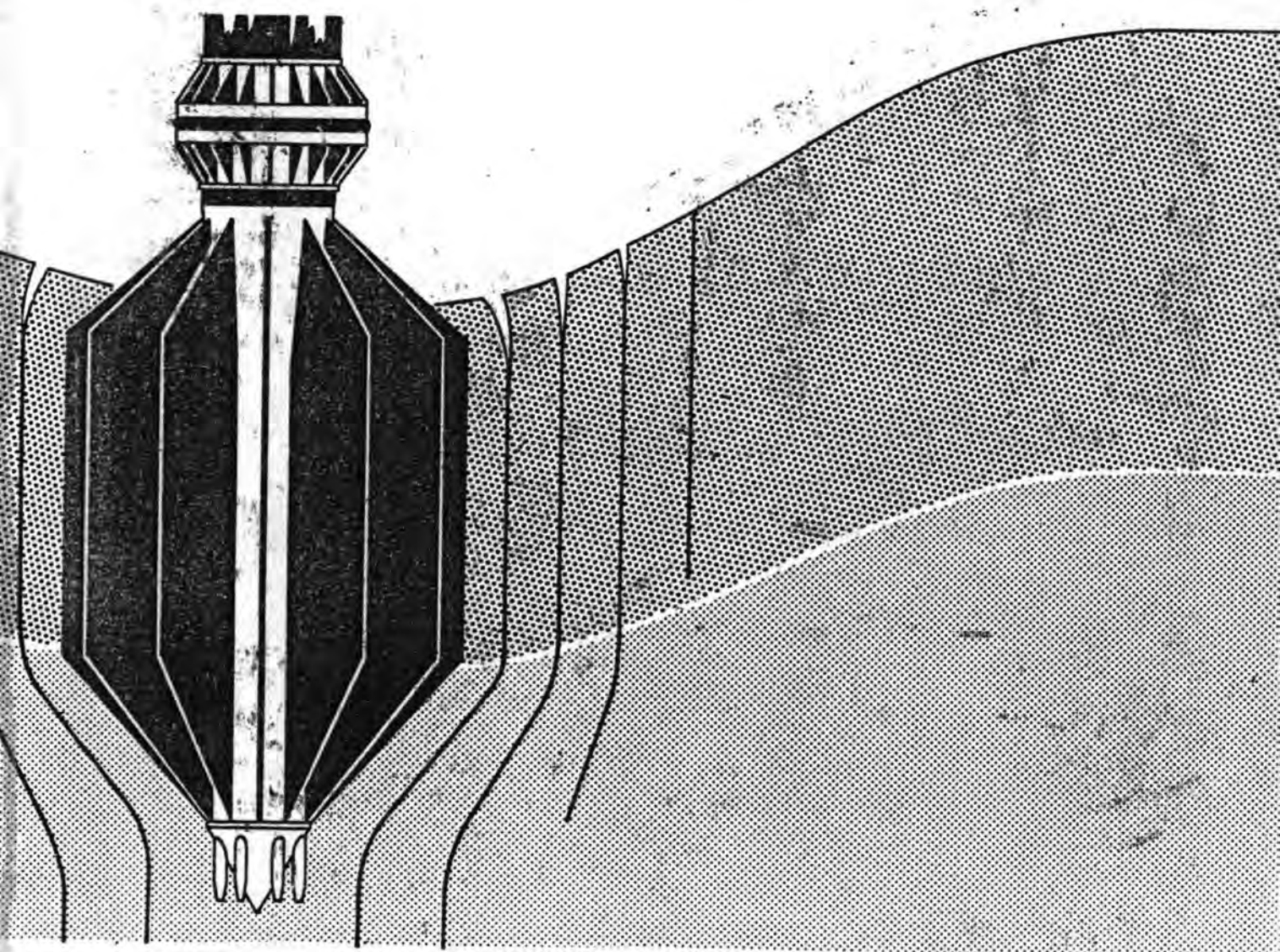


EVALUATIE NOTA  
-VERDICHTEN

deelnota 2

27 VERD\_N\_83002



**oosterscheldekering**  
**evaluatie verdichtingsresultaten**



<u>Inhoudsopgave</u>	<u>blz</u>
1. <u>Inleiding</u>	1
1.1. Werkgroep verdichten	2
2. <u>Samenvatting</u>	4
2.1. Algemene gegevens	4
2.2. Ontwerpuitgangspunten verdichten	5
2.3. Chronologisch overzicht verdichtingswerkzaamheden en toegepaste procesvoeringen	6
2.4. Overzicht bedrijfsvoeringsgrootheden	8
2.5. Uitgevoerd voor- en controle-onderzoek	9
2.6. Voorgekomen probleemgebieden	10
2.7. Verdichtingsresultaten	12
3. <u>Ontwerpuitgangspunten verdichten</u>	27
3.1. De verdichtingsomvang t.p.v. de pijlers	27
3.1.1. Verticale verdichtingsomvang	27
3.1.2. Horizontale verdichtingsomvang	28
3.2. Verdichtingsomvang t.p.v. de "getrokken" pylonen	31
3.2.1. Getrokken pylonen t.p.v. landhoofden	33
3.2.2. Getrokken pylonen t.p.v. pijlers	33
3.3. Uitgangspunten voor het eventueel weglaten van verdichtingspunten	36
3.3.1. Weglaten verdichtingspunten t.p.v. gebied tussen pijlers	36
3.3.2. Weglaten verdichtingspunten t.p.v. gebied randpijlers aansluiting damaanzetten	38
3.3.3. Weglaten verdichtingspunten t.p.v. de pijlers	38
3.4. De verdichtingseisen	40
3.4.1. Grondmechanische uitgangspunten	40
3.4.2. Betrouwbaarheidsanalyse van de rekenmethoden	41
3.4.3. Uitgevoerde berekeningen voor de absolute deformaties	45
3.4.4. Randpijlers	46
3.4.5. Assenstelsel en tekenafpraak	47
3.4.6. Resultaat van de berekeningen	49
3.5. Formulering van de verdichtingseisen	80
3.5.1. Eis m.b.t. de gemiddelde mate van verdichting, uitgedrukt in poriëngehalte en conusweerstand	81
3.5.2. Tweede verdichtingseis: Eis m.b.t. spreiding in conusweerstand t.p.v. een pijler	84
3.5.3. Derde verdichtingseis: Eis m.b.t. de gemiddelde conusweerstand t.p.v. 2 aangrenzende pijlers	84

Inhoudsopgave (vervolg)

blz

3.6.	Invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten op de deformaties	85
3.7.	Weging van de conusweerstand	88
3.8.	Gevolgdte procedure indien niet aan de verdichtingseisen werd voldaan	90
3.9.	Analyse benodigd aantal controlesonderingen t.b.v. bepaling onzuiverheid gemiddelde conusweerstand	99
3.9.1.	Onzuiverheidsanalyse	99
4.	<u>Grondonderzoek</u>	105
4.1.	Het vooronderzoek	105
4.2.	Grondonderzoek t.b.v. de controle der verdichting	107
4.2.1.	Verdichtingscontrole t.p.v. de pijler	107
4.2.2.	Verdichtingscontrole tussen de pijlers	107
4.2.3.	Plaatsbepalingsnauwkeurigheid controle-onderzoek	109
4.2.4.	Gerealiseerd controle-onderzoek	110
5.	<u>Overzicht verloop procesvoering</u>	118
5.1.	Het verloop van het verdichtingsproces vanaf start asverdichting	118
5.1.1.	Proeven n.a.v. overbelasting electromotoren en verdichtingsresultaten H16	119
5.1.2.	Verdichting pijlers as Hammen met 2 units per vibrator	121
5.1.3.	Proefprogramma horizontale stapafstand bij 3 units per vibrator	122
5.1.4.	Verdichting van pijlers met 3 units per vibrator	122
5.2.	Optimalisatie van het quantitative verdichtingsproces	123
5.2.1.	Optimalisering van het verdichtingsproces	124
5.2.2.	Beschrijving onderzochte verdichtingsprocedures	125
5.2.3.	Resultaten optimalisatieproeven Hammen en Schaar	128
5.3.	Totaal overzicht toegepaste verdichtingsmethoden	130
5.4.	De toegepaste procesregistratie	131
6.	<u>Overzicht bedrijfsvoeringsgrootheden</u>	144
6.1.	Definities	144
6.2.	Overzicht stagnaties	147
6.2.1.	Onderverdeling verleturen	147
6.2.2.	Onderverdeling draaiuren	147
6.3.	Bedrijfscoëfficiënt BC	148
6.4.	Naaldwaarde	148
6.5.	Effectiviteit	149
6.6.	Cyclustijden	149
6.7.	Voortgangssnelheid verdichten	149

<u>Inhoudsopgave (vervolg)</u>	<u>blz</u>
7. <u>Voorgekomen probleemgebieden</u>	168
7.1. Zeer sterk schelphoudend zand	168
7.1.1. Verdichtbaarheid schelphoudende zandlagen	170
7.1.2. Schelphoudend zand als fundatiemateriaal	170
7.2. Plaatselijke kleilaag t.p.v. pijler S11	172
7.2.1. Verdichtingsresultaat S11	172
7.3. Kleilagen t.p.v. de pijlers H2 en H3	172
7.4. Grondlagen met lage conusweerstand beneden de onderbegrenzing van de besteksverdichting	177
7.4.1. Voorziene problemen	177
7.4.1.1. Toegepaste maatregelen	178
7.4.2. Onvoorziene problemen	180
7.4.2.1. Pijlers R22 t/m R29	180
7.4.2.2. Pijlers R6 t/m R11	187
7.4.2.3. Analyse oorzaak aanwezigheid verstoord grondpakket t.p.v. R6 t/m R11 en R22 t/m R29	191
7.5. De verdichting van de randpijlers	197
7.5.1. Het vaststellen van een trilprocedure nabij het zandtalud van de damaanzetten	199
7.5.1.1. Stabiliteitsprogramma	202
7.5.2. De verdichting van randpijler H1	204
7.5.3. Evaluatie verdichting H1 naar H16 en S1	208
7.5.4. De verdichting van randpijler H16	208
7.5.5. De verdichting van randpijler S1	210
7.5.6. Waterspanningen t.g.v. vallen spudpalen	211
8. <u>Analyse bereikte verdichtingskwaliteit</u>	213
8.1. Verdichtingskwaliteit in relatie tot de toegepaste procesvoering	214
8.2. Verdichtingskwaliteit in relatie tot de horizontale stapafstand	217
8.3. Verdichtingskwaliteit in relatie tot de grofheid van het zand	219
8.4. Verdichtingskwaliteit na de zogenaamde reparatieverdichting	221
8.5. Verdichtingskwaliteit sterk schelphoudend zand	222
9. <u>Verdichtingsresultaten</u>	223
9.1. Resultaten controle-onderzoek en beoordeling op verdichtingseisen	223
9.2. Grondmechanische deformaties, gebaseerd op de resultaten van het controle-onderzoek	238

Inhoudsopgave (vervolg)

blz

9.2.1.	Evaluatie van het verdichtingsresultaat	238
9.2.2.	Inhomogeniteit van de ondergrond: invloed bij de fasen 1, 3 en 5	238
9.2.3.	Inhomogeniteit van de ondergrond: invloed bij de fasen 2, 4 en 6	239
9.2.4.	Bepaling van de correctiefactor	239
9.2.5.	Bepaling van $\mu$ en $\sigma$ van $\varphi_x$ en $\varphi_y$ voor de eigengewichtsfasen	241
9.2.6.	Resultaat van de berekeningen	241
Lijst van belangrijke notities en nota's van de werkgroep verdichten.		250

## 1. Inleiding

De verdichtingswerken met de Mytilus t.b.v. de Stormvloedkering hebben gedurende de periode 1979 tot 1982 plaatsgevonden:

Proefperiode	oktober 1979 - maart 1980
Verdichting ondergrond t.p.v. de pijlers	april 1980 - oktober 1982
Verdichting ondergrond t.p.v. randen der bodembescherming	oktober 1982 - januari 1983

In deze nota wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde verdichtingswerken. Het gaat hierbij in het algemeen om

- \* de ontwerpuitgangspunten
- \* de ervaringen tijdens de uitvoering, met name de zogenaamde probleemgebieden
- \* de nieuwe kennis welke is op gedaan

Deze nota heeft als doelstelling:

- \* Weergave van de ervaringen en problemen welke tijdens de uitvoering van dit verdichtingswerk zijn op - respectievelijk voorgedaan, alsmede van de wijze waarop de problemen zijn opgelost.
- \* Weergave van de kwaliteit van het gemaakte werk.
- \* Vermelding van de bij dit werk opgedane nieuwe kennis en de toepassingsmogelijkheden hiervan.

De nota is opgesteld door de werkgroep verdichting, en dient samen met de "Evaluatienota verdichtingsschip Mytilus" als de totale eindevaluatie van de verdichtingswerken t.b.v. de Stormvloedkering te worden gezien.

De nota's zijn bedoeld als naslagwerk waar alle ontwerp- en uitvoeringsaspecten van het verdichten zijn terug te vinden.

## 1.1. Werkgroep Verdichten

Het ontwerp en de uitvoering van de verdichtingswerken is begeleid door de onder projectbureau 2 vallende werkgroep verdichten. In deze werkgroep waren van de Deltadienst en Dosbouw zowel de werkvoorbereiding als werkuitvoering (projectleiders) vertegenwoordigd.

De taakstelling van de werkgroep verdichten is zeer uitgebreid geweest:

### a. Ontwerp van de verdichting

- \* vaststellen criteria m.b.t. de verdichtbaarheid van de grondslag
- \* vaststellen van de verdichtingseisen
- \* bepalen van de horizontale stapafstand, verticale- en horizontale verdichtingsomvang

### b. Kwaliteitscontrole van de verdichting

- \* beoordeling verdichtingsresultaten
- \* beoordeling extra benodigd grondonderzoek
- \* terugkoppeling verdichtingsresultaten naar de procesvoering
- \* analyse onvoldoende verdichtingsresultaten
- \* analyse te nemen maatregelen
- \* adviseren aan Pb 2

### c. Toleranties pijlers

- \* omrekenen van conusweerstand naar grondmechanische deformaties
- \* inschakelen van de werkgroep TOLERanties pijlerconstructie

### d. T.a.v. de procesvoering

- \* analyse, ontwerp en begeleiding procesvoering op de Mytilus
- \* nemen van beslissingen t.a.v. de procesvoering welke in de bouwvergadering werden bekrachtigd
- \* N.B.: de rechtsstreeks bij de procesvoering betrokken personen waren leden van de werkgroep

De samenwerking van de werkgroep verdichten heeft gedurende de loop van het werk verschillende keren een wijziging ondergaan. Gedurende het laatste jaar is de samenstelling als volgt geweest (tussen haakjes staan de voormalige leden):



Werkvoorbereiding DED  DOS	<u>P. Davis</u> (vz) H. Nelissen  H. Hoffman T. Pladet	(A. Burg) (R. Termaat)  (J. IJsseldijk)
Werkuitvoering DED  DOS	J. Sanders  B. Martijnse J. de Munck	(H. Roozmond) (L. v. Herwerden) (B. Zweverink) (L. v. Campen)  (C. v.d. Berg) (P.P. Reijnders)



2.2. Ontwerp-uitgangspunten verdichten (hoofdstuk 3).

Doel verdichting

De pijlerconstructie in de Oosterschelde rust via een grofkorrelig fundatiebed op een voornamelijk uit zand bestaande ondergrond. T.g.v. de cyclische golfbelastingen op de pijlerconstructie kunnen in deze zandondergrond wateroverspanningen worden opgebouwd.

Het zand wordt hierdoor als het ware een vloeibare massa (er treedt zogenaamd "verweking" van het zand op), hetgeen grote, ontoelaatbare zettingen en rotaties van de pijlerconstructie tot gevolg heeft.

De mate waarin de wateroverspanningen worden opgebouwd wordt voornamelijk bepaald door het poriëngehalte en de doorlatendheid van de zandgrond. Uit laboratoriumproeven is gebleken dat voor Oosterscheldezand ( $d_{60}=150-250 \mu\text{m}$  en siltgehalte  $\leq 10\%$ ) bij poriëngehalten kleiner dan 40% de wateroverspanningopbouw bij golfbelasting op de pijler verwaarloosbaar klein is.

Bovendien moet het draagvermogen van het zand aanzienlijk worden vergroot hetgeen geringere zettingen van de pijlerconstructie tot gevolg heeft. Uit resultaten van continu-boringen en elektrische dichtheidsmetingen bleek dat het oorspronkelijk aanwezige holocene zand en de geklachte grondverbetering ter plaatse van de toekomstige pijlers over het algemeen losgepakt was met poriëngehalten van 40 tot 43%. Met andere woorden dit zand was sterk "verwekingsgevoelig"; bij golfbelastingen op de pijlersconstructie zouden grote wateroverspanningen in de zandgrond ontstaan. De "verwekingsgevoeligheid" van het zand diende dus te worden geëlimineerd, ofwel het poriëngehalte moest kunstmatig tot beneden 40% worden gebracht. Een gangbare methode om dit doel te bereiken is het verdichten van de zandgrond met behulp van trilnaalden.

Ontwerpuitgangspunt	Gebaseerd op
verticale verdichtingsomvang	uitbaggerlijn, diepte verwekingsgevoelige zandlagen, grensscheiding pleistoceen-holocene, maximaal diepte bereik trilnaalden systeem.
horizontale verdichtingsomvang	horizontale invloedssfeer waterspanningsgeneratie onder pijler
verdichtingseisen	FOPIV-nota(grondmechanische ontwerp uitgangspunten) 3 verdichtingseisen: 1) eis m.b.t. gemiddelde mate van verdichting, uitgedrukt in poriëngehalte en conusweerstand . 2) eis m.b.t. de spreiding in conusweerstand t.p.v. één pijler 3) eis m.b.t. de conusweerstand van 2 aangrenzende pijlers

Ontwerpuitgangspunt	Gebaseerd op
verdichtingscontrole	Voorname-lijk met sonderingen (q -n korrelatie); conusweerstand is gewogen over de diepte terwijl de invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten bij de 1e verdichtingseis is meegenomen. Minimaal per pijler 4 hoekpunt- en 2 trilpuntsonderingen en 1 dichtheidsmeting

2.3. Chronologisch overzicht verdichtingswerkzaamheden en toegepaste procesvoeringen (hoofdstuk 5)

In de hiernavolgende tabel wordt voor de productie periode een samenvat- tend overzicht gegeven van het verloop van de verdichtingswerkzaamheden t.p.v. de pijlers en de randbodembescherming.

Datum	locatie	procesvoering		Kenmerkende pun- ten procesvoering	resultaat verdichting c.q. opmerkingen
		hor.stap- afstand	aantal motor- units per naald		
april 1980	H16	5 m	2	Verticale stapaf- stand: 1 m. Zoge- naamd snel trekken. Max. vermogen voor start trekken 2x90 kW; indien max.ver- mogen niet werd be- reikt, een max.ver- dichtingstijd van 10 min. Bij deze procedure werden de electromoteren veelvuldig overbe- last.	Er werd niet aan de 1e en 2e ver- dichtingseis voldaan (grond- slag was goed verdichtbaar); H16 diende daarom opnieuw te worden verdicht.
mei-juni 1980	RBB Hammen Oost	4 cq 5 m	2	Onderzoek: Langzaam t.o.v. snel trekken, vert. stapafstand 1 m t.o.v. 0,5 m; ver- mindering slag- kracht, alternerend verdichten	Besloten om derde motorunit bij te bestellen

Datum	locatie	procesvoering		Kenmerkende punten procesvoering	resultaat verdichting c.q. opmerkingen
		hor. stapafstand	aantal motorunits per naald		
juli-sept. 1980	H2 t/m H5	4 m	2	Alternerend verdichten vanaf 6 à 7 m - bodem. Vermogensgrens lag ca. 20-50% boven nominaal vermogen tijdens de verdichtingsfase (veel thermische uitval)	H4 en H5 voldeden aan de eisen, H2 en H3 niet t.g.v. ca. 1,25 m dikke kleilaag op niveau 4 à 5 m beneden onderkant voetplaat pijler
okt. 1980	tussen H5 t/m H6 en H6/H7	3,75 m 4 m 5 m	3	Onderzoek horizontale stapafstand bij 3 vibratoren per naald	Resultaat: horizontale stapafstand = 4 m
nov. 1980 - maart 1981	H10, H11 half H9 S17, S16, S15, half S14 S3	4 m	3	Alternerend verdichten vanaf 6 à 7 m - bodem. Trilmotoren werden slechts zeer korte tijd tot max. 15% boven nominaal vermogen belast.	Aan de eisen voldeden: H10, H11, S15, S16, S17 en S3
maart 1981	tussen S3/S4 en H9/H10	4 m 4,33 m	3	Optimalisatie proefvak verkorting verdichtings-tijd. Onderzoek verdichtingsmethoden I, II en III (hoofdstuk 5)	Methode III gaf de kortste cyclus tijd. Er werd hierbij voldaan aan de verdichtingseisen.
april 1981-okt. 1982 *)	H1 t/m H3, H6 t/m H8 H15 en S1 en S2 S4 t/m S14, R1 t/m R33	4 m m.u.v. R6 t/m R14 (zie hoofdstuk 7.4.)	3	Methode III, m.u.v. R1 t/m R3 (alternerend verdichten) en R4 en R5 (methode II)	Pijlers R22 t/m R26 alsmede Oosterscheldezijde R28 zijn heverdicht (zie hoofdstuk 7.4.). Alle pijlers voldeden aan de eisen; R6 t/m R11 na beslissing PGS (hoofdstuk 7.4)

Datum	locatie	procesvoering		Kenmerkende punten procesvoering	resultaat verdichting c.q. opmerkingen
		hor.stapafstand	aantal motorunits per naald		
okt. 1982 - febr. 1983	Randbodembescherming	6 m	3	Methode III	Een proefvak wees uit dat bij een hor.stapafstand van 6 m de eis van $q_c$ ca. 10 MN/m <sup>2</sup> werd gehaald

\*)In feite werd pas vanaf ca. april 1981 met een vrij optimaal proces gewerkt. M.a.w. de aanloop- en optimalisatieperiode heeft ruim 1 jaar in beslag genomen (februari 1980 - april 1981).

#### 2.4. Overzicht bedrijfsvoeringsgrootheden (hoofdstuk 6)

grootheid	gemiddelde	Opmerkingen
% draaiuren % verleturen	71 29	diensturen - verleturen diensturen - draaiuren
bedrijfscoëfficiënt	0,71 (0,62)	draaiuren gedeeld door diensturen (0,62) = met verlengde naald
naaldwaarde	0,85	naaldinzet/4
effectiviteit	0,60	bedrijfscoëfficiënt x naaldwaarde
cyclustijd voor 10 m verdichtingsdiepte	alternerend verdichten: 3,5 uur methode I: 2,4 uur methode II: 2,1 uur methode III: 1,8 uur	draaiuren gedeeld door aantal cycli  na optimalisatie verdichtingsproces (maart 1981) vrijwel alleen methode III (zie hoofdstuk 5) toegepast

grootheid	gemiddelde	Opmerkingen
voortgangssnelheid		BC x diensturen x naaldwaarde x horizontale stapafstand
		cyclus tijd x 3
1-ploegendienst	12-17 m'/wk	voortgangssnelheid is gebaseerd op een strookbreedte van 78 m' en een gemiddelde horizontale stapafstand van 4 m.
2-ploegendienst <u>voor</u> optimalisatie	17-22 m'/wk	
procesvoering, <u>na</u> optimalisatie	35 m'/wk	
procesvoering	47 m'/wk	
3-ploegendienst optimale procesvoering	40 m'/wk	
verlengde naald		

onderverdeling verleturen	onderverdeling draaiuren
- weersomstandigheden 47%	- verhalen 7%
- reparatie schip 28%	- spuds neer 4%
- reparatie naald 18%	- balk neer 3%
- diversen 7%	- indalen + verdichten 79%
	- balk op 3%
	- spuds op 4%

Voor een uitgebreidere detaillering wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

#### 2.5. Uitgevoerd voor- en controle-onderzoek (hoofdstuk 4)

Voorzover het planningstechnisch mogelijk was zijn voorafgaande aan de verdichting t.p.v. de geklapte zandophoging sonderingen en enkele continuboringen gemaakt.

Aan de hand van de resultaten van dit vooronderzoek was het in voorkomende gevallen mogelijk het verdichtingsproces enigszins bij te stellen.

Het controle onderzoek per pijler bestond in principe uit 4 hoekpunt (zwaartepunt) sonderingen, 2 trilpuntsonderingen en 1 dichtheidsmeting t.p.v. het midden van de pijler. Afhankelijk van de aangetroffen waarden werd het controle-onderzoek uitgebreid (zie hoofdstuk 3.8).

T.p.v. randbodembescherming is geen controle-onderzoek uitgevoerd; de controle is m.b.v. de procesvoering analyse gedaan.

In totaliteit is aan grondonderzoek uitgevoerd:

	Sonderingen		Dichtheidsmetingen	boringen
	zwaartepunt	trilpunt		
Vooronderzoek	178		0	34
Controle-onderzoek	502 (7,6 per pijler)	152 (2,3 per pijler)	28 (0,42 per pijler)	0

Het grondonderzoek werd uitgevoerd m.b.v. de duikerklok op de Johan V. De plaatsbepalingsnauwkeurigheid van de meetpunten bedroeg 0,50 - 0,75 m.

2.6. Voorgekomen probleemgebieden (hoofdstuk 7)

In de hiernavolgende tabel wordt een overzicht gegeven van de voorgekomen probleemgebieden, alsmede van de toegepaste maatregelen.

Probleemgebied	Toegepaste maatregelen
<u>Zeer sterk schelphoudend zand</u> t.p.v. S12 t/m I7 en R6 t/m R14 schelpenpercentage 20-40%.	Onderzoek Lab. voor Grondmechanica wees uit dat het zeer sterk schelphoudende zand geschikt is als fundatiemateriaal. Verdichtbaarheid was eveneens zeer goed.
<u>Plaatselijke kleilaag t.p.v. S11</u> Op ca. 7 m beneden niveau onderkant voetplaat pijler ca. 1 m dikke spekkoeklaag aanwezig (NO-gedeelte).	Deformatieberekeningen toonden aan dat de ontwerpwaarden niet zouden worden overschreden, indien de spekkoeklaag aanwezig zou blijven. Na verdichting voldeed S11 aan de eisen; spekkoeklaag was achteraf redelijk verdichtbaar.
<u>Kleilagen t.p.v. H2 en H3</u> Uit de resultaten controle-onderzoek bleken H2 en H3 niet aan de eisen te voldoen. Continuboringen toonden aan dat dit het gevolg was van een op ca. 3 à 4 m beneden onderkant voetplaat aanwezige 0,75 m à 1,25 m dikke kleilaag.	Berekeningen toonden aan dat bij geen maatregelen de toelaatbare grondmechanische deformaties met een factor 2,5 à 5 zouden worden overschreden (klei is m.b.v. een trilmethode niet verdichtbaar). <u>Maatregel (PGO)</u> Kleilaag m.b.v. dustpanzuiger verwijderd; aldus ontstane cunetten weer uitgevuld met schoongeklapt zand; zand weer verdicht.



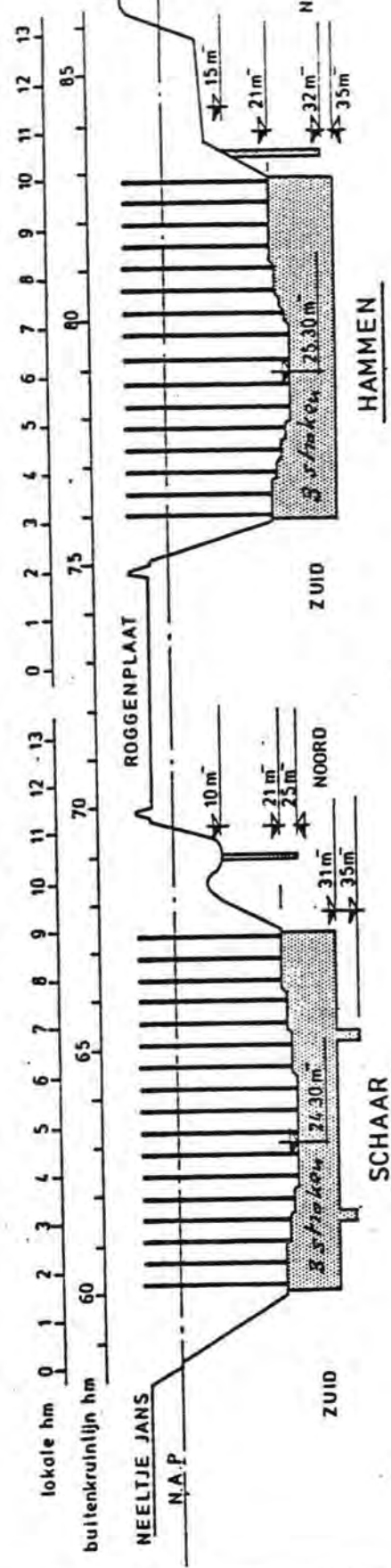
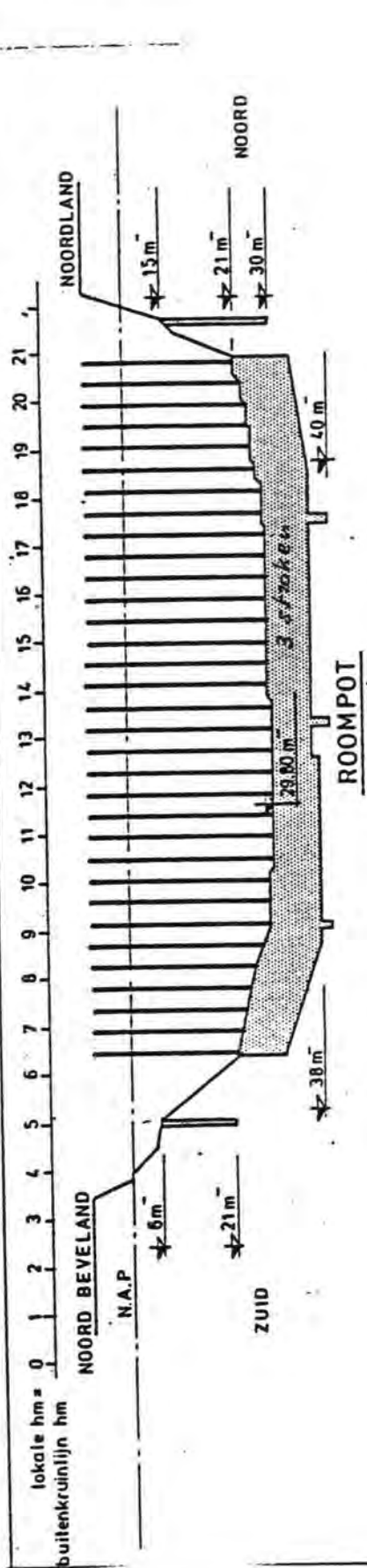
probleemgebied	Toegepaste maatregelen
<p><u>Grondlagen met lage conusweerstand beneden onderbegrenzing besteksverdichting</u></p> <p><u>A. Voorziene problemen</u></p> <p>A1. <u>Erosie t.p.v. cunetbodem na baggeren en tijdens klapproces R6 t/m R20. Waargenomen uit de peilingen van het dustpan- en klapproces.</u></p> <p><u>B. Onvoorziene problemen</u></p> <p>B1. <u>Losgepakte zandlaag beneden onderbegrenzing verdichting t.p.v. R22 t/m R29.</u></p> <p>Ca. 1 tot 4 m dikke losgepakte zandlaag met conusweerstand van 3-10 MN/m<sup>2</sup> (ontdekt na controle-onderzoek), terwijl op betreffende niveau volgens resultaten vooronderzoeken vaste laag met conusweerstand van 25-30 MN/m<sup>2</sup> zou moeten beginnen.</p> <p>B2. <u>Losgepakte zandlaag beneden 40 à 41 m - N.A.P. tot ca. 42 à 44 m - N.A.P. (zie ook A1), met conusweerstand van ca. 3 MN/m<sup>2</sup>). Volgens betreffende pijlgergeboorteregisters zou dit grondpakket een conusweerstand van ca. 10-20 MN/m<sup>2</sup> moeten hebben.</u></p>	<p>Onderbegrenzing verdichting zou hierdoor t.p.v. R6 t/m R14 op ca. 40 à 41 m - N.A.P. en t.p.v. R15 t/m R20 op ca. 37 m - N.A.P. komen te liggen. Max. dieptebereik met verlengde naald ca. 38 m - N.A.P.</p> <p>Het niet verdichten van de laag beneden 38 m - N.A.P. t.p.v. R6 t/m R14 zou overschrijding toleranties met 3 à 10% betekenen.</p> <p><u>Maatregel (PGO- 7 mei 1981)</u></p> <p><u>R6 t/m R14: Grotere verdichtingsgraadpakket tot 38 m - N.A.P. d.m.v. verkleining horizontale stapafstand.</u></p> <p>Onverdichte laag beneden 38 m -N.A.P. heeft marginale invloed op deformaties en wateroverspanningen.</p> <p><u>R15 t/m R20: Vergroten verdichtingsdiepte (verlengde t.o.v. normale naald)</u></p> <p>R22 t/m R26 en de Oosterscheldezijde van R28 voldeden niet aan de eisen. Grondmechanische berekeningen wezen uit dat de deformaties tengevolge hiervan met 12% (R26) tot 55% zouden worden overschreden.</p> <p><u>Maatregel (PGO - 1 juli 1982)</u></p> <p><u>Herverdichten tot aan onderbegrenzing losgepakte zandlaag R22 t/m R26 en Oosterscheldezijde R28.</u></p> <p>R7, R9 en R11 voldeden niet aan de eisen. Bij toepassing van geen maatregelen zou dit een marginale overschrijding van de toleranties geven. Enig toepasbare maatregel zou zijn: dustpannen, cunet uitvullen, verdichten.</p> <p><u>Beslissing (PGO - 1 juli 1982)</u></p> <p><u>Accepteren marginale overschrijdingen toleranties.</u></p>

probleemgebied	Toegepaste maatregelen
<p><u>Verdichting randpijlers</u> Vrij steile oever taluds t.p.v. H1 (1:4,3), H16 (1:1,5) en S1 (1:5,7), opgebouwd uit respectievelijk zettingsvloeiingsgevoelig zand (H1 en S1) en filterconstructie (H16) damaanzet. Met verdichten nabij steile taluds was geen ervaring; kans aanwezig optreden instabiliteiten tijdens verdichten.</p>	<p>M.b.v. insituproef op land (Mereveld) en stabiliteitsberekeningen verdichtingsprocedure (o.a. qua aantal naalden waarmee tegelijk kon worden getrild) opgesteld.</p> <p>Begonnen met H1 onder toepassing van waterspanningsmeters t.b.v. de procesbegeleiding. Evaluatie H1 gaf als resultaat dat S1 op normale wijze kon worden verdicht; voor H16 werd uitvoeringsprocedure opgesteld onder begeleiding van waterspanningsmeters. Instabiliteiten zijn niet opgetreden.</p>

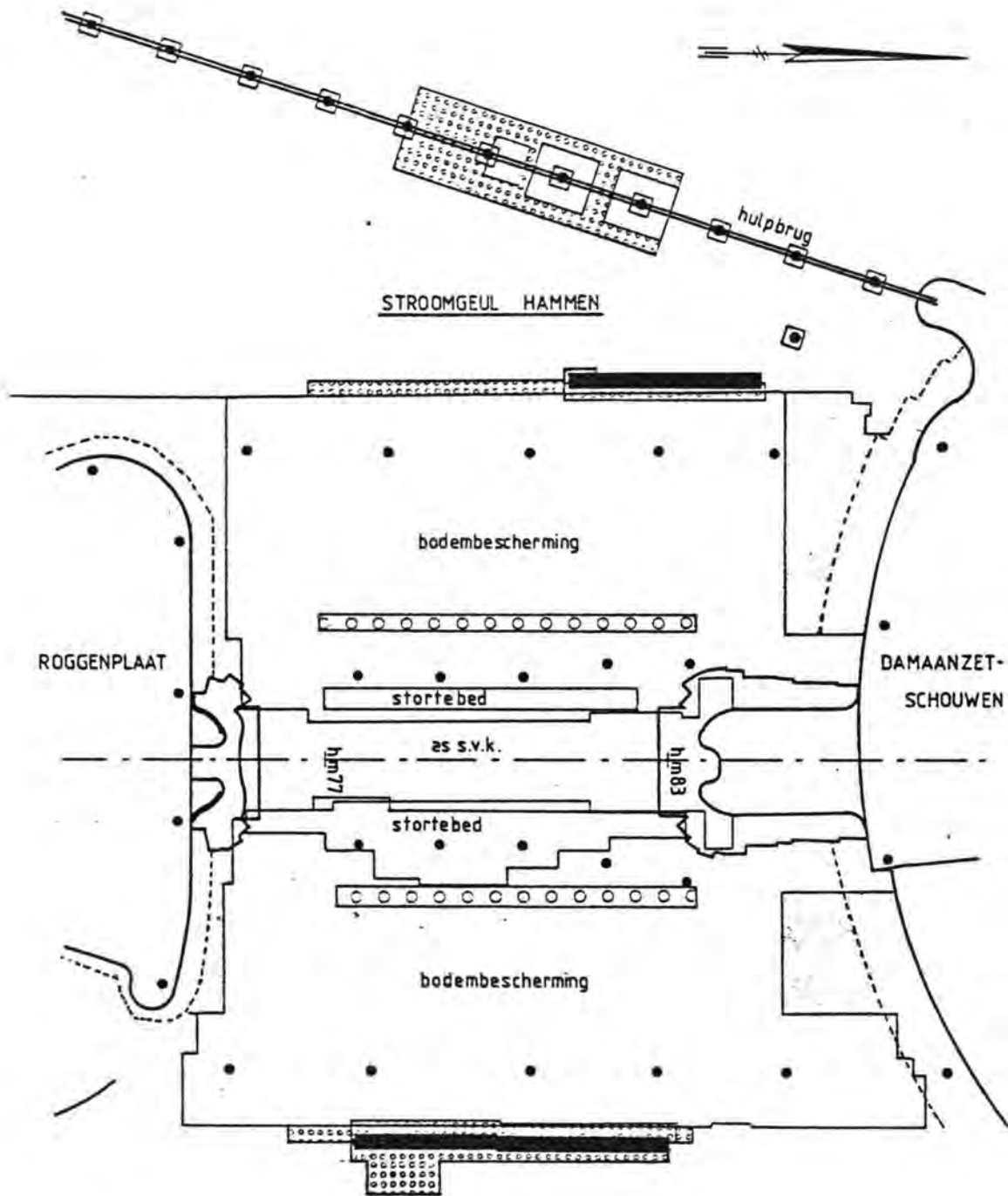
## 2.7. Verdichtingsresultaten





In hoofdstuk 9 zijn de verdichtingsresultaten t.p.v. de pijlers weergegeven. De verdichtingsresultaten zijn geëvalueerd naar grondmechanische deformaties, analoog de FOP-IV-nota en vervolgens verwerkt in de toleranties van de pijlerconstructie (werkgroep TOLE). De uiteindelijke verdichtingsresultaten hebben geen overschrijding van de toleranties tot gevolg.

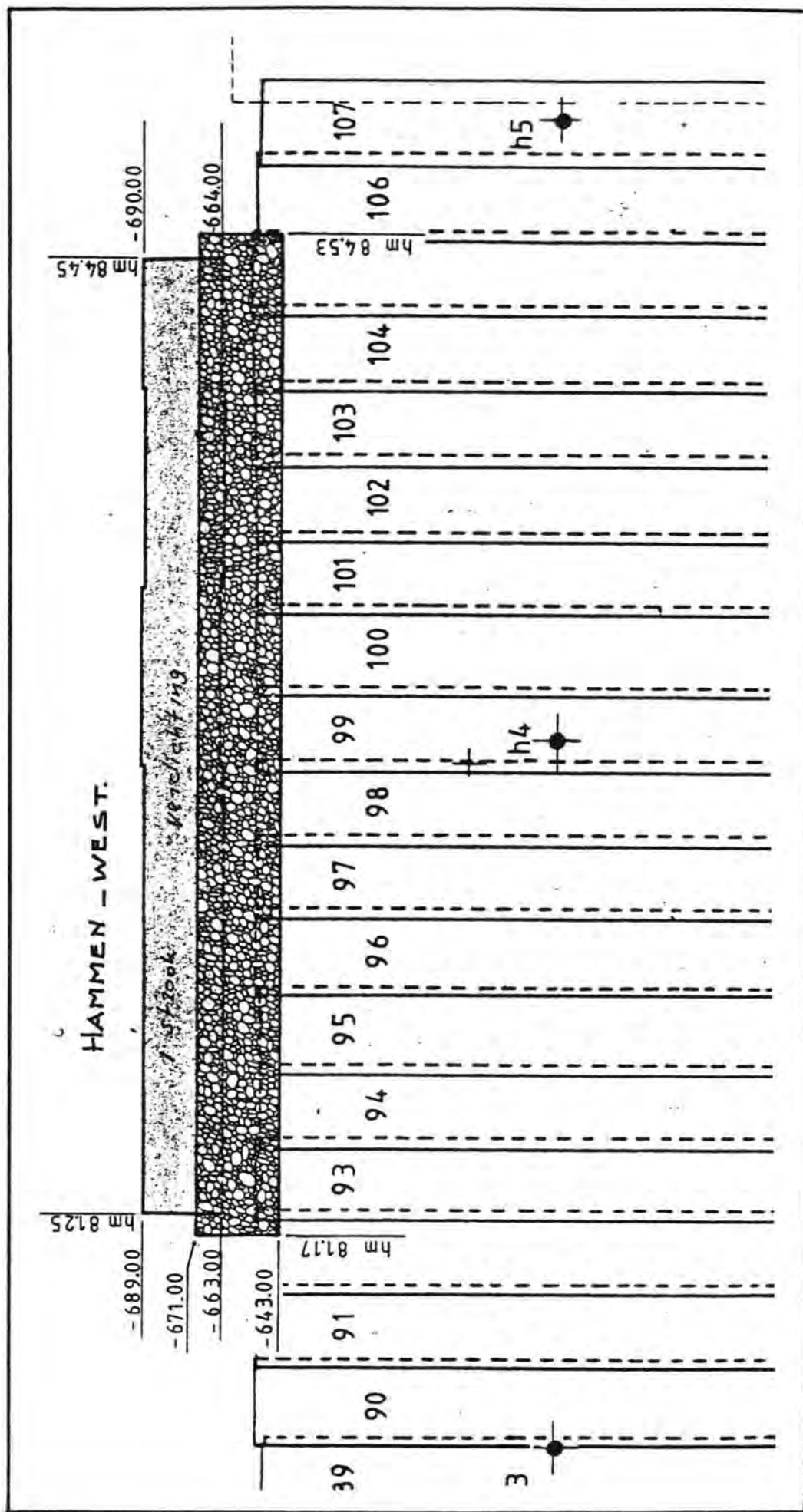
In hoofdstuk 8 wordt een kwaliteitsbeschouwing van de verdichting gegeven. Er wordt hierbij o.a. geanalyseerd in hoeverre de bereikte verdichtingsgraad afhangt van bijvoorbeeld de toegepaste stapafstand, procesvoering, etc. en de grofheid van het zand.



