

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout - Antwerpen.

Mod. 129.

Modelproeven aangaande oever-
bekledingen van een zandig
strand.

Bijlagen : 5 plans - 4 fotos.

MOD. 129.

V E R S L A G.

MODELPROEVEN AANGAANDE OEVERBEKLEDINGEN VAN EEN ZANDIG
STRAND.

Onderhavig verslag omvat :
5 plans^(*), genummerd : 1, 2, 3, 4, 5.
4 fotos, genummerd : 1, 2, 3, 4.
2 ongenummerde figuren in de tekst.

§ 1. OPDRACHT.

Door dienstbrief nr. H.K.64, uitgangsnr. I/I6.727 dd. 10 Mei 1952 van het Bestuur der Waterwegen wordt het W.L. aangezocht de invloed te onderzoeken der terugstortende golven op de plasbermen en op het strand aan de voet der oeverbekledingen.

§ 2. DOCUMENTATIE AAN HET W.L. VERSTREKT.

Door een schrijven van de Dienst der Kust (D.K.) nr. 67.373 dd. 26 Mei 1952 wordt aan het W.L. voorgesteld als basis voor de proeven aan te nemen het type van zeedijk dat bestaat te Oostende tussen de Kursaal en de haven. Het profiel van deze zeedijk wordt als volgt beschreven :

(*) De nummers der door de zorgen van het Waterbouwkundig Laboratorium (W.L.) opgemaakte plans worden in dit verslag steeds onderlijnd, ten einde ze te kunnen onderscheiden van documenten afkomstig uit andere bronnen.

Helling van het talud : 10/4.

Peil van taludvoet : (+2m13).

Peil van taludkruin : (+8m91).

Plasberm voor taludvoet : 8 m. breed op peil (+2m13) tot (+2m00).

Van deze aanvankelijke gegevens wordt afgeweken na een bespreking tussen D.K. en W.L. Overeengekomen wordt aan de eerste experimenten de volgende elementen ten grondslag te leggen die ook opgesomd worden in een brief van de D.K. nr. 67.373 dd. 20 Juni 1952.

a) Taludtype van Heist.

Helling van het talud : 8/4.

Kruin der beschoeiing op peil (+3m50).

Kruin talud minstens op peil (+9m00)

Beschoeiing = verticale wand tussen de peilen (+3m50) en (+1m00).

b) Strand.

Helling = 2 ‰, over 200 m. lengte. Het peil van het strand zou dus in het model variëren tussen (+3m50) en (-0m50).

c) Tij.

Hoogwater (H.W.) op (+5m00).

Laagwater (L.W.) op (+0m00).

d) Golven.

Amplitude = hoogteverschil tussen kruin en dal = 2 m.

Golflengte = 20 m.

Na een eerste reeks proeven met deze gegevens zou het model verschillende wijzigingen ondergaan (aanbrengen van plasbermen, veranderen der helling van de bekleding, ruwmaking van het talud) en zouden dan telkens de gedragingen der golven nagegaan worden.

§ 3. BESCHRIJVING VAN HET MODEL. - OPWEKKING DER GETIJ-
BEWEGING. - GOLFAPPARATUUR.

=====

Als modelschaal wordt $I/n = I/20$ gekozen.

Het model is voorgesteld op plan 1. Zijn smalste deel heeft de vorm van een rechthoek, 11m50 lang en 2m50 breed. Langs de zeewaartse kant wordt het model tot 3m50 verbreed, over een lengte van 3m00 gemeten langs de longitudinale as; zodoende wordt een ruimte verkregen voor de opstelling der golfapparatuur. Voor het inbouwen der verschillende types van oeverbekleding blijft een lengte van 1m50 beschikbaar. Er blijft dus 11m50 - 1m50 = 10m00 over voor het eigenlijke strand of $10 \times 20 = 200$ m. in de werkelijkheid.

De muren die het model begrenzen hebben over het algemeen een hoogte van 0m70. Ter plaatse van de oeverbekledingen wordt die hoogte met 0m05 vermeerderd.

In een der lange muren van het model staan drie glasramen, elk 1m96 lang. Door deze ramen is het mogelijk de waterbewegingen en de veranderingen van de bodem gedurende de proeven waar te nemen.

Het model ontvangt een constant waterdebiet Q l/sec. dat eerst in een meetbak met Thomson-overlaat gemeten wordt en daarna in een 0m50 breed kanaaltje opgevangen wordt. Dit kanaaltje staat, langs een zijner uiteinden, in verbinding met het model. Aan het

andere uiteinde bevindt zich een regelbare klep welke dient ter opwekking van het getij en tevens het debiet $(Q - S \frac{dh}{dt})$ afvoert.

S = oppervlakte van de waterspiegel in model en kanaaltje,

h = waterstand in model en kanaaltje,

t = de tijd.

De stand van voornoemde klep kan geregeld worden door middel ener nok welke vorm in overeenstemming is gebracht met de gewenste tijkromme $h = f(t)$. De tijdschaal van laatstgenoemde kromme, m.a.w. de periode van het tij, is binnen wijde grenzen continu instelbaar door middel van een in de handel verkrijgbare snelheidsvariator.

Tot hiertoe werden, voor het opwekken van oppervlaktegolven in modellen, meestal apparaten met slingerende borden of schommelende plunjers gebezigd die bruikbaar genoeg zijn als de waterstand in de maket constant is of slechts zeer weinig, zegge enkele mm., varieert. Waar bij huidig modelonderzoek vooreerst het voornemen bestond te werken met een tijverschil van $5,00/20 = 0,25$ m. model was het duidelijk dat moest uitgezien worden naar een geschikt type van golfapparaatuur dat nl. in staat zou zijn de tijbeweging te volgen. In dit verband was een gelukkige omstandigheid het feit dat het W.L. reeds geruime tijd het probleem der golfopwekking in tijmodellen had ter hand genomen met het oog op de uitbating van grote maketten ter bestuuring der ontzanding van sommige panden der Belgische kust, welke maketten in de nieuwe inrichtingen dier instelling zullen ondergebracht worden. De constructie

der nieuwe apparatuur was reeds tamelijk ver gevorderd bij de voltooiing van de ruwbouw van Mod. I29 en er bleken voldoende onderdelen voorhanden te zijn om, voor de onderhavige modelproeven, een golfapparatuur samen te stellen die bij een tijverschil van 25 cm. nog geschikt zou blijven.

De golfmachine in kwestie is afgebeeld op plan 1. Zij omvat een 3m00 lange plunjer a die, bij stilstand der apparatuur, op het wateroppervlak vlot. De plunjer vertoont in dwarsdoorsnede (zie doorsnede AB van plan 1) een zodanige vorm dat, als hij op en neer schommelt, de golven voornamelijk langs zijn linkerkant (links op plan 1) gevormd worden en veel minder langs zijn rechterzijde. De plunjer is door twee stangen b verbonden met de schommelende carters c. Hoe groter het tijverschil en de amplitude der op te wekken golven, hoe langer de stangen b, daar getracht moet worden de afwijking der stangen van de horizontaal tot een minimum te beperken. De as der golfapparatuur gaat door de carters o, welke ook de mechanismen omvatten die de twee armen d doen draaien. Deze armen dragen elk een verstelbaar gewicht. Geprojecteerd op een door AB (plan 1) gaand verticaal vlak beschrijven de armen d dezelfde hoek als de stangen b. Zet men nu de as van het apparaat in beweging dan draaien de armen b in tegengestelde zin en met dezelfde hoeksnelheid. Bevinden de gewichten zich rechts (op de plattegrond van plan 1) van de as der golfapparatuur, dan wordt de plunjer ingedompeld en het omgekeerde gebeurt als de gewichten langs de linkerkant der as komen. De plunjerbeweging wordt tevens beïnvloed

door de traagheidskrachten zoals ze uit de beweging der gewichten kunnen afgeleid worden.

De periode der oppervlaktegolven wordt bepaald door de hoeksnelheid van voornoemde as der golfappara- tuur; deze snelheid wordt geregeld door een snelheids- variator ingeschakeld tussen bedoelde as en de aan- drijvende electromotor. Per minuut kunnen 30 tot 150 golven opgewekt worden.

Bij een bepaalde periode kan de amplitude der gol- ven geregeld worden door de grootte der gewichten en door hun stand op de armen d.

Staat de golfapparatuur stil dan volgt de plunjer vrij de tijbeweging. Is het toestel in werking dan worden golven met een constante periode opgewekt bij gelijk welke waterspiegel, indien met laatstgenoemde term de waterstand bedoeld wordt als er geen oppervlak- tegolven zijn.

Het lijkt aangewezen de apparatuur zodanig in te stellen dat de stangen b horizontaal komen te staan als de onbewogen waterspiegel van het model op oota $I/2$ (H.W. + L.W.) ligt.

Tegen de muur rechts (plan 1) van de plunjer wor- den natuurlijk voorzieningen getroffen ter opslorping van de golven die zich van de kust verwijderen. Deze golven zijn, ofwel rechtstreeks door de plunjer opge- wekt, ofwel zijn zij het gevolg ener weerkaatsing tegen de oeverbekleding van golven welke aanvankelijk links liepen.

In de natuur worden ook golven tegen de oever weerkaatst. De teruggekaatste golf loopt van het strand weg en laat verder niet meer van zich horen.

In het model daarentegen is zij hinderlijk voor de experimenten daar zij de plunjer ontmoet en aldus de golfopwekking zelve beïnvloedt. Dit euvel is stellig bij onderhavige modelproeven aanwezig, maar nochtans niet, naar we geloven, in zulke mate dat daardoor in het gedrang zouden komen de conclusies die uit de experimenten worden getrokken. Dit oordeel is gesteund op figuur 21 (plan 5), welke afbeelding het verloop weergeeft der maximum golftoppen en -dalen in een raai ongeveer rechtstandig op de oever, voor verschillende hellingen der bekleding. Inderdaad, het gevonden verloop blijkt geenszins het bestaan uit te sluiten ener onbeïnvloede golfamplitude, te beginnen van een punt iets verder dan meetpunt 3 van de oever verwijderd. Voor de ligging der meetpunten wordt naar figuur 24 (plan 5) verwezen. Hoe steiler de bekleding, hoe sterker de weerkaatsing. De hoek tussen talud en loodlijn oefent een grote invloed uit in de meetpunten 1 en 2 en het effect der weerkaatsing is nog merkbaar in meetpunt 3.

Het nadeel in kwestie kan nagenoeg volkomen ondervangen worden door middel van een golffilter, links van het barenverwekkende toestel gesteld. In het nuttig deel van het model (links van de filter) echter zou dan de amplitude nog slechts $1/3$ tot $1/2$ bedragen der amplitude voortgebracht nabij de plunjer. Wil men dus, links van de filter, de amplitude niet al te zeer verminderd zien dan wordt een krachtiger golfapparaat nodig.

§ 4. REGELING VAN HET MODEL.

=====

Bij de aanvang werd als tijkromme de gemiddelde kromme (periode 1921-1930) van Vlissingen gekozen, welker ordinaten evenredig aangepast werden aan een tijverskil van 5m00 [L.W. = (+0m00); H.W. = (+5m00)]

Voortgaand op de modelregel van Reech-Froude zou de periode van het tij in het model $\frac{12u25min}{\sqrt{20}} = 2u47min.$ bedragen.

Aanvaardt men dit cijfer dan zouden, na het verrichten der voorafgaandelijke regelingen, per werkdag slechts twee getijgangen kunnen gelopen worden. Daar bij onderhavige modelstudie uitsluitend de invloed van golven op oeverbekledingen, plasbermen en los strand ter sprake komt, werd gemeend dat een aanzienlijke verkorting van de duur van het modeltij toelaatbaar was en werd de periode vastgesteld op 1 uur, onderverdeeld als volgt :

stijgend water 28 minuten,

dalend water 32 minuten.

Zodoende wordt het mogelijk 7 tijen per werkdag te lopen.

Na korte tijd werd van hogergenoemde tijkromme met 5m00 tijverskil afgeweken ten voordele der kromme afgebeeld op figuur 1 (plan 2). Dit gebeurde om de volgende twee redenen :

a) Gedurende een zeker, het ogenblik van H.W. omvattend, tijdsinterval verkeren oeverbekleding en aansluitend strand in de meest nadelige voorwaarden. Alsdan doet zich de toestand voor weergegeven op fotos 1 en 2. De aankomende golf ontmoet een weerkaatste dito, wat aanleiding geeft tot het ontstaan van een zgn.

"clapotis" die op foto 1 zeer duidelijk tot uiting komt in de kuifvormige top van het ogenblikkelijk wateroppervlak. Is de oeverhelling steil genoeg, dan slaat de golf over op dit steil talud en neemt terzelfdertijd een zekere hoeveelheid lucht gevangen. Men hoort dan in het model de eigenaardige doffe, klotsende slag die ook in de werkelijkheid waargenomen wordt rond H.W. bij krachtige golfslag tegen de oeverbekleding. Onmiddellijk daarna bemerkt men, door de ruiten van het model, dat de opgenomen lucht stijgt en dat ook zand naar boven wordt geslingerd, zand afkomstig van het strand tegen de voet der bekleding. Het beschreven verschijnsel doet zich in model voornamelijk voor bij waterstanden begrepen tussen (+ 5m00) en (+ 6m00); laatstgenoemd peil werd nooit bij de proeven overschreden. Dit is een der redenen waarom van de tijkromme (+0m00 tot +5m00) afgeweken werd en op (+5m85) gesteld.

b) Tot hiertoe bestaat het strand uit wit zand van Mol, gelegd onder een helling van 2 ‰, over een lengte van 10 m. (zie plan 1, doorsnede AB). Het gevolg daarvan is dat een aanzienlijk stuk strand droog blijft gedurende een groot deel der tijperiode. Zelfs als de waterspiegel reeds lichtelijk het peil (+3m50) van de bekledingsvoet overtreft, verliezen de golven nog steeds het grootste deel hunner energie vooraleer zij bedoelde voet bereiken. Dit betekent dat met L.W. = (+0m00) veel tijd verloren gaat, vermits de proeven de golfaanval behandelen op de oeverbekleding en op het onmiddellijk daarbij aansluitend strand. Daarom werd besloten L.W. = (+2m40) aan te nemen. Het tijverschil wordt dus van 5m00 op $5,85 - 2,40 = 3m45$ of 17,25 cm. teruggebracht, wat voordelig is voor de golfapparatuur,

welke voordien in het huidig model gebruikt werd in voorwaarden die ver verwijderd liggen van deze waarvoor zij oorspronkelijk opgevat was. Inderdaad was het gebezigde toestel ontworpen voor tijverschillen van maximum 15 cm. en voor golven van ≈ 5 cm. amplitude, wat voldoende is voor de reeds vroeger vermelde modellen die in de uitbreiding van het W.L. zullen gebouwd worden.

* * *

De golfmachine is zodanig ingesteld dat zij 54 golven voortbrengt per minuut. Deze golven hebben een amplitude van 10 tot 12 cm., hetzij 2m00 tot 2m40 in de werkelijkheid. Zo kunnen zij aanvaard worden daar zij reeds flink ingrijpen op glooiing en strand.

Herhaling der proeven met andere golven (andere perioden en amplituden) zou verder geleid hebben dan o.i. verantwoord is, mede gelet op het feit dat onderhavige studies slechts één facet belichten van het uitgebreid probleem der bescherming ener zandige kust, nl. de werking op bekleding en strand van golven welke kruinen evenwijdig zijn aan een rechtlijnige oever. Zo wordt o.a. afgezien van de invloed der tijstromen welke snelheden nagenoeg parallel lopen met het strand en die zeker in staat zijn veel bodemmateriaal te vervoeren.

* * *

De rechtstreekse meting der golflengte λ is in onderhavig model tamelijk bezwaarlijk. Daarom werd zij,

ter plaatse van de vlotter, rekenenderwijze vastgesteld aan de hand der volgende formules

$$\lambda = cT$$

$$c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \cdot \tanh \frac{2\pi h}{\lambda}}$$

Hierin is

c vaart der golf,

T periode der golf,

g versnelling der zwaartekracht,

$\pi = 3,14,$

h diepte onder de golfloze waterspiegel,

tanh hyperbolische tangens.

h verandert ieder ogenblik met het tij.

De uitkomsten zijn als volgt :

Waterstand	Golflengte λ in cm. model
H.W.	184
0,5(H.W.+L.W.)	179
L.W.	172

De ervaring heeft steeds uitgewezen dat de gebruikte twee formules resultaten geven die niet veel van de werkelijkheid afwijken.

x x x

Eens het model geregeld voor wat het tij en het golftype betreft dient naar een bodemmateriaal uitgezien dat geschikt is om het zandige strand weer te geven.

Geprobeerd werden :

- wit zand van Mol,
- bims in korrels van ongeveer 3 mm. gemiddelde doormeter,
- en fijne asse van steenkool, afkomstig uit de rookgangen der grote verwarmingsinstallatie van het W.L. Dit product werd gewassen vooral-
eer het in model werd gebracht.

Wit zand van Mol, zoals alle andere normale zandsoorten, vertoont een hoog soortelijk gewicht. Dit feit, gepaard met de gereduceerde stroomsnelheden, bemoeilijkt het nabootsen in model van een uitgesproken algemeen bodemtransport. Langs een andere kant echter volstaan reeds kleine watersnelheden om aan de oppervlakte van het zand ribbels te verwekken en de oneffenheden die aldus in het model ontstaan zijn van dezelfde orde van grootte als deze welke in de werkelijkheid opgemerkt worden, zodat de modelbedding een ruwheid verkrijgt die relatief te groot is, wat weer de gelijkvormigheid tussen model en natuur in de weg kan staan. Op een werkelijk strand met helling $\approx 2 \%$, kan een goed gevormde branding optreden; dit is langs de Belgische kust gemakkelijk vast te stellen. Op het 10 m. brede modelstrand, met dezelfde helling, daarentegen bleek zulks niet mogelijk. De oorzaak van het uitblijven der branding in de maket zou kunnen gezocht worden in de overdreven ruwheid van het geribbelde zandoppervlak, maar in verband met deze hypothese zou het voor de hand liggen na te gaan of geen branding verkregen wordt op een glad strand van 2% bv. uitgevoerd in een zorgvuldig afgestreken cementbezetting.

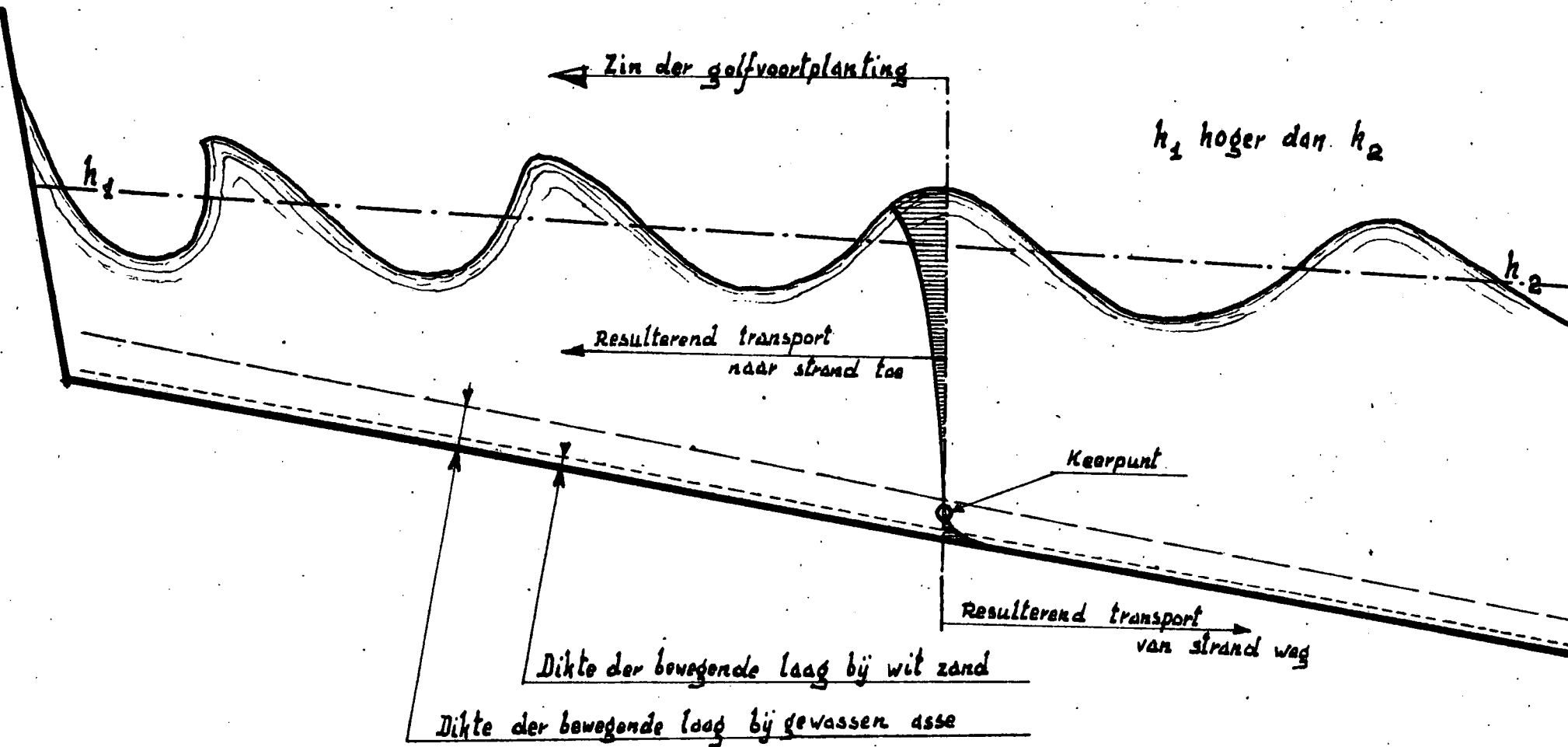
Wat er ook van zij, deze kwestie werd niet verder uitgediept en alleen staat vast dat bij vroegere experimenten (Mod. 8I), met strand in zand van Mol en golven van ≈ 10 cm. amplitude, een goed gevormde branding bekomen werd met een bodemhelling van 10 %.

