

Golfoploopmeting met een  
18-punts stappenbaak.

S-71.069

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen  
Januari 1978

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>	
Inleiding	1	
Beschrijving golfoploopmeter	2	
Meting	4	
Resultaten	6	
Conclusies	8	
Bijlagen		
Magneetbandregistratie door TPD uitgeschreven	1	
Meetlocatie Westkapelle	2	
Dwarsprofiel meetlocatie	3	77.121
Verband tussen gemeten en visueel waargenomen oploop	4a t/m 4f	
Cumulatieve oploopverdelingen	5a t/m 5f	
Fotobijlage		

### Inleiding

Werkgroep 1 (golfproblemen bij dijken) van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen heeft in haar programma voor onderzoek (1973) verdere golfoploopmetingen in het prototype aanbevolen om een indicatie van eventuele schaaleffecten bij modelonderzoek te krijgen. Ten behoeve van dergelijke metingen heeft het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen op verzoek van de werkgroep door de Technische Fysische Dienst van het TNO een golfoploopmeter laten ontwikkelen.

Na minder geslaagde proeven met diverse typen golfoploopmeters, zoals de inductieve lus en de capacitatieve baak, is een oploopmeter ontwikkeld die is gebaseerd op het principe van de elektrische stappenbaak. Ter beproeving van deze oploopmeter, die tot dusverre goed aan de gestelde eisen voldoet, zijn een aantal tests uitgevoerd.

De resultaten van de laatst uitgevoerde test, een oploopmeting met simultane visuele waarneming te Westkapelle, worden in deze nota beschreven.

### Beschrijving golfoploopmeter

De golfoploopmeter, die door de TPD in opdracht van het C.O.W. is ontwikkeld, werkt volgens hetzelfde principe als de elektrische stappenbaak. Voor een uitvoerige beschrijving van dit principe zij verwezen naar "Nauwkeurigheid, mogelijkheden en beperkingen van de golfhoogtemeter volgens het stappenbaakprincipe", nota W 71.114 van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst. De oploopmeter, die wordt gevormd door een kabel over het dijktalud, is op onderling regelmatige afstanden van elektroden voorzien. Elke elektrode is verbonden met een condensator, die, wanneer de elektrode wordt ondergedompeld, in een resonantiekring wordt opgenomen. Naarmate meer elektroden worden ondergedompeld, worden meer condensatoren parallel geschakeld en verandert de resonantiefrequentie van de kring. Deze frequentie wordt via een omvormer omgezet in een geluidssignaal dat op een magneetband (cassette-recorder) wordt vastgelegd.

De kabel heeft 18 elektroden op een onderlinge afstand van 1,20 m. Van elke elektrode loopt een draad door de kabel naar de registratie-apparatuur, zodat de kabel aan het ondereind één draad bevat en aan het bovineind 18. Deze draden zijn gewikkeld om een kern van staaldraad die als wapening voor de kabel fungeert. Het geheel is omgeven door een isolatiemantel waarvan ter plaatse van de elektroden een ringvormig gedeelte is uitgesneden en vervangen door een messing ring die als elektrode dient. Op deze wijze is het oppervlak van de oploopmeter vrijwel glad gebleven om zo min mogelijk aangrijpingspunten voor beschadiging en vuilafzetting te hebben.

De staalkabel in de oploopmeter is aan beide uiteinden voorzien van een oog, waardoor het mogelijk is de kabel aan de beneden- en bovenzijde van het talud te bevestigen en te spannen, zodat de kabel strak over het talud komt te liggen.

Om de meetkabel tussentijds te kunnen weghalen zonder voor elke meting (veelal tijdens storm) de kabel opnieuw aan de teen van het talud te moeten verankeren, is een permanente hulpopstelling op de meetlocatie noodzakelijk.

Deze hulpopstelling bestaat uit een katrol, verankerd aan een piket aan de teen van het talud, waardoor een staalkabel is getrokken waarvan beide uiteinden boven aan het talud worden vastgezet. Door de hulpkabel los te koppelen en de meetkabel aan één van de uiteinden te haken, kan de meetkabel naar de teen van het talud (of elke andere gewenste hoogte) worden getrokken. Ook het verankeren en spannen van de meetkabel kan tenslotte bovenaan het talud geschieden.

De kabel wordt - desgewenst met tussenschakeling van een verlengkabel - middels een 18-polige plug aangesloten op het elektronische gedeelte van de meetapparatuur. De resonantiefrequentie ligt tussen 1100 Hz (volledig ondergedompelde baak) en 1700 Hz (volledig droog). De capaciteit van de condensatoren is zodanig dat de frequentieverandering per electrode gelijk is, nl.  $\frac{1700-1100}{18}$  Hz = 33 Hz.

Door de omvormer wordt de resonantiefrequentie omgezet in een geluidssignaal dat rechtstreeks wordt vastgelegd door de cassetterecorder. Aangezien de tijdens de proeven gebruikte recorder het signaal niet tegelijkertijd kon weergeven, was ter controle van de werking een extra speaker aangesloten.

Voor een overzicht van de meetopstelling en -apparatuur zij verwezen naar de fotobijlagen.

Met het geregistreerde signaal kunnen door de TPD alle gewenste bewerkingen en berekeningen worden uitgevoerd; een voorbeeld van een uitgeschreven registratie toont bijlage 1.

### Meting

Ter controle van de meet- en registratie-apparatuur, is op 6 april 1977 te Westkapelle een meting met simultane visuele waarneming uitgevoerd. De meetlocatie en het dwarsprofiel ter plaatse zijn weergegeven op bijlagen 2 en 3.

De meetkabel werd langs het talud van ca. 1:8 bevestigd met het onderste contactpunt op N.A.P. + 3,00 m.

Uit bijlage 3 blijkt dat het talud ter plaatse niet volkomen vlak ligt, zodat de contactpunten niet op exact gelijke hoogteverschillen liggen. Bij een onderlinge electrodeafstand van 1,20 m en een taludhelling 1:8, zouden deze onderlinge hoogteverschillen telkens 0,148 of afgerond 0,15 m moeten bedragen; de werkelijke hoogtematen zijn op bijlage 3 vermeld.

Voor de visuele waarneming is gebruik gemaakt van de op het talud geschilderde hoogtemerken op een afstand van ca. 1 m van de meetkabel. Bij nameting van deze merken bleek ter hoogte van N.A.P. + 4,0 m het talud enkele centimeters te zijn verzakt (zie bijlage 3).

De visuele waarneming werd afgerond op 0,05 m zodat een waargenomen oploophoogte van b.v. N.A.P. + 3,35 m inhoudt dat de voorste begrenzing van de oplopende golf-tong een hoogte van N.A.P. + 3,35 ± 0,02 m heeft bereikt. De meting bestond uit twee waarnemingsreeksen, waarvan de eerste een half uur en de tweede een vol uur besloeg, n.l. resp. van 16.17 tot 16.47 en van 16.48 tot 17.48 uur. De waterstand nam volgens de gegevens van de Studiedienst Vlissingen af van N.A.P. + 2,25 m om 16.15 uur naar N.A.P. + 1,51 m om 17.30 uur.

Omtrent de golven zijn geen gegevens beschikbaar; tijdens de waarneming werd slechts geconstateerd dat de golven schuin invielen.

Tijdens de metingen werd visueel de maximale oploophoogte van de boven N.A.P. + 3,00 m oplopende golftongen bepaald, terwijl met behulp van de golfoplopmeter en de bijbehorende apparatuur het op- en aflopen van de golftong werd geregistreerd. Om een juiste synchronisatie te waar-

borgen, werd ca. elke 2 minuten de stand van het telwerk van de cassette recorder bij de visuele waarnemingen vermeld.

### Resultaten

De meetregistraties werden door de TPD te Delft uitgeschreven (zie ook bijlage 1) en door het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen geanalyseerd, waarbij de maximale oploophoogte per golftong (voor zover boven N.A.P. + 3,00 m) werd bepaald.

Ervan uitgaande dat de golfoplopmeter het oplopende golftongfront volgt, d.w.z. dat direct contact wordt gemaakt zodra het golftongfront een electrode passeert, is een signaal "3 electroden onder water" te interpreteren als "oploophoogte golftong tussen de derde en de vierde electrode". Bij het uitzetten van de beide waarnemingen (zie bijlage 4) blijkt deze veronderstelling goed overeen te komen met de resultaten.

Het gemiddeld verschil tussen de gemeten oploophoogte  $Z_m$  en de visueel waargenomen  $Z_v$  is, evenals de bijbehorende spreiding en correlatie, in tabel 1 aangegeven voor de eerste en de tweede waarnemingsreeks en voor beide gezamenlijk. Indien ook de visuele waarnemingen bijeengebracht worden in klassen met stapgrootte 0,15 m, wijzigen deze getallen in die, weergegeven in tabel 2. De coëfficiënten a en b van de bijbehorende best passende rechten ( $y = ax + b$ , waarin  $y =$  gemeten golfoploop boven N.A.P. + 3,00 m en  $x =$  visueel waargenomen golfoploop boven dat niveau) zijn eveneens weergegeven in de tabellen.

Zeker voor de tweede tabel blijkt deze bestpassende rechte nauwelijks af te wijken van de lijn  $y = x$ . (zie ook bijlage 4).