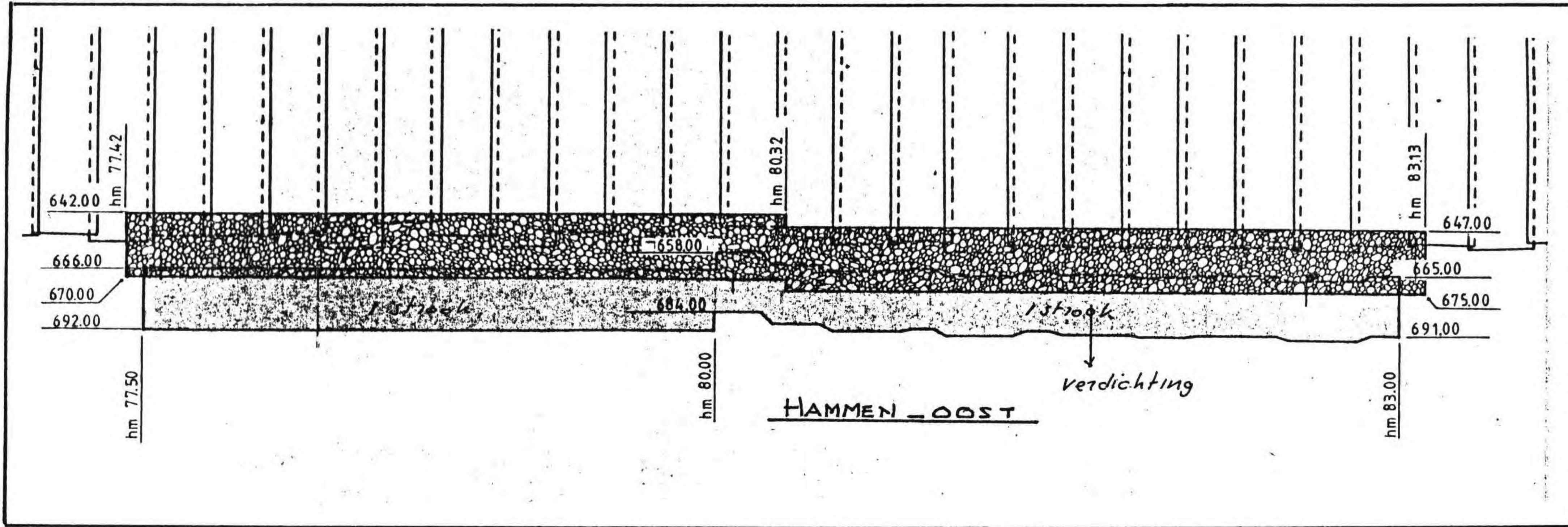
VOOR GEDETAILLEERDE HECTOMETRERING EN DIEPTEMATEN VAN HET TE VERDICHTEN GEBIED ZIE TEK. RWS - DD Nr 79.4.267 - VERTIKALE VERDICHTINGSOMVANG

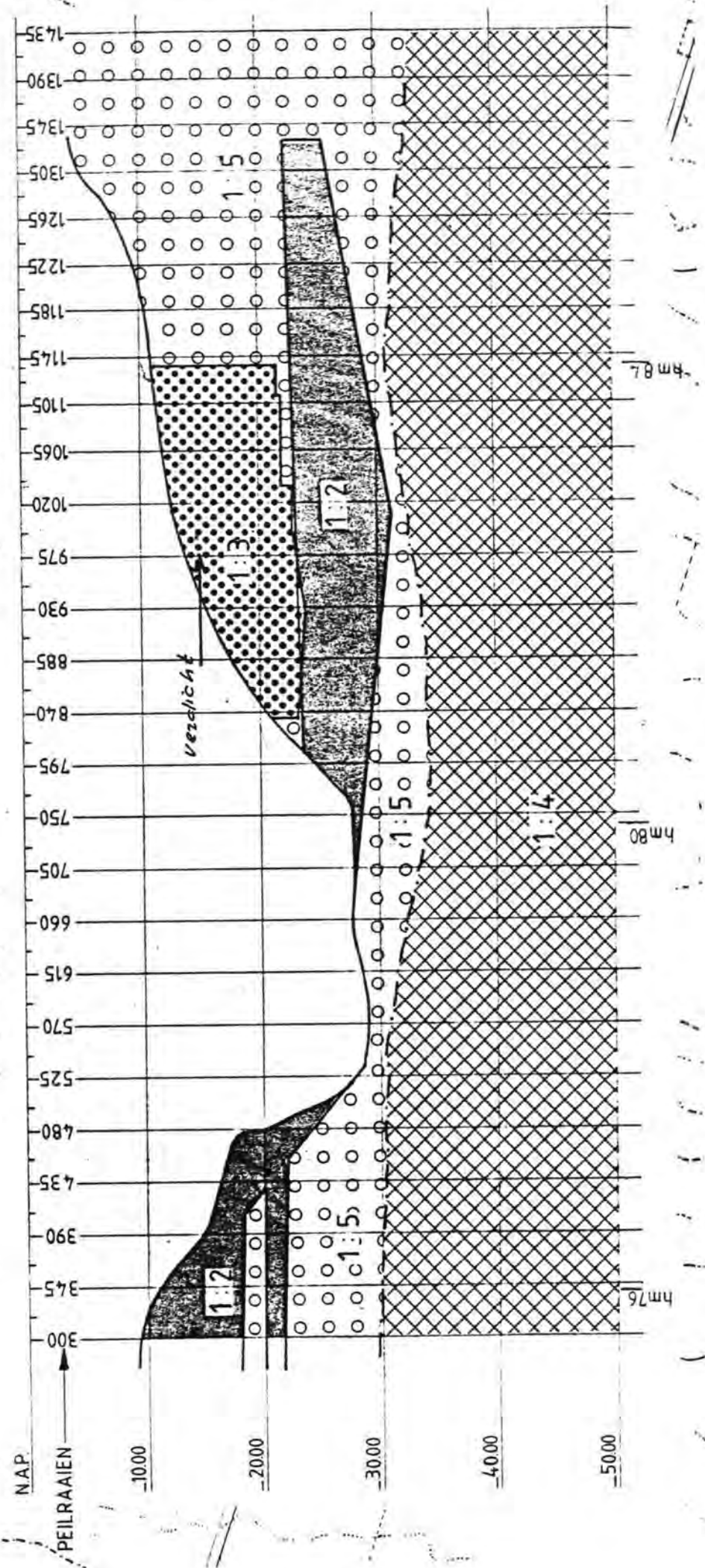


-  reeds uitgevoerde bestortingen
- TOEKOMSTIGE BESTORTING T/M EIND 1986
-  fosforlakken
-  verdicht gebied
-  bestorting happend liggende kopnaden



Figur 2.2 a





HAMMEN - WEST

NAP.

PEILRAAIEN

-1000

-2000

-3000

-4000

-5000

hm76

hm80

hm84

Verzanding

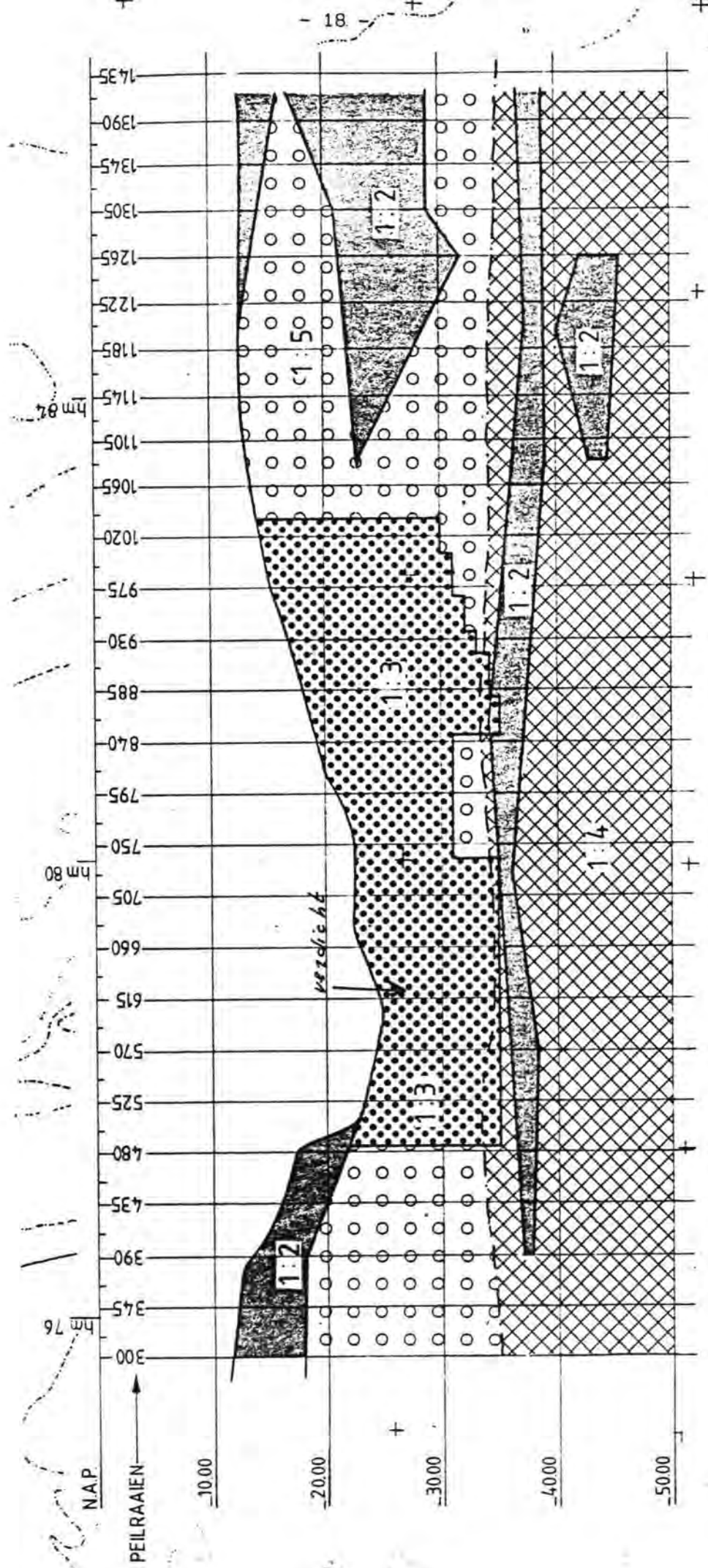
1:2

1:5

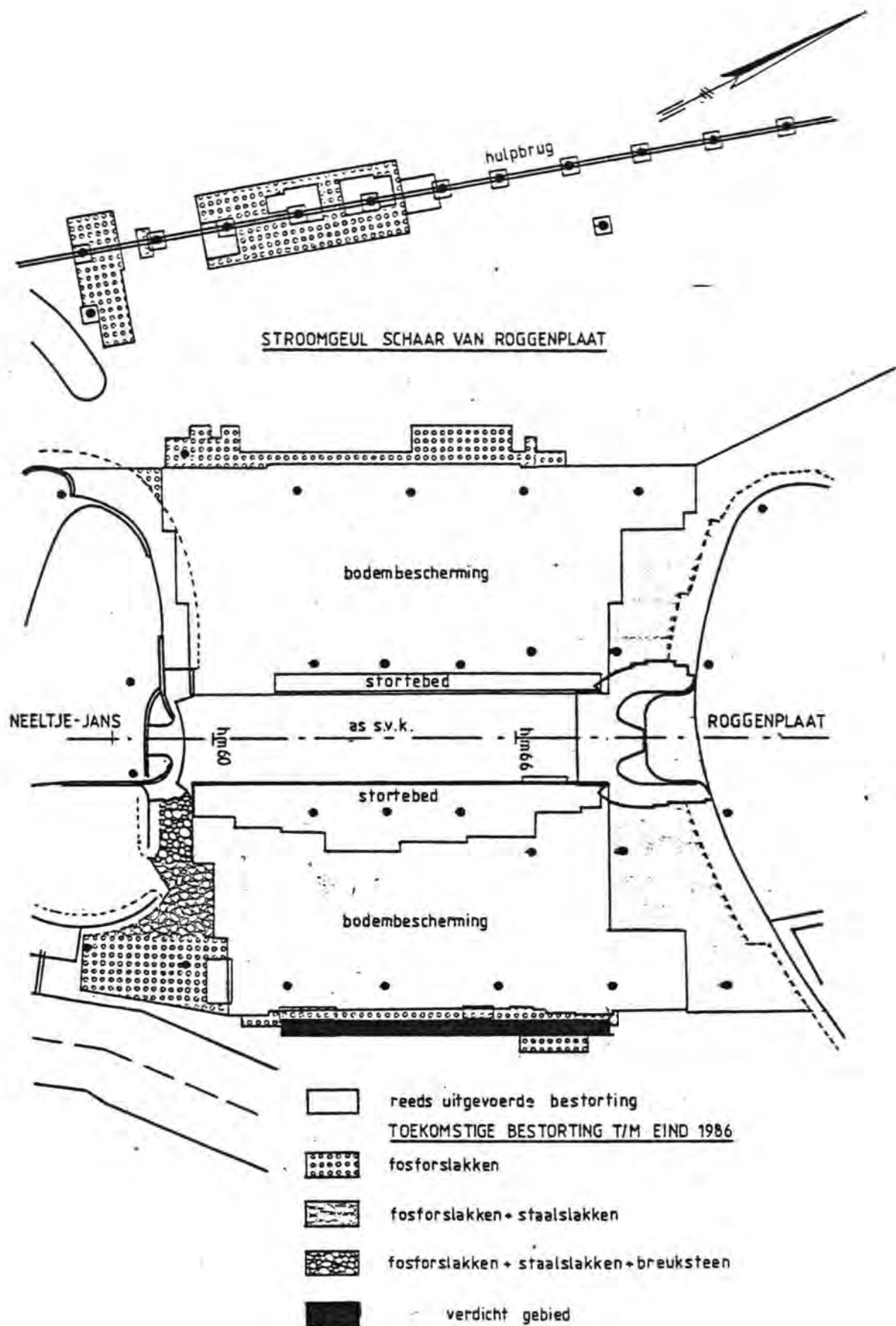
1:2

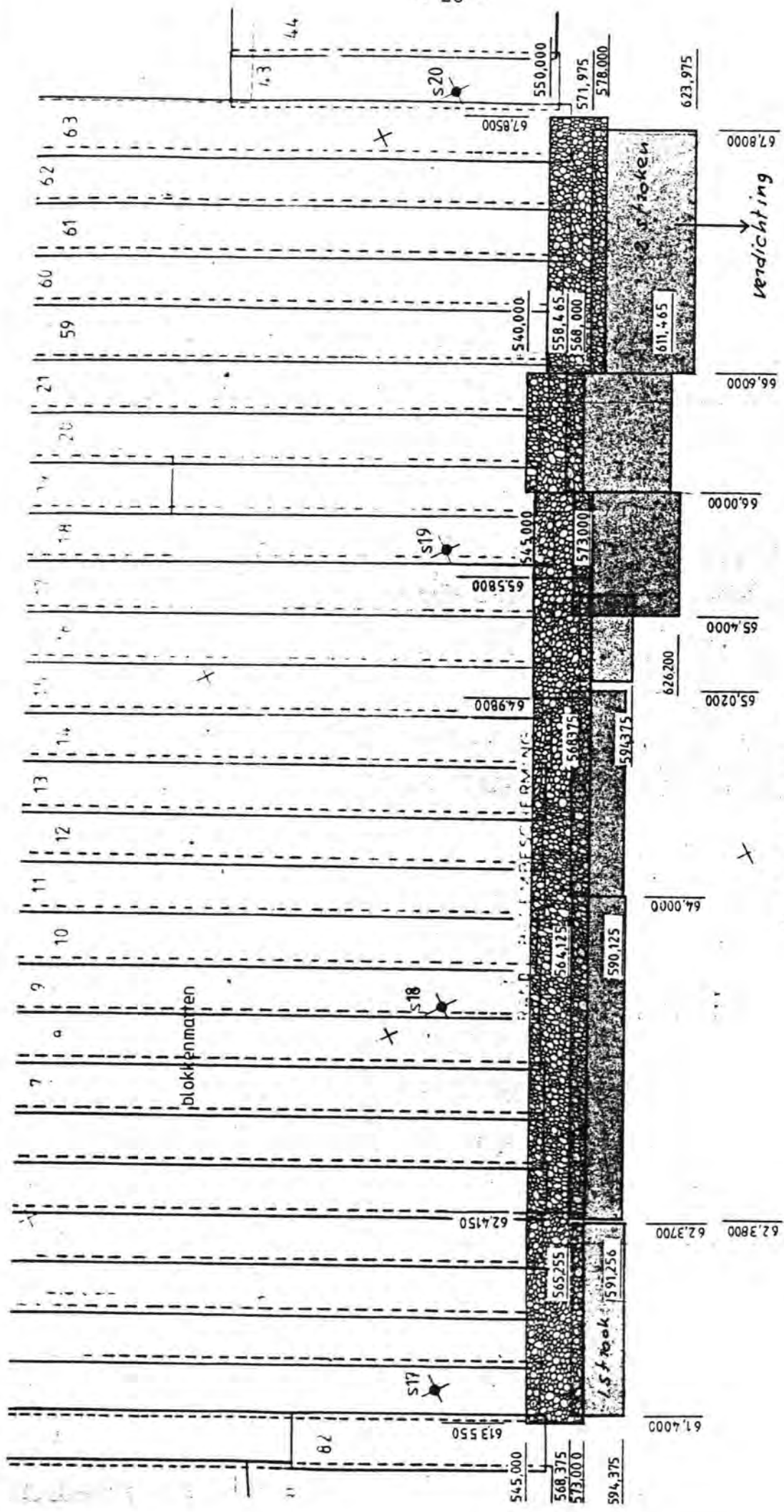
1:4

1:5

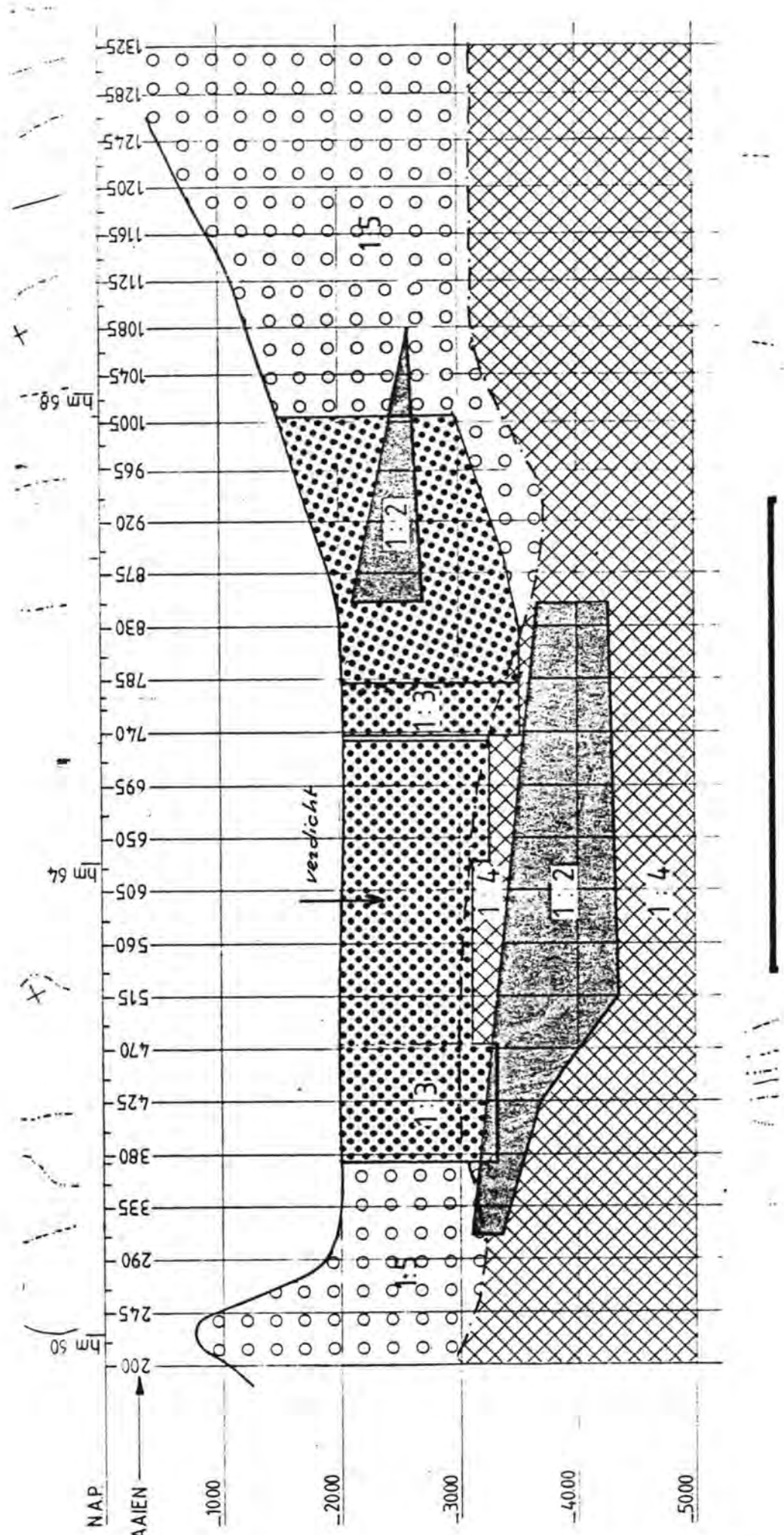








SCHAAR - OOST



NAP.

PEILRAAIEN

-1000

-2000

-3000

-4000

-5000

SCHAR - OOST

hm 64

hm 58

verdicht

1.5

1.5

1.3

1.3

1.2

1.2

1.4

1.4

4

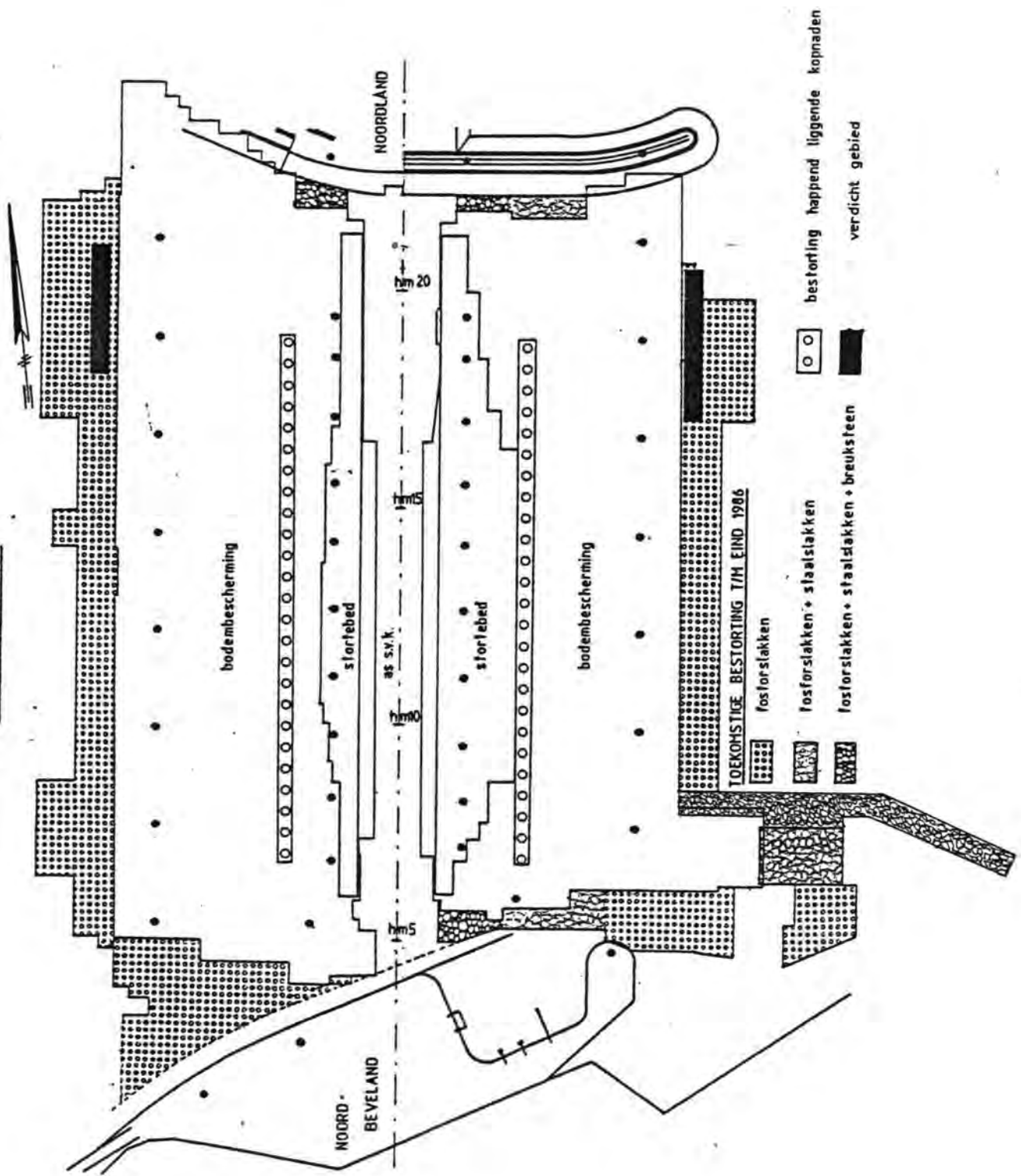
4

x

x

|||||

STROOMGEUL ROOMPOT



◻ ◻ bestorting happend liggende kopnaden  
 ◻ ◻ verdicht gebied

◻ ◻ fossorlakken  
 ◻ ◻ fossorlakken + staalslakken  
 ◻ ◻ fossorlakken + staalslakken + breuksteen

LOEKOMSTIGE BESTORTING T/M EIND 1986

NOORD-BEVELAND

NOORDBRAND

as s.v.k.

bodembescherming

storlebed

storlebed

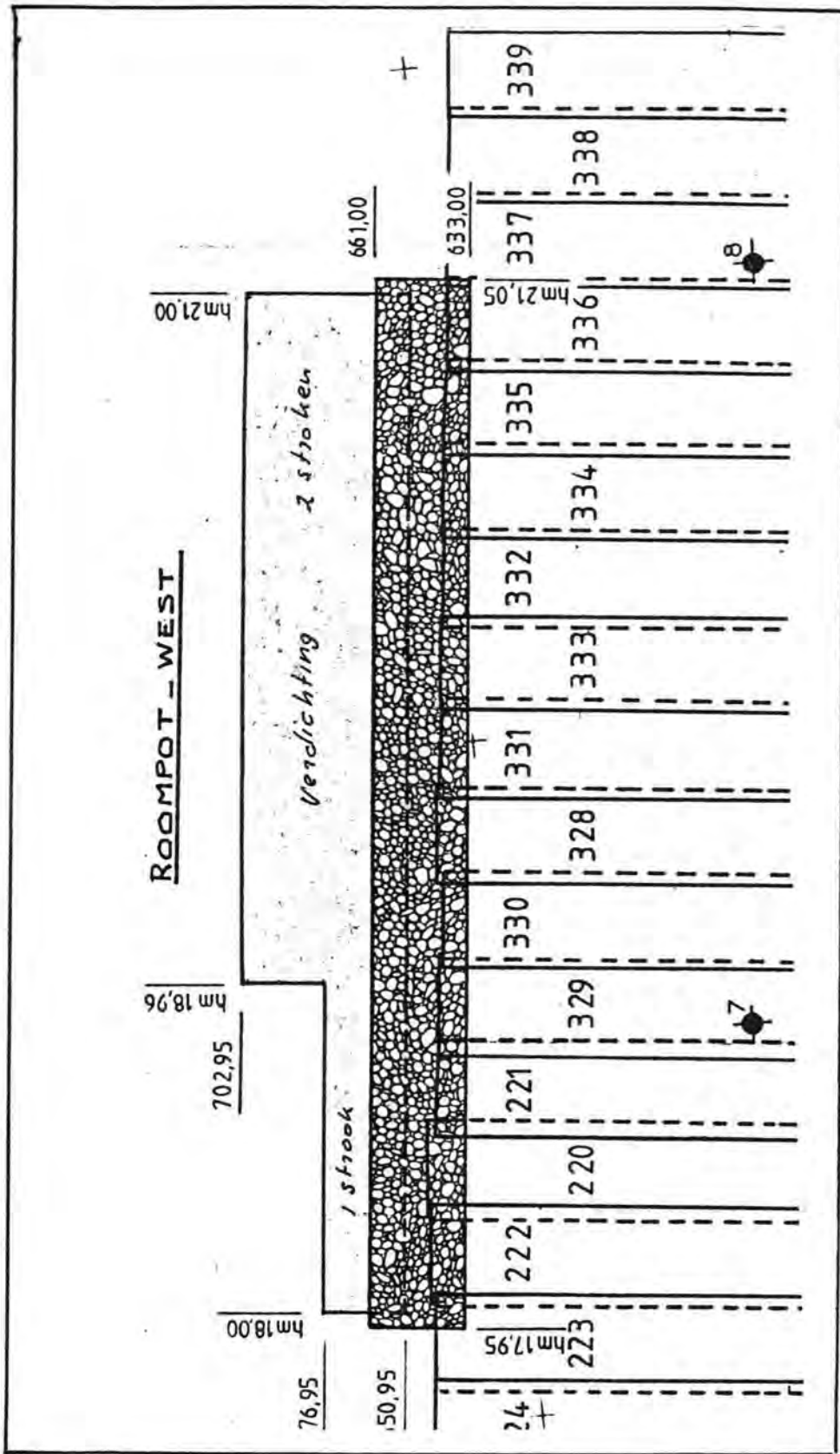
bodembescherming

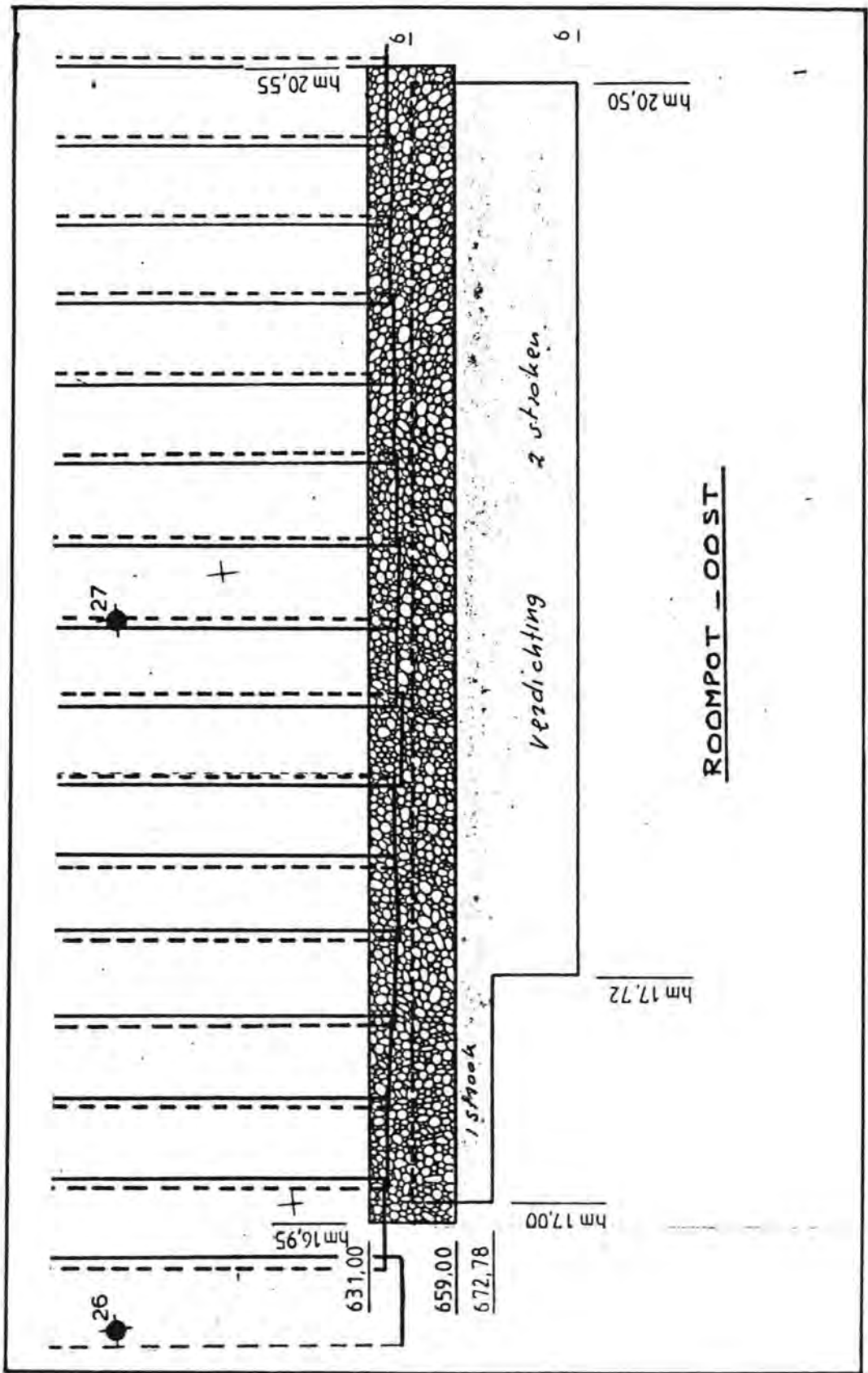
hm5

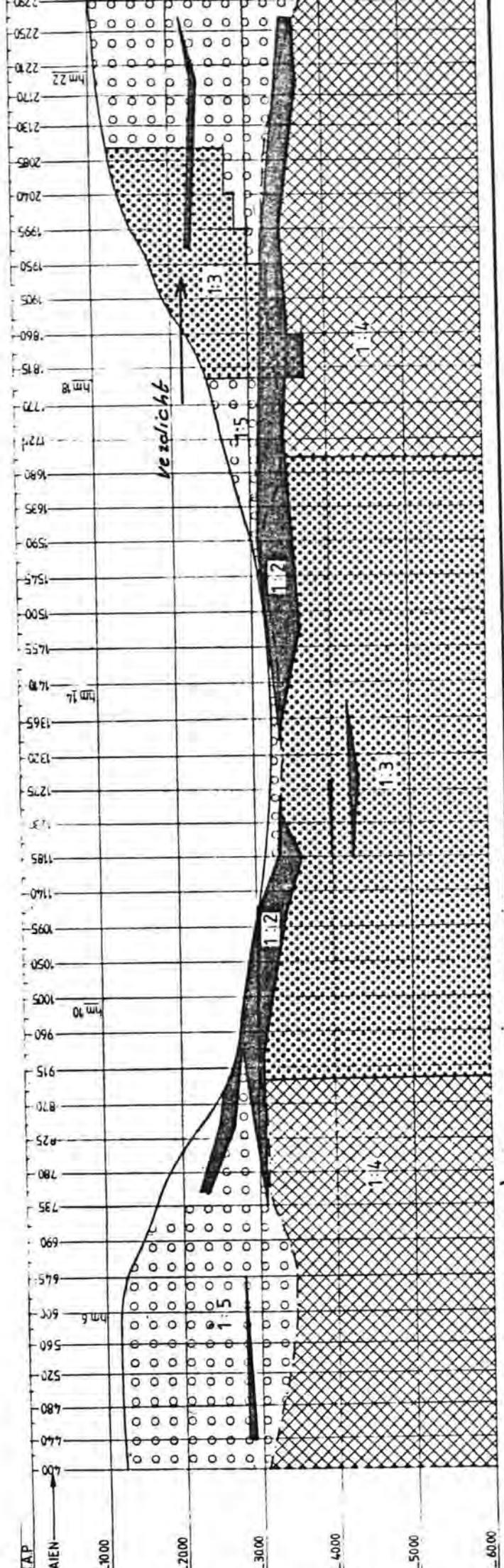
hm0

13

20

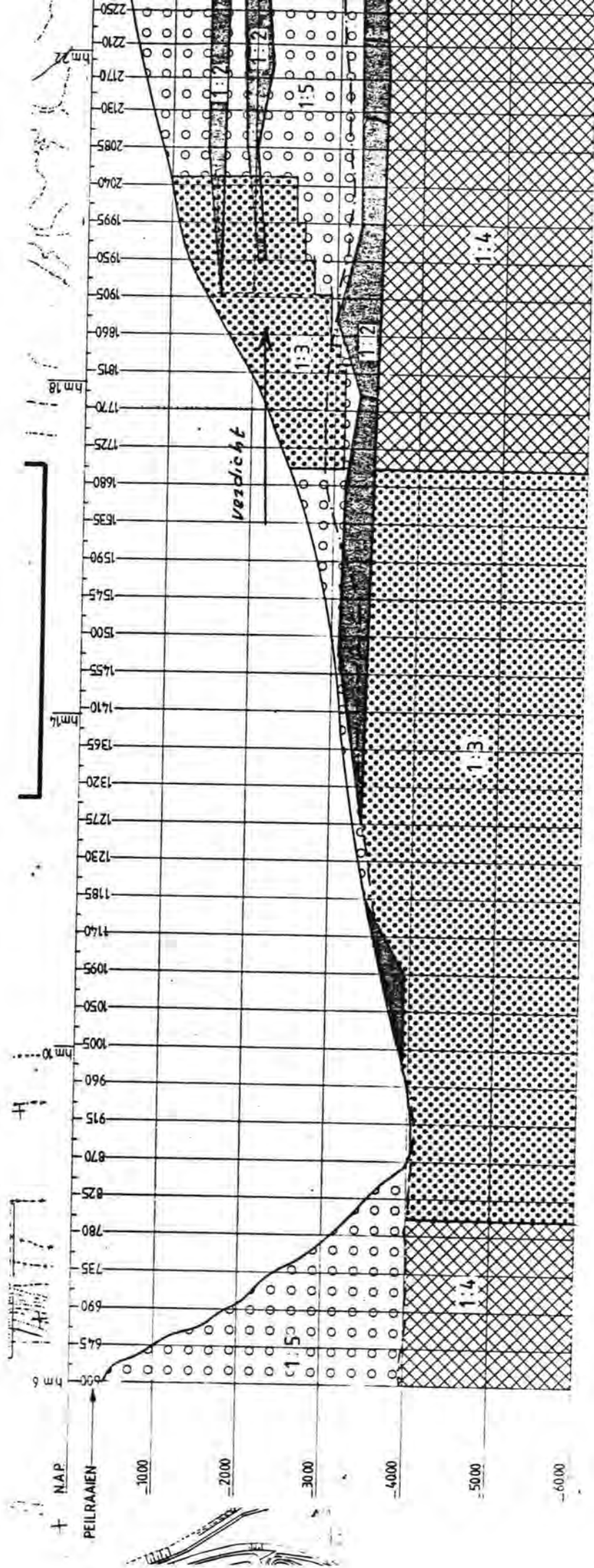






ROOMPOT - WEST.

Fig 1.8



ROOFPOT - OOST



### 3. Ontwerpuitgangspunten verdichten

De ontwerpuitgangspunten m.b.t. het verdichten van de zandgrond t.p.v. de pijlers zijn als volgt onder te verdelen:

A. Verdichtingsomvang - horizontaal

- verticaal

- t.p.v. locaties waar pylonen zijn getrokken

B. Verdichtingseisen - grondmechanische uitgangspunten

- formulering van de eisen

#### 3.1. De verdichtingsomvang t.p.v. de pijlers

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de horizontale- en verticale verdichtingsomvang.

##### 3.1.1. Verticale verdichtingsomvang

De grootte van de verticale verdichtingsomvang is in principe bepaald door:

a) de uitbaggerlijn

b) de verdichtingsdiepte n.a.v. de verwerkingsgevoeligheid en deformaties van het zand

c) de grensscheiding pleistoceen - holoceen

d) het maximale dieptebereik van het Mytilus-trilnaaldensysteem

sub a)

De ontwerpuitgangspunten m.b.t. de uitbaggerlijn zijn weergegeven in de Evaluatienota grondverbetering as (24EGRO-M-80142 april 1982).

sub b)

Met behulp van de zogenaamde " $\beta$ -berekeningen" en deformatieberekeningen is door het LGM de verticale begrenzing van het "verwerkingsgevoelige" zand t.p.v. de as sluitgaten bepaald. Bij het sluitgat Hammen bedraagt deze begrenzing ca. 10 m - onderkant voetplaat, terwijl bij de Schaar van de Roggenplaat en Roompot het varieert tussen de ca. 4 en 20 m - onderkant voetplaat. Verder wordt verwezen naar nota 2PROBU-M-78064.



### Sub c Het pleistoceen

Het pleistocene zand heeft een grote voorbelasting gehad (het is overgeconsolideerd) en bezit daardoor een relatief grote horizontale voorspanning. T.g.v. trillingen kan deze voorspanning voor een deel verloren gaan, waardoor pleistoceen zand met hoge conusweerstand ( $> 15 \text{ MN/m}^2$ ) na het verdichten een lagere conusweerstand verkrijgt (kan een reductie van zelfs 50% opleveren), terwijl het poriëngehalte hierbij enigszins kan toenemen. Schoon pleistoceen zand met lage conusweerstand ( $< 10 \text{ MN/m}^2$ ) zal t.g.v. het verdichten, bij het ontbreken van een horizontale voorspanning, wel een grotere conusweerstand en dichtheid verkrijgen. Gezien het bovenstaande diende daarom met de trilnaald niet in pleistoceenzand met conusweerstand  $> 15 \text{ MN/m}^2$  te worden gekomen.

### Sub d Maximale dieptebereik verdichtingsschip

Met het ontworpen verdichtingsschip was het mogelijk een ca. 15 m dik zandpakket te verdichten, met als ondergrens 35 m - N.A.P. (incidenteel kon tot 38 m - N.A.P. worden gegaan waarvoor echter enige aanpassingen aan het verdichtingsschip benodigd waren zoals verlengen van de naalden).

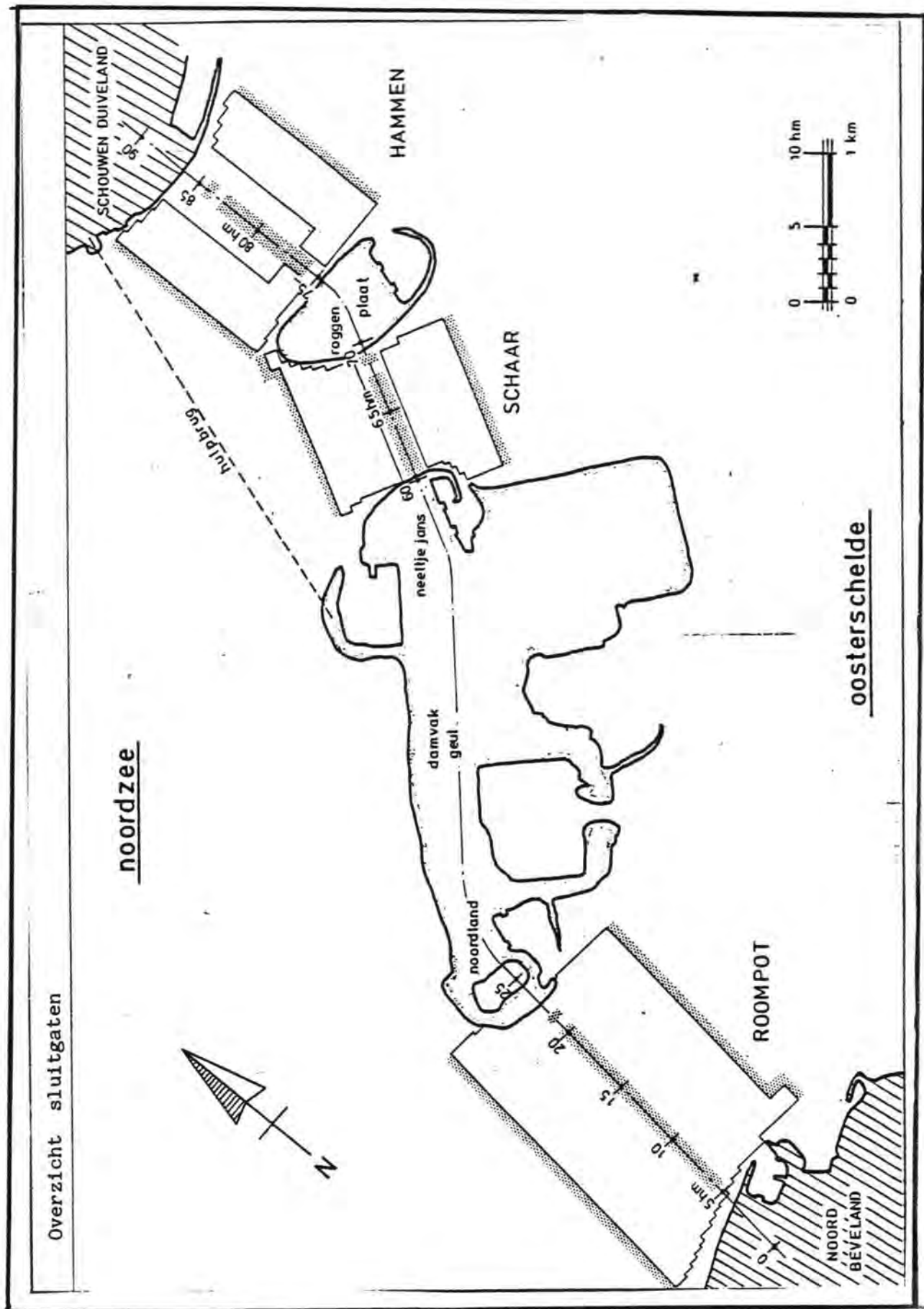
De minimale bodemdiepte van waaraf m.b.v. de Mytilus kan worden verdicht bedraagt ca. 7,5 m - N.A.P.