Deze constatactie is voldoende om de wijziging aan het model te rechtvaardigen die thans beschreven wordt en die ook aangeduid is op de langsdoorsnede AB van plan 1. Vanaf de voet der bekleding blijft de helling van 2 %, in beweegbaar materiaal, bewaard over een lengte van $2,95 \times 20 = 59$ m. natuur. Verder zeewaarts wordt een vaste bodem in cementbezetting aangebracht, met een helling van 5 % langs de kant der kust en 10 % in de nabijheid van de plaats waar de plunjer opgesteld is. De watertoevoer en -afvoer nodig voor de getijbeweging gebeurt nu langs een overdekt kanaaltje. Met deze nieuwe schikking krijgt men een branding op het strand, bij lage waterstanden.

Als beweegbaar materiaal hebben we dan bims geprobeerd, in korrels zoals hierboven omschreven. Dit bodemmateriaal bleek onbruikbaar daar het te licht is en de golven een veel te grote hoeveelheid korrels in suspensie brengen die dan over het ganse model verspreid worden.

De gewassen asse voldoet beter; daarvan gaat niet al te veel opdwarselen. Maar nu stellen we vast dat, daar waar men met zand van Mol een ontgronding vindt van het strand in de omgeving der oeverbekleding, met de asse daarentegen een verhoging van de bodem optreedt in hetzelfde gebied. Met betrekking tot deze waarneming wordt de volgende voorstelling in overweging gegeven. Verondersteld wordt dat het verschijnsel op

SCHEMATISCHE VOORSTELLING DER BEWEGING VAN STRANDMATERIAAL ONDER INVLOED VAN GOLVEN WELKE NAAR EEN STRAND LOPEN.



voldoende wijze kan weergegeven worden in een plat, verticaal vlak, rechtstandig op de kustlijn en dus ook op de horizontale generatrices der baren. Voor golven in ondiep water is bekend dat, ver van de oevers, het resulterende transport op alle diepten dezelfde richting heeft als de golfvoortplanting, m.a.w. een willekeurig waterdeeltje sohommelt wel heen en weer, maar elke golf voert het een beetje verder in de richting, waarin de baren lopen. Het ligt voor de hand dat deze stand van zaken onmogelijk wordt in de onmiddellijke nabijheid ener kust. Daar moeten ongeveer de verhoudingen bestaan die zeer schematisch afgebeeld zijn op de figuur hiernevens. Vanaf het wateroppervlak tot aan een keerpunt, gelegen op een zekere diepte, is het resulterend transport naar de kust gericht. Inderdaad, een vlottend voorwerp wordt steeds naar de oeverbekleding gedreven. Onder bovenvermeld keerpunt moet het resulterend transport wel zeewaarts gericht zijn. Een bovenste laag van het losse bodemmateriaal wordt door de golfbeweging aangegrepen; bij de asse kon zeer goed waargenomen worden dat de dikte der bewegende laag een vijftal mm. bedroeg. Bij het zand was die dikte veel geringer en kon moeilijk vastgesteld worden. Onder de bewegende laag kan nog water, in filterbeweging, van de kust wegvloeien. Veronderstelt men nu dat het keerpunt boven de bodem ligt in het geval van zand, en er onder in het geval van asse, dan heeft men een mogelijke verklaring gevonden voor het verschillend gedrag, in model, van een zandstrand en van een strand in asse. Voorts kan er nog aan gedacht worden een zeker verband te zoeken tussen het zeewaarts gerichte resulterend transport en $(h_1 - h_2)$ of $(h_1 - h_2)^n$. De gemiddelde

waterstand h_1 in de nabijheid der oeverbekleding ligt inderdaad hoger dan het gemiddeld peil h_2 verder zee-
waarts.

Welk van de twee bodemmaterialen, de asse of het zand, het dichtstde natuur benadert is in een model zonder tijstroken moeilijk vast te stellen. Op weinige uitzonderingen na werd bij de proeven wit zand van Mol gebruikt daar dit materiaal een ontgroning aantoonde van het hoogst gelegen strand en dus langs de pessimistische kant is.

Bij zijn bezoek dd. 24/9/1952 heeft de D.K. het model in ogenschouw genomen en zich akkoord verklaard met de modelregeling waartoe het W.L. gekomen was. Samengevat is deze regeling als volgt :

a) Het model beantwoordt aan plan 1. De schaal is 1/20.

b) Kruin der oeverbekleding op (+9m00).

Voet der oeverbekleding op (+3m50) = kruin
beschoeiing.

Beschoeiing = verticale wand van (+3m50) tot
(+1m00).

c) Strand.

Wit zand van Mol over een lengte van 59 m. natuur, onder een helling van 2 %, vertrekend van (+3m50) tegen de bekleding. Benedenwaarts van het los strand een kust in cementbezetting met helling 5 %, welke nog verder in zee eindigt op 10 %.

d) Tijbeweging.

H.W. = (+5m85).

L.W. = (+2m40).

Tijkromme volgens figuur 1, plan 2.

Periode van het tij = 1 uur in model.

e) Golven.

Aantal = 54 per minuut in het model.

Amplitude = 10 tot 12 cm. in model.

Lengte bij de plunjer = Im72 tot Im84 in model.

Alle hieronder beschreven proeven worden met deze regeling uitgevoerd, behoudens andersluidende vermeldingen.

§ 5. EXPERIMENTEN MET LOS STRAND TER VERGELIJKING, BIJ VERSCHILLENDE HELLINGEN DER GLOOIING, VAN DE ONTGRONDING TEGEN DE VOET DER OEVERBEKLEDING OF AAN HET ZEEWAARTS UITEINDE VAN DE PLASBERM.

=====
Nadat de uitvoeringsmodaliteiten der proeven vastgelegd waren, werd onderzocht hoeveel getijperiodes nodig zijn om in model tot een strand te komen dat genoeg in evenwicht is en als basis dienen kan voor een rangschikking van verschillende ontwerpen van oeverbekleding volgens hun graad van doelmatigheid. Bevonden werd dat, na 10 tijen, het losse strand geen noemenswaardige veranderingen meer ondergaat, zodat alle in onderhavige § beschreven strandvormen het resultaat zijn van 10 modeltijen. Steeds werd vertrokken van een volkomen platte losse bodem, onder een helling van 2 %.

x

x

x

a) Proef van 30-31/10/1952.

Situatie : glooiing 8/4 in gladde cementbezetting.

Geen plasberm.

Waarnemingen : de ontgronding begint tegen de voet

en wordt intensief rond H.W., wanneer de golven sterk tegen de bekleding weerkaatsen en daardoor een "olapotis" tot stand komt. Vooral als een aankomende en een weerkaatste golf juist boven de bekledingsvoet samenvallen en de resulterende kruin met opname van lucht (zie fotos 1 en 2) overstort krijgt men de indruk dat de ontzanding krachtig is.

Na 10 tijen bedraagt de ontgroning aan de voet $\approx 3 \times 20 = 60$ cm. natuur. Figuur 2 van plan 2 geeft een samengetrokken profiel van het vervormde modelstrand; dit profiel is volgens de longitudinale as van het model genomen.

abis) Proef van 3-4/11/1952.

Herhaling van het experiment van voorgaande litt.

a. Deze proef werd ondernomen om na te gaan of hetzelfde resultaat weerkeert als het experiment onder dezelfde voorwaarden wordt hernomen. Dat zulks het geval is wordt bewezen door het bekomen profiel dat, in stippellijn, op figuur 2, plan 2 is voorgesteld.

b) Proeven van 9-10/2/1953 en van 12-13/2/1953.

Situatie : dezelfde als bij litt. a en abis. Glooiing 8/4 in glatte cementbezetting. Geen plasberm.

Bij de experimenten litt. a en abis werd het strand alleen langs de longitudinale as van het model opgenomen. Daar echter de bodem onregelmatigheden vertoont, worden nu die proeven herhaald en een profiel bepaald dat het gemiddelde is van 5 raaien, regelmatig over de volledige modelbreedte verspreid. Voor alle volgende proeven van onderhavige § wordt het gemiddeld profiel aldus vastgesteld.

Waarnemingen : zie litt. a.

Volgens het strandprofiel (zie figuur 9, plan 3) bedraagt de grootste uitschuring $4,55 \times 20 = 91$ om. natuur. De beide proeven geven nagenoeg hetzelfde gemiddeld profiel.

c) Proeven van 2-3/I2/I952 en van 5-6/I2/I952.

Situatie : glooiing 8/4 in gladde cementbezetting. Plasberm in gladde cementbezetting gelegen in het vlak van het oorspronkelijk strand (d.i. het strand vóór de proef). Zijn helling is dus 2 %. De lengte van de plasberm is $0,40 \times 20 = 8m00$ natuur.

Waarnemingen : voor wat de waterbeweging betreft wordt naar litt. a, abis en b verwezen.

De grootste ontgroning vertoont zich nu tegen het zeewaarts uiteinde van de plasberm (zie figuur 3, plan 2) en bedraagt $4,30 \times 20 = 86$ cm. natuur.

d) Proeven van 11-12/I2/I952 en van 15-16/I2/I952.

Situatie : glooiing 8/4 in gladde cementbezetting. Verdoken plasberm in gladde cementbezetting, gaande van (+3m50) tot (+1m50). De horizontale lengte van de plasberm is $0,40 \times 20 = 8m00$ natuur. Bij het begin der proef is hij volkomen onder het zand bedolven.

Waarnemingen : voor wat de waterbeweging betreft wordt naar litt. a, abis, b en c verwezen. De golfverschijnselen worden in hoofdzaak bepaald door de hoek tussen strandbekleding en horizontaal. Een andere factor die wellicht enig belang heeft is de ruwheid van het talud.

De ontgroning bij de voet der bekleding is nu enigszins gemilderd (zie figuur 4, plan 2); zij bedraagt maximum $3,07 \times 20 = 61$ om. natuur.

Uit de proeven volgt dat een verdoken plasberm te verkiezen is boven een plasberm gelegen in het vlak van het oorspronkelijk strand. Bij laatstgenoemd type komt aanstonds een deel bloot van de verticale wand (beschoeiing) die het zeewaarts uiteinde van de plasberm beschermt. Zo ontstaat, van bij de aanvang, in het losse bodemmateriaal een vaste begrenzing welke vorm ongunstig is en daardoor wordt de ontgroning in de hand gewerkt. Als de top der beschoeiing niet vrijkomt zal daarentegen, bij een verdoken plasberm, op de plaats waar het zand verdreven is, het bewegende water in aanraking komen met een zacht hellende, vaste bodem, zonder de hoek tussen berm en beschoeiing en in deze voorwaarden is de erosie geringer.

e) Proeven van 22-23/12/1952 en van 2-3-5/1/1953.

Situatie : verticale wand in gladde cementbezetting.
Geen plasberm.

Waarnemingen : de golven worden nu bijna volkomen weerkaatst, zodat het verschijnsel van de "olapotis" nog duidelijker tot uiting komt dan bij een glooiing van 8/4. Rond H.W. biedt het model een merkwaardige aanblik vanwege de heftige en onregelmatige golfbeweging. De staande golven spatten soms hoog boven de muren der maket en in korte tijd staat de vloer rond het model helemaal blank, alsof het daar overvloedig geregend had.

Ook is het strand erger aangetast dan bij de voorgaande experimenten (zie figuur 5, plan 2); de maximum ontgroning bedraagt nu $5,55 \times 20 = III$ om. natuur.

f) Proeven van 9-10/I/1953 en van 16-17/I/1953.

Situatie : glooiing I2/4 in gladde cementbezetting. Geen plasberm.

Waarnemingen : wat de golfbeweging betreft is de toestand veel gunstiger dan bij een talud 8/4. Waar bij laatstgenoemde helling, rond het tijdstip van H.W., een uitgesproken weerkaatsing optrad, valt thans met I2/4, bij een oppervlakkige, visuele waarneming, van een "clapotis" nog maar weinig te merken. Men ziet geen opspattende staande golven meer, maar latere golfmetingen (zie verder § 7) tonen toch dat de schommelingen van het wateroppervlak in de nabijheid der oeverbekleding iets groter blijven dan nabij het opwekkingspunt.

Vergelijkend met litt. b vindt men (figuur 6, plan 3) een vermindering met $\approx 30\%$ der maximum ontgronding nabij de voet der bekleding. De grootste uitschuring bedraagt nu $3,21 \times 20 = 64$ cm. natuur.

g) Proeven van 22-23/I/1953 en van 26-27/I/1953.

Situatie : glooiing I2/4 in gladde cementbezetting. Plasberm in gladde cementbezetting gelegen in het vlak van het oorspronkelijk strand. Helling berm = 2% . Lengte berm = $0,40 \times 20 = 8$ m 00 natuur.

Waarnemingen : voor wat de golfbeweging betreft wordt naar litt. f verwezen.

Voor het strandprofiel raadplege men figuur 7, plan 3. De maximum ontgronding is $3,35 \times 20 = 67$ om. natuur. De gebezigde plasberm schijnt geen verbetering te brengen bij een glooiing van I2/4.

h) Proeven van 30-31/I/1953 en van 3-4/2/1953.

Situatie : glooiing I2/4 in gladde cementbezetting.

Verdoken plasberm in gladde cementbezetting, gaande van (+3m50) tot (+1m50). De horizontale lengte van de plasberm is $0,40 \times 20 = 8m00$ natuur. Bij de aanvang der proef is de berm volledig onder het zand bedolven.

Waarnemingen : voor wat de waterbeweging betreft wordt naar litt. f en g verwezen.

Voor het strandprofiel raadplege men figuur 8, plan 3. De maximum ontgroning is $3,17 \times 20 = 63$ cm. natuur. Men kan dan ook nauwelijks spreken van een verbetering t.o.v. de schikkingen onderzocht in litt. f en g.

i) Proeven van 23-24/2/1953 en van 26-27/2/1953.

Situatie : glooiing I2/4 in gladde cementbezetting. Remkuil en verdoken plasberm in gladde cementbezetting, volgens figuur 10, plan 3.

Met de remkuil wordt het volgende doel nagestreefd : onmiddellijk nadat een golf tegen de oeverbekleding is geslagen loopt een waterlaag langs de glooiing naar beneden. De kuil is bestemd om die stroom op te vangen, zodat ten slotte het bovenstrand met geringere watersnelheden zou in aanraking komen en dus minder zou aangetast worden.

Waarnemingen : het is goed te merken dat de dalende waterlaag in de remkuil veel van haar snelheid verliest. Dit nuttig effect wordt echter te niet gedaan door het feit dat, in de kuil, werveltjes ontstaan die op het strand komen en de ontgroning in de hand werken.

Uit de profielen van figuur 10, plan 3 blijkt dat de schikking in kwestie geenszins een verbetering brengt in de toestand van het bovenstrand.

j) Proeven van 6-7/3/1953 en van 10-11/3/1953.

Situatie : zelfde als bij litt. i, maar met remtegels op de glooiing I2/4 (zie insgelijks figuur IO, plan 3).

Met deze tegels wordt beoogd de golfloop^(*) tegen de strandbekleding zoveel mogelijk te stuiten en ook de snelheid van het periodisch langs de glooiing afstromende water te verminderen.

Waarnemingen : de tegels remmen inderdaad de golfloop alsmede de snelheid van het water dat na elke golfslag afvloeit.

Bij de proeven van litt. i komt, door golfloop, nog water over de dijkskruin op de wandelweg met cota (+9m00) terecht; de hoeveelheid water welke die weg bereikt wordt door de remtegels in aanzienlijke mate verminderd.

Het is verrassend vast te stellen (figuur IO, plan 3) dat de remtegels geen invloed schijnen te hebben op de omvang der ontgroning van het strand.

k) Proeven van 16-17/3/1953 en van 18-19/3/1953.

Situatie : glooiing I6/4 in glatte cementbezetting. Geen plasberm.

Waarnemingen : bij zuiver visuele aanschouwing blijken nu de schommelingen van het wateroppervlak in de nabijheid der oeverbekleding niet groter te zijn dan nabij het opwekkingspunt. Bij vergelijking met een helling van I2/4 is de golfloop tegen het talud verminderd en de kruin op (+9m00) wordt slechts zelden

(*) Golfloop = wijze waarop een golf zich over de hellende oeverbekleding uitspreidt; hoogste cota door het van golven afkomstige water bereikt op een strand of op een oeververdediging.

door het water bereikt; de wandelweg blijft nagenoeg droog.

De ontgroning tegen de bekledingsvoet ontwikkelt zich in den beginne zeer traag. Het verschijnsel neemt in sterkte toe naarmate de verticale wand der beschoeiing meer ontbloot wordt, om daarna weer af te nemen. Voor het strandprofiel raadplege men figuur 11, plan 4. De maximum ontgroning bedraagt $3,17 \times 20 = 63$ om. natuur.

l) Proeven van 23-24/3/1953 en van 26-27/3/1953.

Situatie : glooiing I6/4 in gladde cementbezetting. Het talud wordt voorzien van remtegels, volgens de schikking van figuur 10, plan 3. Geen plasberm.

Waarnemingen : weer wordt duidelijk vastgesteld dat de tegels de golfoploop beknotten en dat zij de snelheid verminderen van het water dat afvloeit na elke golfslag.

Voor het uitzicht der ontgroning wordt naar figuur 11, plan 4 verwezen. Weer wordt men getroffen door het feit dat, in tegenstelling met de verwachting, de remtegels geen invloed schijnen te hebben op de aantasting van het strand.

m) Proeven van 1-2/4/1953 en van 7-8/4/1953.

Situatie : glooiing I6/4 in gladde cementbezetting, waarop remtegels volgens de schikking van figuur 10, plan 3. Verdoken plasberm in gladde cementbezetting, gaande van (+3m50) tot (+2m50). De horizontale lengte van de plasberm is $0,40 \times 20 = 8m00$ natuur. De berm is dus, bij de aanvang der proef, onder het zand bedolven.

Waarnemingen : voor de waterbeweging, zie litt. 1.

De toestand van het strand wordt weergegeven door figuur I2, plan 4. Een vergelijking tussen de figuren I1 en I2, plan 4 toont dat men hier iets gewonnen heeft met het plaatsen van een plasberm.

Bij deze proef wordt de kleinste uitschuring gevonden die zich voorgedaan heeft bij de tot nog toe in onderhavige § beschreven experimenten, nl. $2,42 \times 20 = 48$ cm. natuur.

x x x

Bij de voorgaande studie werd, door visuele waarneming der waterbeweging, de indruk gevestigd dat het een goede maatregel ware remtegels te plaatsen op het talud der oeverbekleding. De ontgrondingsproeven echter toonden geen merkbaar verschil tussen de uitschuringen met of zonder tegels. Dit laatste resultaat is enigszins bevreedend en is misschien te wijten aan het soortelijk gewicht van het zand van Mol dat wellicht te groot is opdat het als bodemmateriaal in het model volkomen natuurgetrouwe uitkomsten zou opleveren. Daarom werden enkele, onder litt. n, o, p behandelde, proeven uitgevoerd met de veel lichtere, in § 4 vernoemde, gewassen asse. Herhaald wordt dat we in het midden laten de vraag met welk van beide materialen de werkelijkheid het dichtst benaderd wordt.

x x x

n) Proeven van I3-I4/4/1953 en van I6-I7/4/1953.
Situatie : zie litt. m. Gewassen asse als bodemmateriaal.

Waarnemingen : voor het strandprofiel, zie figuur I3, plan 4. Met het lichtere bodemmateriaal krijgt men een verhoging van het strand aan de voet der oeverbekleding (vergelijk de figuren I2 en I3 van plan 4).

o) Proeven van 30/4 en 2/5/1953 en van 5-6/5/1953.
Situatie : glooiing 8/4 in gladde cementbezetting, waarop remtegels volgens de schikking van figuur I0, plan 3. Verdoken plasberm in gladde cementbezetting, gaande van (+3m50) tot (+2m50). De horizontale lengte van de plasberm is 0,40 x 20 = 8m00 natuur. De berm is dun. bij de aanvang der proef, onder de gewassen asse bedolven.

Waarnemingen : het strandprofiel is op figuur I4, plan 4 weergegeven. Vergelijkt men de experimenten der litt. n en o, dan blijkt weer dat het steilste talud tevens het nadeligste is voor het strand.

p) Proeven van 22-23/4/1953 en van 25-27/4/1953.
Situatie = glooiing 8/4 in gladde oementbezetting. Verdoken plasberm in gladde oementbezetting, gaande van (+3m50) tot (+2m50), zoals bij de voorgaande litt.
Waarnemingen : voor strandprofiel, zie figuur I4, plan 4. De vergelijking der proeven litt. o en p leert dat het nu, met het lichtere bodemmateriaal, voorkomt alsof de remtegels een klein voordeel medebrengen voor het behoud van het strand tegen de oeverbekleding. We geloven dat deze conclusie juist is. Bij de verder in dit verslag behandelde experimenten nopens de golfoploop wordt vastgesteld dat door het plaatsen van deze tegels de oeververdediging verbeterd wordt.

