



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM BORGERHOUT

BERCHEMLEI 115 2200 ANTWERPEN TEL: 03/236.18.50

*J. Peeters.*

# HAVEN VAN ZEEBRUGGE

STUDIE OP SEDIMENTOLOGISCH MODEL

# BIJKOMENDE PROEVEN

1983

**MOD. 387 S-9**

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
borgerhout antwerpen

---



ministrerie van openbare werken  
bruggen en wegen  
bestuur der waterwegen

HAVEN VAN ZEEBRUGGE

STUDIE OP SEDIMENTOLOGISCH MODEL

BIJKOMENDE PROEVEN

MOD.387.S-9

1. Inleiding
2. Invloed wegname gesedimenteerd materiaal
3. Invloed stroombeeld en snelheidsdistortie
4. Invloed golven
5. Invloed beweegbaar materiaal
6. Invloed Westerstormen.
7. Besluiten

### Bijlagen.

1. Oorspronkelijk toegepaste zomercyclus
2. Oorspronkelijk toegepaste wintercyclus
3. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 1e proef
4. Oorspronkelijke en nieuwe uitbouwfasering
5. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 2e proef
6. Tabel weggenomen volumes gesedimenteerd materiaal 2e en 3e proef
7. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 3e proef
8. Nieuwe ijking maximum vloed
9. Nieuwe ijking maximum eb
10. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 4e proef
11. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 5e proef
12. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 6e proef
13. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 7e proef
14. Invloed bodemruwheid op stroombeeld maximum vloed
15. Invloed bodemruwheid op stroombeeld maximum eb
16. Bodemtoestand T0 + 18 en T0 + 24 polystyreen - 8e proef
17. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 9e proef
18. Nieuwe zomercyclus inclusief golven uit WNW
19. Nieuwe wintercyclus inclusief golven uit WNW
20. Bodemtoestand 2 jaar na volledige uitbouw - 10e proef
21. Evolutie geërodeerde oppervlakten t.h.v. NW-dam 1e t.e.m. 3e proef
22. Evolutie geërodeerde volumes t.h.v. NW-dam 1e t.e.m. 3e proef
23. Overzicht der proefresultaten

## 1. INLEIDING.

De studie op het sedimentologisch schaalmodel betreffende de bodemevoluties in de onmiddellijke omgeving van de havendammen der nieuwe voorhaven te Zeebrugge heeft ertoe geleid enig idee te verkrijgen betreffende het risico van erosies die zich zouden kunnen voordoen tijdens de uitbouw en daardoor de stabiliteit der havendammen in gevaar zouden kunnen brengen.

Zoals gesteld in de besluiten van het rapport WLB Mod.387.S-7 "Rapport final - Synthèse" zijn, gezien de huidige kennis op gebied van sedimentologie op schaalmodellen en de experimentele voorwaarden, eigen aan de studie, alle parameters en verschijnselen echter niet in aanmerking genomen, en dient hiermee rekening gehouden bij de interpretatie der modelresultaten, wat een grote invloed kan hebben op de ontwerpcondities. Zo is het bijvoorbeeld, gezien de erosies langsheen de noordwestelijke dam ernstige problemen zouden kunnen veroorzaken, zeer belangrijke op voorhand met grote zekerheid te weten of de erosiekuil die zich voordoet in de bocht der NW-dam zich al dan niet zou uitstrekken voor het rechtlijnige gedeelte ervan.

De voornaamste vereenvoudigingen die werden toegepast, betreffen :

- Het gebruik van een homogeen beweegbaar materiaal, overeenkomstig de grove zandfractie in natuur, waardoor het begin van beweging vertraagd is, de valsnelheid te hoog en mogelijk cohesieve materialen helemaal niet worden weergegeven.
- Het behouden van de randvoorwaarden inzake stroombeeld, verkregen tijdens de hydraulische ijking.
- De verstoring van het stroombeeld door de positionering van de golfgenerator in een dieper modelgedeelte.

- Het niet weergeven van Westergolven en-stormen.
- Het uitbouwen van de havendammen in etappes van 6 maanden.

In afspraak met het LCHF werd dan ook beslist bijkomende proeven uit te voeren, waarbij speciale aandacht zou besteed worden aan :

- Permanente en schematische baggerwerken, daar waar een te snelle sedimentatie van het beweegbaar materiaal in het model werd waargenomen.
- Aanpassing van randvoorwaarden en snelheidsdistortie teneinde een duidelijke indruk te krijgen van de invloed van het stroombeeld op mogelijke erosies.
- Wegname van de stroombeeldverstoring door het stellen van het golfschot in een vaste positie.
- De invloed van golven uit het westen op de erosieverschijnselen langsheen de NW-dam.

De oorspronkelijk toegepaste geschematiseerde zomercyclus (golfhoogte,- periode,- richting- en tijamplitude) staat weergegeven op bijlage 1, de wintercyclus op bijlage 2, waarbij continu een snelheidsdistortie van 15% werd toegepast.

De bodemconfiguratie, twee jaar na volledige uitbouw (T0 + 96), als resultaat van de eerste proevenreeks, uitgevoerd in samenwerking met het LCHF, staat weergegeven op bijlage 3 met bovenaan de nieuwe bathymetrie ter hoogte van de NW-dam, onderaan ter hoogte van de NO-dam.

Vanaf de tweede proevenreeks werd op verzoek van de Dienst der Kust en TVZ2 een nieuwe lichtjes aangepaste uitbouwfasering

toegepast (vertraagde uitbouw van de oostdam - zie bijlage 4), werd telkens gestart van de uitbouwfase T0 + 36 (LNG-dam beëindigd, westdam PM 1350) en gestroomd tot T0 + 96 (dit wil zeggen vijf zomer- en vijf wintercycli).

## 2. INVLOED WEGNAME GESEDIMENTEERD MATERIAAL.

Tijdens de tweede proevenreeks (oorspr. jaarcyclus en snelheidsdistortie 15%) werd na elke halfjaarlijkse cyclus dat materiaal weggenomen dat bovenop het oorspronkelijke bodemprofiel (configuratie 1976 en Pas van het Zand op - 12m) was gesedimenteerd, teneinde aldus de parasitaire sedimentatie langsheen het rechtlijnig gedeelte van de NW-dam en in de Pas van het Zand te elimineren en de erosiekuil ter hoogte van de bocht in de NW-dam een maximale kans tot ontwikkeling te geven in Oostelijke richting.

Uit de resultaten, weergegeven op bijlage 5 blijkt dat :

- De erosiekuil t.h.v. de bocht in de NW-dam weliswaar eenzelfde oppervlakte heeft als in de eerste proevenreeks, doch in volume slechts de helft bedraagt, met een maximale diepte van - 14 m.
- Er zich voor het rechtlijnig gedeelte der NW-dam nog steeds geen uitschuring voordoet, mede te wijten aan het feit dat de vloedstroom ter hoogte van de NW-dam teveel naar zee toe gericht is (t.o.v. stroombeeld tijverzichtsmodel) en nergens in de voorziene cyclus versterkt wordt door de golven uit westelijke richting.
- Ter hoogte van de NO-dam uitschuringen ontstaan tot -9 m met plaatselijk -13 m, die zich tijdens de eerste proevenreeks

niet voordeden en waarschijnlijk te wijten zijn aan de wegname van materiaal, westelijk van de Pas van het Zand, alsook aan het feit dat deze tweede proef startte vanaf T0 + 36 -bodemconfiguratie 1976 - zonder rekening te houden met de sedimentatie die zich hier op dat ogenblik reeds had voorgedaan tijdens de eerste proevenreeks en voortkwam van de erosiekuil ter hoogte van de noordkade der ZO-dam en LNG-dam.

De hoeveelheden weggenomen gesedimenteerde materiaal staan in tabelvorm weergegeven op bijlage 6, waaruit blijkt dat in totaal circa 1,3 miljoen m<sup>3</sup> uit het model werd verwijderd.

### 3. INVLOED STROOMBEELD EN SNELHEIDSDISTORTIE.

De derde proevenreeks is identiek aan de tweede, doch met een snelheidsdistortie van 25%. Uit bijlage 7, waar de bodemconfiguratie wordt weergegeven twee jaar na volledige uitbouw, blijkt dat de oppervlakte van de erosiekuil t.h.v. de bocht in de NW-dam ten opzichte van de eerste proevenreeks quasi verdubbeld is, zij het dat het totale volume geërodeerd materiaal hetzelfde gebleven is, met een maximale diepte van - 16.5 m.

Ter hoogte van de NO-dam wordt een identiek beeld verkregen als in de tweede proevenreeks, waarbij echter een gedeelte van het materiaal, geërodeerd ten westen, zich over de Pas van het Zand verplaatst en aanleiding heeft gegeven tot een sedimentatie die het peil - 4 m bereikt.

De totale hoeveelheid weggenomen gesedimenteerde materiaal is in tabelvorm weergegeven op bijlage 6 en bedraagt circa 2,9 miljoen m<sup>3</sup>.

Uit dit alles zou blijken dat het verhogen van de snelheidsdistortie vooral aan de Westdam zijn invloed doet gelden, doch dat deze



gedeeltelijk teniet wordt gedaan door de wegname van het (te vroeg) gesedimenteerde materiaal, wat een gunstige invloed zou hebben op het volume van de erosiekuil in de bocht van de NW-dam (de snelheidsgradient ter hoogte van de NW-dam wordt hierdoor meer gespreid).

Alvorens over te gaan tot de vierde proevenreeks werden de randvoorwaarden van het model dusdanig aangepast dat de stroombeelden, verkregen op het tijverzichtsmodel in de eindsituatie uitbouw nieuwe voorhaven (Mod.265/2- T6) zo nauwkeurig mogelijk benaderd werden. Hiertoe diende zowel aan de Oost als aan de westzijde van het model aanzienlijk minder debiet tegen de kust en meer debiet zeewaarts te worden toegevoerd en afgevoerd, daar bij de eerste hydraulische ijking (cfr. rapport WLB M0d.387.S-3) gebleken was dat de maximum vloednelheden ter hoogte van de bocht der WNW-dam circa 0,3 à 0,5 m/s te hoog lagen en dat het stroombeeld voor de nieuwe voorhaven zowel bij vloed als bij eb teveel zeewaarts gericht was en te weinig de damprofielen volgde. De bijlagen 8 en 9 tonen aan dat een aanzienlijke verbetering inzake stroombeeld kon worden ingebracht, waarmede vervolgens de vierde proevenreeks gestart werd.

Bijlage 10, de bodemconfiguratie twee jaar na volledige uitbouw in de vierde proevenreeks - nieuwe hydraulische ijking en snelheidsdistortie 25% - vertoont een identiek beeld als bijlage 5, proefresultaten na de tweede proevenreeks- oorspronkelijke hydraulische ijking en snelheidsdistortie 15%.

Hieruit zou blijken dat de aanpassing der stroombeelden ertoe geleid heeft dat de snelheden met 10% extra dienen gedistordeerd om de thans toegepaste lagere stroomsnelheden te compenseren.

4. INVLOED GOLVEN.

Teneinde het stroombeeld nog meer te optimaliseren diende de verstoring, teweegebracht door de positionering van het verplaatsbare golfschot in een dieper modelgedeelte, te worden weggenomen door het stellen van dit golfschot in een vaste positie.

Hiervoor werden achtereenvolgens de twee uiterste posities van het golfschot ingesteld (golven uit richting N resp.NNW) en werd tenslotte ook een proef uitgevoerd zonder golven, waarbij telkens met identieke cycli inzake golfhoogte en- periode als weergegeven op de bijlagen 1 en 2 werd uitgegaan van de nieuwe stroombeelden en een snelheidsdistortie van 15%.

De nieuwe bodemconfiguratie, bekomen twee jaar na volledige uitbouw staan weergegeven voor de vijfde proevenreeks, golven continu uit noordelijke richting, op bijlage 11; voor de zesde proevenreeks, geen golven, op bijlage 12 en voor de zevende proevenreeks, golven continu uit noord-noordwestelijke richting op bijlage 13.

De maximale erosiediepten bedragen respectievelijk :

	voor NW-dam	voor NO-dam
golven N	- 16m50	- 12m
geen golven	- 12m	- 14m
golven NNW	- 8m	- 12m

Hieruit blijkt dat de golven weinig invloed hebben op de erosie, die zich voordoet ter hoogte van de NO-dam, doch daarentegen wel op de erosie die optreedt ter hoogte van de NW-dam. Golven uit het noorden blijken de diepte der erosiekuil te activeren, maar de uitgestrektheid ervan te beperken (oppervlakte en volume bedragen slechts 10% van de eerste proevenreeks), golven uit het NNW blijken de erosiediepte te beperken maar een meer gespreide erosie te veroorzaken.

De hoeveelheden weggenomen gesedimenteerd materiaal liggen telkens in dezelfde orde van grootte als bij de tweede proevenreeks.

#### 5. INVLOED BEWEEGBAAR MATERIAAL.

Alvorens de achtste proevenreeks te starten, werd op model nagegaan welke de invloed was van een wijzigende bodemruwheid op stroombeeld en stroomsnelheden. Inderdaad werd bij elke proevenreeks steeds gestart van een vlakke bodem in nacre (kunstparelmoer) maar trad vrij snel tijdens de proeven riffelvorming op, waarbij deze riffels een hoogte bereikten van circa 1 cm (plaatselijk 2 à 3 cm) waardoor de bodemruwheid van het model gevoelig wijzigde.

Uit bijlage 14 blijkt dat de stroming bij vloed door toenemende ruwheid dichter bij de NW-dam gaat aanleunen en de neervorming ten oosten van de haven gevoelig kleiner wordt, m.a.w. de kromtestraal der stroombanen wordt kleiner. Bij maximum ebstroming, bijlage 15, is de invloed veel geringer en praktisch niet merkbaar. Concluderend kan gesteld dat de invloed der wijzigende ruwheid beperkt blijft, en waar hij zich voordoet in gunstige zin werkt om de stroombeelden van het tijoverzichtsmodel zo nauwkeurig mogelijk te benaderen.

Vervolgens werd het kunstparelmoer als beweegbaar materiaal (densiteit 1.22 en  $d_{50} = 0.41$  mm) vervangen door polystyreen (densiteit 1.05 en  $d_{50} = 2.5$  mm) en werd terug gestart van T0 + 12, aanvang ZO-dam. Uit deze hernieuwde sedimentologische ijking blijkt dat op T0 + 18 voor de noordzijde der ZO-dam een erosiediepte bereikt wordt van 20 m (oorspronkelijke jaarcyclus, nieuwe hydraulische ijking, geen distortie der snelheden), terwijl op T0 + 24 een tweede erosiekuil verschijnt voor de LNG-dam die een diepte bereikt van 12 m (zie bijlage 16).

Uitgaande van deze resultaten, die in vergelijking met de in natuur opgetreden erosie ter plaatse, aanvaardbaar leken werd de proevenreeks voortgezet, waarbij zich echter noch voor de NW-dam, noch voor de NO-dam nog enige significante erosie voordeed. Dit zou overeenstemmen met de resultaten der kanaalproeven (rapport LCHF Mod.387.S Choix des matériaux mobiles) waaruit bleek dat, hoewel polystyreen bij hoge stroomsnelheden aanleiding geeft tot groter transport dan nacre, het begin van beweging voor polystyreen zeer hoog gelegen is (bodemsnelheid circa 14cm/sec.) waardoor de erosie aan de NW-dam zich niet heeft kunnen initiëren, terwijl de erosiekuil aan de ZO-dam daarentegen veroorzaakt werd door de turbulente bodemsnelheden.

## 6. INVLOED WESTERSTORMEN.

Zoals reeds vroeger vermeld, werden omwille van de modelconfiguratie, golven en stormomstandigheden uit het westen niet weergegeven op model, hoewel de invloed hiervan onmiskenbaar is. Immers :

- a. reeds uit de vijfde, zesde en zevende proevenreeks is gebleken dat de oriëntatie der golven een gevoelige invloed heeft op de uitgestrektheid en maximale diepte der erosiekuil ter hoogte van de bocht in de NW-dam.

- b. zuidwesterwinden (die circa 40% van de tijd voorkomen) veroorzaken een driftstroming bovenop de getijstroming, en dit niet uniform over een dwarsraai op de kust, maar sterker tegen de kust dan verder in zee, wat er aanleiding zou kunnen toe zijn dat de snelheidsgradiënt ter hoogte van de NW-dam terug gaat toenemen.

Zoals blijkt uit het rapport TVZ2 82.020 "Modificaties van het stroombeeld in de omgeving van Zeebrugge bij winderige omstandigheden" kan deze driftvorming tot 25 cm/s bedragen in volle zee en tot 60 cm/s ter hoogte van de kust, zodat uitgaande van dit rapport volgende tabel werd opgesteld met :

$$x_{VL} = \frac{\text{HW} + 2h}{\text{HW} - 2h} \frac{V_{\text{bod} + 3 \text{ m}} \text{ met wind } 6Bf}{V_{\text{bod} + 3 \text{ m}} \text{ zonder wind}}$$

en

$$x_{EB} = \frac{\text{HW} - 4h}{\text{HW} + 4h} \frac{V_{\text{bod} + 3 \text{ m}} \text{ met wind } 6Bf}{V_{\text{bod} + 3 \text{ m}} \text{ zonder wind}}$$

Windrichting	ZZW - WNW	NW - NNW	N	NNO - ONO
% voorkomen 6Bf	4.2 %	1.2%	0.6%	1%
$x_{VL}$	1.45	1.25	1	0.80
$x_{EB}$	0.75	1.25	1.25	1.30

Windrichting	ZZW - NNW	N - ONO
% voorkomen 6Bf	5.4%	1.6%
$x_{VL}$	1.45	0.80
$x_{EB}$	0.75	1.30

Daar noordergolven en-stormen wel op model worden gesimuleerd, doch west-zuidwesterstormen niet, werden in de negende proevenreeks tijdens elke wintercyclus van bijlage 1 één getij ingebracht (op 20 tijen per jaarcyclus maakt 5%) waarbij de vloedstroming met 45 % werd geforceerd en de ebstroming met 25% verzwakt, bovenop de aangenomen snelheidsdistortie van 15%. Bijlage 17 toont de nieuwe bodemconfiguratie twee jaar na volledige uitbouw en vergelijking met vroegere resultaten toont aan dat de erosie veel uitgestrekter is dan bij vroegere proeven werd bekomen, zij het dat de max. erosiediepten slechts -8m à -9m bereiken.

Er kan dan ook gesteld dat dit resultaat aansluit bij de vroegere conclusie dat westelijke winden en golven eerder aanleiding geven tot uitgestrekter doch minder diepe erosie, terwijl noordelijke winden eerder aanleiding geven tot diepere maar minder uitgestrekte erosie ter hoogte van de NW-dam.

Teneinde de invloed der west-zuidwesterstormen nog correcter in te brengen werd tenslotte aan de zuidwestzijde van het model een bijkomende golfgenerator van het plunjertype (enkel regelmatige golven) ingebouwd. Voor een nieuwe winter-en zomercyclus werd daarbij uitgegaan van volgende gegevens :

Golfinrichting

=====

<u>natuur</u>	% tot.	% zeewind	% winter zeewind	% zomer zeewind
WZW-NW	28.7	55	52	57
NNW-N	11.5	22	20	23
NNO-ONO	12	23	27	20

oorspronkelijke cyclus

NNW	58	54	62
NNW-N	19	19	19
N	23	27	19

nieuwe cyclus

WZW	39	39	39
NNW	17	14	20
NNW-N	19	18	20
N	25	29	21

Golfhoogten

=====

<u>natuur</u>	0 - 1m	1 - 2m	2 - 3m	3 - 4m
winter	70%	26	3	1
zomer	76%	23	0.6	0.4

oorspronkelijke cyclus

winter	74	24	2
zomer	88	10	2

Golfhoogten per richting

=====

<u>natuur</u>	0 - 1m	1 - 2m	2 - 3m	3 - 4m	% tot	% zeewind
WZW-NW	13.7	12.3	1.4	0.5	27.9	59
NNW-N	7.3	3.5	0.3		11.1	23
NNO-ONO	6.2	2.4			<u>8.6</u>	18
% tot	27.2	18.2	1.7	0.5	47.6	
% zeewind	57	38	4	1		<u>100</u>

nieuwe cyclus

WZW		39				39
NNW	11	5		1		17
NNW-N	14	5				19
N	24	1				<u>25</u>
% zeewind	49	50		1		100

Inderdaad werd voor het plunjer-golfschot (WZW-richting) uitgegaan van een regelmatige golf met golfhoogte 2m en periode 5 sec. wat uiteindelijk leidde tot de nieuwe zomercyclus van bijlage 18 en de nieuwe wintercyclus van bijlage 19.