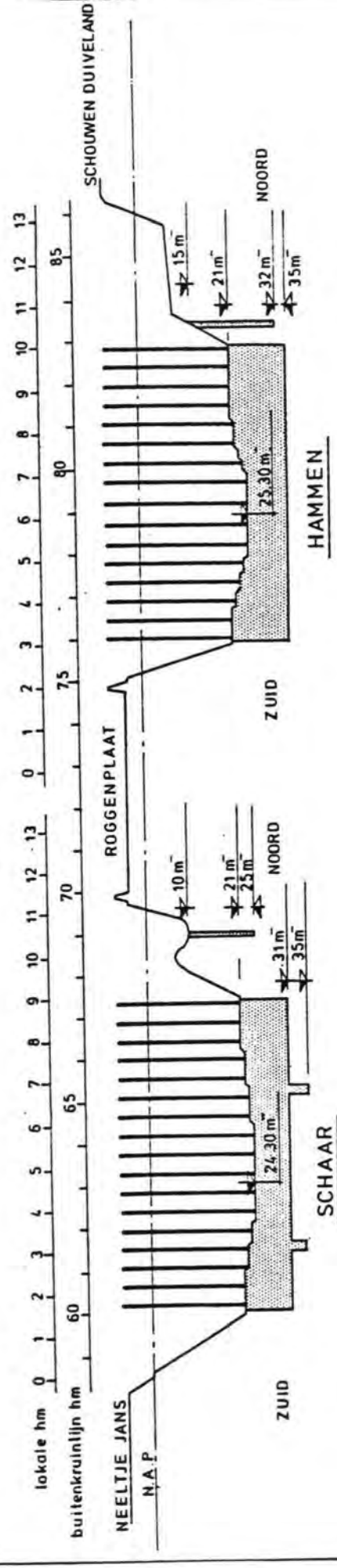
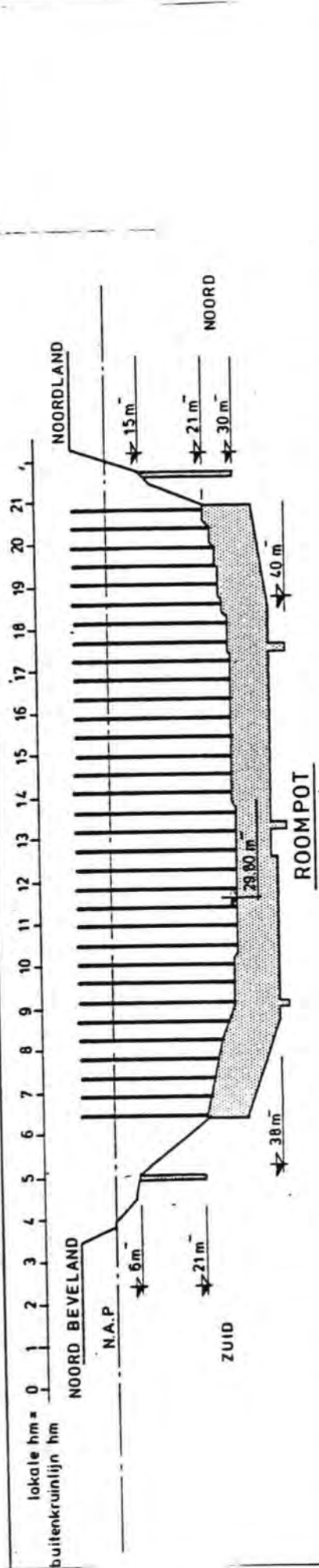
M.b.v. de uitgangspunten a t/m d is de verticale verdichtingsomvang bepaald, zoals die in figuur 3.1. is weergegeven. Het verdichte zand had voor ca. 80% van het totaal de classificatie matig fijn tot matig grof ( $d_{60} = 200\text{-}250 \mu\text{m}$ ) en een siltpercentage  $< 5 \%$ . Het overige te verdichten zand was vrij schoon en had de classificatie zeef grof ( $d_{60} \approx 300 \mu\text{m}$ ).

### 3.1.2. Horizontale verdichtingsomvang

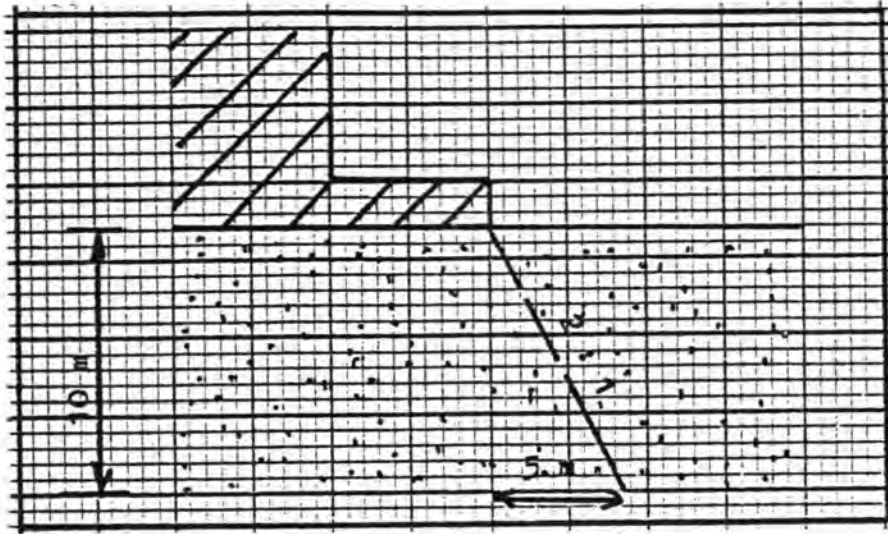
De uitgangspunten voor de horizontale verdichtingsomvang waren als volgt (zie ook FOP-III nota):

De waterspanningsgeneratie treedt niet alleen in de zandgrond onder de pijlers op, maar ook enige meters buiten de rand van de voetplaat. In dit gebied komt zelfs de grootste bijdrage van de deformatie en rotatie en de verschillen in deformatie en rotatie. Om deze redenen was het noodzakelijk de verdichting tot buiten de rand van de voetplaat door te voeren, en wel aan de Oosterscheldezijde tot ca. 16 m buiten de rand en aan de zeezijde tot ca. 12 m buiten de rand (horizontale verdichtingsomvang  $\perp$  as). De horizontale verdichtingsomvang //as t.p.v. de eerste en laatste pijler in een sluitgat werd gesteld op 5 m. Bij deze 5 m is uitgegaan van een verticale verdichtingsdiepte van 10 m onder de voetplaat en een belastingspreiding van 2:1 (zie ook nota 2PROBU-M-79047).





VOOR GEDETAILLEERDE HECTOMETRERING EN DIEPTEMATEN VAN HET TE VERDICHTEN GEBIED ZIE TEK. RWS. DD Nr 79.4.267 - VERTIKALE VERDICHTINGSOMVANG



figuur 3.2.

Of de ondergrond, gelegen tussen de pijlers, al of niet verdicht diende te worden, hing af van de volgende factoren:

- a) zettingen van de drempel
- b) mogelijke ontspanning van de verdichte grond onder de pijler door zijdelingse belasting, hetgeen deformatieverschillen kan veroorzaken
- c) mindere verdichtingsgraad in de omgeving van de randtrilpunten

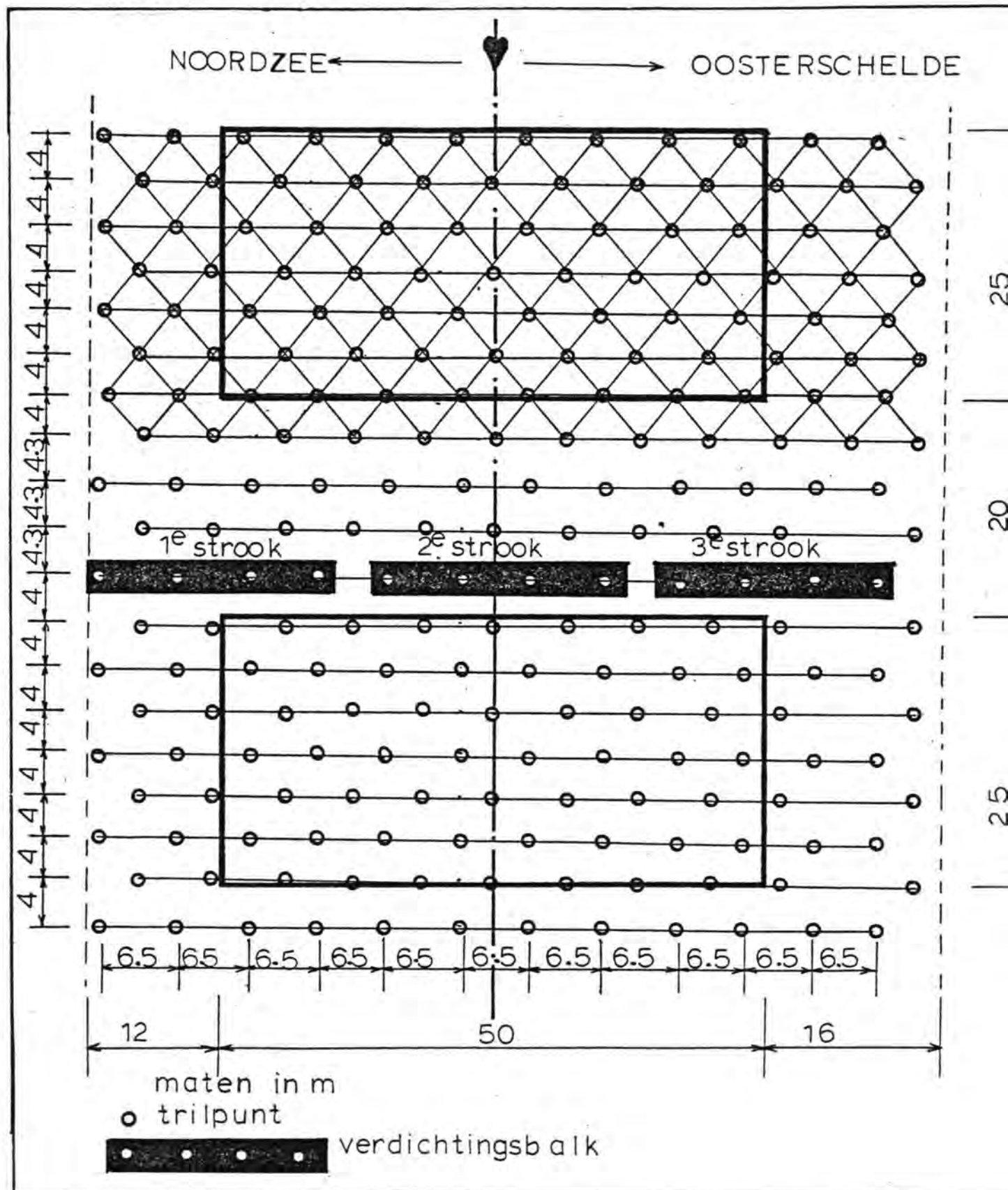
Daar de invloeden a t/m c niet volledig waren te bepalen, werd besloten de ondergrond gelegen tussen de pijlers eveneens te verdichten.

In figuur 3.3. is een schematisatie van de toegepaste horizontale verdichtingsomvang weergegeven.

### 3.2. Verdichtingsomvang t.p.v. de "getrokken" pylonen (t.b.v. voormalige kabelbaan)

Op een 11-tal plaatsen in het as-tracé (Roompot Landhoofd noord en zuid, R7, R16, R25/R26, Schaar landhoofd noord, S4, S12/S13, Hammen landhoofd noord, H1 en H9) kwam t.p.v. "getrokken" pylonen een gebied (diameter ca. 20 m) voor met lage conusweerstand van ca. 2 - 7 MN/m<sup>2</sup>. Deze "slappere" lagen waren het gevolg van het trekken van de voormalige kabelbaanpylonen. T.p.v. de pijlers strekte dit gebied zich zelfs uit tot beneden de te verdichten zone (ca. 3 tot 8 m).

Het niet verdichten van deze gebieden met lage conusweerstand zou grotere deformaties en rotaties (en -verschillen) van de pijlerconstructie tot gevolg hebben.



figuur 3.3.

### 3.2.1. "Getrokken" pylonen t.p.v. landhoofden

T.p.v. de landhoofden (Roompot noord en zuid, Schaar noord en Hammen noord) diende de verslechterde grondslag t.p.v. de "getrokken" pylonen te worden verdicht tot 15 m - cunet bodem (maximaal verdichtingsbereik zonder trilnaald verlenging), onafhankelijk van de te kiezen oplossing voor de landhoofdconstructie (zie ook nota 12DALA-M-79017 d.d. 17 april 1979). De onderbegrenzing van de verdichting t.p.v. deze gebieden kwam zodoende te liggen op:

landhoofd	onderbegrenzing verdichting t.p.v. getrokken pylonen (m - N.A.P.)
R zuid	21
R noord	30
S noord	25
H noord	33

Bij deze verdichtingsdiepte van 15 m - cunetbodem zijn de extra rotaties en deformaties t.g.v. het niet verdichten van het overgebleven gebied met lage conusweerstand nihil; tevens is vrijwel het verwekingsgevaar geëlimineerd.

### 3.2.2. "Getrokken" pylonen t.p.v. pijlers

Voor de maatgevende pijlers S12 en R16, waar de grondslag het meest verstoord was, is berekend wat de invloed op de rotaties en deformaties van de pijlerconstructie is indien t.p.v. de gebieden met de lage conusweerstand slechts tot 35 m - N.A.P. (= maximaal haalbare verdichtingsdiepte zonder trilnaaldverlenging) wordt verdicht; er blijft dan beneden 35 m - N.A.P. een gebied, variërend van ca. 3 tot 8 m lengte ( $\phi$  20 m), over met lage conusweerstand ( $2 - 7 \text{ MN/m}^2$ ). Deze berekeningen hebben alleen betrekking op de extra zettingen t.g.v. een plaatselijke verstoring in de ondergrond en dus niet op verweking van het gebied met lage conusweerstand.

Uit deze berekeningen blijkt dat, indien t.p.v. de "getrokken" pylonen slechts tot 35 m - N.A.P. zou worden verdicht, t.g.v. het niet verdichten van het overgebleven, beneden 35 m - N.A.P. gelegen, gebied met lage conusweerstand, de maximaal te verwachten invloed op de dwarsrotaties in alle gevallen minder dan 5% bedraagt. De invloed op de gemiddelde zettingen is wat groter, nl. ca. 10%; dit is echter toelaatbaar.

De invloed op de translaties en de langsrotaties zal nog minder dan 5% bedragen, daar de verstoorde zone vrijwel symmetrisch t.o.v. de langsas is gelegen.



Er kon dan ook worden geconcludeerd dat uit deformatieoogpunt de verstoorde zones beneden 35 m - N.A.P. zonder bezwaar aanwezig kunnen blijven. Uit dit oogpunt behoeften derhalve geen extra verdichtingsmaatregelen (trilnaald verlenging) te worden overwogen.

Echter, naast het deformatie criterium is er nog het verwekingscriterium. T.g.v. cyclische golfbelastingen ontstaan er in zandgrond met lage conusweerstand en lage dichtheden wateroverspanningen, welke verweking van de zandgrond tot gevolg hebben. Hierdoor ontstaan er toelaatbare rotaties en deformaties. Het verwekingsgevaar kan vrijwel in zijn geheel worden gereduceerd, indien vanaf niveau onderkant voetplaat pijler tot ca. 8 à 10 m hierbeneden de grond een conusweerstand van  $\geq 13 - 15 \text{ MN/m}^2$  bezit (in dit geval is het poriëngehalte vrijwel  $\leq 40\%$ ). Dit bovenstaande verwekingscriterium bleek t.o.v. het deformatie criterium maatgevend te zijn. Onder toepassing van de hiervoor vermelde criteria, is tot de in de tabel vermelde verdichtingsdiepten t.p.v. de "getrokken" pylonen gekomen.

pyloon nr.	tpv pijler c.q. landhoofd	niveau onderk. voetplaatpijler c.q. cu-netbodem (m - NAP)	verdichtingsdiepte tpv pijler (m - NAP)	onderkant verstorings tpv "getrokken" pylonen (m - NAP)	verdichtingsdiepte tpv "getrokken" pylonen (m - NAP)	Toelichting
1	RLH Zuid	6		28,5	21	15 m beneden bodem verdicht
2	R7	29	38	43	40	Er werd reeds hier ter plaatse met verlengde naalden gewerkt; tpv de "getrokken" pyloon moest een paar meter meer worden verdicht
3	R16	30	35,5	43	40	Verwekingscriterium is maatgevend; R16 is tevens één van de zwaarst belaste pijlers → <u>naaldverlenging (plaatselijk)</u>
4	R26	27,5	34	44	40	verwekingscriterium is maatgevend → <u>naaldverlenging (plaatselijk)</u>
5	RLH Noord	15		35	30	15 m beneden bodem verdicht
6	S4	22,5	30	34	34	Plaatselijk een paar meter meer verdicht (verwekingscriterium is maatgevend)
7	S12/S13	22,5-23,5	30-31	42	35	Plaatselijk een paar meter meer verdicht (verwekingscriterium is maatgevend).
8	SLH Noord	10		31	25	15 m beneden bodem verdicht
9	H1	21,5	32	35	35	Plaatselijk een paar meter meer verdicht
10	H9	25,5	35	39	35	
11	HLH Noord	18		36	33	15 m beneden bodem verdicht

### 3.3. Uitgangspunten voor het eventueel weglaten van verdichtingspunten

In principe zou er met vier trilnaalden tegelijk worden getrild. Van te voren was echter reeds voorzien dat dit, vanwege reparatie aan en uitwisselen van naalden c.q. naaldonderdelen, bij lange na niet altijd mogelijk zou zijn.

Teneinde de invloed van naalduitval op de voortgangsnelheid zoveel mogelijk te beperken, is geanalyseerd in welke situaties een verdichtingspunt zou kunnen worden weggelaten. Hierbij waren 3 situaties te onderscheiden:

- a) gebied tussen de pijlers
- b) gebied randpijlers-aansluiting damaanzetten
- c) t.p.v. de pijlers

#### 3.3.1. Weglaten verdichtingspunten t.p.v. gebied tussen pijlers

Het aantal verdichtingspunten tussen de pijlers wordt bepaald door:

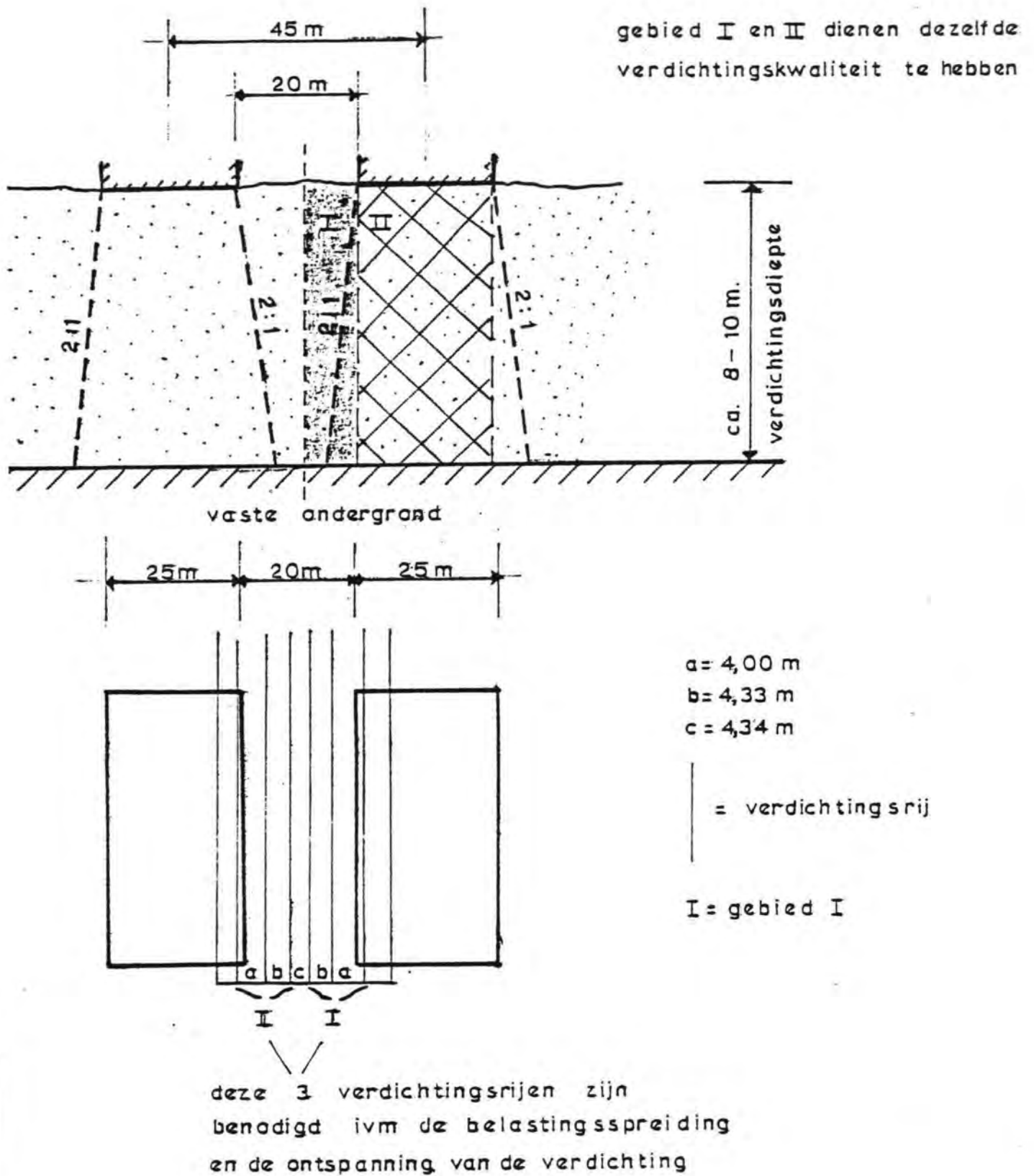
- a) belastingspreiding
- b) ontspanning van de verdichting
- c) drempeldeformaties

1. T.b.v. a en b moeten naast de pijler minimaal 2 verdichtingsrijen aanwezig zijn, de h.o.h. afstand tussen deze rijen dient vrijwel gelijk te zijn als die t.p.v. de pijlers zelf (zie ook figuur 3.4.)

2. Drempeldeformatie t.g.v. de deformaties van de ondergrond tussen de pijlers is voor het ontstaan van een spleet onder de dorpelbalk niet meer van belang. Deze deformaties zijn wel belangrijk voor de grondspanning op de teenconstructie van de pijlers.

Om de deformaties tussen de pijlers beperkt te houden mag de stapafstand tussen de pijlers niet meer dan 6 m bedragen.

Uit het bovenstaande blijkt dat uit het oogpunt van de belastingspreiding en de ontspanning van de verdichting de horizontale stapafstand tussen de pijlers vrijwel dezelfde dient te zijn als t.p.v. de pijlers zelf. Daar de afstand tussen de randen van 2 aangrenzende pijlers slechts 20 m bedraagt, impliceert dit dat er geen enkele verdichtingsrij tussen de pijlers kan worden weggelaten (vergroting van de horizontale stapafstand tussen de pijlers zou betekenen het eventueel weg kunnen laten van één verdichtingsrij).



figuur 3.4.

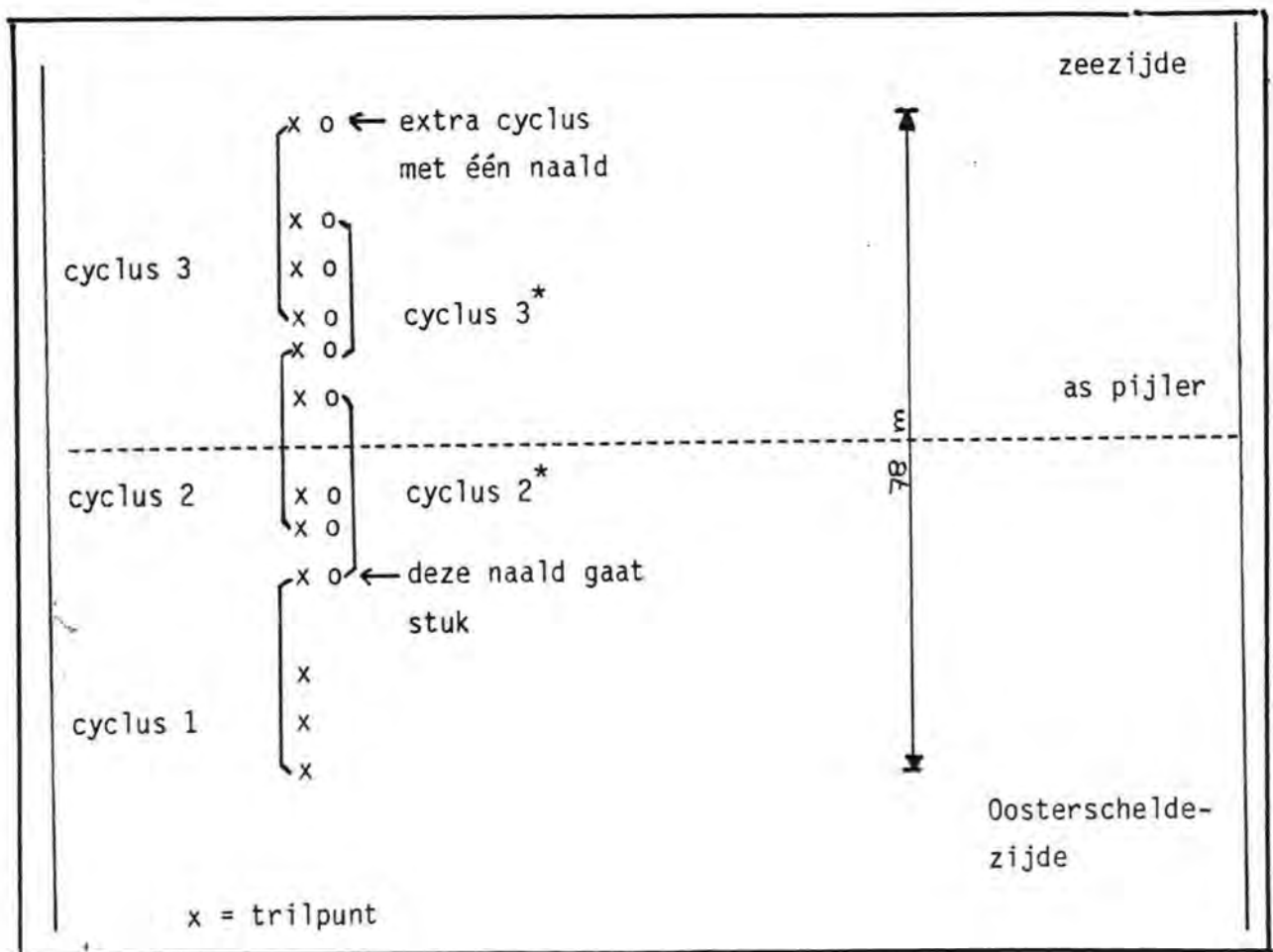
### 3.3.2. Weglaten verdichtingspunten t.p.v. gebied randpijlers aansluiting damaan-zetten

T.p.v. de randpijlers in het gebied wat grenst aan de damaan-zetten, dienen minstens 2 verdichtingsrijen aanwezig te zijn, met een horizontale stapafstand welke vrijwel gelijk is aan die t.p.v. de pijlers zelf. Deze 2 verdichtingsrijen dienen om de volgende redenen aanwezig te zijn:

- \* belastingspreiding pijler
- \* ontspanning van de verdichting
- \* homogeniteit (spanningsverdeling betonconstructie)
- \* bouwfase deformaties en stabiliteit pijlerconstructie
- \* deformaties blokkendam (grondrukken op zijwand en teenconstructie van de randpijler)

### 3.3.3. Weglaten verdichtingspunten t.p.v. de pijlers

Indien er tijdens het verdichten één naald "stuk" gaat, wordt de betreffende cyclus met 3 naalden afgewerkt. De in figuur 3.5. weergegeven situatie kan zich voordoen:



figuur 3.5.

Tijdens bijv. de 1e cyclus van de totale 78m strook gaat één naald (nr. 4) "stuk". Naderhand kan de 2e en 3e cyclus van die strook weer met 4 naalden worden afgewerkt. Aan het eind resteert dan nog één verdichtingspunt van de oorspronkelijke 3e cyclus. Voor het verdichten van dit ene punt zou dan een extra 4e cyclus met één trilnaald benodigd zijn, daar de werkriching van de Mytilus evenwijdig aan de as is (de geleidebalk staat steeds loodrecht op de as). De vraag is of dit resterende verdichtingspunt nog dient te worden verdicht (NB er kunnen zich ook andere gevallen voordoen waardoor dezelfde situatie optreedt).

I.v.m. de wateroverspanningsgeneratie (invloed op de stabiliteit en de deformaties van de pijlers) moet de verdichting aan de Oosterscheldezijde van de pijler worden doorgezet tot 16 m buiten de rand van de pijler; aan de Noordzeezijde tot 12 m buiten de rand van de pijler.

Uit een verdere analyse is gebleken dat slechts aan de Oosterscheldezijde t.p.v. de buitenste rij verdichtingspunten maximaal één verdichtingspunt per pijler kan worden weggelaten (i.v.m. "stuk" gaan van één der naalden). Hetzelfde geldt voor het gebied tussen de pijlers, zij het dat het "weglaat" punt van de pijler niet mag grenzen aan het "weglaat" punt tussen de pijlers.

### 3.4. De verdichtingseisen

#### 3.4.1. Grondmechanische uitgangspunten (zie ook FOP IV-nota)

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de uitgangspunten welke hebben geleid tot de berekende ontwerpdeformaties van de pijlers. Het betreft een samenvatting van hetgeen reeds in de FOP-nota's III en IV, alsmede in een aantal WT-notities is vastgelegd.

#### Ontwerpuitgangspunten

##### Algemeen

Bij het vaststellen van de grondmechanische deformaties is niet steeds uitgegaan van maximale deformaties (bovengrensschattingen) maar is onderscheid gemaakt in reële te verwachten verplaatsingen en in een mogelijke spreiding van deze deformaties.

De deformaties zijn uitgedrukt in absolute en relatieve waarden. Absoluut betreft de verplaatsing van de pijler; relatief heeft betrekking op het verschil tussen twee pijlers, dus op de schuif ertussen. De verplaatsingen ten gevolge van stormbelastingen dienen te worden opgevat als blijvende verplaatsingen na afloop van de storm.

De belastingfasen zijn de volgende:

	fund.opp.	inbedding	belasting
I 1. plaatsen pijler	2 x 4 x 45	-	$\Delta V$
2. waterballasten pijler	2 x 4 x 45	-	$\Delta V$
II 3. bouwfase storm	2 x 4 x 45	-	$\Delta H_{x,y}; \Delta M_{x,y,z}$
4. aanbrenge n drempel	2 x 4 x 45	+	$\Delta V$ ( $\Delta M_x$ )
III 5. leegpompen pijler	2 x 4 x 45	+	$\Delta V$
IV 6. bouwfase storm	2 x 4 x 45	+	$\Delta H_{x,y}; \Delta M_{x,y,z}$
7. grouten	25 x 50	+	$\Delta V$
V 8. afbouw	25 x 50	+	$\Delta V$
8a blokkendam	25 x 50	+	$\Delta V$ ( $\Delta M_x$ )
9. eindfase storm	25 x 50	+	$\Delta H_{x,y}; \Delta M_{x,y}$
VI 9a opbouw hor. gronddruk	25 x 50	+	$\Delta H_y; \Delta M_x$

Toegepaste rekenmethoden voor de absolute deformaties

De verplaatsingen zijn berekend met behulp van verschillende rekenprogramma's. De fasen I, III en V zijn bepaald met het LGM programma "Zetting". Voor de fasen II en IV is in hoofdzaak Consol gebruikt terwijl voor fase IV Consol en het beddingsconstante programma gehanteerd zijn. Teneinde de hoeveelheid berekeningen te beperken zijn de pijlers ingedeeld in een aantal representatieve groepen (qua belasting en qua grondcondities).

Voor iedere pijler is, uitgaande van een gemiddeld conusweerstandprofiel en de verdichtingsomvang de gemiddelde samendrukkingsconstante  $C$  bepaald ( $C = 3 * \bar{q}$ ). De volgende grondparameters zijn daarbij aangehouden:

grondlaag	$\bar{q}_c$	$\bar{C}_{\text{terzaghi}}$
- fundatiemat 0,80 m	150	450
- verdicht holocene/grondverbetering	150	450
- onverdicht zand	$q_{ci}$	$3 * q_{ci}$
- vast pleistoceen, tot 100 m beneden funderingsniveau	250	750

$q_c$  is conusweerstand in ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

De resultaten van de representatieve pijlergroepen zijn vervolgens naar de overige pijlers geëxtrapoleerd waarbij de volgende regels in acht genomen zijn:

- alle deformaties zijn omgekeerd evenredig met  $\bar{C}$
- de translaties zijn evenredig met de horizontale belasting
- de rotaties zijn evenredig met het moment
- de zettingen zijn evenredig met het gewicht

3.4.2. Betrouwbaarheidsanalyse van de rekenmethoden

Met behulp van genoemde rekenmethoden zijn de rekenwaarden van de deformaties per pijler bepaald.

Uit deze rekenwaarde zijn de gemiddelde en de spreiding van de deformaties geschat aan de hand de resultaten van een betrouwbaarheidsanalyse van de toegepaste rekenmethoden.



Er is onderscheid gemaakt in de kwaliteit van het rekenmodel en de onzekerheid in de ingevoerde grondparameters.

a) Voor wat betreft de stormdeformaties is de betrouwbaarheidsanalyse alleen voor Consol uitgevoerd. Deze is getoetst aan een betrouwbaarheidsanalyse van de Katsproeven M1 en M2 (zie voor de Katsproeven de desbetreffende rapporten).

In deze analyse zijn de volgende factoren beoordeeld:

- schematische reken- en schaalmodel
- onzekerheid cyclisch gedrag
- verschil materiaaleigenschappen model en prototype
- inhomogeniteit ondergrond: de toename van de rotaties is bepaald bij grondcondities die volgens de meest ongunstige verdeling maximaal een factor 1.5 in stijfheid varieëren
- aandeel blijvende deformaties

Het beddingsconstante-programma is als een betrekkelijk eenvoudig en goedkoop productie-programma opgevat en als zodanig niet kwalitatief beschouwd. Gebleken is dat de laatste versie van het programma (mei 1978) voor de eindfase stormdeformatie-uitkomsten geven die in redelijk constante verhouding staan tot de Consol-uitkomsten.

Aldus zijn voor de verschillende stormbelastingen factoren bepaald voor Consol en beddingconstantemethode, waarmee genoemde rekenwaarden worden vermenigvuldigd om te komen tot een reële schatting en een bovengrensschatting. Deze factoren zijn in navolgende tabel verzameld:

	EINDFASE STORM-DEFORMATIES					
	LANGS			DWARS		
	reel $\lambda_{\mu}$	bovengrens $\lambda_{\mu} + 2\sigma$	spreiding $\lambda\sigma$	reel $\lambda_{\mu}$	bovengrens $\lambda_{\mu} + 2\sigma$	spreiding $\lambda\sigma$
CONSOL	0.90	2.10	0.60	0.90	2.70	0.90
BEDDINGSCONSTANTE	0.70	1.70	0.50	0.50	1.60	0.55
- rotatie	0.50	1.10	0.30	0.50	1.40	0.50
- translatie						
	BOUWFASE STORM-DEFORMATIES					
	LANGS/TORSIE			DWARS		
	reel $\lambda_{\mu}$	bovengrens $\lambda_{\mu} + 2\sigma$	spreiding $\lambda\sigma$	reel $\lambda_{\mu}$	bovengrens $\lambda_{\mu} + 2\sigma$	spreiding $\lambda\sigma$
CONSOL	0.80	1.85	0.55	0.90	2.70	0.90

In eerste instantie is uitgegaan van reële waarden en bovengrenswaarden.

Om echter aan te sluiten op een statistische verwerkingswijze zijn uit de reële en bovengrensschatting een gemiddelde  $\mu$  en een standaardafwijking  $\sigma$  bepaald:

-  $\mu$  komt overeen met de reële waarde van de deformatie

-  $\sigma$  volgt uit de opvatting dat de bovengrens waarde slechts in zeer uitzonderlijke gevallen (orde 1 à 2%) overschreden wordt. Immers bij de vaststelling van de bovengrens is ervan uitgegaan dat alle onzekerheden in model en parameters tegelijkertijd in ongunstige zin optreden. In statistische terminologie heeft de bovengrens een waarschijnlijkheid die niet groter is dan de kans die hoort bij een waarde  $\mu + 2\sigma$ .

Op deze wijze volgt  $\sigma$  uit:

$$\sigma = \frac{\text{bovengrensschatting} - \text{reële schatting}}{2} = \frac{(\mu + 2\sigma) - \mu}{2}$$

- b) Voor wat betreft de eigen-gewicht deformaties is eveneens een betrouwbaarheidsanalyse uitgevoerd. Gedurende het plaatsen van de pijlers tot en met de volledige afbouw treedt er een verandering van de verticale belasting op ribben en voetplaat op. Tengevolge van de mogelijke inhomogene grondslag worden, behalve verticale bezettingen, ook hoek verdraaiingen ( $\varphi_x$  en  $\varphi_y$ ) geïntroduceerd. Met het LGM-programma ZETTING zijn voor een 7-tal pijlergroepen, ingedeeld naar gewicht voor één standaard lagen pakket de zettingen berekend. Voor ontlasten (tijdens leegpompen) is een zwellingscoëfficiënt A gelijk aan 4 x de samendrukkingsconstante  $\bar{C}$  gebruikt.

Het programma ZETTING betekent volgens de methode Terzaghi-Buisman-Koppejan de zettingen onder invloed van aangebrachte belastingen. Het programma biedt de mogelijkheid om belastingen en ontlastingen aan te brengen in de vorm van onder meer oneindig uitgestrekte spanningen en rechthoekige platen. Door middel van de vormfactor ( $\alpha$ ) kan het verloop van de contactdruk tussen de platen en grond worden opgegeven. Voor stijve platen, zoals de ribben en bodemplaat van de pijler, moet de vormfactor zodanig gekozen worden dat de zetting van de pijler gelijkmatig is. De belastingfasen zijn: (groepen I, III en V)

plaatsen - waterballasten - drempelaanbrengen - leegpompen - afbouw pijler.

Voor de zettingen en scheefstanden zijn van het aanbrengen van de verticale statische belasting (groepen I, III en V) eveneens vermenigvuldigingsfactoren bepaald. Aangezien het statische rekenmodel aanzienlijk eenvoudiger is dan het cyclische model, is de spreiding overeenkomstig lager. De factoren zijn als volgt:

	reeel $\lambda\mu$	bovengrens $\lambda\mu + 2\sigma$	spreiding $\lambda\sigma$
ZETTING	1.00	1.20	0.10

vermenigvuldigingsfactoren deformaties groepen I, III en V

### 3.4.3. Uitgevoerde berekeningen voor de absolute deformaties

#### a) deformaties ten gevolge van bouwfase stormen:

De dwarsdeformaties zijn gebaseerd op enkele consol berekeningen voor fasen II en IV voor een aantal pijlergroepen. Met behulp van voornoemde extrapolatie regels zijn de deformaties voor alle pijlers vastgesteld onder invoering van de factoren zoals vermeld in voorgaande tabellen.

De langsdeformaties zijn geschat uit berekeningsresultaten voor een oplegvariant: 2 grondvlakken van  $8 \times 25 \text{ m}^2$ , in een vroeger stadium berekend. Een tweede extrapolatie is gemaakt uit de consol berekeningen voor dwarsdeformaties om de invloed van de drempel in rekening te brengen. De deformaties voor elke pijler zijn eveneens met voornoemde extrapolatieregels bepaald.

De hoekverdraaiing om de verticale as is bepaald aan de hand van consolberekeningsresultaten.

#### b) deformaties ten gevolge van de eindfasen storm:

De langs- en dwarsdeformaties zijn berekend met het beddingsconstanteprogramma.

Zettingen ten gevolge van de eindfase storm. Deze zijn bepaald uit de resultaten van de 1:10 modelproef te Kats en de Schelphoekproeven en zijn voor alle pijlers gelijk gesteld aan  $\mu(z) = 15 \text{ mm}$   $\sigma(z) = 17 \text{ mm}$ .

#### c) Zettingen ten gevolge van de eigen-gewichtsbelastingen. Deze berekeningen zijn voor de diverse pijlergroepen bepaald met behulp van het programma "zetting". Met in achtneming van de extrapolatieregels zijn de deformaties voor alle pijlers bepaald.

Voor één van de fasen met bouwfasestorm is een probabilistische studie gemaakt t.a.v. de deformaties en rotaties. De conclusie van deze studie was, dat de wijzigingen t.o.v. de reeds berekende waarde te gering waren om een dergelijke benadering te gaan volgen voor alle bouwfases. Evenzo is de invloed van een andere wijziging in het ontwerp n.l. het dunne fundatiebed i.p.v. het dikke grofweg vertaald in een procentueel verschil van de deformaties en rotaties. De invloed van deze wijziging was zodanig dat een gedetailleerde berekening niet zinvol was.

#### 3.4.4. Randpijlers

Voor de deformaties van de fasen I en II, d.w.z. vóór het aanbrengen van de drempel, is er geen principieel verschil tussen de randpijlers en de overige pijlers, zodat dezelfde procedure gevolgd is als voor de niet-randpijlers. Echter, de C waarden zijn, waar nodig enigszins verhoogd i.v.m. het voorbelastend effect door de oorspronkelijk hogere bodemligging. Dit effect treedt vooral bij S1 op, omdat deze in het reeds aanwezige damvak Geul gesitueerd is en bedraagt 15%. Voor de overige pijlers ligt dit tussen 0 en 10%.

De randpijlers onderscheiden zich van de overige pijlers door de aanwezigheid van een blokkendam tot 5.80 + aan één langswand van de pijlers. Deze dam wordt in 2 fasen in rekening gebracht. Allereerst wordt in de aanbrengfase van de drempel reeds een ca. 7.5 m hogere drempel aan damzijde aangebracht (fase III). Na het grouten wordt de blokkendam tot op de volledige hoogte gebracht (fase V).

Als gevolg van deze extra gewichtstoename, die excentrisch t.o.v. de middenlangsdoorsnede is, treden extra dwarsrotaties op, waarbij de pijler van de damzijde af roteert. Bovendien kan door de verdichtende werking van de cyclische golfbelasting de horizontale gronddruk tijdens de eindfase oplopen, waardoor ook extra dwarsrotaties optreden (groep V).

De invloed van de blokkendam is als volgt in rekening gebracht:

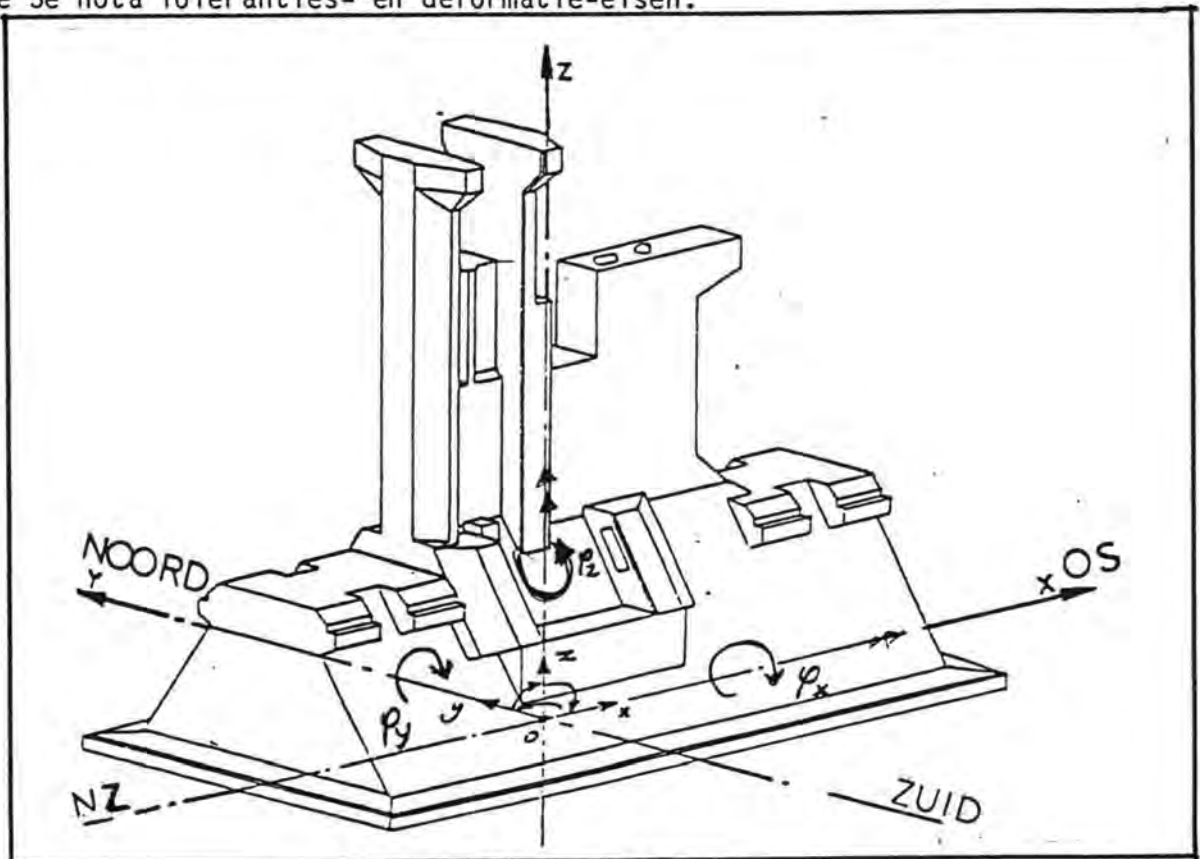
Tijdens het aanbrengen van de extra 7,5 m losgestort drempelmateriaal zal het drempeldeel boven de pijler minder zakken dan direct naast de pijler. Hierdoor zal een verticale wrijvingskracht in het vlak langs de teen ontwikkeld worden. Deze kracht resulteert in een moment t.o.v. de hartlijn van de pijler en kan maximaal gelijk worden (bij een  $\varphi$ -waarde van  $45^\circ$  in de aanstorting) aan de totale horizontale gronddruk. Echter deze horizontale gronddruk component veroorzaakt een tegenwerkend dwarsmoment t.o.v. de pijler hartlijn. De pijler zal zich t.g.v. het resulterend moment enigszins tegen de drempelophoging in willen bewegen, waardoor t.g.v. dwarsrotatie van de pijler, ook een tegenwerkend moment in het fundatievlak zal ontstaan. Uit het momenten evenwicht kan dan de hoekverdraaiing  $\varphi_x$  en de zakking  $z$  berekend worden.

