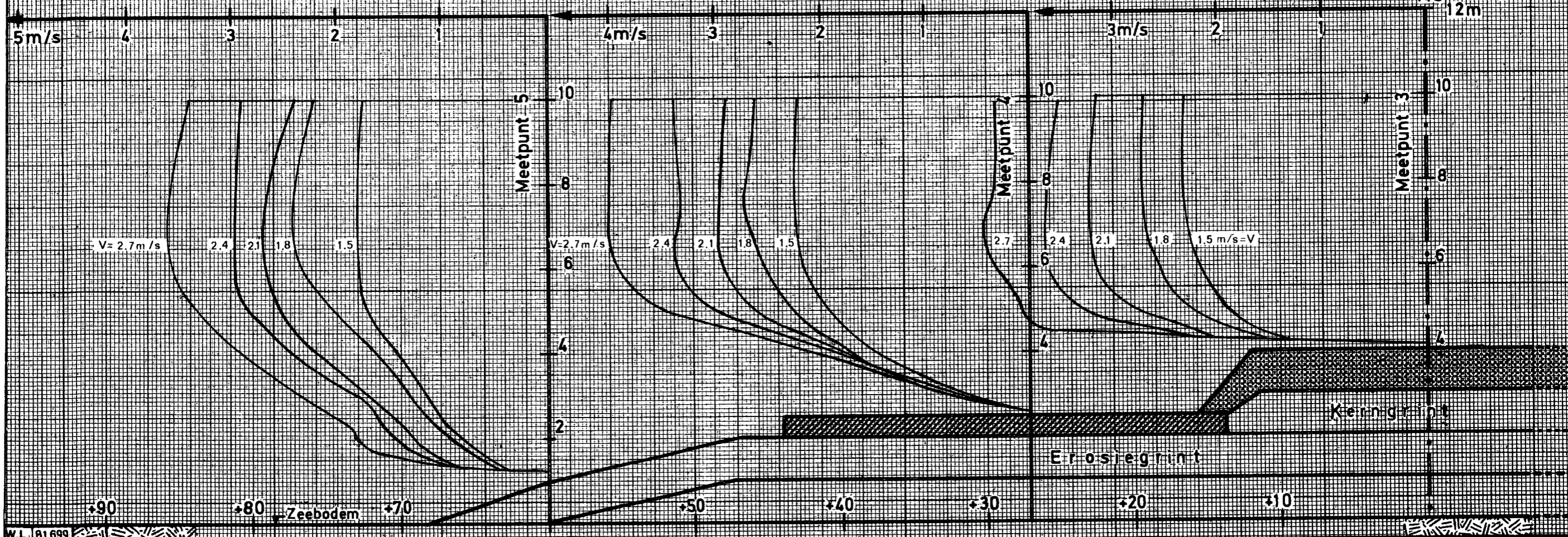
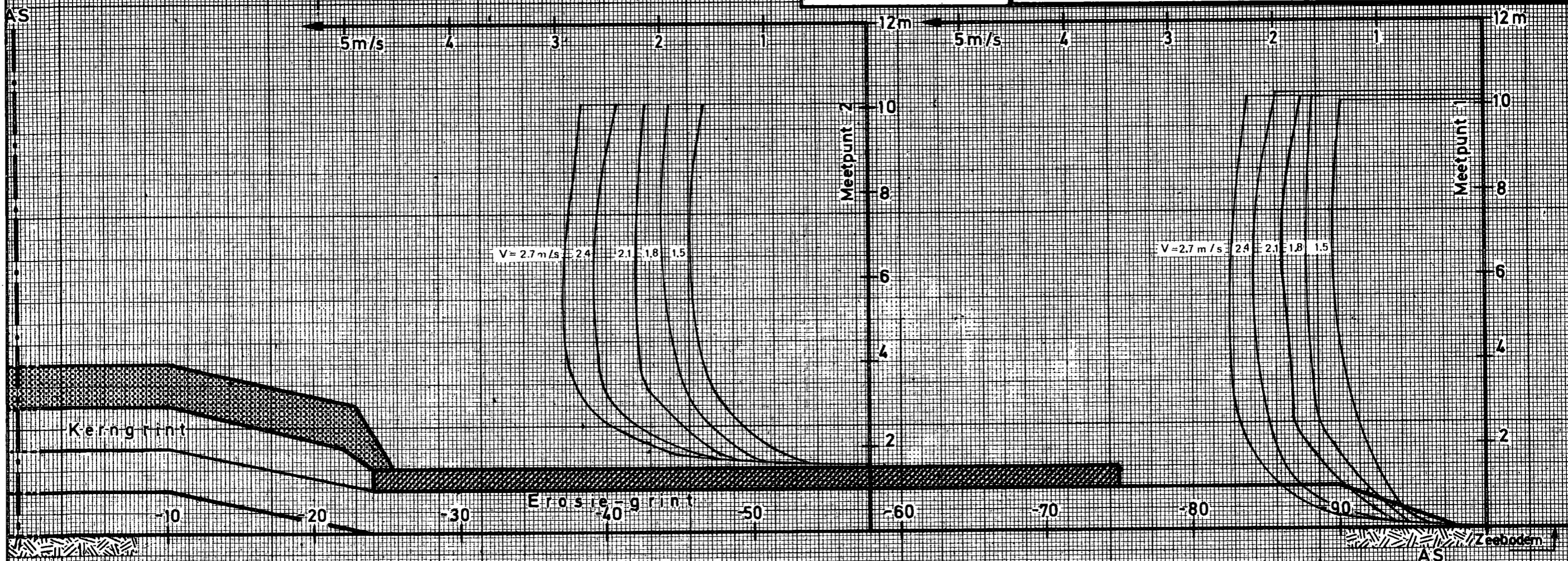
SITUATIE T3 - SNELHEIDSVEROORDEELING OVER DE DAMFUNDERING WATERDIEPTE : 8 m



MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1

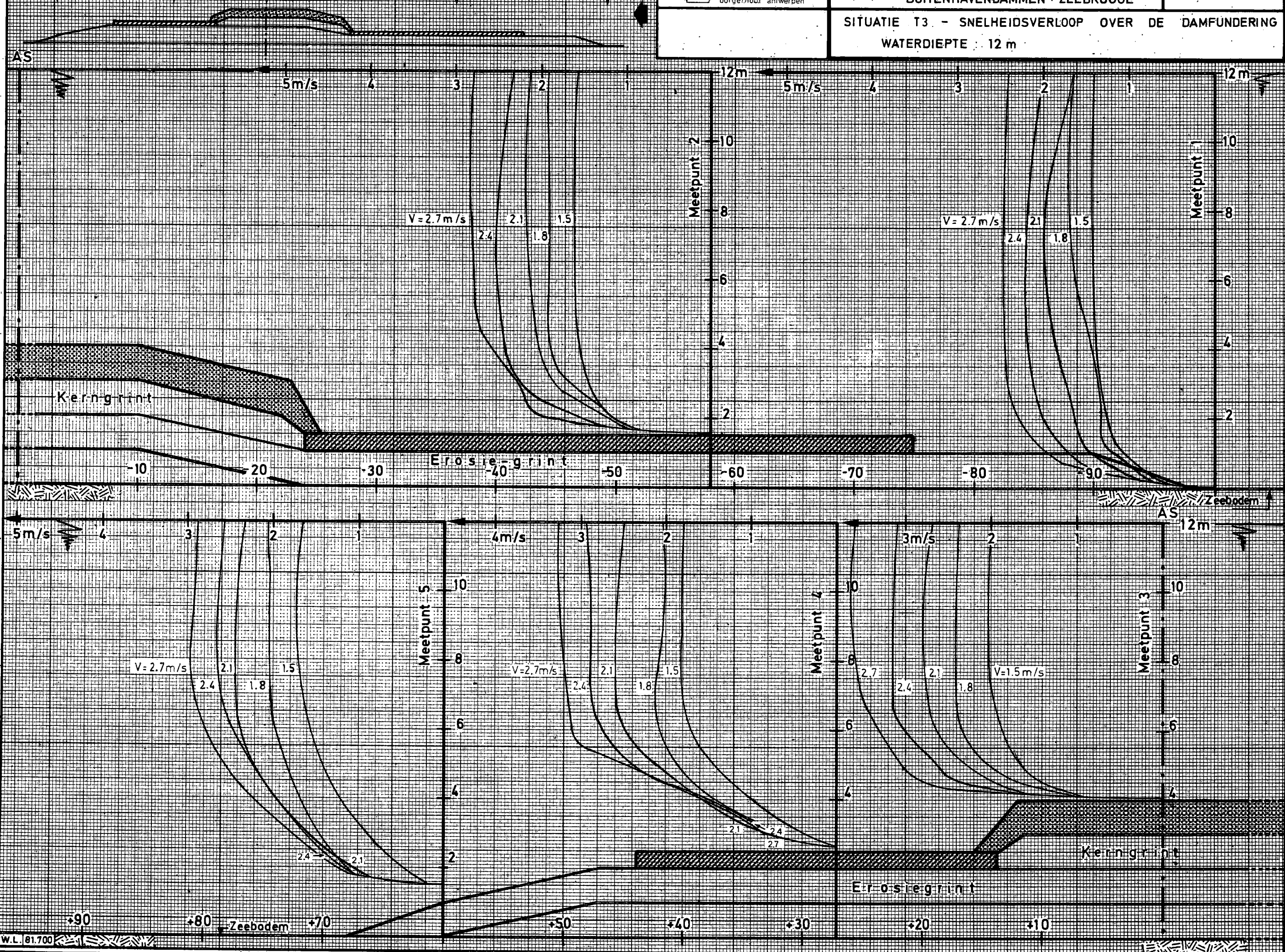
SITUATIE T3 - SNELHEIDSVEROORDE OVER DE DAMFUNDERING

WATERDIEPTE : 10 m



MP 5 MP 4 MP 3 MP 2 MP 1

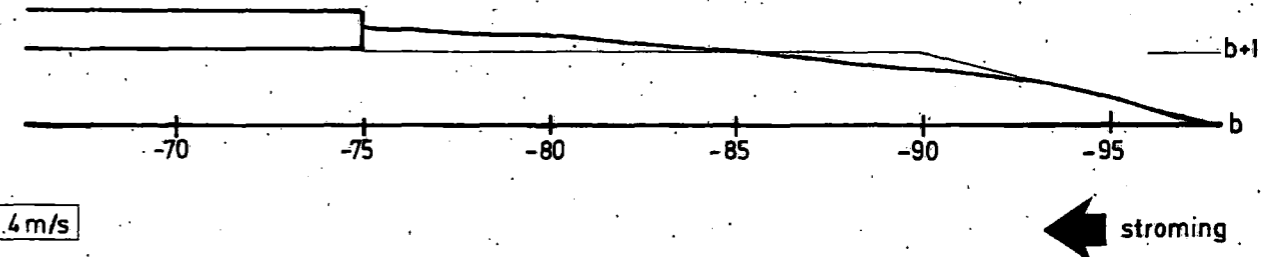
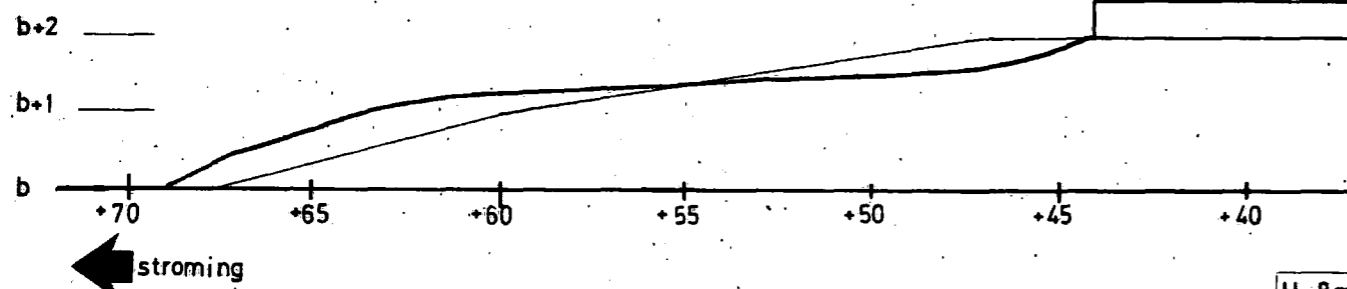
SITUATIE T3 - SNELHEIDSVIERLOOP OVER DE DAMFUNDING WATERDIEPTE 12 m



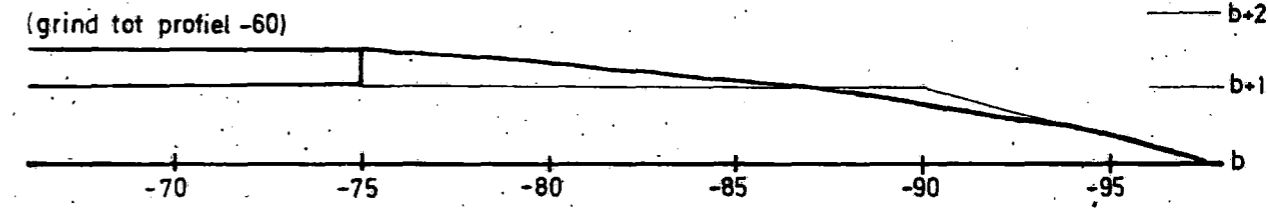
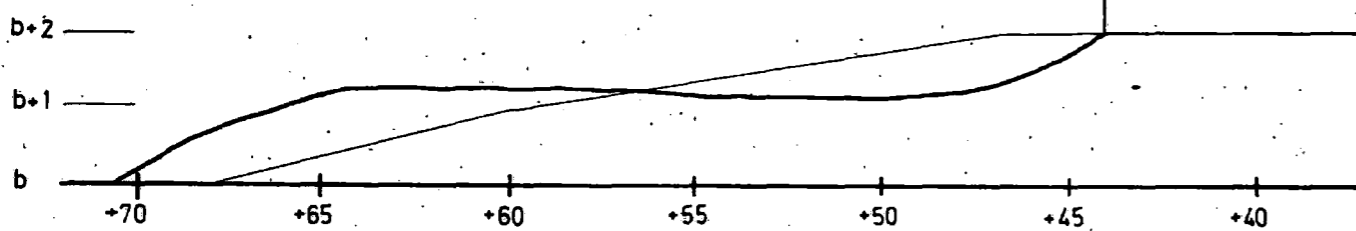
BODEMPROFIEL T3 NA EINDE PROEF (na 1h stromen model)

(bodemprofiel gemeten in de as van de goot)

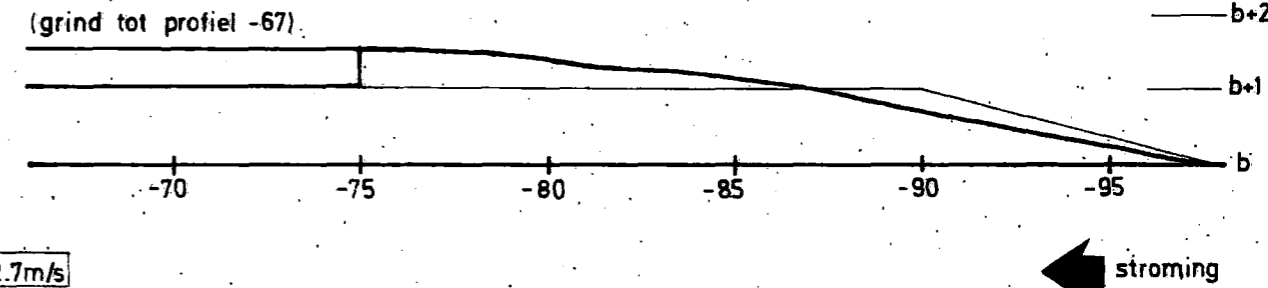
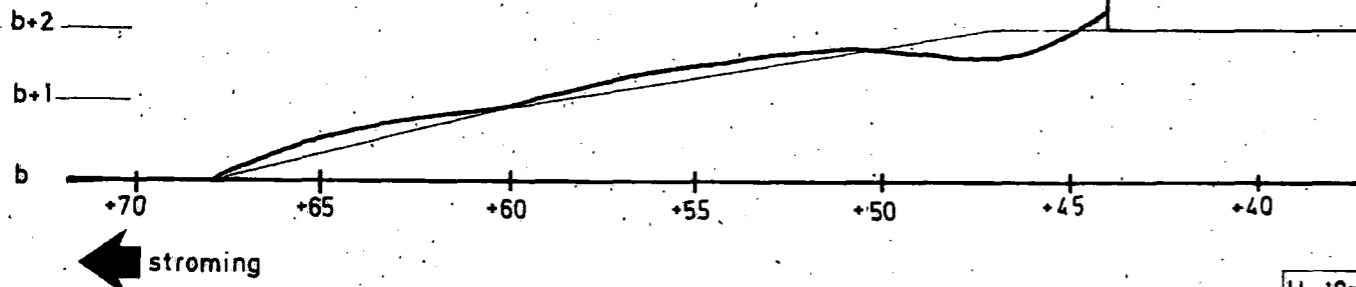
H=8m V=2.1m/s



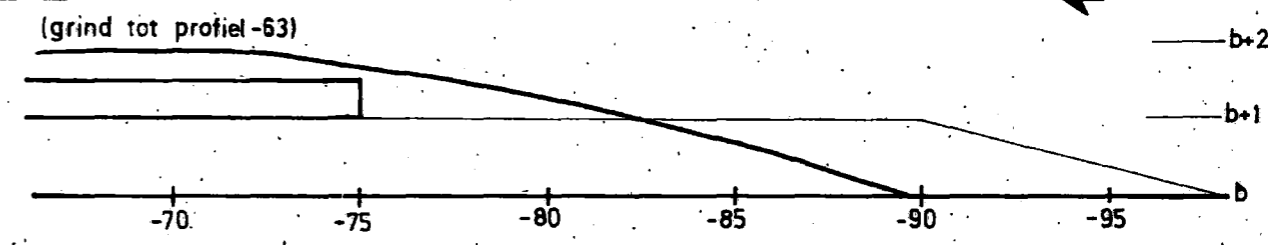
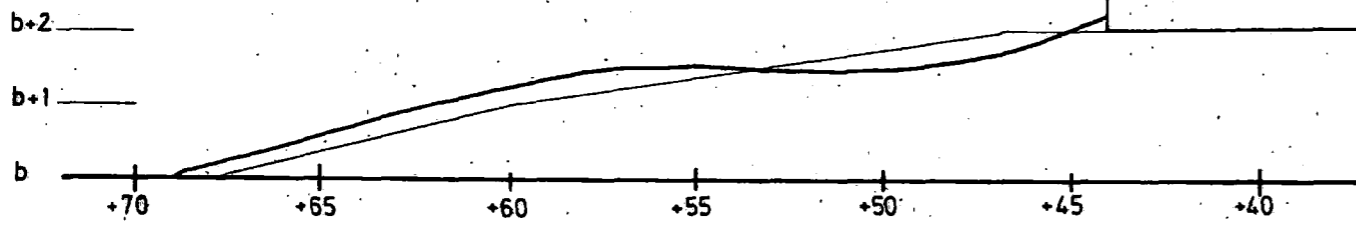
H=8m V=2.4m/s



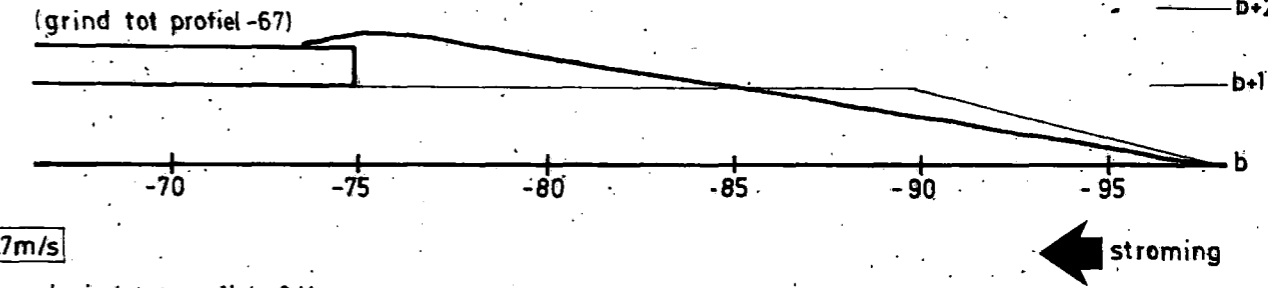
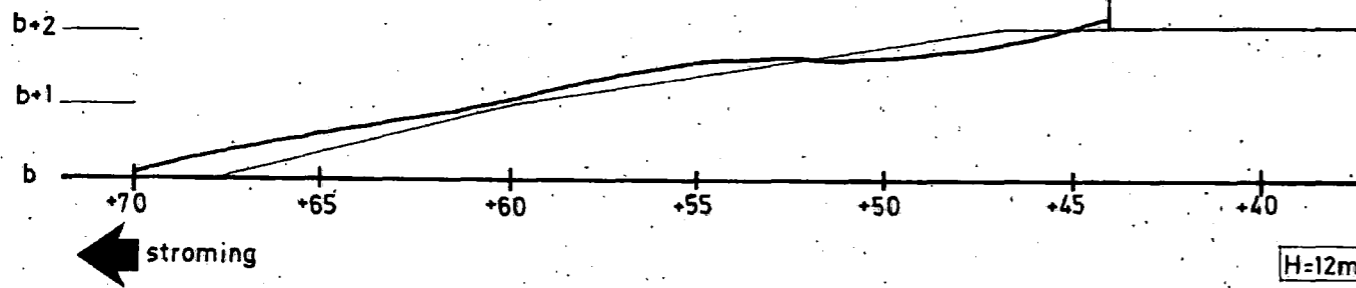
H=10m V=2.4m/s