Tabel 1

	Waarnemingsreeks		
	I	II	I+II
$Z_m - Z_v$	0,025	0,019	0,021
$\sigma_{Z_m - Z_v}$	0,074	0,070	0,071
a	1,060	1,045	1,052
b	-0,005	0,003	0,001
correlatie	0,9599	0,9576	0,9614



Tabel 2

	Waarnemingsreeks		
	I	II	I+II
$\overline{Z_m - Z_v}$	0,022	0,013	0,016
$\sigma_{Z_m - Z_v}$	0,088	0,080	0,083
a	1,006	1,004	1,007
b	0,015	0,011	0,012
correlatie	0,9438	0,9427	0,9472

Op bijlage 5 zijn tenslotte de cumulatieve oploopverdelingen voor beide waarnemingsmethoden weergegeven. Ook daarvoor werden de visuele waarnemingen op twee wijzen in klassen verdeeld: klassen van 0,05 en van 0,15 m. Bij deze laatste weergave blijken de oploopverdelingen vrijwel identiek voor de lagere oploopwaarden; voor de hogere waarden zijn er duidelijke en minder duidelijke verschillen.

### Conclusies

Uit de ervaringen die tot dusverre met het gebruik van de golfoplopmeter zijn opgedaan, mag worden geconcludeerd dat zowel de meetkabel zelf als de bijbehorende registratie-apparatuur ook tijdens ongunstige weersomstandigheden voldoende betrouwbaar functioneert.

Ook het opzetten van de meetopstelling kan vrij eenvoudig gebeuren, mits de reeds eerder genoemde hulpconstructie aanwezig (en intact!) is.

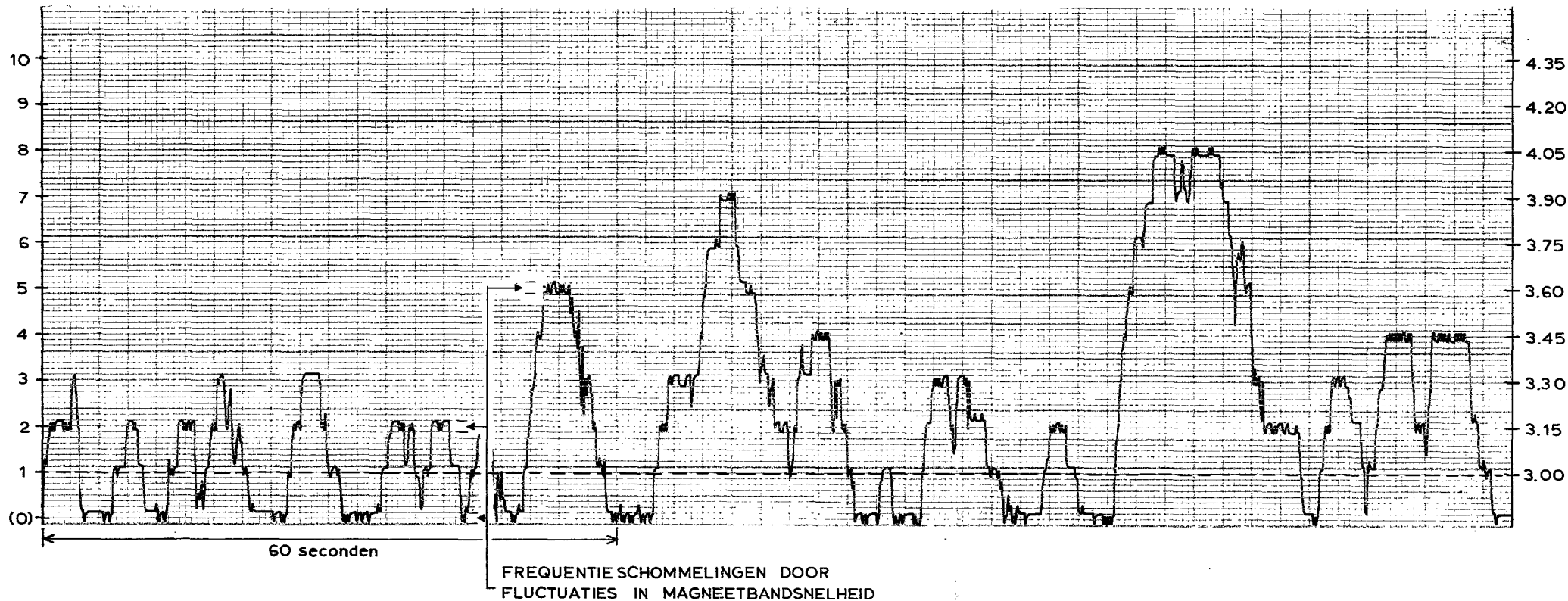
Vooraf dit laatste kan wel eens problemen geven: te Westkapelle bleek de hulpkabel niet bestand tegen de zware steenblokken die door de golfbeweging over het talud worden verplaatst. Inspectie, zeker in het stormseizoen, is aan te raden.

Uit vergelijking van de gemeten oploop met de visuele waarnemingen, zowel tijdens de meting met behulp van het meeluisterapparaat als bij de uitwerking van de resultaten, blijkt dat de golfoplopmeter de oploop op vrijwel gelijke wijze interpreteert en registreert als bij de visuele waarnemingen wordt gedaan. Elke afzonderlijke golftong blijkt op de registratie terug te vinden.

Hoewel voor de overigens vrij geringe verschuiving van de gemeten golfoploopverdeling t.o.v. de visueel waargenomen verdeling boven N.A.P. + 3,60 m geen plausibele verklaring is te vinden (boven N.A.P. + 4,00 m werden de waarnemingen beïnvloed door de aanwezigheid van de meetauto) kan worden geconcludeerd dat de gemeten golfoploop vrijwel niet afwijkt van de visuele waarnemingen, vooral indien bij het beoordelen van de gevonden (toevallige) spreiding t.o.v. de lijn  $y = x$  wordt bedacht dat beide metingen niet in exact hetzelfde profiel zijn uitgevoerd.

AANTAL INGESCHAKELDE  
ELECTRODEN

MATEN IN M.  
BOVEN NAP



CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

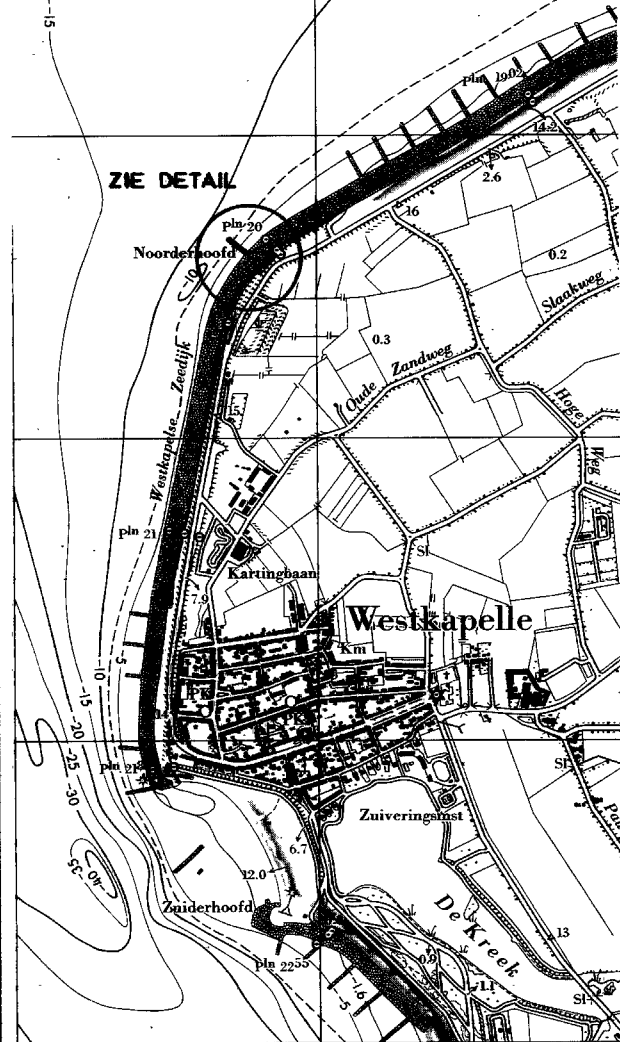
MAGNEETBANDREGISTRATIE DOOR TPD UITGESCHREVEN  
GOLFOPLOPMETING MET 18 PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 1  
get. vdl 1277  
gez.