Conclusies van § 5.

1. De inwerking der golven op het losse strand is het sterkst gedurende een tijdsinterval dat het ogenblik van H.W. omvat. Deze gevolgtrekking is onafhankelijk van het gebezigde bodemmateriaal (wit zand of gewassen asse).
2. Hoe steiler het talud, hoe groter de weerkaatsing der golven. Hoe groter de weerkaatsing, hoe moeilijker het behoud van het losse strand. Dit blijkt duidelijk uit de volgende samenvatting van enkele proeven met gladde glooiing, zonder plasberm of remtegels :

Proef van litt.	Talud	Max. ontgronding, in m.	Relatieve waarde der max. ontgronding.	Bodemateriaal
e	vert.	I,II	100	wit zand van Mol
b	8/4	0,9I	82	id.
f	I2/4	0,64	58	id.
k	I6/4	0,63	57	id.

Uit deze tabel volgt dat het aanbeveling verdient geen helling te kiezen steiler dan I2/4. Uit verdere experimenten zal blijken dat het aanvaarden van I6/4 als grenswaarde geen overbodige luxe is en dat de veiligheid der bekleding in belangrijke mate verhoogt als men van I2/4 naar I6/4 overgaat.

Ook de proeven met gewassen asse tonen dat het bovenstrand beter gevrijwaard is als de helling der bekleding flauwer is.

3. Plasbermen gelegen in het vlak van het losse strand leveren alleen het voordeel op dat zij, gedurende een zekere tijd althans, de ontgronding verwijderd houden van de voet der oeverbekleding. Komt een deel bloot van de verticale wand (beschoeiing) welke het zee- waarts uiteinde van de berm beschermt, dan krijgt het losse bodemmateriaal een ongunstige vaste begren- zing, wat een verdere uitschuring in de hand werkt. Dit laatste nadeel vervalt bij een verdoken plasberm voor zover zijn zeewaarts uiteinde met zand bedekt blijft.

4. Het is nuttig het talud te voorzien van remtegels, bv. zoals voorgesteld op fig. 10, plan 3.

Al deze conclusies zijn gebaseerd op de in model gemeten strandprofielen en op visuele waarneming der waterbeweging.

§ 6. PROEVEN BETREFFENDE HET FALEN VAN HELLENDE OEVER- BEKLEDINGEN VOOR ZOVER DIT VEROORZAAKT WORDT DOOR GETIJDEN EN GOLFSLAG.

=====

Na de storm van 31/1-1/2/1953 werden door het W.L. een paar tochten langs de Belgische kust ondernomen ten einde enige documentatie te verzamelen betreffende de verschijnselen (vernieling van oeverbekledingen, ont- zanding van het strand, enz...) welke zich voorgedaan hadden. Aangaande deze tochten werden twee verslagen met fotos opgesteld die respectievelijk op 13/3/1953 en 26/5/1953 aan het Departement werden toegezonden.

Bij deze tochten hebben we de indruk opgedaan dat in vele gevallen taluds door de golven zijn ingedeukt

geworden op plaatsen waar de stenen bekleding niet meer door het zandmassief gedragen werd omdat dit laatste ingeklonken was, hetzij vóór, hetzij gedurende het stormtij in kwestie. Deze plaatsen waar de steun ontbreekt liggen grosso modo op halve hoogte van het talud en wij maken ons de voorstelling dat, meer benedenwaarts de bekleding door het drukkende zand is opgelicht geworden. M.a.w. het zandtalud heeft, onder invloed van het water opgenomen in het losse materiaal, een flauwere helling willen aannemen, met als gevolg het ontstaan van holten op een zekere hoogte en het oplichten van de stenen wand op een lager peil. Het hoeft geen betoog dat dit verschijnsel in de hand wordt gewerkt door het water dat, ten gevolge van golfoploop, op de wandelweg ($\approx + 9m00$) terecht komt en van daar gedeeltelijk in het zandmassief sijpelt.

Het W.L. heeft getracht de vernieling van hellende oeverbekledingen in het model na te bootsen. De regeling van het model blijft dezelfde als in voorgaande §. De zandglooiing wordt belegd met ceramiektegeltjes $10 \times 5 \times 0,8$ om., met voegen 0,6 cm. breed. Deze voegen worden met plaaster gevoegd. Op de kruising der voegen worden gaatjes van 0,3 om. \varnothing geboord om in- en uitsijpeling van water mogelijk te maken; in de werkelijkheid is immers niet te vermijden dat de stenen bekleding ook punten vertoont waar ze niet waterdicht is. Een moeilijkheid is natuurlijk dat de mechanische weerstand der modelbekleding niet aangepast kan worden aan de werkelijke verhoudingen. Wat er ook van zij, deze proeven kunnen een inzicht geven in het mechanisme der vernieling, waarmee niet beweerd wordt dat ze alles bestrijken wat in de werkelijkheid mogelijk is.

Figuur I5, plan 4 geeft een afbeelding van de constructie in model, met houten damwand en dito balk aan de voet der glooïing.

x x x

a) Vijf proeven, respectievelijk uitgevoerd op 21-26-28-30/5 en 3/6/1953.

Situatie : bij elke proef wordt vertrokken van een gaaf talud 8/4.

Waarnemingen : bij de eerste drie proeven is de horizontale voeg tussen ceramiek-betegeling en cementen wandelweg met plaaster gevuld. Deze voeg barst nadat, rond het eerste H.W., enkele golven over de kruin zijn geslagen en water der overslaande baren dringt langs die opening in het zandmassief. Gedurende het eerste getij reeds wordt het onderste gedeelte der glooïing iets opgelicht en vertoont een lichte buik. Bovenwaarts begint het zand in te klinken en ontstaat een holte. Langs de gaatjes in de tegelvoegen komt water en zand buiten. Tussen het 2de. en het 3de. getij stort de bekleding in.

Bij de laatste twee experimenten wordt de waterdichtheid verzekerd der voeg tussen betegeling en wandelweg. De glooïing verandert niet bij het eerste getij. Gedurende het 2de. tij lichte buikvorming in de lagere regionen. Gedurende het 3de. en het 4de. getij wordt de buik duidelijker en komen barstjes in de plaasteren voegen. Bovenwaarts zakt de glooïing lichtjes in, wat op een inklinking van het zand wijst.

Proef van 30/5/1953 :

Rond H.W. van het 5de. getij is de toestand der glooïing bedenkelijk. Zij stort op \approx halve hoogte in gedurende het 6de. tij.

Proef van 3/6/1953 :

Verloopt analoog aan voorgaand experiment. Breuk juist vóór H.W. van het 7de. tij.

Foto 3 geeft een beeld der vernielde bekleding (helling 8/4). Ter plaatse der bres werd het strand gevoed door zand afkomstig van het talud; dit is trouwens de natuurlijke functie van het duin in geval van daling van het strand tussen duin en zee.

b) Proef van 6 t/m 10/6/1953 .

Situatie : vertrokken wordt van een gaaf talud 8/4.

Waarnemingen : het grootste deel der proef wordt uitgevoerd met tijbeweging, maar zonder baren. Met onderhavige proef wordt getracht uit te maken in welke mate het tij alleen verantwoordelijk dient gesteld voor de vernieling der oeverbekleding. Gedurende een tijdsinterval dat het ogenblik van H.W. omvat wordt, door middel van ventilatoren, een lichte kabbeling aan het wateroppervlak opgewekt. Zo wordt min of meer een zeker windeffect in het model nagebootst.

Gedurende de eerste 9 tijen vallen geen veranderingen aan de betegeling te bespeuren. In de loop van het 10de. tij ziet men de onderkant der bekleding lichtjes rijzen en dit verschijnsel neemt toe gedurende de volgende tijen. Intussen is de vaste wand aan zijn bovenkant iets gezakt en rond het 17de. tij ziet men duidelijk zand ontsnappen langs de gaatjes in de plaasteren voegen. Zo is men voortgegaan tot het 23ste. getij, zonder dat men de indruk kreeg dat een instorting nakend was. Nu wordt besloten verder te gaan met tijbeweging en oppervlaktegolven. Bij H.W. van het 26ste. tij - het 3de. met baren - worden drie tegels uit de

onderste rij weggeslagen en spoedig daarna is de vernieling voltrokken.

Hieruit wordt besloten dat de zuivere tijbeweging de stabiliteit der bekleding langzaam ondermijnt. Het staat niet vast dat zij, na verloop van tijd, tot vernietiging der glooiing zou leiden, maar het is zeker dat zij het terrein voorbereidt tot een vlugge instorting onder de aanval van zware golven.

c) Proeven van I5-I6/6/I953 en van I8-I9-20/6/I953.
Situatie : vertrokken wordt van een gaaf talud I6/4.

Tij en golfbeweging.

Waarnemingen : in de loop van het 4de. tij, kleine scheurtjes in de voegen in het onderste deel der betegeling. Naarmate de proef vordert neemt de scheurvorming toe en gaat de betegeling langs onder lichtjes bol staan. Na het 6de. tij sterkere rijzing der onderste tegels en lichte inzinking van het bovendeel der helling. Bij het IOde. tij zijn de scheuren schijnbaar niet verergerd maar de bekleding lijkt toch sterker vervormd.

Bij de proef van I5-I6/6, vernieling bij H.W. van het I2de. tij. Bij de proef van I8-I9-20/6, instorting gedurende het I3de. getij. Het verloop van beide experimenten was overigens volkomen analoog.

Foto 4 toont de gevormde bres. Bij vergelijking met foto 3 wordt vastgesteld dat, op het strand, minder zand is gekomen afkomstig van de glooiing.

x

x

x

Samenvatting en conclusies van § 6.

1. Glooiing 8/4. Grote insijpeling langs graat (= d.i.

de horizontale voeg tussen wandelweg en talud) die niet, of niet voldoende, afgedicht is. Vernieling na 2 tot 3 tijen.

Glooiing 8/4. Geen insijpeling langs voornoemde graat, nu volkomen afgedicht. Vernieling na 6 tot 7 tijen.

Glooiing 16/4. Geen insijpeling langs graat. Vernieling na 12 tot 13 tijen.

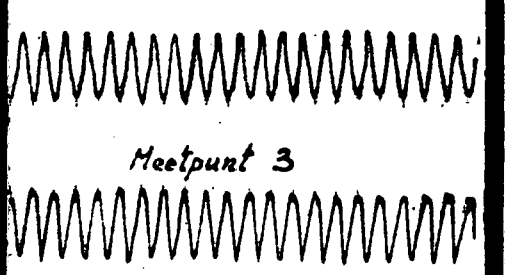
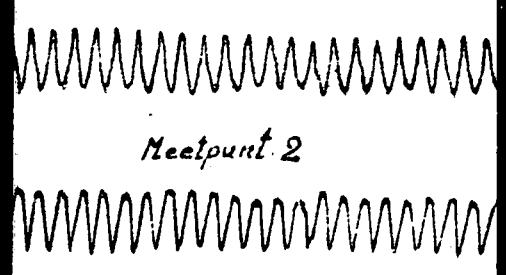
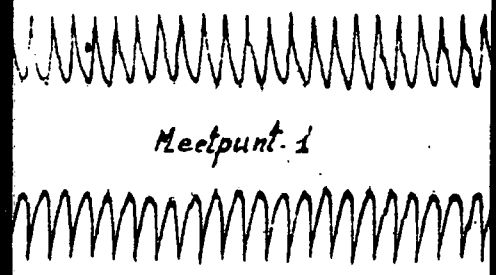
2. Men dient zoveel mogelijk de volledige waterdichtheid van talud en wandelweg te benaderen.
3. Het komt de stabiliteit der bekleding ten goede als belet wordt dat water, door golfoploop, op de wandelweg belandt.
4. Het weerstandsvermogen ener bekleding wordt ten eerste gebaat door een verflauwing van de hellingshoek.
5. De tijbeweging op zichzelf ondermijnt langzaam de stabiliteit ener bekleding. Zij bereidt het terrein voor tot een vlugge bezwijking onder golfaanval.

§ 7. METINGEN OMTRENT DE HOOGSTE EN LAAGSTE PEILEN BE- REIKT DOOR OPPERVLAKTEGOLVEN.

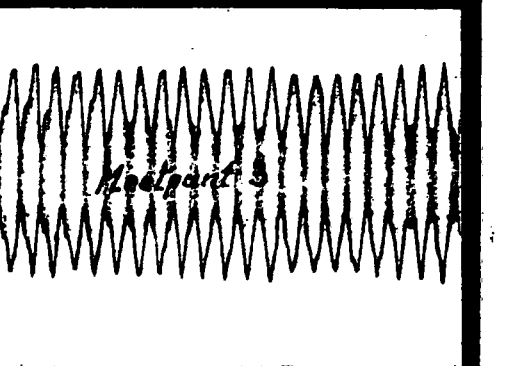
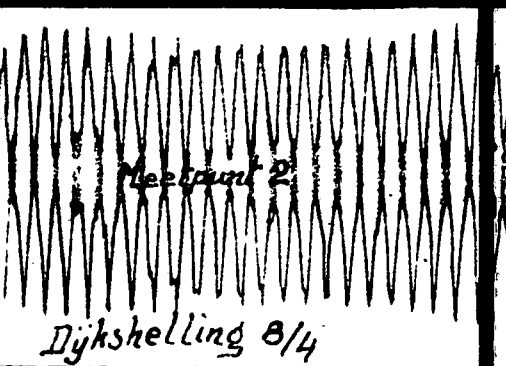
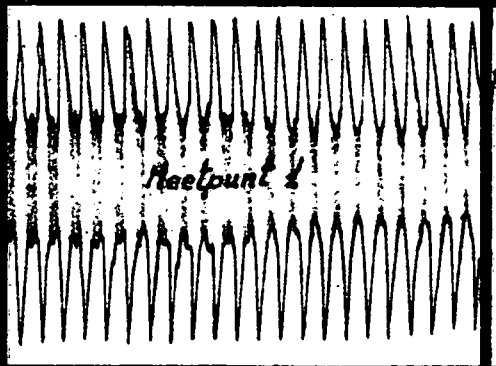
=====
De onderhavige proeven hebben tot doel de invloed vast te stellen van de helling der oeverbekleding op de golfbeweging.

Het losse strand wordt vervangen door een gladde cementbezetting, zulks om geen tijd te verliezen met het herhaaldelijk terug onder profiel brengen dat noodzakelijk is met een vervormbaar strand.

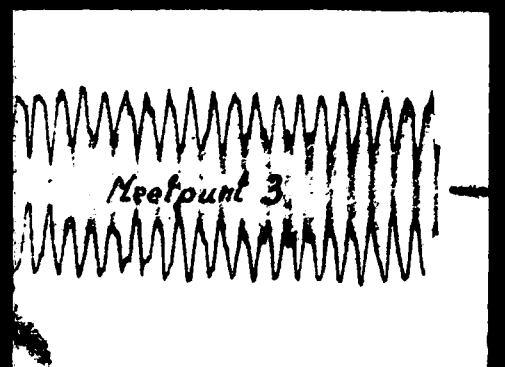
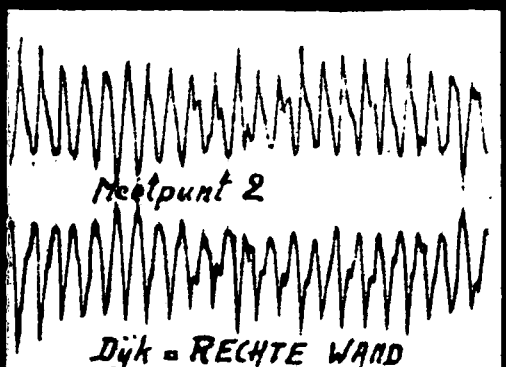
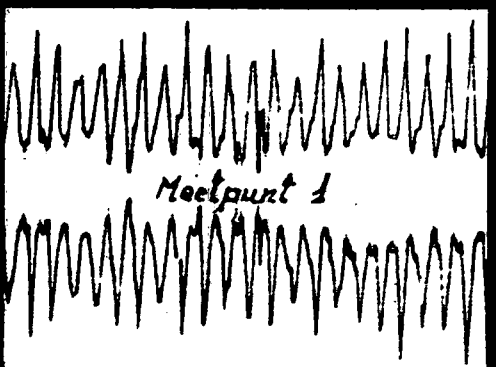
Daar de meest nadelige toestand rond H.W. optreedt



Dijkshelling 16/4



Dijkshelling 8/4



Dijk = RECHTE WARD



20 m. w.

Meetstift 3 - yking



wordt afgezien van de tijdbeweging en gebeuren de experimenten met een vaste waterstand op (+5m85), d.i. de cota van H.W. in het model.

De bepaling der golven wordt omgezet in een meting van een elektrische geleidbaarheid. In een punt van het model waar men de veranderingen van de waterstand in functie van de tijd wil kennen worden twee vaste, van elkaar geïsoleerde, verticale messingstaafjes als elektroden ingesteld. De afstand tussen beide elektroden bedraagt ≈ 2 cm. Deze in het water reikende elektroden vormen met die vloeistof een kringloop en een wisselstroom, 50 perioden, ondervindt een weerstand die verandert met de indompeling, d.i. met de waterstand. De wisselstroom beïnvloedt op zijn beurt een lusgalvanometer van een oscillograaf vervaardigd door de Heiland Research Corporation, Denver, Colo. Voor een bepaald waterpeil vertoont de stroomsterkte een bepaalde amplitude en slingert het spiegeltje van de galvanometer over een bepaalde hoek. Nu omvat de oscillograaf een vaste lamp. De lichtstraal, weerkaatst door het spiegeltje, volgt de schommelingen van dit laatste. De lichtstraal in kwestie werpt een lichtpunt op een band fotografisch papier die met een constante, regelbare snelheid afgewikkeld wordt. De amplitude der op de band geregistreerde slingering is dus een maatstaf voor de waterstand en men beschikt aldus over een middel, zowel om de apparatuur met vaste waterstanden te ijken als om in bepaalde punten van het model de door de golfbeweging veroorzaakte variaties van de waterstand in functie van de tijd te meten.

De figuur hiernevens geeft een voorbeeld van een ijking en van registraties met golfbeweging bij verschil-

lende hellingen der oeverbekleding (I6/4; 8/4 en verticaal). De plaats der meetpunten is aangegeven op figuur 24, plan 5.

Deze metingen zijn slechts vlot beginnen te verlopen nadat de elektroden gechromeed waren.

Weldra zal het W.L. over een toestel beschikken om golfmetingen te verrichten langs capacatieve weg.

In den beginne hebben we, in de verschillende meetpunten, de gemiddelde amplitude bepaald en nagegaan hoe deze verandert in functie van de helling der oeverbekleding. Daar deze methode vrij bewerkelijk is hebben we later alleen de hoogste golftop en het laagste golfdal vastgesteld die zich voordoen gedurende een tijdsinterval dat voldoende lang dient te zijn.

We noemen nu
hoogste top - laagste dal = golfbereik > grootste amplitude, behalve in het meetpunt 3 waar golfbereik \approx amplitude \approx constante.

De oeverbekleding wordt vervangen door een metalen plaat, scharnierend om de taludvoet op (+ 3m50). Zodoende kan de hellingshoek zeer snel gewijzigd worden.

Alle metingen gebeuren met vast waterpeil (+ 5m85). Per minuut worden 54 golven in het model opgewekt.

a) Golven tegen gladde helling 22/4.

Meetpunten →	3	2	1
Golfbereik in m. nat.	1,79	2,08	2,14
Relatief golfbereik	100	116	120
Cota hoogste golftop	(+6,90)	(+7,44)	(+7,66)
Cota laagste golfdal	(+5,11)	(+5,36)	(+5,52)

Figuur 16, plan 2 geeft een schematische voorstelling der golven tegen een gladde 22/4 helling.

b) Golven tegen gladde helling 16/4.

Meetpunten →	3	2	1
Golfbereik in m. nat.	1,85	1,71	2,17
Relatief golfbereik	100	92	117
Cota hoogste golftop	(+6,81)	(+7,09)	(+7,50)
Cota laagste golfdal	(+4,96)	(+5,38)	(+5,33)

Figuur 17, plan 2 geeft een schematische voorstelling der golven tegen een gladde 16/4 helling.

o) Golven tegen gladde helling 12/4.

Meetpunten →	3	2	1
Golfbereik in m. nat.	2,22	1,92	2,79
Relatief golfbereik	100	86	126
Cota hoogste golftop	(+7,29)	(+7,31)	(+7,88)
Cota laagste golfdal	(+5,07)	(+5,39)	(+5,09)

Figuur 18, plan 5 geeft een schematische voorstelling der golven tegen een gladde 12/4 helling.

d) Golven tegen een gladde helling 8/4.

Meetpunten →	3	2	1
Golfbereik in m. nat.	2,32	3,94	4,95
Relatief golfbereik	100	170	213
Cota hoogste golftop	(+7,11)	(+8,71)	(+9,83)
Cota laagste golfdal	(+4,79)	(+4,77)	(+4,88)

Figuur 19, plan 5 geeft een schematische voorstelling der golven tegen een gladde 8/4 helling.

e) Golven tegen een gladde verticale wand.