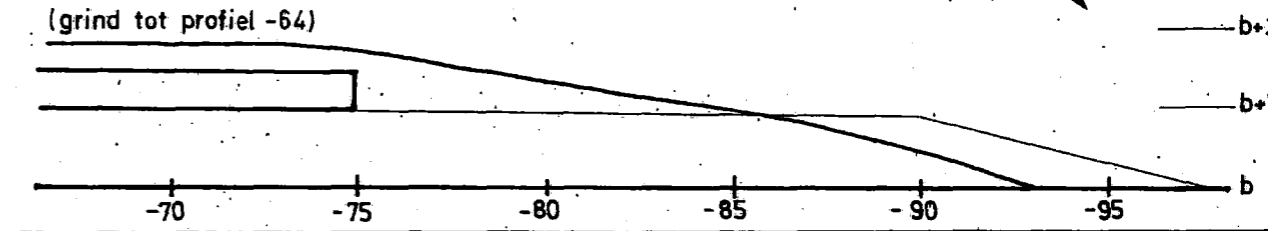
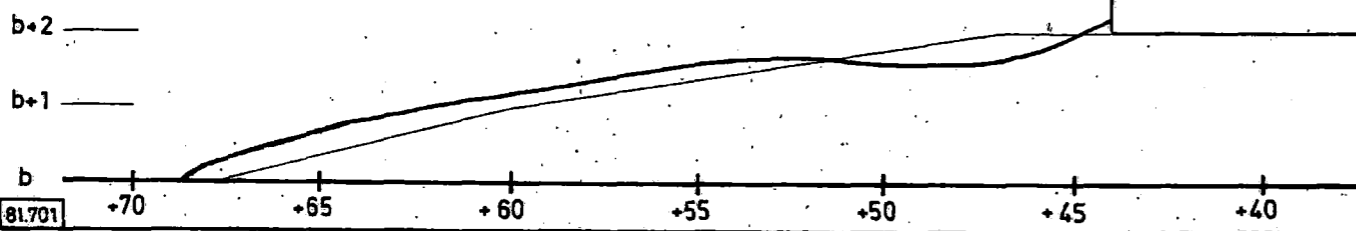
H=10m V=2.7m/s