Met deze cycli werd gestart aan de tiende proevenreeks, waarbij, zoals in de vorige proef, tijdens elke wintercyclus bovenop de snelheidsdistortie van 15% gedurende één tij de vloed met 45% geforceerd en de eb met 25 afgezwakt werd.



Deze tiende proevenreeks leidde uiteindelijk tot de bodemconfiguratie twee jaar na volledige uitbouw van bijlage 20 waarbij de erosiegeul op - 8m voor de NW-dam zich uitstrekt tot aan de Pas van het Zand met maximale erosiediepten tot -15m voor de NW-dam en tot -10 m voor de NO-dam.

## 7. BESLUITEN

Het algemeen besluit van de eerste proevenreeks , vermeld in rapport WLB Mod.387.S-7 "Port de Zeebrugge - Etude sedimentologique - Rapport Final Synthèse" luidde als volgt :

" Une zone d'érosion, localisée au niveau du coude de la digue Ouest en bordure des fondations, se formera à partir d'une certaine avancée en mer de cette digue Ouest (PM 2000), cette zone d'érosion s'étendant vers le Nord-Est au fur et à mesure de l'avancement des travaux, se stabilisant à une profondeur de -21m mais sa superficie (donc le volume de l'érosion) augmentant presque linéairement pendant les dix premières années qui suivent la réalisation définitive des ouvrages. Parallèlement, les sédiments sont transportés vers l'Est et viennent se déposer dans le chenal à l'entrée même du Port, menaçant de la colmater localement, et nécessitant des dragages d'intervention ponctuelle, s'il on veut éviter un "blocage" du trafic portuaire; le secteur Est, le long de la digue Nord-Est, ne subit pas de modifications importantes d'autant que protégé des courants de flot à partir d'un certain stade d'avancement de la digue Ouest "

Bovendien wordt gesteld dat gezien de opgeworpen reserves :

" ..... on peut supposer qu'au niveau de la digue Ouest, suite à une sédimentation peut-etre exagérée en bordure de la digue,

l'extension de la zone érodée vers le Nord-Est à pu être minimisée sur le modèle et de ce fait on peut craindre une généralisation plus rapide de l'érosion sur l'ensemble de la digue, la profondeur maximale pouvant être, en plus ou en moins, légèrement différente selon la nature des sédiments en situ . "

De resultaten, bekomen in de bijkomende proeven, lijken geen aanleiding te geven om hogervermelde besluiten te wijzigen, zodat er nogmaals op kan gewezen worden :

- dat de voornaamste erosieverschijnselen op middellange termijn zich op model voordoen ter hoogte van de bocht der NW-dam, waarbij echter zowel de wegname van het gesedimenteerde materiaal, de nieuwe hydraulische ijking als het inbrengen van westergolven en-stormen ertoe leiden dat de erosie die zich daar voordoet uitgestrekter, doch ook minder diep is dan in de eerste proevenreeks. In geen enkele proef vormde er zich langsheen het rechtlijnig gedeelte van de NW-dam een echte erosiegeul zodat er waarschijnlijk dient gerekend met een meer algemene erosie van het voorland die, afhankelijk van de sedimentsamenstelling tot enkele meters kan bedragen.
- dat er dient gerekend met gedeeltelijke opvulling van de Pas van het Zand zeewaarts de havenmond, hoewel deze allicht nooit zal leiden tot een volledige "blocage" zoals hoger vermeld en dit enerzijds gezien de meer gespreide sedimentatie, anderzijds gezien de te grote valsnelheid van het gebruikte beweegbare materiaal.
- dat de erosie van het voorland der NO-dam toch enkele meters kan bereiken, doch zeer sterk afhankelijk is van de snelheid van voortgang van zowel NW-dam (afschermen van vloedstroom) als van NO-dam zelf (tijdelijk stilleggen kan aanleiding geven tot erosiekuilen).

- dat uit de bijlagen 21 en 22 inderdaad blijkt dat de erosie zich na het beëindigen der werken nog zal voortzetten, en de observatieprogramma's dus zeker aan deze conclusie dienen aangepast.

Borgerhout, augustus 1983

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

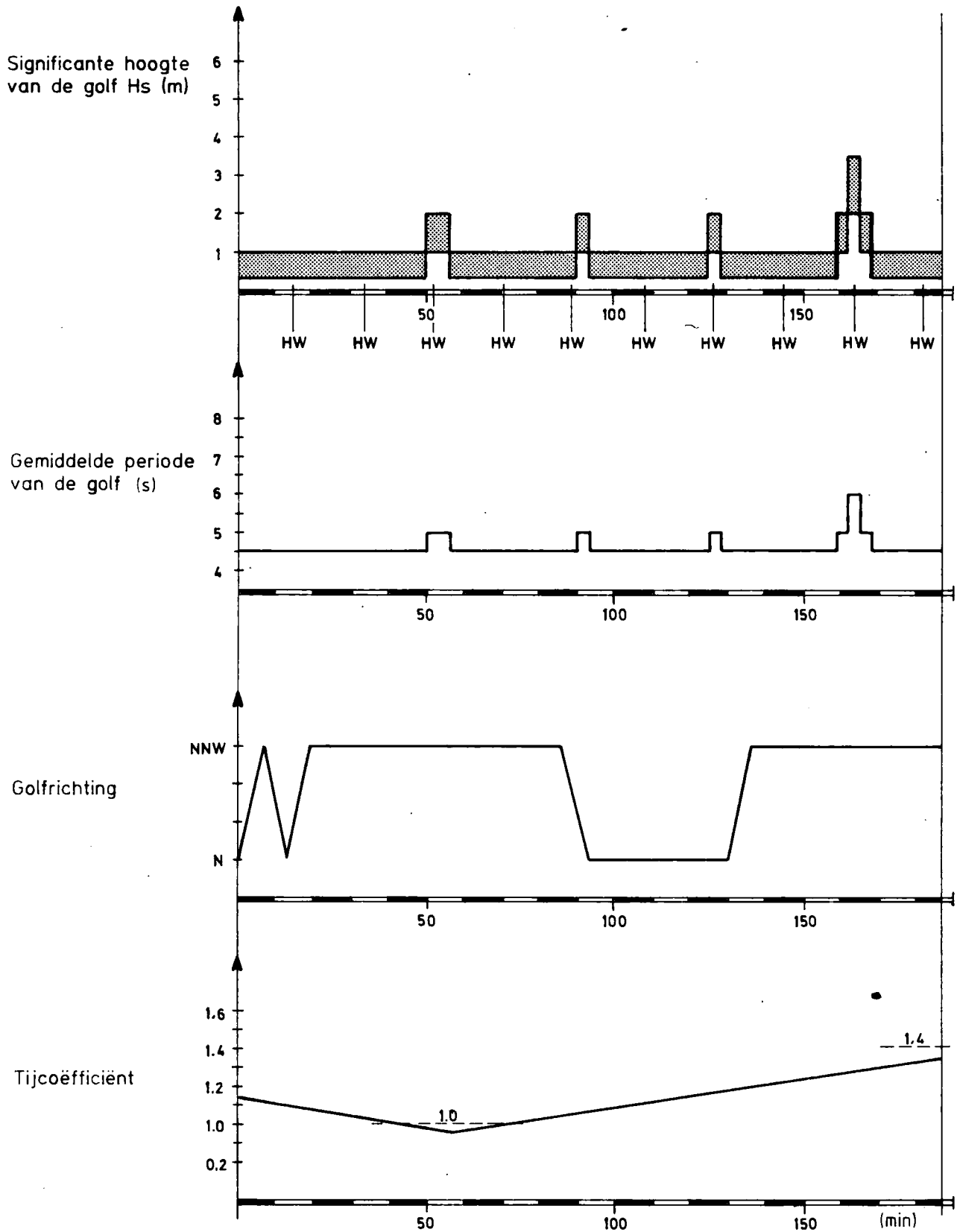
De Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen,  
Directeur van het Waterbouwkundig  
Laboratorium,

ir. F. WENS

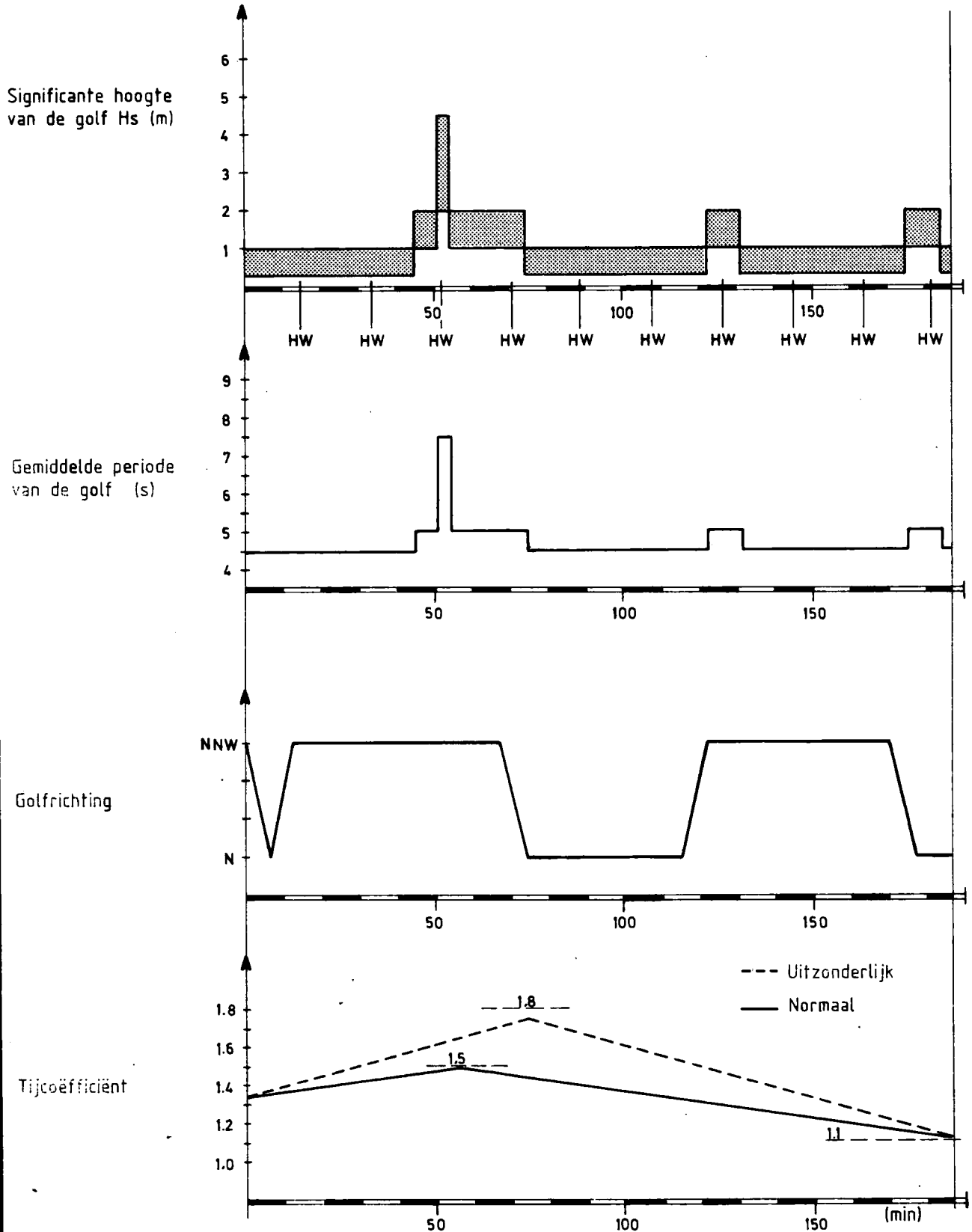
ir. P. ROOVERS



**OORSPRONKELIJK TOEGEPASTE ZOMERCYCLUS**



**OORSPRONKELIJK TOEGEPASTE WINTERCYCLUS**



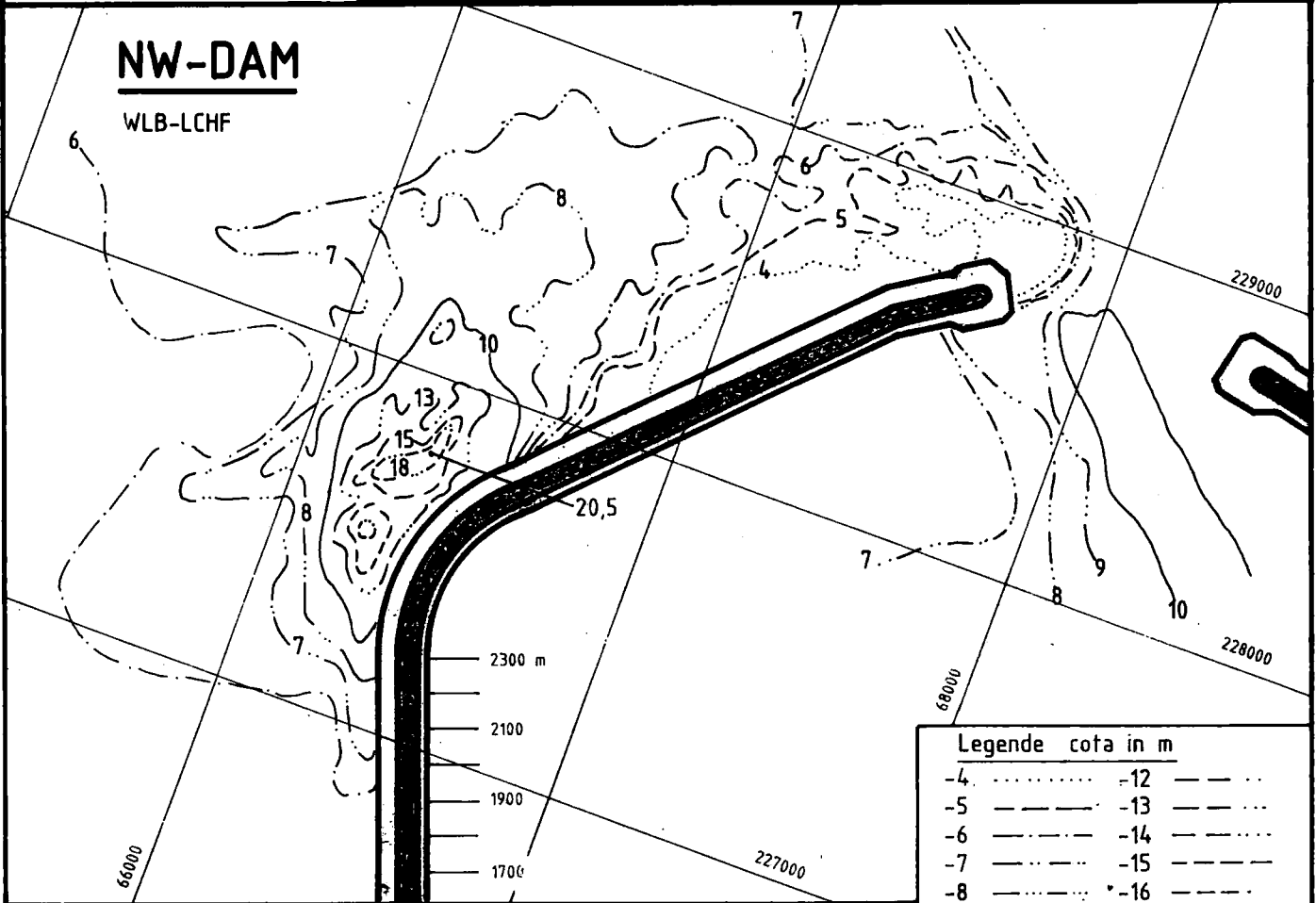


Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
1<sup>e</sup> PROEF

**NW-DAM**

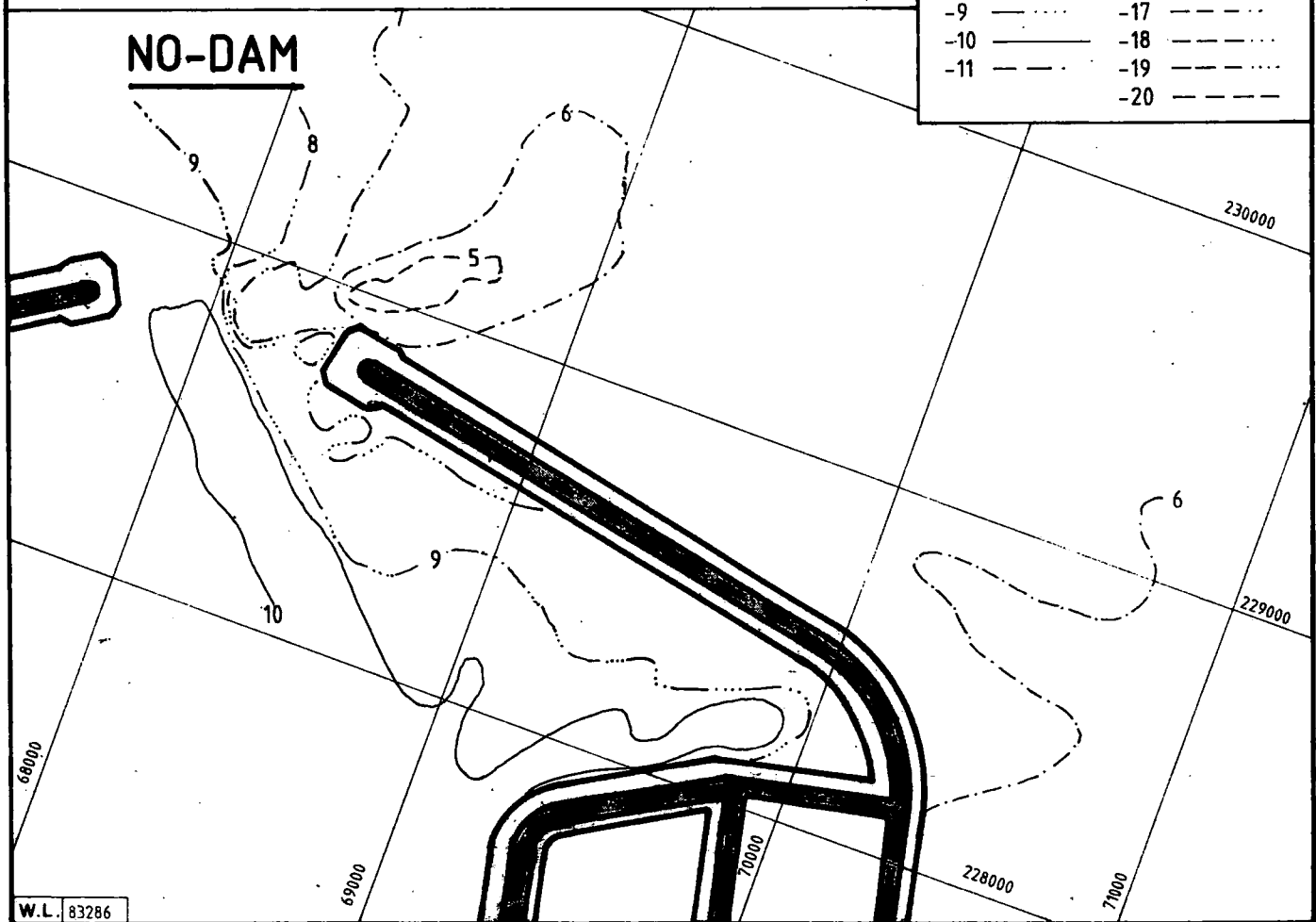
WLB-LCHF



Legende cota in m

-4	.....	-12	----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**





OORSPRONKELIJKE EN NIEUWE UITBOUWFASERING

UITBOUWFASERINGEN

	oorspronkelijke uitbouwfasering		nieuwe uitbouwfasering	
	Westdam	oostdam	westdam	oostdam
T0 + 36	1350m	1980m	1350m	1980m
T0 + 42	1850m	2400m	1670m	2070m
T0 + 48	2250m	2720m	2180m	2490m
T0 + 54	2680m	3220m	2600m	2910m
T0 + 60	3180m	3630m	3020m	3330m
T0 + 66	3610m	voltooid	3440m	3750m
T0 + 72	voltooid		3860m	voltooid
T0 + 78			voltooid	