Voor de bouwphase storm na aanbrengen van de drempel is voor de dwarsverplaatsingen tegen de blokkendam in, een reductie toegepast i.v.m. de drempel. De langs- en torsieverplaatsingen zijn, omdat deze minder kritisch voor het ontwerp zijn, op dezelfde wijze bepaald als bij de niet-randpijlers. Uiteraard met inachtneming van de gecorrigeerde C waarden en de vermenigvuldigingsfactoren. De eindfase storm deformaties voor de randpijlers zijn eveneens op dezelfde wijze bepaald als voor de niet-randpijlers. Aangezien de blokkendam een remmende werking op de langsbeweging van de pijler heeft, kan worden gesteld dat de hierboven bepaalde deformaties enigszins aan de hoge en dus veilige kant zijn.

### 3.4.5. Assenstelsel en tekenafspraken

Bij het assenstelsel dat is gehanteerd in de FOP IV-nota is de y-as gekoppeld aan het sluitgat grid. Hieruit volgt een niet-eenduidige tekenafpraak in relatie tot de assenstelsels die zijn gekozen voor andere activiteiten. Daarom wordt de richting van de grondmechanische deformaties opnieuw éénduidig vastgelegd:

Het assenstelsel waarin de grondmechanische deformaties voor alle pijlers moeten worden uitgedrukt, is het tolerantie-grid zoals dat is gedefinieerd in de 3e nota Toleranties- en deformatie-eisen.



figuur 3.6.

Voor het bepalen van de richting van de deformaties (pos. of neg. deformaties), moet onderscheid worden gemaakt tussen:

- de voorspelling van deformaties voordat de verdichtingsresultaten bekend zijn (ontwerpfase) en nadat de verdichtingsresultaten bekend zijn.
- de deformaties van de randpijlers en de overige pijlers.

Uit een studie naar de richting van de belasting op de pijlers blijkt dat alleen voor een randpijler en in mindere mate ook voor de direct daarnaast gelegen pijler, de richting van de stormbelasting éénduidig is te definiëren. Dit betekent dat de richting van de deformaties voor deze pijlers vastligt.

Voor de overige pijlers is vanuit de belasting geen voorkeursrichting van de gemiddelde stormdeformaties aan te geven.

Voor het berekenen van de schuifgeleidingsbreedte, opleggingen etc. betekent dit dat voor het ontwerp zowel met pos. als neg. gemiddelde stormdeformaties moet worden gerekend.

Uitwerking van het voorgaande geeft voor de richting van de grondmechanische deformaties voor de niet-randpijlers:

- 1) - Ontwerpfase (verdichtingsresultaat nog niet bekend).

gewichtsbelastingen:

Absolute deformatie:

$$\begin{array}{ll} x = 0 & \varphi_{xgem} = 0 \\ y = 0 & \varphi_{ygem} = 0 \\ z_{gem} < 0 & \varphi_z = 0 \end{array}$$

Relatieve deformaties:

De relatieve deformatie tussen 2 pijlers is als volgt gedefinieerd:

$$\mu_{rel.i} = \mu_{i+1} - \mu_i$$

Bij deze definiering correspondeert de index  $i$  met de nummering van de pijlers, waarbij  $i$  toeneemt in de richting van de pos.  $y$ -as. De index  $i$  in  $\mu_{rel.i}$  geeft de schuif c.q. verkeerskoker etc. aan waarvoor de relatieve deformatie geldt. Voor de berekening van  $\sigma_{rel.i}$  geldt dat er geen correlatie bestaat tussen de spreiding in de deformaties van twee naast elkaar gelegen pijlers zodat:

$$\sigma_{rel.i} = \sqrt{\sigma_{i+1}^2 + \sigma_i^2}$$

Stormbelastingen geldt

$$\begin{array}{ll} X_{gem} > 0 & \varphi_{xgem} > 0 \text{ en } < 0 \\ Y_{gem} > 0 \text{ en } < 0 & \varphi_{ygem} > 0 \\ Z_{gem} \leq 0 & \varphi_{zgem} > 0 \text{ en } < 0 \end{array}$$

Voor de spreiding van de relatieve deformaties geldt dat er nu wel een zekere correlatie is (correlatiefactor = 0,75), zodat

$$\sigma_{rel. i} = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_{i+1}^2 - 2 * 0.75 * \sigma_i * \sigma_{i+1}}$$

2) De verdichtingsresultaten bekend zijn:

Gewichtsbelastingen: Aan de gemiddelde deformatie kan een richting kan worden toegekend.

$$\begin{array}{ll} X = 0 & \varphi_{xgem} \geq 0 \text{ of } < 0 \\ Y = 0 & \varphi_{ygem} \geq 0 \text{ of } < 0 \\ Z_{gem} \leq 0 & \varphi_z = 0 \end{array}$$

De relatieve deformaties worden op dezelfde wijze berekend als voor de ontwerp-fase.

Stormbelastingen: Er kan, nadat de verdichtingsresultaten bekend zijn, geen uitspraak worden gedaan over de richting van de deformaties, omdat de richting van de belasting onbekend is.

Voor  $\varphi_x$  en  $\varphi_z$  dient evenals in de ontwerp-fase zowel met een pos. als neg. gemiddelde deformatie te worden gerekend.

Voor de randpijler geldt dat in de fasen II, IV en VI de richting van y bekend is en dus ook de richting van  $\varphi_x$ . Dit geldt zowel voor de ontwerp-fase als voor de fase wanneer de verdichtingresultaten bekend zijn.

Bij de bepaling van de deformaties van de randschuiven is voor de verplaatsing van de 2<sup>de</sup> pijler dezelfde richting aangehouden als van de randpijlers.

### 3.4.6. Resultaat van de berekeningen

Het resultaat van de berekeningen is weergegeven in de navolgende tabellen.





Teken B.f.I, III, V B.f.II, IV, VI	0			-			0			+ of -			0			+ of -			0				
	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\sigma$		
H2	I	0	0	0	0	0	-47	6	-1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	4	3	0	2	4	-5	5	0	4	0	3	4	0	0	0	0	0	.15	.10	-0.05	0.05	
	III	0	0	0	0	0	-5	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	IV	6	4	-1	3	3	-1	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	.20	.15	0	0.10
	V	0	0	0	0	0	-9	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	22	18	-3	12	6	-21	17	0	12	0	4	0	4	0	0	.60	.40	.10	.35	0	0	0
H3	I	0	0	0	0	0	-46	6	-3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	4	-5	5	0	4	.30	.30	-.10	.20	0	.10	.05	0	0	.10	.10	0	.05
	III	0	0	0	0	0	-6	2	-1	3	0	0	0	.50	0	0	.20	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	0	.10	.10	0	0	.20	.10	-.10	.05
	V	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	0	0	.35	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	VI	19	15	-1	10	6	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	0	.70	.50	.10	.35	0	0	0	0
H4	I	0	0	0	0	0	-49	7	-1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	-5	5	0	4	.20	.20	.10	.20	0	.10	.05	0	.10	.10	-.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	-7	2	1	3	0	0	0	.50	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	0	.10	.10	0	.10	.10	0	0	.05
	V	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	0	0	.35	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	VI	18	14	3	11	5	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	0	.80	.50	0	.35	0	0	0	0
H5	I	0	0	0	0	0	-50	7	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	4	-5	5	0	4	.30	.30	.10	.20	0	.10	.05	-0.05	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	-6	2	1	3	0	0	0	.50	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	0	.10	.10	0	.10	.10	0	0	.05
	V	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	0	0	.35	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	VI	21	17	7	15	3	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	0	.80	.50	0	.40	0	0	0	0
H6	I	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	2	0	2	2	-5	5	0	4	.20	.15	0	.15	0	.05	.05	0	.05	.05	0	0	.05
	III	0	0	0	0	0	-5	1	-1	2	0	0	0	.55	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	0	.10	.10	0	.10	.10	0	0	.05
	V	0	0	0	0	0	-10	3	1	4	0	0	0	.50	0	0	.15	0	0	0	0	0	0
	VI	28	22	-5	15	3	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	0	.80	.60	0	.40	0	0	0	0

Tekon B.f.I,III,V B.f.II,IV,VI	0		-		0		+ of -		0		+ of -		0	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
Pijler- nummer	x		z		y		φ <sub>x</sub>		φ <sub>y</sub>		φ <sub>z</sub>		abs	rel
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
H7	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	2	0	2	3	0	0	2	0	3	0	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	2	0	2	0	.10	.10	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	23	18	0	13	5	5	0	4	.80	.60	0	0	0
H8	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	2	0	2	3	0	2	0	.05	.05	0	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	2	0	2	.10	.10	0	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	23	18	0	13	5	5	0	4	.80	.50	0	0	0
H9	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	0	2	0	.10	.05	0	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	2	0	2	.10	.10	0	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	23	18	0	13	5	5	0	4	.80	.60	0	0	0
H10	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	0	2	0	.10	.05	0	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	2	2	0	2	.10	.10	0	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	23	18	-3	12	5	5	2	3	.80	.50	0	0	0
H11	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	0	2	0	.10	.05	0	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	1	3	3	0	2	0	.10	.10	0	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	20	16	-1	11	3	3	1	2	.80	.50	-0.05	.35	0

Teken B.f.I, III, V B.f.II, IV, VI	0		-		0		+ of -		0		+ of -		0	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
H12	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	3	1	2	0	0	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	19	16	5	13	4	3	-2	2	0	0	0	0	0
H13	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	3	1	3	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	4	3	0	2	0	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	24	19	0	13	2	2	0	2	0	0	0	0	0
H14	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	4	0	3	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	4	3	0	2	0	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	24	19	0	13	2	2	0	2	0	0	0	0	0
H15	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	4	0	3	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	4	3	-2	2	0	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	-33	1	0	0	0	0	0
	VI	24	19	0	13	2	2	0	2	0	0	0	0	0
S2	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	18	14	0	10	3	5	0	2	0	0	0	0	0

Tekenen B.f.I, III, V B.f.II, IV, VI	0		0		0		0		0		0	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
Pijler- nummer	x		y		z		$\varphi_x$		$\varphi_y$		$\varphi_z$	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
S3	I	0	0	0	0	0	0	1.20	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	0	.10	.10	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0.55	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	0	0	0.15	0	0	0	0.05
	V	0	0	0	0	0	0	0.60	0	0	0	0
	VI	18	14	-1	10	0	0	0.15	0	.20	.40	0
S4	I	0	0	0	0	0	0	1.20	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	0	.10	.10	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	.55	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	1	3	.15	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	.35	0	0	0	0
	VI	17	13	3	11	0	2	.15	0	.40	.40	0
S5	I	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	0	.10	.10	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	.60	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	0	3	.15	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	.35	0	0	0	0
	VI	20	16	1	12	0	2	.15	0	.40	.40	0
S6	I	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	0	.10	.10	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	.60	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	0	3	.15	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	.45	0	0	0	0
	VI	21	17	2	13	0	2	.15	0	.40	.40	0
S7	I	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	0	.10	.10	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	.60	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	0	3	.15	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	.45	0	0	0	0
	VI	23	19	0	13	0	2	.15	0	.40	.40	0

Teken B.f. I, III, V B.f. II, IV, VI	x		y		z		$\varphi_x$		$\varphi_y$		$\varphi_z$	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
S8	I	0	0	0	0	0	0	1.20	0	0	0	0
	II	4	3	0	1	4	0	.10	.05	0	.05	0
	III	0	0	0	0	4	0	.40	0	0	.25	0
	IV	6	4	-1	0	1	0	.20	.10	0	0	0
	V	0	0	0	0	4	0	0	.35	0	0	0
	VI	23	18	-4	12	0	12	.20	.20	0	0	0
S9	I	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	II	4	3	0	1	4	0	.15	.05	0	.05	0
	III	0	0	0	0	4	0	.40	0	0	.25	0
	IV	5	3	1	0	1	0	.20	.10	0	0	0
	V	0	0	0	0	4	0	0	.35	0	0	0
	VI	19	15	4	13	0	12	.20	.20	0	0	0
S10	I	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	1	4	.20	.15	0	.05	0
	III	0	0	0	0	4	0	.40	0	0	.30	0
	IV	6	4	0	0	1	0	.20	.15	0	0	0
	V	0	0	0	0	4	0	0	.25	0	0	0
	VI	23	19	-2	13	0	12	.20	.20	0	0	0
S11	I	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	4	.20	.15	0	.05	0
	III	0	0	0	0	4	0	.40	0	0	.30	0
	IV	6	4	-1	3	0	1	.20	.15	0	0	0
	V	0	0	0	0	4	0	0	.35	0	0	0
	VI	21	16	-3	11	0	12	.20	.20	0	0	0
S12	I	0	0	0	0	0	0	1.20	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	0	4	.20	.15	0	.05	0
	III	0	0	0	0	4	0	.35	0	0	.30	0
	IV	5	3	1	3	0	1	.20	.15	0	0	0
	V	0	0	0	0	4	0	0	.25	0	0	0
	VI	18	14	1	10	0	12	.20	.20	0	0	0



Tekens B.f. I, III, V B.f. II, IV, VI	0		0		0		0		0		0		0	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
Pijler- nummer	x		y		z		$\varphi_x$		$\varphi_y$		$\varphi_z$		abs	rel
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
R3	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	7	1	5	0	0	0	0	.15	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	8	5	-1	3	5	2	4	0	0	0	0	.20	.20
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	26	21	0	15	3	3	0	2	0	0	0	0	0
R4	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	6	5	0	4	0	0	0	.15	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	7	4	-1	3	7	6	1	4	0	0	0	.20	.20
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	26	20	-2	14	3	3	1	2	0	0	0	0	0
R5	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	6	5	0	4	0	0	0	.15	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	6	6	-2	4	0	0	0	.10	.20
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	24	19	0	14	2	2	2	3	0	0	0	0	0
R6	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	6	6	-1	4	0	0	0	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	4	4	1	3	0	0	0	.10	.20
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	24	19	4	15	4	4	1	3	0	0	0	0	0
R7	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	5	5	0	4	0	0	0	.10	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	0	0	0	.10	.20
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	28	22	1	16	5	5	0	4	0	0	0	0	0



Tekenen B.f. I, III, V B.f. II, IV, VI	0		-		0		+ of -		0		+ of -		0	
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
Pijler- nummer	x		y		z		$\varphi_x$		$\varphi_y$		$\varphi_z$		abs	rel
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
R8	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	29	23	0	16	0	12	0	0.20	0	0	0	0	0
R9	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	29	23	0	16	0	12	0	.20	0	.10	0	0	0
R10	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	29	23	0	16	0	12	0	.20	0	.10	0	0	0
R11	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	29	23	0	16	0	12	0	.20	0	.10	0	0	0
R12	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	29	23	0	16	0	12	0	.20	0	.10	0	0	0

Tekens B.f.I,III,V B.f.II,IV,VI		0 ----- +				0 ----- + of -				- ----- -				0 ----- + of -				0 ----- + of -							
Pijler- nummer		x				y				z				$\varphi_x$				$\varphi_y$				$\varphi_z$			
		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
R13	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-60	8	2	11	0	.95	0	1.35	0	.40	0	.60	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	4	4	1	3	-6	6	0	4	.30	.25	.05	.20	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-16	3	1	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	2	3	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	29	23	-2	16	5	5	2	3	-21	17	0	12	.30	.30	0	0.20	1.10	.80	0	.55	0	0	0	0
R14	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-58	8	3	11	0	.95	0	1.30	0	.40	0	.55	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	3	3	0	2	-6	5	1	4	.25	.25	0	.20	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-15	3	1	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	3	3	3	3	-1	1	0	1	.30	.30	.10	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	27	21	3	16	3	3	0	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	-.10	.55	0	0	0	0
R15	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-55	7	3	10	0	.90	0	1.25	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	3	3	0	2	-5	5	0	4	.25	.25	0	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-14	3	1	4	0	.50	0	.65	0	.25	0	.35	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	6	6	2	4	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	30	24	-2	16	3	3	0	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	0	.55	0	0	0	0
R16	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-52	7	6	9	0	.85	0	1.15	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	5	3	-1	2	3	3	0	2	-5	5	0	4	.25	.20	-.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	3	2	4	0	.45	0	.60	0	.25	0	.35	0	0	0	0
	IV	6	4	-1	3	4	4	1	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	28	22	-1	15	3	3	2	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	-.10	.55	0	0	0	0
R17	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-46	6	-1	9	0	.75	0	1.10	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	3	-1	2	-5	5	0	4	.20	.20	-.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	1	4	0	.45	0	.60	0	.25	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	3	3	0	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	27	21	-1	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.80	0	.55	0	0	0	0

Tekens B.f.I,III,V B.f.II,IV,VI		0 ----- +				0 ----- + of -				- ----- -				0 ----- + of -				0 ----- +				0 ----- + of -			
Pijl- nummer		x				y				z				$\varphi_x$				$\varphi_y$				$\varphi_z$			
		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$		
R18	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.80	0	1.10	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	3	3	0	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	20	0	14	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	0.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R19	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	3	3	-2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	20	0	14	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R20	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	1	1	0	1	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	21	0	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R21	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	1	2	-5	5	0	4	.15	.15	.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	1	1	3	3	-1	1	0	1	.20	.20	-.10	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	21	0	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R22	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	2	-1	2	-5	5	0	4	.20	.20	-.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	4	4	-3	3	-1	1	0	1	.10	.21	.10	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	21	0	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0

Tekens B.f.I,III,V B.f.II,IV,VI		0 +-----+				0 + of -				- -----				0 + of -				0 +-----+				0 + of -			
Pijler- nummer		x				y				z				$\varphi_x$				$\varphi_y$				$\varphi_z$			
		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
R23	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	1	1	0	1	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	1	0	2	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	21	0	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	0.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R24	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	11	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.03	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-1	4	0	.40	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	2	1	1	2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	-4	2	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	21	-2	14	1	1	-1	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R25	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-36	6	-14	9	0	.75	0	1.15	0	.35	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	1	2	2	2	1	2	-5	5	0	4	.15	.15	.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	0	4	0	.45	0	.65	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	1	2	3	3	1	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	2	4	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	24	19	1	14	0	0	4	4	-21	17	0	12	.30	.30	-0.10	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0
R26	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	6	9	8	0	.85	0	1.10	0	.35	0	.45	0	0	0	0
	II	5	3	-1	2	3	3	0	2	-5	5	0	3	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.10	.05	-.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	3	4	0	.45	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	6	4	-1	3	4	3	0	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.15	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	2	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	25	20	0	14	4	4	0	3	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.90	.70	-.10	.45	0	0	0	0
R27	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-41	5	1	7	0	.70	0	.95	0	.30	0	.45	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	3	0	2	-5	4	0	3	.20	.10	0	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-8	3	3	4	0	.40	0	.45	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	0	3	4	3	0	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	1	1	2	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	25	20	0	14	4	3	-4	3	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.80	.60	-.10	.40	0	0	0	0

Tekens B.f.I,III,V B.f.II,IV,VI	0				0				-				0				0				0				
	+ of -				+ of -				-				+ of -				+				+ of -				
Pijl- nummer	x				y				z				$\rho_x$				$\rho_y$				$\rho_z$				
	abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	
R28	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-40	5	-2	7	0	.65	0	1.30	0	.30	0	.45	0	0	0	0
	II	4	3	1	2	3	3	0	2	-5	4	0	3	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.10	.10	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	2	1	4	0	.25	0	.45	0	.20	0	.25	0	0	0	0
	IV	5	4	2	3	4	4	0	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.15	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-8	1	-3	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	25	20	1	14	0	0	0	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	0.20	.70	.60	0	.40	0	0	0	0
R29	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-42	5	2	7	0	1.10	0	1.30	0	.50	0	.45	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	3	3	0	2	-5	5	0	4	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	2	-1	3	0	.40	0	.55	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	IV	7	4	0	3	4	4	1	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	20	0	14	0	0	0	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	0	.40	0	0	0	0
R30	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-40	5	-6	8	0	.70	0	1.05	0	.50	0	.45	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	3	3	0	2	-5	5	0	4	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	2	-2	3	0	.35	0	.50	0	.15	0	.25	0	0	0	0
	IV	7	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.10	0	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	26	20	-1	14	0	0	1	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	0	.40	0	0	0	0
R31	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-46	6	-9	10	0	.80	0	1.20	0	.30	0	.50	0	0	0	0
	II	5	3	1	3	3	3	1	3	-5	5	-1	4	.20	.20	.05	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	-2	3	0	.35	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	7	4	1	3	5	5	3	5	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.15	0	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	25	19	0	14	1	1	0	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	.10	.40	0	0	0	0
R32	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-55	8	-9	9	0	.90	0	.90	0	.40	0	.60	0	0	0	0
	II	6	4	0	3	4	4	0	3	-6	5	0	4	(-).25	.20	0	.15	.10	.10	0	.10	.15	.10	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	-5	9	0	.40	-1.65	.40	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	8	5	0	4	8	7	-6	6	-1	1	1	1	(-).20	.20	+0.05	.15	.10	.15	0	.10	.20	.20	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	-33	1	-11	3	-9	7	0	.25	+1.25	.40	0	.15	0	.35	0	0	0	0
	VI	25	20	0	14	1	1	1	2	-21	17	0	12	(-).20	.20	+0.10	.15	.80	.60	0	.40	0	0	0	0

OVERZICHT DEFORMATIES RANDPIJLERS

	PIJLER	FASE	X (mm)				Y (mm)				Z (mm)				Qx (mm/m)				Qy (mm/m)				Qz (mm/m)			
			abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel		abs		rel	
			u	v	w	x	u	v	w	x	u	v	w	x	u	v	w	x	u	v	w	x	u	v	w	x
R1 4 R1	R1	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-59	4	10	7	0	.60	0	1.05	0	.30	0	.40	0	0	0	0
		II	6	4	-1	3	-8	8	1	5	-6	5	1	4	.50	.50	-.10	.35	.10	.10	0	.05	.20	.10	0	0
		III	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	9	6	9	1.55	.20	-1.55	.40	0	.15	0	.20	0	0	0	0
		IV	7	4	0	3	-2	2	-6	7	0	0	-1	1	.15	.15	.25	.30	-.10	.10	0	.05	.20	.20	0	0
		V	0	0	0	0	33	1	-33	1	-19	7	8	8	-1.15	.40	1.15	.50	0	.25	0	.30	0	0	0	0
		VI	21	17	0	12	-2	2	-4	4	-21	17	0	12	.15	.15	.05	.20	-.80	.50	0	.35	0	0	0	0
R33 7 R32	R33	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-64	4	-9	9	0	.60	0	1.10	0	.40	0	.60	0	0	0	0
		II	+6	4	0	3	4	4	0	3	-6	5	0	4	-.25	.20	0	.15	+10	.10	0	.10	.15	.10	0	0
		III	0	0	0	0	0	0	0	0	-14	9	-5	9	-1.65	.40	-1.65	.60	0	.20	0	.30	0	0	0	0
		IV	+8	5	0	4	2	2	-6	6	0	0	1	1	-.15	.15	.05	.15	+10	.15	0	.10	.20	.20	0	0
		V	0	0	0	0	33	1	-33	1	-20	6	-9	7	1.25	.40	1.25	.50	0	.15	0	.35	0	0	0	0
		VI	+25	20	0	14	.2	2	1	2	-21	17	0	12	-.10	.10	.10	.15	+.80	.60	0	.40	0	0	0	0
S1 mit S1	S1	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	4	-3	8	0	.45	0	1.00	0	.35	0	.55	0	0	0	0
		II	4	2	0	2	-2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	0.10	.05	0	.05	.05	.05	0	0
		III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	9	4	10	1.20	.15	-1.20	.45	0	.20	0	.60	0	0	0	0
		IV	5	3	0	2	-2	1	-1	2	0	0	-1	1	.10	.10	.10	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	0
		V	0	0	0	0	33	1	-33	1	-15	5	4	6	-.95	.30	.95	.60	0	.30	0	.60	0	0	0	0
		VI	18	14	0	10	-2	2	-1	2	-21	17	0	12	.10	.10	.10	.15	.60	.40	0	.30	0	0	0	0
S17 4 S16	S17	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-58	4	-8	8	0	.60	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0	0
		II	+4	3	0	2	4	4	0	3	-5	5	0	4	-.25	.25	0	.20	+10	.05	0	.05	.10	.05	0	0
		III	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	9	-6	10	-1.50	.20	-1.50	.45	0	.15	0	.35	0	0	0	0
		IV	+6	4	0	3	2	2	-3	3	0	0	1	1	-.10	.10	.10	.15	+10	.10	0	.05	.10	.10	0	0
		V	0	0	0	0	33	1	-33	1	-19	7	-8	8	1.15	.40	1.15	.55	0	.25	0	.20	0	0	0	0
		VI	+20	16	0	11	2	1	1	1	-21	17	0	12	-.10	.10	.10	.15	+60	.40	0	.30	0	0	0	0
H1 4 H1	H1	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-58	4	11	7	0	.60	0	1.05	0	.30	0	.45	0	0	0	0
		II	5	3	-1	3	-3	3	0	2	-5	5	0	4	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0	0
		III	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	9	7	9	-1.50	.20	-1.50	.45	0	.15	0	.20	0	0	0	0
		IV	6	4	0	3	-2	2	-2	3	0	0	-1	1	.10	.10	.10	.15	.10	.10	0	.05	.20	.15	0	0
		V	0	0	0	0	33	1	-33	1	-19	5	10	6	-1.15	.40	1.15	.55	0	.25	0	.30	0	0	0	0
		VI	22	18	0	13	-2	2	-4	5	-21	17	0	12	.15	.15	.05	.15	.60	.40	0	.30	0	0	0	0
H16 mit H15	H16	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-59	4	-6	11	0	.60	0	1.10	0	.40	0	.55	0	0	0	0
		II	+5	3	0	2	4	4	0	3	-6	5	0	4	-.25	.25	0	.20	+10	.05	0	.05	.15	.10	0	0
		III	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	9	-6	9	-1.55	.20	-1.55	.45	0	.20	0	.30	0	0	0	0
		IV	+6	4	0	3	2	2	-2	2	0	0	1	1	-.15	.10	.15	.20	+10	.20	0	.05	.20	.15	0	0
		V	0	0	0	0	33	1	-33	1	-19	5	-7	6	1.15	.40	1.15	.55	0	.30	0	.35	0	0	0	0
		VI	+24	19	0	13	2	1	0	2	-21	17	0	12	-.10	.10	.10	.15	+70	.50	0	.35	0	0	0	0

Tekn B. f. I, III, V B. f. II, IV, VI Pijler nr.	0			-			0			+			0			+			0					
	+			-			+			-			+			-			+			-		
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel		
	$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$	

I	0	0	0	0	0	0	-47	6	-1	9	0	.85	0	.35	0	.45	0	0	0	0	0	0	0	0
II	4	3	0	2	3	3	-5	5	0	4	.20	.20	.10	.05	0	.05	.15	.10						
III	0	0	0	0	0	0	-5	2	1	3	-1.50	.40	0	.15	0	.25	0	0						
IV	6	4	-1	3	4	4	-1	1	0	1	.20	.20	.10	.10	0	.05	.20	.15						
V	0	0	0	0	0	0	-9	3	1	4	-1.15	.35	0	.15	0	.20	0	0						
VI	22	18	-3	12	6	6	-21	17	0	12	.20	.20	.60	.40	.10	.35	0	0						

I	0	0	0	0	0	0	-46	6	-3	9	0	.80	0	.30	0	.40	0	0	0	0	0	0	0	0
II	4	3	0	2	6	6	-5	5	0	4	.30	.30	.10	.05	0	.05	.10	.10						
III	0	0	0	0	0	0	-6	2	-1	3	0	.35	0	.20	0	.25	0	0						
IV	5	3	0	2	4	3	-1	1	0	1	.20	.20	.15	.10	.10	0	.05	.20	.10	-.10	.05			
V	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.25	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0	0	0	0
VI	19	15	-1	10	6	5	-21	17	0	12	.20	.20	.15	.70	.50	.10	.35	0	0	0	0	0	0	0

I	0	0	0	0	0	0	-49	7	-1	10	0	.80	0	.30	0	.40	0	0	0	0	0	0	0	0
II	4	3	0	2	3	3	-5	5	0	4	.20	.20	.10	.05	0	.05	.10	.10	-.05	.05				
III	0	0	0	0	0	0	-7	2	1	3	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	5	3	0	2	2	2	-1	1	0	1	.20	.20	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05			
V	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.25	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0	0	0	0
VI	18	14	3	11	5	5	-21	17	0	12	.20	.20	.15	.80	.50	.10	.35	0	0	0	0	0	0	0







H11 H12 H13 H14 H15	+			+ of -			-			+ of -			+			+ of -		
	x			y			z			φ x			φ y			φ z		
	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	5	3	0	2	3	3	1	3	-6	5	0	4	.20	.20	.15	.10	.05	0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	0	3	0	.40	0	.25	0	0
IV	6	4	0	3	4	3	0	2	-1	1	0	1	.30	.30	.20	.10	.05	.20
V	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	0	4	0	.35	0	.15	0	.20
VI	24	19	0	13	2	2	0	2	-21	17	0	12	.20	.20	.15	.70	.50	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	-53	7	0	10	0	.90	0	1.25	0	.55
II	5	3	0	2	4	4	0	3	-6	5	0	4	.20	.20	.15	.10	.05	0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	0	3	0	.40	0	.60	0	.30
IV	6	4	0	3	4	3	0	2	-1	1	0	1	.30	.30	.20	.10	.05	.20
V	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	0	4	0	.35	0	.50	0	.20
VI	24	19	0	13	2	2	0	2	-21	17	0	12	.20	.20	.15	.70	.50	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	-53	7	0	10	0	.90	0	1.25	0	.55
II	5	3	0	2	4	4	0	3	-6	5	0	4	.20	.20	.15	.10	.05	0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	0	3	0	.40	0	.60	0	.30
IV	6	4	0	3	4	3	0	2	-1	1	0	1	.30	.30	.20	.10	.05	.20
V	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	0	4	0	.35	0	.50	0	.20
VI	24	19	0	13	2	2	0	2	-21	17	0	12	.20	.20	.15	.70	.50	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	-53	7	-6	11	0	.90	0	1.25	0	.55
II	5	3	0	2	4	4	0	3	-6	5	0	4	.25	.25	.10	.05	0	.05
III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	-6	9	0	.40	0	.60	0	.30
IV	6	4	0	3	4	3	0	2	-1	1	1	1	.30	.30	.20	.10	.05	.20
V	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	-7	6	0	.35	0	.50	0	.20
VI	24	19	0	13	2	2	0	2	-21	17	0	12	.20	.20	.15	.70	.50	0





f. II, IV, VI	+			+ of -			-			+ of -			+			+ of -							
	x			y			z			φ <sub>x</sub>			φ <sub>y</sub>			φ <sub>z</sub>							
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel					
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ			
S5	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	II	4	3	0	2	2	0	2	-6	5	1	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	0	
	III	0	0	0	0	0	0	0	-8	3	1	4	0	.40	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	
	IV	5	3	0	2	4	0	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	-1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	20	16	1	12	2	2	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.80	.60	0	.40	0	0	0
S6	I	0	0	0	0	0	0	0	-49	7	-1	10	0	.85	0	1.25	0	.40	0	.55	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	-7	3	1	4	0	.40	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	5	3	0	2	4	4	0	3	-1	1	0	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-2	4	0	.25	0	.45	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	21	17	2	13	2	2	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.80	.60	0	.40	0	0	0
S7	I	0	0	0	0	0	0	0	-50	7	-4	10	0	.90	0	1.25	0	.40	0	.55	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	1	-5	5	-1	4	.15	.15	.05	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	-6	3	-1	4	0	.40	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	5	3	1	3	4	4	0	3	-1	1	0	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	-12	2	0	4	0	.35	0	.50	0	.10	0	.20	0	0	0
	VI	23	19	0	13	2	2	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.80	.60	0	.40	0	0	0
S8	I	0	0	0	0	0	0	0	-54	7	6	9	0	.90	0	1.20	0	.40	0	.50	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	2	1	-6	6	-1	4	.20	.15	-.05	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	-7	3	-2	4	0	.40	0	.60	0	.20	0	.25	0	0	0
	IV	6	4	-1	3	4	4	0	3	-1	1	0	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	1	4	0	.35	0	.50	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	23	18	-4	12	2	2	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.80	.60	0	.40	0	0	0

Bekenen	+			-			+ of -			+			+ of -									
	x			y			z			φ x			φ y			φ z						
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel				
μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ			
S9	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	II	4	3	0	2	2	1	2	-5	5	-1	4	.15	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05	.05	
	III	0	0	0	0	0	0	0	-5	3	-3	4	0	.60	0	.15	0	.25	0	0	0	
	IV	5	3	1	3	4	4	0	3	-1	1	0	.20	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	0	4	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	19	15	4	13	2	2	0	2	-21	17	0	.20	.20	.80	.60	0	.40	0	0	0	0
S10	I	0	0	0	0	0	0	0	-52	7	2	10	0	1.25	0	.40	0	.55	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	3	0	2	-6	5	1	.20	.15	.10	.05	0	.05	.10	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	-8	3	2	4	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	4	4	0	3	-1	1	0	.20	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	-1	4	0	.25	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	23	19	-2	13	2	2	0	2	-21	17	0	.20	.20	.80	.60	0	.40	0	0	0	0
S11	I	0	0	0	0	0	0	0	-50	7	1	10	0	1.25	0	.40	0	.55	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	3	0	2	-5	5	0	.20	.15	.10	.05	0	.05	.10	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	-6	3	-1	4	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	6	4	-1	3	4	4	0	3	-1	1	0	.20	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	2	4	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	21	16	-3	11	2	2	1	2	-21	17	0	.20	.20	.70	.50	.10	.40	0	0	0	0
S12	I	0	0	0	0	0	0	0	-49	7	-2	10	0	1.20	0	.40	0	.50	0	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	3	0	2	-5	5	0	.20	.15	.10	.05	0	.05	.10	.05	0	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	-1	4	0	.50	0	.20	0	.30	0	0	0	0
	IV	5	3	1	3	4	4	1	3	-1	1	0	.20	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05
	V	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-1	4	0	.25	0	.15	0	.20	0	0	0	0
	VI	18	14	1	10	1	1	0	1	-21	17	0	.20	.15	.80	.50	0	.40	0	0	0	0

ler	+			-			+ of -			+			+ of -					
	x			y			z			φ x			φ y			φ z		
	abs	rel	σ	abs	rel	σ	abs	rel	σ	abs	rel	σ	abs	rel	σ	abs	rel	σ
	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ
S13	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	4	3	1	2	3	3	0	2	-5	5	-1	4	.25	.20	0	.15	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-8	3	1	4	0	.35	0	.50	0
	IV	6	4	0	3	5	4	0	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	-1	4	0	.25	0	.35	0
	VI	19	15	-1	10	1	1	0	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.70
S14	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-53	7	3	10	0	.85	0	1.20	0
	II	5	3	-1	2	4	3	0	3	-6	5	1	4	.25	.20	0	.15	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	3	1	4	0	.35	0	.55	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	0	4	0	.25	0	.45	0
	VI	18	14	0	10	1	1	0	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.70
S15	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	7	0	10	0	.85	0	1.20	0
	II	4	3	0	2	4	4	0	3	-5	5	0	4	.25	.25	0	.20	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	3	0	4	0	.40	0	.60	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	3	1	4	0	.35	0	.50	0
	VI	18	14	2	11	1	1	0	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.70
S16	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	7	-8	8	0	.85	0	1.20	0
	II	4	3	0	2	4	4	0	4	-5	5	0	4	.25	.25	0	.20	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	3	-6	10	0	.40	0	.60	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	1	1	.20	.20	0	.15	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	-8	8	0	.35	0	.50	0
	VI	20	16	0	11	1	1	0	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.15	.70

fæken	0			-			0			+			0			0		
	+			-			+			-			+			-		
	x			y			z			φ x			φ y			φ z		
nr.	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel		
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ		
R2	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	5	3	0	2	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	IV	7	4	1	-3	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	VI	21	17	5	14	6	5	-21	17	0	12	.20	.30	.80	.50	0	.40	0
R3	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	II	5	3	0	2	7	7	1	5	-6	5	1	4	.40	.40	-0.05	.30	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-8	2	1	4	0	.35	0	.55	0
	IV	8	5	-1	3	5	5	2	4	-1	1	0	1	.40	.40	-.10	.25	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	2	2	4	0	.25	0	.35	0
	VI	26	21	0	15	3	3	0	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.80
R4	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-48	6	-2	3	0	.90	0	1.20	0
	II	5	3	0	2	6	5	0	4	-5	5	0	4	.35	.35	0	.25	.10
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	3	-4	4	0	.40	0	.60	0
	IV	7	4	-1	3	7	6	1	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	0	4	0	.25	0	.35	0
	VI	26	20	-2	14	3	3	1	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.70

f. II, IV, VI Hjler r.	+			+ of -			-			+ of -			+			+ of -										
	x			y			z			φ <sub>x</sub>			φ <sub>y</sub>			φ <sub>z</sub>										
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel								
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ								
R5	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	II	5	3	0	2	6	5	0	4	-5	5	0	4	.35	.35	.05	.25	.10	.05	0	.05	.15	.10	-.05	.05	
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	-2	4	0	.45	0	.65	0	.20	0	.30	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	6	6	-2	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.20	0	.10	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0
	VI	24	19	0	14	2	2	2	3	-20	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0	0	0
R6	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	7	-3	11	0	.85	0	1.15	0	.40	0	.60	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	6	6	-1	4	-5	5	0	4	.40	.35	.05	.25	.10	.05	0	.05	.10	.05	0	.05	
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	3	-2	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	4	4	1	3	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.20	0	.10	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0
	VI	24	19	4	15	4	4	1	3	-20	16	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	.10	.55	0	0	0	0	0
R7	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-53	8	-5	11	0	.80	0	1.25	0	.40	0	.60	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	5	5	0	4	-5	5	0	4	.35	.30	0	.20	.10	.05	0	.05	.10	.10	0	.05	
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-15	3	0	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.20	0	.10	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	-1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0
	VI	28	22	1	16	5	5	0	4	-20	16	-1	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	0	.55	0	0	0	0	0
R8	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-58	8	0	11	0	.95	0	1.35	0	.40	0	.60	0	0	0	0	0
	II	5	3	0	2	5	5	0	4	-6	5	0	4	.35	.30	0	.25	.10	.05	0	.05	.10	.05	0	.05	
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-15	3	0	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0	0	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10	0	.05	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0	0	0
	VI	29	23	0	16	5	5	0	4	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	0	.55	0	0	0	0	0



nr.	+			+ of -			-			+ of -			+			+ of -							
	x			y			z			φ <sub>x</sub>			φ <sub>y</sub>			φ <sub>z</sub>							
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel					
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ					
B. f. I, III, V B. f. II, IV, VI Pijler	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	II	5	3	0	2	5	5	2	4	-6	5	0	4	.35	.35	.15	.30	.10	.05	.10	.05		
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-15	3	-3	4	0	.50	0	.60	0	.25	0	0	0	
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	.10	.10	.10	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	29	23	0	16	5	5	0	4	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	.10	.55	0	0
R9	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-59	8	-1	11	0	.90	0	1.30	0	.40	0	.60	0	0
	II	5	3	0	2	7	6	2	4	-6	6	0	4	.50	.45	.15	.30	.10	.05	0	.05	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	3	1	4	0	.55	0	.75	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	29	23	0	16	5	5	0	4	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	0	.55	0	0
R10	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-60	8	0	11	0	.95	0	1.35	0	.40	0	.60	0	0
	II	5	3	0	2	5	5	1	3	-6	6	0	4	.35	.35	.05	.25	.10	.05	0	.05	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	3	1	4	0	.50	0	.75	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	29	23	0	16	5	5	0	4	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	0	.55	0	0
R11	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-60	8	0	11	0	.95	0	1.35	0	.40	0	.60	0	0
	II	5	3	0	2	5	5	1	3	-6	6	0	4	.35	.35	.05	.25	.10	.05	0	.05	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	3	1	4	0	.50	0	.75	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	29	23	0	16	5	5	0	4	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	0	.55	0	0
R12	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-60	8	0	11	0	.95	0	1.35	0	.40	0	.60	0	0
	II	5	3	0	2	4	4	0	3	-6	6	0	4	.30	.25	0	.20	.10	.05	0	.05	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-16	3	0	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	0	3	5	5	0	4	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	29	23	0	16	5	5	0	4	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	0	.55	0	0

nr.	+			+ of -			-			+ of -			+			+ of -							
	x			y			z			φ x			φ y			φ z							
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel					
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ					
R13	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	II	5	3	0	2	4	4	1	3	-6	6	0	4	.30	.25	.05	.20	.10	.05	.05			
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-16	3	.1	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	0		
	IV	6	4	0	3	5	5	.2	3	-1	1	0	1	.30	.30	0	.20	.10	.10	0	.05		
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	.1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	0	0	
	VI	29	23	-2	16	5	5	-2	3	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	0	.55	0	0
R14	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-58	8	3	11	0	.95	0	1.30	0	.40	0	.55	0	0
	II	5	3	0	2	3	3	0	2	-6	5	1	4	.25	.25	0	.20	.10	.05	0	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-15	3	.1	4	0	.50	0	.70	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	0	3	3	3	3	4	-1	1	0	1	.30	.30	.10	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	27	21	3	16	3	3	0	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.10	.80	-10	.55	0	0
R15	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-55	7	3	10	0	.90	0	1.25	0	.35	0	.50	0	0
	II	5	3	0	2	3	3	0	2	-5	5	0	4	.25	.25	0	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-14	3	1	4	0	.50	0	.65	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	0	3	6	6	.2	4	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	30	24	-2	16	3	3	0	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	0	.55	0	0
R16	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-52	7	6	9	0	.85	0	1.15	0	.35	0	.50	0	0
	II	5	3	1	2	3	3	0	2	-5	5	0	4	.25	.20	-.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	3	2	4	0	.45	0	.60	0	.25	0	.35	0	0
	IV	6	4	1	3	4	4	1	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.10
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0
	VI	28	22	-1	15	3	3	-2	2	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	1.00	.80	-10	.55	0	0

B. f. I, III, V B. f. II, IV, VI ϕ  ler r.	+			+ of -			-			+ of -			+			+ of -								
	x			y			z			ϕ x			ϕ y			ϕ z								
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel						
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ				
R17	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	II	4	3	0	2	3	3	-1	2	-5	5	0	4	.20	.20	-.05	.15	.10	.05	0	.05	.05	0	
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	1	4	0	.45	0	.60	0	.25	0	.30	0	0	
	IV	5	3	0	2	3	3	0	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	27	21	-1	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.80	0	.55	0	0	0
R18	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.80	0	1.10	0	.35	0	.50	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	5	3	0	2	3	3	0	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	26	20	0	14	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0
R19	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	5	3	0	2	3	3	-2	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	26	20	0	14	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0
R20	I	0	0	0	0	0	0	0	0	-47	6	0	9	0	.75	0	1.05	0	.35	0	.50	0	0	0
	II	4	3	0	2	2	2	0	2	-5	5	0	4	.15	.15	0	.10	.10	.05	0	.05	.05	.05	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	0	4	0	.40	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	5	3	0	2	1	1	0	1	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.05	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	26	21	0	15	1	1	0	1	-21	17	0	12	.30	.30	0	.20	.90	.70	0	.50	0	0	0



f. I, III, V f. II, IV, VI ijler r.	+ of -			-			+ of -			+ of -													
	x			y			z			φ x			φ y			φ z							
	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel					
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ					
R25	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	II	4	3	1	2	2	1	2	-5	5	0	4	.15	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05			
	III	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	0	4	0	.45	0	.65	0	.20	0	0	0		
	IV	5	3	1	2	3	1	2	-1	1	0	1	.20	.20	.10	.10	0	.05	.10	.10	0		
	V	0	0	0	0	0	0	0	-13	2	4	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	
	VI	24	19	1	14	0	0	4	4	-21	17	0	12	.30	-0.10	.20	.90	.70	0	.50	0	0	
R26	I	0	0	0	0	0	0	0	-50	6	9	8	0	.85	0	1.10	0	.35	0	.45	0	0	
	II	5	3	-1	2	3	3	0	2	-5	5	0	3	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	3	4	0	.45	0	.60	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	6	4	-1	3	4	3	0	2	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.15
	V	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	0	2	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	25	20	0	14	4	4	0	3	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.90	.70	-0.10	.45	0	0
R27	I	0	0	0	0	0	0	0	-41	5	-1	7	0	.70	0	.95	0	.30	0	.45	0	0	0
	II	4	3	0	2	3	3	0	2	-5	4	0	3	.20	.10	0	.15	.10	.05	0	.05	.05	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	-8	3	3	4	0	.40	0	.45	0	.20	0	.30	0	0	0
	IV	5	3	0	3	4	3	0	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.10	.15
	V	0	0	0	0	0	0	0	-9	1	1	2	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	25	20	0	14	4	3	-4	3	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.80	.60	-0.10	.40	0	0
R28	I	0	0	0	0	0	0	0	-40	5	-2	7	0	.65	0	1.30	0	.30	0	.45	0	0	0
	II	4	3	1	2	3	3	0	2	-5	4	0	3	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.10	.05
	III	0	0	0	0	0	0	0	-5	2	1	4	0	.25	0	.45	0	.20	0	.25	0	0	0
	IV	5	4	2	3	4	4	0	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.15
	V	0	0	0	0	0	0	0	-8	1	-3	3	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
	VI	25	20	1	14	0	0	0	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	0	.40	0	0

B.I., I, III, V  
3.f. II, IV, VI  
Hjler  
ur.