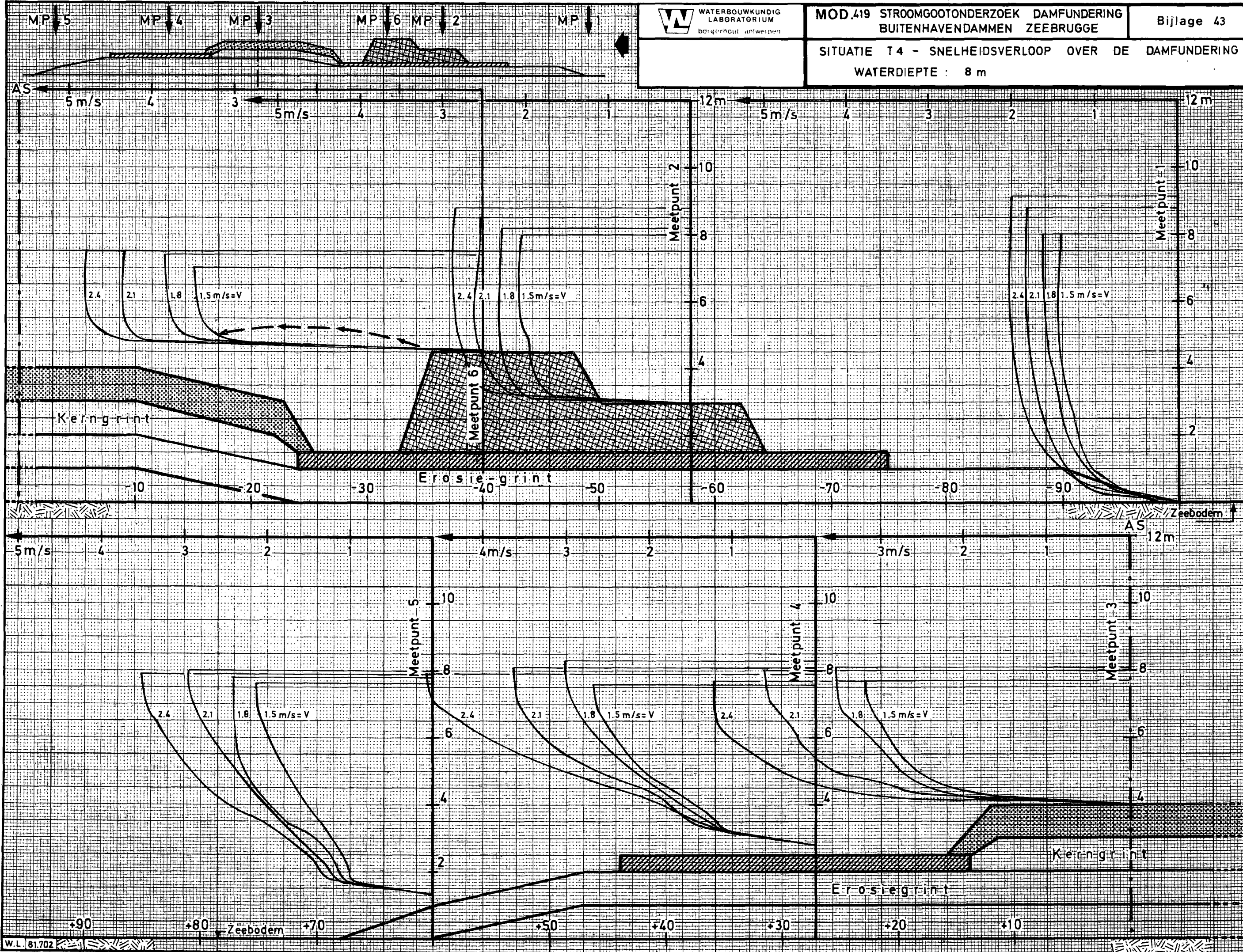
H=12m V=2.4m/s



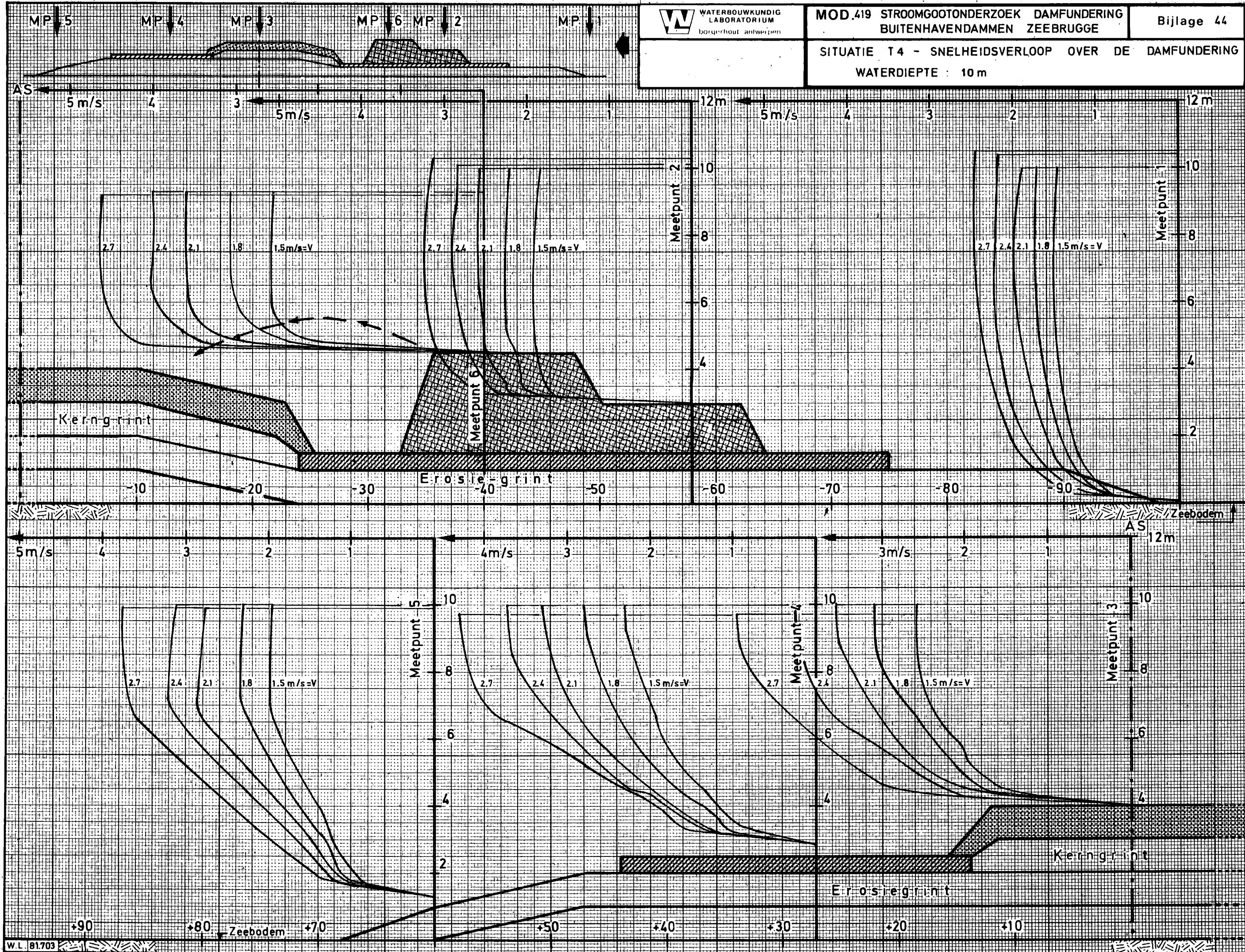
H=12m V=2.7m/s

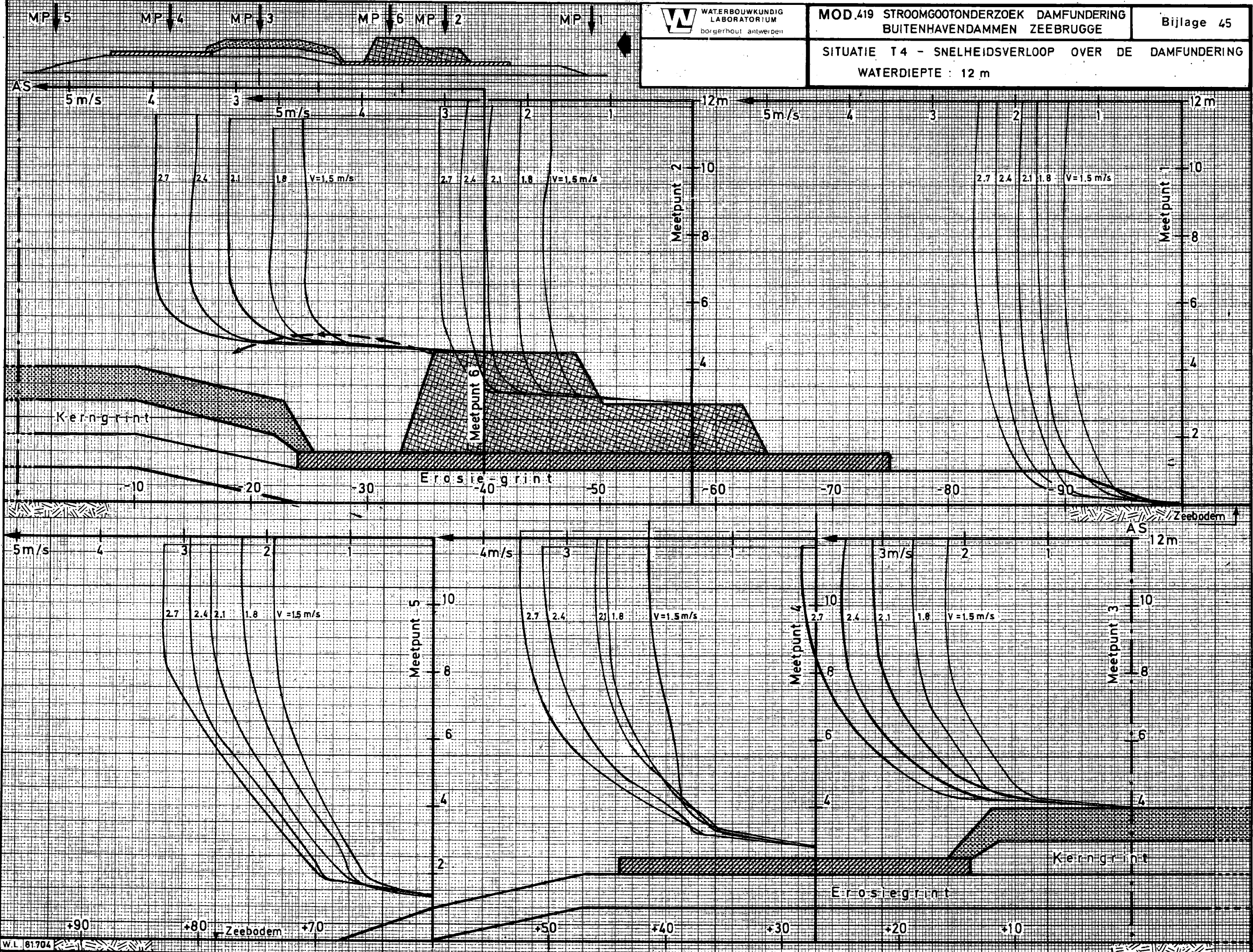


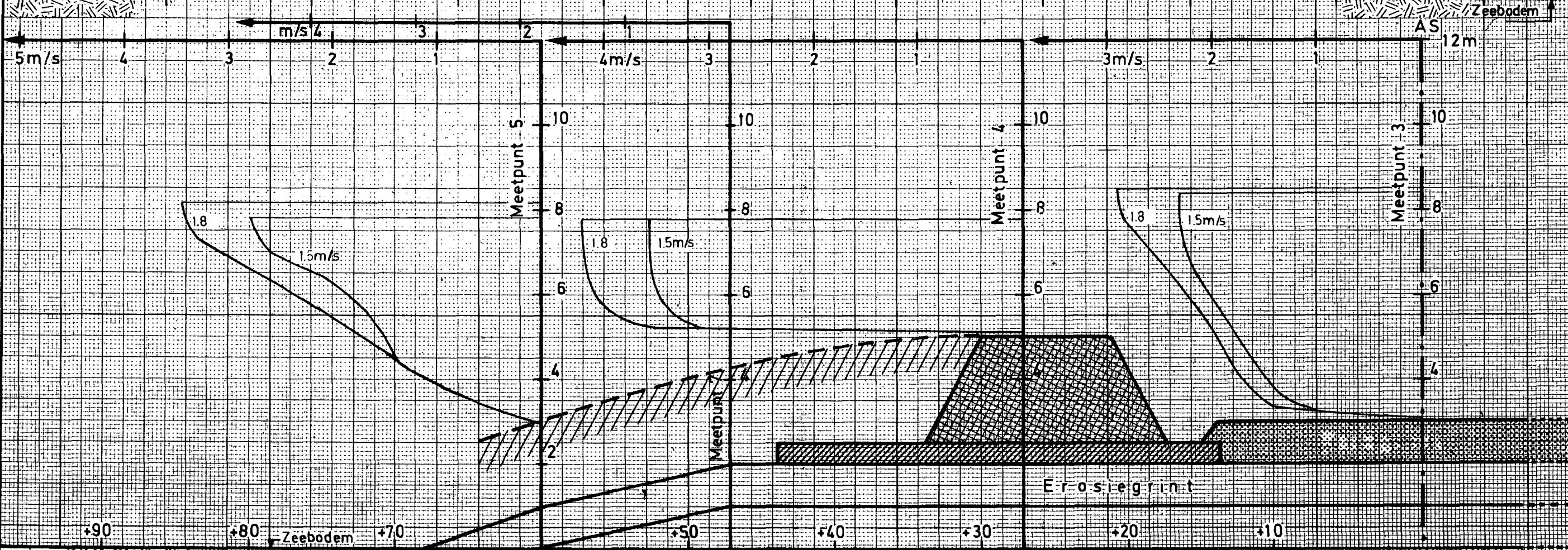
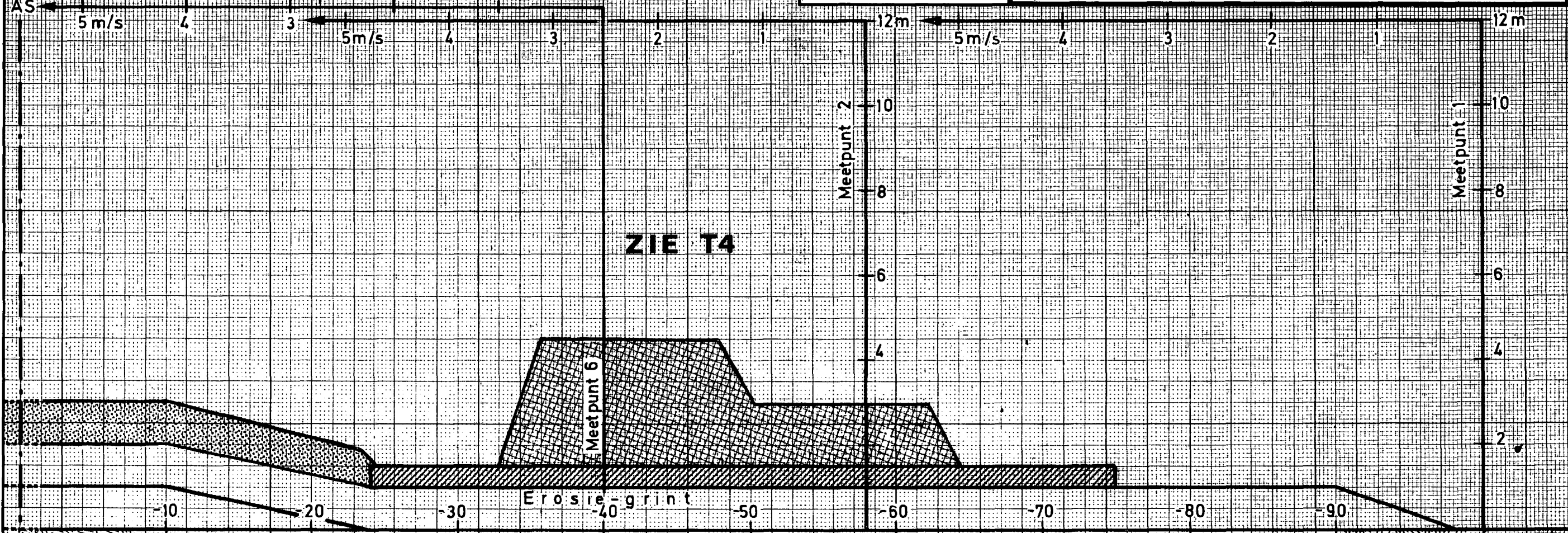
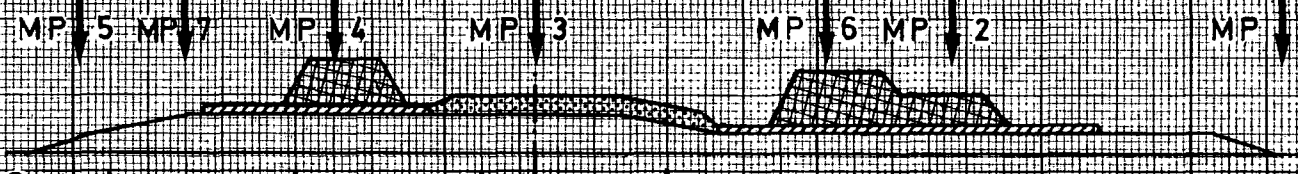
SITUATIE T4 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 8 m