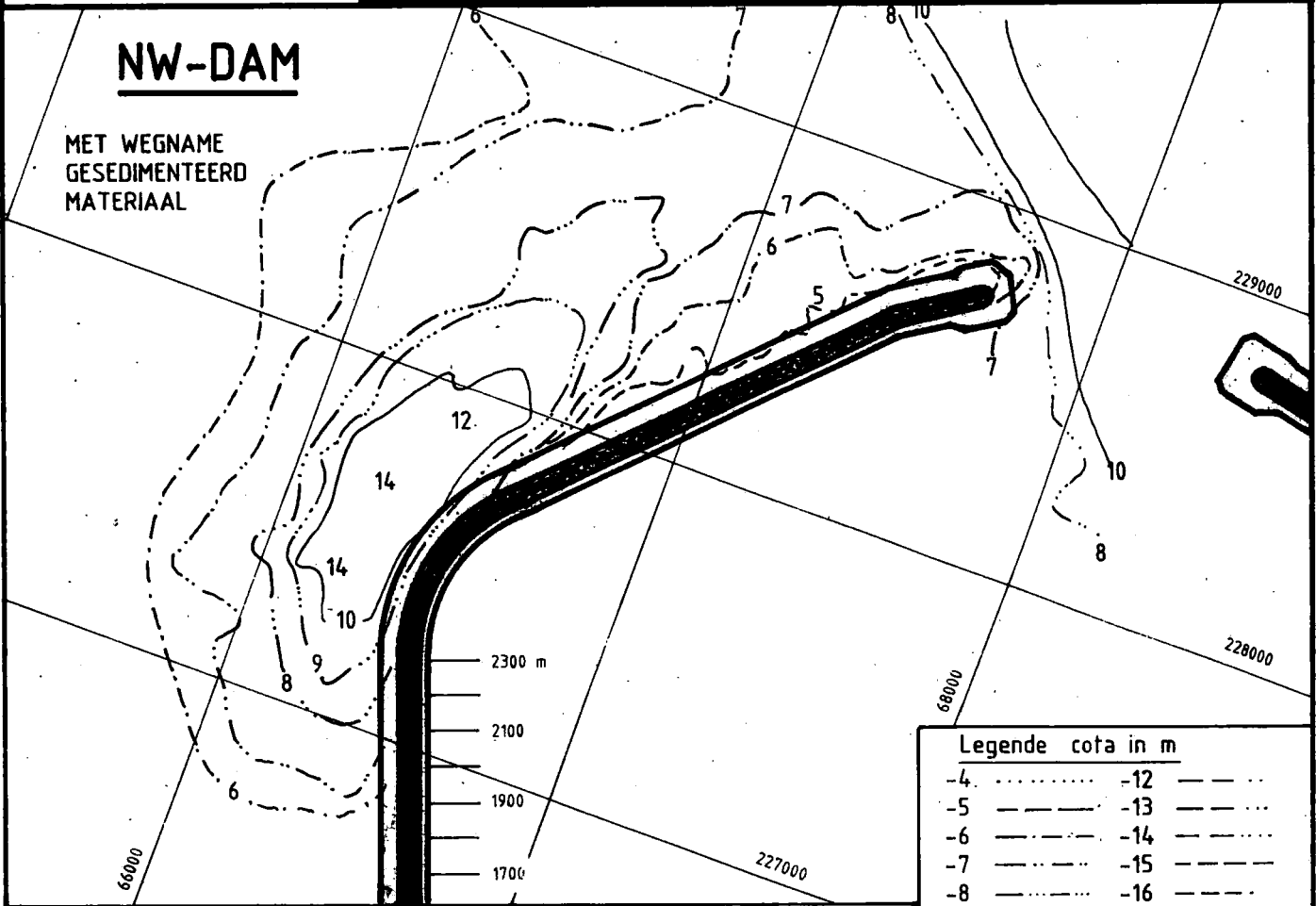


Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
2<sup>e</sup> PROEF

**NW-DAM**

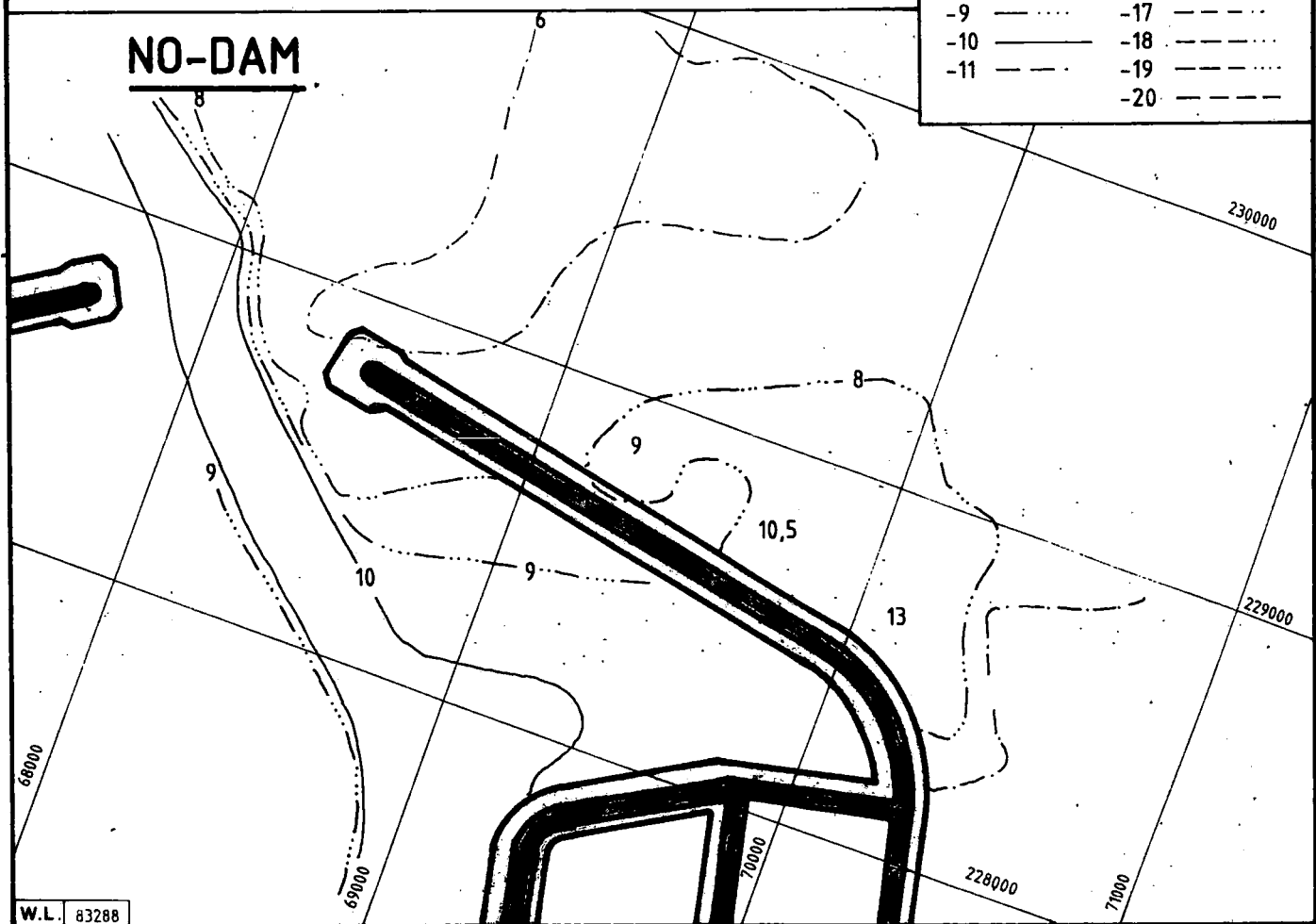
MET WEGNAME  
GESEDIMENTEERD  
MATERIAAL



Legende cota in m

-4	.....	-12	-----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**





TABEL WEGGENOMEN VOLUMES GESEDIMENTEERD  
MATERIAAL PR2 EN PR3

HOEVEELHEDEN WEGENOMEN MATERIAAL

	PR2 - distortie 15%		PR3 - distortie 25%	
	voor westdam	in vaargeul	voor westdam	in vaargeul
T0 + 48	157.377m <sup>3</sup>		178.688m <sup>3</sup>	
T0 + 54	183.606m <sup>3</sup>		288.524m <sup>3</sup>	198.360m <sup>3</sup>
T0 + 60	102.305m <sup>3</sup>		235.409m <sup>3</sup>	211.475m <sup>3</sup>
T0 + 66	52.459m <sup>3</sup>		157.377m <sup>3</sup>	275.409m <sup>3</sup>
T0 + 72	31.475m <sup>3</sup>	209.836m <sup>3</sup>	59.016m <sup>3</sup>	309.836m <sup>3</sup>
T0 + 84	39.344m <sup>3</sup>	242.622m <sup>3</sup>	58.032m <sup>3</sup>	472.131m <sup>3</sup>
T0 + 96	39.344m <sup>3</sup>	275.409m <sup>3</sup>	65.573m <sup>3</sup>	445.901m <sup>3</sup>
Totaal	605.910m <sup>3</sup>	727.867m <sup>3</sup>	1.042.619m <sup>3</sup>	1.913.112m <sup>3</sup>