Meetpunten →	3	2	1
Golfbereik in m. nat.	1,80	3,44	5,99
Relatief golfbereik	100	191	333
Cota hoogste golftop	(+6,85)	(+8,09)	(+10,36)
Cota laagste golfdal	(+5,05)	(+4,65)	(+4,37)

Figuur 20, plan 2 geeft een schematische voorstelling der golven tegen een gladde, verticale wand.

x x x

Samenvatting en conclusies van § 7.

1. Als het talud te steil is krijgt men, in de onmiddellijke nabijheid der oeverbekleding, een zeer onstuimige zee en is het peilverschil tussen de hoogste en laagste door de golven bereikte punten zeer groot, zelfs als door weerkaatsing onbeïnvloede golfamplitude op voldoende afstand van het strand niet meer dan $\approx 2m00$ bedraagt. Het zal dus onder die omstandigheden niet goed mogelijk zijn, voor een waarnemer op de wandelweg, die onbeïnvloede amplitude te beoordelen en de schattingen die hij geneigd is te doen zullen zeer langs de hoge kant liggen.

2. Figuur 2I, plan 5 brengt een samenvatting der verschillende golfproeven. Voorgesteld zijn de hoogste toppen en de laagste dalen. De punten gelogen op de hellingen zijn afgeleid uit de experimenten omtrent de golfoploop (zie § 8).
3. Vatten we nog de relatieve golfbereiken samen :

Relatief golf- bereik in Talud meetpunt	1	2	3
22/4	120	116	100
16/4	117	92	100
12/4	126	86	100
8/4	213	170	100
verticaal	333	191	100

4. De helling 12/4 schijnt een grenswaarde te zijn. Is het talud steiler dan 12/4 dan laat de weerkaatsing zich zeer krachtig gevoelen. De waterbewegingen in de onmiddellijke nabijheid der oeverbekledingen worden dan veel onstuimiger, wat ongetwijfeld nadelig is voor het losse strand en voor het behoud der oeverbekleding.
5. Het WL. heeft een 16 mm. film samengesteld betreffende de proeven van huidige §. Het is de bedoeling deze film in bruikleen te geven aan de gegadigden.

§ 8. METINGEN OMTRENT DE GOLFOLOOP TEGEN VERSCHILLENDE TALUDS.

=====

Een eerste reeks metingen heeft betrekking op een

gladde oeverbekleding; bij de tweede reeks wordt het talud bekleed met tegels volgens figuur IO, plan 3.

De proeven gebeuren in dezelfde voorwaarden als deze van § 7.

Golfoploop = hoogste cota door het van golven afkomstig water bereikt op het talud, gedurende een tijdsinterval van voldoende lange duur.

x x x

a) Golfoploop tegen glad talud :

De uitkomsten zijn de volgende :

Talud	Golfoploop
22/4	(+ 8,07)
20/4	(+ 8,32)
18/4	(+ 8,88)
16/4	(+ 9,41)
14/4	(+10,25)
12/4	(+10,70)
10/4	(+11,32)
8/4	(+12,36)
6/4	(+13,50)
4/4	(+16,59)

Deze resultaten zijn voorgesteld op figuur 22, plan 5.

Bij een verticale wand is het niet goed mogelijk een behoorlijke meting te verrichten daar het water meestal loodrecht in de lucht wordt geslingerd en uiteenspat zonder voortdurend in contact te blijven met de wand.

De gegevens van figuur 22, plan 2 werden ook nog gebruikt om de figuren I6, I7, I8, I9, 20, 2I van plan 2 aan te vullen.

De helling moet eerder I8/4 dan wel I6/4 zijn wil men de kruin (+9m00) niet overschreden zien.

b) Golfoploop tegen talud bekleed met tegels (figuur IO, plan 3).

De resultaten zijn :

Talud	Golfoploop
22/4	(+ 7,67)
20/4	(+ 8,2I)
I8/4	(+ 8,37)
I6/4	(+ 8,7I)
I4/4	(+ 9,I5)
I2/4	(+ 9,69)
IO/4	(+IO,23)
8/4	(+II,06)
6/4	(+I2,47)
4/4	(+I4,68)

De grafische voorstelling is op figuur 23, plan 2 te vinden, in vergelijking met de uitkomsten bekomen voor het glad talud.

De remtegels verminderen de golfoploop; voor een talud begrepen tussen I6/4 en I4/4 wordt nu de oota (+9m00) niet meer bereikt.

x

x

x

Conolusies van § 8.

1. Hoe steiler de helling, hoe hoger de golfoploop.
2. De remtegels volgens figuur IO, plan 2 zijn aanbevelenswaardig daar zij de golfoploop verminderen.

§ 9. BESLUITEN.

=====

1. De in dit verslag behandelde proeven gebeurden in de volgende voorwaarden :
 - a) Geen weergave van getijstromen (horizontaal getij).
Het materiaal voortkomende van de ontgrondingen wordt dus, in model, niet door de stromen opgenomen en vervoerd.
 - b) Het verticaal tij, indien aanwezig, was op de volgende wijze geregeld :
Tijkromme = zie figuur 1, plan 2.
H.W. = (+5m85).
L.W. = (+2m40).
Periode = 1 uur in model (28 min. stijgen, 32 min. dalen).
 - c) Bij proeven met vaste waterstand werd het peil op (+5m85) ingesteld.
 - d) Golven.
Amplitude = \approx 2m00.
Lengte = \approx 37 m. bij een waterstand van (+5m85).
Periode = \approx 5,4 sec.
 - e) Oever en strand.
Kruin talud = (+9m00).
Voet talud = (+3m50).
Helling = verschillend.
Strand onder helling van 2 % over 59 m. vanaf voet der oeverbekleding. Verder zeewaarts steiler strand.

2. De oeverbekleding en het daarbij aansluitend strand verkeren in de meest ongunstige omstandigheden gedurende een tijdsinterval dat het ogenblik van H.W. omvat.
3. Hoe steiler het talud der oeverbekleding, hoe groter de weerkaatsing der golven. Hoe sterker die weerkaatsing, hoe groter de kans op ontgronding van het losse strand en op vernieling der oeverbekleding.
4. Als het talud te steil is krijgt men, in de onmiddellijke nabijheid der oeverbekleding, een zeer onstuimige zee. Zelfs als de door weerkaatsing onbeïnvloede golfamplitude, op voldoende afstand van het strand, niet meer bedraagt dan $\approx 2m00$ zal het peilverschil tussen de hoogste en laagste door de golven bereikte punten bij de bekleding veel groter zijn dan $2m00$. Onder deze omstandigheden is het, voor een waarnemer op de wandelweg ($+9m00$), niet goed mogelijk de onbeïnvloede amplitude te beoordelen en de schattingen die hij geneigd is te doen zullen zeer langs de hoge kant liggen.
5. Het is geraden de helling niet steiler te nemen dan $I2/4$. Het is echter geen overbodige luxe een helling van $I6/4$ als steilste talud te stellen; daardoor wordt de veiligheid der oeverbekleding ten zeerste gebaat.
6. Men dient zoveel mogelijk de waterdichtheid van talud en wandelweg te verzekeren.
7. De tijbeweging alleen, met uitsluiting der andere factoren, vermindert langzaam de stabiliteit der bekleding. Zij bereidt het terrein voor tot een spoedige bezwijking onder golfaanval.

8. Plasbermen gelegen in het vlak van het losse strand leveren alleen het voordeel op dat zij, gedurende een zekere tijd althans, de ontgronding verwijderd houden van de voet der oeverbekleding. Komt een deel bloot van de verticale wand (beschoeiing) die het zeewaarts uiteinde van de berm beschermt, dan krijgt het losse bodemmateriaal een ongunstige vaste begrenzing, wat een verdere uitschuring in de hand werkt. Dit laatste nadeel vervalt bij een verdoken plasberm voor zover zijn zeewaarts uiteinde met zand bedekt blijft.
9. Hoe steiler de helling der bekleding, hoe hoger de cota bereikt door de golfoploop. Het is de moeite waard de golfoploop te matigen daar zodoende minder water op de wandelweg (+9m00) belandt, wat dan weer de sijpeling vermindert naar het zandmassief dat de oeverbekleding draagt.
- 10) Voor het behoud van het losse strand en van de oeverbekleding is de taludhelling de overheersende factor. Wel zijn remtegels op het talud, zoals voorgesteld op figuur 10, plan 3, aanbevelenswaardig daar zij de toestand van het strand licht verbeteren en ook de golfoploop merkkelijk verminderen, wat wel als het grootste voordeel aan te rekenen is. Meer ingewikkelde ontwerpen (zie figuur 10, plan 3; talud met remtegels aangevuld door een plasberm met remkuil) blijken geen verdere verbeteringen te brengen. Ook dient men bij de keuze van ruwheden voor het talud de aantrekkelijkheid van het strand als recreatiegebied te vrijwaren.
- 11) Een 16 mm. film werd samengesteld betreffende de proeven van § 7 (metingen omtrent oppervlaktegolven.)

Borgerhout-Antwerpen, Februari 1955.

De proeftechnicus,

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

H. De Bruyn
H. DE BRUYN.

J. Lamoën
J. LAMOËN.



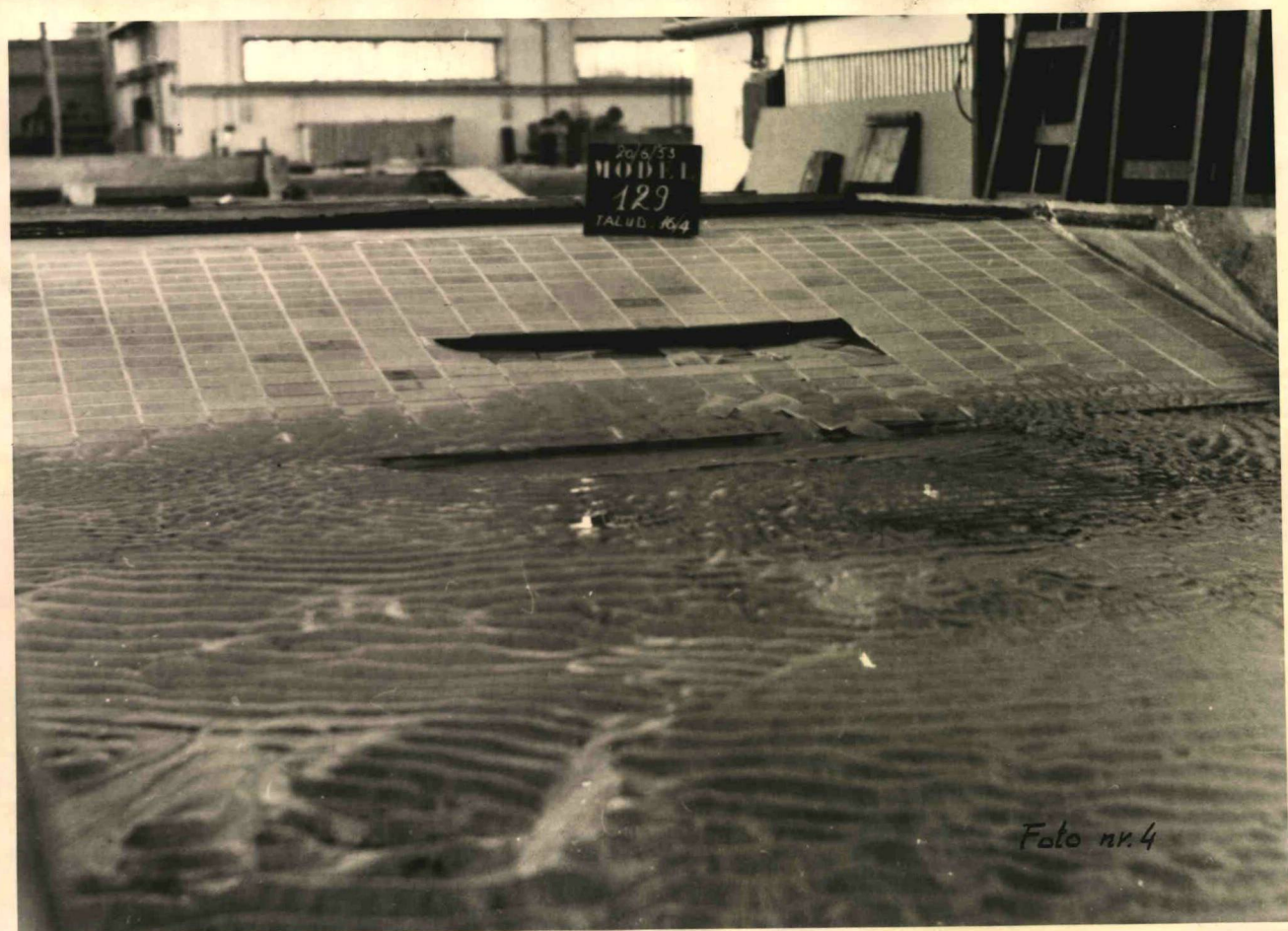
Foto nr. 1

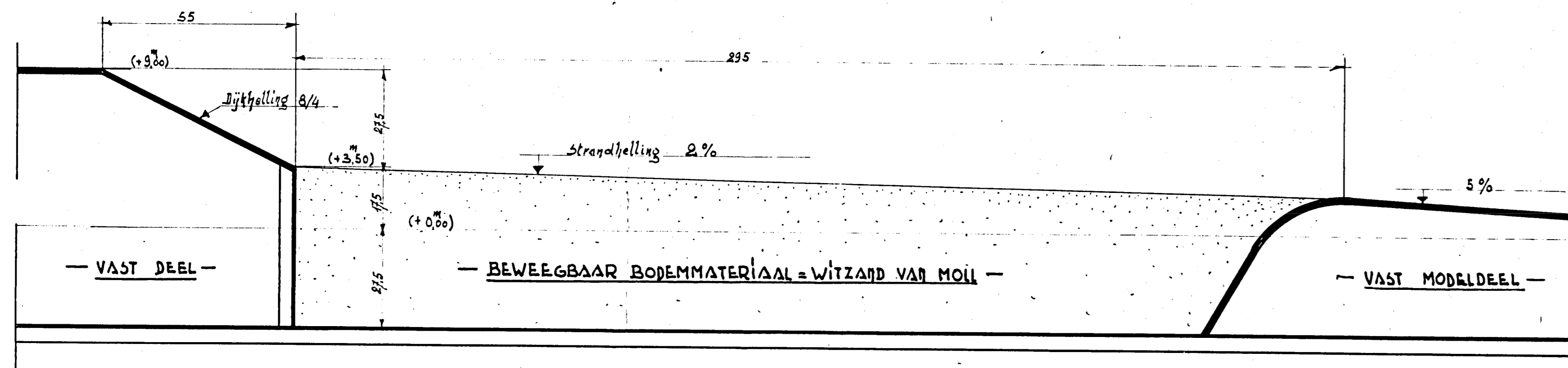
F15



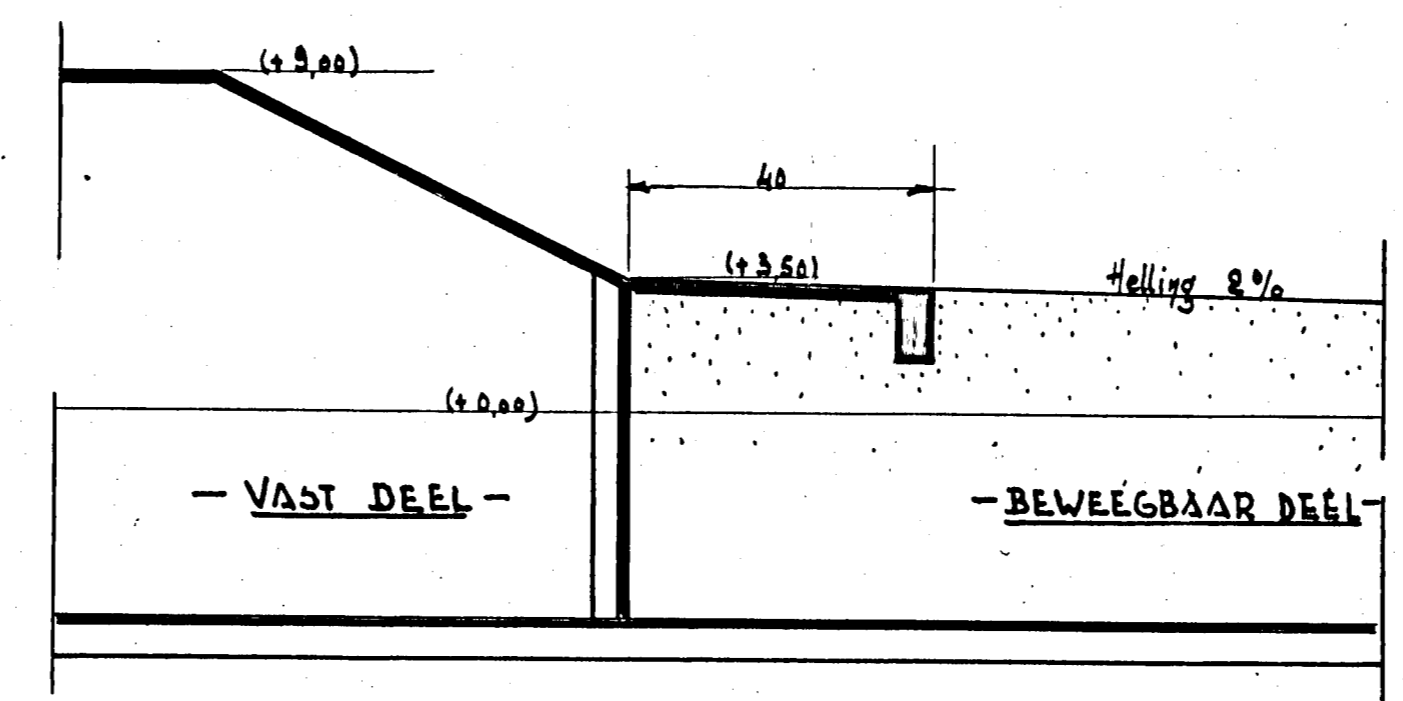
Foto nr. 2

F126

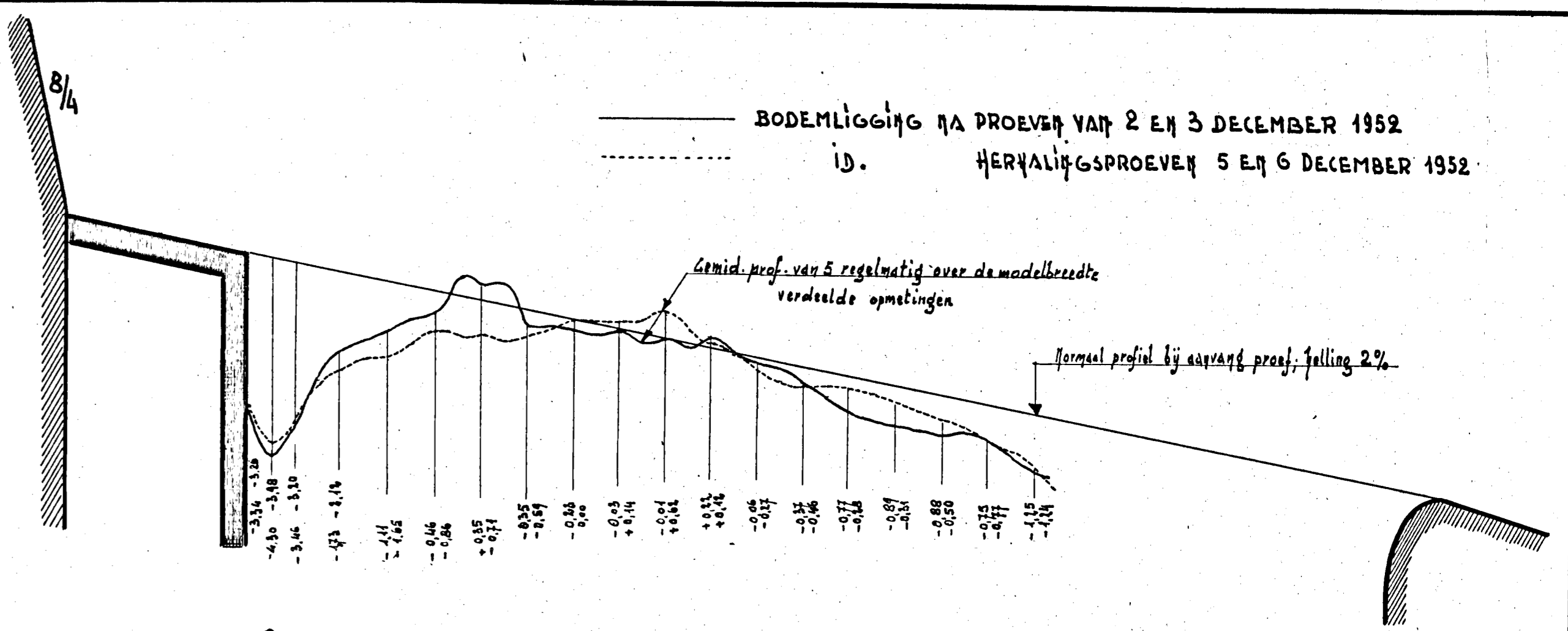




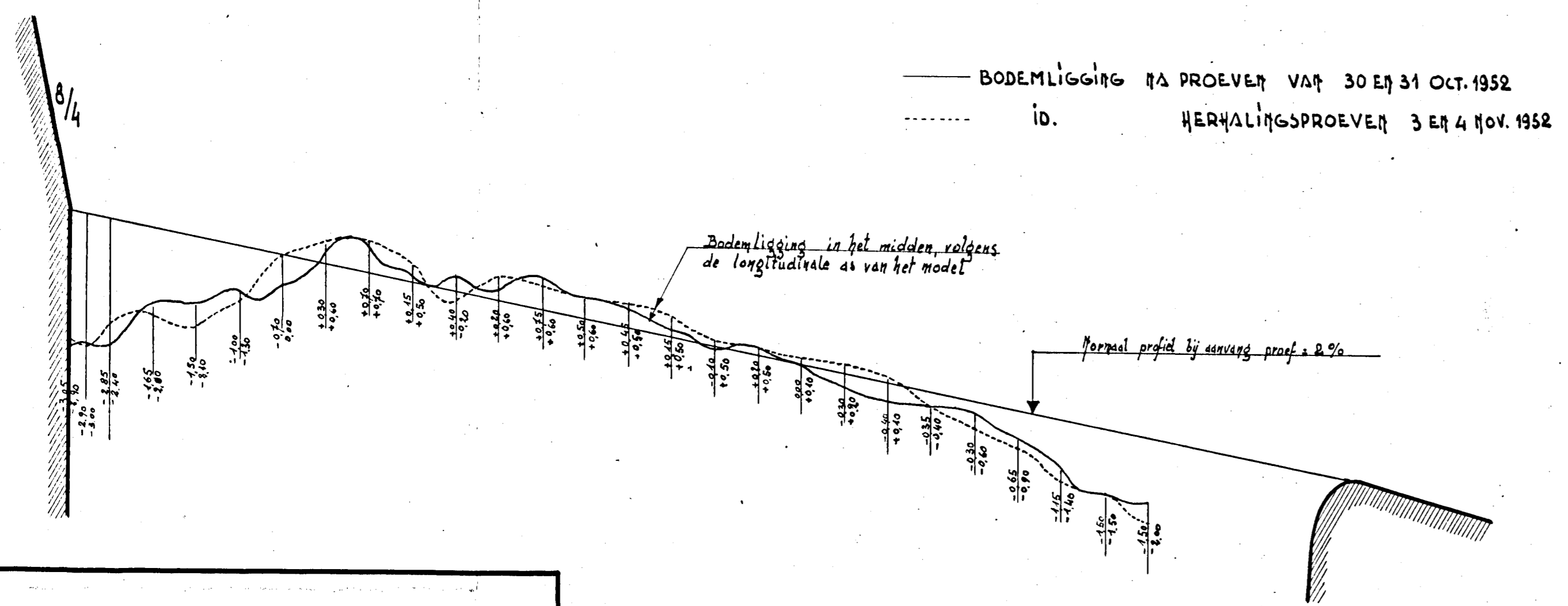
— DÛKTYPE MET TALUD 3/4 - ZONDER PLASBERM - FIG. 2 —