	+			+ of -			-			+ of -			.			+			+ of -			
	x			y			z			φ x			φ y			φ z						
	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	abs	rel	μ	
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	5	3	0	2	3	0	2	-5	5	0	4	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0
R29 III	0	0	0	0	0	0	0	-4	2	-1	4	0	.40	0	.55	0	.15	0	.20	0	0	0
IV	7	4	0	3	4	1	3	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.10	0
V	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	0	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
VI	26	20	0	14	0	0	0	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	0	.40	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	-40	5	-6	8	0	.70	0	1.05	0	.50	0	.45	0	0	0
II	5	3	0	2	3	0	2	-5	5	0	4	.20	.20	0	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0
R30 III	0	0	0	0	0	0	0	-5	2	-2	4	0	.35	0	.50	0	.15	0	.25	0	0	0
IV	7	4	0	3	5	0	4	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.10	0
V	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
VI	26	20	-1	14	0	0	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	0	.40	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	-46	6	-9	10	0	.80	0	1.20	0	.30	0	.50	0	0	0
II	5	3	1	3	3	1	3	-5	5	-1	4	.20	.20	.05	.15	.10	.05	0	.05	.15	.10	0
R31 III	0	0	0	0	0	0	0	-7	2	-2	4	0	.35	0	.55	0	.20	0	.30	0	0	0
IV	7	4	1	3	5	3	5	-1	1	0	1	.20	.20	0	.15	.10	.10	0	.05	.20	.15	0
V	0	0	0	0	0	0	0	-10	3	-1	4	0	.25	0	.35	0	.15	0	.20	0	0	0
VI	25	19	0	14	1	1	6	-21	17	0	12	.20	.20	0	.20	.70	.60	.10	.40	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	-55	8	-9	9	0	.90	0	.40	0	.60	0	.60	0	0	0
II	6	4	0	3	4	4	4	-6	5	0	4	.25	.20	.10	.10	0	.10	.15	.10	.15	.10	0
R32 III	0	0	0	0	0	0	0	-9	2	-5	9	0	.40	0	.20	0	.30	0	.30	0	0	0
IV	8	5	0	4	8	7	7	-1	1	1	1	.20	.20	.10	.15	0	.10	.20	.20	.20	.20	0
V	0	0	0	0	0	0	0	-11	3	-9	7	0	.25	0	.15	0	.35	0	.35	0	0	0
VI	25	20	0	14	1	1	1	-21	17	0	12	.20	.20	0	.80	.60	.60	0	.40	0	0	0

### 3.5. Formulering van de verdichtingseisen

De verdichtingseisen kunnen als volgt worden onderverdeeld:

- a) eis m.b.t. de gemiddelde graad van verdichting uitgedrukt in een dichtheid en conusweerstand;
- b) eis m.b.t. de toelaatbare spreiding in de conusweerstand t.p.v. één pijler;
- c) eis m.b.t. de gemiddelde conusweerstand van 2 aangrenzende pijlers.

#### 3.5.1. Eis m.b.t. de gemiddelde mate van verdichting, uitgedrukt in poriëngehalte en conusweerstand

De eerste verdichtingseis is in twee delen opgesplitst, namelijk

- a) een verwekingseis
- b) een deformatie-eis

##### Verwekingseis

De eis m.b.t. het poriëngehalte wordt met name bepaald door de maximaal toelaatbare waterspanningsgeneratie onder de pijlers gedurende stormbelastingen. De opbouw van waterspanningen beïnvloedt het deformatiegedrag en de stabiliteit van de pijlers zowel in de bouw als in de eindfase.

De verhoogde waterspanning verlaagt de stijfheidseigenschappen en de hoek van inwendige wrijving van de ondergrond.

Op grond van de onderzoeken uitgevoerd in de ontwerpfase van de pijlers (gerapporteerd in de FOP-III en IV-nota) en uitgevoerde aanvullende berekeningen (gerapporteerd in het LGM rapport CO-405336/14) kan worden gesteld, dat met name in verband met de stabiliteit van de pijlers, de waterspanningsgeneratie tijdens stormbelasting beperkt moet blijven tot 10% van de ideële korrelspanning ofwel ca. 7% van de verticale korrelspanning. Om aan deze eis te kunnen voldoen moet het zand onder de pijlers een vaste pakking hebben - uitgedrukt in een relatieve dichtheid  $d_r \geq 60\%$  -, ofwel een poriëngehalte van  $n \leq 40\%$ .

##### Deformatie-eis

Zoals eerder is vermeld is als uitgangspunt voor het ontwerp van de pijlers voor het berekenen van de deformaties een gemiddelde conusweerstand van 15 MN/m<sup>2</sup> en karakteristieke ondergrens van 13 MN/m<sup>2</sup> gehanteerd.

Bij het vaststellen van de verdichtingseis is hiermede rekening gehouden. Na verdichten moet de conusweerstand  $\bar{q}_c \geq 13 \text{ MN/m}^2$  zijn d.w.z. dat dit het afkeuringscriterium is, ofwel de ondergrens van de verdichtingskwaliteit. Het gemiddelde over 5 opeenvolgende pijlers moet echter  $\geq 15 \text{ MN/m}^2$  bedragen.

#### Controle verwekings- en deformatie-eis

Het controleren van de verwekingseis dient in principe m.b.v. dichtheidsmetingen te geschieden. Gezien de lange duur van deze metingen was dit qua planning niet mogelijk. Er is daarom dan ook slechts in principe één dichtheidsmeting t.p.v. het hart der pijler uitgevoerd.

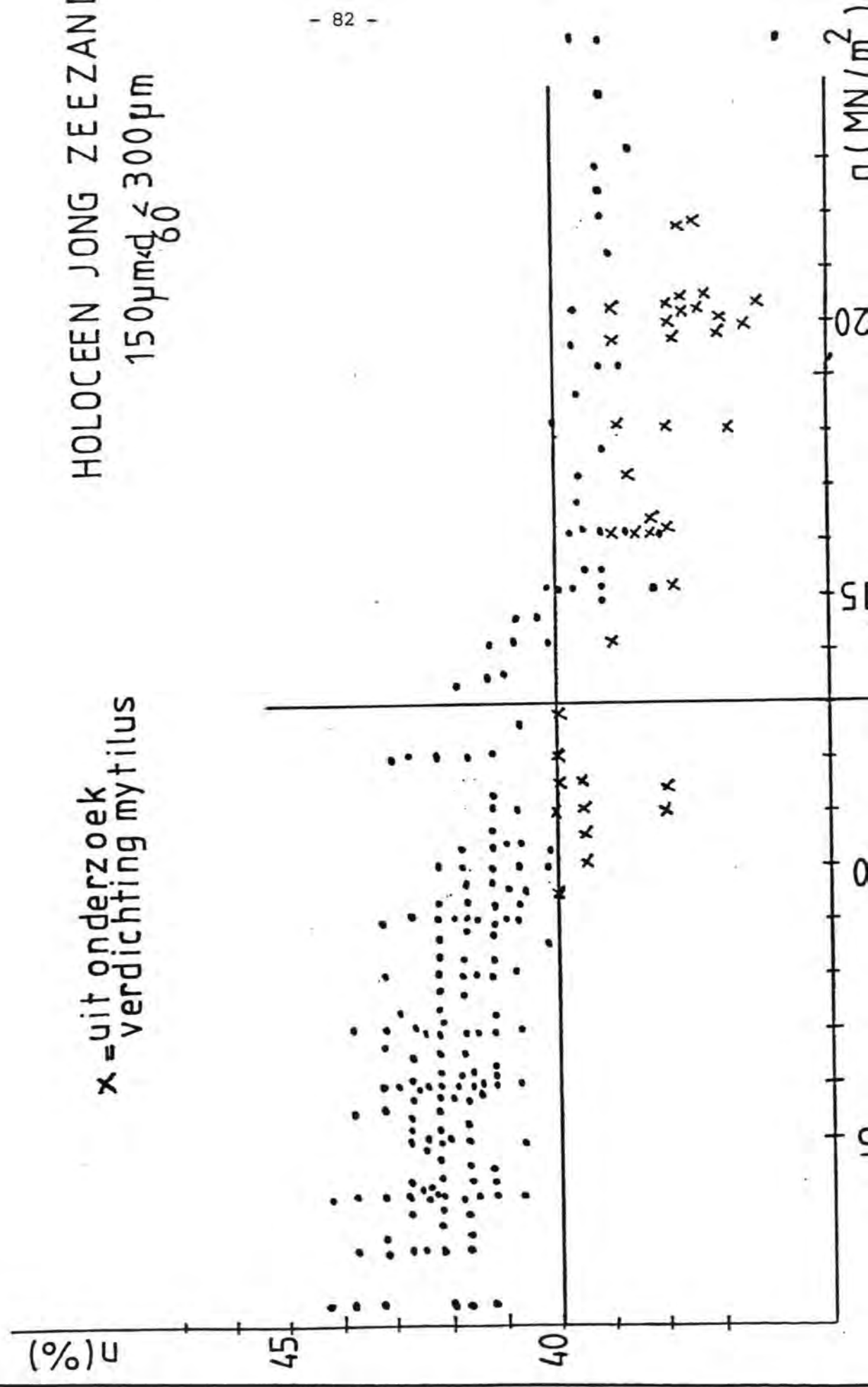
Teneinde toch een goede indruk te verkrijgen omtrent het voldoen aan de verwekingseis over het totale gebied van de pijler, zijn de t.p.v. de 4 hoekpunten uitgevoerde controlesonderingen er bij betrokken.

Voor het combineren van de verwekings- en deformatie-eis gebruik is gemaakt van de m.b.v. in situ gemeten poriëngehalten en bijbehorende conusweerstand gevonden zogenaamde "bandkorrelatie": bij poriëngehalten 40% bedraagt de conusweerstand in het algemeen  $\geq 13 \text{ MN/m}^2$  (zie figuur 3.7.).



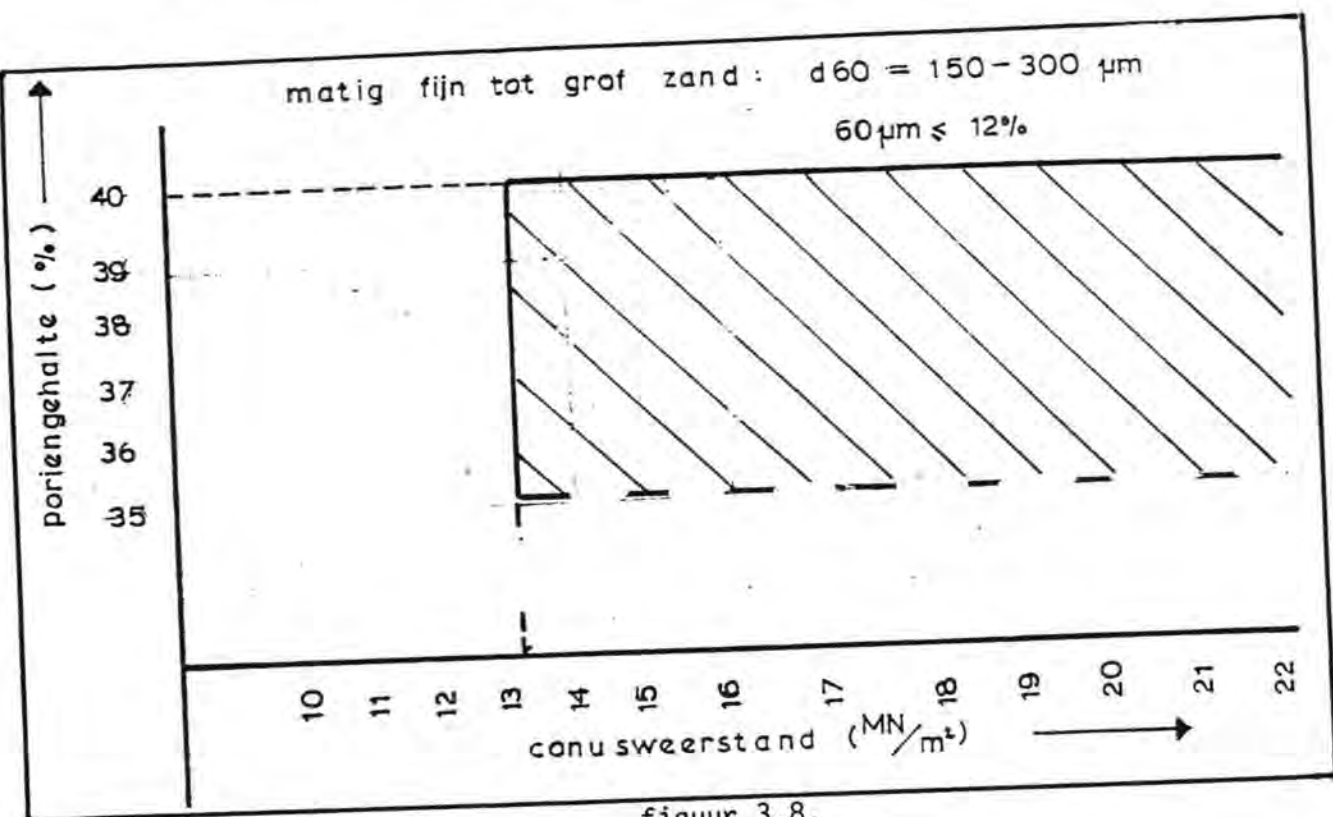
HOLOCEEN JONG ZEEZAND  
 $150 \mu\text{m} < d < 300 \mu\text{m}$

x = uit onderzoek  
 verdichting mytilus



figuur 3.7.

De eerste verdichtingseis is dan ook als volgt geformuleerd:



figuur 3.8.

Na verdichten dient de gemiddelde conusweerstand over het pijleroppervlak met het bijbehorende gemiddelde poriëngehalte in het gearceerde gebied te liggen.

M.a.w.

$$\bar{q}_{\text{pijler}} = \alpha \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \bar{q}_3 + \bar{q}_4}{4} \geq 13 \text{ MN/m}^2 \text{ en } n \leq 40\% \text{ doch}$$

$$\bar{q} \geq 15 \text{ MN/m}^2$$

5 opeenvolgende pijlers

$\alpha$  = invloedsfactor t.g.v. zwaardere verdichting t.p.v. trilpunten.

$\bar{q}_1 \dots \bar{q}_4$  = rekenkundig gemiddelde van de gewogen conusweerstand t.p.v. de 4 kwadranten van het pijlervak.

3.5.2. Tweede verdichtingseis: Eis m.b.t. de spreiding in de conusweerstand t.p.v. een pijler

De spreiding van de conusweerstand wordt binnen het gebied van één pijler bekeken, hetgeen betekent dat er minimaal 4 sonderingen beschikbaar moeten zijn. De eis m.b.t. de spreiding in de conusweerstand hangt samen met de toelaatbare inhomogeniteit van de grondslag binnen het gebied van één pijler. Deze inhomogeniteit is zowel van belang voor de spanningsverdeling van de ondergrond op de betonconstructie als voor de langs- en dwarsrotatie van de pijler (aanslagbreedte en sponningsdiepte t.b.v. de schuiven) t.g.v. de verticale belastingen bij de verschillende bouwfase- en eindfase stormbelastingen.

Uitgangspunt is dat de voor het ontwerp gehanteerde grenzen voor de inhomogeniteit niet mogen worden overschreden (zie FOP IV-nota). Het voorafgaande heeft geresulteerd in de volgende eisen t.a.v. de spreiding in conusweerstand van de verdichte ondergrond binnen het gebied van één pijler.

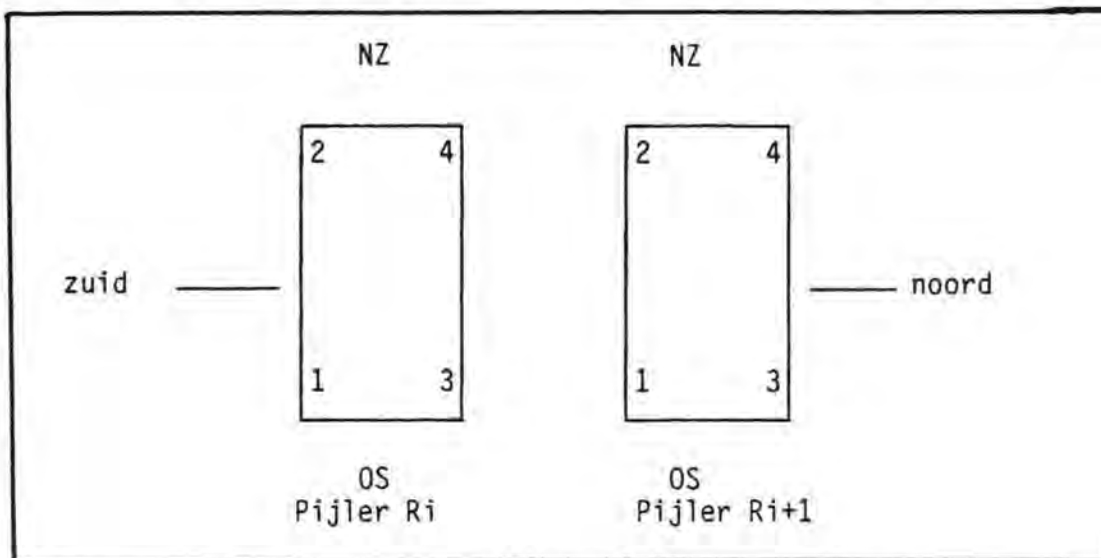
$$\frac{\bar{q}_{cmax}}{\bar{q}_{cmin}} \leq 1.4 \quad \text{of} \quad \frac{\bar{q}_{cmin}}{\bar{q}_{cmax}} \geq 0.71$$

$\bar{q}_{cmax}$  = max. waarde van de gewogen conusweerstand t.p.v. de hoekpunten van de pijler

$\bar{q}_{cmin}$  = min. waarde van de gewogen conusweerstand t.p.v. de hoekpunten van de pijler

3.5.3. Derde verdichtingseis:

Eis m.b.t. de gemiddelde conusweerstand van 2 aangrenzende pijlers.



figuur 3.9.

- ▼ Sondering
- NZ Noordzee
- OS Oosterschelde

In verband met het ontwerp van de schuiven (sponningsdiepte en aanslagbreedte) moeten de relatieve dwarsrotaties, d.w.z. de verschil dwarsrotaties van 2 aangrenzende pijlers, beperkt blijven (zie FOP-IV-nota). Met het oog op deze relatieve dwarsrotaties, dienen de volgende eisen te worden gehanteerd:

$$(1) \quad 0,75 \leq \frac{\mu \bar{q}_c [R_i]}{\mu \bar{q}_c [R_{i+1}]} \leq 1,35$$

$$(2) \quad 0,60 \leq \frac{\frac{\bar{q}_{c1} + \bar{q}_{c2}}{\bar{q}_{c3} + \bar{q}_{c4}} [R_i]}{\frac{\bar{q}_{c1} + \bar{q}_{c2}}{\bar{q}_{c3} + \bar{q}_{c4}} [R_{i+1}]} \leq 1,70$$

$\bar{q}_c (R_i)$  = gemiddelde van de 4 conusweerstand van pijler  $R_i$   
 $\bar{q}_c (R_{i+1})$  = gemiddelde van de 4 conusweerstand van de aan  $R_i$  grenzende pijler  $R_i + 1$

De tweede eis legt een beperking op aan de inhomogeniteitsverhouding in dwarsrichting tussen 2 aangrenzende pijlers. Stel dat t.p.v. pijler  $R_i$  de inhomogeniteit net binnen de eis valt dan moet de inhomogeniteit van de aangrenzende pijler  $R_i + 1$ , teneinde aan voorwaarde (2) te voldoen, binnen nauwere grenzen liggen.

### 3.6. Invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten op de deformaties

De eerste verdichtingseis, waaraan de verdichting t.p.v. de pijlers dient te voldoen, is uitgedrukt in een conusweerstand en een poriëngehalte. T.p.v. een pijler wordt na verdichting in de vier hoekpunten een sondering gemaakt. Deze sonderingen zijn gesitueerd t.p.v. het zwakste punt van de verdichting; het zwaartepunt c.q. het midden van een lange zijde van de verdichtingsdriehoek (afhankelijk van de stapafstand).

De gemiddelde conusweerstand van een pijler is dan als volgt gedefinieerd:

$$\bar{q}_C = \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \bar{q}_3 + \bar{q}_4}{4}, \text{ m.a.w.}$$

$\bar{q}_C$  is het rekenkundig gemiddelde van de 4 "gewogen conusweerstand.

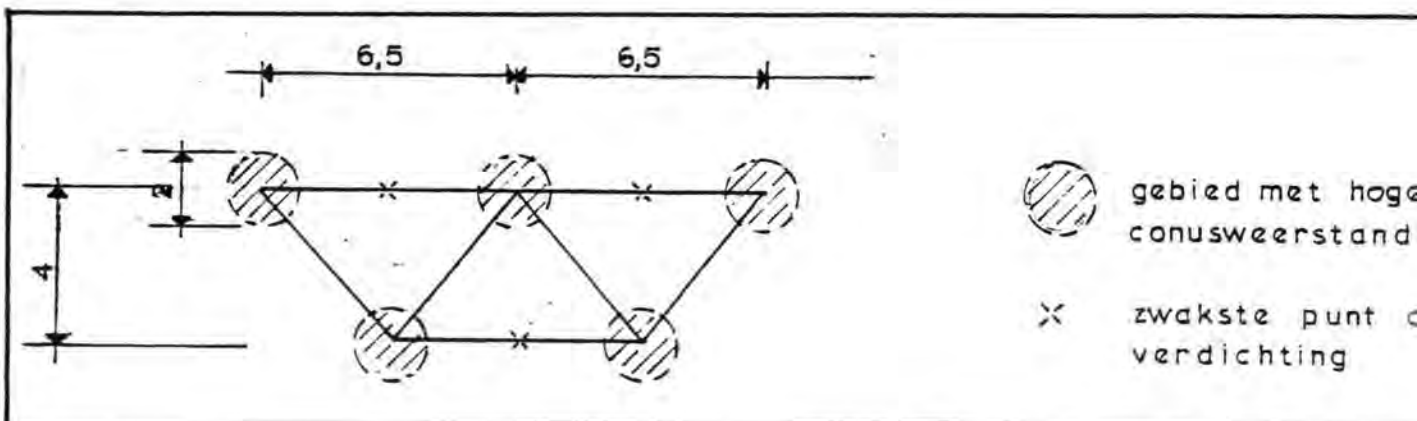
Bij bovenstaande bepaling  $\bar{q}_C$  is er vanuitgegaan dat de verdichting over het gehele oppervlak homogeen zou zijn d.w.z. dat er geen belangrijke afwijking qua conusweerstand zou zijn in respectievelijk het trilpunt en het zwakste punt der verdichting.

Uit de eerste ervaring met de verdichting t.p.v. de pijlers was gebleken dat t.p.v. de trilpunten in vergelijking tot het theoretisch zwakste punt der verdichting, een "zwaardere" verdichting wordt bewerkstelligd. In het algemeen werd aangetroffen.

$$n = \frac{\bar{q}_{\text{trilpunt}}}{\bar{q}_{\text{zwakste punt verdichting}}} \geq 1 \text{ à } 2$$

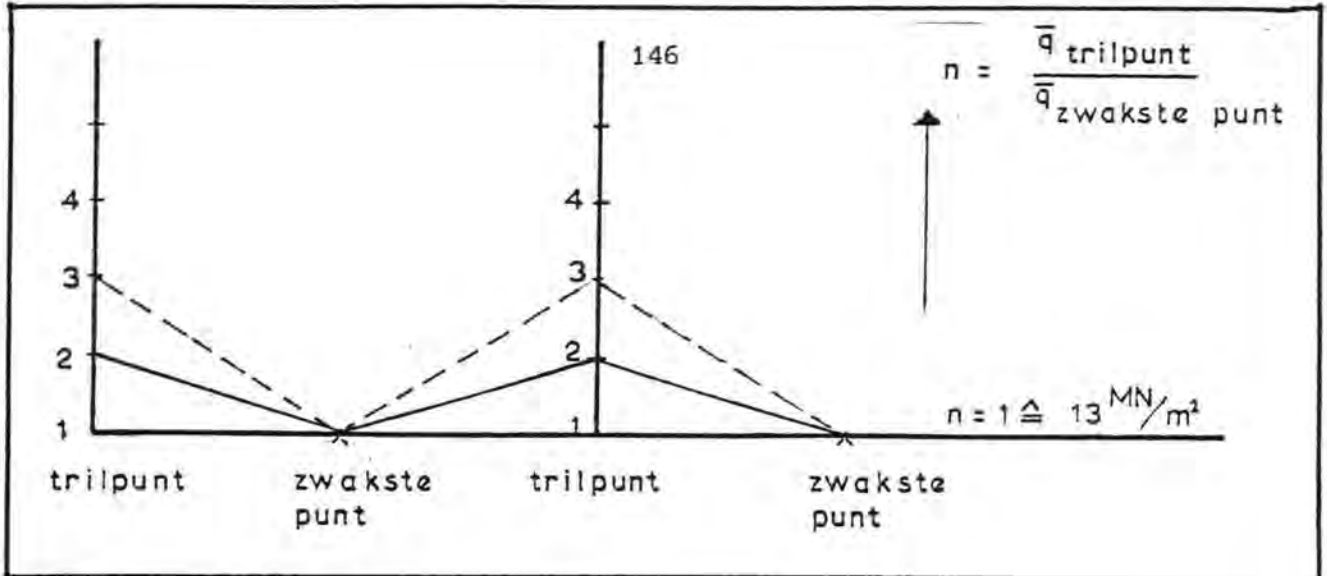
Bij de bepaling van het rekenkundig pijlergemiddelde  $\bar{q}_C$  diende met het hierboven beschreven verschijnsel rekening te worden gehouden.

3.6.1. Grondmechanische beschouwing m.b.t. de invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten op de deformaties



figuur 3.10

Het gebied met hogere conusweerstand t.p.v. de trilpunten wordt verondersteld een cylinder te zijn met een diameter van ca. 2 m. Het verloop van de conusweerstand vanaf de trilpunten naar de zwakste punten der verdichting kan volgens een kegel worden geschematiseerd.



figuur 3.11

Bij de schematisatie wordt er vervolgens vanuitgegaan dat de conusweerstand over het gehele stramen gelijk blijft en wel volgens de gemiddelde hoogte van de kegel.

In de onderstaande tabel is voor verschillende waarden van  $n$  aangegeven hoe de gemiddelde conusweerstand  $q_c$  over het gehele gebied toeneemt, indien op de hiervoor beschreven wijze de zwaardere verdichting t.p.v. het trilpunt in rekening wordt gebracht.

$n$	inhoud kegel = inhoud cylinder	$h$ cylinder	$q$ met invloed zwaardere verdichting $n = \frac{\bar{q}_{\text{trilpunt}}}{\bar{q}_{\text{zwakste punt}}}$
1	$1/3 (3,25)^2 \cdot 1 = (3,25)^2 \cdot h$	$1/3$	$\alpha = 1,33$
3	$1/3 (3,25)^2 \cdot 2 = (3,25)^2 \cdot h$	$2/3$	$\alpha = 1,67$
4	$1/3 (3,25)^2 \cdot 3 = (3,25)^2 \cdot h$	$1$	$\alpha = 2,0$

Teneinde de invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten in de berekening van de gemiddelde conusweerstand mee te kunnen nemen, zijn per pijler minimaal 2 sonderingen t.p.v. een trilpunt uitgevoerd.

Met in acht neming van de invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten, zijn de gemiddelde conusweerstand over een pijlervak als volgt bepaald:

$$\bar{q}_c = \alpha \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \bar{q}_3 + \bar{q}_4}{4}$$

$q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  en  $q_4$  zijn de gewogen waarden van de geregistreeerde conusweerstand t.p.v. de 4 hoekpunten van de pijler.

### 3.7. Weging van de conusweerstand

De deformatieberekeningen van de pijlers zijn deels uitgevoerd met behulp van de gegevens van de sonderingen. De deformatieberekening is gebaseerd op de formule van Terzaghi. De conusweerstand worden hierbij vertaald in samendrukkingsconstanten. Voor de verticale deformaties kunnen in principe twee sporen worden gevolgd:

1. Elke sondering worden in lagen geschematiseerd en de conusweerstand  $\bar{q}$  wordt in de Terzaghi formule ingevoerd via de samendrukkingsconstanten  $C = \alpha \cdot \bar{q}$ .
2. Er wordt een conusweerstand  $\bar{q}$  berekend die constant is over de hele hoogte (analoog met een samendrukkingsconstante welke constant is over de hele hoogte) en die, ingevoerd in de Terzaghi formule dezelfde zetting oplevert als de feitelijke geregistreeerde conusweerstand. Deze vervangende conusweerstand is dan de "gewogen" waarde.

Bij de interpretatie van het controle-onderzoek is gekozen voor het tweede spoor.

De berekening van de gewogen waarde verloopt als volgt: De sondering met de geregistreeerde conusweerstand wordt opgedeeld in lagen van 0,1 m.

M.b.v. de Terzaghi formule wordt de zetting als volgt berekend:

$$\Delta (dz)_i = \frac{d z_i}{\alpha \cdot q_i} \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

De zetting van het totale pakket is dan:

$$dz_1 = \int_{i=1}^n \frac{dz_i}{\alpha q_i} \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{P_0} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Uitgaande van een gelijke conusweerstand  $\bar{q}$  over de hele hoogte bedraagt de zetting van hetzelfde pakket

$$dz_2 = \int_{i=1}^n \frac{dz_i}{\alpha \bar{q}} \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{P_0} \right) \quad \text{of}$$

$$dz_2 = \frac{1}{\alpha \bar{q}} \int_{i=1}^n \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{P_0} \right) dz_i \dots \dots \dots (2)$$

Uit (1) en (2) gewogen waarde

$\frac{1}{\bar{q}} = \frac{\int_{i=1}^n \frac{dz_i}{q_i} \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{P_0} \right)}{\int_{i=1}^n \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{P_0} \right) dz_i}$
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Opmerkingen

1. Uitgaande van de geometrie van de pijler en de ondergrond blijkt, dat de invloed van de belastingspreiding op de gewogen waarden slechts marginaal is: maximaal enige procenten.
2. De gewogen waarde wordt berekend, ervanuit gaande dat de aanvangspanning  $P_0$  gelijk is aan het eigen gewicht van de grond + het pijlergewicht. De belastingtoename komt voor rekening van de belastingen die optreden na de derde bouwfase. De invloed van de voorbelasting van het pijlergewicht is niet in de berekeningswijze verdisconteerd (hiervoor is moeilijk een eenduidige voorspelling te geven).
3. Uit de definitie van "gewogen" waarde blijkt dat lage sondeerwaarden direct onder de pijler een veel grotere invloed hebben dan wanneer deze waarden dieper voorkomen.



### 3.8. Gevolgde procedure indien niet aan de verdichtingseisen werd voldaan

De verdichtingseisen vormen een (begin) schakel in de totale tolerantiebeschouwing voor de benodigde schuifgeleidingsbreedte en sponningsdiepte van de pijlers. In het algemeen heeft het niet voldoen aan de verdichtingseisen invloed op de voor de overige uitvoeringshandelingen (matten leggen en plaatsen pijlers) beschikbare toleranties.

In dit hoofdstuk worden in zijn algemeenheid de bij de kwaliteitscontrole van de verdichting gehanteerde beslissingsbomen (gebeurtenissenbomen) weergegeven.

In figuur 3.12. is de algemene gebeurtenissenboom in relatie tot de toleranties van de pijlerconstructie weergegeven. In principe kunnen bij deze beoordelingsexercitie 3 gevallen worden onderscheiden:

- a. er wordt niet aan de verdichtingseisen voldaan
- b. er wordt juist aan de verdichtingseisen voldaan
- c. er wordt beter verdicht dan is vereist

In figuur 3.12. is tevens in het kort de projectorganisatie beslissingsstructuur weergegeven, voor het geval niet aan de verdichtingseisen is voldaan.

In de figuren 3.13. t/m 3.18. zijn de afzonderlijke gebeurtenissenbomen voor de beoordeling van elke verdichtingseis weergegeven. Samengevat komt het voor het geval er aan één der verdichtingseisen niet wordt voldaan op het volgende neer:

In eerste instantie wordt door de werkgroep verdichten bekeken of de overschrijding van de eis toelaatbaar is (dit kan zo zijn in het geval van een lichte overschrijding). Indien niet toelaatbaar, dan wordt er extra grondonderzoek t.p.v. het "zwakke" gedeelte van de verdichting uitgevoerd, waarin opnieuw een toetsing aan de betreffende verdichtingseis geschiedt.

Bij het nog niet voldoen aan de betreffende verdichtingseis wordt, nadat de conusweerstand in grondmechanische deformaties zijn omgerekend, een tweeledig spoor bewandeld.

- A) De werkgroep verdichten analyseert welke maatregelen voorhanden en technisch uitvoerbaar zijn teneinde de alsnog aan de deformatie-eisen van de betreffende pijler te voldoen. Van deze maatregelen worden tevens de plannings- en kostenconsequenties beschouwd. Uiteindelijk resulteert dit in een advies aan PB 2.
- B) De werkgroep Toleranties rekent de grondmechanische deformaties om in toleranties m.b.t. de benodigde schuifgeleidingsbreedte en sponningsdiepte. Vervolgens worden de consequenties bepaald van de overschrijding van de toleranties m.b.t. de grondmechanische deformaties.

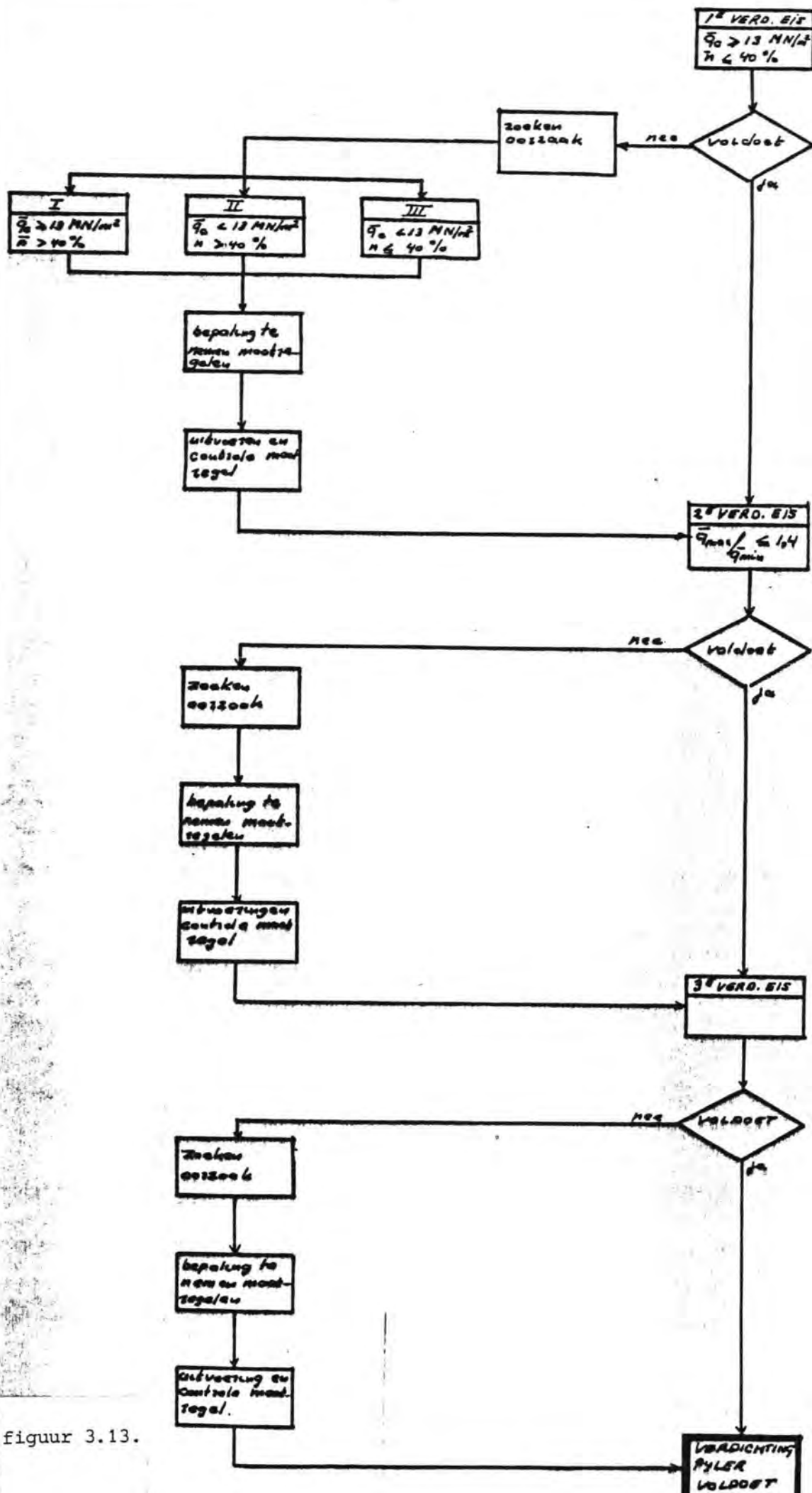
Tenslotte neemt de PGO, aan de hand van de Pb 2 en TOLE adviezen een beslissing omtrent het al of niet toestaan van de tolerantie overschrijding m.b.t. de grondmechanische deformaties, alsmede omtrent de eventuele toe te passen maatregel.

In de volgende gevallen heeft zich de hiervoor geschetste beslissings/gebeurtenissen structuur voorgedaan (zie ook hoofdstuk 7):

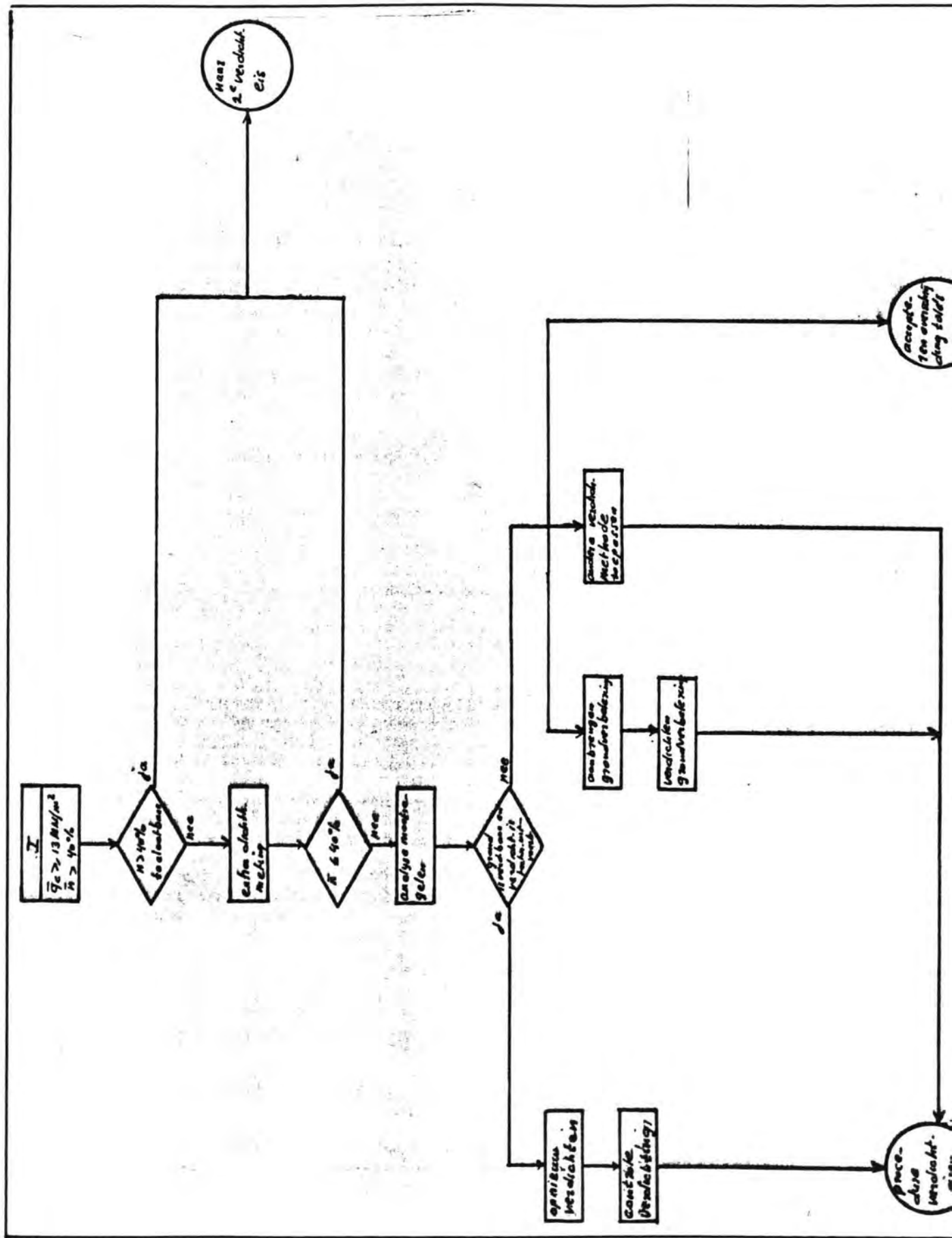
- \* Erosielagen R6 t/m R15 (projectorganisatiebeslissing)
- \* Kleilagen H2/H3 (projectorganisatiebeslissing)
- \* Verdichting R22 t/m R28 (lijnorganisatiebeslissing)
- \* Verdichting R6 t/m R11 (projectorganisatiebeslissing)
- \* Verdichting R29 (projectorganisatiebeslissing)

Bij het geval van een lijnorganisatie structuur dient voor Pb 2 en PGO respectievelijk Sectie 2 en Hoofd WWW te worden gelezen. Voor het overige is de structuur hetzelfde als bij de projectorganisatiebeslissingstructuur.