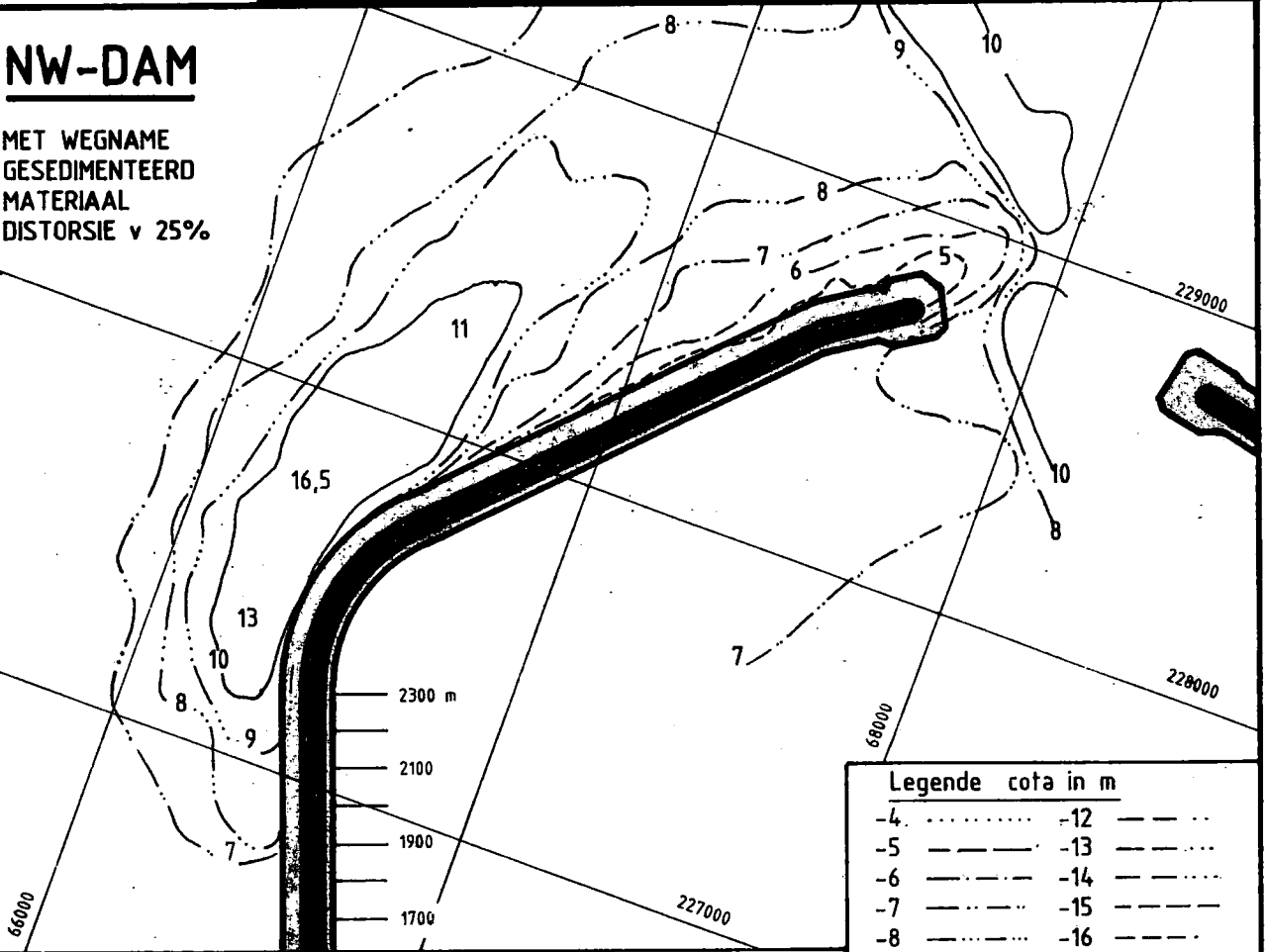


Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
3<sup>e</sup> PROEF

**NW-DAM**

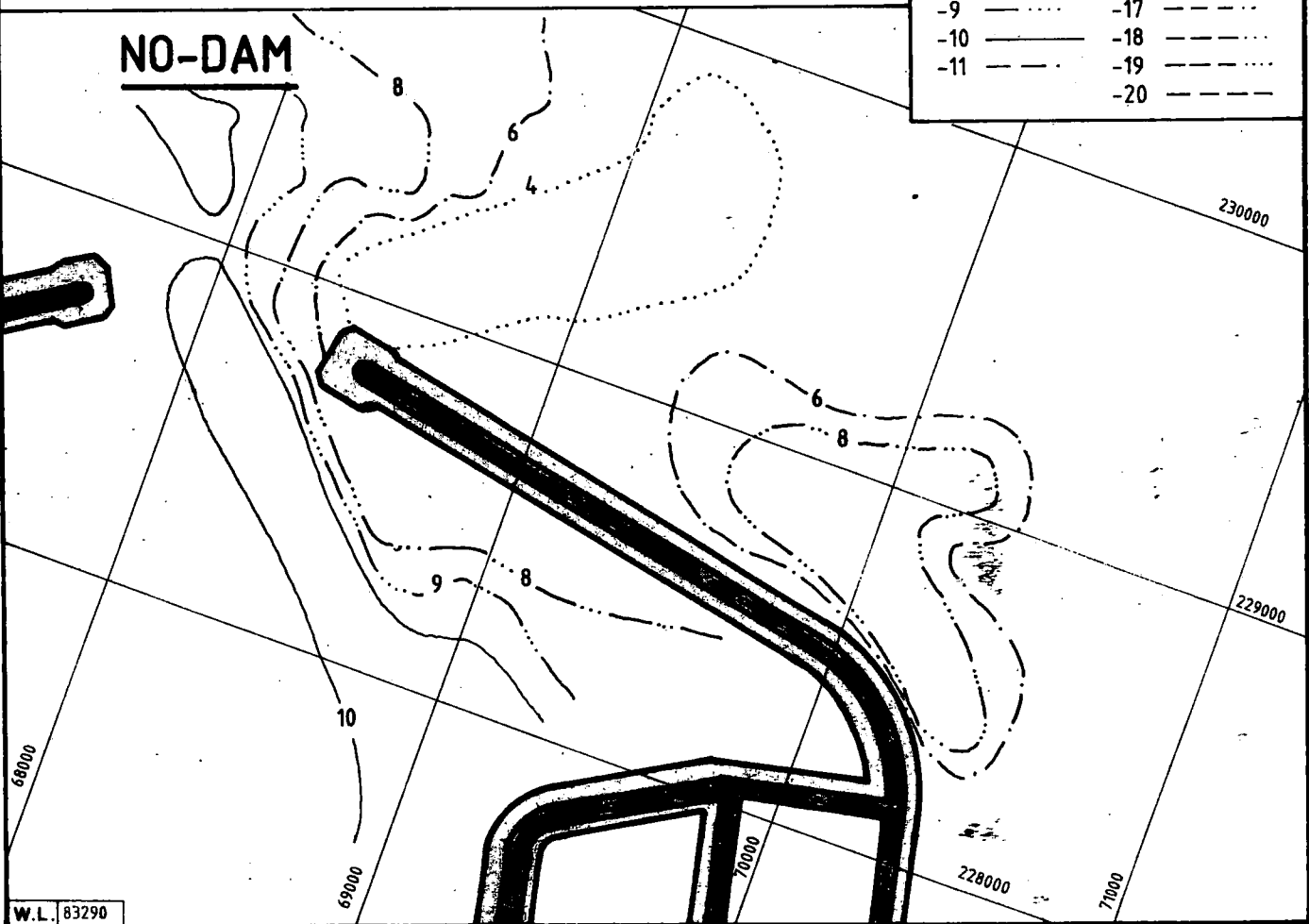
MET WEGNAME  
GESEDIMENTEERD  
MATERIAAL  
DISTORSIE v 25%



Legende cota in m

-4	.....	-12	-----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

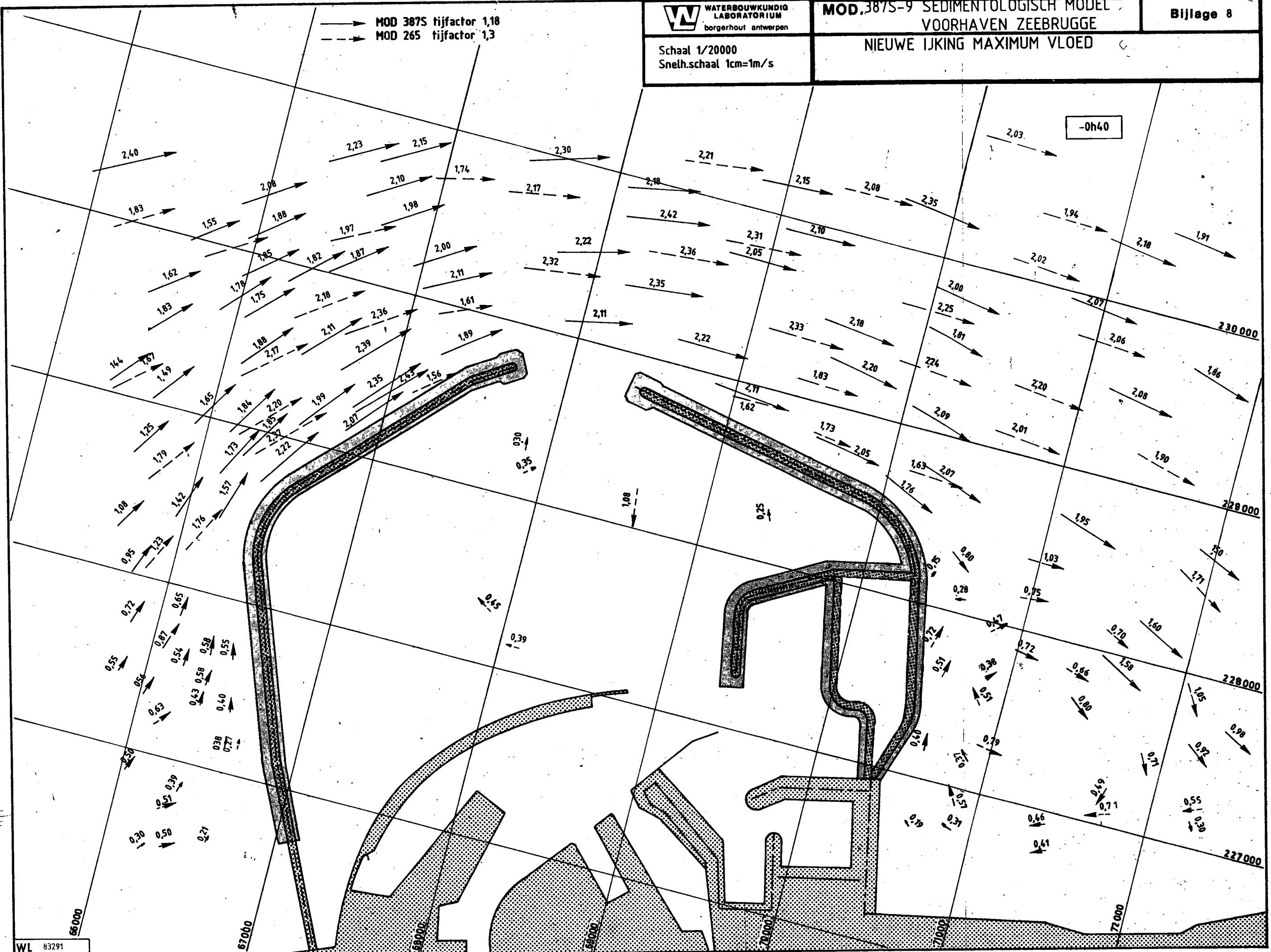
**NO-DAM**



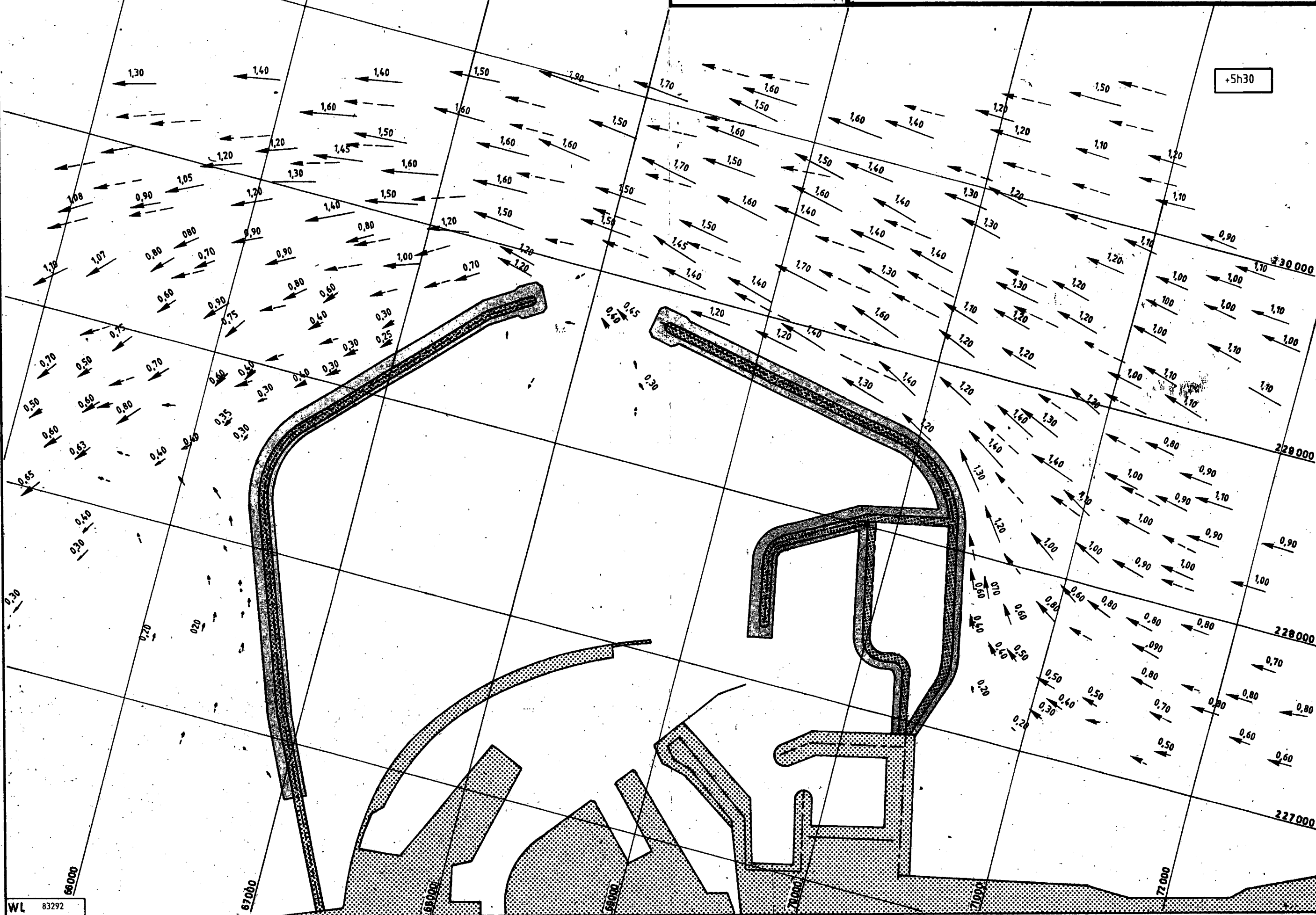
Schaal 1/20000  
Snelh.schaal 1cm=1m/s

NIEUWE IJ KING MAXIMUM VLOED

→ MOD 387S tijfactor 1,18  
- - - MOD 265 tijfactor 1,3



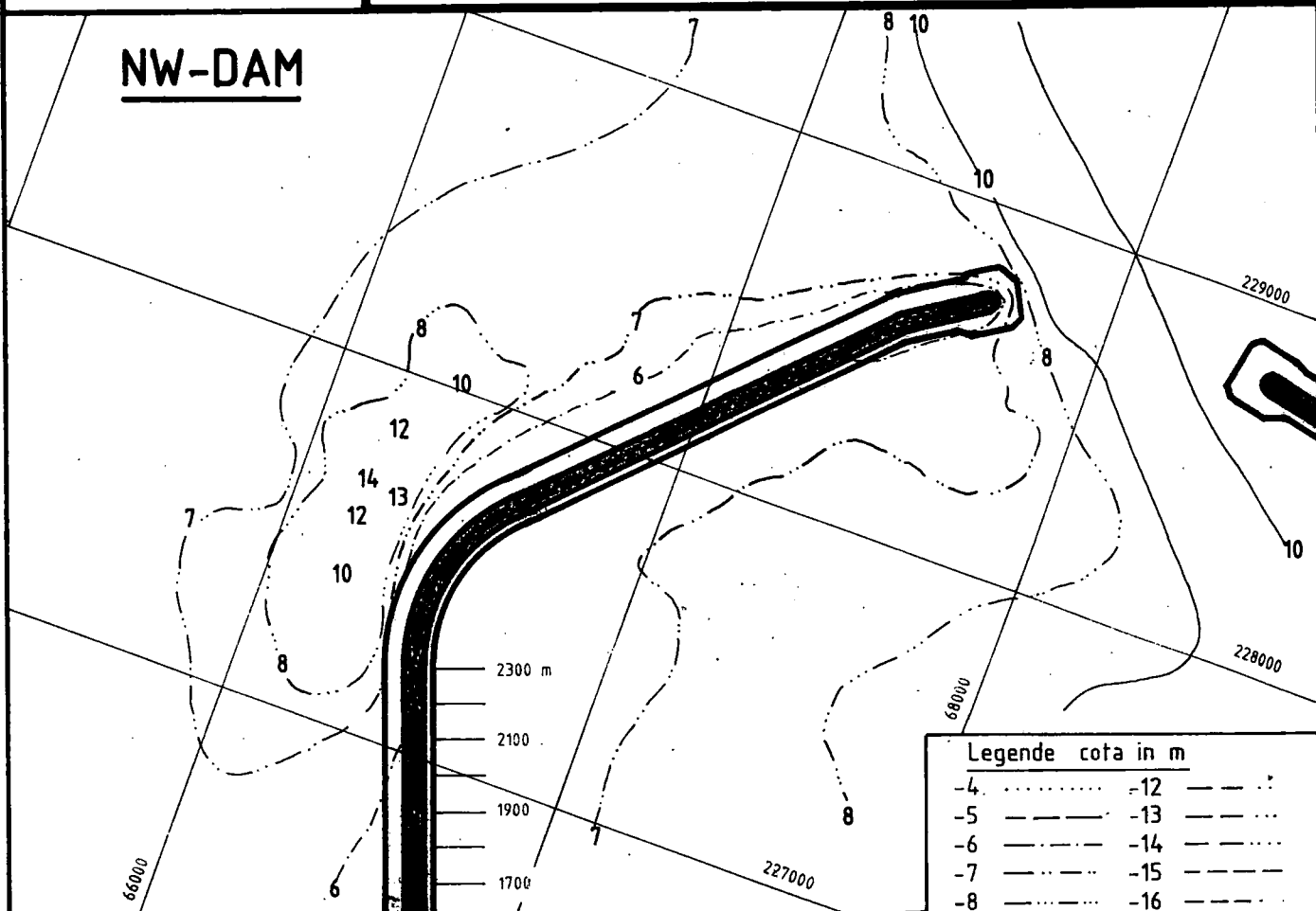
← MOD 387S tijfactor 1,18  
- - - MOD 265 tijfactor 1,3