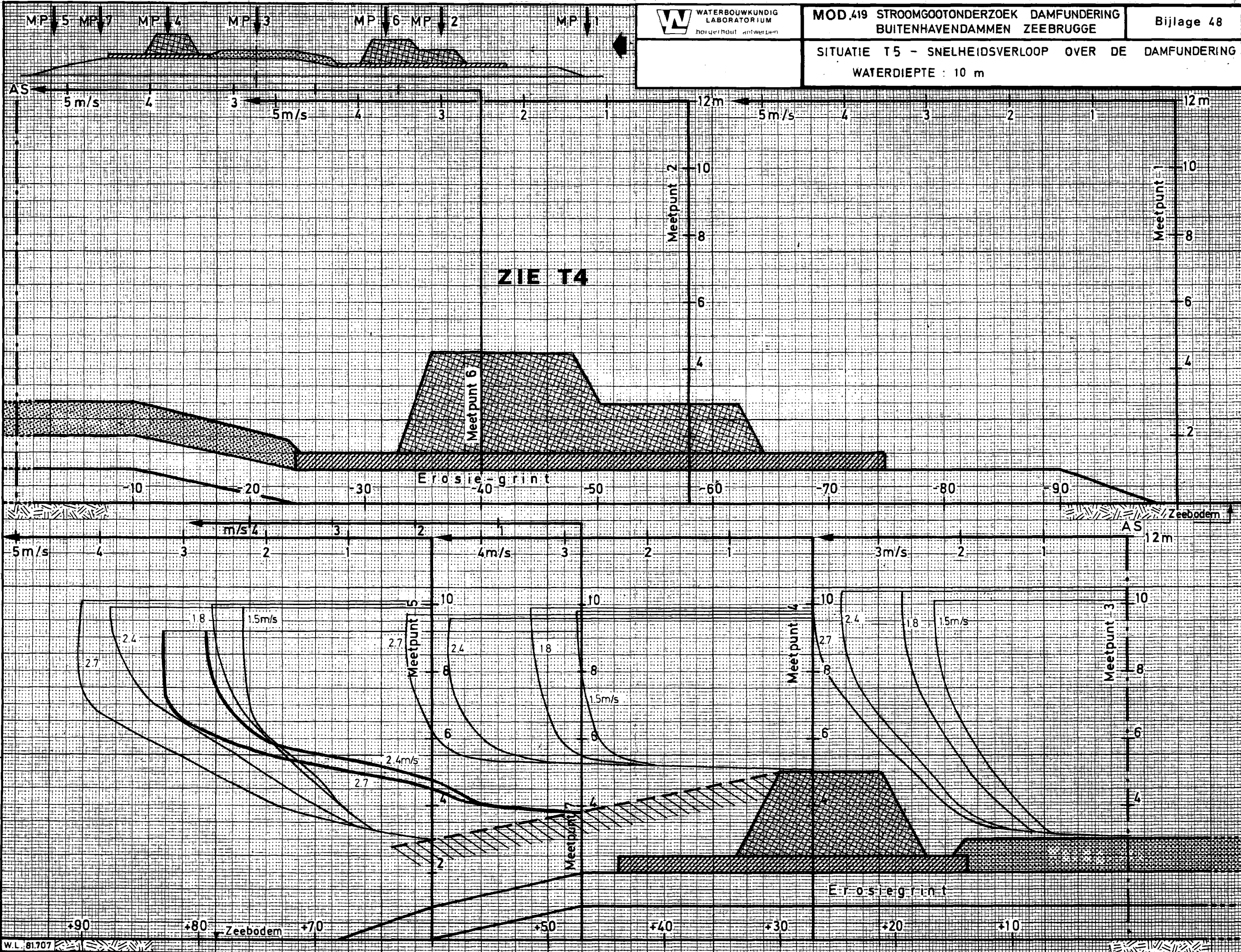


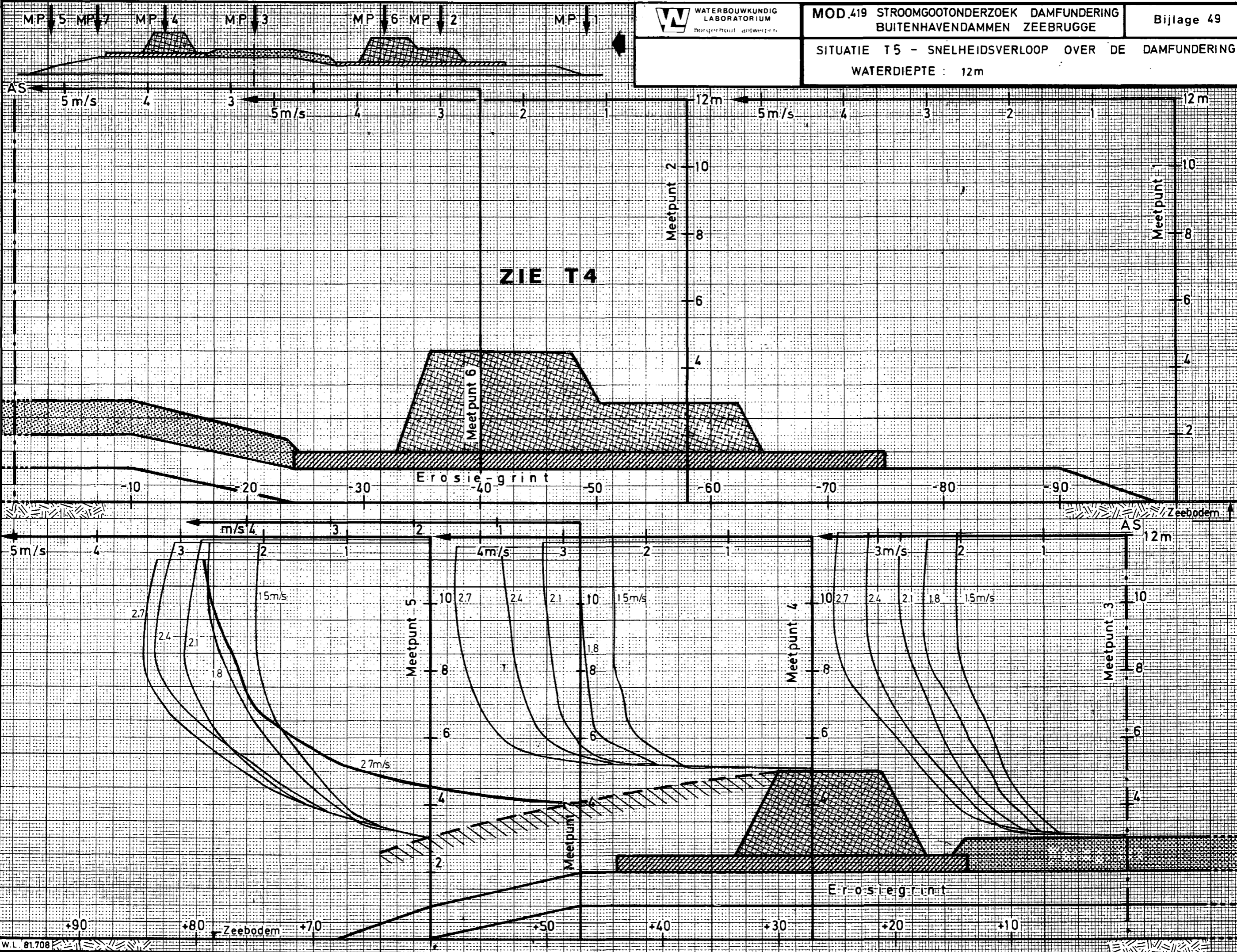
SITUATIE T4 - SNELHEIDSVERLOOP OVER DE DAMFUNDERING
WATERDIEPTE : 10 m









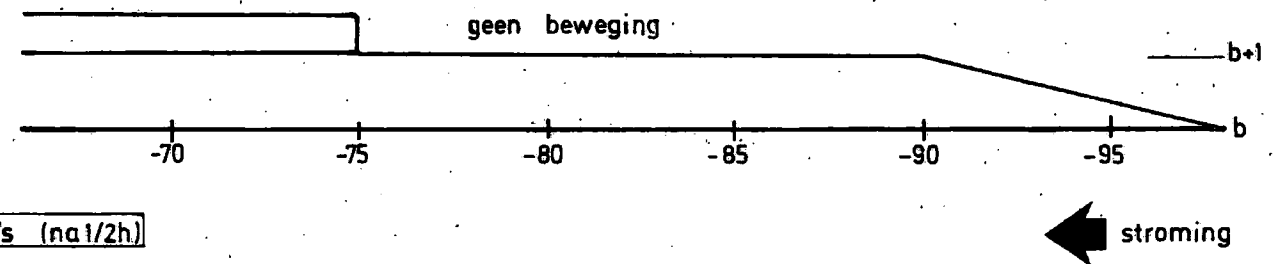
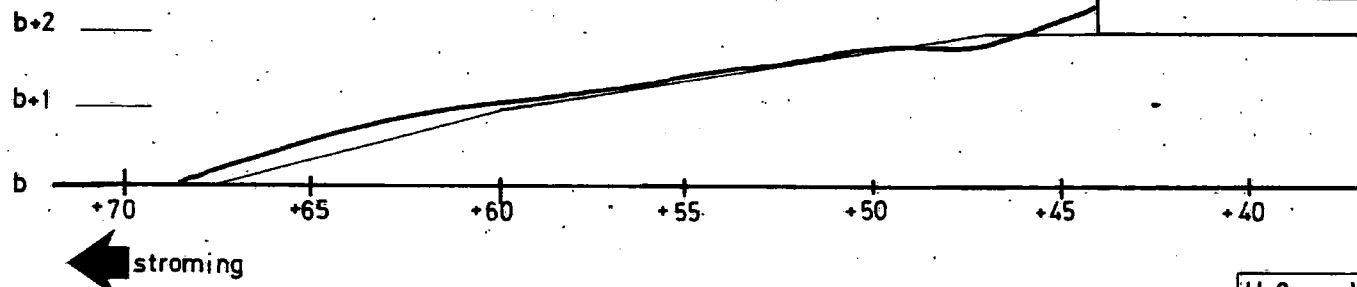


tijd in uren model
(1h model \approx 4h natuur)