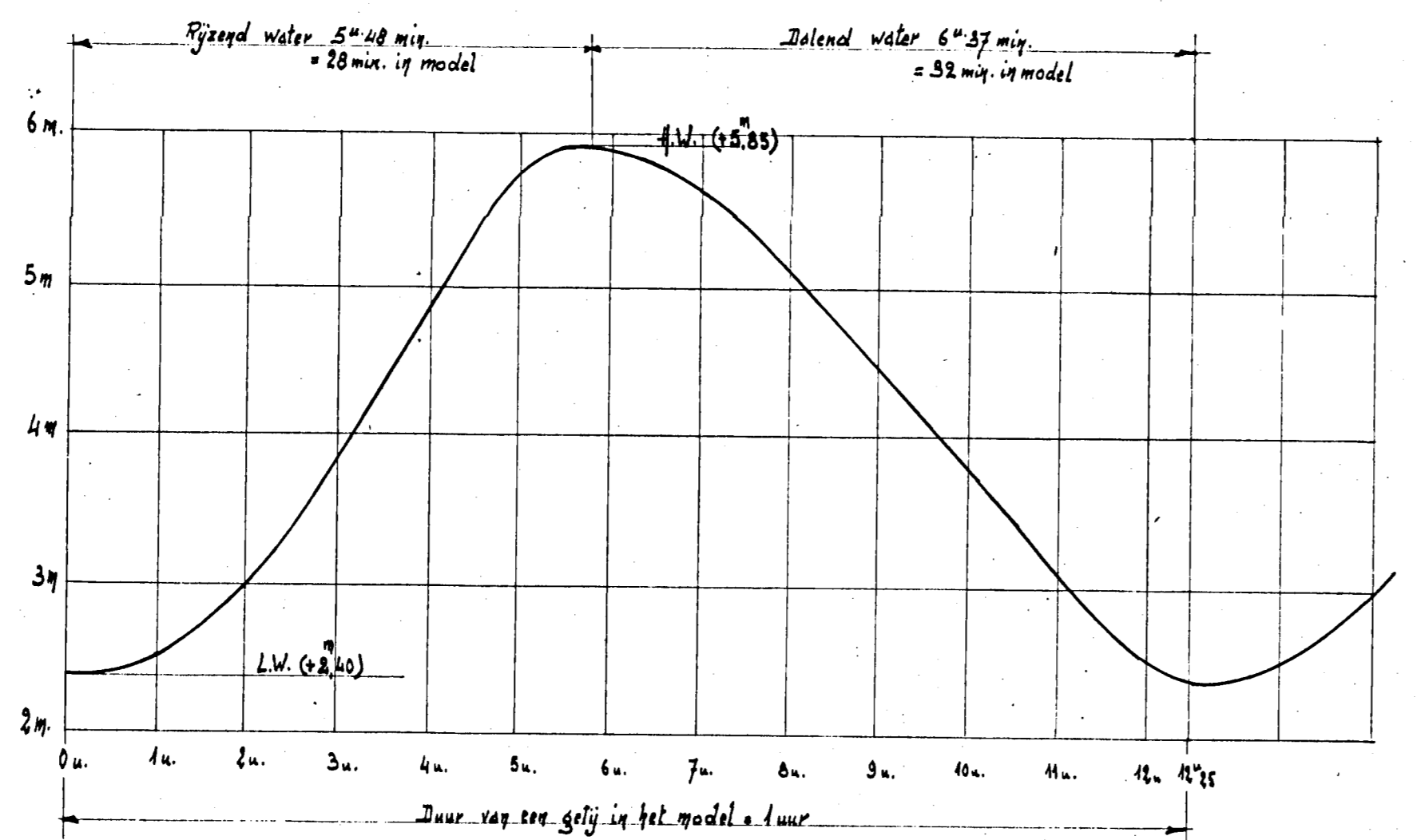
— DÛKTYPE MET TALUD 3/4 - PLASBERM VOLGENS STRAND 2% - FIG. 3 —



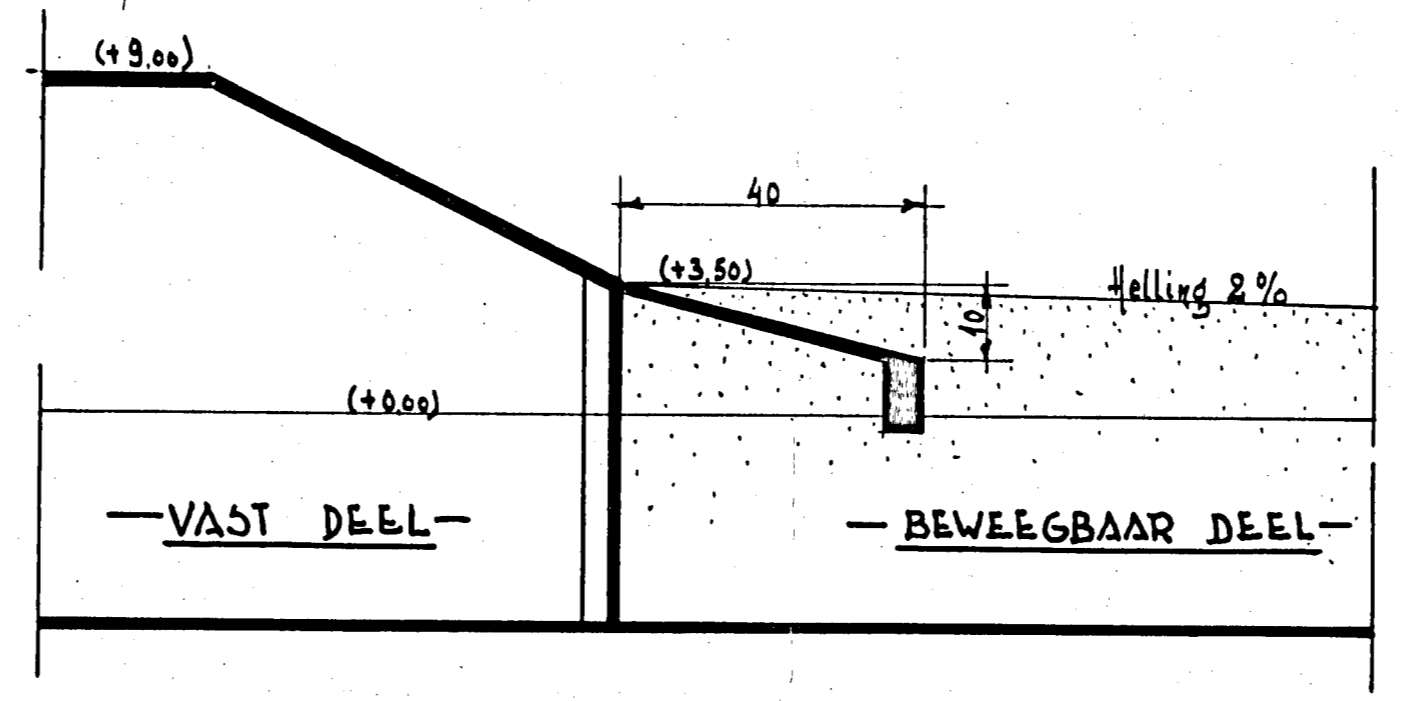
— DÛKTYPE MET TALUD 3/4 - PLASBERM VOLGENS STRAND 2% - FIG. 3 —



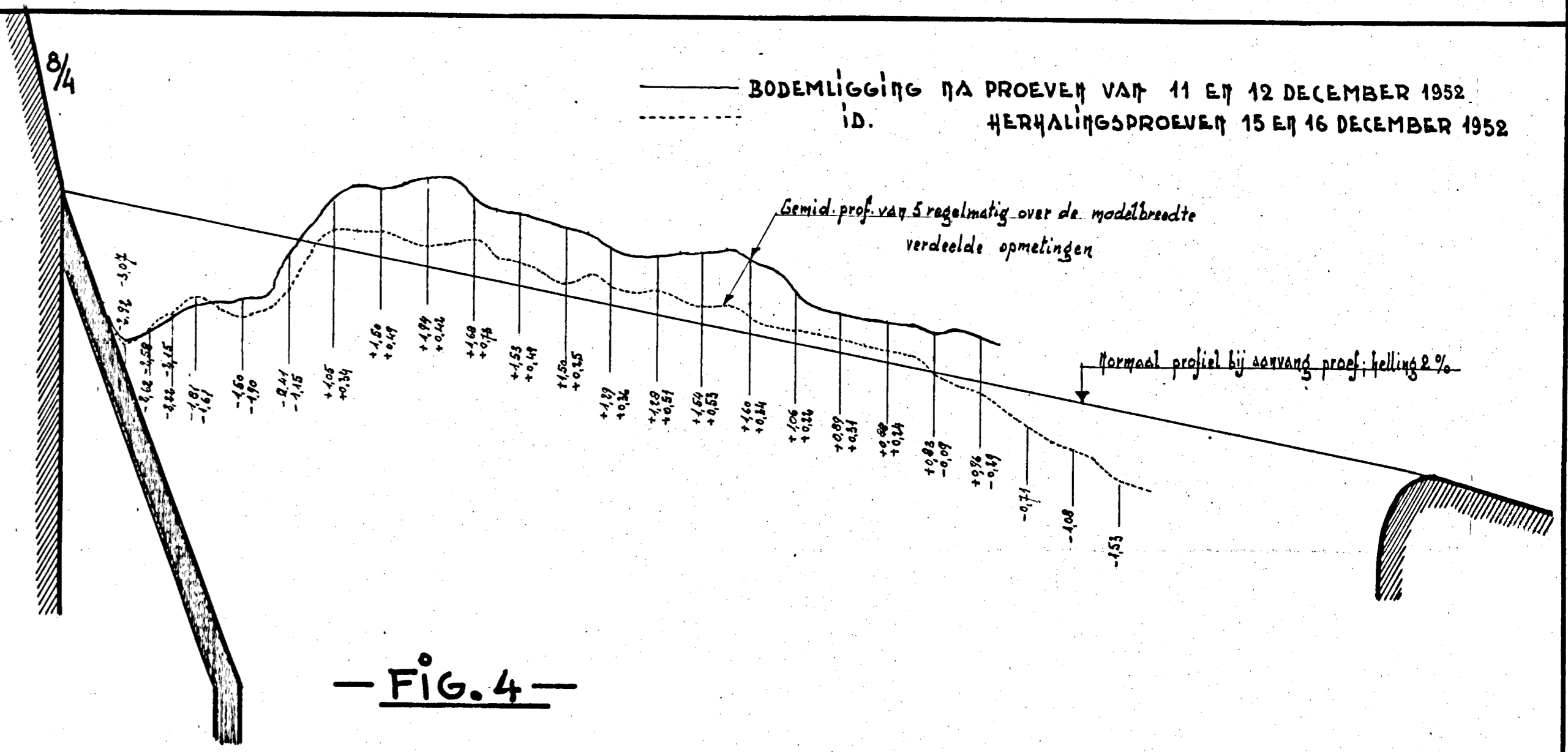
— WEERGAVE V.H. GETÛYVERLOOP IN HET MODEL — FIG. 1 —



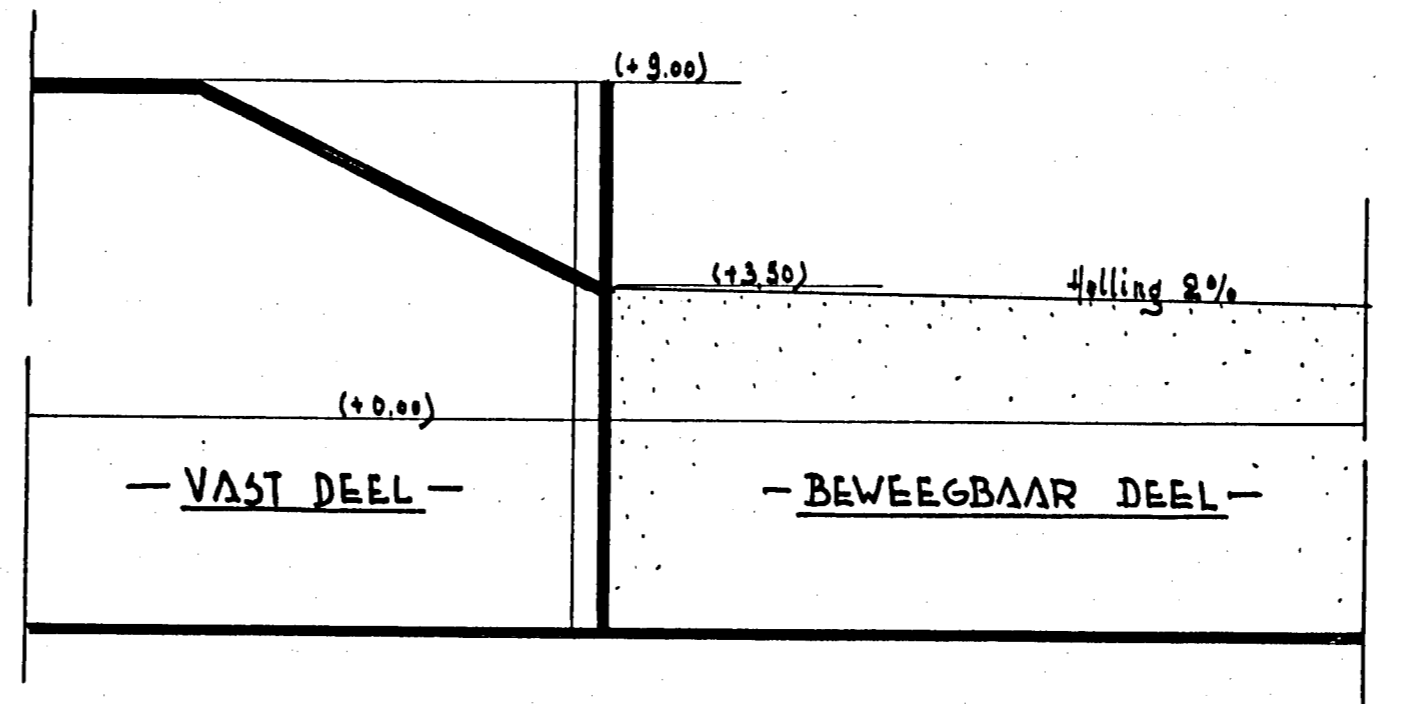
GETÛYKROMME OPGETOEN BIJ DE PROEVEN VAN :
20 EN 21 OCTOBER 1952



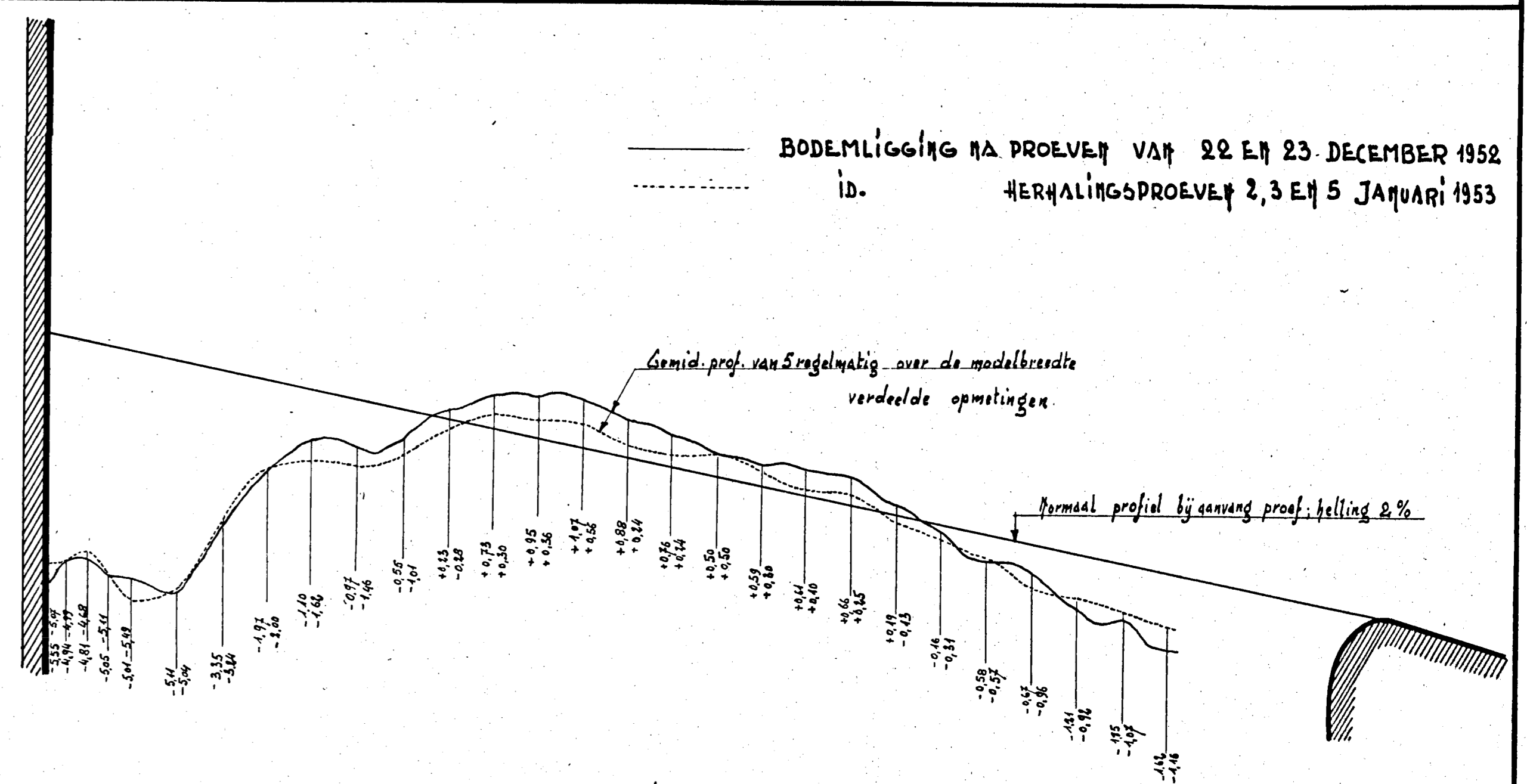
— DÛKTYPE MET TALUD 3/4 - VERDOKEN PLASBERM —