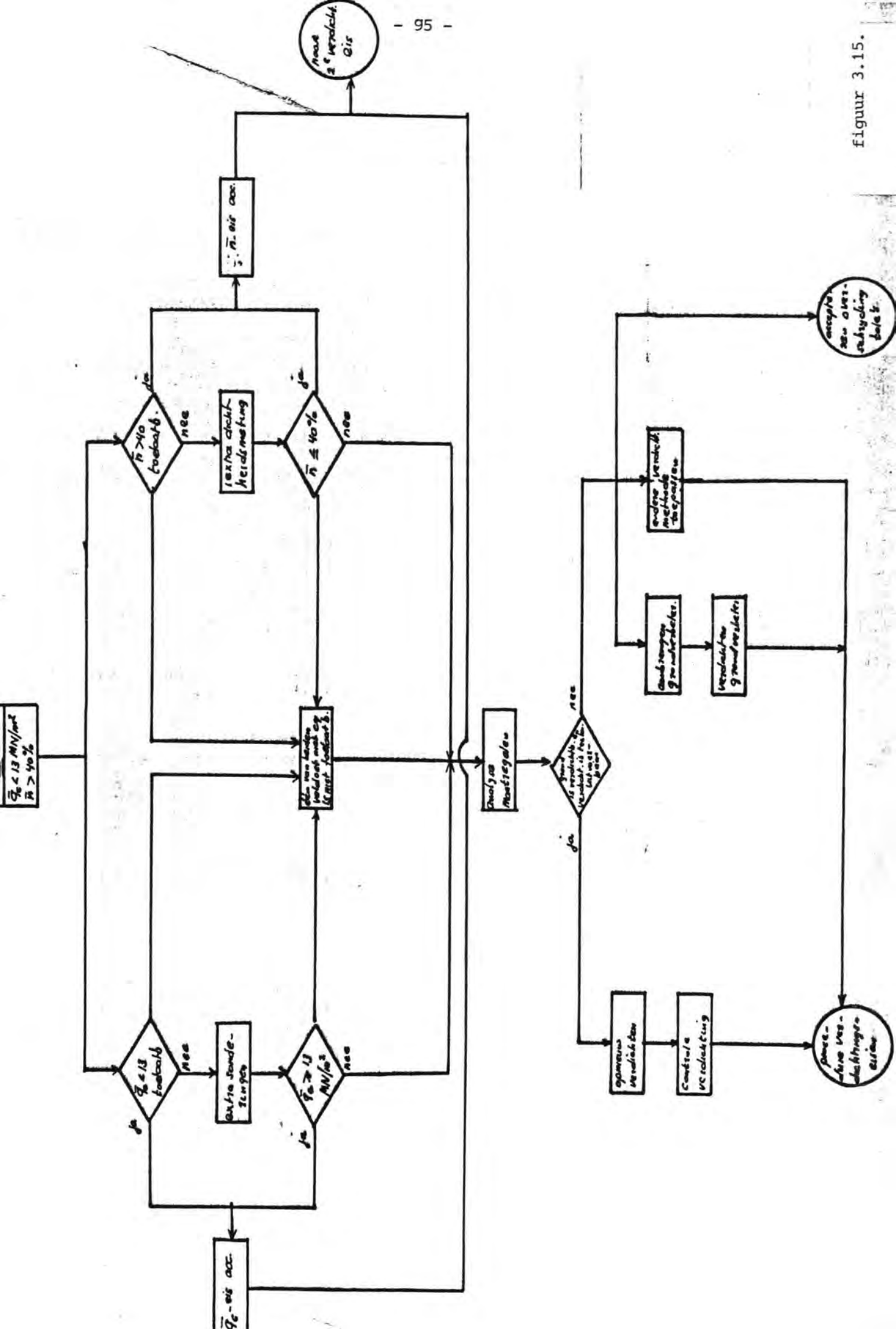




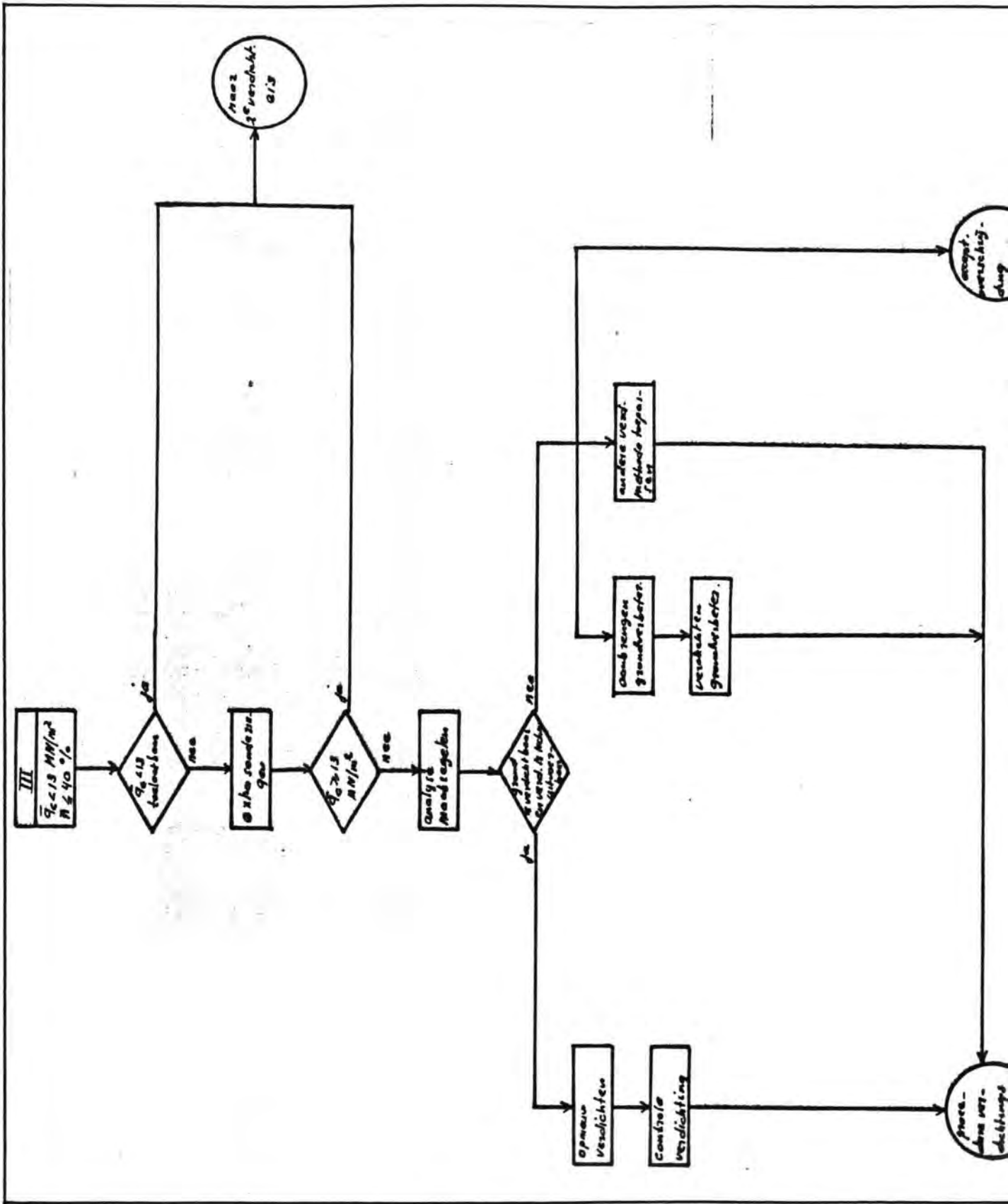
figuur 3.13.



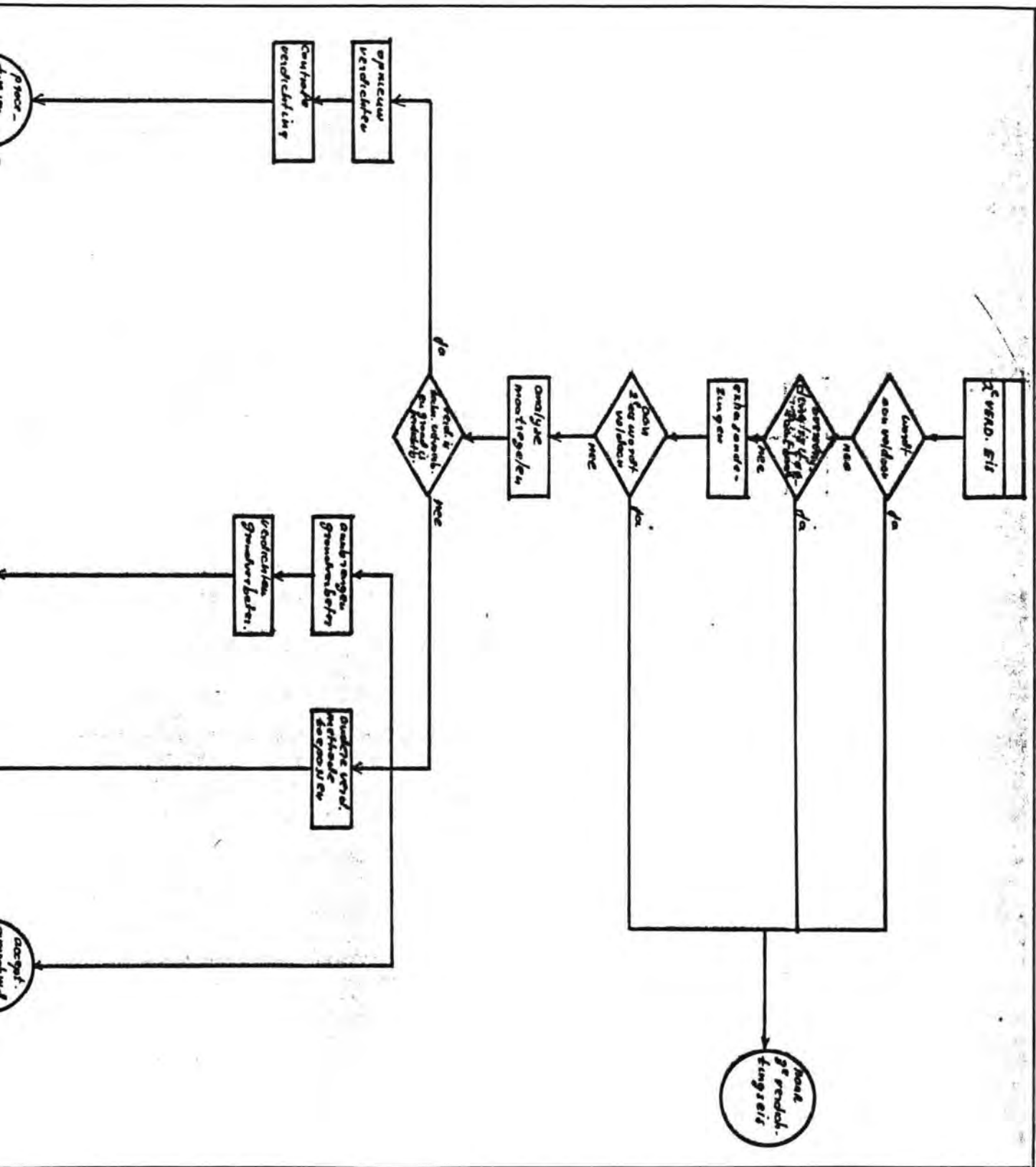
figuur 3.14.



Figuur 3.15.

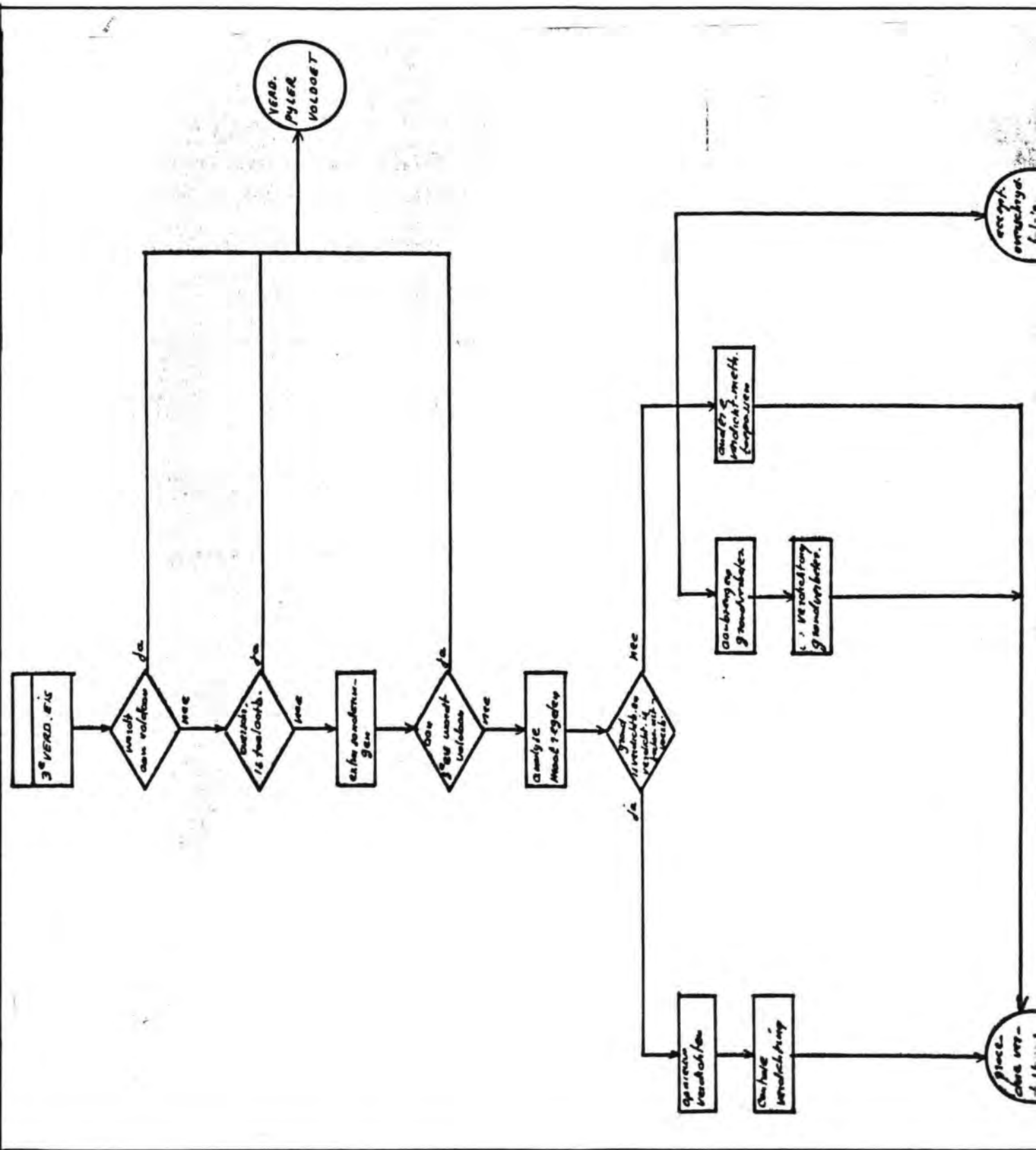


figuur 3.16.



figuur 3.17.





figuur 3.18.

3.9. Analyse benodigd aantal controlesonderingen t.b.v. bepaling "onzuiverheid" gemiddelde conusweerstand

Teneinde na te kunnen gaan hoeveel controlesonderingen benodigd zijn voor het verkrijgen van een "zuiver" beeld van de verdichte grondslag is een zogenaamde statistische onzuiverheidsanalyse uitgevoerd.

3.9.1. Onzuiverheidsanalyse

Gemiddelde bepalen uit steekproef:

- stoch. variabele  $x$ , normaal verdeeld  $n (\mu, \sigma)$   
 $\mu$  = verwachtingswaarde,  $\sigma$  = standaardafwijking
- steekproef  $x_1, x_2, \dots, x_n$  (ongecorreleerde waarnemingen)
- gemiddelde van de steekproef  $\frac{1}{n} \sum x_i$

- verwachtingswaarde gemiddelde:

$$E[\bar{x}] = E\left[\frac{1}{n} \sum x_i\right] = \frac{1}{n} \sum E[x_i] =$$

- standaardafwijking gemiddelde als bekend zou zijn.

$$\frac{\sigma^2}{\bar{x}} = E\left[\frac{1}{n} \sum (x_i - \mu)^2\right] = \frac{1}{n} \sum E[(x_i - \mu)^2] = \frac{\sigma^2}{n}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- standaardafwijking gemiddelde als niet bekend is.  
standaardafwijking steekproef:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$\frac{ns^2}{2}$  is  $\chi^2$  (n-1) verdeeld

- student's t verdeling

laat  $W \sim N(0,1)$  (standaardnormaal verdeeld)

laat  $V \sim \chi^2(r)$  ( $r$  = aantal vrijheidsgraden)

dan  $\frac{W}{\sqrt{\frac{V}{2}}}$  is  $t(r)$  verdeeld

$$\sqrt{\frac{V}{2}}$$

Stel aantal vrijheidsgraden is r.

$$\Pr (T \leq t) = \alpha \quad \alpha = 0.9, 0.95 \dots\dots\dots$$

$$\Pr (T \leq -t) = 1 - \Pr (T \leq t) = (1 - \alpha)$$

dus:  $\Pr\{-t \leq T \leq t\} = 2\alpha - 1$

Voorbeeld:  $r = 10 \quad \alpha = 0,95$

$$\Pr (-1,812 \leq T \leq 1,812) = 0,90$$

- Toepassing: er gold:

$$\bar{x} \text{ normaal verdeeld } n \left( \mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$$\text{dan } \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \cong n(0,1)$$

$$\text{Verder was: } \frac{ns^2}{\sigma^2} = \chi^2(n-1)$$

$$\text{Dus } \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{ns^2}{\sigma^2(n-1)}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{s^2}{n-1}}} \text{ is } t(n-1) \text{ verdeeld}$$

$$\text{Dus } \Pr(-t_{n-1}^\alpha \leq \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{s^2}{n-1}}} \leq t_{n-1}^\alpha) = (2\alpha - 1)$$

Ongelijkheid uitwerken:

$$\Pr\left\{-t_{n-1}^\alpha \sqrt{\frac{s^2}{n-1}} \leq \bar{x} - \mu \leq t_{n-1}^\alpha \sqrt{\frac{s^2}{n-1}}\right\} = (2\alpha - 1)$$

of:

$$\Pr\left\{-\bar{x} - t_{n-1}^\alpha \sqrt{\frac{s^2}{n-1}} \leq -\mu \leq -\bar{x} + t_{n-1}^\alpha \sqrt{\frac{s^2}{n-1}}\right\} = (2\alpha - 1)$$

$$\Pr\left\{ \bar{x} - t_{n-1}^{\alpha} \sqrt{\frac{s^2}{n-1}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{n-1}^{\alpha} \sqrt{\frac{s^2}{n-1}} \right\} = (2\alpha - 1)$$

Voorbeeld: neem  $(2\alpha - 1) = 0,95$        $\alpha = 0,975$

$$n = 11 \longrightarrow n - 1 = 10$$

dan

$$\Pr\left\{ \bar{x} - 2,228 \frac{s}{\sqrt{10}} \leq \mu \leq \bar{x} + 2,228 \frac{s}{\sqrt{10}} \right\} = 0,95$$

### Toepassing

Hoeveel monsters zijn nodig voor een steekproef die in staat is het gemiddelde van de sondeerwaarde met 90% kans betrouwbaarheid te voorspellen op ca. z nauwkeurig (dus  $\mu = \bar{x} (1 \pm z)$ ).

Gegeven: variatie coëfficiënt  $V_C$

(dus  $\sigma = \alpha V_C \mu$ )

Neem  $n$  monsters, bepaal gemiddelde  $\bar{x}$  en  $s^2$

Stel  $s = V_C \bar{x}$

$$\longrightarrow 2\alpha - 1 = 0,90 \text{ dus } \alpha = 0,95$$

$$\Pr\left\{ \left( \bar{x} - t_{n-1}^{0,95} \frac{V_C \bar{x}}{\sqrt{n-1}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{n-1}^{0,95} \frac{V_C \bar{x}}{\sqrt{n-1}} \right) \right\} = 0,90$$

$$\Pr\left\{ \left( 1 - \frac{V_C}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}^{0,95} \right) \leq \frac{\mu}{\bar{x}} \leq \left( 1 + \frac{V_C}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}^{0,95} \right) \right\} = 0,95$$

$$z = \frac{V_C}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}^{0,95}$$

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} * t_{n-1}^{0,95} = \left( \frac{z}{V_C} \right)$$

Stel:  $V_c = 0,20$   
 $Z = 0,05$  (5% nauwkeurig)

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} t_{n-1} = \frac{0,05}{0,20} = 0,25$$

Neem:  $n = 5$   
 $n-1 = 4$       $t_{4}^{0,95} = 2,13$

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} * t_{n-1}^{0,95} = \frac{2,13}{4} = 1,065$$

Neem:  $n = 10$   
 $n-1 = 9$       $t_{9}^{0,95} = 1,83$

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}^{0,95} = \frac{1,83}{9} = 0,6$$

Neem:  $n = 17$   
 $n-1 = 16$       $t_{16}^{0,95} = 1,746$

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}^{0,95} = \frac{1,746}{16} = 0,43$$

Neem:  $n = 26$   
 $n-1 = 25$       $t_{25}^{0,95} = 1,708$

$$\frac{1}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}^{0,95} = \frac{1,708}{25} = 0,36$$

Neem aan:  $n = 31$   
 $n-1 = 30$

$$t_{n-1}^{0,95} = 1,65$$

$$\frac{1,65}{\sqrt{n-1}} = 0,25$$

$$\sqrt{n-1} = \frac{1,65}{0,25} = 6,6$$

$$n-1 = 43,56$$

$$n = 45$$

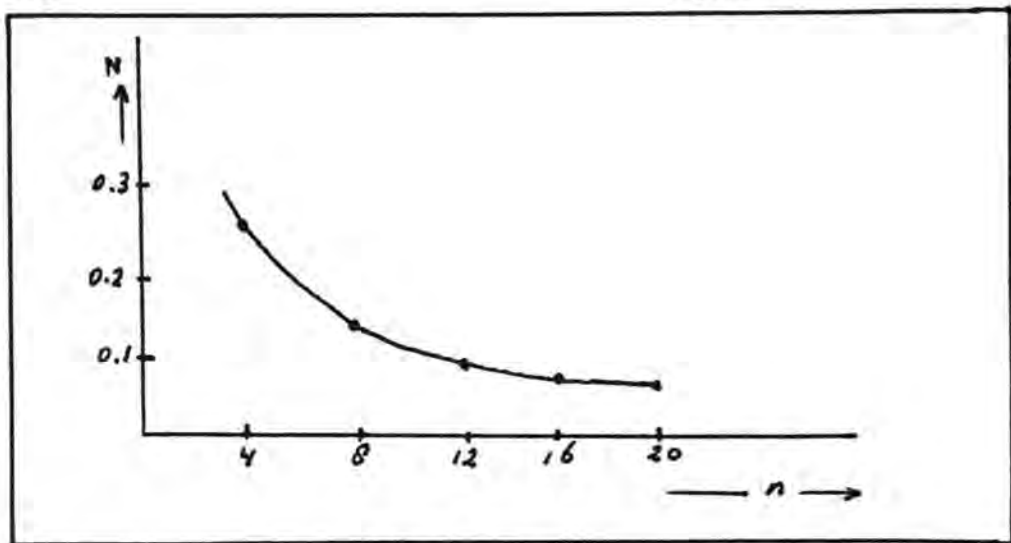
Conclusie: er zijn 45 waarnemingen nodig om de gemiddelde conusweerstand met 5% onzuiverheid te schatten.

Als we 4 waarnemingen hebben, wat is dan de haalbare zuiverheid van de schatting (90% interval).

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{t^{0,95}}{3} = \frac{2,35}{\sqrt{3}} = 1,35$$

$$Z = 1,35 * V_C = 0,27$$

<u>aantal waarnemingen</u>	<u>zuiverheid 90% betr. interval bij <math>V_C = 0,20</math></u>
4	0,27
8	0,14
12	0,108
16	0,090
20	0,079



Figuur 3.19

Uit de resultaten van deze analyse blijkt dat, teneinde de gemiddelde conusweerstand met ca. 10-14% onzuiverheid te kunnen schatten, er 8-12 controlesonderingen benodigd zijn.

Uit hoofdstuk 4.2. blijkt dat er per pijler gemiddeld ca. 10 controlesonderingen (8 hoekpunt er 2 trilpunt) zijn uitgevoerd, hetgeen overeenkomt met een onzuiverheid van ca. 12%.

T.p.v pijlers waar slechts 6 sonderingen (4 hoekpunt en 2 trilpunt) zijn uitgevoerd, gaven de betreffende sondeerdiagrammen een vrij uniform beeld. In deze gevallen kan van een vrij homogene verdichting worden gesproken; de onzuiverheid van de gemiddelde conusweerstand zal in deze gevallen zeer waarschijnlijk eveneens rond de 12% liggen.

#### 4. Grondonderzoek

Het grondonderzoek kan als volgt worden onderverdeeld:

- a. grondonderzoek voorafgaande aan de verdichting, het zogenaamde vooronderzoek;
- b. grondonderzoek na de verdichting, het zogenaamde controle verdichtingsonderzoek.

##### 4.1. Het vooronderzoek

Het uitgangspunt was dat er, voorafgaande aan de verdichting per pijler 2 sonderingen zouden worden uitgevoerd. Afhankelijk van deze sondeerresultaten vond een uitbreiding van het vooronderzoek plaats met sonderingen c.q. boringen.

T.p.v. een aantal Roompot pijlers heeft niet het geplande vooronderzoek kunnen plaatsvinden, vanwege

- \* Het niet bereikbaar zijn van de betreffende pijlers, t.g.v. planningsprioriteiten van andere werkschepen zoals de Jan Heijmans, de hoppers en schepen t.b.v. het grindstortbedrijf.
- \* T.g.v. dezelfde planningsprioriteiten moest de Mytilus pijlers in de Roompot gaan verdichten, terwijl hierterplaatse het vooronderzoek op een later tijdstip was gepland.
- \* Andere prioriteiten van de grondonderzoekponton Johan V (controle verdichting Hammenpijlers i.v.m. oplevering Hammen t.b.v. Cardium en keuze proeflocatie Cardium); planning- en kostenoverwegingen m.b.t. de algemene inzet van de Johan V.

In de hiernavolgende tabel wordt een overzicht gegeven van het uitgevoerde grondonderzoek, voorafgaande aan de verdichting. Voor de betreffende sondeerdiagrammen en boorfoto's wordt verwezen naar het geboorteregister verdichting as S.V.K.



Pijler nr.	Sonderingen	Boringen	Pijler nr.	Sonderingen	Boringen
H1	4	2	R1	2	2
H2	2	-	R2	2	2
H3	2	-	R3	2	2
H4	-	-	R4	2	1
H5	-	-	R5	2	-
H6	2	-	R6	2	1
H7	5	-	R7	2	2
H8	5	-	R8	2	2
H9	-	-	R9	2	1
H10	-	-	R10	2	-
H11	-	-	R11	2	-
H12	-	1	R12	9	2
H13	-	1	R13	9	1
H14	-	1	R14	-	1
H15	2	-	R15	9	-
H16	11	-	R16	9	-
			R17	9	-
S1	2	-	R18	9	2
S2	2	-	R19	9	-
S3	3	-	R20	3	-
S4	1	-	R21	8	-
S5	-	-	R22	2	-
S6	2	-	R23	-	-
S7	2	-	R24	-	-
S8	2	-	R25	-	-
S9	2	-	R26	2	2
S10	2	2	R27	2	-
S11	9	3	R28	2	-
S12	4	1	R29	2	-
S13	-	-	R30	2	-
S14	-	-	R31	2	2
S15	-	-	R32	2	-
S16	-	-	R33	2	-
S17	-	-			

#### 4.2. Grondonderzoek t.b.v. de controle der verdichting

Met het verdichten van de zandgrond wordt het volgende bewerkstelligd:

- a) verlaging van het poriëngehalte in situ tot beneden het kritieke poriëngehalte, waardoor het verwekingsgevaar van het zand wordt geëlimineerd.
- b) verhoging van de draagkracht van het zand.

De controle der verdichting is dan ook op deze twee zaken afgesteld: voor a) zijn dichtheidsmetingen benodigd en voor b) sonderingen.

##### 4.2.1. Verdichtingscontrole t.p.v. de pijler

Daar dichtheidsmetingen t.o.v. sonderingen een langere uitvoeringstijd hebben (12-18 uur t.o.v. 3-4 uur) en zodoende duurder zijn, is gekozen voor het principe systeem van 4 sonderingen t.p.v. de hoekpunten en 1 dichtheidsmeting t.p.v. het midden van de pijler.

De hoekpunt-sonderingen zijn uitgevoerd t.p.v. het "zwakste" punt van de verdichtingsdriehoek. Tevens zijn per pijler, i.v.m. de invloed van de zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten op het totale verdichtingsresultaat, in principe 2 trilpunt sonderingen uitgevoerd (zie ook hoofdstuk 7: De verdichtingseisen). In figuur 4.1. is het principe-controle-onderzoek weergegeven.

De keuze van 4 sonderingen op 1 dichtheidsmeting is mede beïnvloed door het beschikbaar zijn van een zogenaamde bandkorrelatie tussen de conusweerstand en het poriëngehalte ( $\bar{n} \leq 40\%$  indien  $\bar{q} \geq 13 \text{ MN/m}^2$ ), waardoor uit de resultaten van een sondering tevens informatie wordt verkregen omtrent het poriëngehalte.

Uiteraard zijn de locaties van de hoekpuntsonderingen eveneens gerelateerd aan de verdichtingseisen.

##### 4.2.2. Verdichtingscontrole tussen de pijlers

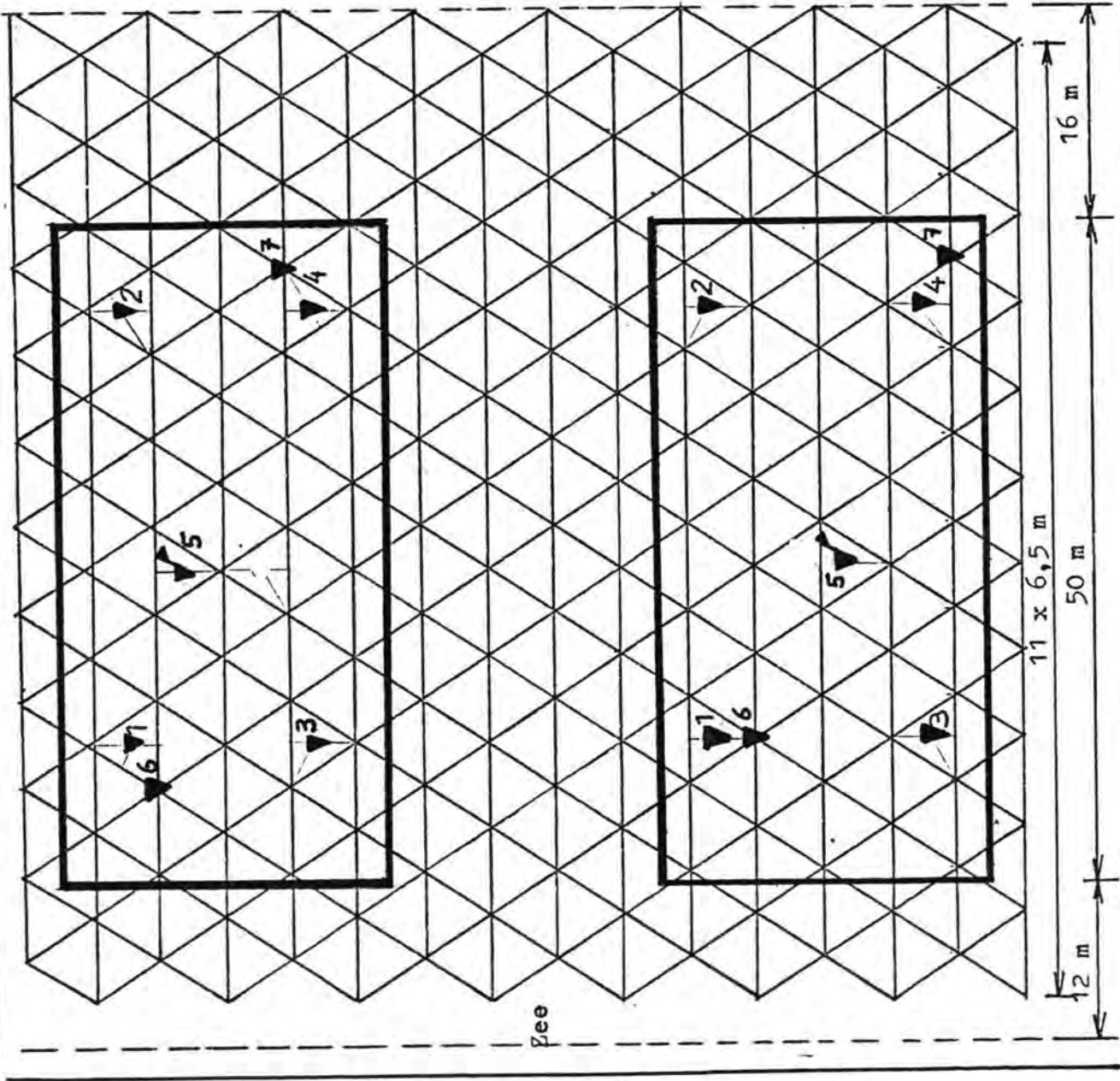
T.p.v. de verdichte grondslag tussen de pijlers (strook van 20 m lengte) is geen controle grondonderzoek uitgevoerd, daar de mate van verdichting hierterplaatse niet gerelateerd was aan de strenge verdichtingseisen welke t.p.v. de pijlers golden. Tussen de pijlers is vrijwel het zelfde verdichtingsstramien toegepast als t.p.v. de pijlers zelf. Daarom mag hierterplaatse dezelfde mate van verdichting als t.p.v. de pijler worden verwacht. Wel is er controle uitgevoerd aan de hand van de verdichtingsprocesregistratie grafieken (vermogens, triltijden, etc.)

▼ sondering met inge-  
snoerde conus  
▼ elektrische dichthei-  
meting

De metingen worden uit-  
gevoerd tot ca 1 m -  
onderkant verdichting

OVERZICHT CONTROLE  
VERDICHTINGSONDERZOEK

Oosterschelde



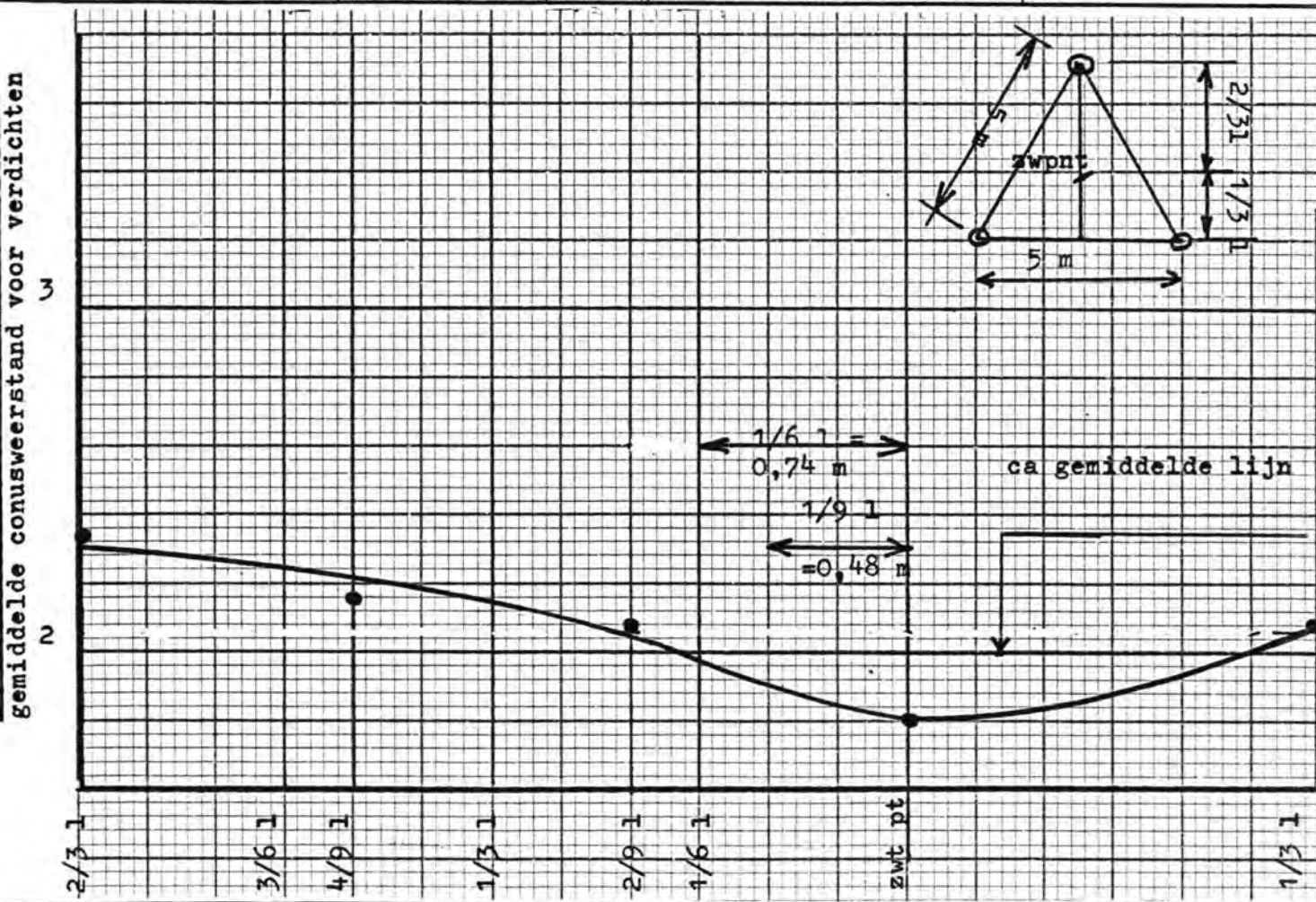
figuur 4.1.

4.2.3. Plaatsbepalingsnauwkeurigheid controle-onderzoek

Bij de verdichting van een pijler wordt het trilpuntenstramien van te voren bepaald. Bij de uitvoering van de verdichting zijn de werkelijke trilnaaldposities ingemeten en vervolgens opnieuw op tekening gezet. De locaties van de controle-onderzoek-punten zijn aan de hand van deze revisietekeningen bepaald.

De plaatsbepalingsnauwkeurigheid van de trilnaalden heeft in de orde van  $\pm 10$  cm gelegen (Minilir systeem), terwijl die van de controlemeetpunten (systeem Johan V + duikerklok) in de orde van  $\pm 0,50 - 0,75$  m. Bij de duikerklok is hierbij een hellingmeter op de verbindingkabel met de Johan V toegepast.

De plaatsbepalingsnauwkeurigheid der controlemetingen van  $0,50 - 0,75$  m was ook de vereiste nauwkeurigheid. Als uitgangspunt voor deze nauwkeurigheidseis hebben de resultaten van verdichtingsproeven op het strand van Neeltje-Jans gediend. Uit deze proeven was namelijk gebleken dat de mate mate verdichting (verdichten met 1 trilnaald) over de zwaartelij van de verdichtingsdriehoek volgens figuur 4.2. zou kunnen verlopen.



figuur 4.2.

afstand uit zwaartepunt van de verdichtingsdriehoek  
 $l = \text{lengte zwaartelij} = 4,33 \text{ m}$

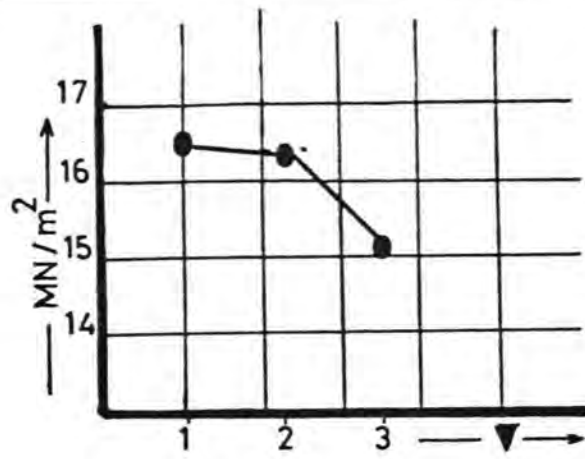
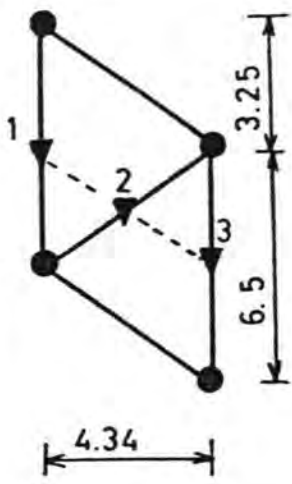
Uit deze figuur blijkt dat bij het trillen met 1 naald (h.o.h. afstand der trilpunten van 5 m), in de omgeving van het zwaartepunt (cirkel met een straal van 0,48 - 0,75 m) de minste verdichting werd verkregen. Voor de vaststelling van de vereiste plaatsbepalingsnauwkeurigheid is vervolgens het gelijkzijdige driehoekenstramien (zijden 5 m) enigszins vergelijkbaar met een gelijkbenig driehoeken stramien (basis 5 m en hoogte 6,5 m) gesteld.

In figuur 4.3. is de verdeling over het verdichtingsstramien van de gerealiseerde conusweerstand weergegeven (voor procesvoeringsmethode II en III). Uit deze figuur blijkt dat de conusweerstand t.p.v. het zwakste punt der verdichting (bij een stapafstand van 4 m midden lange zijde) binnen een straal van 2 tot 4 m niet veel verschilt (1 tot 2 MN/m<sup>2</sup>). M.a.w. gezien de zekere homogeniteit der verdichting rond het zwakste punt, kan worden gesteld dat de plaatsbepalingsnauwkeurigheid van het controleonderzoek ( $\pm 0,50 - 0,75$  m) voldoende is geweest.

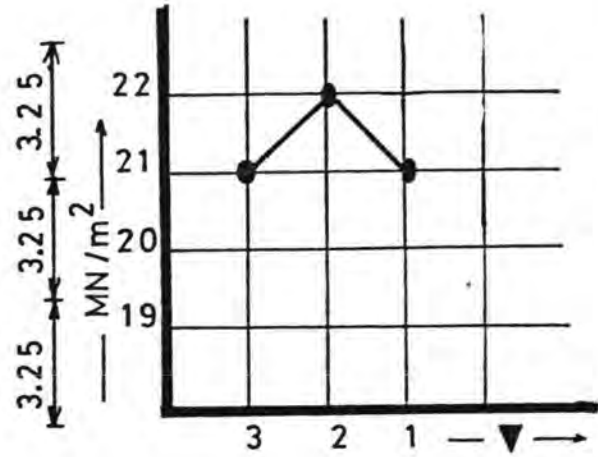
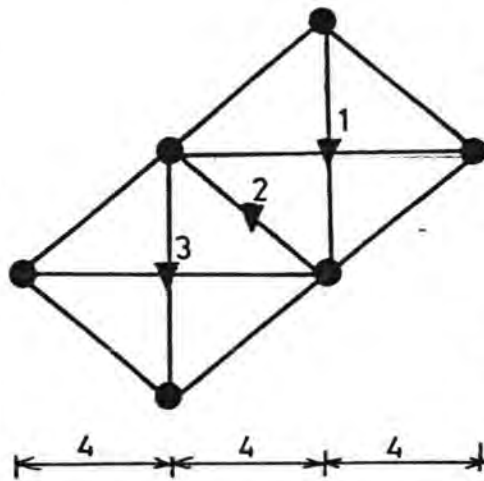
#### 4.2.4. Gerealiseerd controle-onderzoek

Bij het overgrote deel van de pijlers wijkt het gerealiseerde grondonderzoek af van de in 4.2.1. weergegeven uitgangspunten. Hiervoor zijn een drietal oorzaken aan te geven:

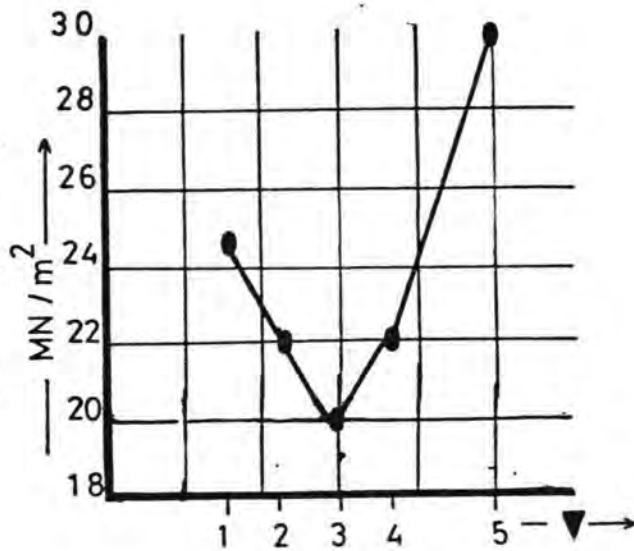
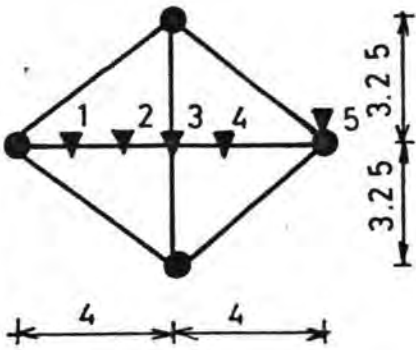
- a) Uit de eerste controle-onderzoeken was gebleken dat t.p.v. de trilpunten een zwaardere verdichting werd bereikt als t.p.v. de "zwakste" punten. Bij het bepalen van het al of niet voldoen aan de verdichtingseisen (en bij de deformatieberekeningen) dient deze zwaardere verdichting t.p.v. de trilpunten te worden meegenomen (zie hoofdstuk 3). Het controle-onderzoek is daarom uitgebreid met 2 trilpuntsonderingen.
- b) In de praktijk is gebleken dat naast de uitgangssonderingen, daar niet aan de verdichtingseisen werd voldaan, t.p.v. een of meer hoekpunten der pijler 2 tot 3 herhalingssonderingen moesten worden uitgevoerd.
- c) Daar in het algemeen de conusweerstand na verdichten gemiddeld groter dan 15 MN/m<sup>2</sup> waren, is niet bij elke pijler de elektrische dichtheidsmeting uitgevoerd.