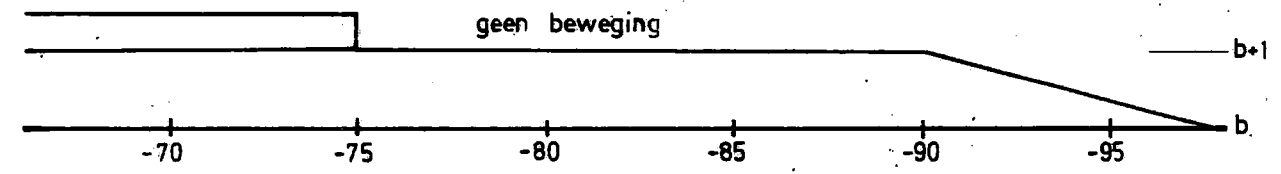
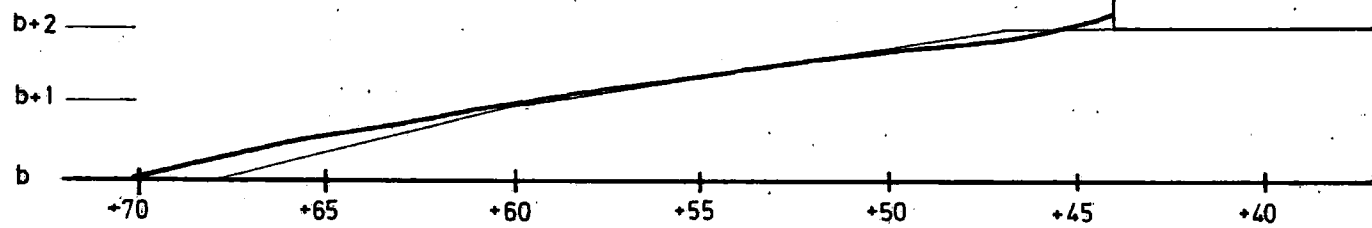
BODEMPROFIEL T5 NA EINDE PROEF

(bodemprofiel gemeten in de as van de goot)

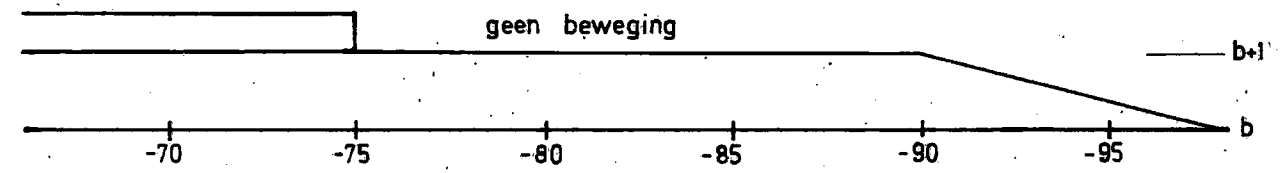
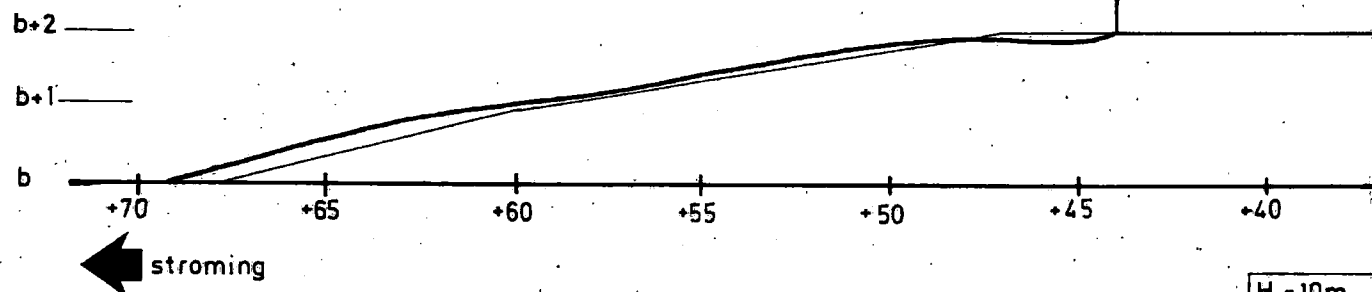
H=8m V=1.5m/s (na 1h)



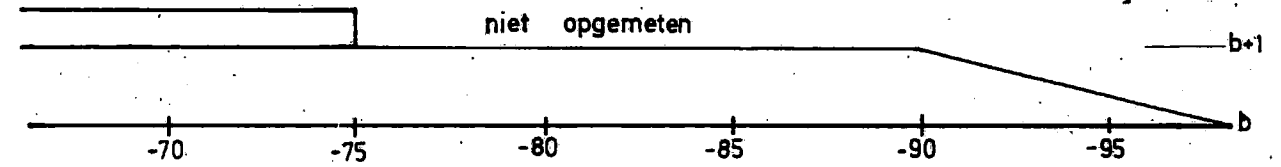
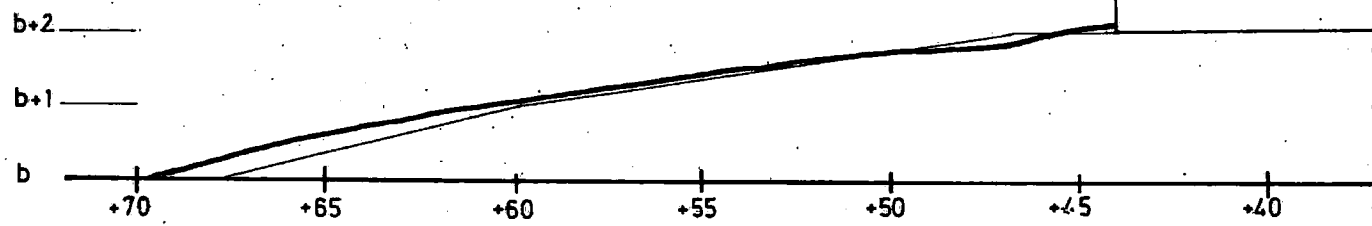
H=8m V=1.8m/s (na 1/2h)



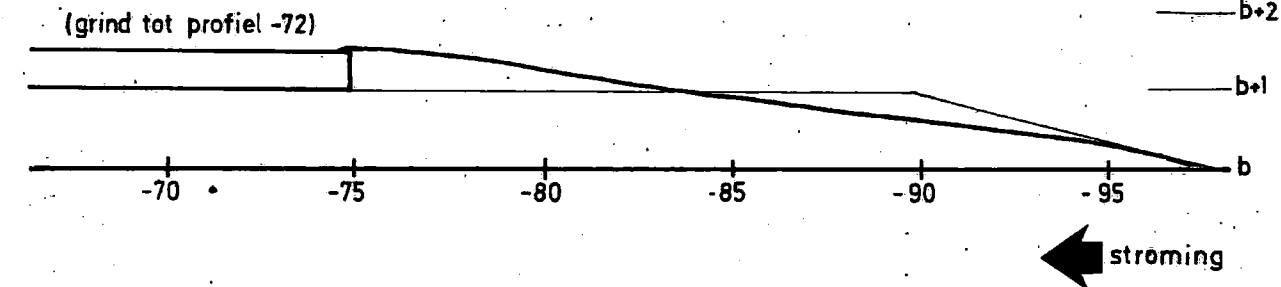
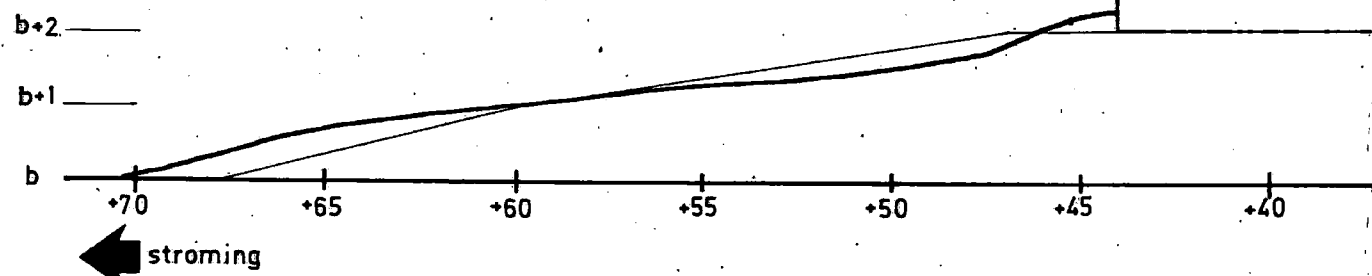
H=10m V=1.8m/s (na 1h)



H=10m V=2.4m/s (na 1h)



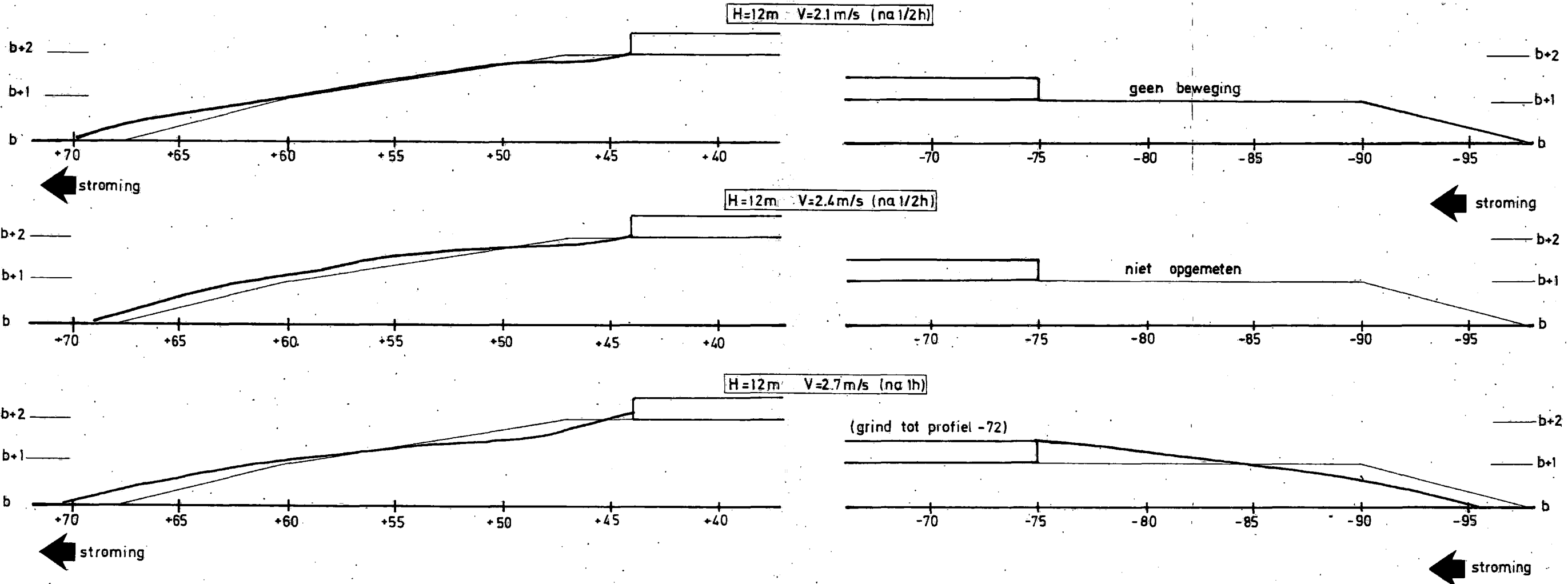
H=10m V=2.7m/s (na 1/2h)