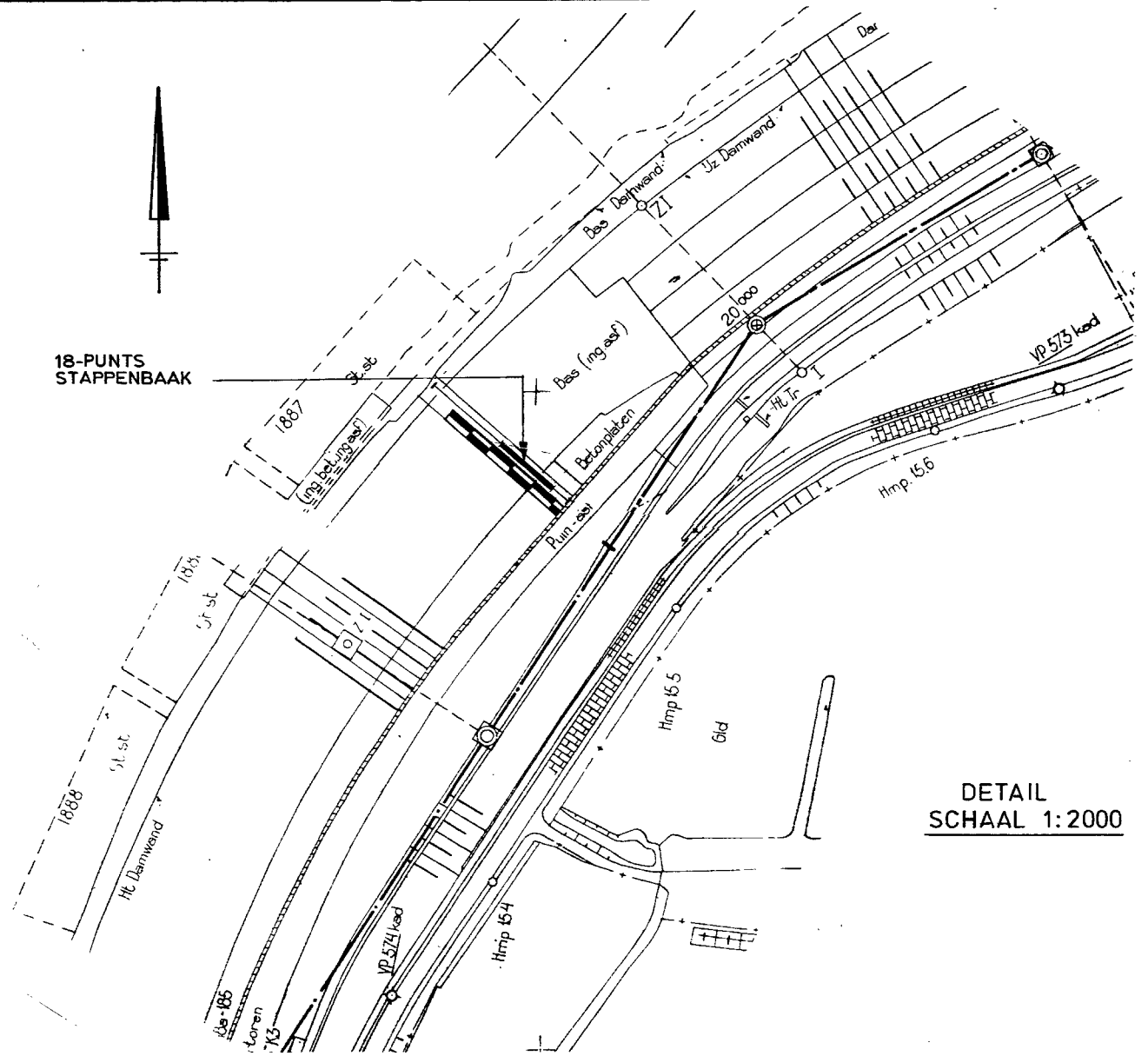
A4

SCHAAL -  
WERKNR. S-71.069  
TEK. NR. 77.491

SCHAAL 1:25.000



18-PUNTS  
STAPPENBAAK



DETAIL  
SCHAAL 1:2000

CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

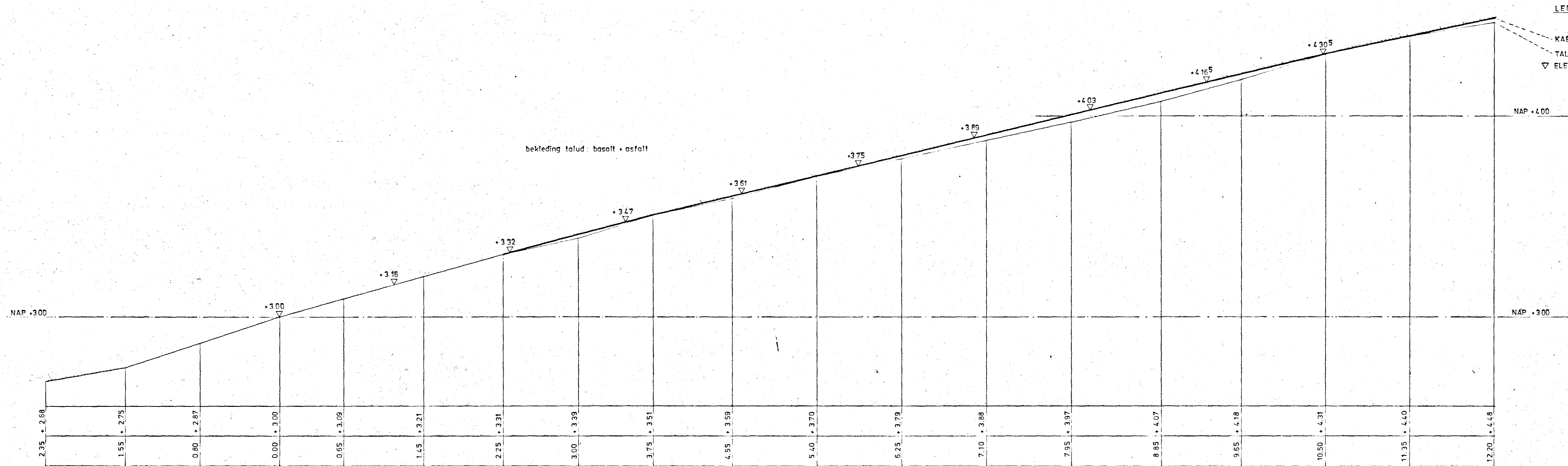
MEETLOCATIE WESTKAPELLE  
GLOFLOOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 2

get. vdl 1277  
gez.

A4

SCHAAL DIV.  
WERKNR. S-71.069  
TEK. NR. 77.515

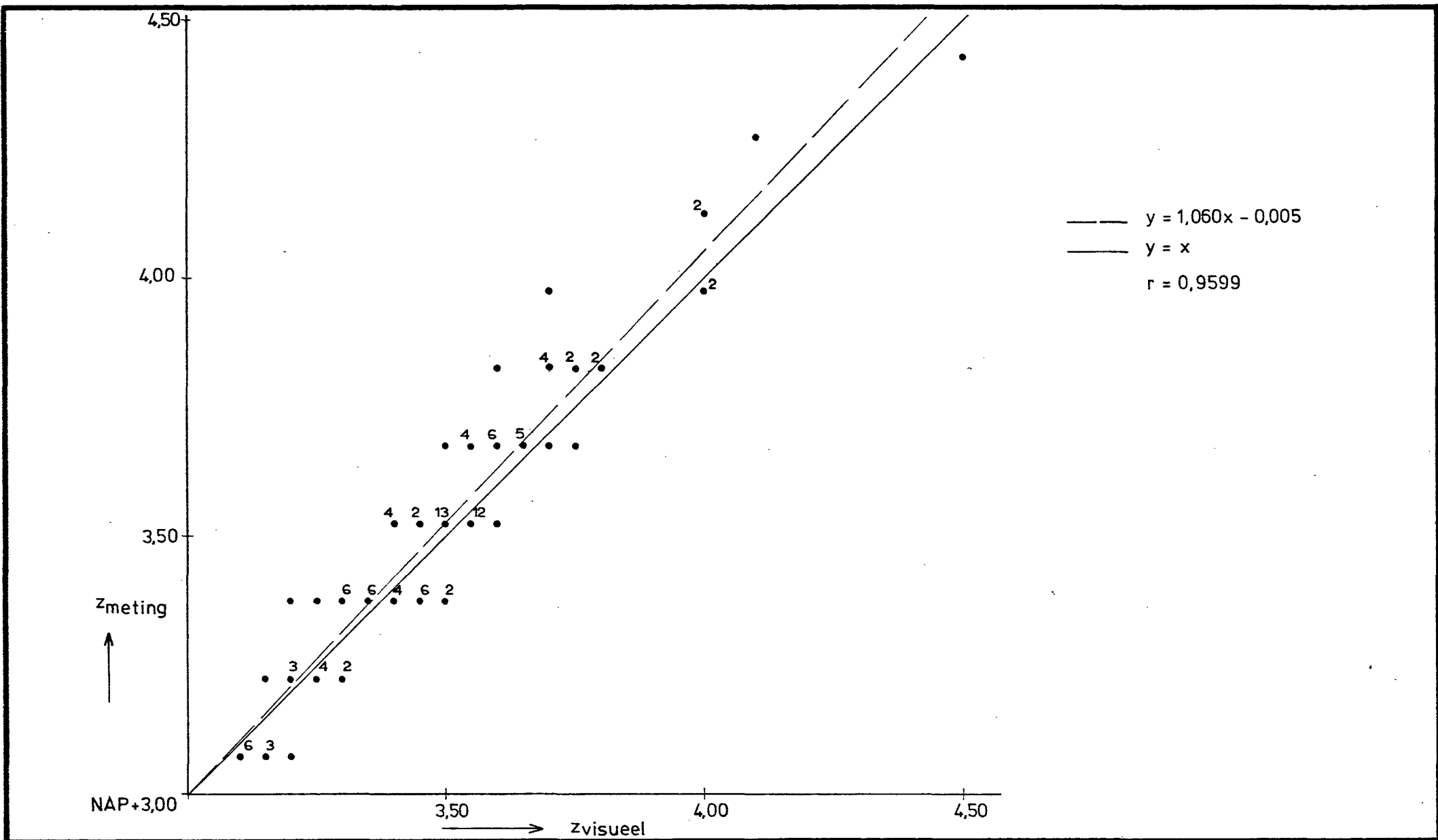


LEGENDA

- KABEL
- TALUD
- ▽ ELEKTRODE

bekleding talud: basalt + asfalt

DWARSPROFIEL MEETLOKATIE		BIJLAGE 3	
ZEEDIJK WESTKAPELLE		SCHAAL HOR 1:20	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK		gem	get
WATERKERINGEN		vd1	gez
		8-77	
		5Z	WERKNR. S-71 069
			TEK. NR. 77 321



CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

VERBAND TUSSEN  $z_m$  EN  $z_v$   
REGISTRATIE I;  $z_v$  in 0,05m stappen  
GÖLFOPLOOMMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 4a

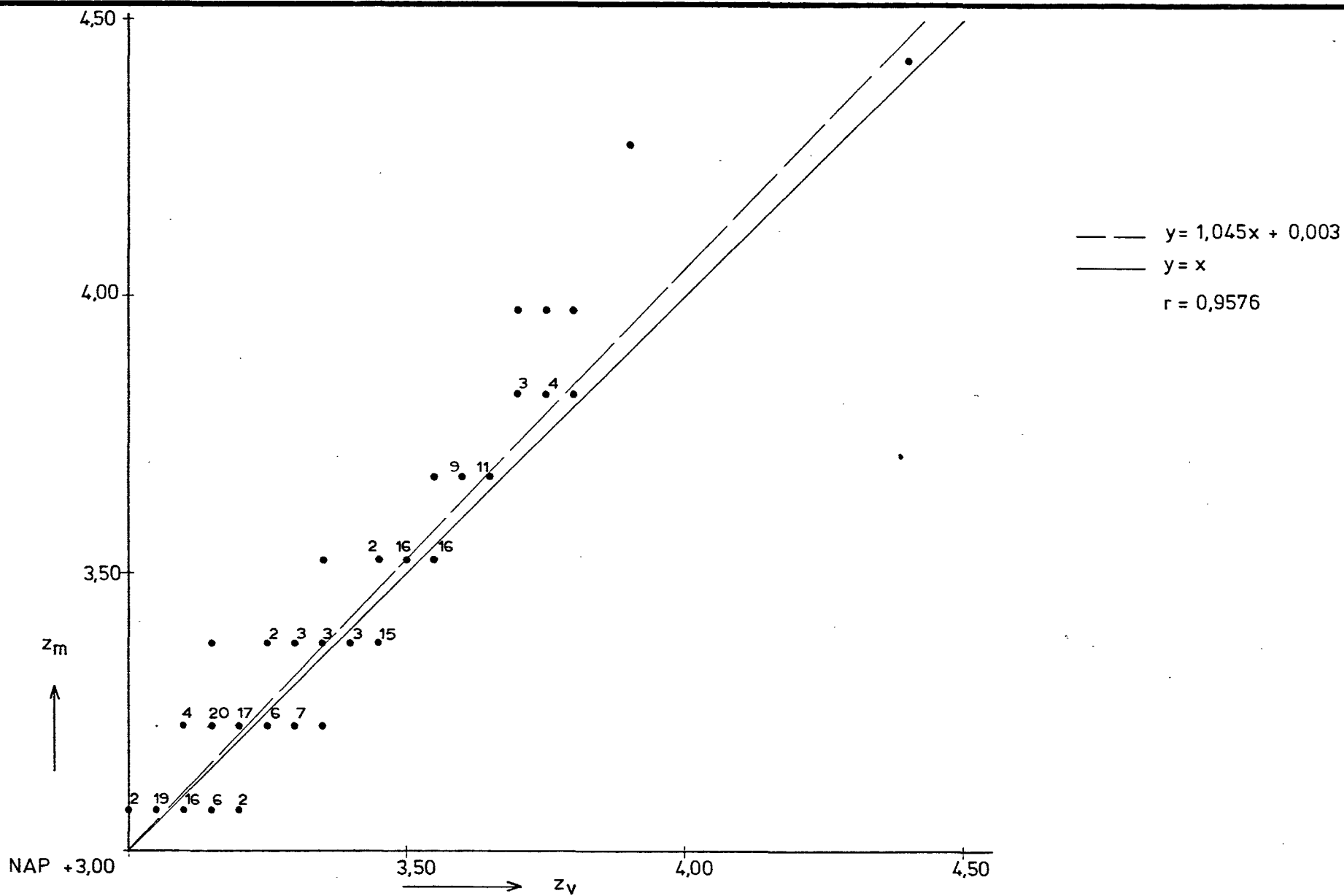
get. vdl 1277  
gez.

A4

SCHAAL -

WERKNR. S-71.069

TEK. NR. 77.499

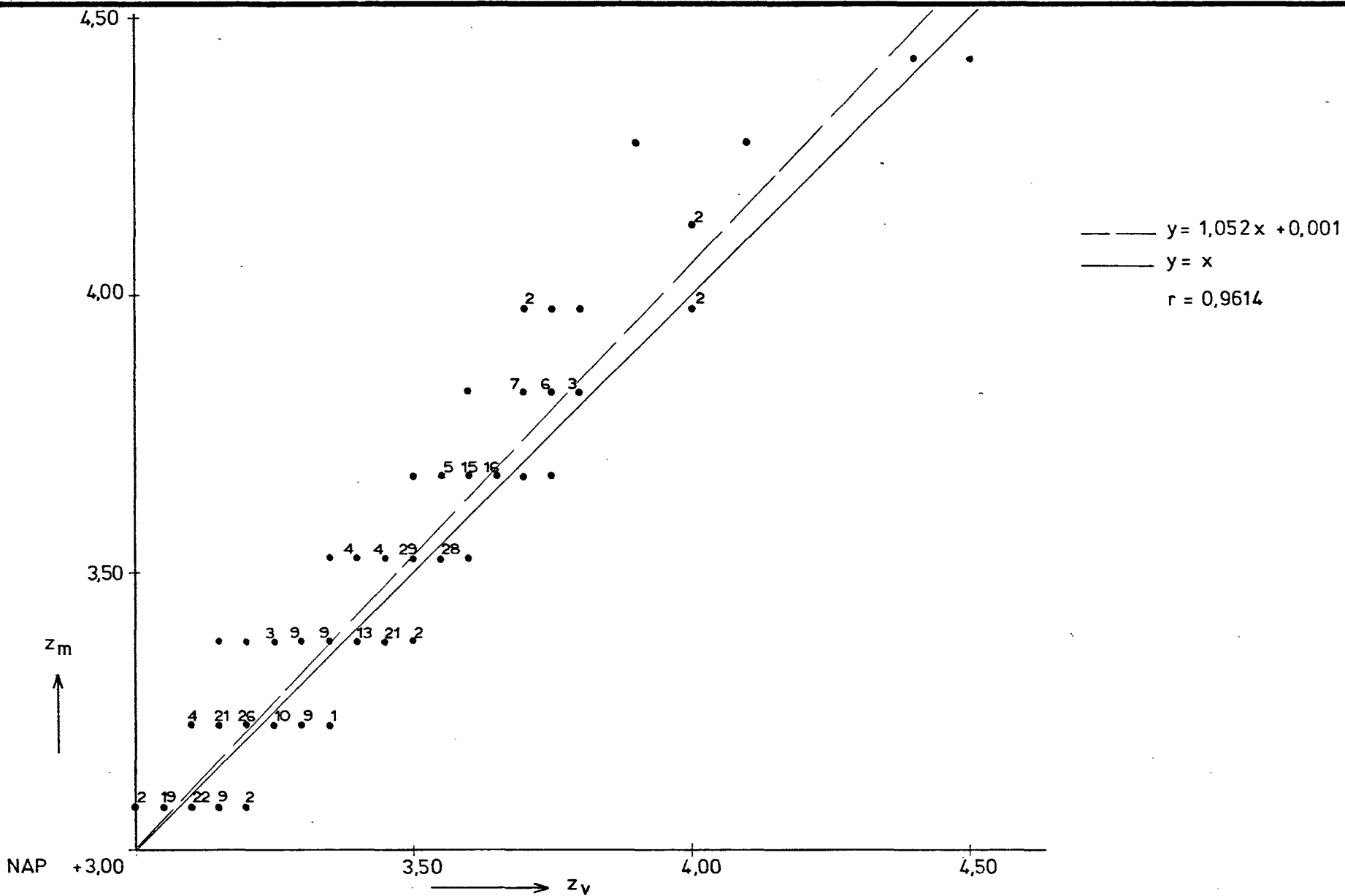


CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

VERBAND TUSSEN  $z_m$  EN  $z_v$   
REGISTRATIE II ;  $z_v$  in 0,05m stappen  
GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 4b  
get. vdl 1277  
gez. A4