METHODE II



METHODE III



figuur 4.3.

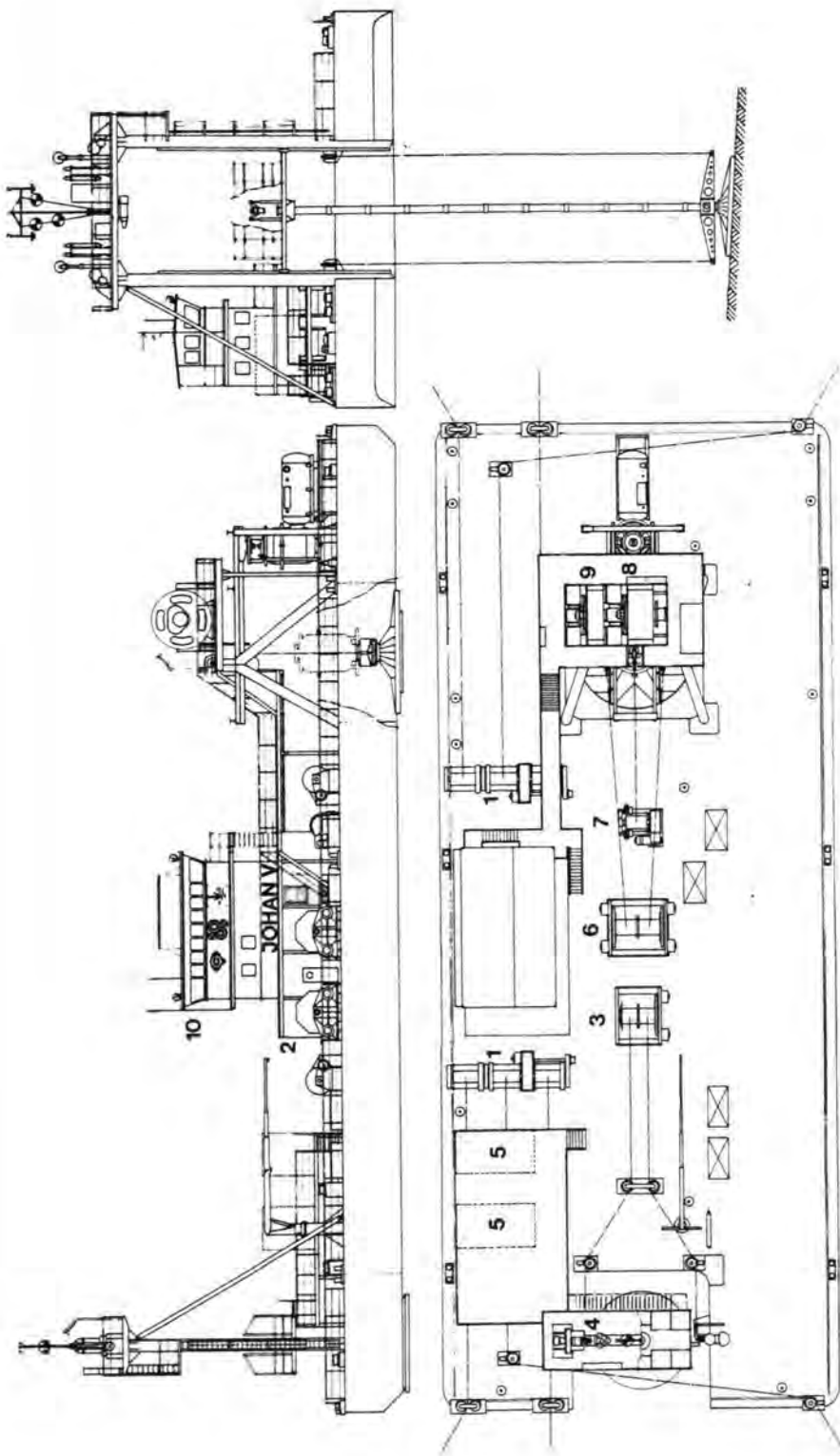
In de volgende tabel wordt een overzicht gegeven van het uitgevoerde controle-onderzoek. Voor de betreffende sondeer- en poriëngehaltegrafieken wordt verwezen naar het geboorteregister verdichting as S.V.K.

Pijler nummer	Aantal sonderingen		dichtheidsmeting
	t.p.v. zwakste punt	t.p.v. trilpunt	
H1	8	3	x
H2	12	3	x
H3	10	2	x
H4	12	2	-
H5	7	2	x
H6	7	2	x
H7	10	4	x
H8	12	2	x
H9	7	2	x
H10	4	3	x
H11	4	2	x
H12	6	2	x
H13	11	4	x
H14	4	3	x
H15	6	2	-
H16	4	3	x
S1	12	2	x
S2	11	3	
S3	6	2	x
S4	10	2	x
S5	4	2	x
S6	4	2	
S7	11	3	
S8	4	2	
S9	4	2	
S10	6	2	
S11	6	2	
S12	4	2	
S13	4	2	
S14	12	2	x
S15	4	2	x
S16	6	3	x
S17	4	2	x
R1	4	2	x
R2	11	3	x
R3	6	2	x
R4	11	2	x
R5	10	2	x
R6	7	2	
R7	5	2	
R8	15	2	
R9	8	2	
R10	16	2	

Pijler nummer	Aantal sonderingen		dichtheidsmeting
	t.p.v. zwakste punt	t.p.v. trilpunt	
R11	12	2	
R12	4	2	
R13	4	2	
R14	4	2	
R15	4	2	
R16	4	2	
R17	4	2	
R18	6	2	
R19	12	3	
R20	6	2	
R21	11	2	
R22	12	-	
R23	11	-	
R24	11	-	
R25	13	2	
R26	11	2	
R27	4	5	x
R28	15	2	
R29	9	2	
R30	4	2	
R31	4	2	
R32	4	2	
R33	4	2	

Gemiddeld per pijler zijn er 7,6 zogenaamde zwaartepunt- en 2,3 trilpunt sonderingen uitgevoerd.

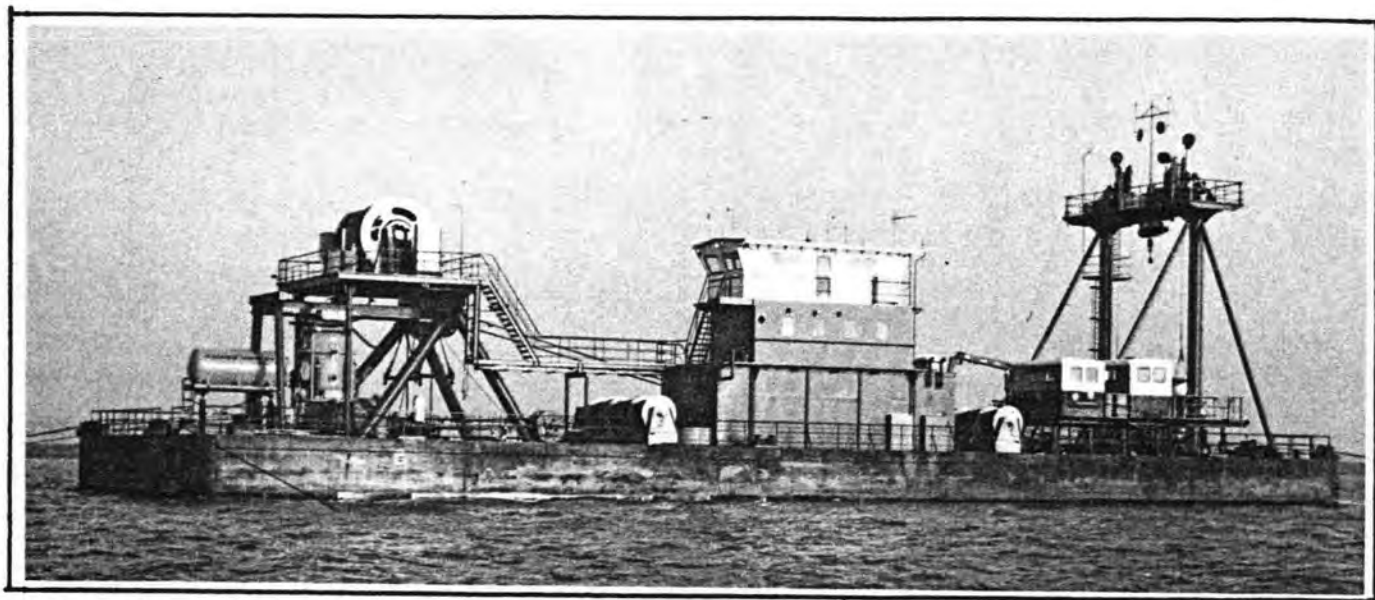
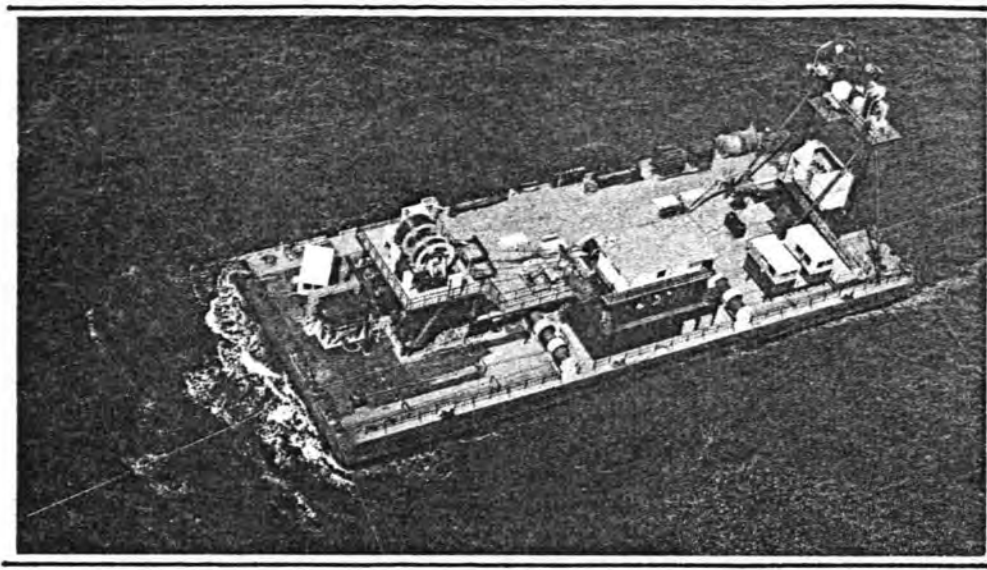




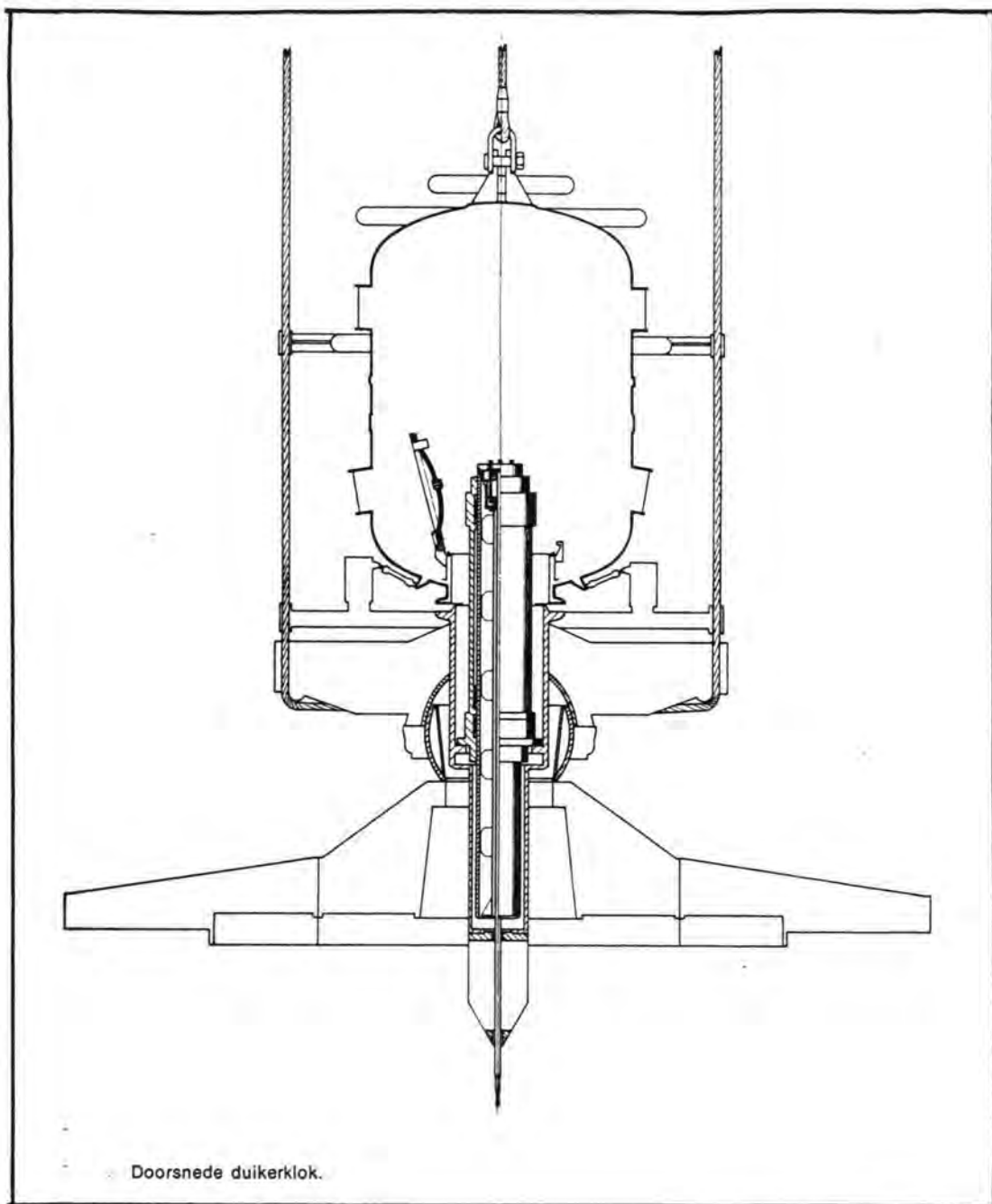
LEGEND

Main dimension pontoon 50 x 20 x 3 m

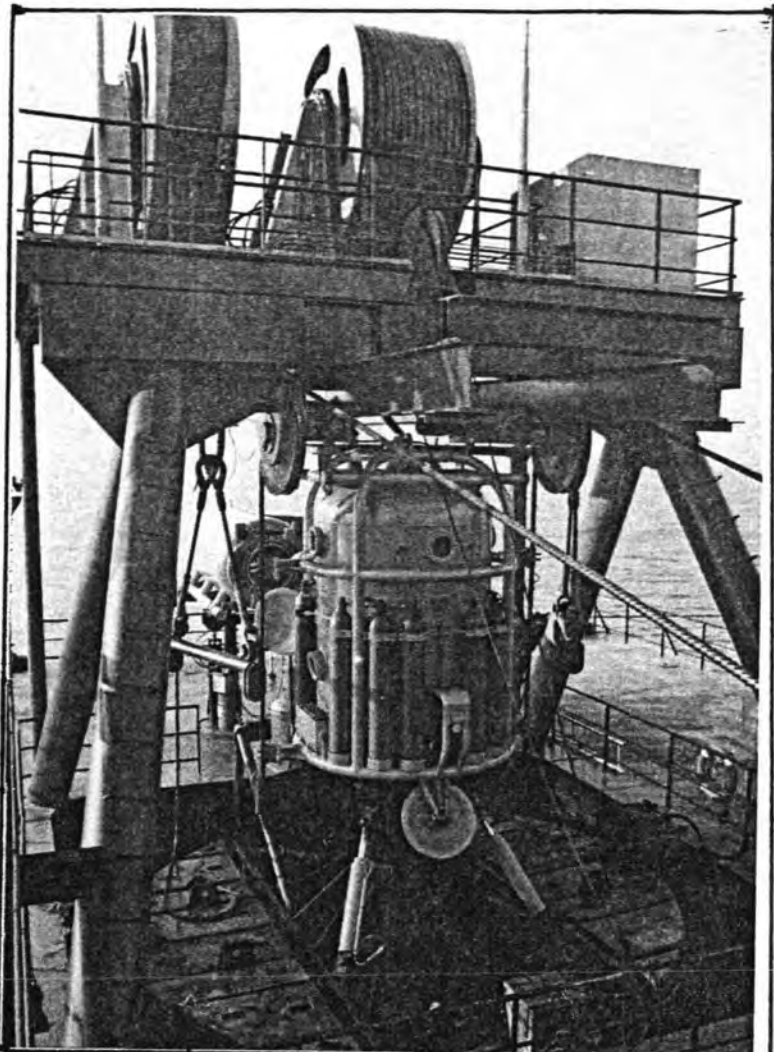
- |   |                                                                                      |    |                                                           |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------|
| 1 | Anchor winches                                                                       | 6  | Main winch kentledge block of submersible working chamber |
| 2 | Engine room                                                                          | 7  | Winch submersible working chamber                         |
| 3 | Main winch kentledge block cone penetration testing, sampling and drilling equipment | 8  | Winding device umbilical                                  |
| 4 | Swell motion compensators                                                            | 9  | Winding device electrical feeder cable                    |
| 5 | Registration cabins                                                                  | 10 | Central control room                                      |



Op het ponton zijn: (l) duikerklok met sondeer- en boorapparatuur en (r) een sondeer- en boortoren voor grondonderzoek vanaf het water.



Het geotechnische  
ponton Johan V.  
met de duikerklok  
installatie.



Toegang tot de  
duikerklok.

## 5. Overzicht verloop procesvoering

### 5.1. Het verloop van het verdichtingsproces vanaf start as-verdichting

In het interim-rapport inzake de aanvangsperiode van het verdichten (27VERD-M-80024 van 24 juni 1980) is een uitvoerig verslag gegeven van de verdichtingsresultaten met de Mytilus ter plaatse van de rand van de bodem-bescherming aan de oostzijde van de Schaar.

De daar ter plaatse aangetroffen grondslag week echter sterk af van de in de as der sluitgaten te verdichten grondslag.

De slotconclusie van de betreffende interim-rapportage was dan ook dat er onvoldoende gegevens beschikbaar waren, aan de hand waarvan goede aanbevelingen voor het verdichten in de as konden worden gedaan. Er werd toen besloten om het verdichtingsproces gedurende het verdichten Hammen randbodembescherming west verder te optimaliseren.

Op 2 april 1980 is begonnen met het verdichten in de as ter plaatse van pijler H16. Hierbij werden voor de procesvoering de onderstaande regels vastgesteld:

- horizontale stapafstand 5 m
- 2 motorunits per naald; slagkracht vibrator, 1200 kN bij  $f = 25$  hz
- onderspoeling tijdens indalen: naar behoefte
- bovenspoeling onder 6 à 7 m - mv: ca.  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$   
boven 6 à 7 m - mv: ca.  $0,5 \text{ m}^3/\text{min}$
- maximum vermogen voor start trekken: 2 x 90 kW (nominaal vermogen = 60 kW); indien het maximaal vermogen niet bereikt werd een maximum verdichtingstijd van 10 minuten
- verticale stapafstand 1 m

Door deze procedure werden de electromotoren veevuldig overbelast, waardoor thermische uitval optrad. Om het overbelasten van de motoren zoveel mogelijk te beperken werden de naalden zo snel mogelijk over 1 m' getrokken, hetgeen neerkwam op een treksnelheid van ca. 1,2 m/min.

Uit de resultaten van het controle-onderzoek bleek dat de verdichting ter plaatse van H16 zowel aan de eerste en tweede verdichtingseis niet voldeed. Het na de verdichting uitgevoerde booronderzoek toonde echter aan dat de grondslag ter plaatse van H16 tot de vereiste diepte goed verdichtbaar moest zijn.

Met andere woorden, met de hiervoor genoemde procesvoering kon niet het vereiste verdichtingsresultaat worden bereikt.

Er werd daarom besloten om opnieuw naar de rand der bodembescherming uit te wijken, teneinde een aanvullend proefprogramma uit te voeren.

De eisen voor de verdichting ter plaatse van de randen der bodembescherming zijn namelijk minder streng als ter plaatse van de pijlers, zodat de kans op het niet voldoen aan de verdichtingseisen daar ter plaatse veel kleiner zou zijn (het proefverdichten zou dan tegelijkertijd "productieverdichten" voor de rand bodembescherming zijn).

#### 5.1.1. Proeven n.a.v. overbelasting electromotoren en verdichtingsresultaten H16

Uit de resultaten van de eerste proefperiode bleek dat de invloed van de trekwijze der trilnaalden en de grootte der slagkracht van mogelijk grote betekenis konden zijn op het verdichtingsresultaat.

Ter plaatse van de oostelijke rand van de bodembescherming in de Hammen werden daarom proefvakken ingericht waar ter plaatse de invloed op het verdichtingsresultaat van de volgende procesgrootheden werd onderzocht.

- het langzaam trekken van de trilnaalden over een afstand van 1 m (ten opzichte van snel trekken);
- het in de bovenste 7 m verminderen van de trekafstand tot 0,5 m (in plaats van 1 m);
- het zogenaamd alternerend verdichten;
- het verminderen van de slagkracht van 1200 kN naar 1100 kN teneinde meer tijd te verkrijgen voor het verdichten.

Hierbij werd nog steeds als vermogensgrens 2 x 90 kW toegepast.

Uit de resultaten van deze aanvullende proefperiode (zie notitie 27VERD-M-81016) was de verwachting dat alleen met de zogenaamde alternerende verdichtingsmethode aan de voor de pijlers gestelde verdichtingseisen kon worden voldaan.

Hierbij werden door de gevolgde procedure in de onderste te verdichten grondlagen de motoren tot ca. 120-150% van het nominaal vermogen belast tijdens de verdichtingsfase; tijdens de trekfase was de belasting van de motoren 150-200% van het nominaal vermogen.

Er trad dan ook veelvuldig thermisch uitval van de motoren op. De maximaal toepasbare horizontale stapafstand bedroeg 4 m (in relatie tot het halen van de verdichtingseisen).

De methode van het alternerend verdichten ziet er als volgt uit:

A. Tot 6 m-maaiveld

- Verdichten tot een opgegeven vermogen van 2 x 90 kW (150% nominaal) per motor met een minimum van 4 minuten. Bij de gestelde minimum tijd werd menig keer een vermogen bereikt van 2 x 100 kW (200% nominaal). Daarna 1 m' trekken.
- Indien het opgegeven vermogen van 2 x 90 kW niet gehaald wordt, dan maximaal 10 minuten verdichten. Daarna 1 m' trekken.

B. Vanaf 6 m-maaiveld

(het alternerend proces)

1e stap

- Verdichten tot een opgegeven vermogen van 2 x 90 kW met een minimum van 4 minuten.
- Indien het opgegeven vermogen van 2 x 90 kW niet gehaald wordt, dan maximaal 6 minuten verdichten.
- Daarna de naald een halve meter laten vieren (combinatie Deico - standaanwijzer). Afhankelijk van diepte en weerstand zakte de naaldpunt 0 - 0,5 m.

2e stap

- Verdichten tot een opgegeven vermogen van 2 x 90 kW met een minimumtijd van 4 minuten. Gezien na het zakken van de naald het vermogen snel opliep werd meestal een minimumtijd van 2 minuten gehanteerd.
- In de bovenste meters (2 meter) werd bij het niet halen van het vermogen maximaal 6 minuten verdicht.
- Daarna 1 meter trekken.

Vervolgens herhalen 1e en 2e stap.

Uit de resultaten van de proefperiode bleek verder dat het verkleinen van de verticale stapafstand in de bovenste te verdichten grondlagen van 1,0 m naar 0,5 m geen verbetering in de kwaliteit van de verdichting gaf. Het langzaam trekken van de trilnaalden in plaats van snel trekken had een positieve invloed op het verdichtingsproces.

Uit het voorafgaande blijkt dat de electromotoren bij toepassing van 2 units per vibrator veelvuldig sterk werden overbelast bij de gestelde vermogensgrens, hetgeen een vermindering van de levensduur zou geven. Voor het bereiken van de verdichtingseisen bij een bepaalde stapafstand is echter een bepaald vermogen nodig.

Bij 2 units per vibrator zou dit overbelasting van de motoren tot ver boven het nominale vermogen betekenen. In juni 1980 werd daarom besloten tot de aanschaf van een derde motorunit per naald, waardoor het gevraagd vermogen nu door 3 in plaats van 2 units kon worden geleverd.

Op 30 juni 1980 is de Mytilus teruggegaan naar de as van het sluitgat Hammen.

#### 5.1.2. Verdichting pijlers as Hammen met 2 units per vibrator

In afwachting van de levering van de derde motorunit werd in de as Hammen met de volgende procesvoering gewerkt:

- horizontale stapafstand 4 m ter plaatse van de pijlers;
- vanaf diepste punt der verdichting tot ca. 6 à 7 m - mv trilnaalden over 1 m' trekken nadat vermogensgrens is bereikt; vanaf 6 à 7 m - mv alternerend verdichten;
- teneinde aan de verdichtingseisen te kunnen voldoen, lag tijdens de verdichtingsfase de vermogensgrens op ca. 120-125% van het nominaal vermogen (traject beneden 6 à 7 m-maaiveld);
- slagkracht 1100 kN in plaats van 1200 kN.

Met de bovenstaande procesvoering werden de pijlers H2 t/m H5 verdicht. Uit het ter plaatse van deze pijlers uitgevoerde controle-onderzoek bleek dat de pijlers H4 en H5 wel, en H2 en H3 niet aan de verdichtingseisen voldeden.

Uit de resultaten van ter plaatse van H2 en H3 uitgevoerde continuboringen bleek dat het niet voldoen aan de verdichtingseisen het gevolg was van een voornamelijk uit kleistukken bestaande, vrijwel niet verdichtbare grondlaag (ca. 1,25 m dikte), welke zich op ca. 4 à 5 m beneden het niveau onderkant voetplaat pijler bevond (zie hoofdstuk 7.3).

Op 26 september 1980 werden de eerste twee trilnaalden voorzien van een derde motorunit. Op 10 oktober 1980 geschiedde dit met de vorige 2 trilnaalden. Op dit tijdstip startte een proefprogramma, teneinde te kunnen nagaan of een grotere horizontale stapafstand dan 4 m zou kunnen worden toegepast (met handhaving van de alternerende verdichtingsmethode).



### 5.1.3. Proefprogramma horizontale stapafstand bij 3 units per vibrator

Doordat er per trilnaald een derde motorunit bijgekomen was, werd het beschikbaar nominaal vermogen vergroot. Bij de 3 units per vibrator werd de trilprocedure dan ook zodanig gewijzigd dat de motoren slechts tot maximaal 15% boven nominaal vermogen werden overbelast, en dan nog gedurende een korte periode.

Hierdoor trad er geen c.q. sporadische thermische uitval van de motoren op. Ten opzichte van 2 units per vibrator (met 120-150% belasting t.o.v. nominaal vermogen tijdens verdichtingsfase) lag het totale toegepaste maximale vermogen van deze 3 units per vibrator wat hoger.

Gezien het wat grotere beschikbare en toelaatbare vermogen wat met 3 units per vibrator kon worden toegepast, werd de mate van verdichting onderzocht met deze 3 units per vibrator bij een horizontale stapafstand van respectievelijk 3,75 m, 4 m en 5 m (zie 2PROBU-M-80282). Hiertoe werden een drietal proefvakken ingericht, gelegen tussen de pijlers H5/H6 en H6/H7. De resultaten van dit onderzoek waren als volgt:

horizontale stapafstand (m)	gewogen conusweerstand ter plaatse van zwakste punt verdichting (MN/m <sup>2</sup> )
3,75	ca. 22 - 24
4	ca. 14,5
5	ca. 9

Gezien de gewogen waarden bij een horizontale stapafstand van 5 m werd geconcludeerd dat met deze stapafstand bij lange niet aan de eerste verdichtingseis zou worden voldaan.

De gewogen waarden bij een horizontale stapafstand van 4 m lagen even boven de in de 1e verdichtingseis gestelde grens (13 MN/m<sup>2</sup>). De conclusie was dan, dat ook bij toepassing van 3 units per vibrator, teneinde aan de verdichtingseis te kunnen voldoen, de maximale horizontale stapafstand rond de 4 m zou moeten zijn.

### 5.1.4. Verdichting van pijlers met 3 units per vibrator

Na het gereedkomen van het proefprogramma is in november 1980 verder gegaan met het verdichten van de pijlervakken.

Hierbij werd de volgende procesvoering aangehouden:

A. Tot 6 m-maaiveld

- Verdichten tot een maximum vermogen van 3 x 70 kW (115% nominaal); dit vermogen werd menig keer binnen een halve minuut bereikt.  
Daarna 1 m' trekken.
- Indien het maximum vermogen van 3 x 70 kW niet wordt gehaald, dan maximaal 10 minuten verdichten.  
Daarna 1 m' trekken.

B. Vanaf 6 m-maaiveld tot maaiveld  
(alternerend proces)

1e stap

- Verdichten tot een maximum vermogen van 3 x 70 kW.
- Indien het maximum vermogen van 3 x 70 kW niet wordt gehaald, dan maximaal 6 minuten verdichten.
- Daarna naaldpunt een halve meter later vieren (combinatie Deico - standaanwijzer). Afhankelijk van diepte en weerstand zakte de naaldpunt 0 - 0,5.

2e stap

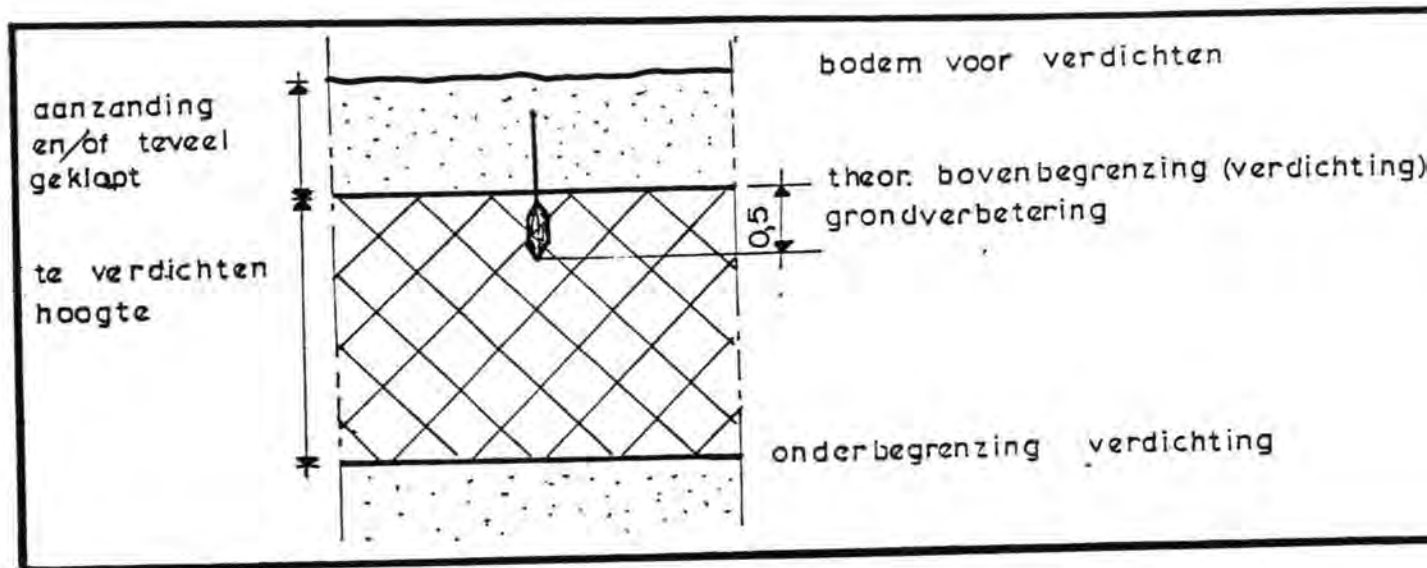
- Verdichten tot een maximum vermogen van 3 x 70 kW. Gezien na het zakken van de naald het vermogen snel opliep (vooral in de onderste meters) was de minimum verdichtingstijd ca. 1/2 minuut.
- Bij het niet halen van het vermogen wordt vooral in de bovenste meters maximaal 6 minuten verdicht.  
Daarna 1 m' trekken.

Vervolgens herhalen 1e en 2e stap.

Met behulp van deze procesvoering zijn achtereenvolgens de pijlervakken H10, H11, half H9, S17, S16, S15, half S14 en S3 verdicht.

5.2. Optimalisatie van het quantitative verdichtingsproces

Als eerste optimalisatie werd toegepast het invoeren van een bovenbegrenzing voor de verdichting. T.p.v. verschillende pijlervakken trad n.l. aanzanding op, waardoor de bodem boven de theoretische begrenzing van de uitgevulde cunetten kwam te liggen. Deze theoretische bovenbegrenzing van de grondverbetering was gerelateerd aan een aantal uitgangspunten (waaronder inklinking ten gevolge van verdichting en "onverdichtbare" bovenlaag van 1 m dikte).



figuur 5.1.

Gedurende de laatste verdichtingsstap viel het niveau onderkant resonator niet boven het niveau 0,5 m - bovenbegrenzing verdichting. Na deze laatste verdichtingsstap werden de naalden al trillend uit de in feite te veel aanwezige grond getrokken.

#### 5.2.1. Optimalisering van het verdichtingsproces

De alternerende verdichtingsmethode (van ca. 6 à 7 m maaiveld) nam veel tijd in beslag hetgeen resulteerde in lange cyclustijden (ca. 3,5 uur). Zoals in 5.1.4. reeds is vermeld werd er alternerend verdicht indien de vermogensgrens niet binnen 6 minuten werd bereikt.

In dit geval werden de naaldlieren gevierd totdat de deiningscompensatoren max. 0,5 m waren uitgestuurd.

Deze handeling geschiedde op het oog en was zodoende niet als nauwkeurig te classificeren. Ten gevolge van het vieren van de naaldlieren zakten de trilnaalden weer in de reeds verdichte grond.

De mate van inzakking was afhankelijk van de graad van de reeds bereikte verdichting; na inzakking was niet nauwkeurig te bepalen op welk niveau de naaldpunt zich bevond.

Door deze onnauwkeurige maatvoering is gebleken dat bij verschillende cycli gedurende het alterneertraject teveel verticale stappen zijn gemaakt, mede omdat de verticale stap trekken uitging van het na het alterneren bereikte niveau.

Teneinde de maatvoering tijdens het alterneerproces nauwkeurig te maken, kwamen er eind februari 1981 zogenaamde displays aan boord van de Mytilus, waarop de naaldpuntdiepte digitaal (in m t.o.v. N.A.P.) was af te lezen. M.b.v. deze instrumenten werd het mogelijk gemaakt om tijdens het alterneren vrij nauwkeurig de onderkant van de trilnaald t.o.v. N.A.P. af te lezen. Tegelijkertijd was het hierdoor mogelijk om in vaste meter stappen t.o.v. N.A.P. te werken (onafhankelijk van de inzakking tijdens alterneren), waardoor ook de invloed van de waterstanden op de verticale stapgrootte werd geëlimineerd. Op deze wijze konden er niet meer verticale stappen dan strikt noodzakelijk was, worden gemaakt.

Nadat de bovengenoemde displays aan boord waren is in de laatste week van februari 1981 een proefprogramma uitgevoerd, met als doel een verdere optimalisatie van het verdichtingsproces.

In een drietal proefvakken t.p.v. S3/S4 werden drie verschillende procesvoeringen onderzocht. In de op de volgende bladzijde staande tabel zijn de grootste verschillen aangegeven met de tot dan toe gebruikte methode (S14 t/m S17) en de in de referentievakken gebruikte methoden.

Omdat in het sluitgat Hammen een andere grondslag aanwezig was, werd besloten dezelfde procedures te herhalen in het gebied tussen de pijlers H13 en H14 om het effect van deze grondslag op het proces te kunnen evalueren.

#### 5.2.2. Beschrijving onderzochte verdichtingsprocedures

Vibrator HV120S3	slagkracht 1200 kN
	frequentie 25 Hz
Stramien afstand: 4 m'	
	opp. per punt 26 m <sup>2</sup>
Naaldafstand: 6,5 m'	

Indaalmethode voor alle methoden

Onderspoeling beginnen met 0,5 m<sup>3</sup>/min

Bovenspoeling: 0,1 m<sup>3</sup>/min

Indaalsnelheid: stand 3 van controller

TABEL VAN VOORNAAMSTE VERSCHILLEN IN PROCESVOERING

datum van tot	pijlervak	horizontale stapafstand	alterneren	wijze van trekken (zie schema's fig.5.5)	dieptemeting
27-10-80/ 13-02-81	S14-S15 S16 en S17	4,0 m'	van 6 m' -MV normaal tot -MV	1 m' t.o.v. na alternen bereikte niveau (schema 1)	t.o.v. schip (waterlijn)
19-02-81/	S3 ref. vak 2	4,3 m'	van 25,4-NAP normaal tot 20,4-NAP	1 m' t.o.v. na alternen bereikte niveau (schema 1)	t.o.v. N.A.P.
21-02-81 t/m 23-02-81	S3 ref. vak 1	4,0 m'	van 26,4-NAP afwijkend tot 20,4-NAP kend niet "2 m' draad vieren" doch "0,5 m' indalen"	1 m' t.o.v. na alternen bereikte niveau (schema 2)	t.o.v. N.A.P.
24-02-81 25-02-81	proefvak 1 S3/4 *) proefvak 2  proefvak 3	4,3 m'	van 26,4-NAP normaal tot 20,4-NAP alleen als $kw < 60$ na 6' trillen, dan: 4' alt. indien geen toename 2' alt. indien $kw < 70$ na 8' trillen geheel niet alterneren	1 m' t.o.v. voor alternen bereikte niveau (schema 3)  (schema 4)	t.o.v. N.A.P.

Algemeen voor alle methoden: maximum motorbelasting 70 kW  
normaal alterneren: na 6 minuten trillen: 2 m' draad vieren (combinatie van naalzakking en deico uitsturen);  
indien  $kw < 70$  blijft dan max. 6 minuten "op stuit" trillen;  
als  $kw > 70$  wordt, dan maximaal 1/2 minuut "overbelasten".

\*) proefvaknummering komt overeen met procesmethode nummering.

Als deico teveel uitstuurt dan debiet onderspoeling opvoeren + eventueel jetlucht aan.

Afschakelen jets  $\pm$  2 meter vóór bereiken van verdichtingsdiepte.

### Verdichten

Per vak zijn een aantal richtlijnen gegeven die het verloop van het proces bepalen:

#### Methode I (figuur 5.2.)

hoofdcriterium: maximum motorbelasting 70 kW

of

maximum triltijd 10 minuten

#### Vanaf indaaldiepte tot 6 m'-MV

hoofdcriterium aanhouden

#### Vanaf 6 m'-MV tot MV

Aangepast alterneren: d.w.z. zelfde regels als voorheen, echter na alterneren de naald trekken over netto 1 m' (d.w.z. 1 meter t.o.v. laatste niveau na vorige keer trekken).

Bij deze methode was de stapgrootte over de gehele verdichtingshoogte ca. 1 meter, ongeacht de inzakking tijdens het alterneren.

De bestaande alterneerregels waren als volgt:

- Als na 6' verdichten de 70 kW niet wordt bereikt dan 2 m' draad vieren. Blijft hierna het vermogen kleiner dan 70 kW dan nogmaals 6' verdichten, anders maximaal 1/2 minuut "overbelasten".
- Als binnen de 6' verdichten de 70 kW wordt bereikt, dan alterneren gedurende maximaal 1/2 minuut ("overgangszone" van max. motorbelastingscriterium naar "max. tijd" criterium).

#### Methode II

1) Onderste stap: hoofdcriterium:

max. motorbelasting 70 kW

- a) Indien na 8' de 90 kW niet bereikt is 1 x "op en neer" d.w.z.: naald  $\pm$  0,5 m' trekken en meteen weer 0,5 m' indalen (zonder jets).

Naald niet op "stuit" zetten, dus eventueel minder dan 0,5 m' indalen. Hierna 2e keer verdichten:  
criteria: max. motorbelasting 90 kW  
of maximum triltijd 8 minuten  
of constant vermogen gedurende 2 minuten  
Hierna trekken tot verdichtingsdiepte minus 1 meter.

b) Indien binnen de 8 minuten de 90 kW wel bereikt wordt dan 1 meter trekken.

2) Alle volgende stappen: hoofdcriterium: max. motorbelasting 70 kW.

a) Als binnen de 6 minuten 60-70 kW wordt bereikt dan: 1 meter trekken.

b) Als na 6' verdichten kW kleiner dan 60

- géén toename 4' alterneren + netto 1 m' trekken

- wél toename verder verdichten tot maximum 8'

verdichten of 70 kW

Als 70 kW bereikt wordt dan 1 meter trekken.

Als 70 kW niet bereikt wordt dan 2' alterneren + 1 meter netto trekken.

#### Methode III (figuur 5.4.)

1) Onderste stap: als als vak II

2) Alle volgende stappen: hoofdcriterium: maximale motorbelasting 70 kW.

Proberen minimale verdichtingstijd van 6 minuten te halen. Als binnen de 6' de 70 kW bereikt wordt dan 1 m' trekken.

Als na 6' de 70 kW niet bereikt wordt dan doorgaan tot maximaal 10 minuten of minstens 2 minuten constant vermogen.

### 5.2.3. Resultaten optimalisatieproeven Hammen en Schaar

#### A. Verticale stapgrootte

Afgezien van het al of niet toepassen van alterneren gaf het "netto 1 m' trekken" ten opzichte van het "bruto 1 m' trekken" een besparing van gemiddeld 2,5 stap per puntcyclus in de bovenste 6 meter. Bij de tot dan toe gehanteerde werkwijze resulteerde dit in een cyclustijdverkorting van  $\pm 35$  minuten.

Een bijkomende voordeel was een duidelijk meer effectieve procesvoering, hetgeen inhield dat bij een bepaalde levensduur van de trilnaalden hier meer productie tegenoverstond.

N.B. Bruto stap = na het alterneren werd vanaf het dan bereikte niveau 1 m getrokken.

Netto stap = na het alterneren werd de naald 1 m getrokken t.o.v. het voor het alterneren bereikte niveau.

Zie ook figuur 5.5.

### B. Cyclustijden

methode	hor. stap-afstand (m)	gem. cyclustijd voor 10 m verdichtingsdiepte (min.)	$\bar{q}_c$ (MN/m <sup>2</sup> )
normaal * alterneren	4,3	181	14,8 - 16,2
I	4,3	146	12,7 - 15,3
II	4,3	128	15,1 - 16,5
III	4,3	110	12,9 - 23,1

\* normaal alterneren met toepassing van displays

De onderzochte verdichtingsprocessen I t/m III gaven allen verkorting van de cyclustijd t.o.v. de gangbare alternerende verdichtingsmethode. Met alle 3 procedures werd een verdichtingskwaliteit bereikt, welke voldeed aan de 1e verdichtingseis.

De in de voorgaande tabel vermelde waarden van de cyclustijdverkortingen werden zowel in het grove schelphoudende zand (Schaar) als in het matig fijne zand (Hammen) bereikt.

Vanaf ca. 1 april 1981 werd daarom alleen de procesmethode III toegepast, m.u.v. de pijlers R1 t/m R5. Vanwege de aard van de daarterplaatse aangetroffen grondslag werden respectievelijk methode II (R4 en R5) en de alternerende verdichtingsmethode (R1 t/m R3) toegepast.