Schaal 1/20000

**BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
4<sup>e</sup> PROEF**

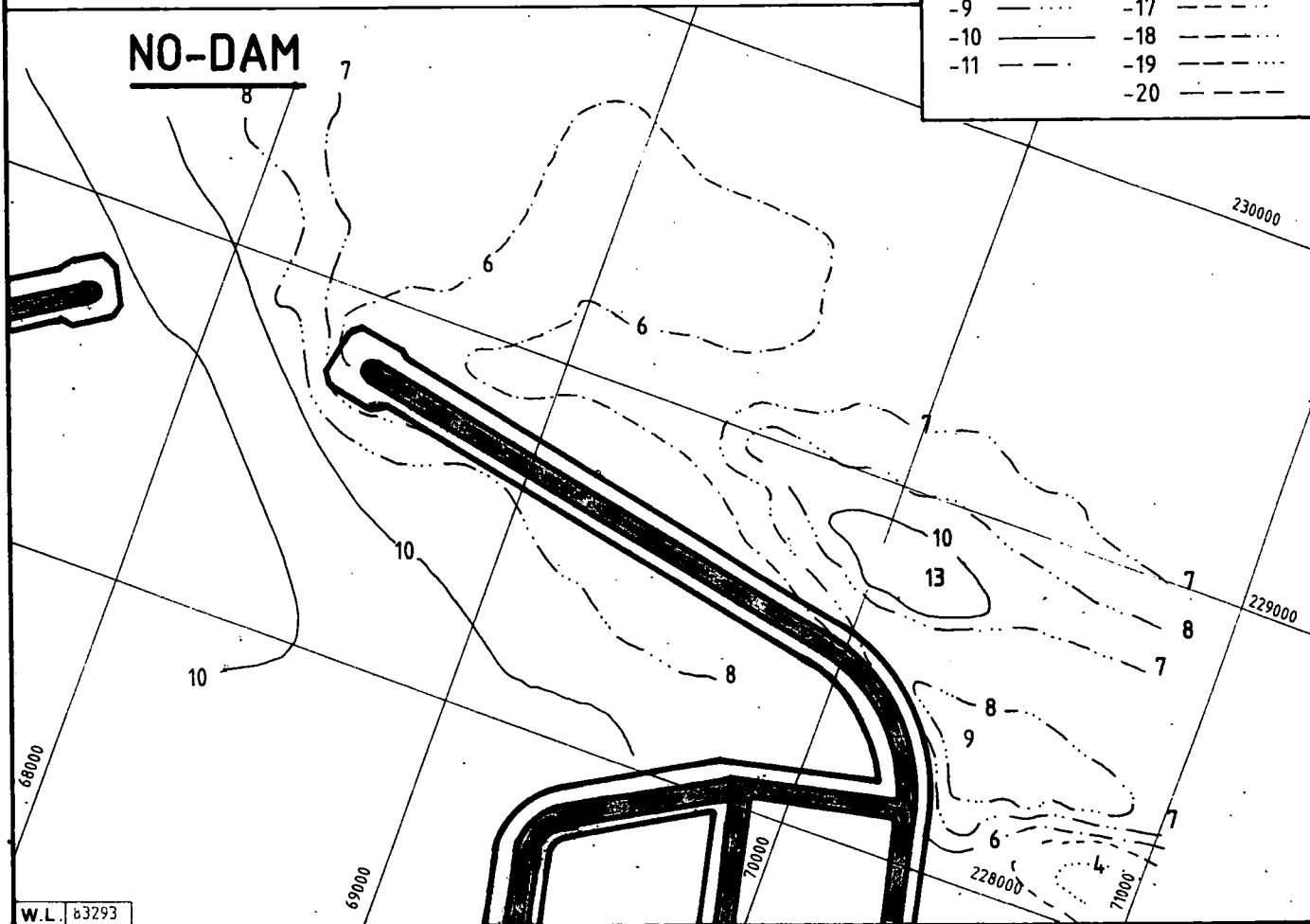
**NW-DAM**



**Legende cota in m**

-4	.....	-12	----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**



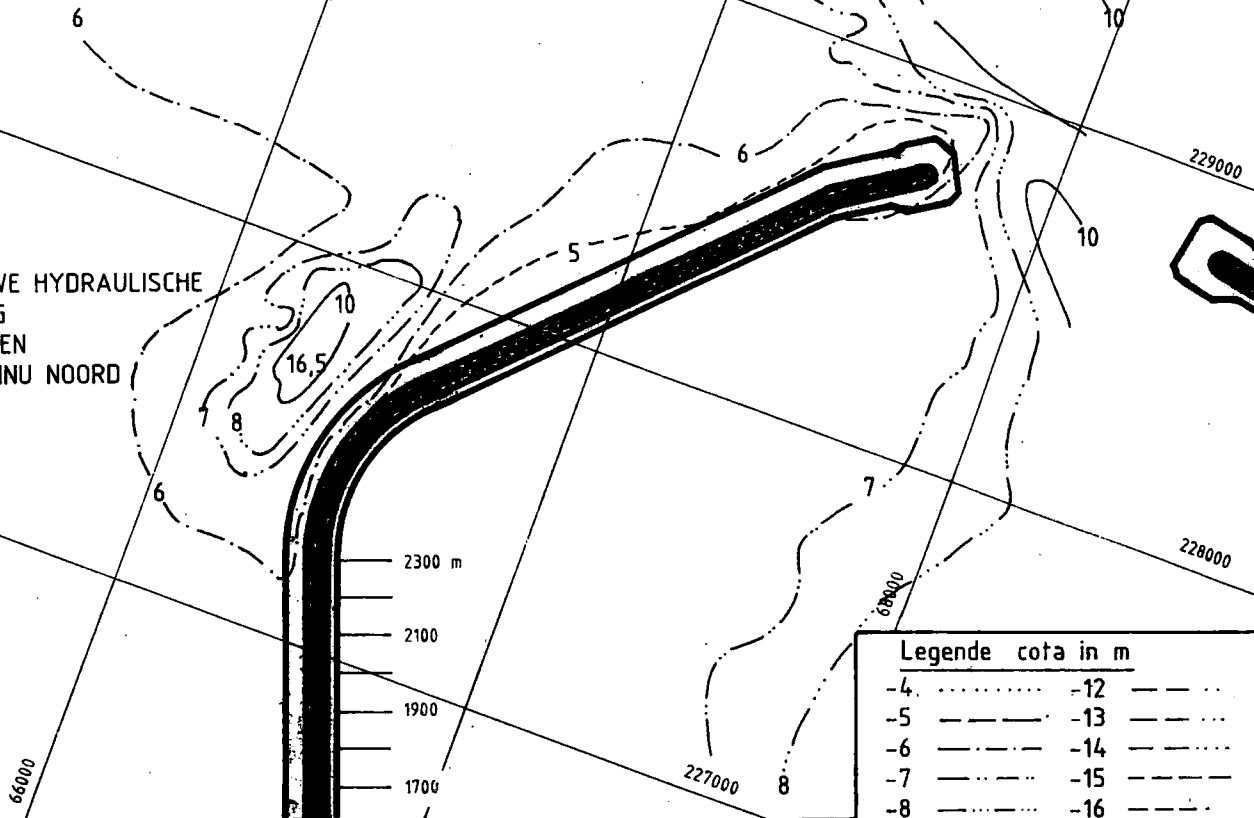


Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
5<sup>e</sup> PROEF

**NW-DAM**

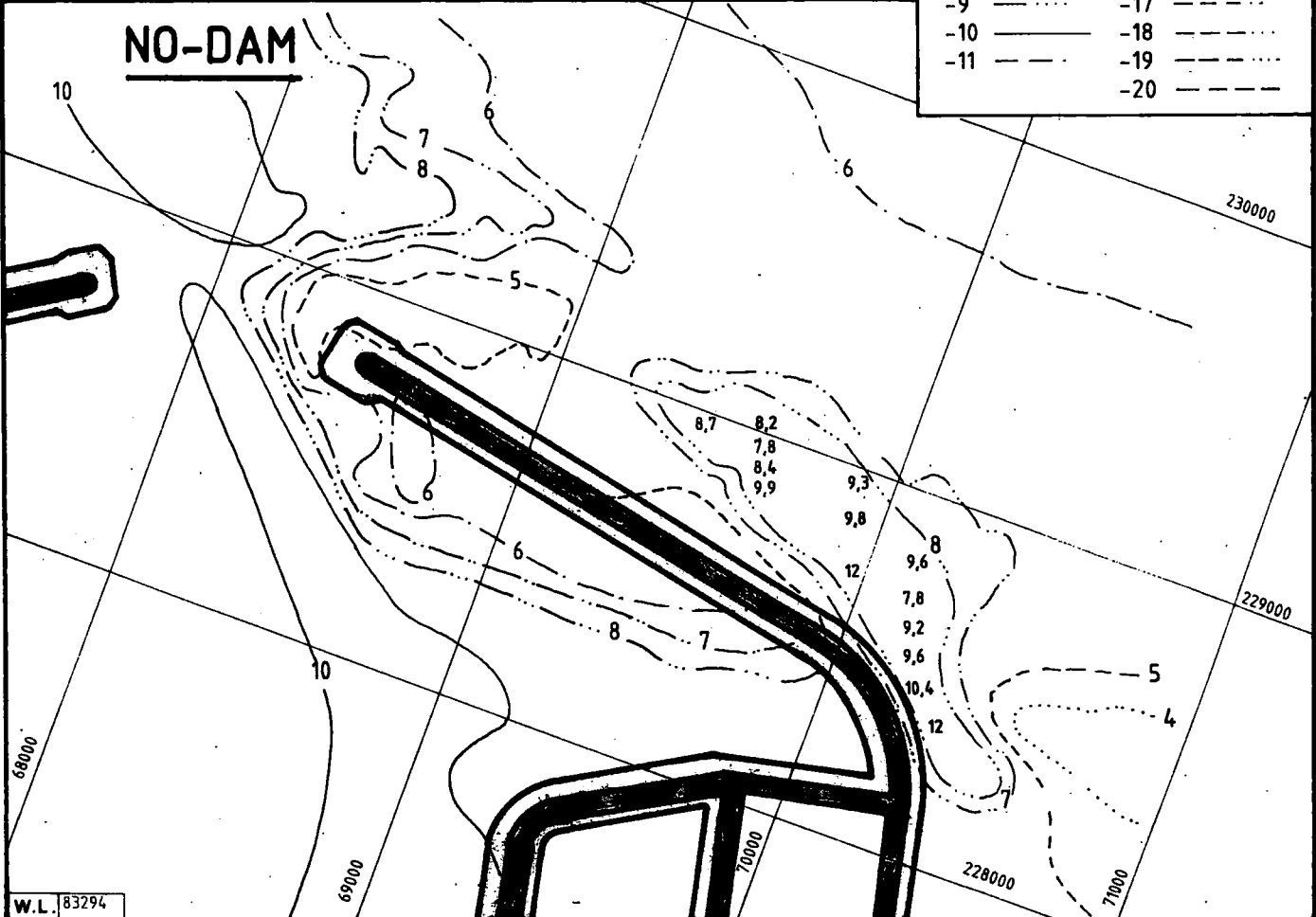
NIEUWE HYDRAULISCHE  
IJKING  
GOLVEN  
CONTINU NOORD



Legende cota in m

-4	.....	-12	----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**

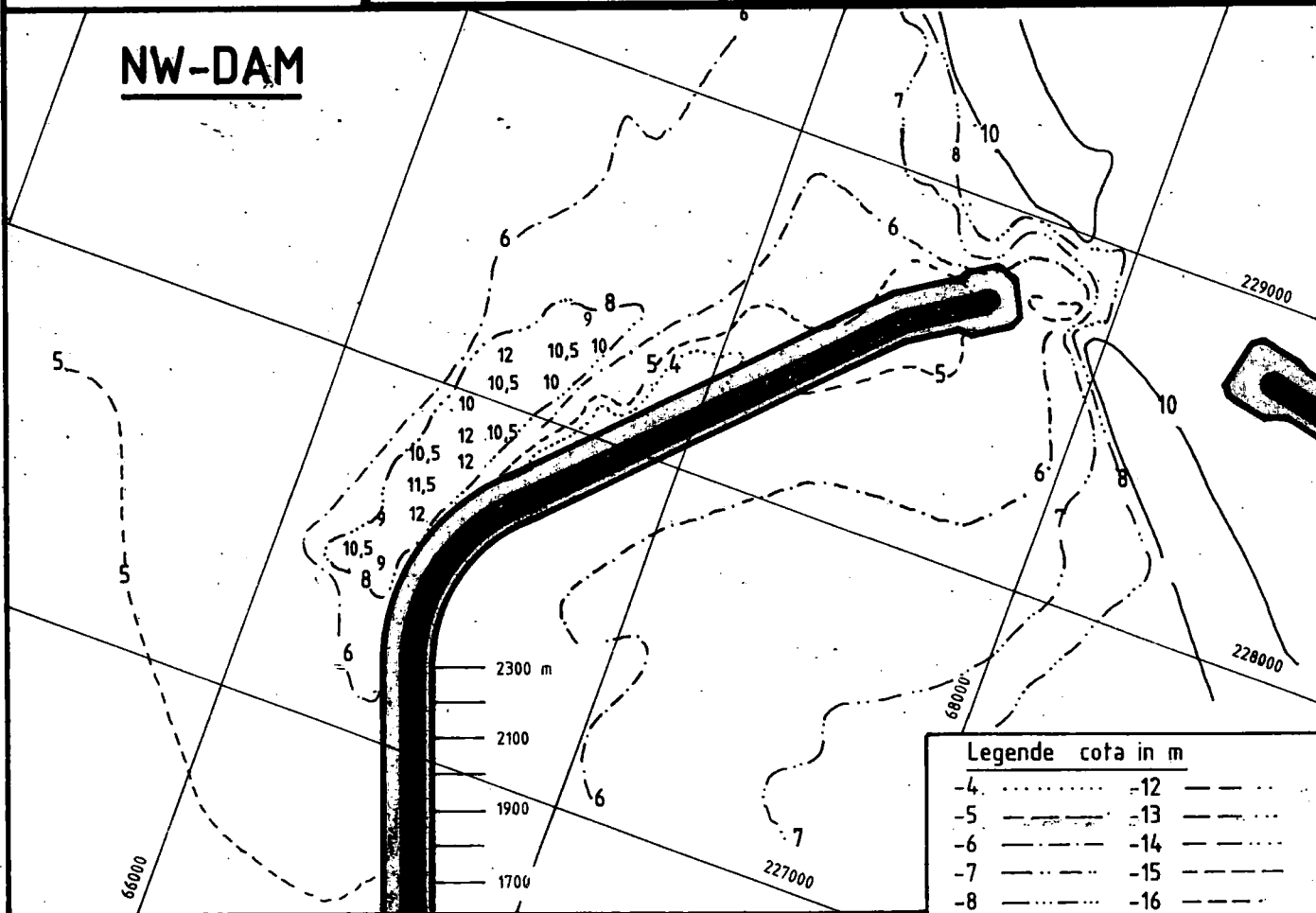




Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
6<sup>e</sup> PROEF

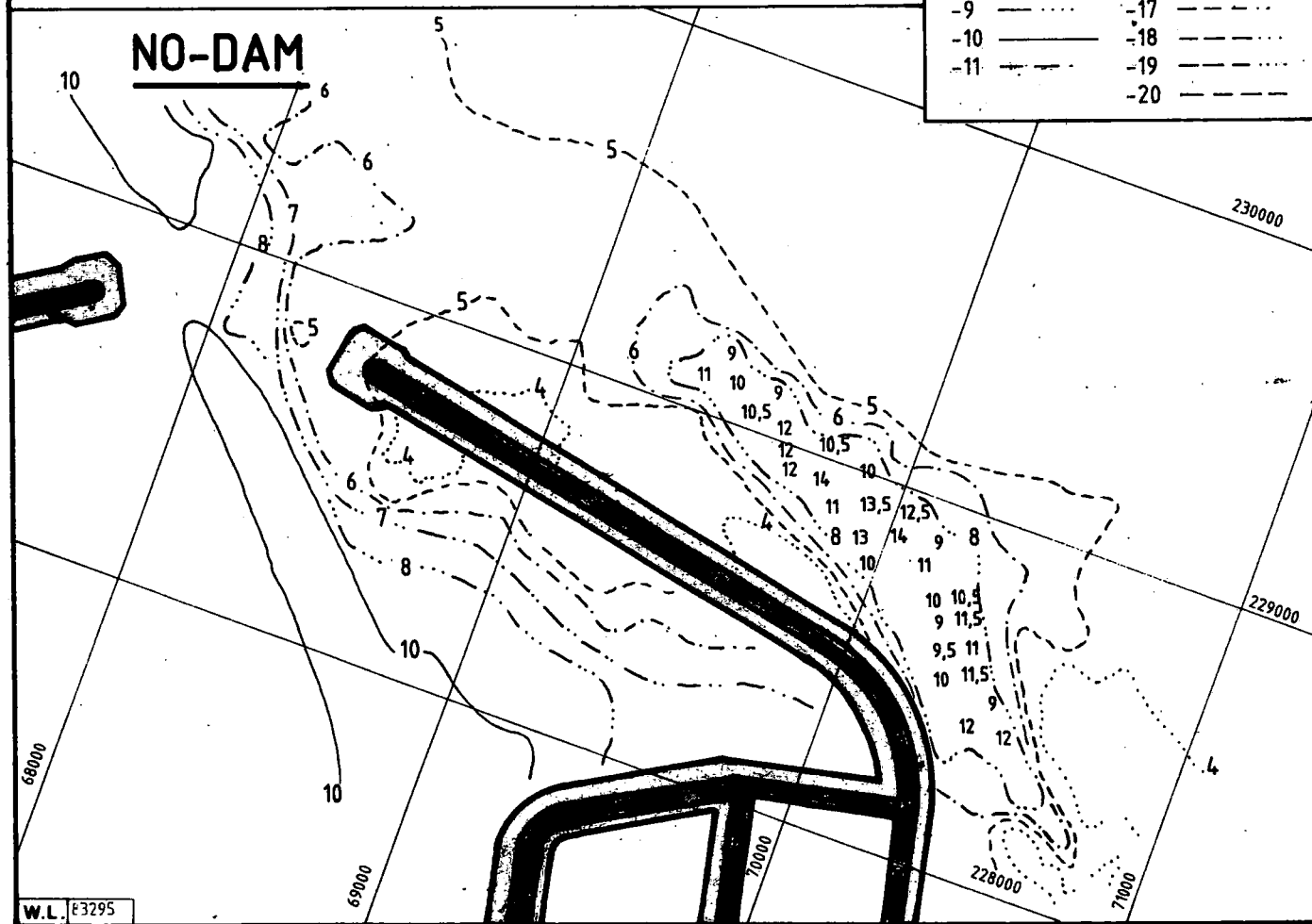
**NW-DAM**



Legende cota in m

-4	-12
-5	-13
-6	-14
-7	-15
-8	-16
-9	-17
-10	-18
-11	-19
	-20

**NO-DAM**



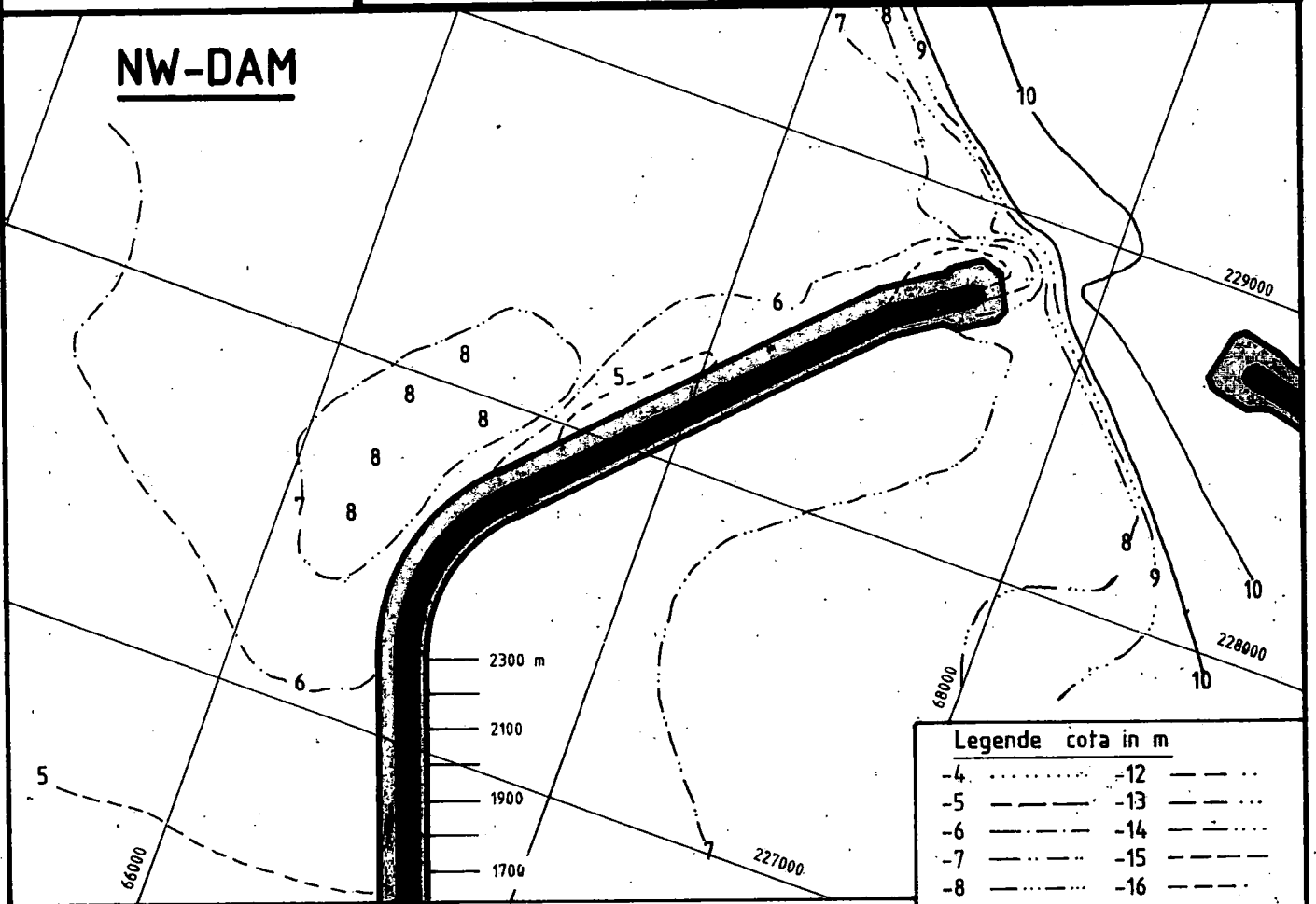




Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