SCHAAL -  
WERKNR. S-71.069  
TEK. NR. 77.500



CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

VERBAND TUSSEN  $z_m$  EN  $z_v$   
REGISTRATIE I+II ;  $z_v$  in 0,05m stappen  
GLOFLOOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

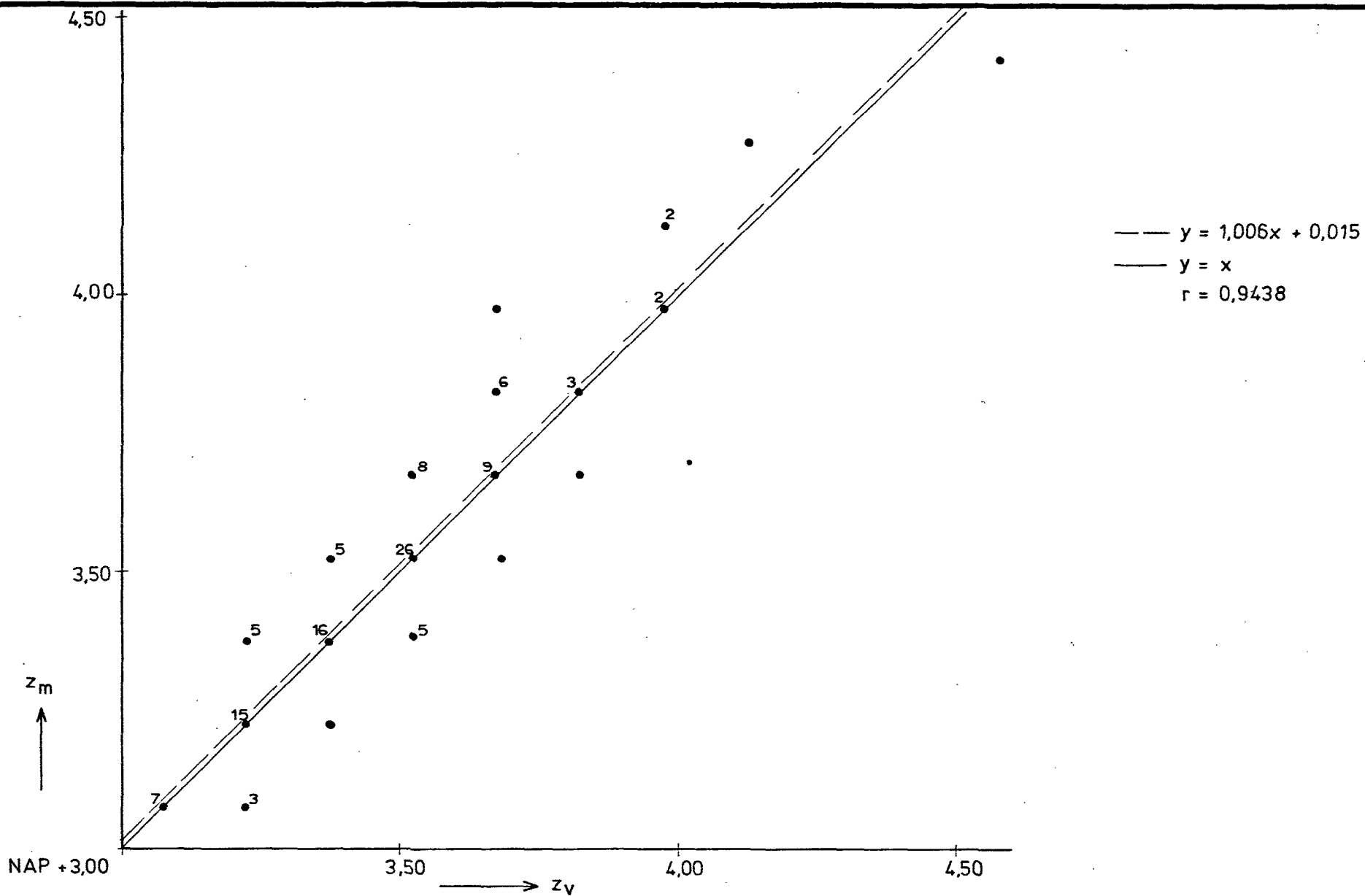
BIJLAGE 4c

gef. vdi 1277  
gez.

A4

SCHAAL -  
WERKNR. S-71.069  
TEK. NR. 77.501





CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

VERBAND TUSSEN  $z_m$  EN  $z_v$   
REGISTRATIE I ;  $z_v$  in 0,15m stappen  
GOLFOPLOOMMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 4d

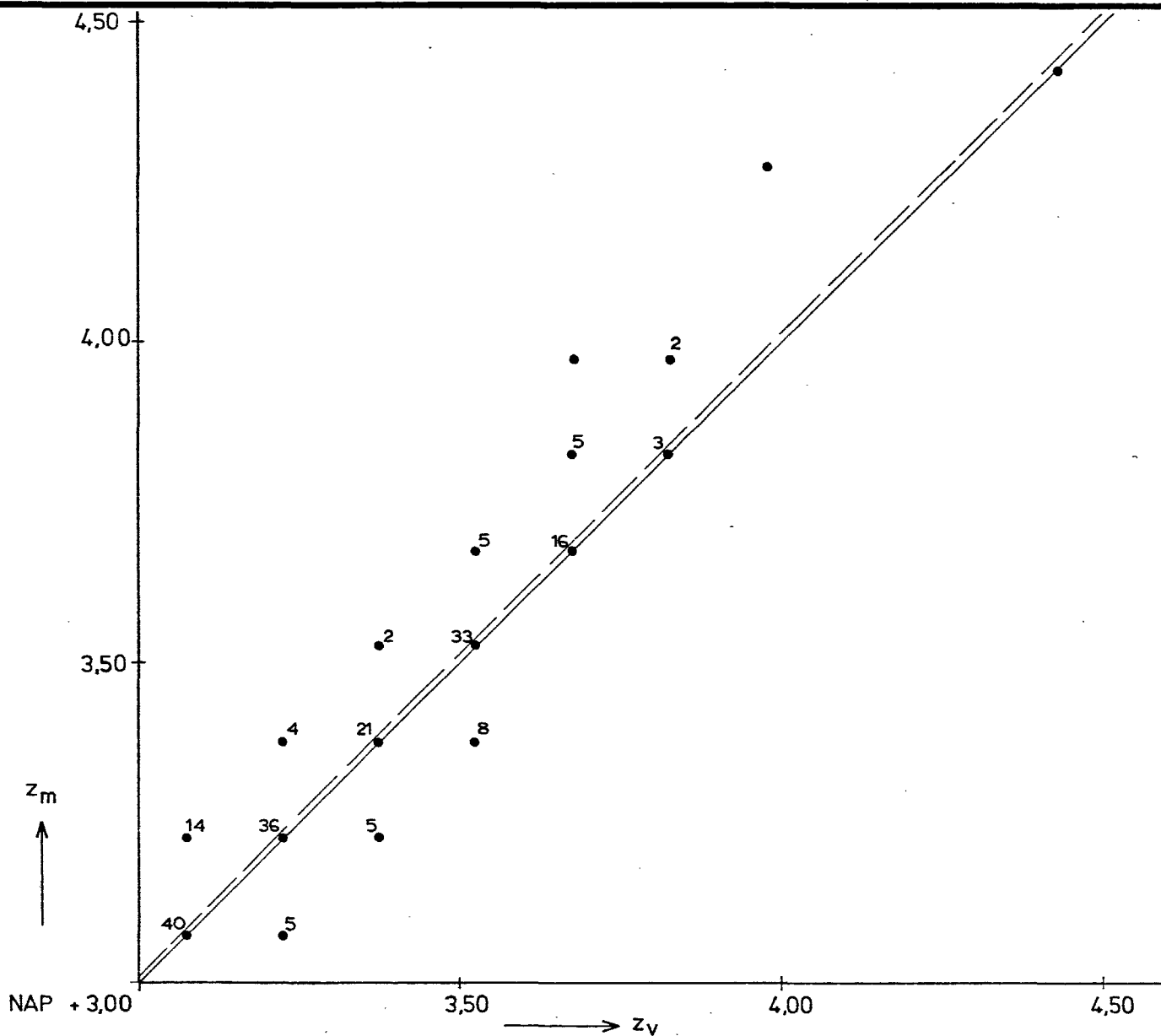
get. vdl. 1277  
gez.