— FIG. 4 —

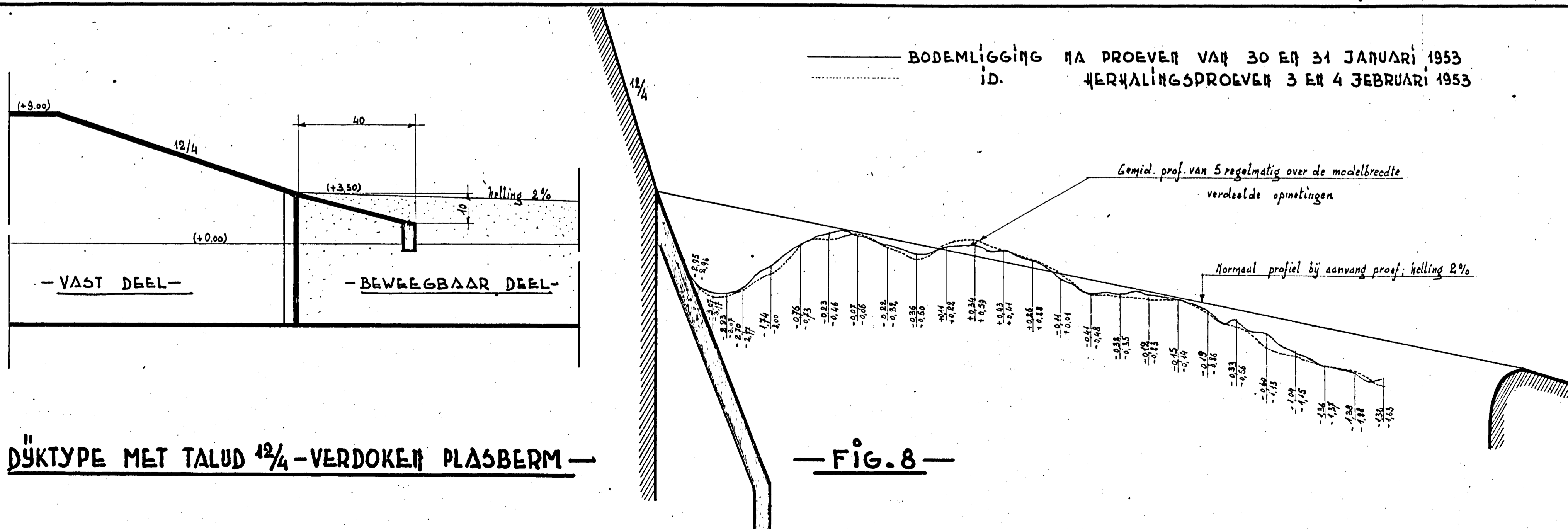
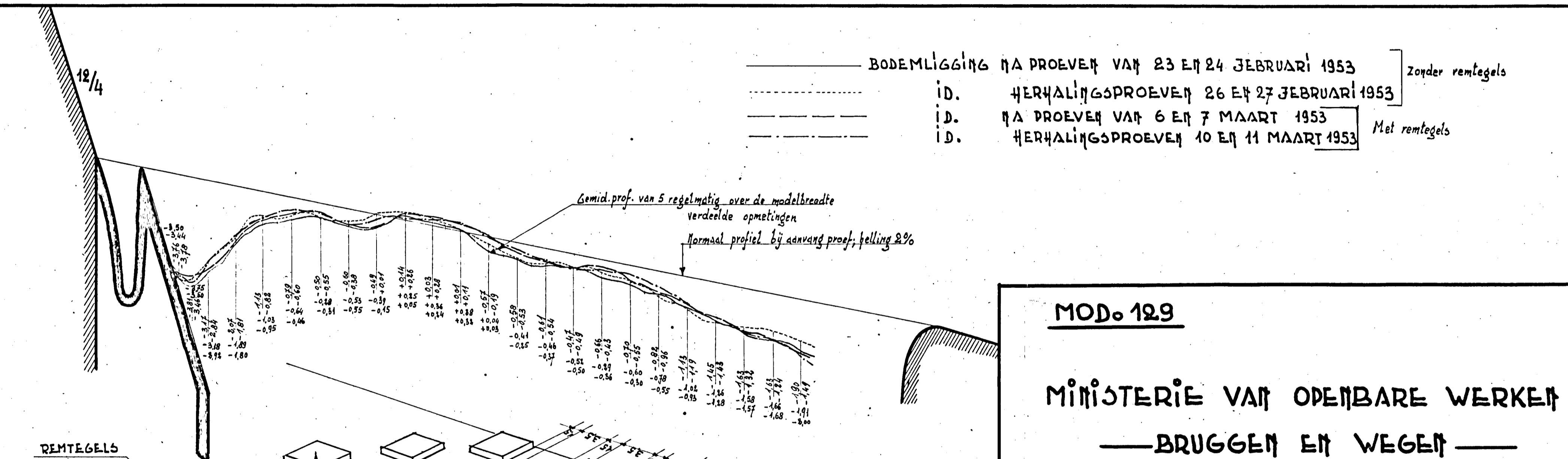
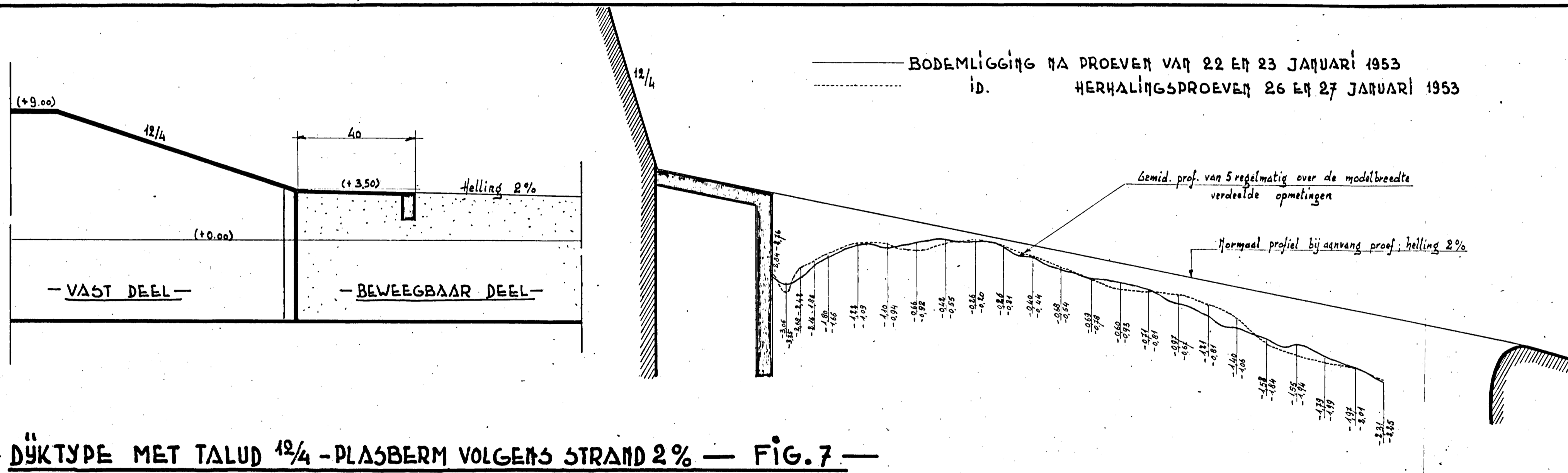
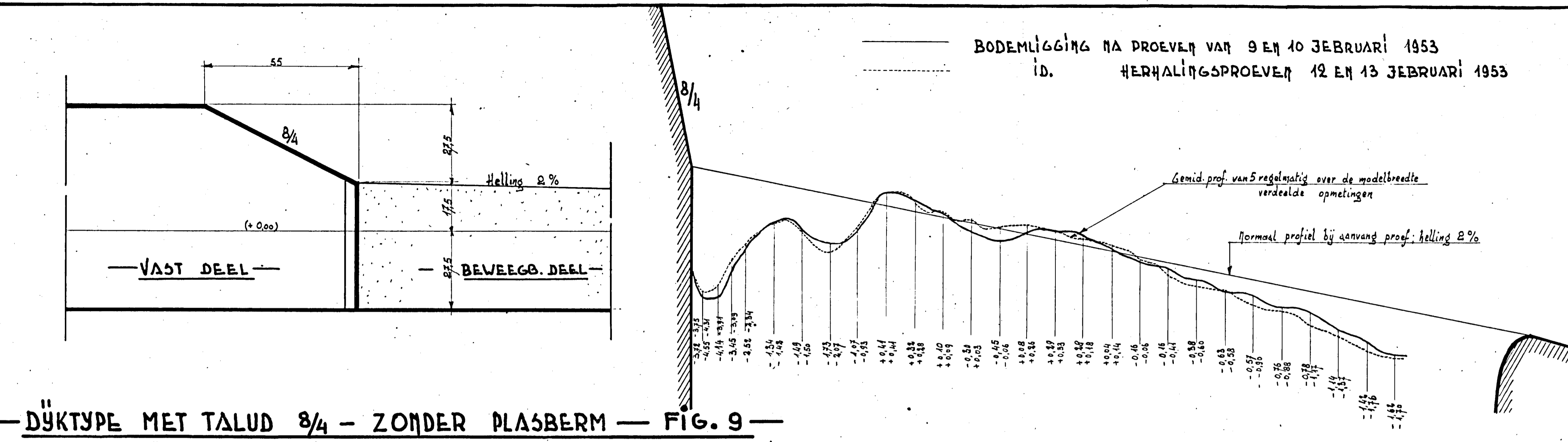
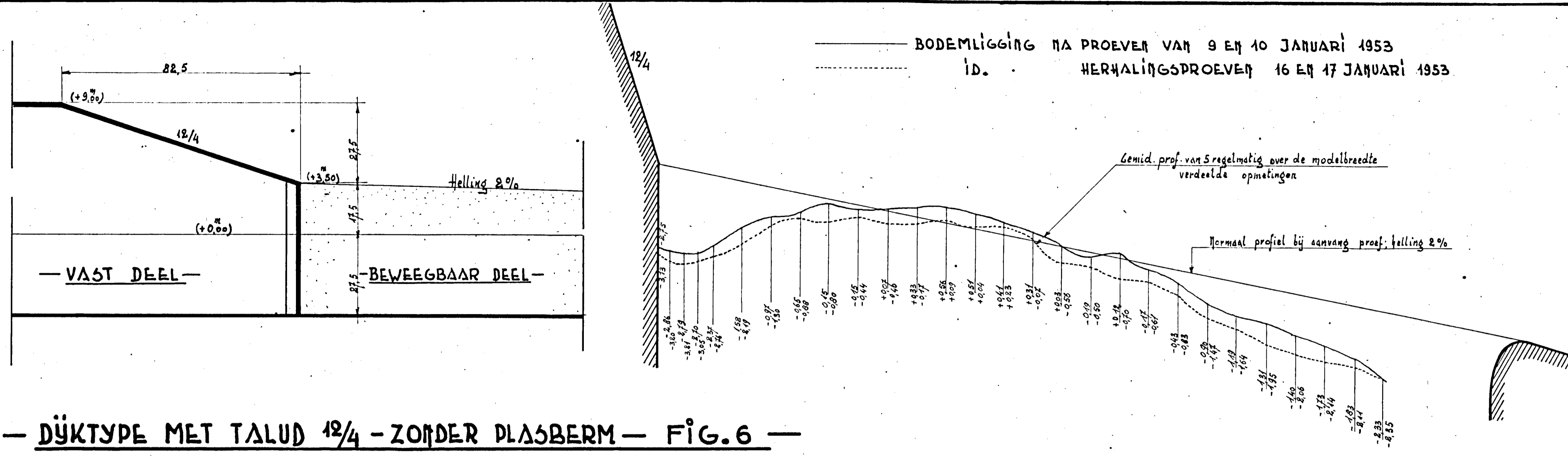


— RECHTE WAND — FIG. 5 —



MOD. 129
MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
— BRUGGEN EN WEGEN —
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
BORGERHOUT-ANTWERPEN
MODELSTUDIE TALUDBEKLEDINGEN EN
PLASBERMEN VOOR ZEEÛYKEN
PLAAT NR. 2
SCHAAL TEKENING: VERSCHILLENDE
MODELSCHAAL: 1/20 NATUUR
 De maten der tekening zijn aangegeven in cm. in het model

Borgerhout, 7 Januari 1953



MOD. 129

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
— BRUGGEN EN WEGEN —
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
BORGERHOUT-ANTWERPEN

**MODELSTUDIE TALUDBEKLEDINGEN EN
PLASBERMEN VOOR ZEEDÜKEN**

PLAN NR. 3
SCHAAL TEKENING: VERSCHILLENDE
MODELSCHAAL: 1/20 NATUUR

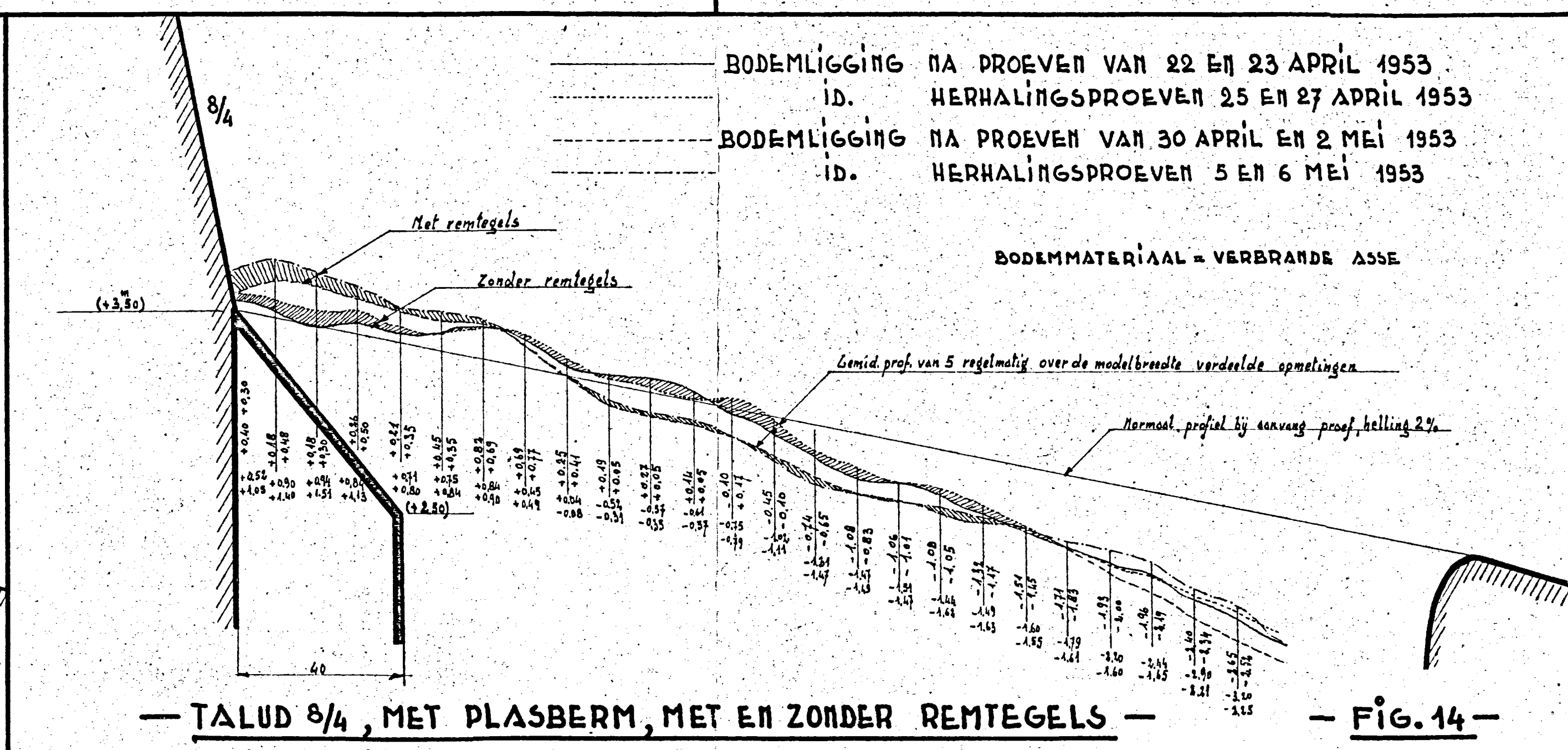
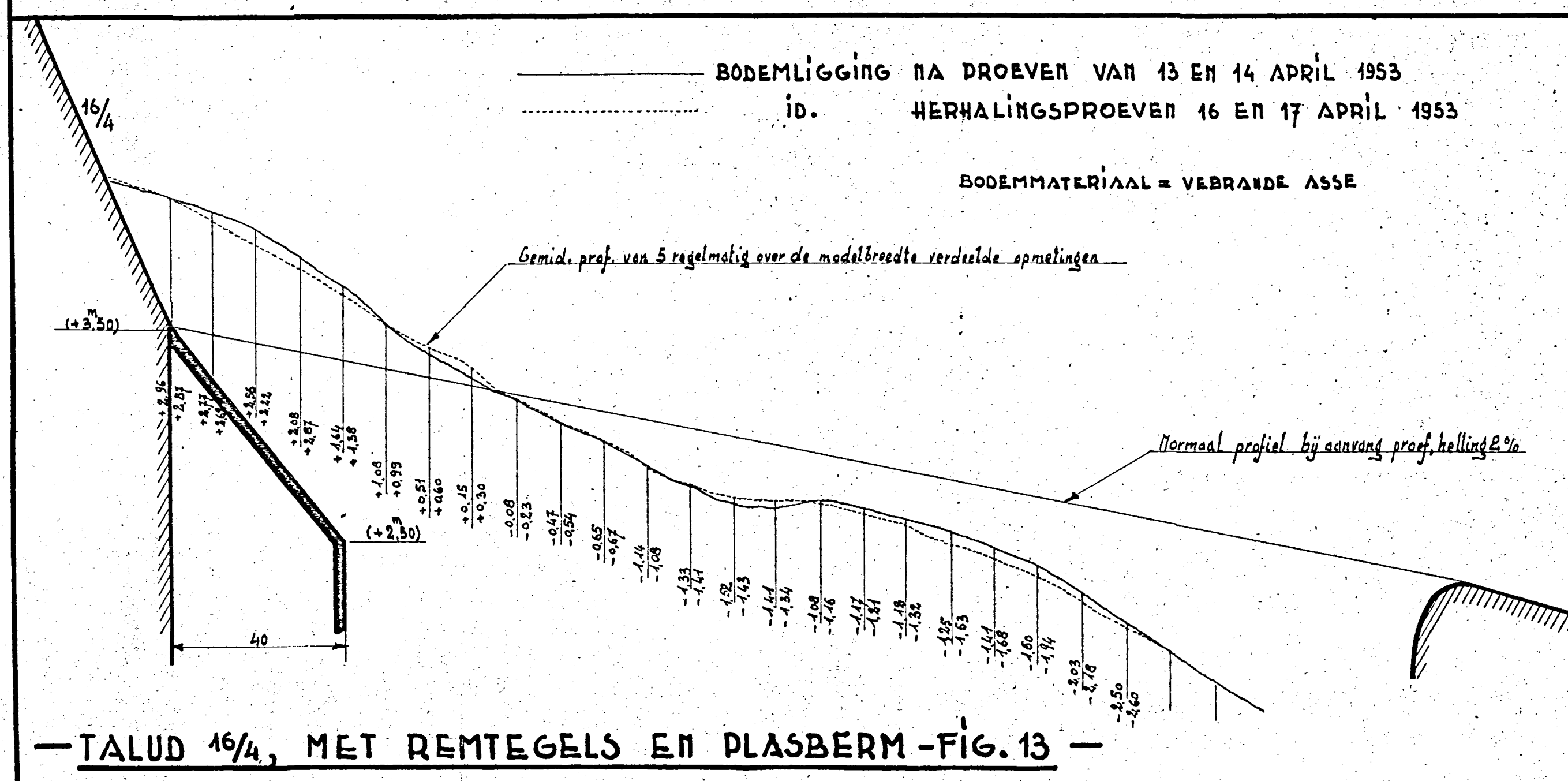
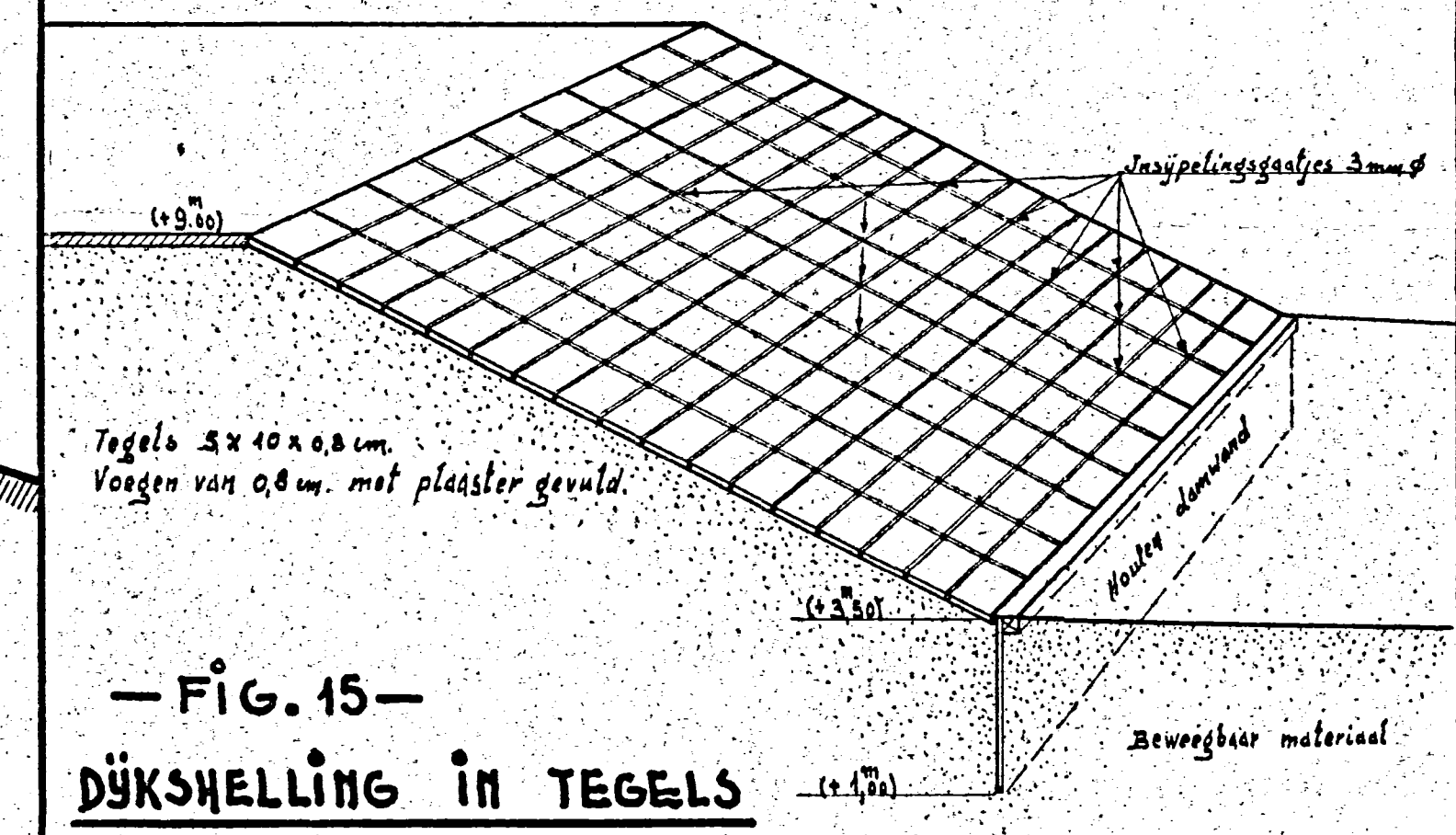
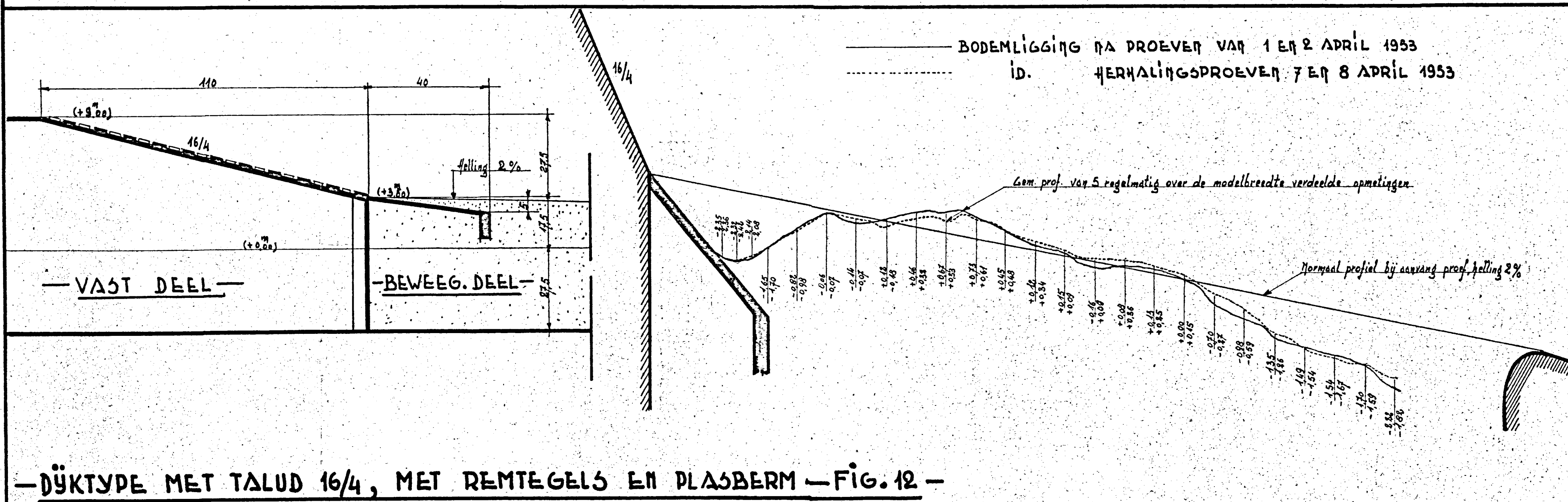
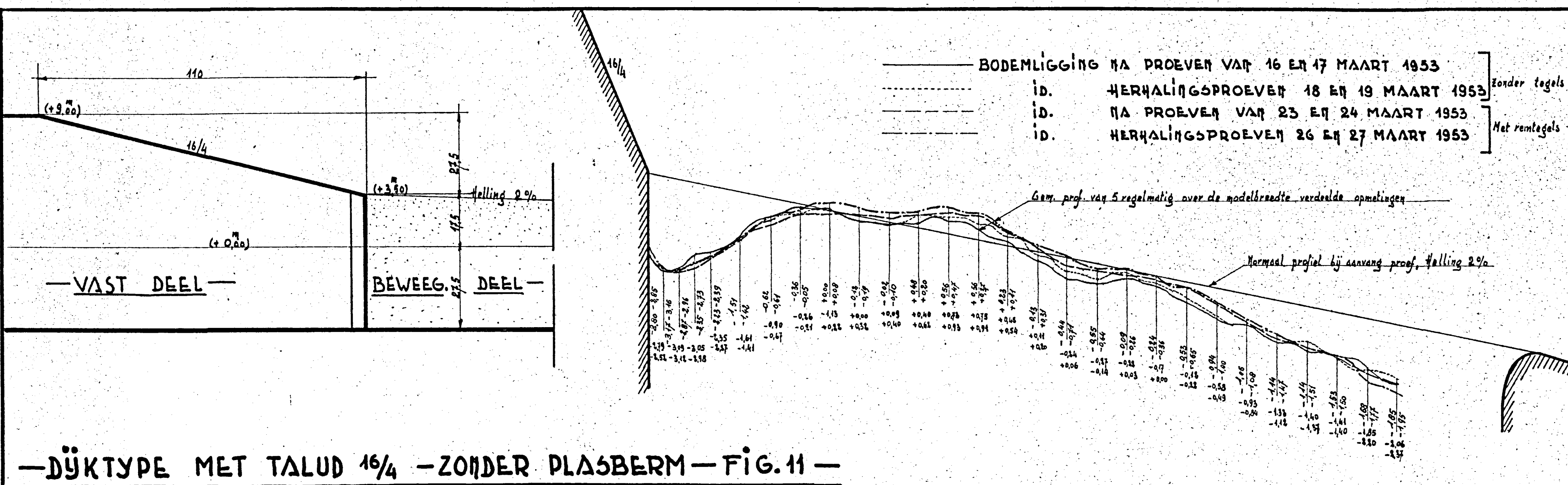
De maten der tekening zijn aangegeven in cm. in het model