7<sup>e</sup> PROEF

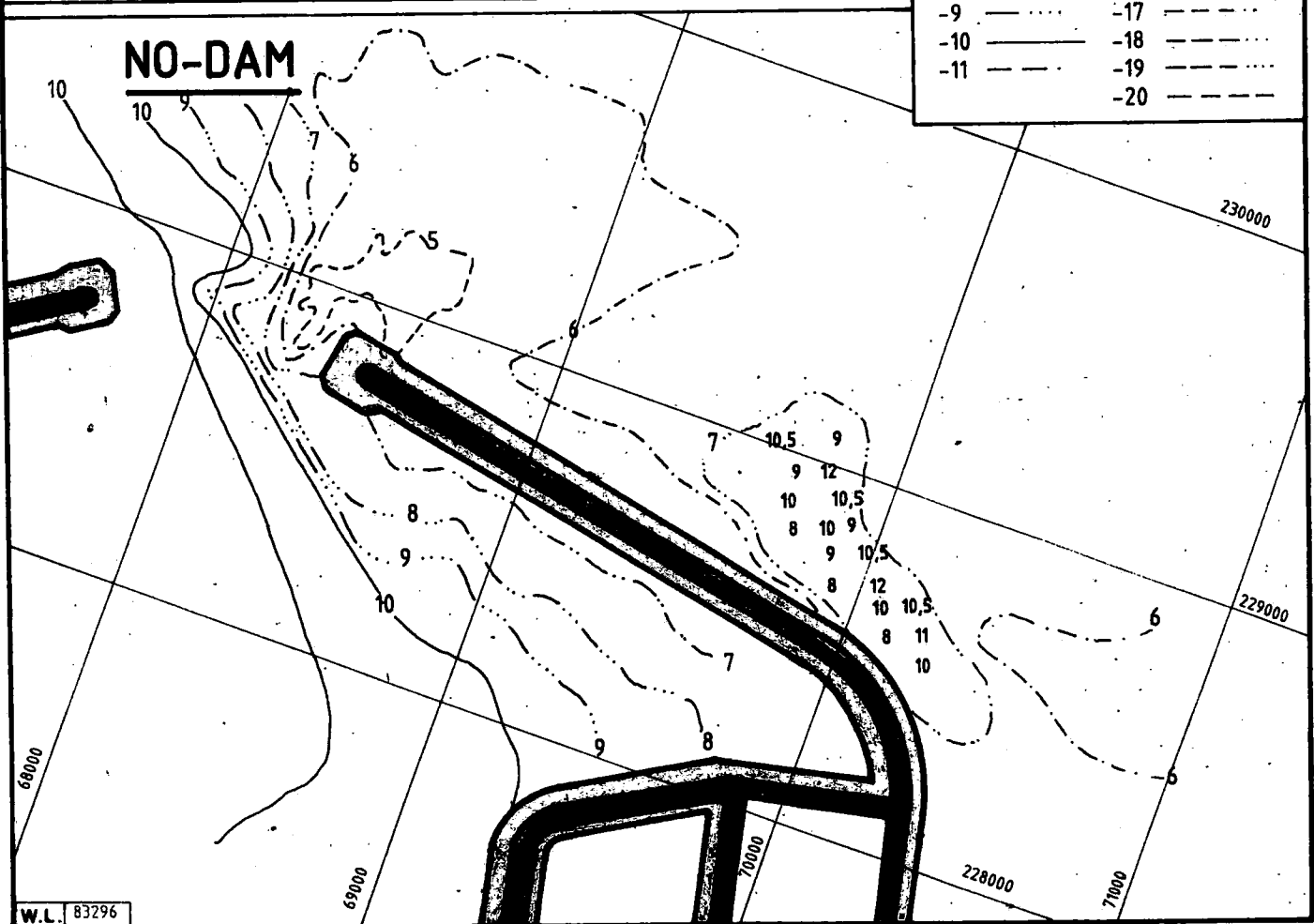
**NW-DAM**



Legende cota in m

-4	.....	-12	----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**

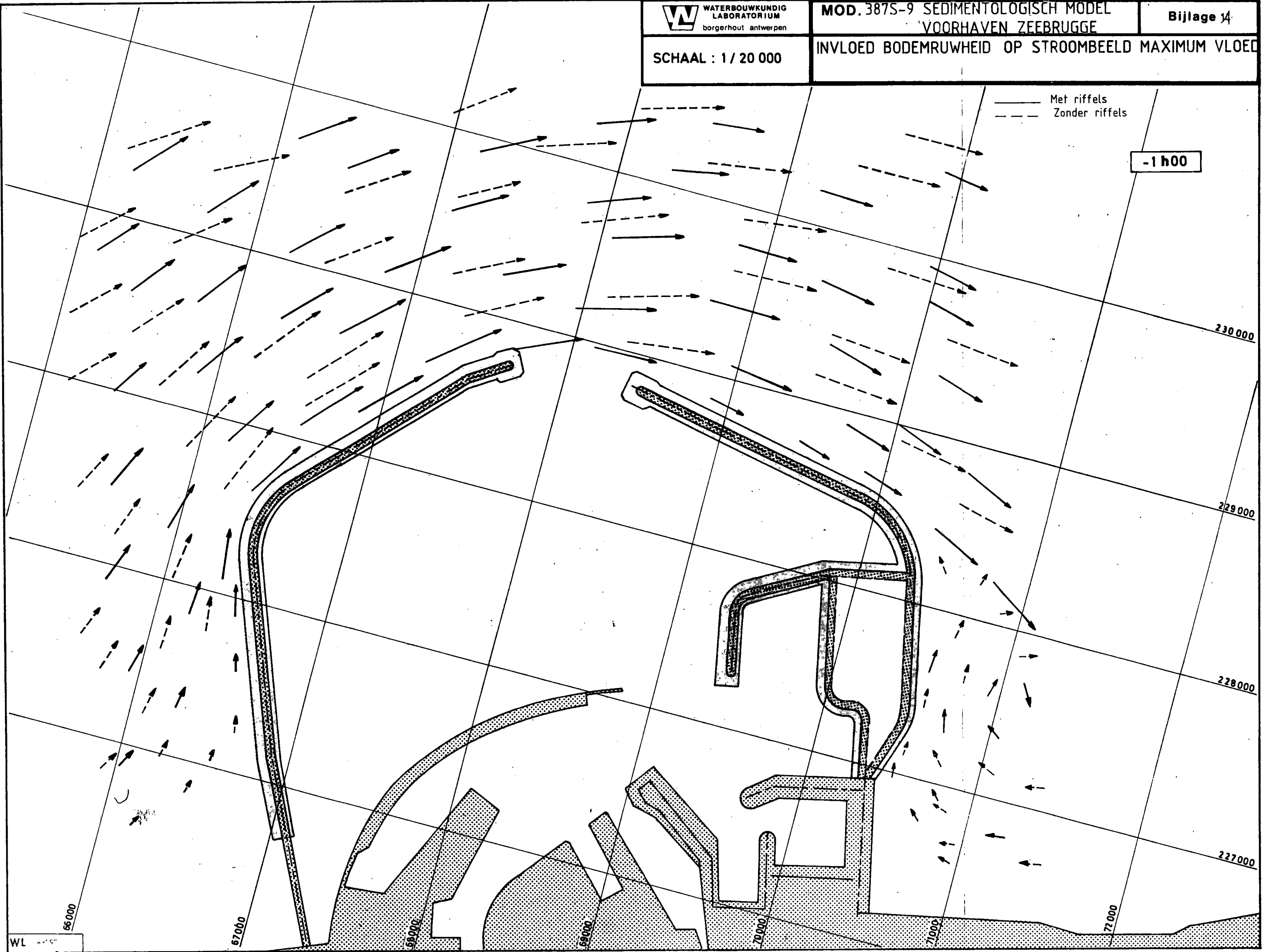


**SCHAAL : 1 / 20 000**

**INVLOED BODEMRUWHEID OP STROOMBEELD MAXIMUM VLOED**

— Met riffels  
- - - Zonder riffels

**-1 h00**

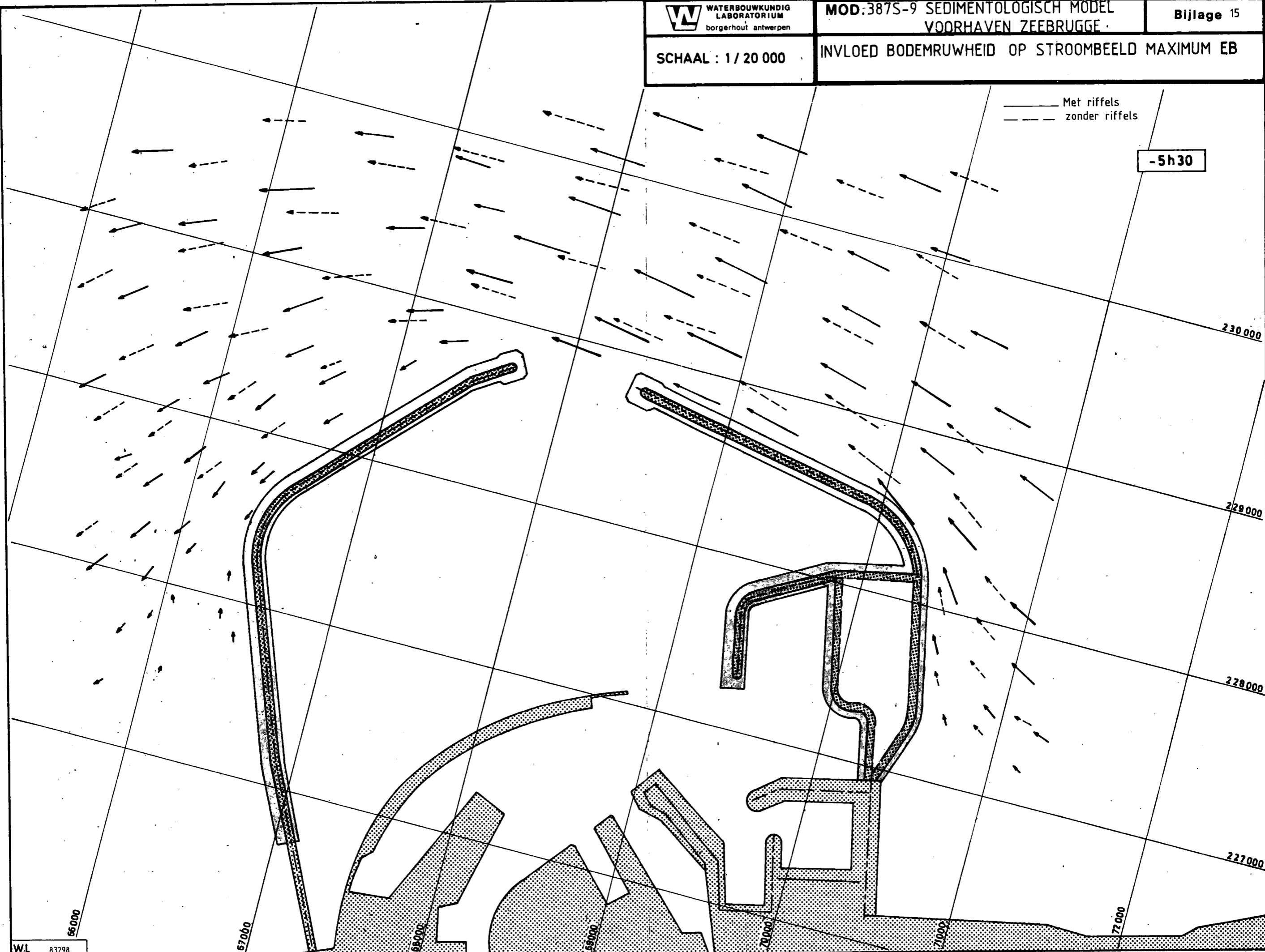


SCHAAL : 1 / 20 000

INVLOED BODEMRUWHEID OP STROOMBEELD MAXIMUM EB

— Met riffels  
- - - zonder riffels

-5h30





BODEMTOESTAND T0+18 EN T0+24 POLYSTYREEN  
8<sup>e</sup> PROEF

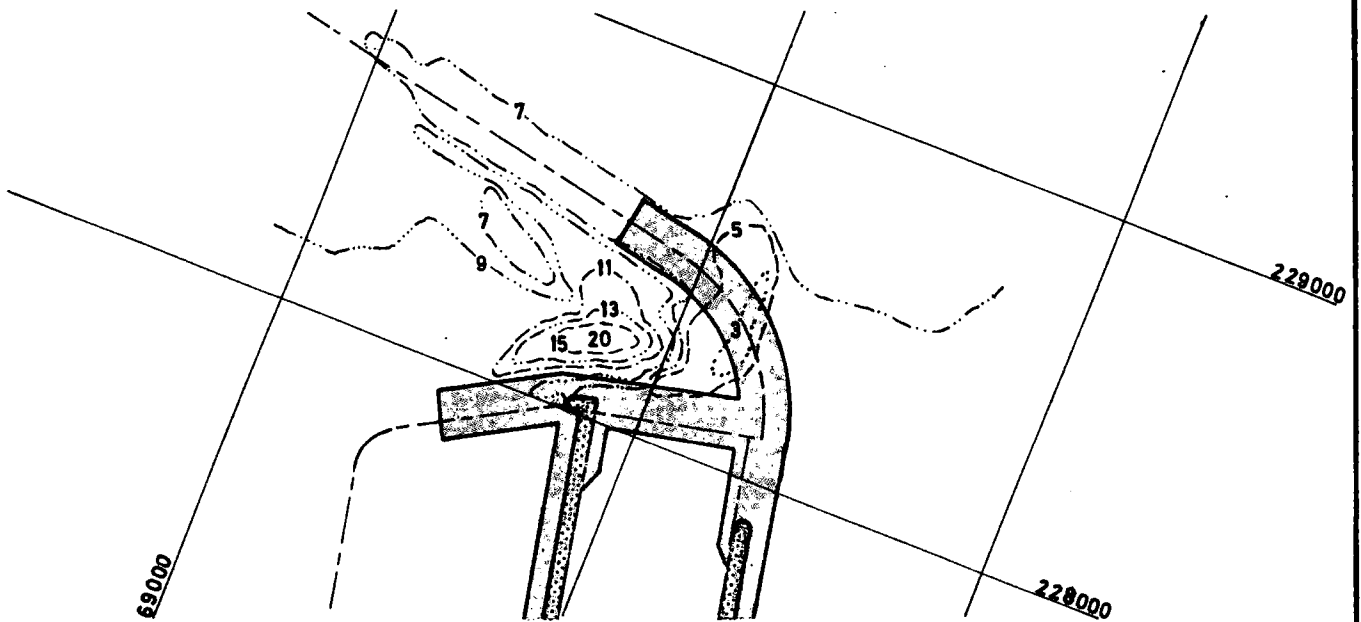
 zand en  
bodembescherming

 uitbouw havendam

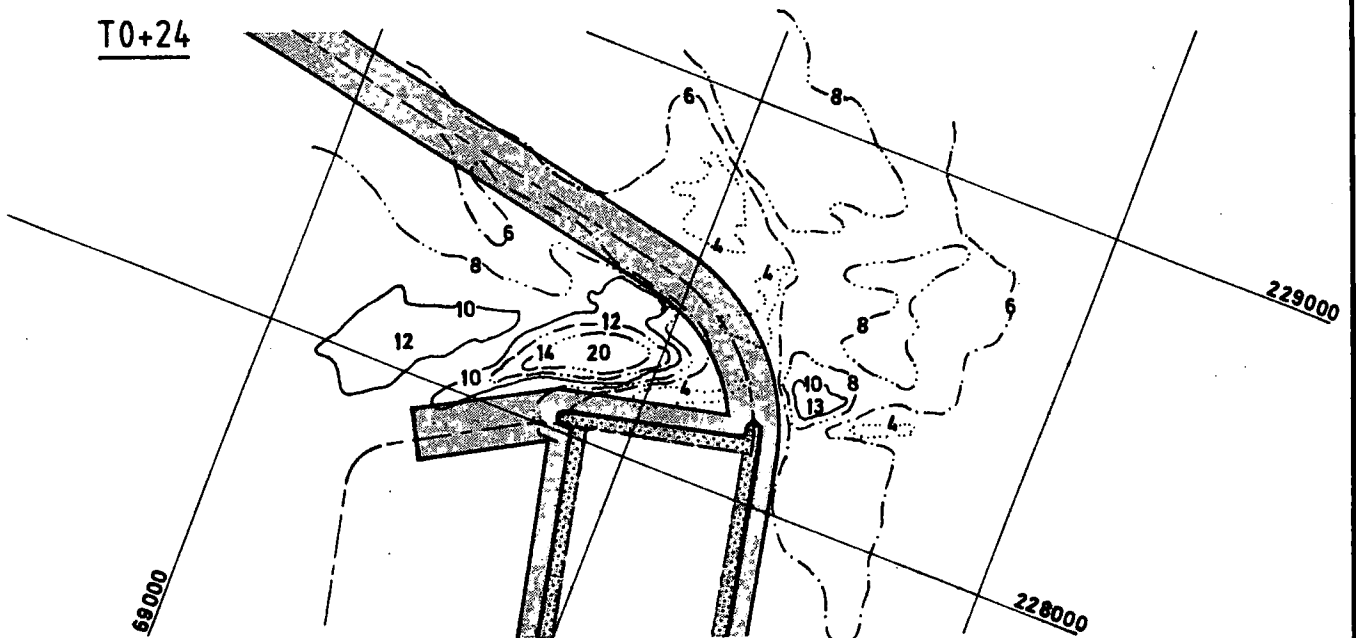
legende: cota in meter

- 2 ..	- 11 ---
- 4 ....	- 12 ----
- 5 --	- 13 -....
- 6 ..	- 14 -.....
- 7 ...	- 15 ----
- 8 ....	- 16 -...-
- 9 -....	- 17 -....
- 10 -----	- 18 -.....
	- 19 -.....
	- 20 -...-

T0+18.