A4

SCHAAL -

WERKNR. S-71.069

TEK. NR. 77.502



CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

VERBAND TUSSEN  $z_m$  EN  $z_v$   
REGISTRATIE II ;  $z_v$  in 0,15m stappen  
GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 4e

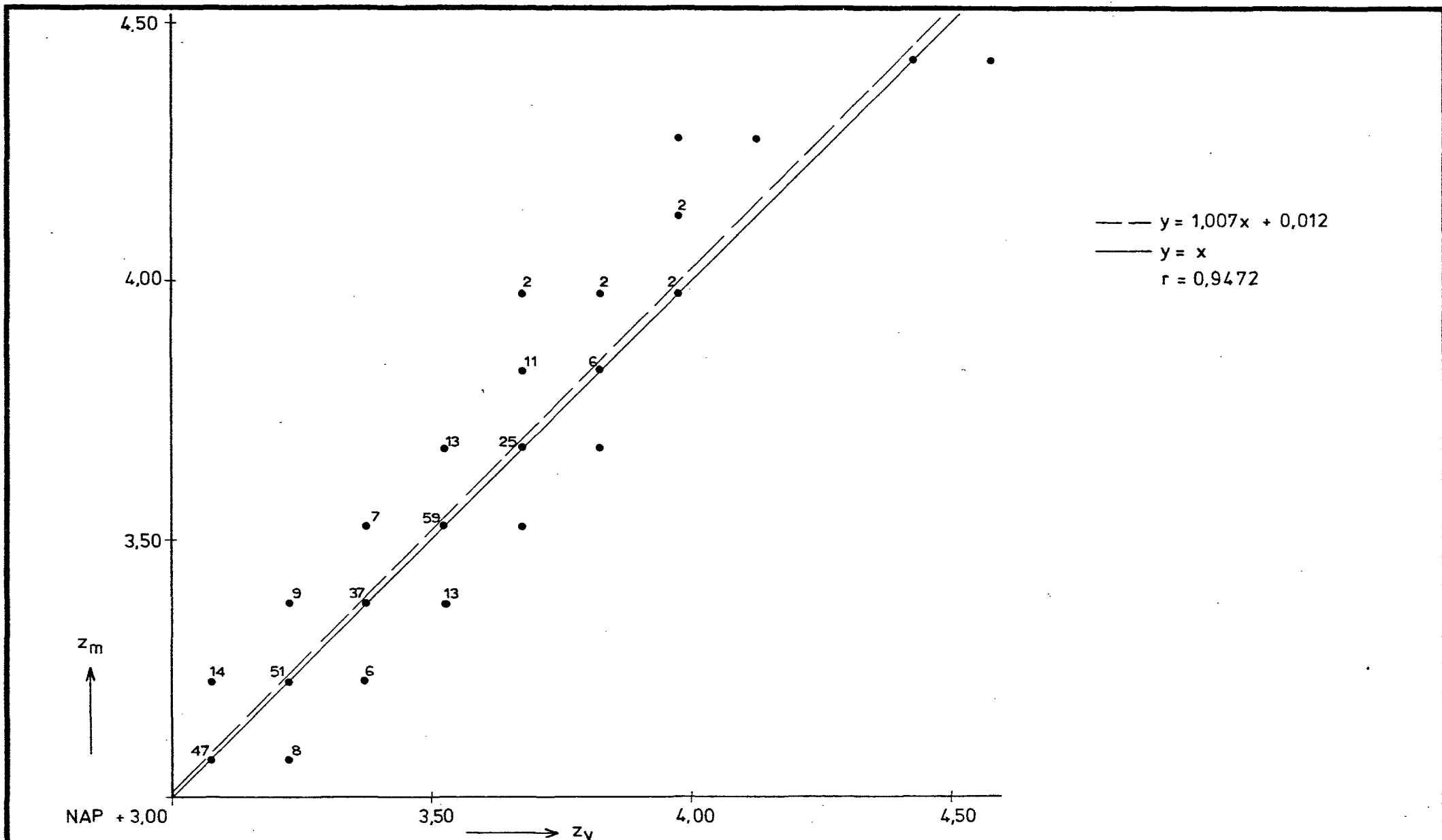
get. vdl 1277  
gez.

A4

SCHAAL -

WERKNR. S-71.069

TEK. NR. 77.503



CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

VERBAND TUSSEN  $z_m$  EN  $z_v$   
REGISTRATIE I + II ;  $z_v$  in 0,15m stappen  
GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

BIJLAGE 4f

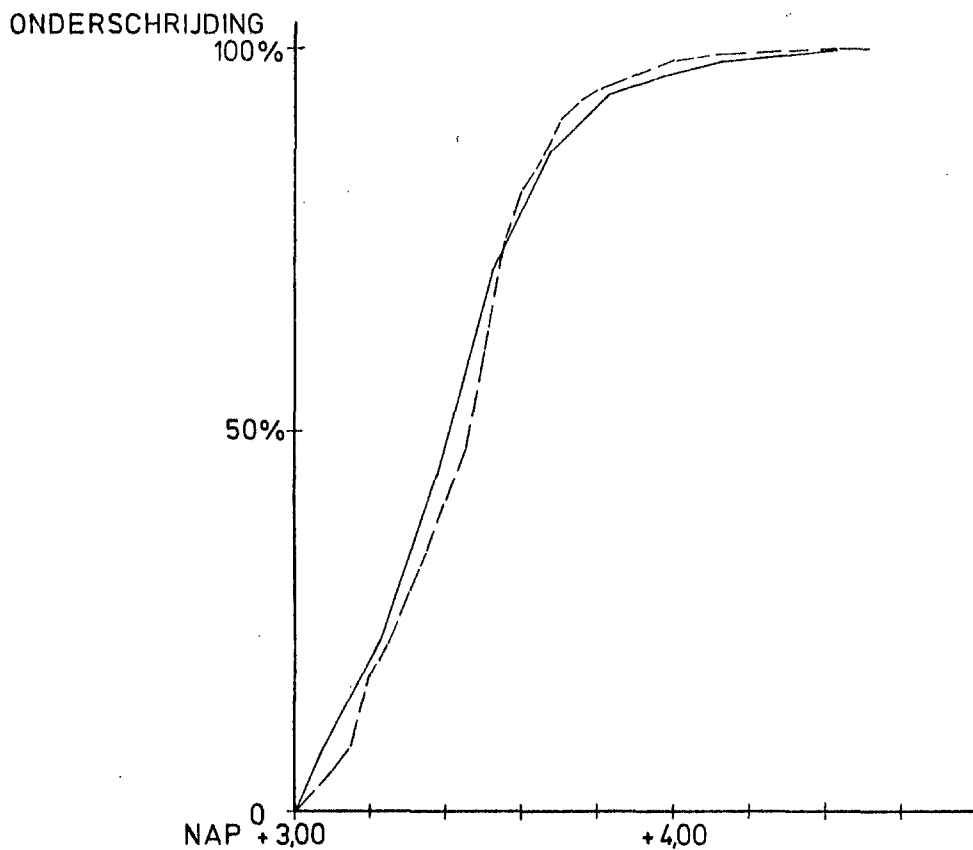
get. vdl 1277  
gez.

A4

SCHAAL -

WERKNR. S-71.069

TEK. NR. 77.504



— VISUEEL WAARGENOMEN GOLFOLOOP IN M BOVEN NAP  
 - - - GEMETEN GOLFOLOOP

CUMULATIEVE GOLFOLOOPVERDELING  
 REGISTRATIE I;  $z_v$  in 0,05m stappen  
 GOLFOLOOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
 WATERKERINGEN

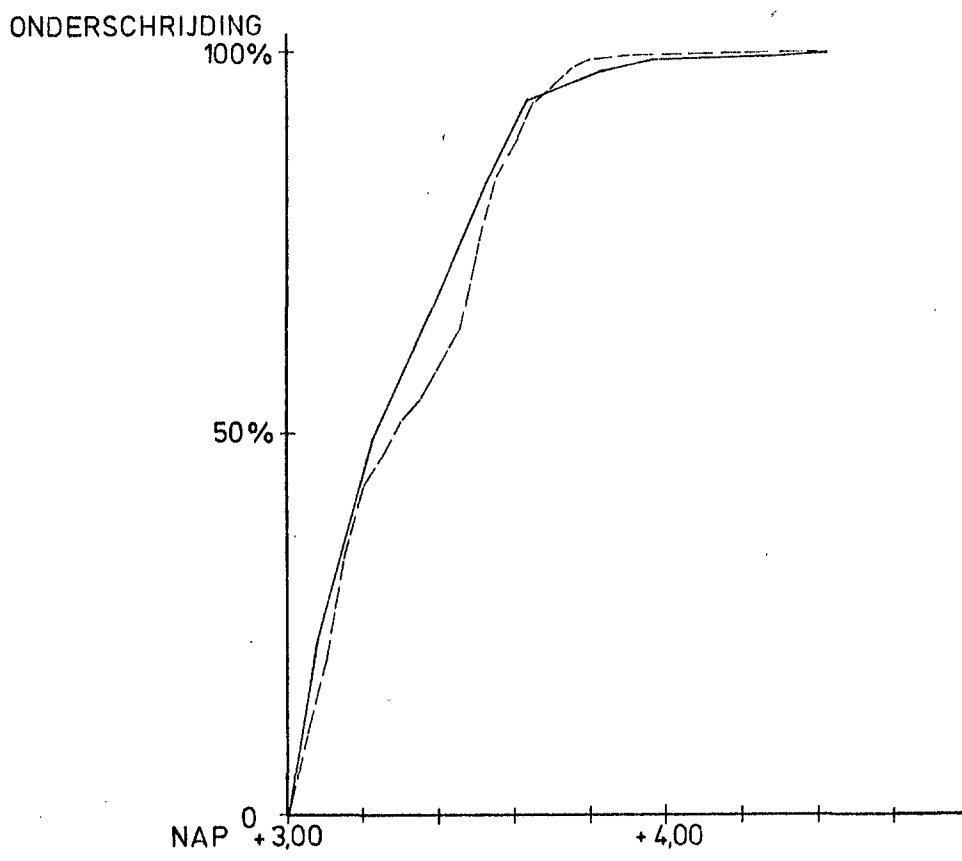
BIJLAGE 5a

werknr. S-71.069

get. vdl 1277

gez.