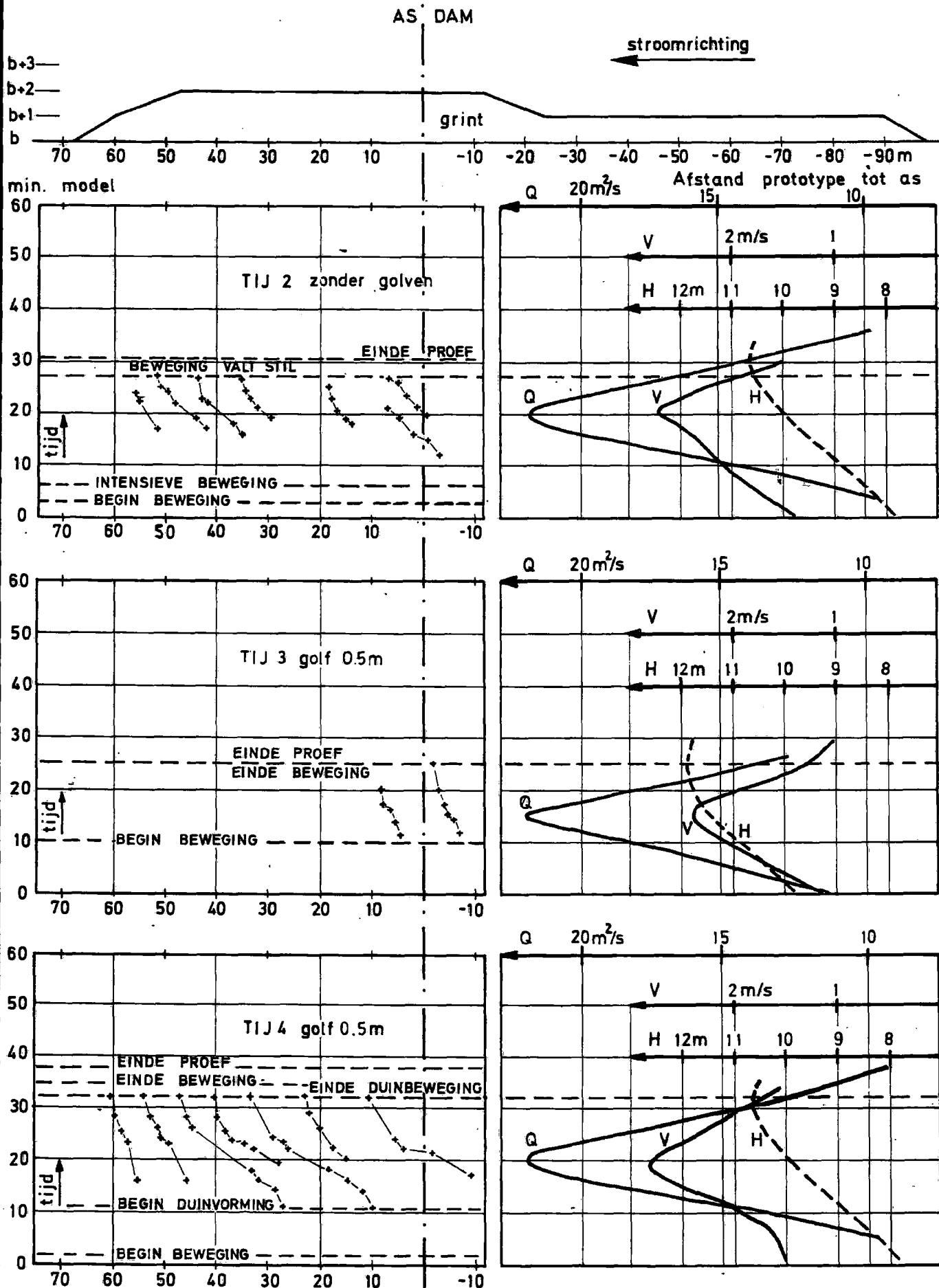
tijd in uren model
(1h model \approx 4h natuur)

BODEMPROFIEL T5 NA EINDE PROEF

(bodemprofiel gemeten in de as van de goot)

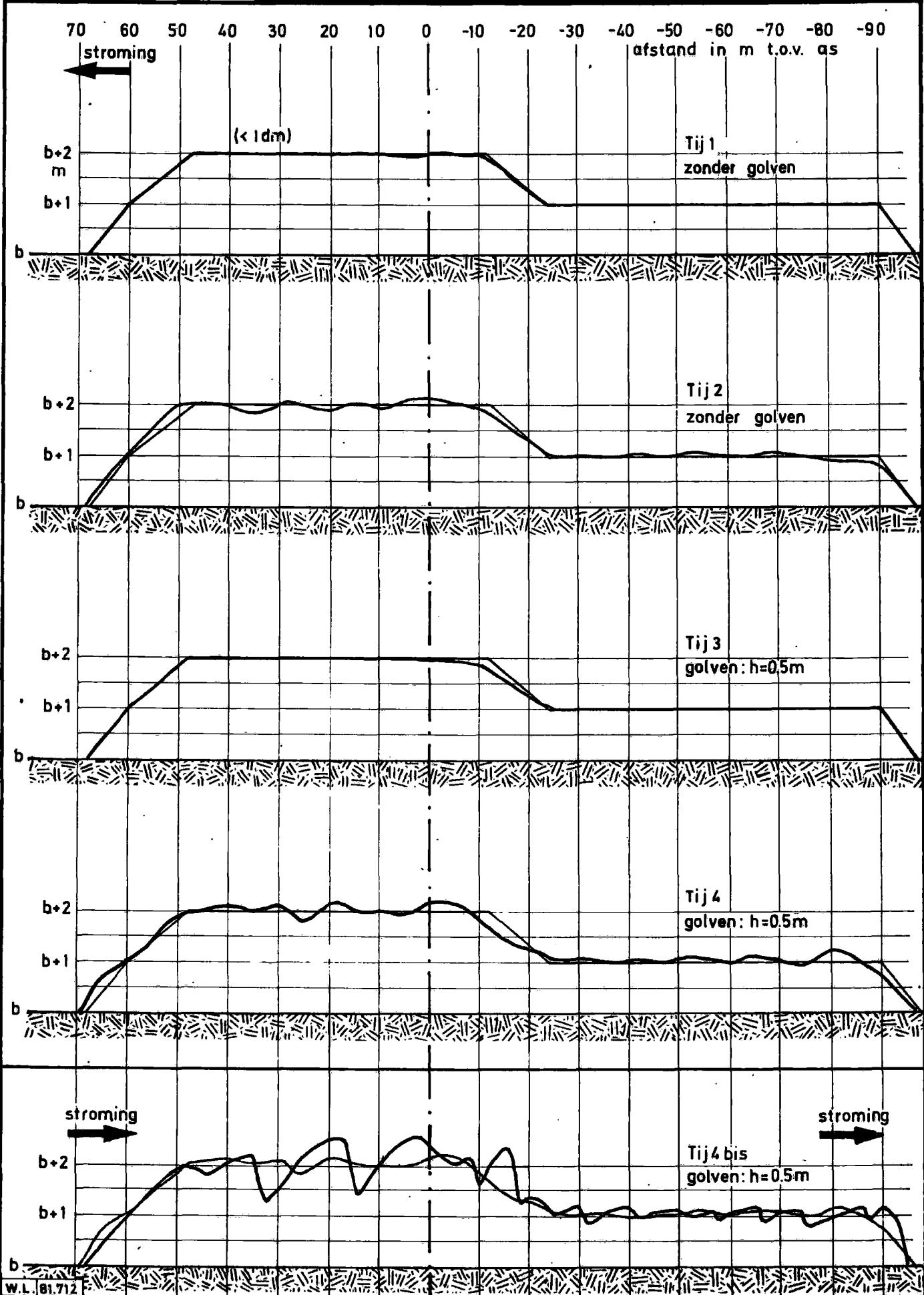


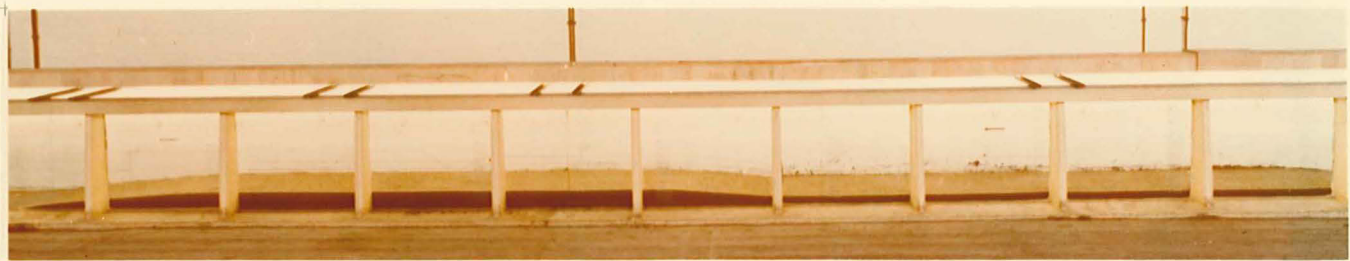
**SITUATIE T1 MET GETIJ-SIMULATIE
VERPLAATSING DUINEN TIJDENS DE PROEF**



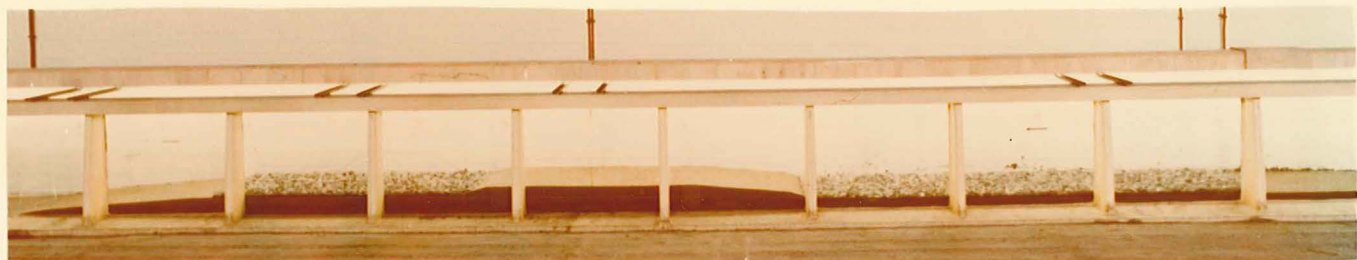


BODEMPROFIEL T1 NA EINDE PROEF (1 VLOED)