T0+24

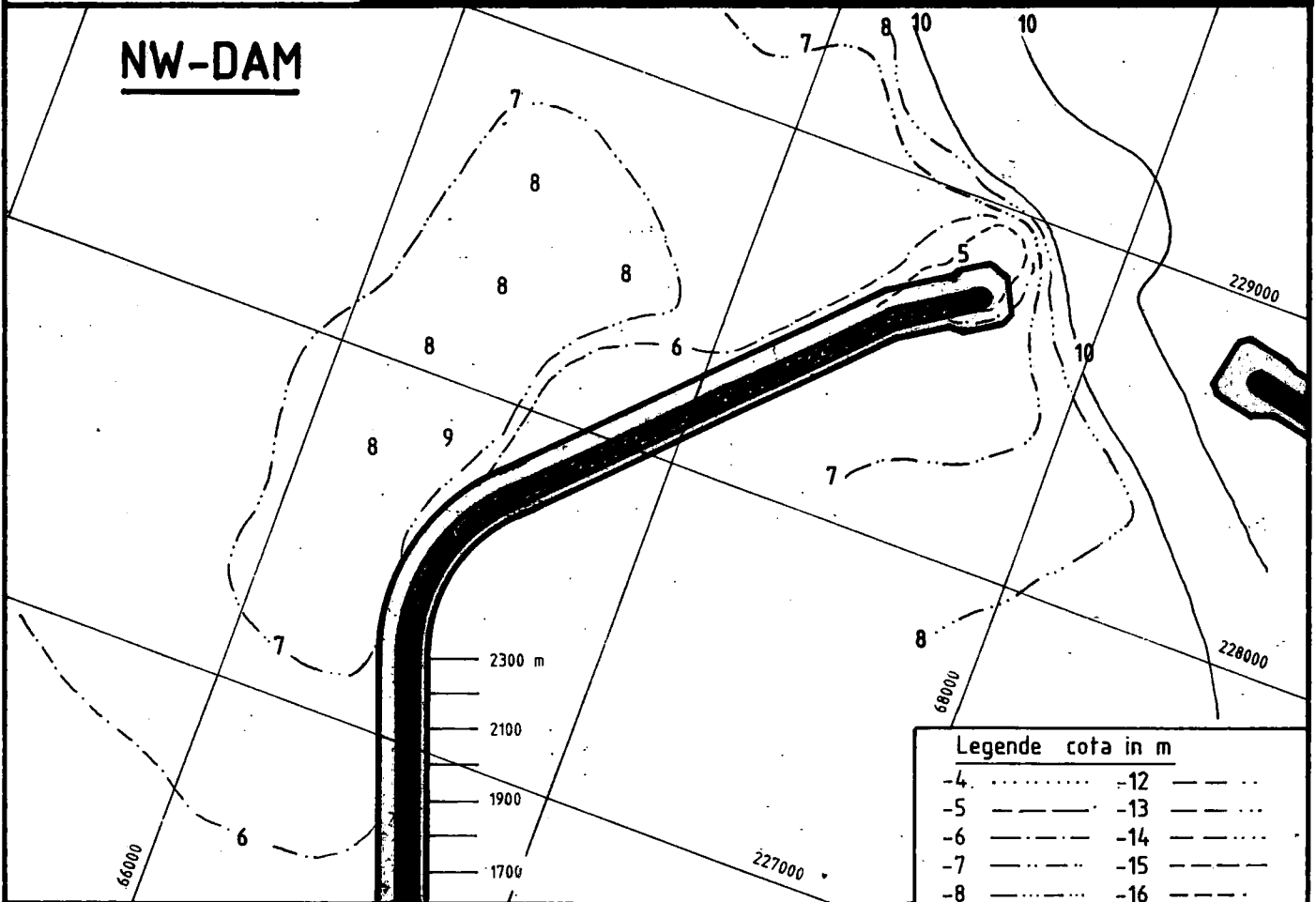




Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
9<sup>e</sup> PROEF

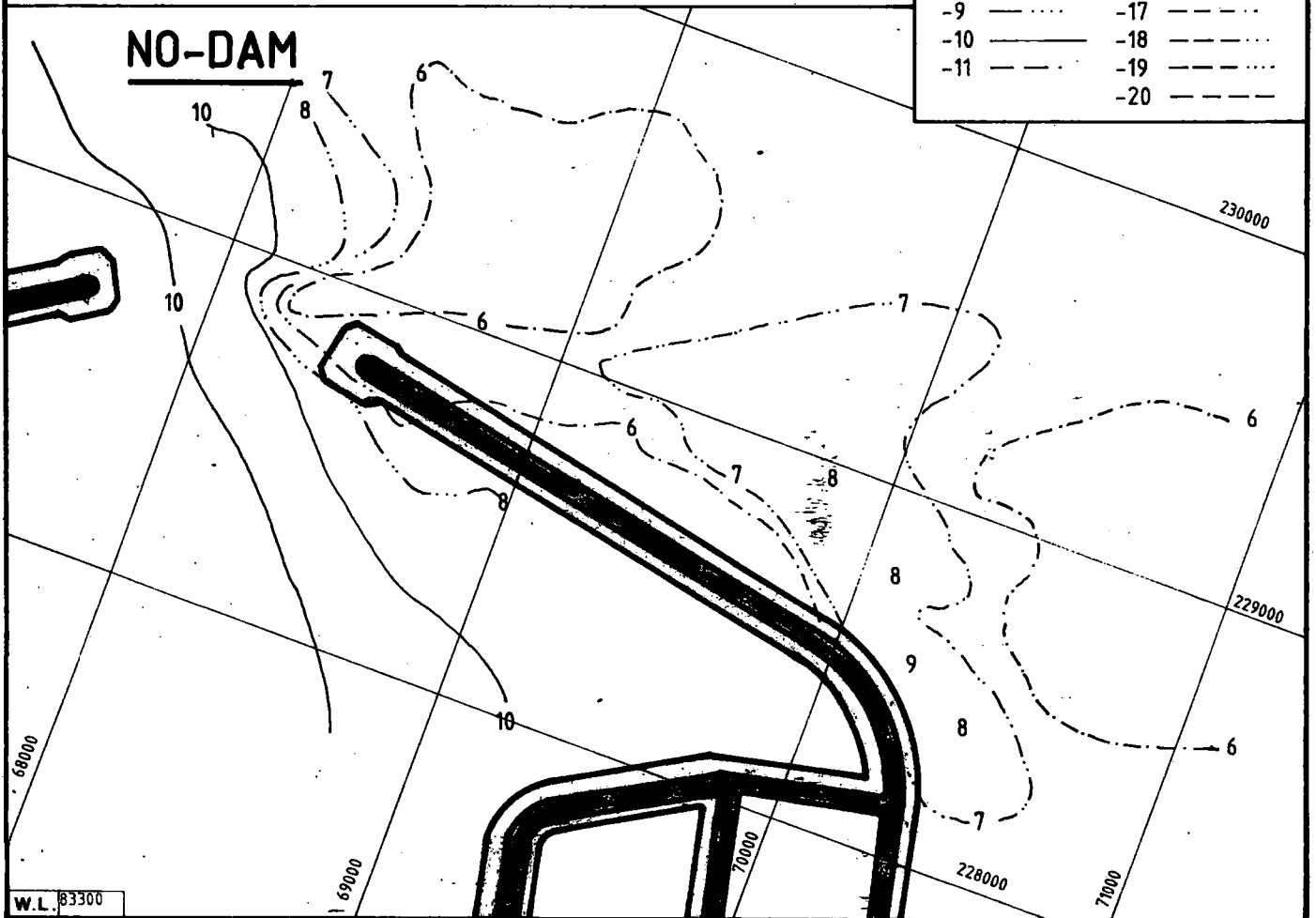
**NW-DAM**



Legende cota in m

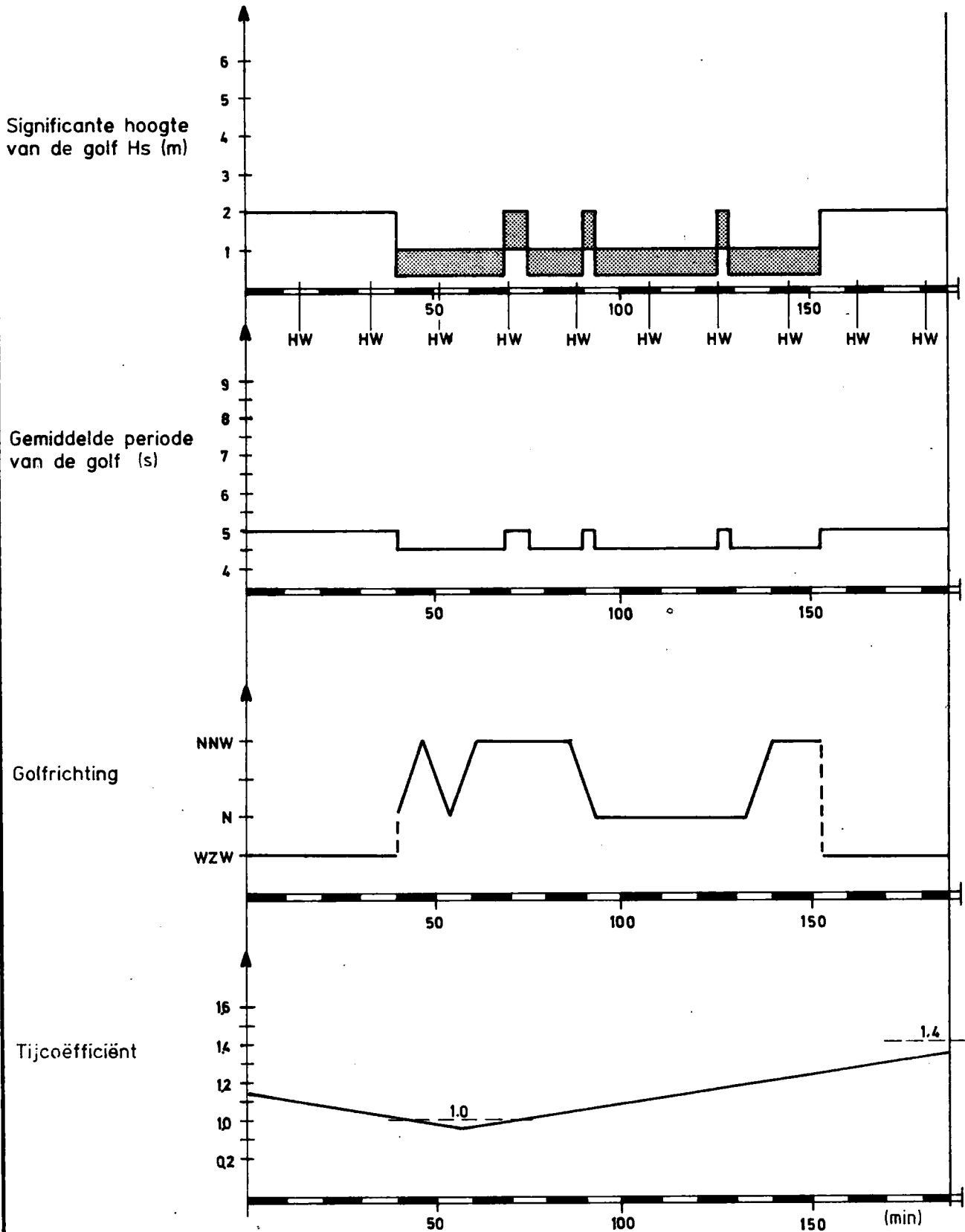
-4	.....	-12	----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**

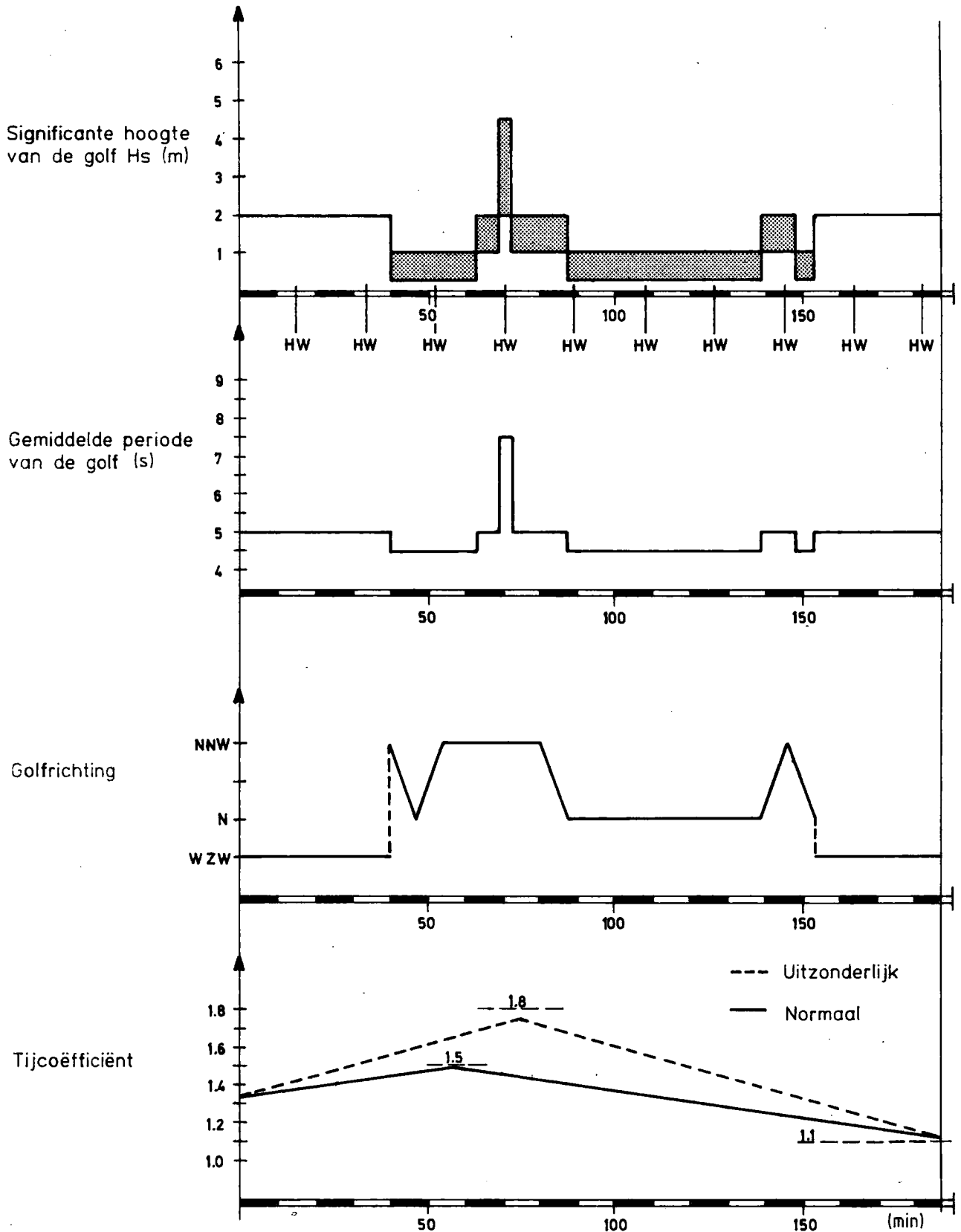




NIEUWE ZOMERCYCLUS INCLUSIEF GOLVEN UIT WNW



**NIEUWE WINTERCYCLUS INCLUSIEF GOLVEN UIT WNW**

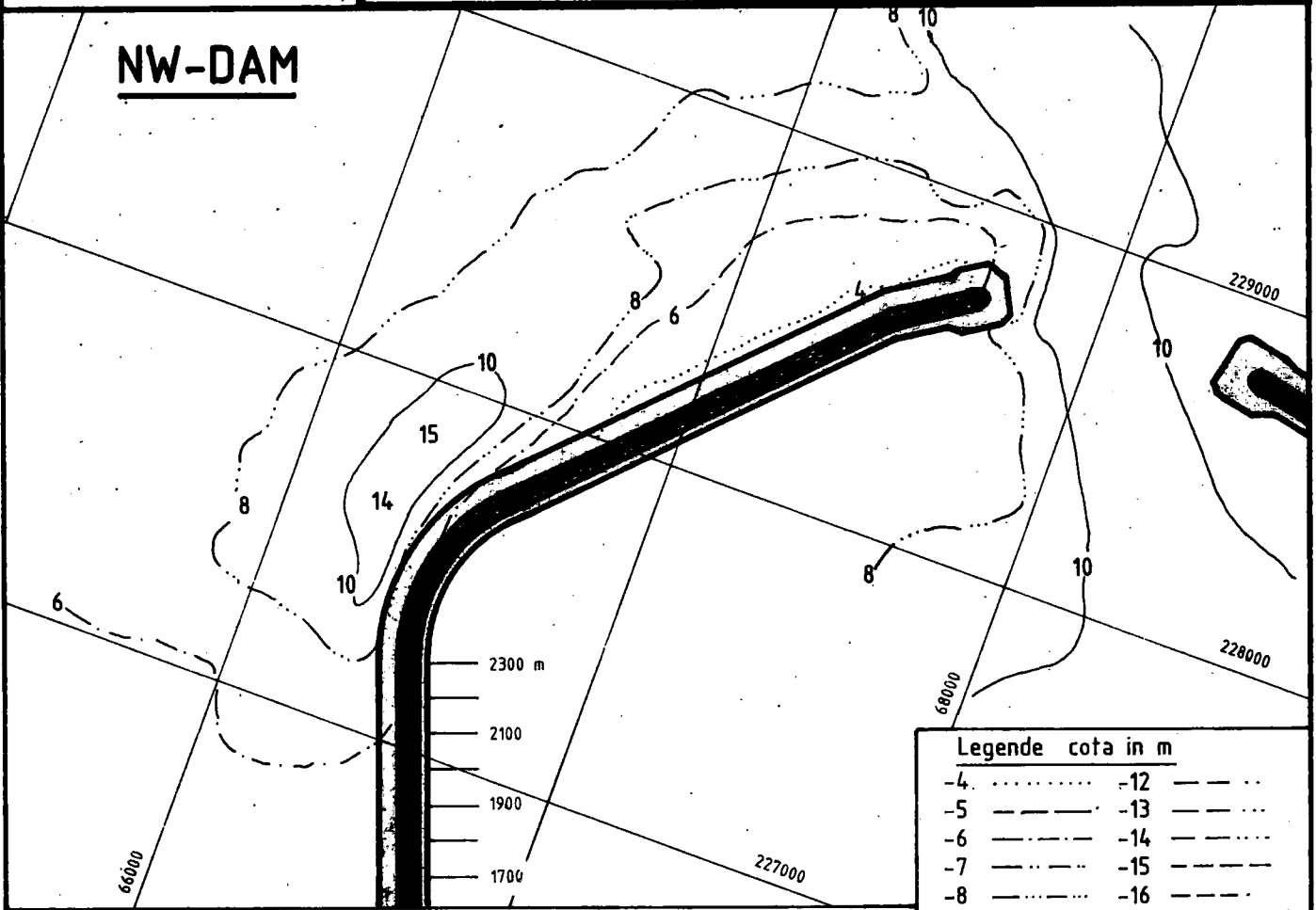




Schaal 1/20000

BODEMTOESTAND 2 JAAR NA VOLLEDIGE UITBOUW  
10<sup>e</sup> PROEF

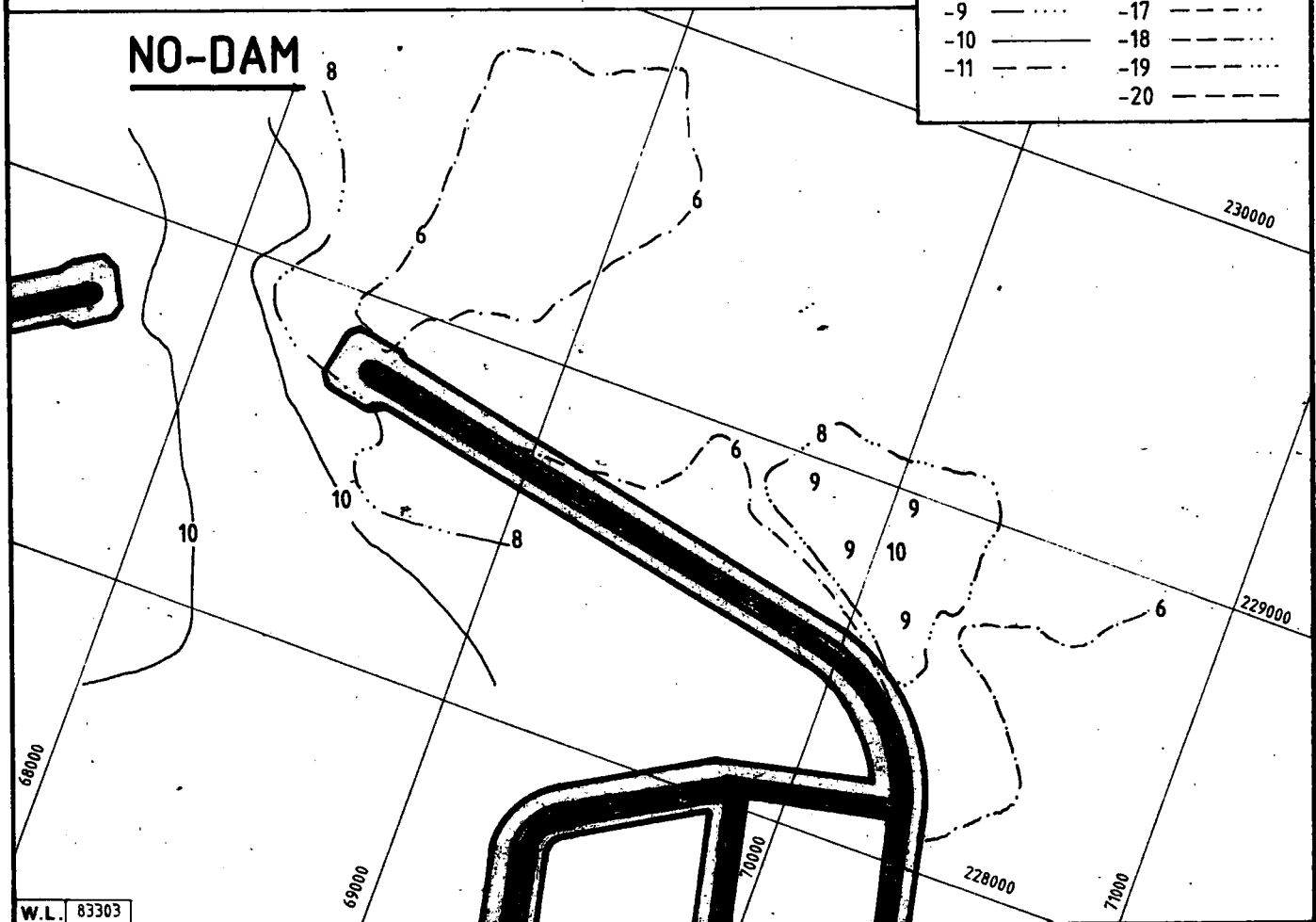
**NW-DAM**



Legende cota in m

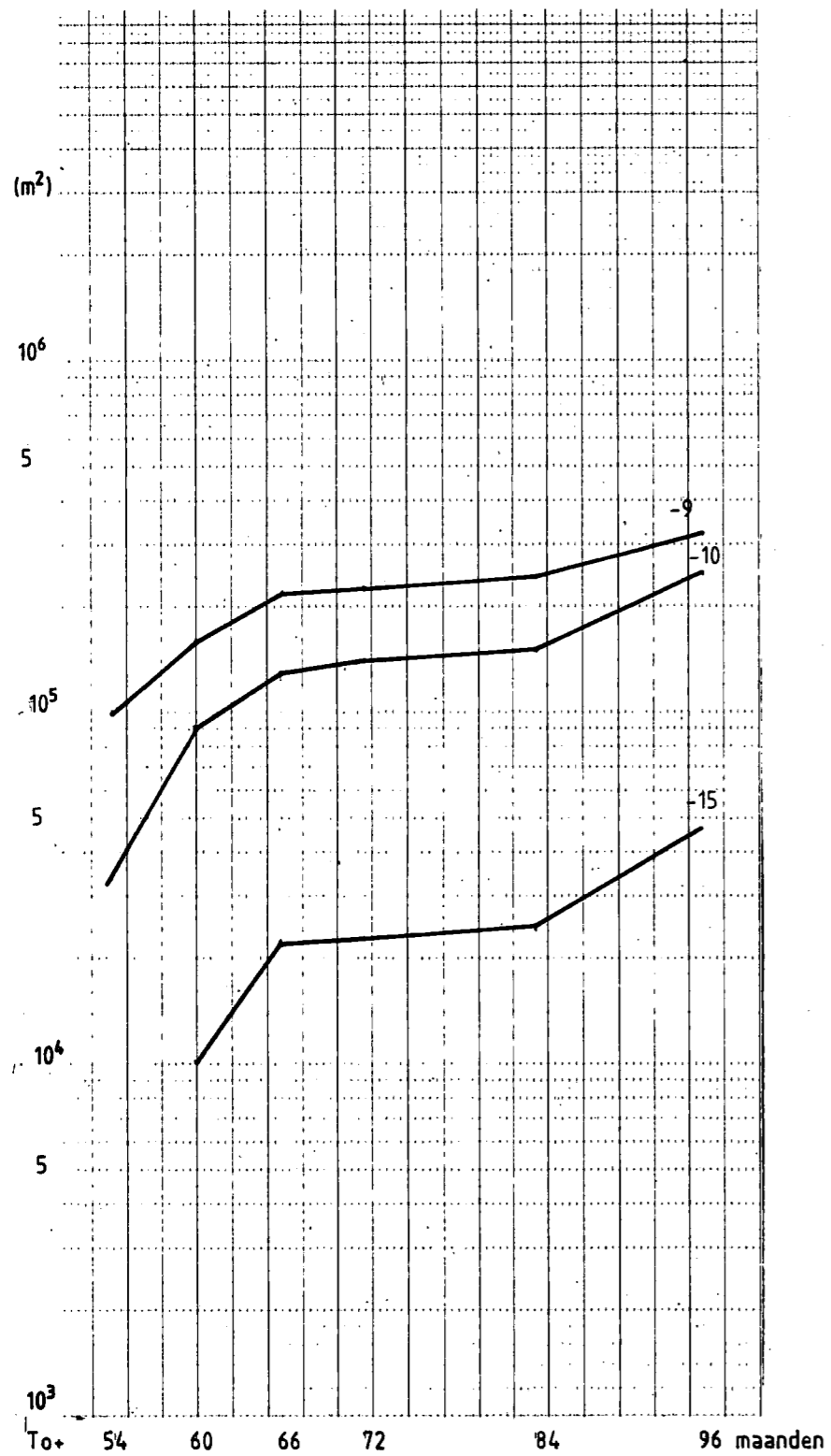
-4	.....	-12	----
-5	-----	-13	-----
-6	-----	-14	-----
-7	-----	-15	-----
-8	-----	-16	-----
-9	-----	-17	-----
-10	-----	-18	-----
-11	-----	-19	-----
		-20	-----