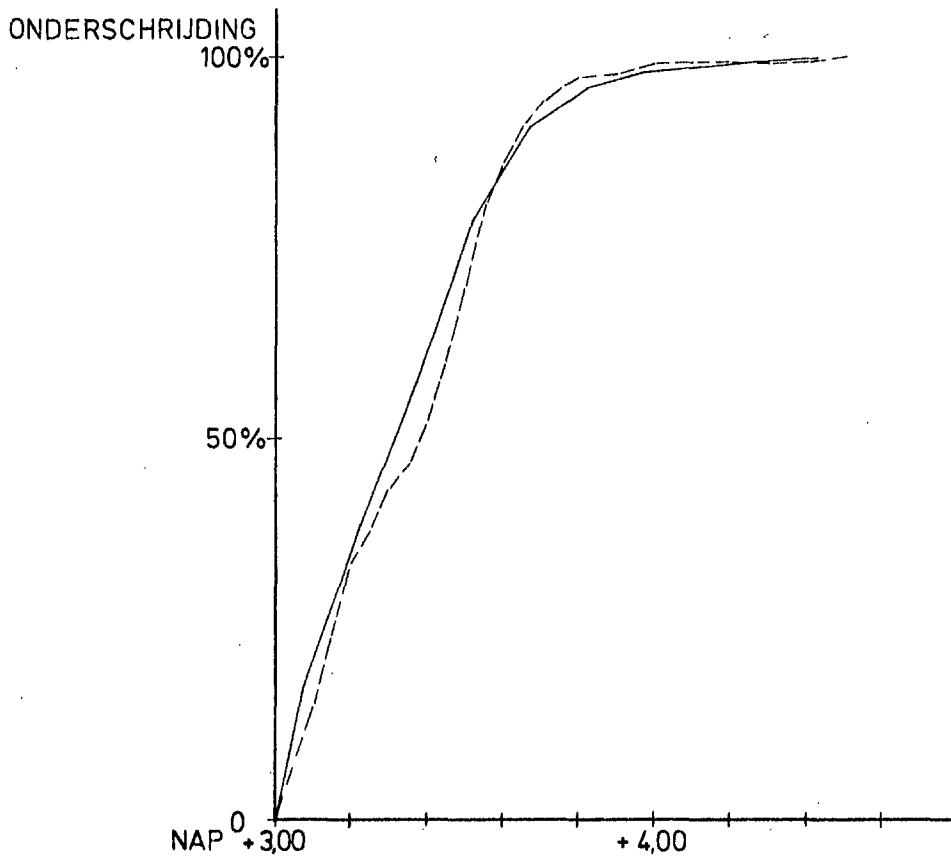
tek nr AL - 77.505



— VISUEEL WAARGENOMEN GOLFOPLOOP IN M BOVEN NAP  
 - - GEMETEN GOLFOPLOOP

CUMULATIEVE GOLFOPLOOPVERDELING  
 REGISTRATIE II ;  $z_v$  in 0,05m stappen  
 GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	<b>BIJLAGE 5b</b>		werknr. S-71.069
	get. vdl 1277	gez.	tek.nr. A4-77.506



— VISUEEL WAARGENOMEN GOLFOPLOOP IN M BOVEN NAP  
 - - GEMETEN GOLFOPLOOP

CUMULATIEVE GOLFOPLOOPVERDELING  
 REGISTRATIE I+II ;  $z_v$  in 0,05m stappen  
 GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
 WATERKERINGEN

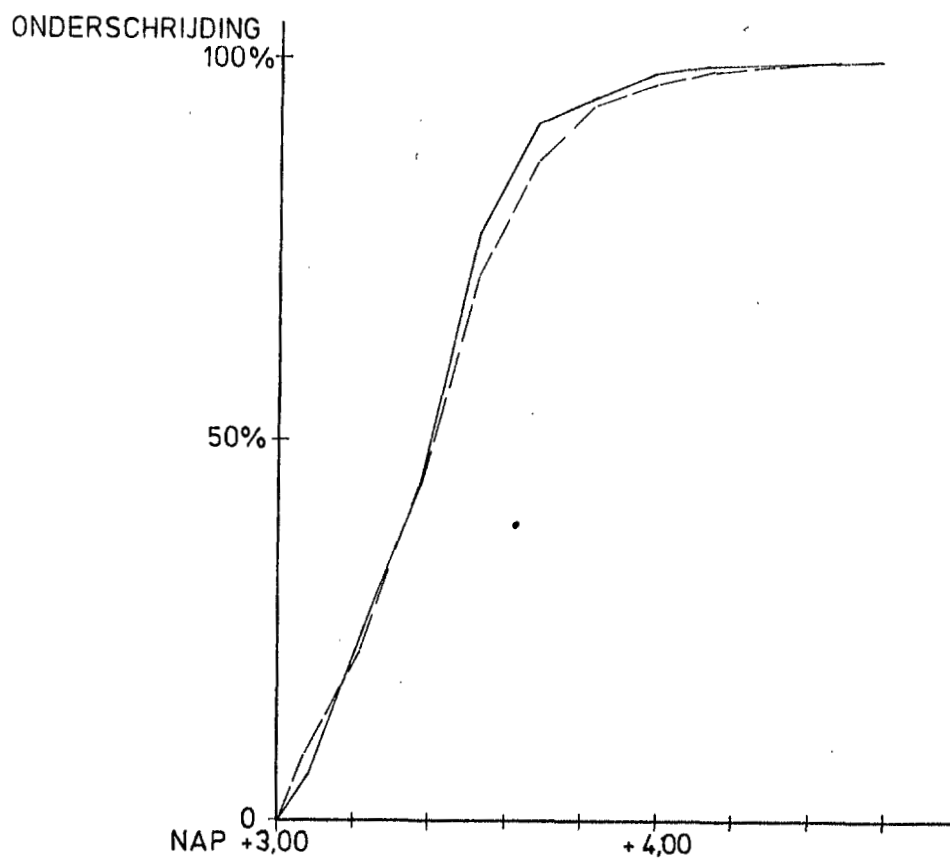
BIJLAGE 5c

werknr. S-71.069

get. vdl 1277

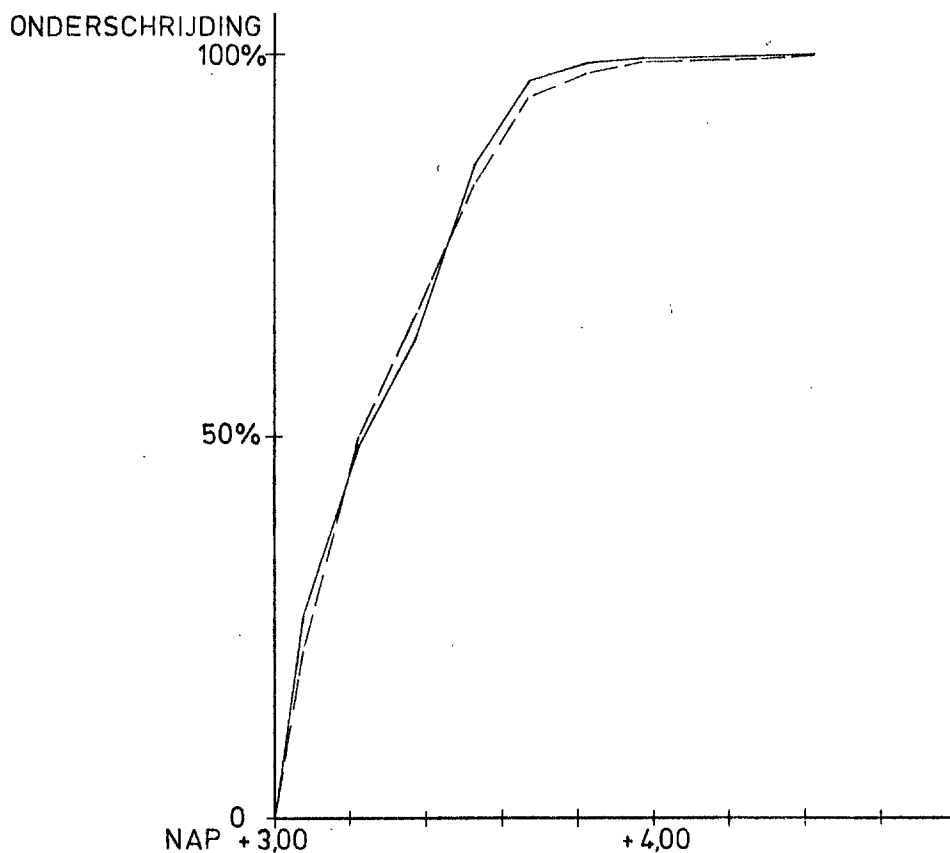
gez.