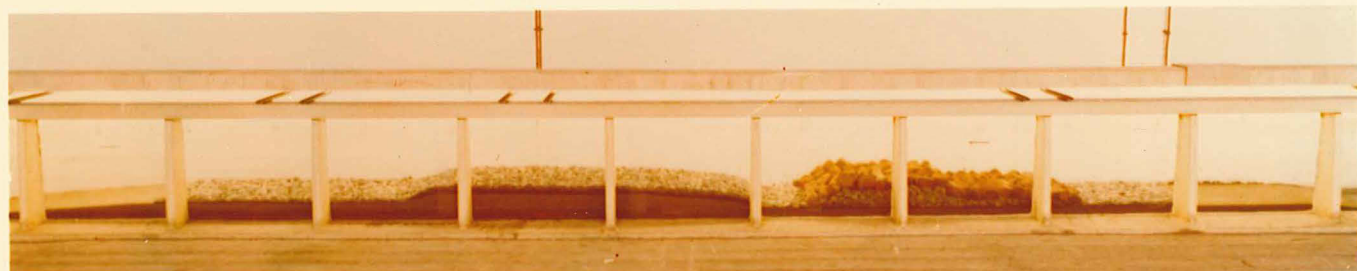
Situatie T1



T2



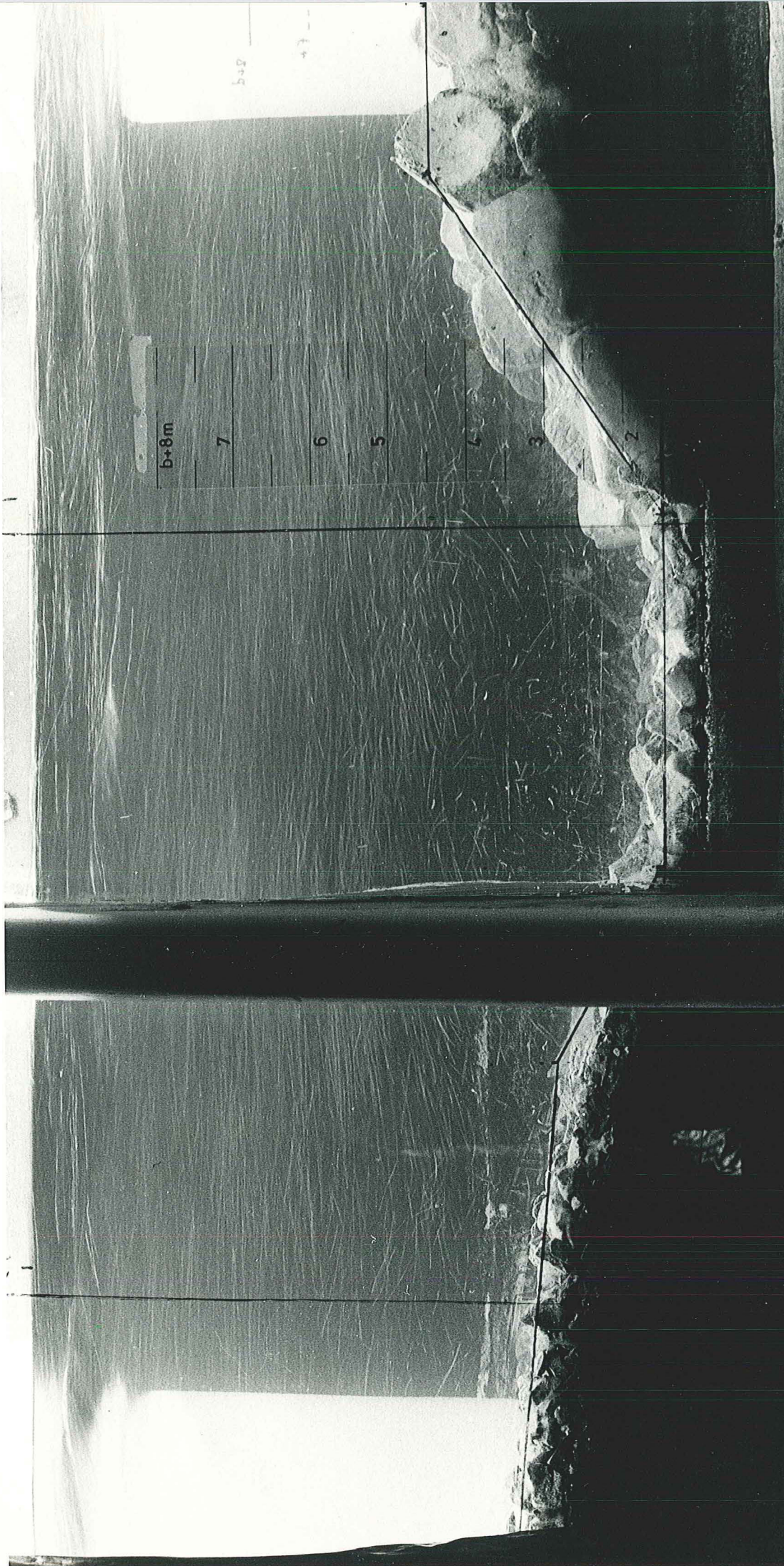
T3



T4



T5



MOD 419
 T 4 H = 10
 FE V = 2.4

b+8m

7

6

5

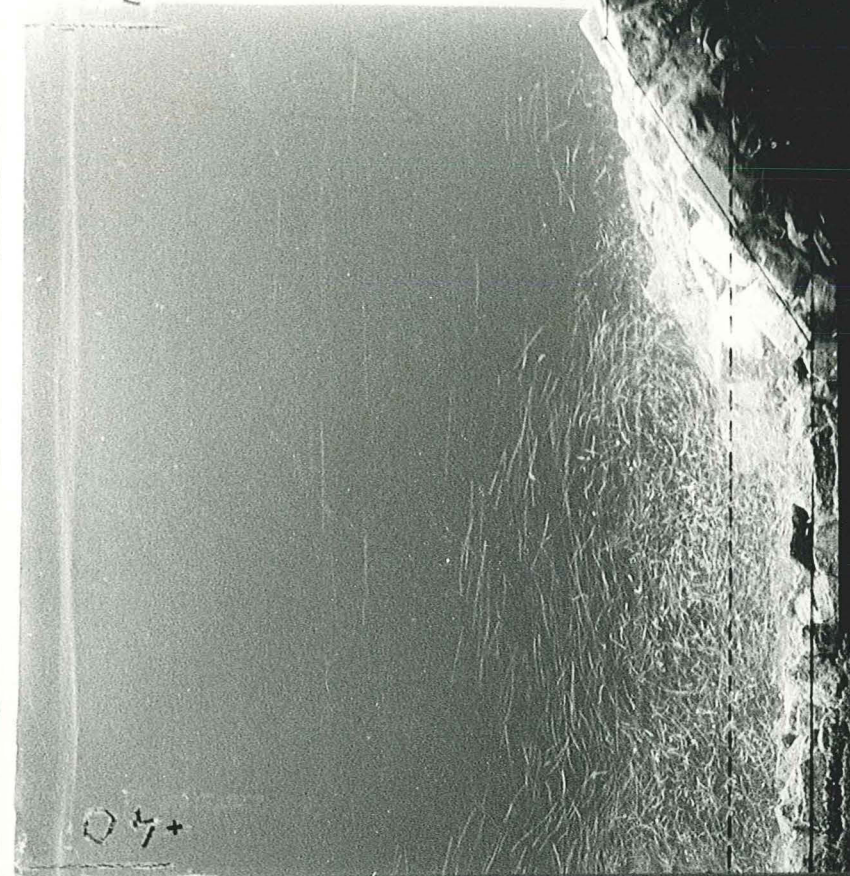
4

3

2

+30

+04



00 419
 12
 24
 F

11

10

9

b+8m

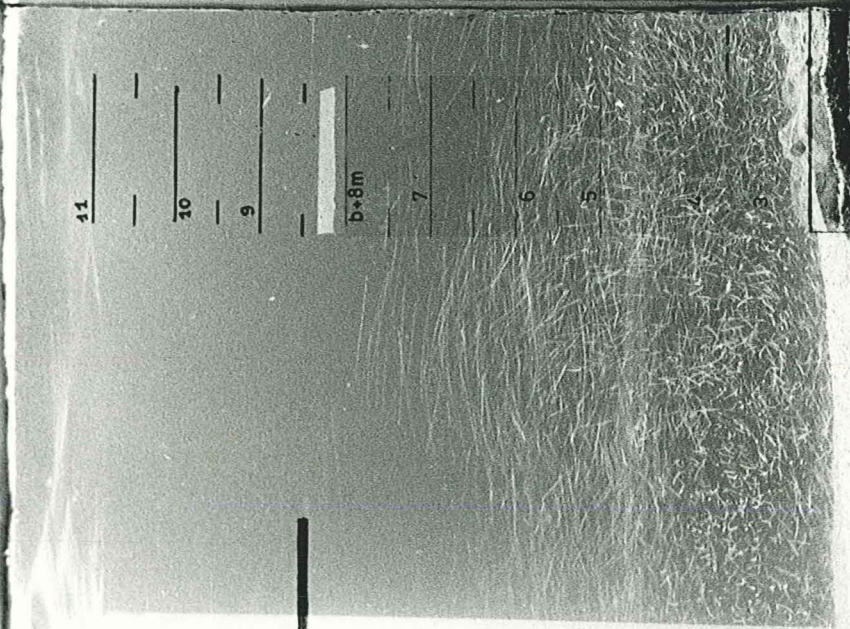
7

6

5

4

3



+50



editie

WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115
2200 BORGERHOUT
BELGIE
TELEFOON 031/36.18.50.