MODELSTUDIE TALUDBEKLEDINGEN EN
PLASBERMEN VOOR ZEEDIJKEN

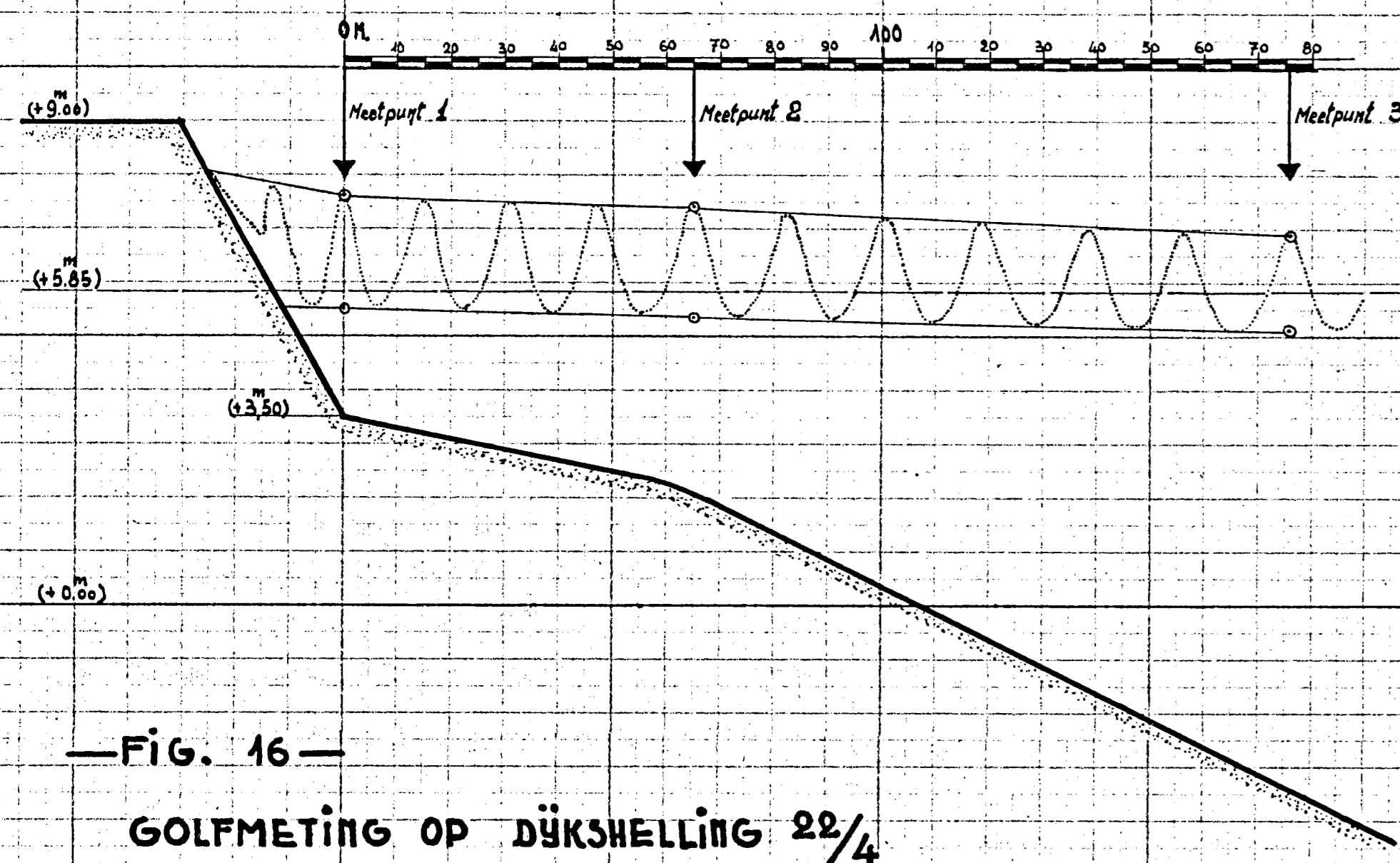
PLAN NR. 4
SCHAAL TEKENING: VERSCHILLENDE
MODELSCHAAL: 1/20 NATUUR

De maten op de tekening zijn aangegeven in cm. in het model

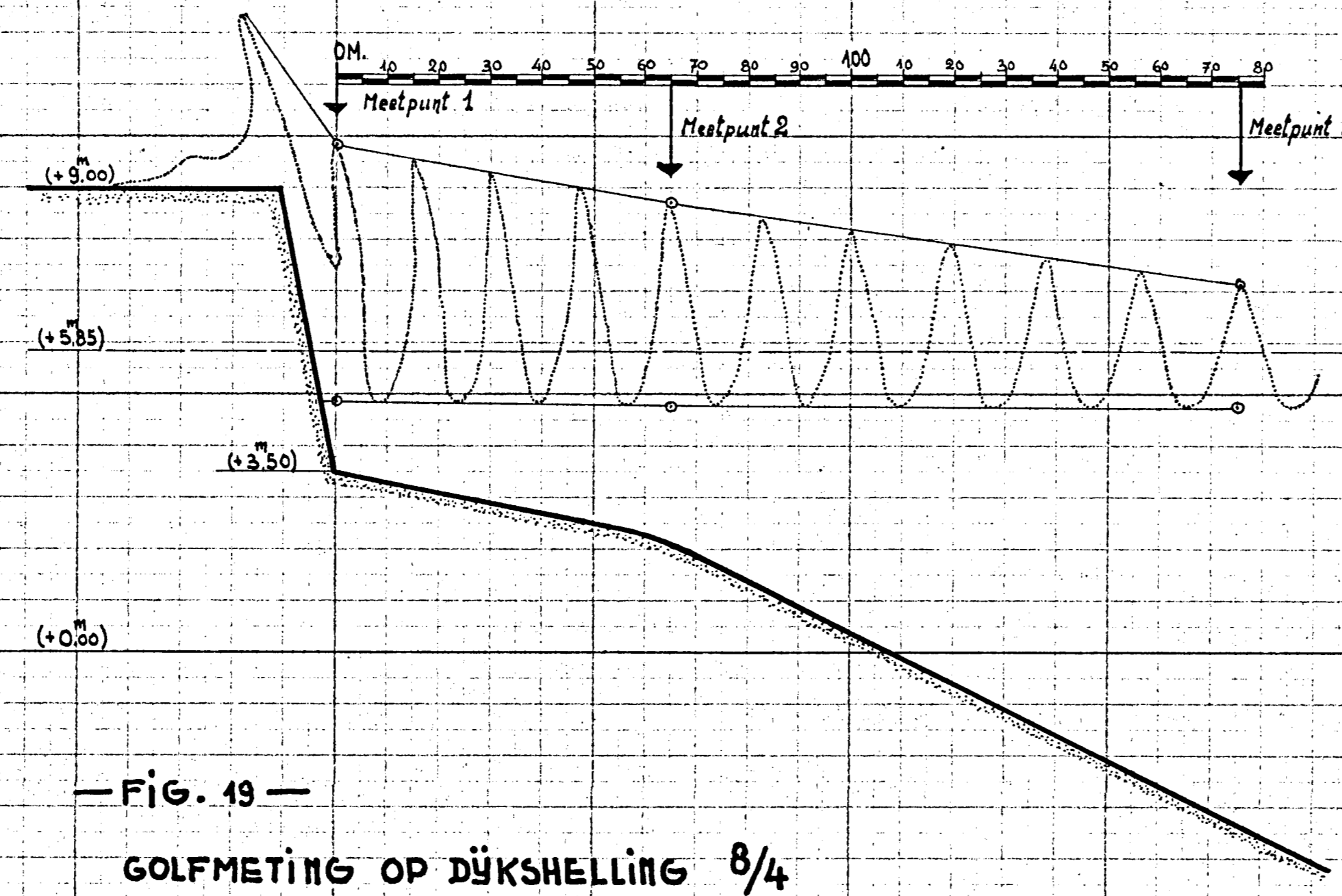
Borgerhout, 23 December 1954



Borgerhout, 28 December 1954



— FIG. 16 —
 GOLFMETING OP DÜKSHELLING 22/4



— FIG. 19 —
 GOLFMETING OP DÜKSHELLING 8/4

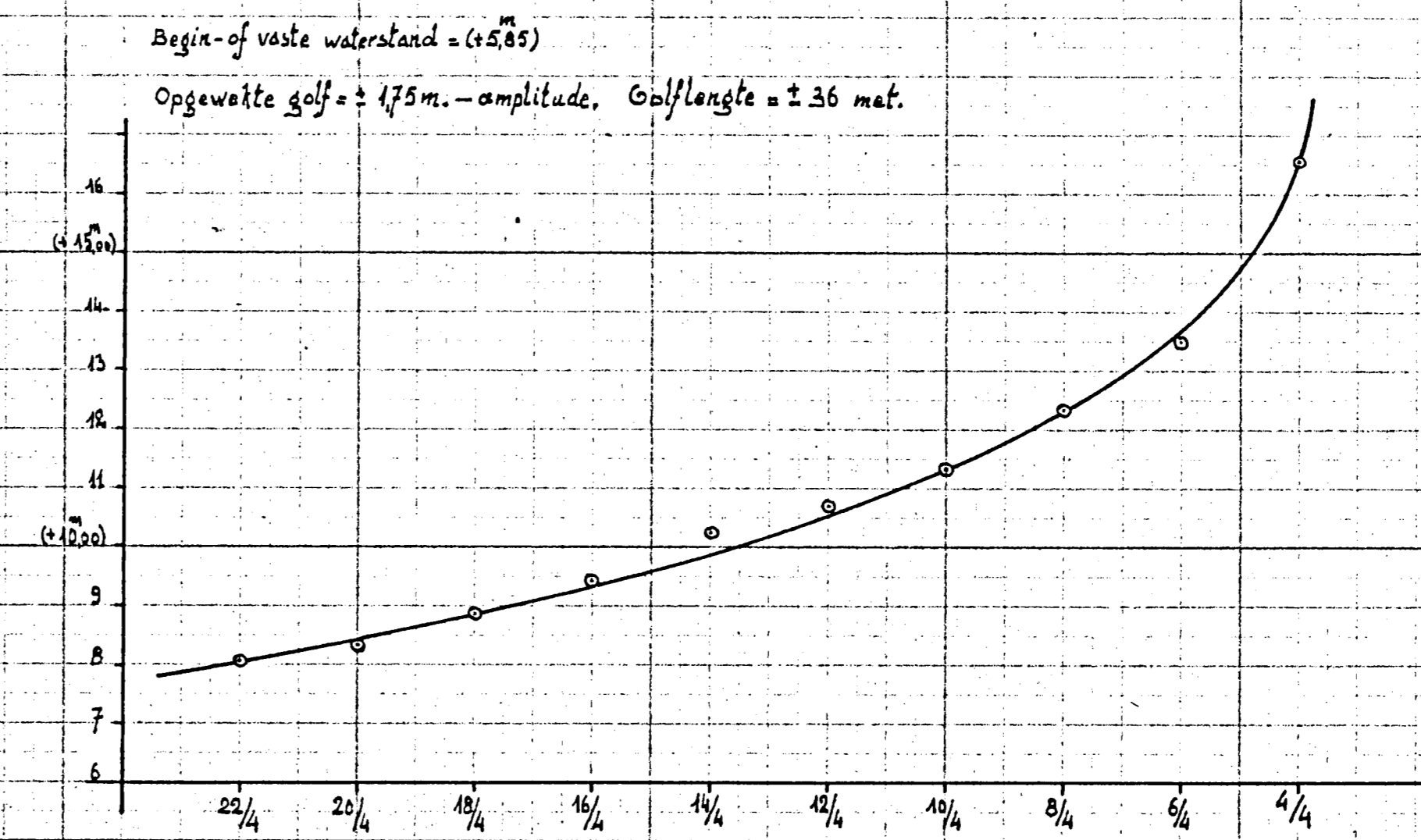
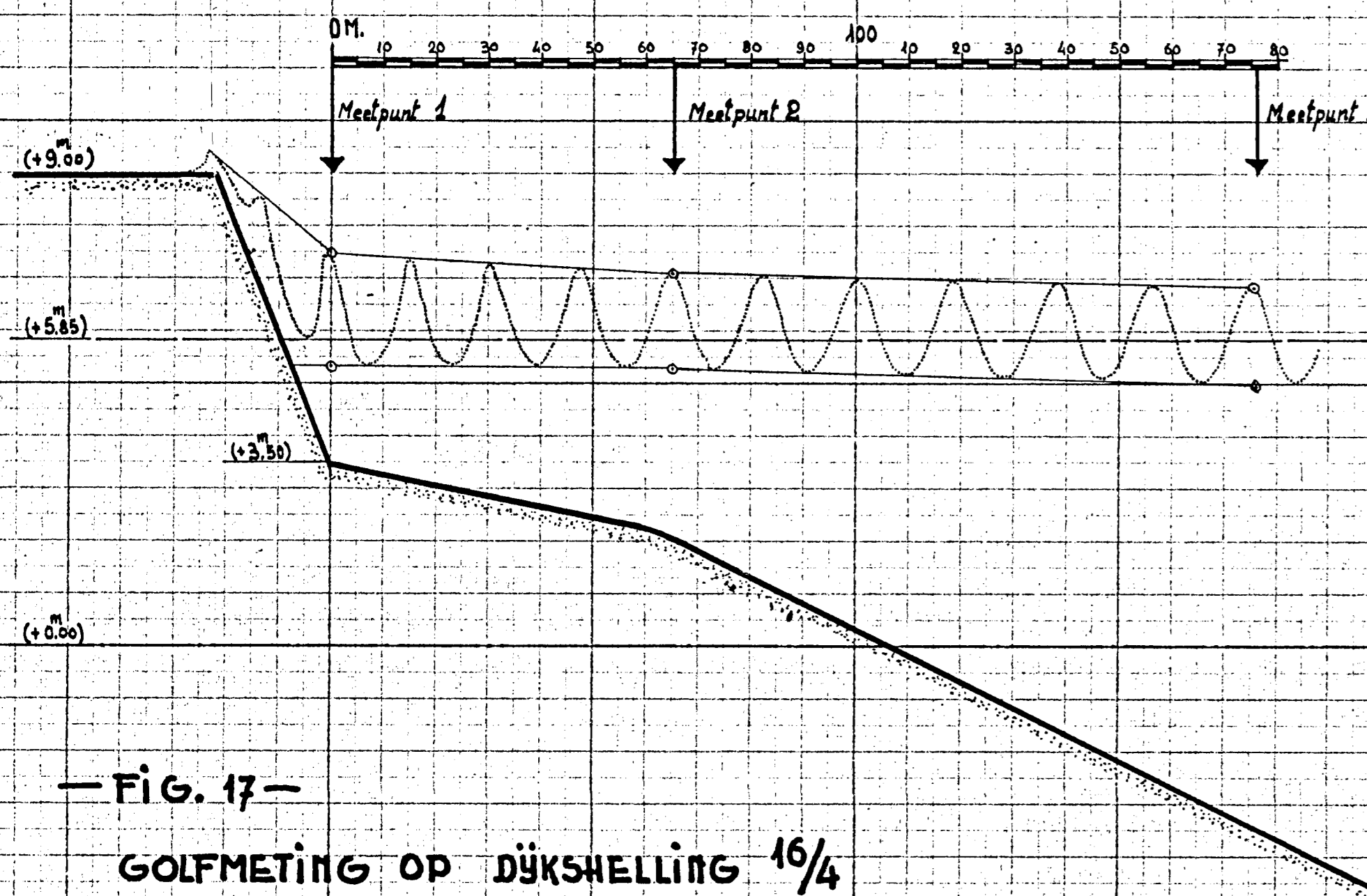
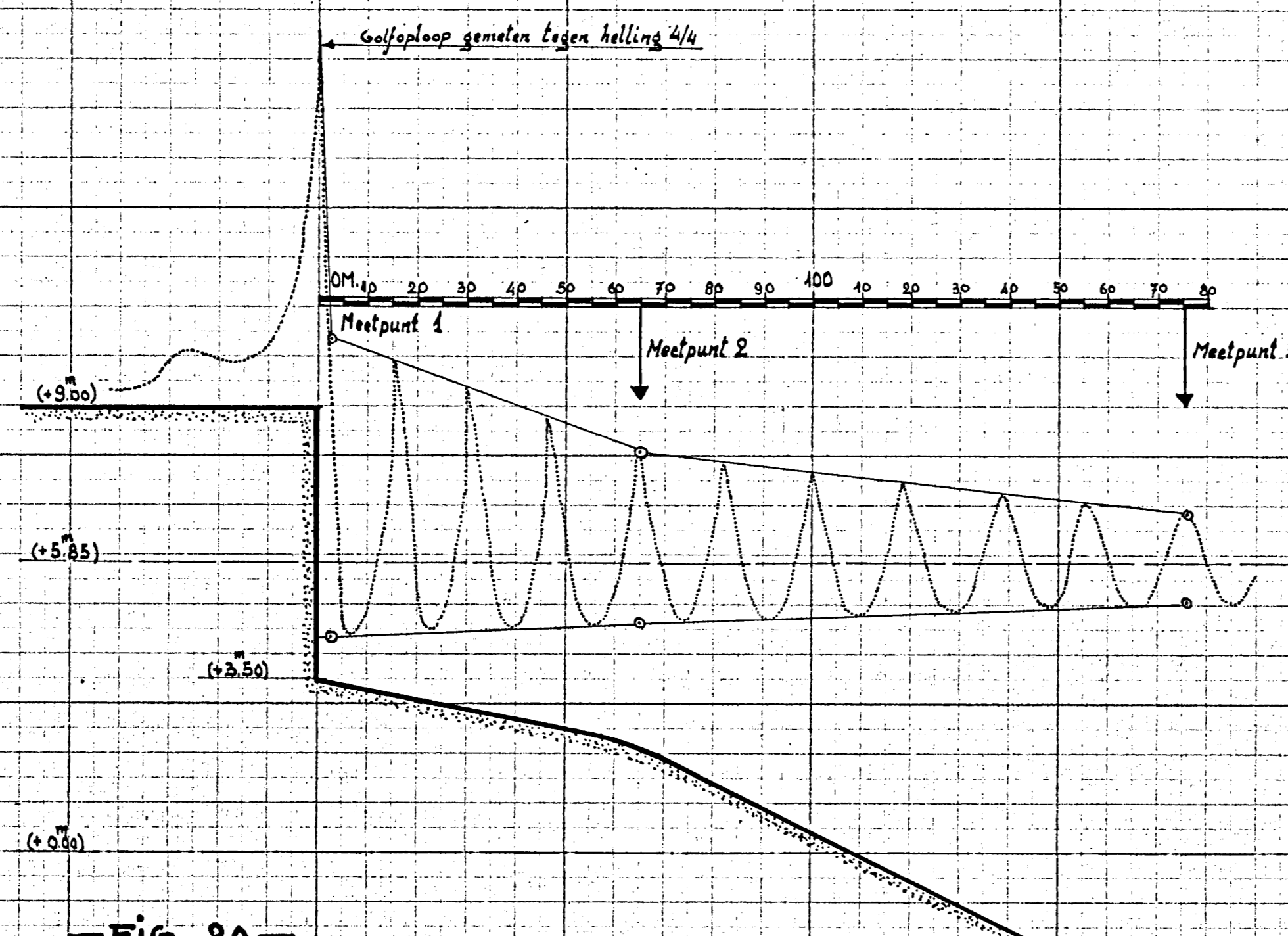