tek.nr. A4-77.507



— VISUEEL WAARGENOMEN GOLFOPLOOP IN M BOVEN NAP  
 - - - GEMETEN GOLFOPLOOP

CUMULATIEVE GOLFOPLOOPVERDELING REGISTRATIE I ; $z_v$ in 0,15m stappen GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK		
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	<b>BIJLAGE 5d</b>	
	get. vdl 1277	gez.
	werknr. S-71.069	tek nr A4-77.508



— VISUEEL WAARGENOMEN GOLFOPLOOP IN M BOVEN NAP

- - - GEMETEN GOLFOPLOOP

CUMULATIEVE GOLFOPLOOPVERDELING  
 REGISTRATIE II ;  $z_v$  in 0,15m stappen  
 GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
 WATERKERINGEN

BIJLAGE 5e

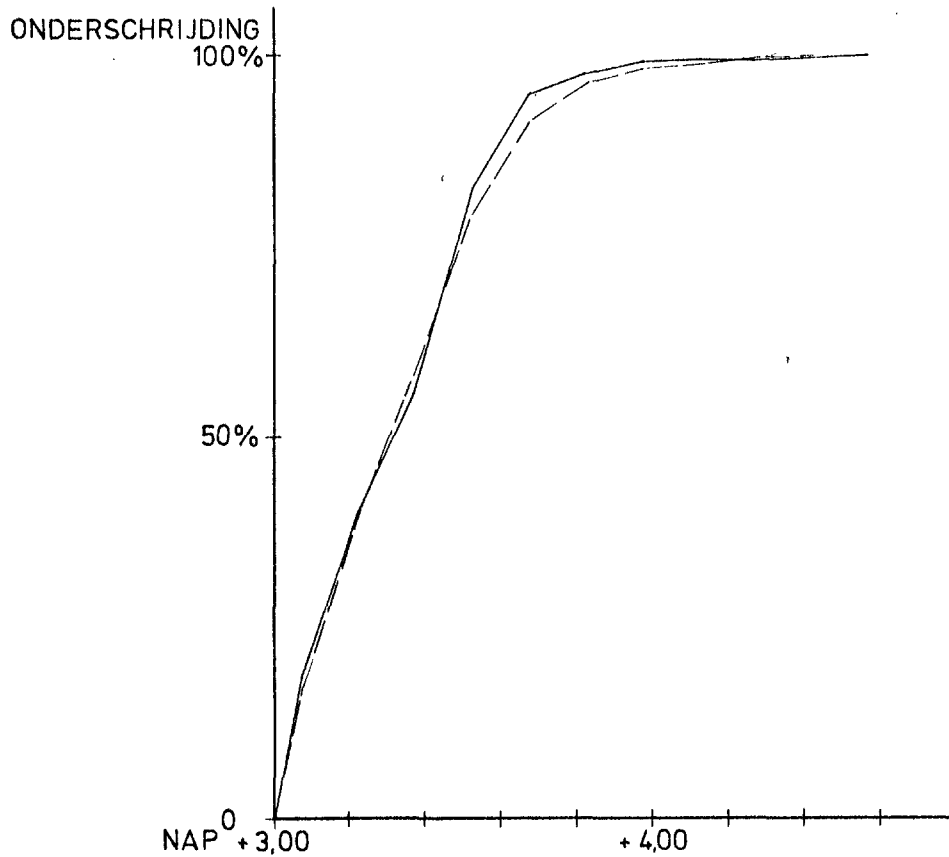
werknr. S-71.069

get. vdl 1277

gez.

tek.nr A4-77.509





— VISUEEL WAARGENOMEN GOLFOPLOOP IN M BOVEN NAP

- - - GEMETEN GOLFOPLOOP

CUMULATIEVE GOLFOPLOOPVERDELING  
 REGISTRATIE I+II ;  $z_y$  in 0,15m stappen  
 GOLFOPLOPMETING MET 18-PUNTS STAPPENBAAK

CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
 WATERKERINGEN

BIJLAGE 5f

werknr. S-71.069

get.vdl 1277

gez.

tek.nr. A4-77.510



Foto 1 Meetkabel (rechts) met registratieapparatuur.

Foto 2 Golfploopmeter aangebracht op talud (Afsluitdijk).



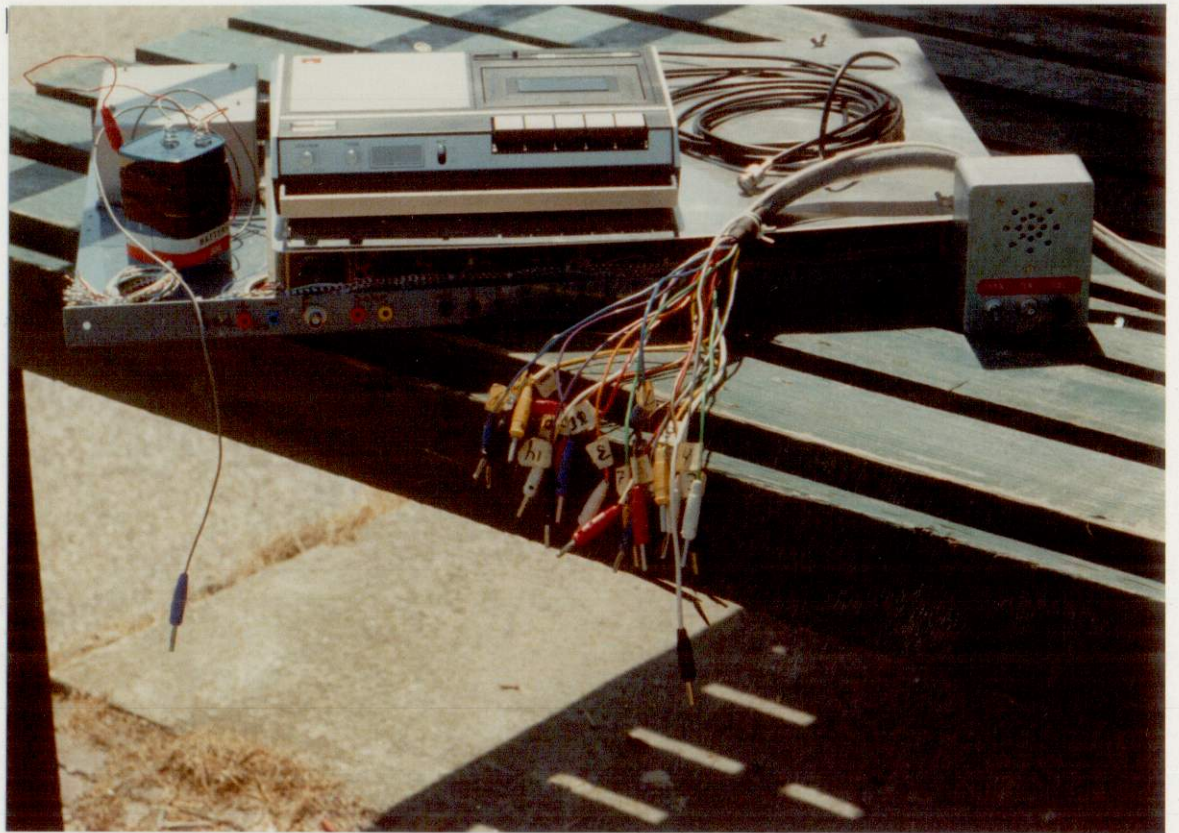
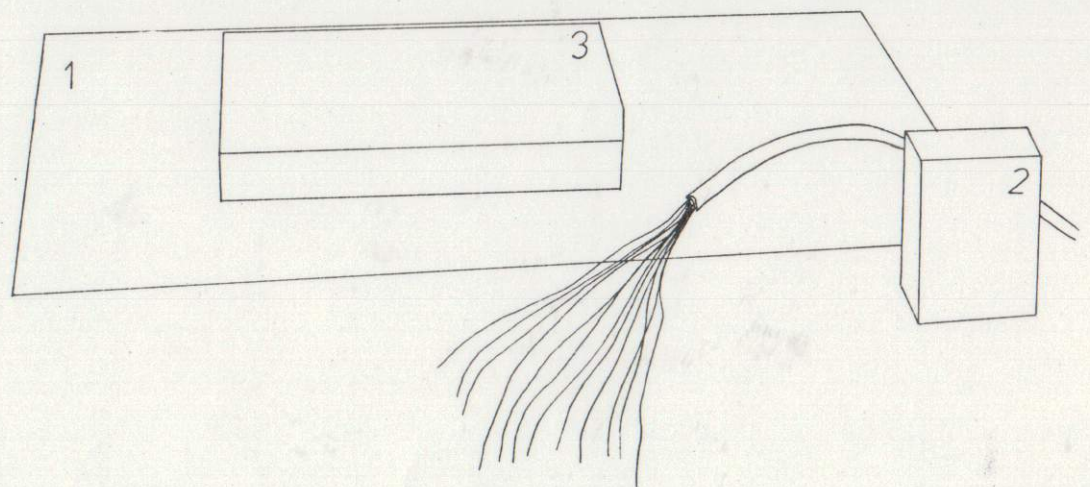


Foto 3 Registratieapparatuur



1. Frequentieomvormer
2. Extra speaker
3. Casetterecorder (magneetbandregistratie)



Foto 4 Detail meetkabel met electrode.