**NO-DAM**

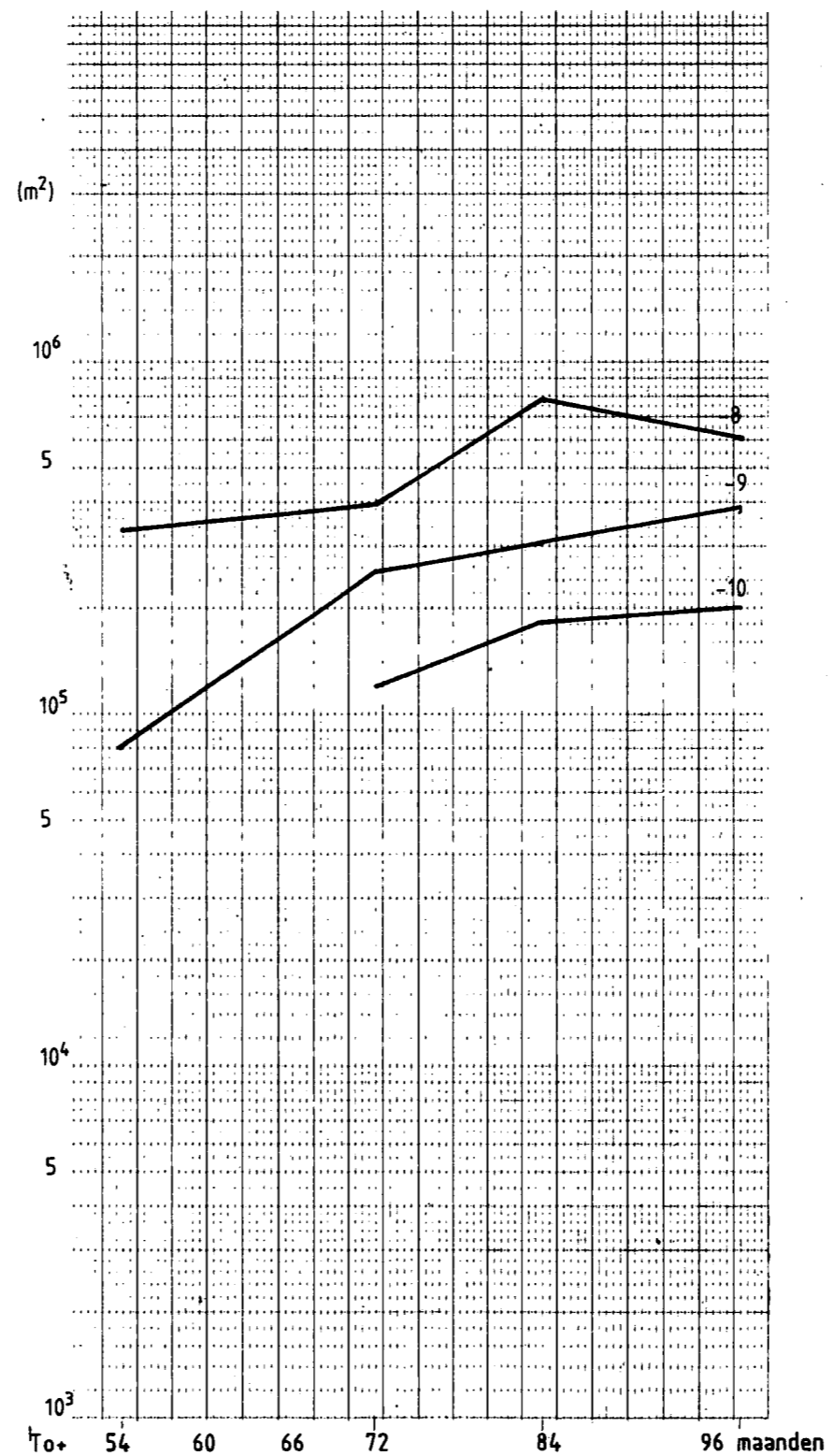




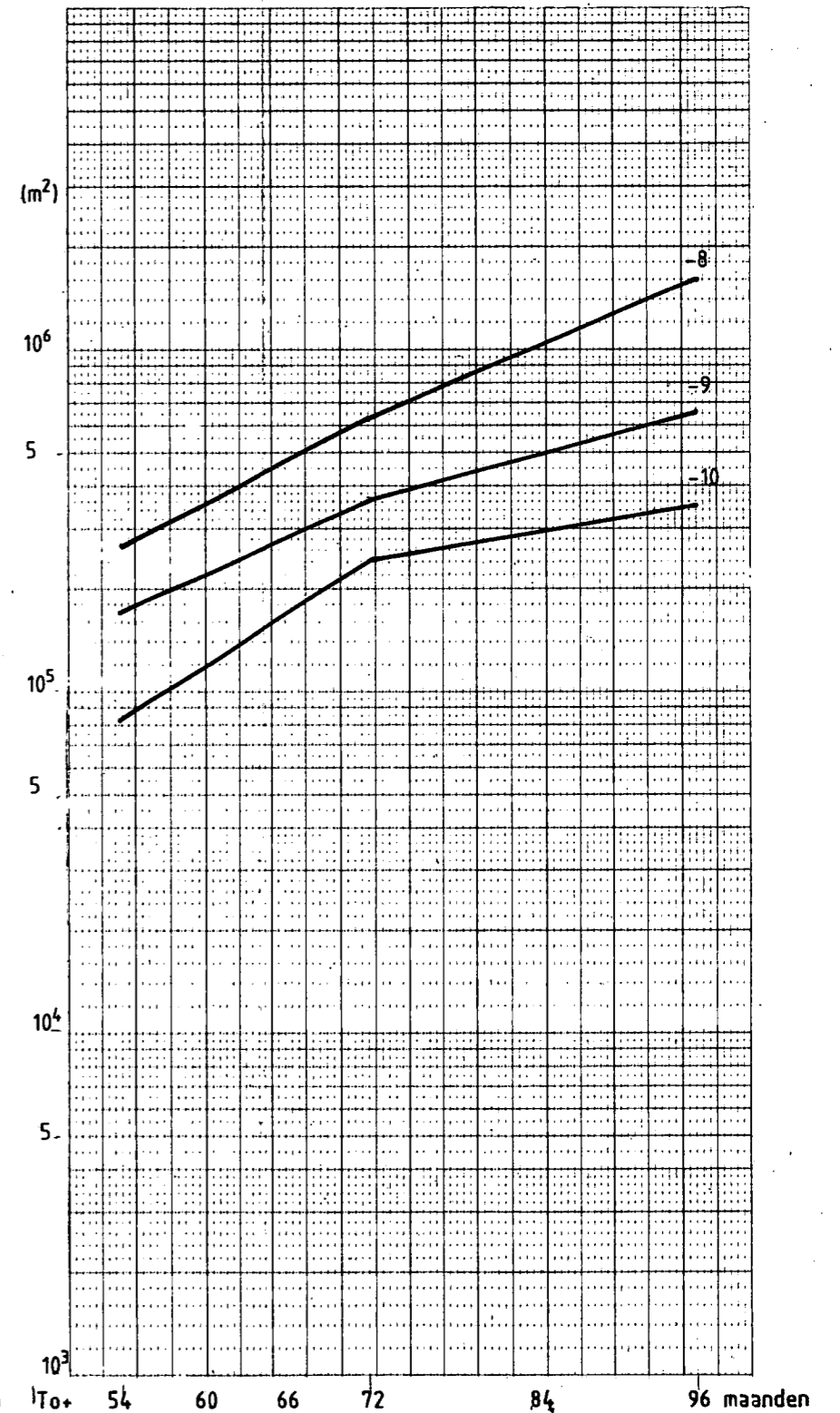
PROEF 1



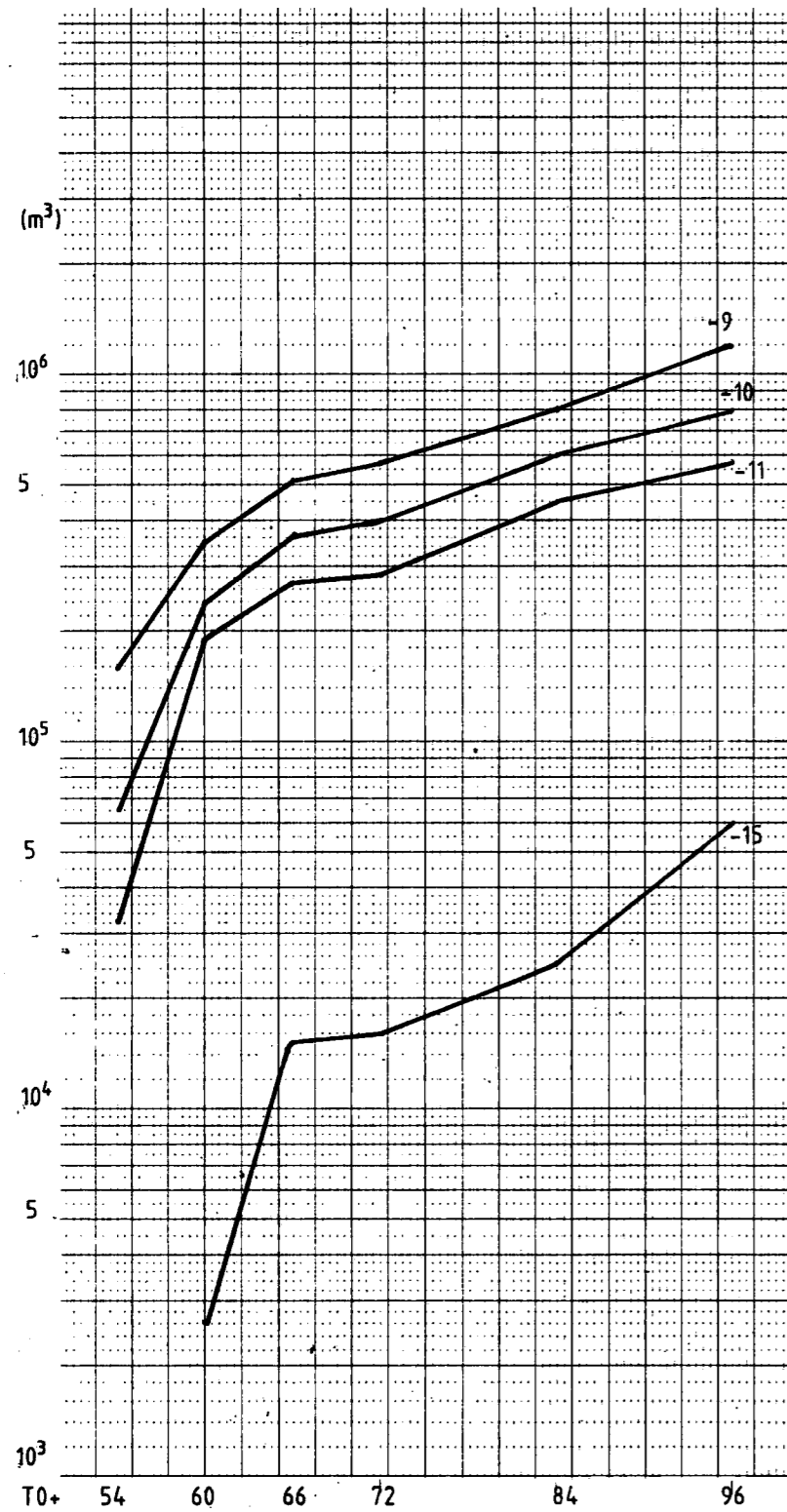
PROEF 2



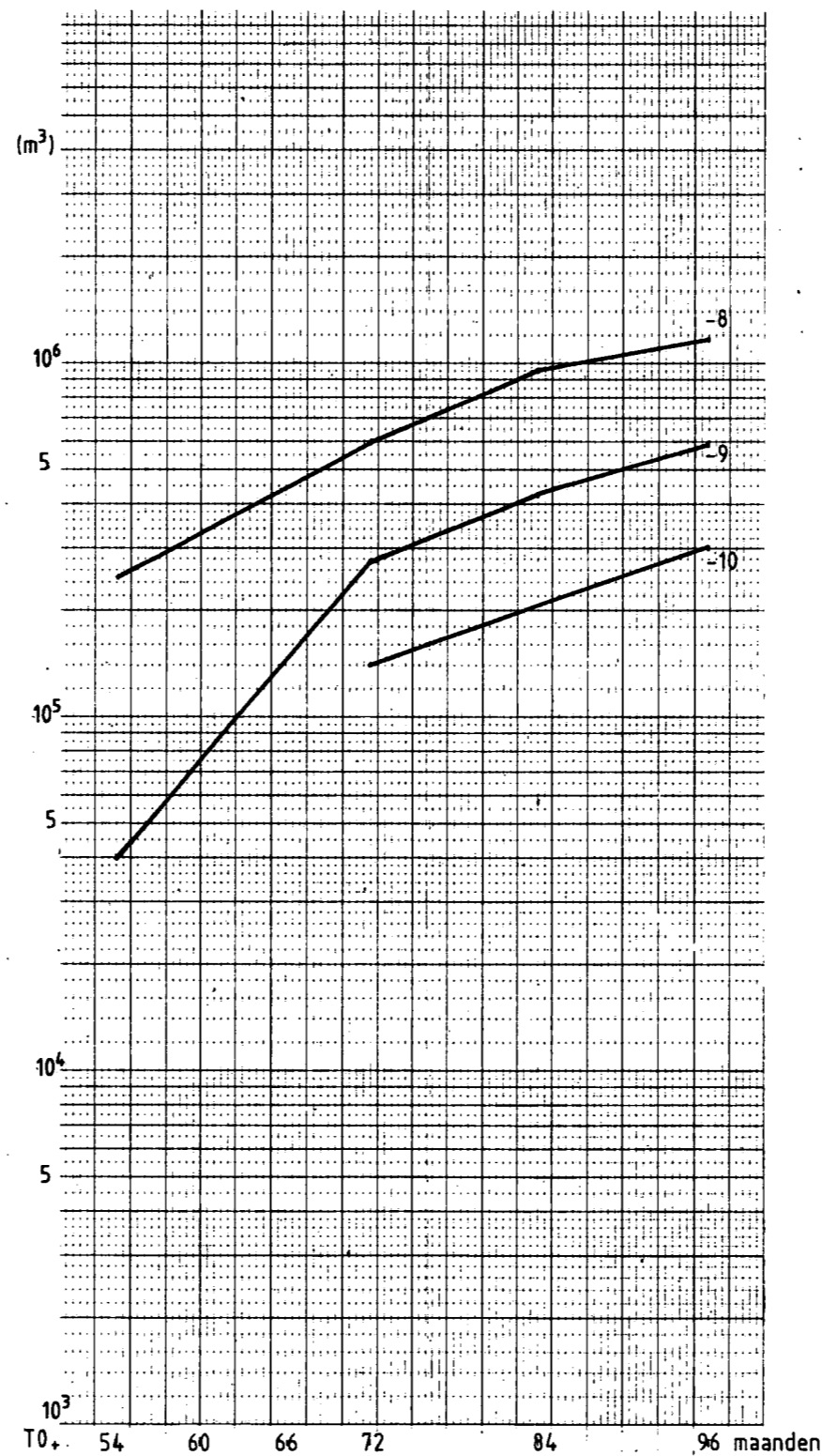
PROEF 3



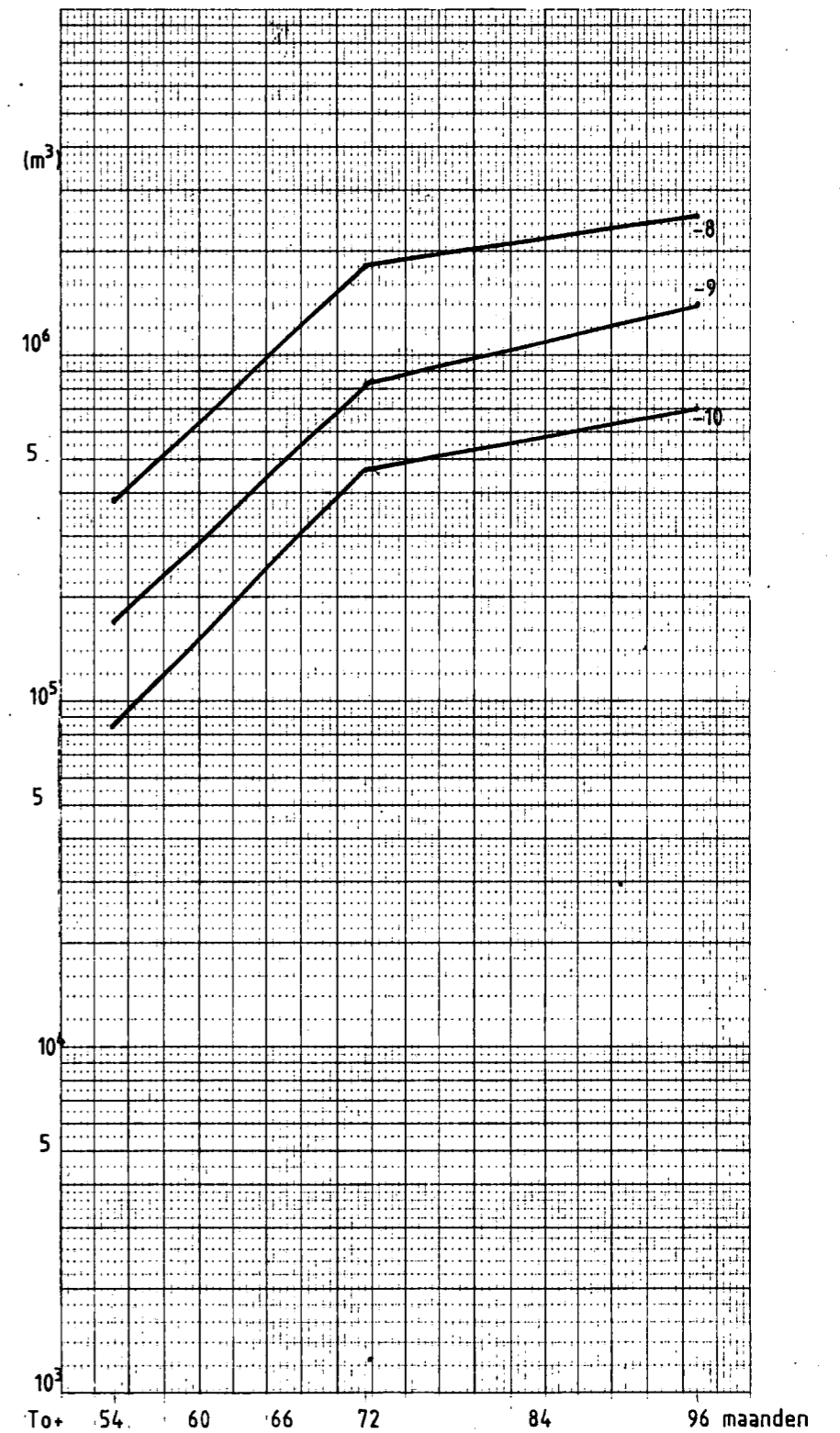
PROEF 1



PROEF 2



PROEF 3



OVERZICHT DER PROEFRESULTATEN

Proef	hydr. ijking	snelheids- distortie	wegname sediment	oriëntatie- golven	beweegbaar materiaal	max.diepte	max.diepte	oppervlakte		oppervlakte	
						NW - darn T0 + 96	NO - darn T0 + 96	- 8m T0 + 96	NW T0 + 96	- 8m T0 + 96	NO T0 + 96
1	1	15 %	neen	var.	nacre	- 20.5	- 7				
2	1	15 %	ja	var.	nacre	- 14	- 13				
3	1	25 %	ja	var.	nacre	- 16.5	- 9				
4	2	25 %	ja	var.	nacre	- 14	- 13				
5	2	15 %	ja	N	nacre	- 16.5	- 12				
6	2	15 %	ja	-	nacre	- 12	- 14				
7	2	15 %	ja	NNW	nacre	- 8	- 12				
8	2	0 %	neen	var.	polystyr.	- 8	- 8				
9	2	15 % wintertij vloed +45% eb -25%	ja	var.	nacre	- 8	- 8				
10	2	15 % wintertij vloed +45% eb -25%	ja	var. nieuwe cyclus incl WZW golven	nacre	- 15	- 10				

editie

WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

---

BERCHEMLEI 115  
2200 BORGERHOUT  
BELGIE  
TELEFOON 03/236.18.50.