FIG. 22
 GOLFOPLOOP OP VERSCHILLENDE HELLINGEN (GLAD)



— FIG. 17 —
 GOLFMETING OP DÜKSHELLING 16/4



— FIG. 20 —
 GOLFMETING OP RECHTE WAND

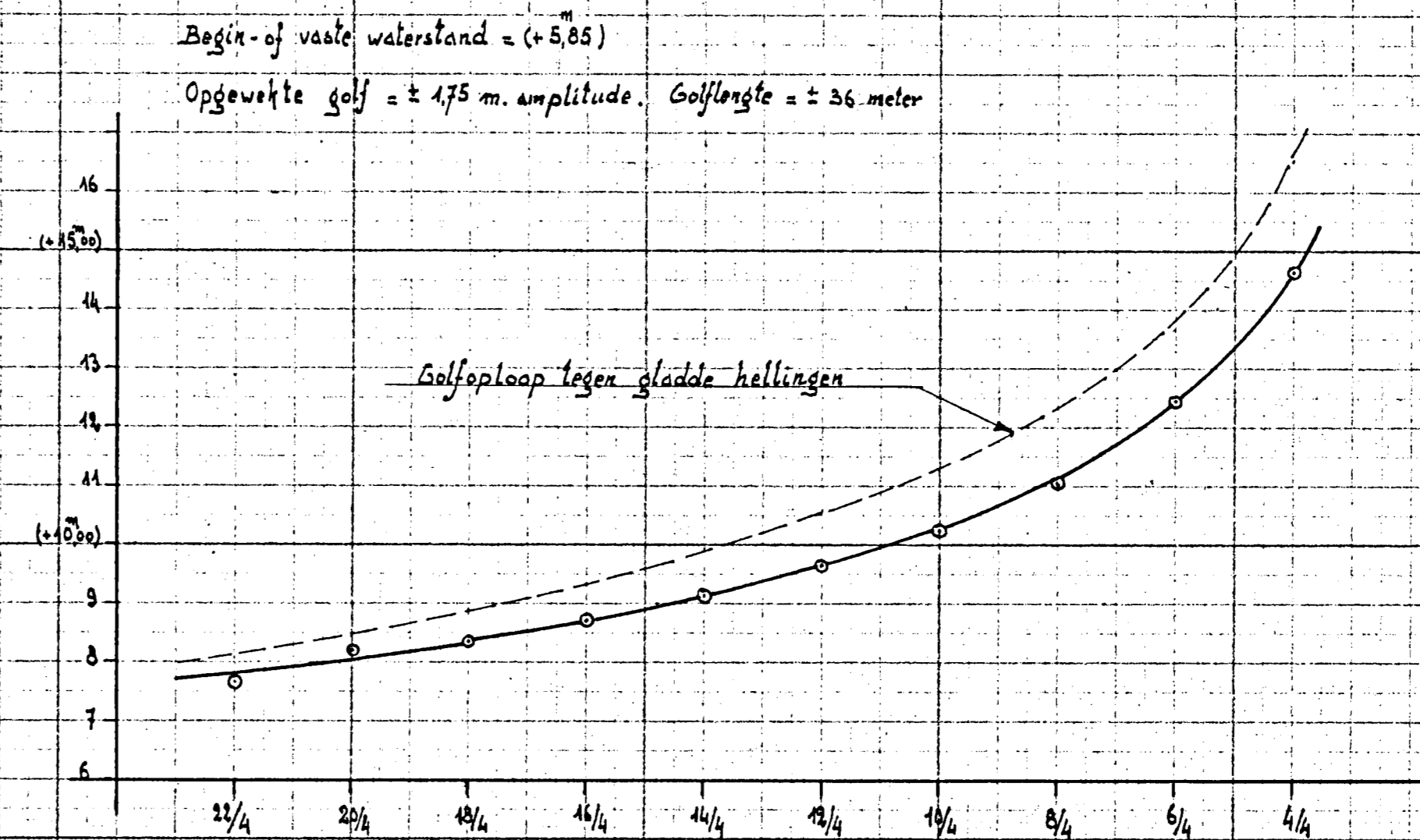
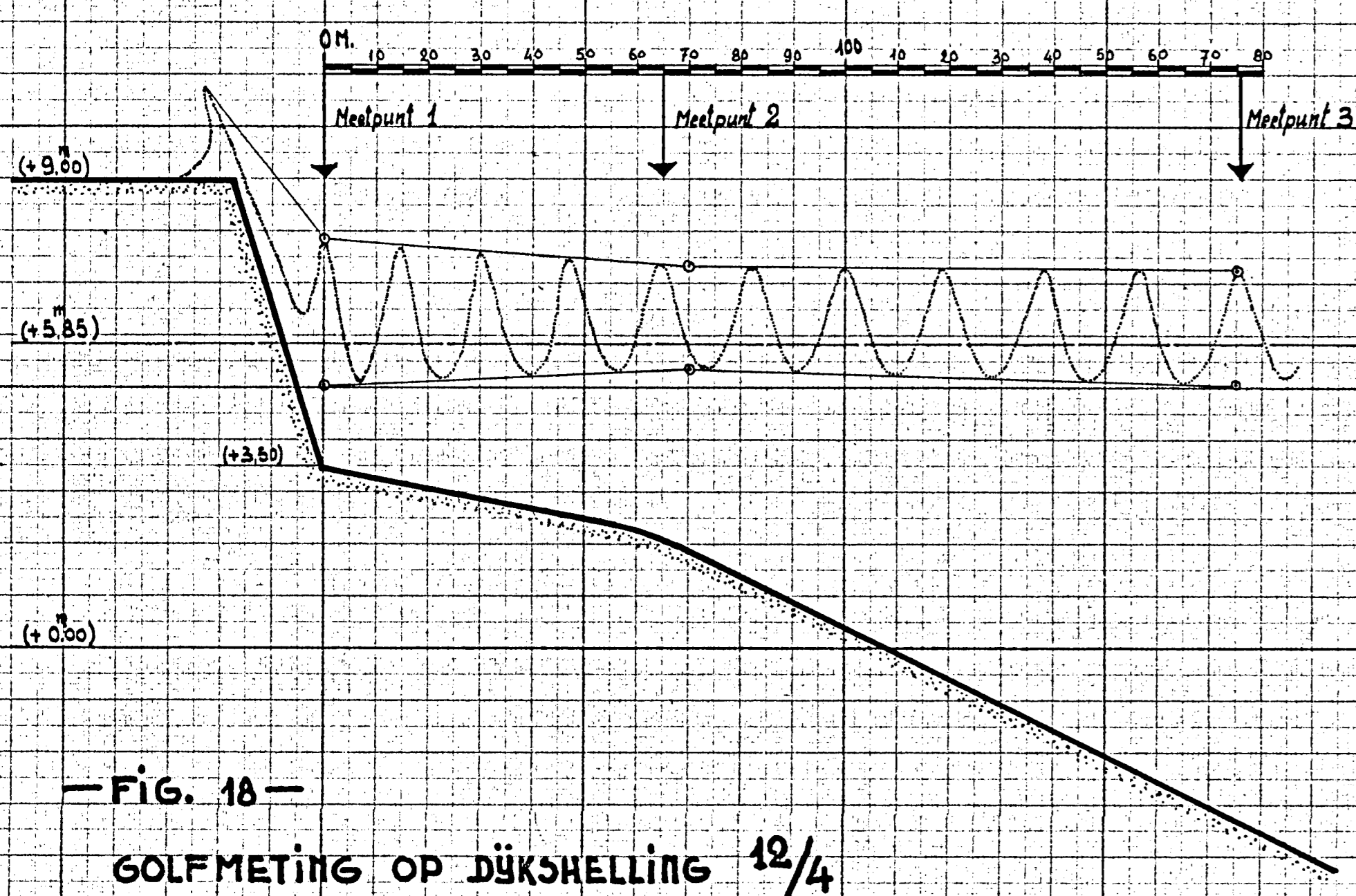
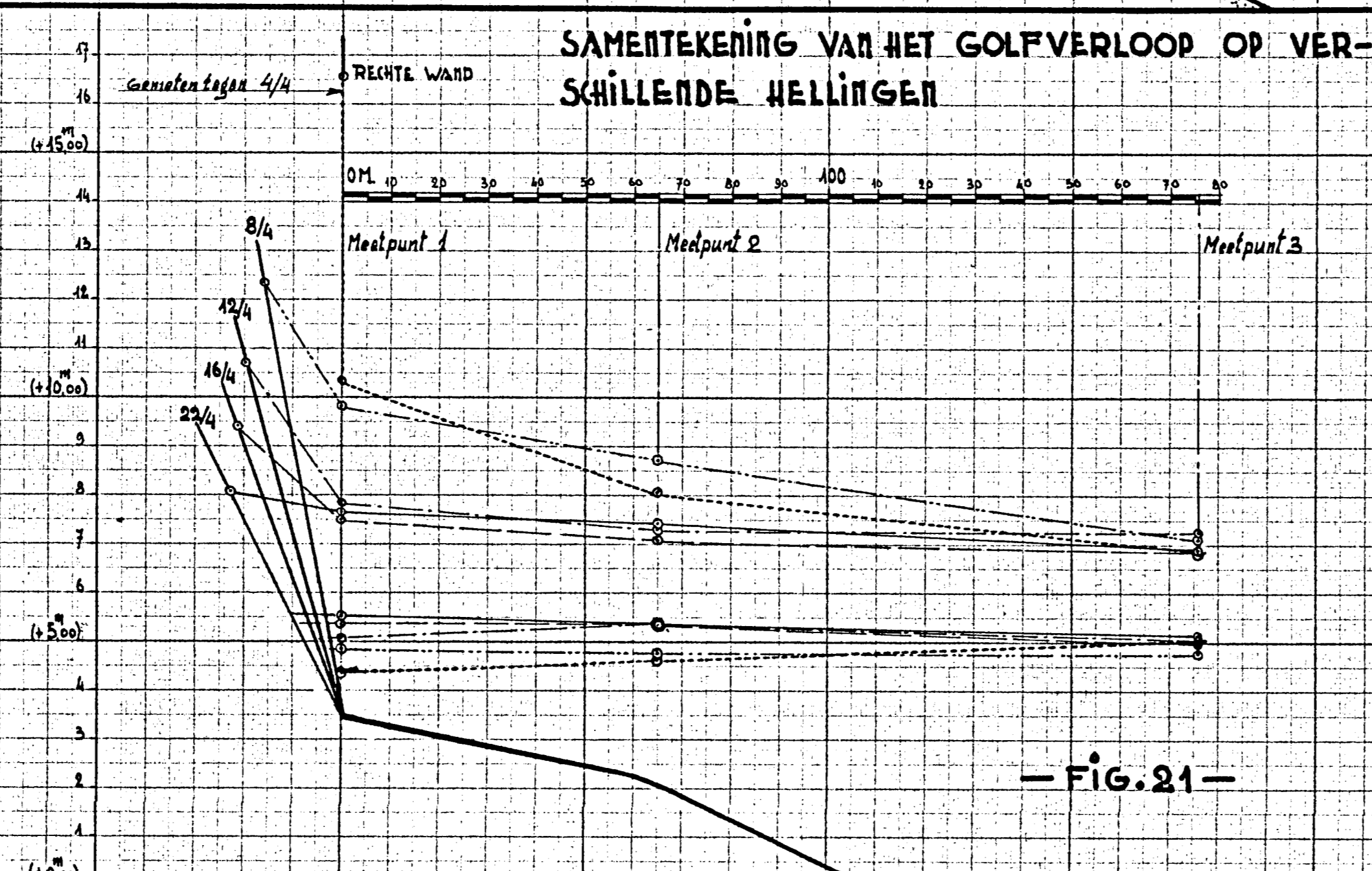


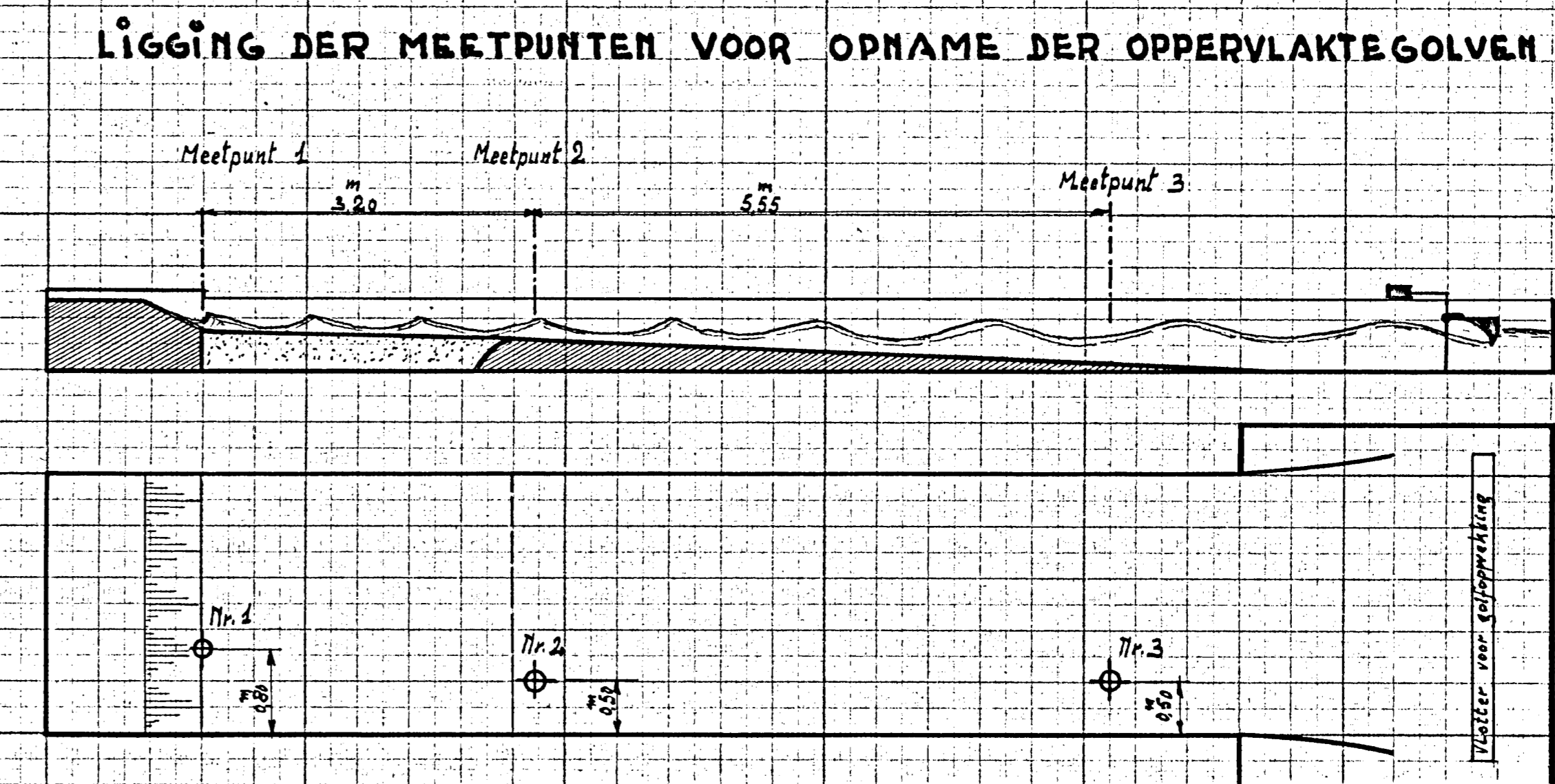
FIG. 23
 GOLFOPLOOP OP VERSCHILLENDE HELLINGEN (RUW)



— FIG. 18 —
 GOLFMETING OP DÜKSHELLING 12/4



— FIG. 21 —



— FIG. 24 —

Schaal: 1/50 model