Voor de randen der bodembescherming, waar de verdichtingseisen niet zo streng waren als t.p.v. de pijlers, werd methode III toegepast bij een horizontale stapafstand van 5/6 m.



5.3. Totaaloverzicht toegepaste verdichtingsmethoden

pijler	methode	pijler	methode	pijler	methode
H1	III	S1	III	R1	A
H2	III	S2	III	R2	A
H3	III	S3	A	R3	A
H4	A	S4	III	R4	II
H5	A	S5	III	R5	II
H6	III	S6	III	R6	III
H7	III	S7	III	R7	III
H8	III	S8	III	R8	III
H9	A	S9	III	R9	III
H10	A	S10	III	R10	III
H11	A	S11	III	R11	III
H12	A	S12	III	R12	III
H13	A	S13	III	R13	III
H14	A	S14	III	R14	III
H15	III	S15	A	R15	III
H16	III	S16	A	R16	III
		S17	A	R17	III
				R18	III
				R19	III
				R20	III
				R21	III
				R22	III
				R23	III
				R24	III
				R25	III
				R26	III
				R27	III
				R28	III
				R29	III
				R30	III
				R31	III
				R32	III
				R33	III

Randbodembescherming:  
Methode III

A = alternerend  
verdichten

De horizontale stapafstand bedroeg 4,00 m, m.u.v. de volgende pijlers (zie hoofdstuk 7.4):

- R6 - 3,50 m
- R7 - 3,75 m
- R8 - 3,75 m
- R9 - 3,50 m
- R10 - 3,75 m
- R11 - 3,50 m
- R12 - 3,75 m
- R13 - 3,75 m
- R14 - 3,50 m

De afstand tussen de naalden in de verdichtingsbalk bedroeg h.o.h. 6,50 m.

#### 5.4. De toegepaste procesregistratie

De procesregistratie van de trilnaalden bestond uit

- \* vermogensopname van de trilmotoren als functie van de tijd; uit deze grafiek werd afgeleid:
  - verdichtingstijd
  - trektijd naalden
  - vermogensopname tijdens verdichten en trekken naalden
- \* debietregistratie onder- en bovenspoeling
- \* registratie trekkracht naalden
- \* registratie locatie verdichtingspunten

Van de gemaakte procesregistratie werden op diverse manieren uitwerkingen gemaakt.

Allereerst werd van elk verdichtingspunt een z.g. "individuele naaldplot" gemaakt (figuur 5.6).

Hierop is het volledige verloop te zien van het proces gedurende de gehele punt cyclus. De volledige uitwerking bestaat uit 3 samengestelde grafieken. De eerste grafiek geeft het verloop weer tijdens de indaalfase van vermogen, indaalsnelheid en trekkracht alsmede het gebruik van onderspoeling en/of jetlucht. Van deze parameters worden tevens de minimum en maximumwaarden bepaald en weergegeven, alsmede een gemiddelde waarde over de gehele indaalfase.

- B) De tweede grafiek (figuur 5.7) geeft de triltijd per stap weer in een zwarte blokjeslijn, waaruit tevens de stapgrootte kan worden afgelezen (meetpunt is het midden van een "blokje"). In deze grafiek wordt tevens het gemiddelde vermogen per stap weergegeven door een getrokken dikke lijn terwijl het minimale en het maximale vermogen tijdens een verdichtingsstap weergegeven worden door gestippelde dikke lijnen. Hieruit is dus de vermogenstoename af te lezen. Ook zijn over de gehele cyclus maximum, minimum en gemiddelde waarden bepaald.
- C) In de derde grafiek (figuur 5.8) worden de gecumuleerde triltijd en de bruto en netto energie weergegeven. Hierbij is het grondpakket verdeeld in lagen van 1 meter en zijn de waarden zoals die in de tweede grafiek staan, omgerekend. Zodoende is inzicht verkregen in de resulterende triltijd per meter, onafhankelijk van stapgrootte, wijze van trekken, triltijd per stap, enzovoorts. Hetzelfde effect is verkregen voor de vermogenswaarden, door deze om te rekenen naar energie (= vermogen x tijd).  
Tevens is door het invoeren van het "eigen vermogen" (d.i. het vermogen dat een vrijhangende naald opneemt als de vibrator aanstaat) getracht het verschil in gedrag van de verschillende naalden te elimineren, alsmede een indruk te krijgen van de aan de grond werkelijk afgegeven energie. Zowel de "bruto energie" (dikke lijn) als de "netto energie" zijn weergegeven.
- D) Voor elke plaats waar een sondering is uitgevoerd is, is een z.g. combinatieplot gemaakt waarin t.p.v. een gemaakte sondering de uitwerking gegeven wordt van de belangrijke verdichtingspunten rondom de sondering. Voor een sondering in het hart van het verdichtingspunt is dit dus één punt, voor een sondering in het zwaartepunt van een driehoek zijn drie verdichtingspunten verwerkt. Er zijn drie grafieken gemaakt, n.l. voor de gecumuleerde triltijd, de bruto energie en de netto energie. In elk grafiek staan de waarden per m' laagdikte voor elke naald apart, alsmede het gemiddelde van deze waarden.

E) Per pijler is een combinatieplot gemaakt waar respectievelijk de locatie der verdichtingspunten en controle-onderzoekpunten zijn weergegeven, alsmede de grootte van de gewogen conusweerstand (figuur 5.9).

Tevens zijn outprints gemaakt van:

Verdichtingspunten: - datum cyclus

(figuur 5.10) - cyclusnummer

- naaldcode, waaruit direct is af te lezen met hoeveel tijdens de betreffende cyclus is getrild, alsmede welke naald eventueel is uitgevallen.

Controle-onderzoekpunten - datum uitvoering

(figuur 5.11)

- soort meting ( = sondering, GM = grondmeting WM = watermeting)

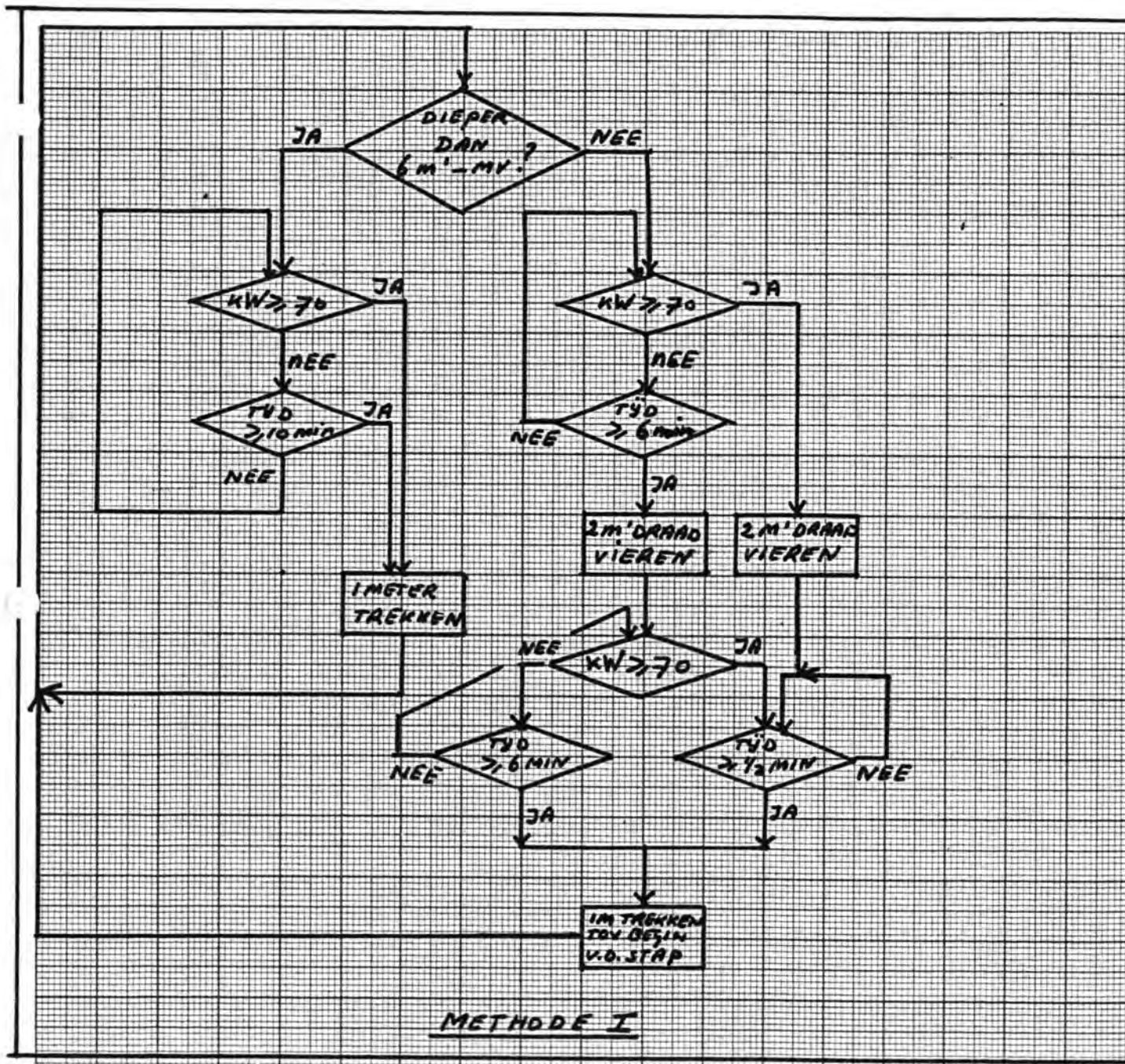
- voor of na onderzoek (V of N)

- coördinaten onderzoekspunt

- gewogen waarde conusweerstand

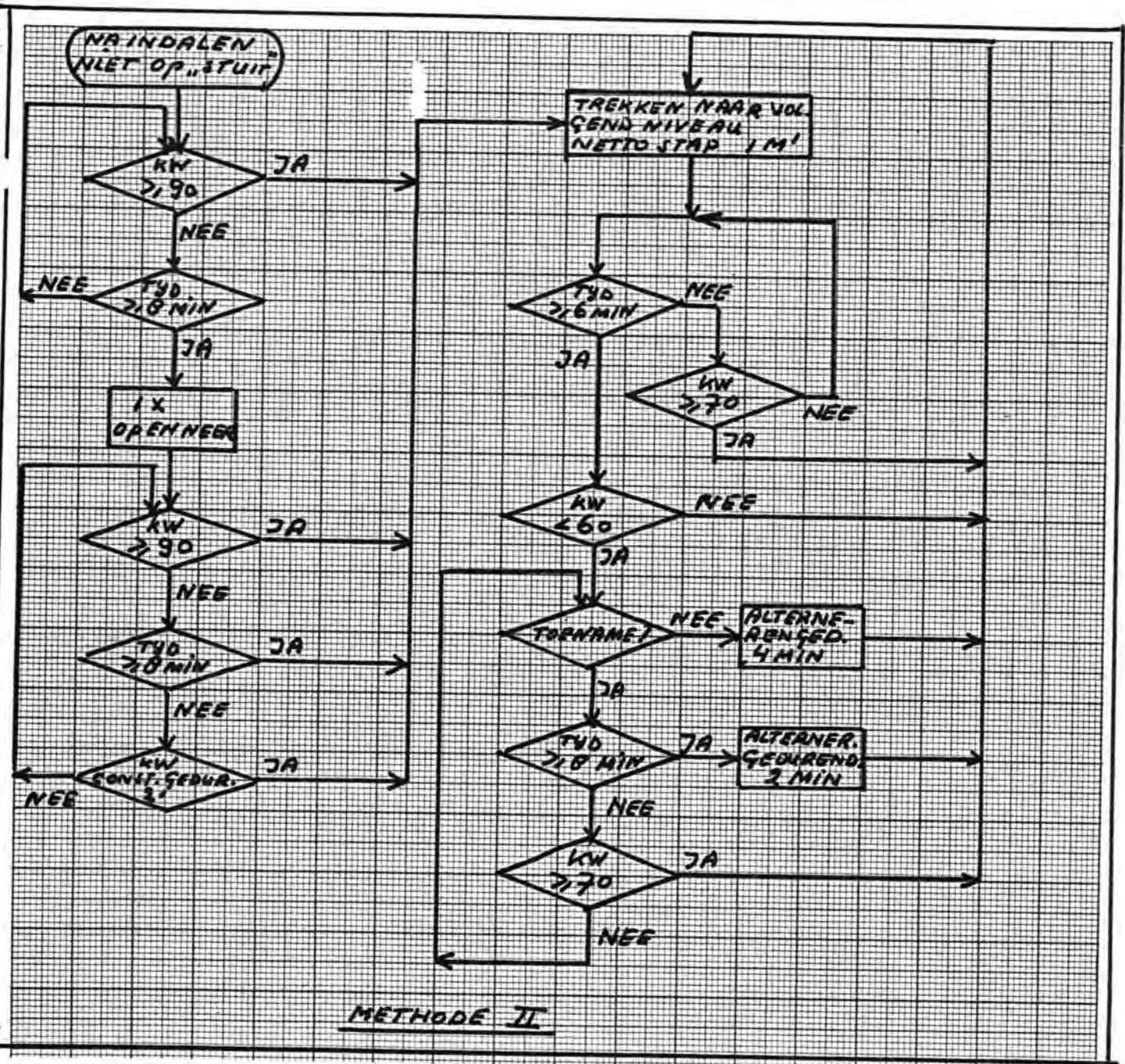
Deze gegevens, alsmede de sondeerdiagrammen, boorfoto's en korrelverdelingsdiagrammen van respectievelijk het geboorteregister pijlers (grondonderzoek vòòr dustpannen), het vooronderzoek (grondonderzoek na klapproces en vòòr verdichting) en het controleverdichtingsonderzoek zijn per pijler in een logboek verwerkt.

METHODE I



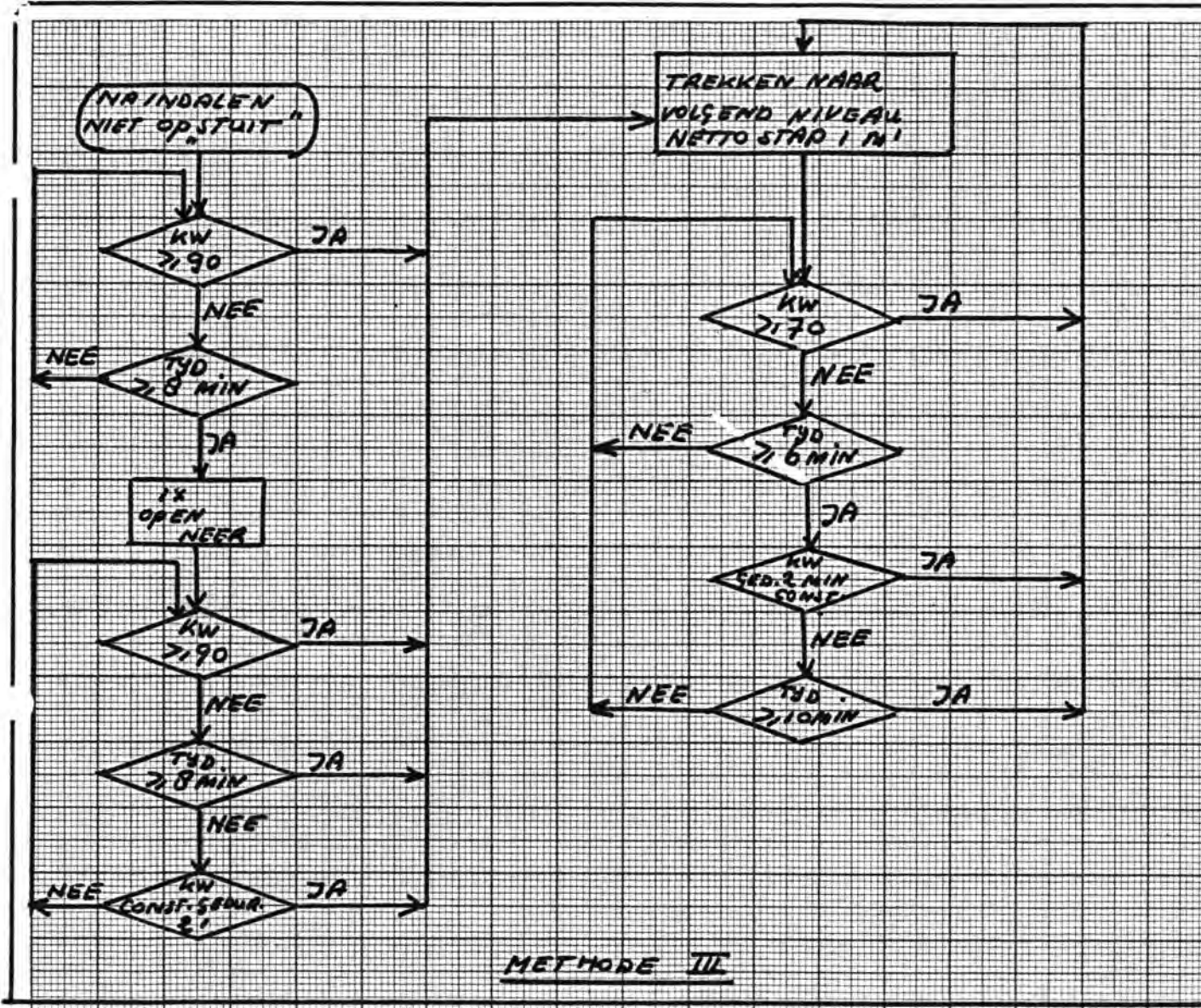
Figuur 5.2.

METHODE II



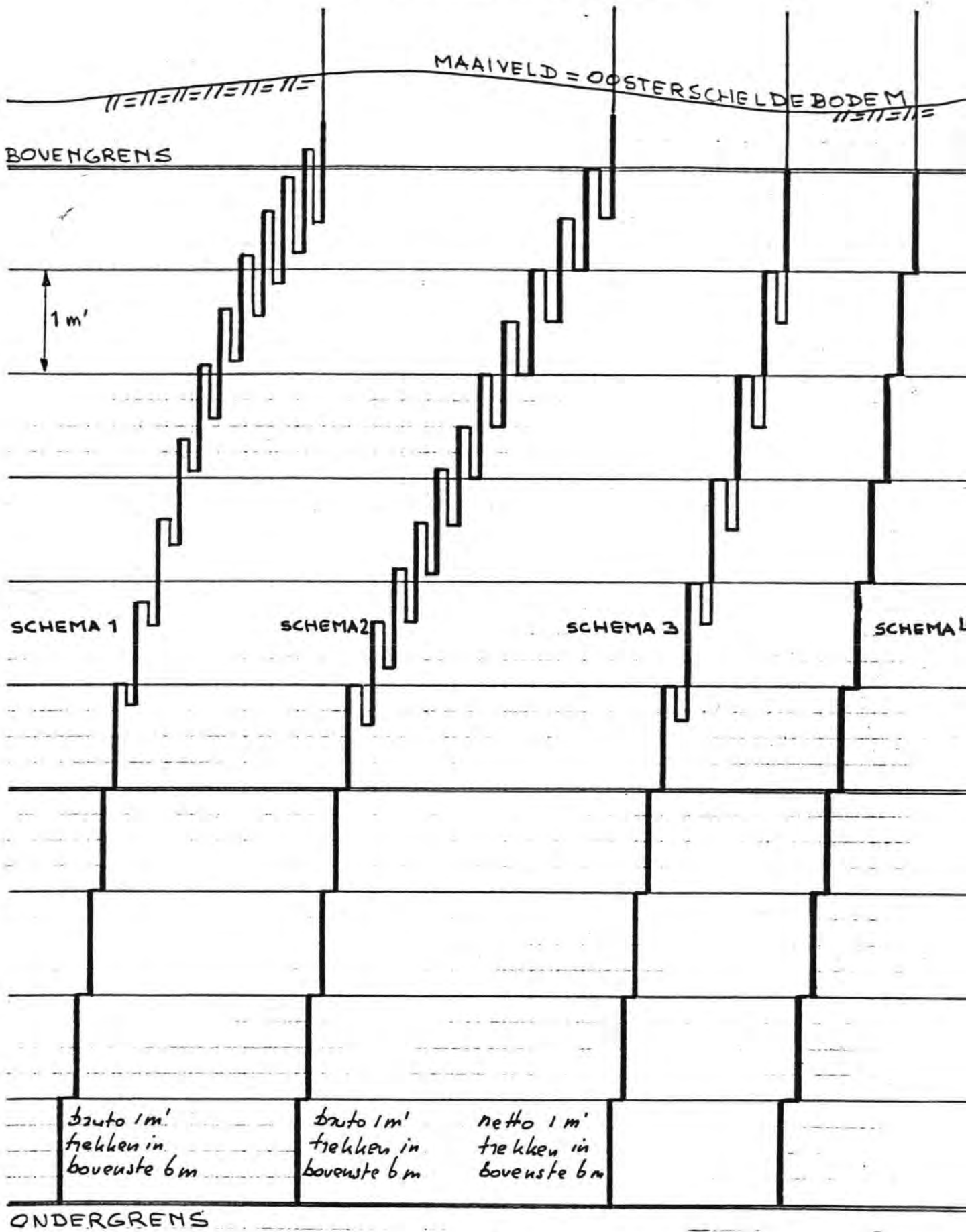
Figur 5.3.

METHODE III



Figuur 5.4.

- 137 -  
SCHEMA VERTICALE STAP



S14 T/M S17

Ref. Vak 2

Ref. Vak 1

Proefvakken  
I en II

Proefvak  
III

FIGUUR 5.5



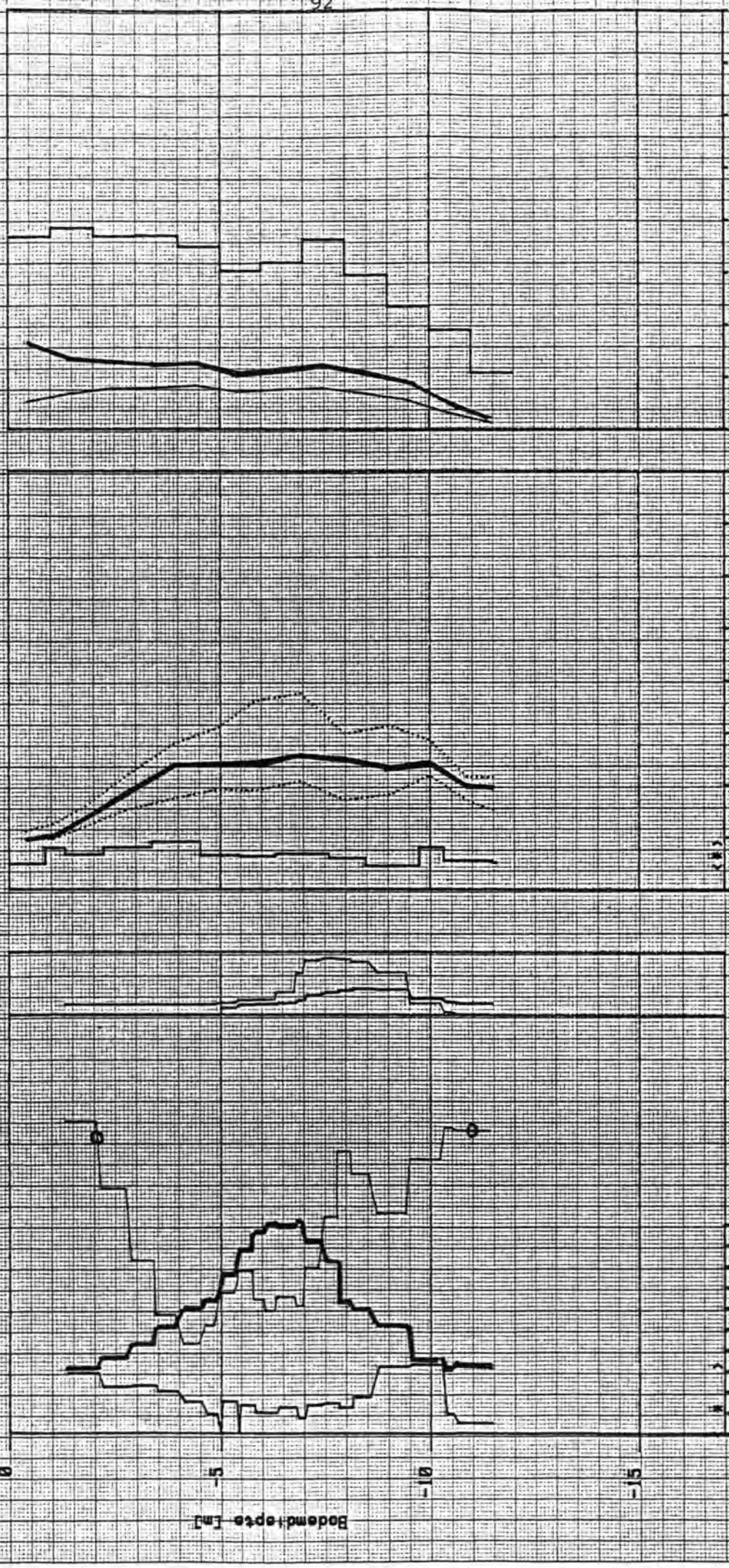
24 Februari 1981  
 Pijlervak - S3/1  
 Cylclus 5 VAK

# MYTILLUS

INDALEN

VERDICTEN [energie]

VERDICTEN [vermogen]



Bodemtemperatuur [m]  
 0 2 4 6 8 10 12 14 15  
 0 50 100 150 200 250 300 350 400  
 0 100 200 300 400  
 0 50 100 150 200 250 300 350 400  
 0 50 100 150 200 250 300 350 400

0 25 50 75 100 150  
 0 50 100 150  
 0 50 100 150  
 0 50 100 150

Debit [m<sup>3</sup>/min] 0 1 2 3  
 Druk [bar] 0 5 10 15

Naald 1  
 Coörd. X - 1493.94  
 Y - 6119.19  
 Bodem 1 19.54 m -NRP  
 Pvlbr 1 22 KM

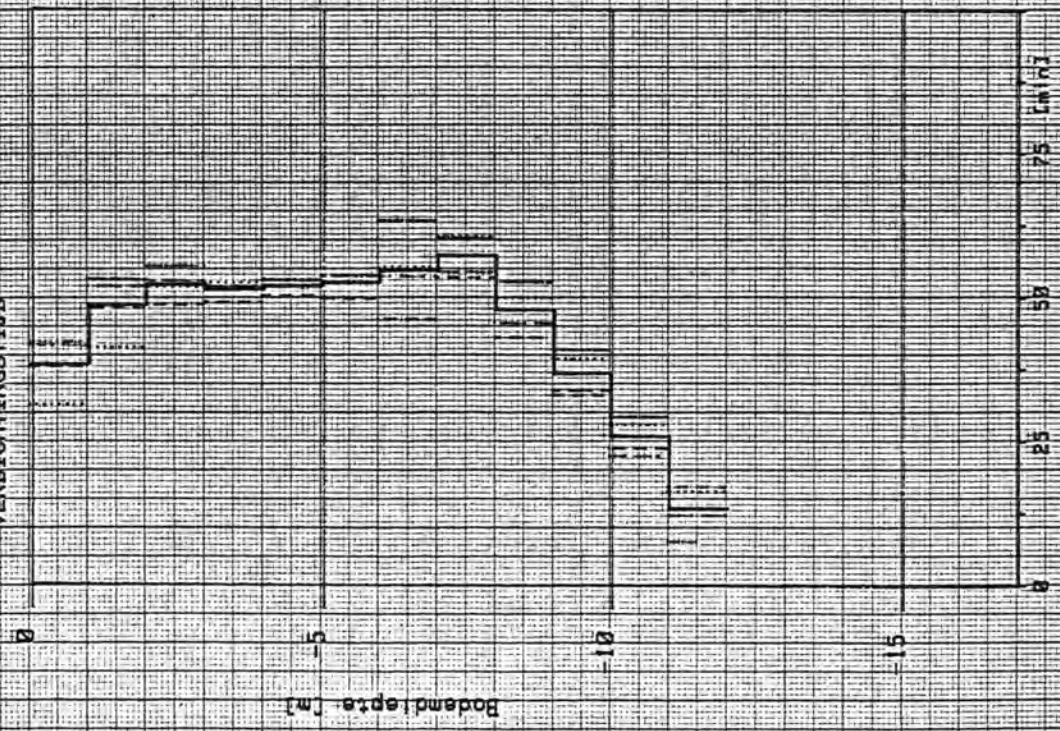
VAK II

MYTILUS

VERDICHTINGSTIJD

BRUTO ENERGIE

NETTO ENERGIE



24 Februari 1981,  
 Cyclus : 7  
 Naald : 2  
 Coord : X - 1500,41  
 Y - 6127,95  
 Bodem : 19,58 m -NAP  
 Pvlbr : 21 kW

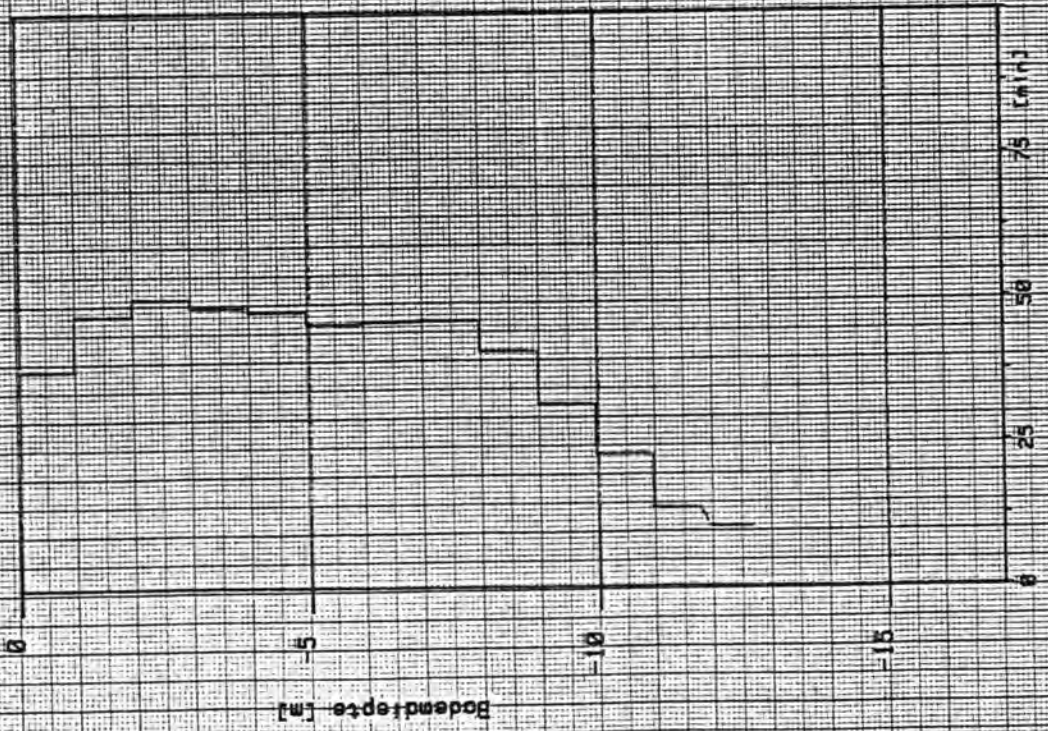
24 Februari 1981,  
 Cyclus : 5  
 Naald : 2  
 Coord : X - 1500,44  
 Y - 6119,19  
 Bodem : 19,49 m -NAP  
 Pvlbr : 19 kW

24 Februari 1981,  
 Cyclus : 6  
 Naald : 3  
 Coord : X - 1503,81  
 Y - 6123,56  
 Bodem : 19,54 m -NAP  
 Pvlbr : 23 kW

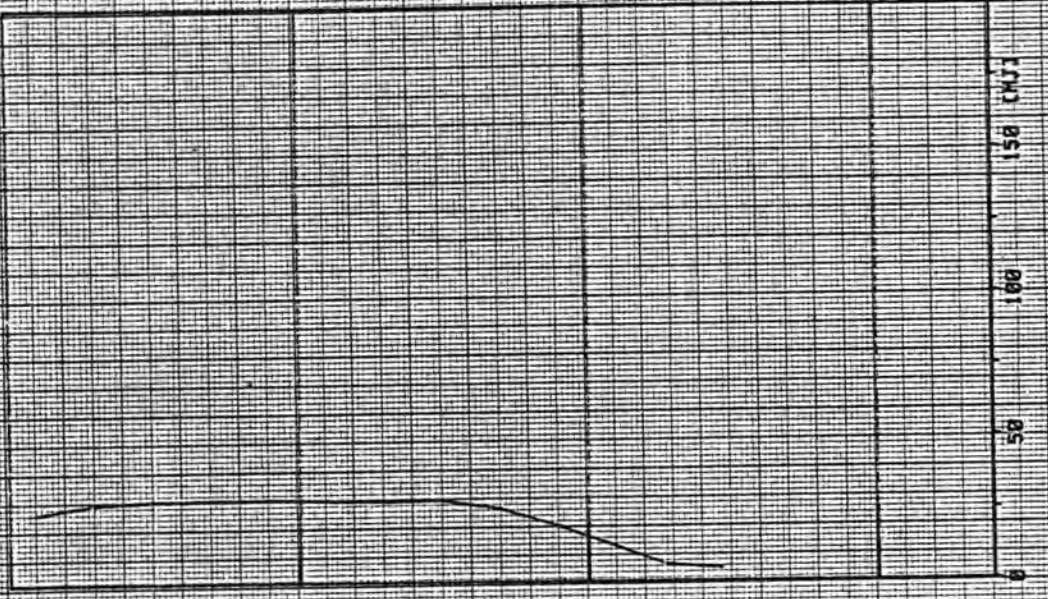
24 Februari 1981,  
 Cyclus : 6  
 Naald : 2  
 Coord : X - 1497,91  
 Y - 6123,54  
 Bodem : 19,52 m -NAP  
 Pvlbr : 22 kW

# MYTILUS

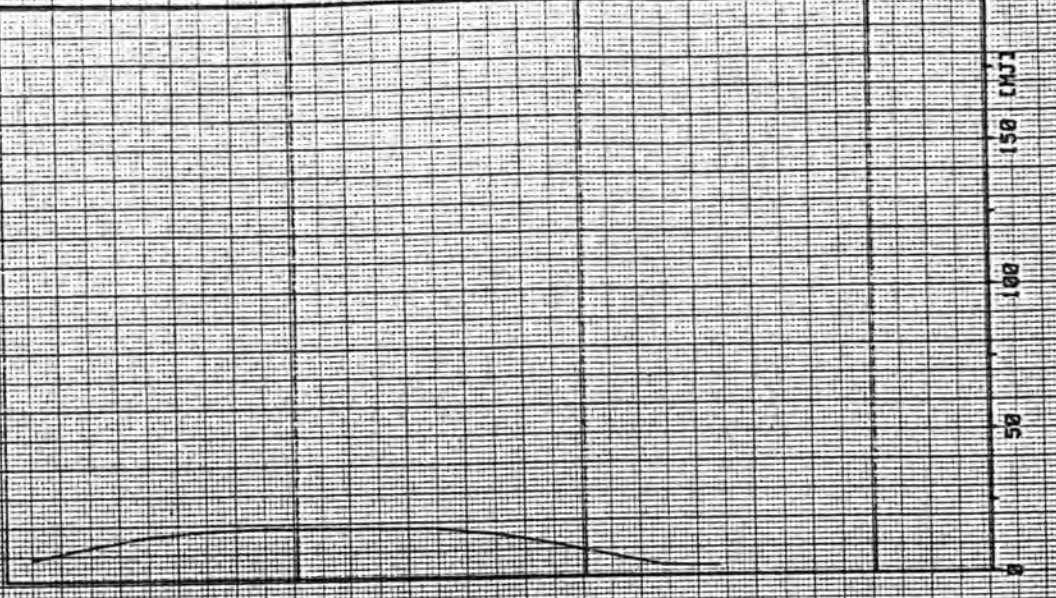
VERDICHTINGSTIJD



BRUTO ENERGIE

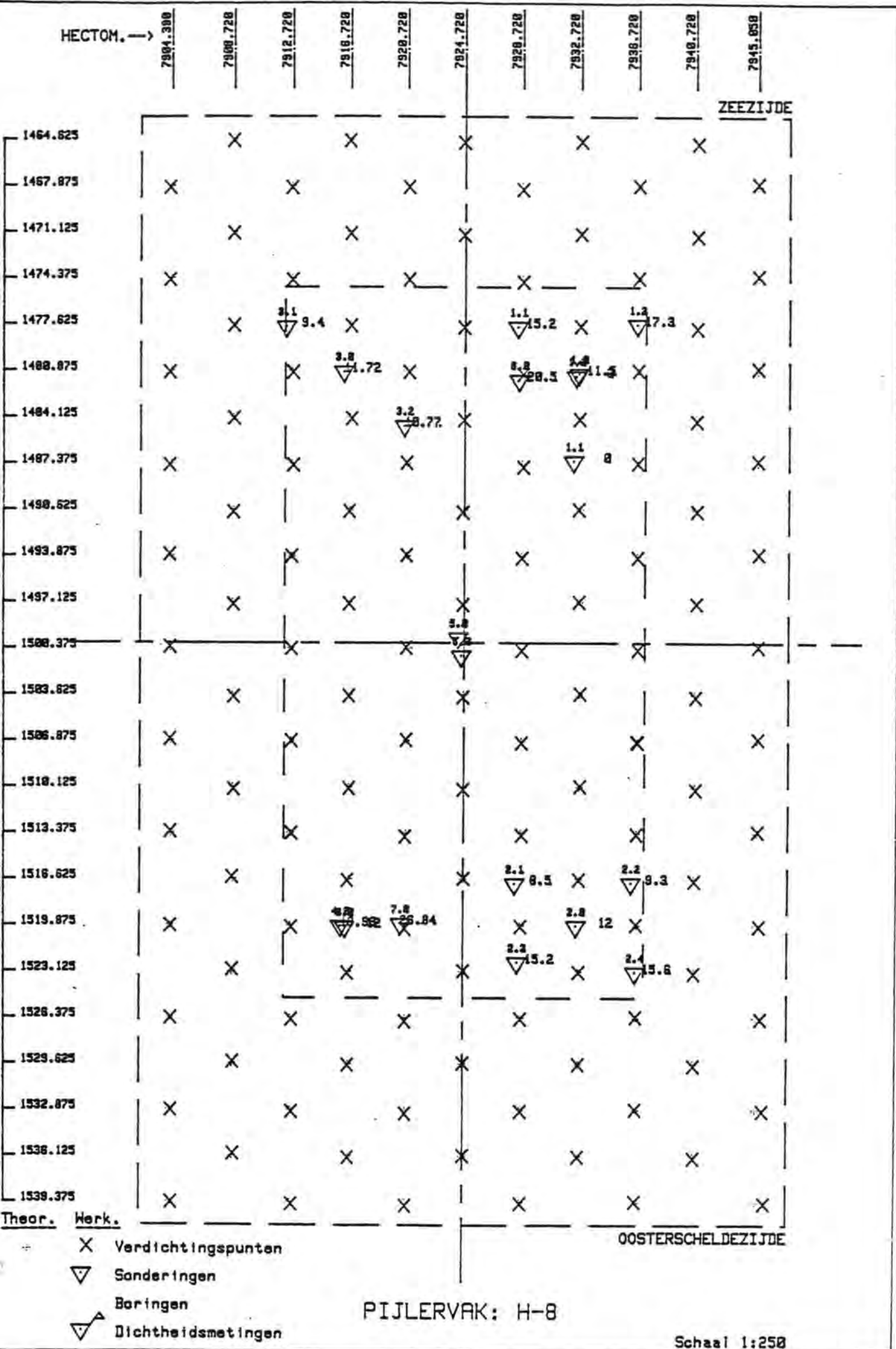


NETTO ENERGIE



Verdichtingsproeven SCHARR

proefvak : II



Figuur 5.9

## PIJLER H 8 HECTOMETER 7924.72

===== VERDICHTINGSPUNTEN =====							
<- kolom 1 ->		<-- kolom 2 -->		<-- kolom 3 -->		< kol 4 >	
VOLG NR	DATUM CYCLUS	X-voor	Y-voor	X-achter	Y-achter	NAALCODE	
1	27-03-81	2	1483.39	7924.61	1517.86	7924.71	1111
2	27-03-81	3	1509.43	7940.7	1543.8	7940.75	1111
3	27-03-81	4	1512.51	7936.72	1546.86	7936.67	1111
4	27-03-81	5	1509.31	7932.73	1543.69	7932.72	1111
5	27-03-81	6	1512.34	7928.71	1546.99	7928.76	1111
6	27-03-81	7	1509.14	7924.77	1543.62	7924.74	1111
7	28-03-81	1	1506.15	7920.64	1540.66	7920.71	1111
8	28-03-81	2	1512.62	7920.75	1547.15	7920.73	0001
9	28-03-81	3	1479.9	7920.68	1514.36	7920.7	1111
10	28-03-81	4	1460.37	7920.79	1494.99	7920.86	1110
11	11-03-81	5	1460.29	7945.01	1494.74	7945.05	1111
12	12-03-81	2	1486.19	7945.11	1520.8	7945.11	1111
13	12-03-81	4	1512.44	7945.08	1546.99	7945.83	1111
14	25-03-81	2	1457.35	7940.88	1491.94	7940.75	1111
15	25-03-81	3	1460.42	7936.79	1494.89	7936.67	1111
16	25-03-81	4	1457.26	7932.82	1491.78	7932.62	1111
17	25-03-81	5	1460.61	7928.72	1495.16	7928.81	1111
18	25-03-81	6	1457.34	7924.69	1491.85	7924.68	1111
19	26-03-81	1	1483.2	7940.84	1517.78	7940.77	1100
20	26-03-81	2	1496.31	7940.77	1530.86	7940.8	1100
21	26-03-81	3	1486.6	7936.71	1521.03	7936.8	1110
22	26-03-81	4	1499.49	7936.67	1533.99	7936.73	1100
23	26-03-81	5	1483.04	7932.61	1517.64	7932.73	1100
24	26-03-81	6	1496.11	7932.76	1530.61	7932.78	1100
25	27-03-81	1	1486.61	7928.73	1521.06	7928.75	1111
26	26-06-81	1	1483.33	7908.68	1517.8	7908.8	1111
27	26-06-81	2	1486.41	7904.26	1520.8	7904.4	1111
28	26-06-81	3	1457.34	7916.62	1491.75	7916.86	1111
29	26-06-81	4	1460.51	7912.65	1495.01	7912.81	1111
30	26-06-81	5	1457.24	7908.68	1491.71	7908.75	1111
31	26-06-81	6	1460.51	7904.27	1495	7904.26	1111
32	25-06-81	4	1509.32	7916.58	1543.74	7916.71	1111
33	25-06-81	5	1512.61	7912.74	1547.02	7912.81	1111
34	25-06-81	6	1509.13	7908.64	1543.5	7908.82	1111
35	25-06-81	7	1512.5	7904.39	1546.93	7904.49	1111
36	25-06-81	8	1483.39	7916.65	1517.76	7916.7	1111
37	25-06-81	9	1486.41	7912.68	1520.91	7912.75	1111

## PIJLER H 8 HECTOMETER 7924.72

===== SONDERINGEN =====							
<- kolom 1 ->		<--- kolom 2 --->		<--- kolom 3 --->		< kol 4 >	
VOLGNR	DATUM	V of N	SOORT OND.	IDENT	X-coord	Y-coord	GEW.WAARDE
1	03-02-81	V	S	1.0	1481.26	7932.41	0
2	03-02-81	V	S	2.0	1520.02	7916.45	12
3	30-04-81	N	S	1.0	1481.09	7932.59	11.5
4	30-04-81	N	S	1.1	1487.22	7932.26	0
5	30-04-81	N	S	6.0	1481.53	7928.5	20.5
6	05-05-81	N	S	1.1	1477.81	7928.41	15.2
7	05-05-81	N	S	1.2	1477.64	7936.63	17.3
8	01-05-81	N	S	2.0	1519.93	7932.53	12
9	05-05-81	N	S	2.1	1516.95	7928.3	8.5
10	05-05-81	N	S	2.2	1516.9	7936.33	9.3
11	26-08-81	N	S	2.3	1522.5	7928.48	15.2
12	24-08-81	N	S	4.0	1519.93	7916.15	13.93
13	26-08-81	N	S	2.4	1523.18	7936.62	15.6
14	24-08-81	N	S	7.0	1519.79	7920.34	26.84
15	24-08-81	N	S	3.0	1480.95	7916.27	11.72
16	26-08-81	N	S	3.1	1477.8	7912.3	9.4
17	27-08-81	N	S	3.2	1484.75	7920.5	10.77
18	26-10-81	N	GM	5.0	1500.93	7924.54	0
19	26-10-81	N	WM	5.0	1499.66	7924.32	0

## 6. Overzicht bedrijfsvoeringsgrootheden

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de producties en stagnaties gedurende de productieperiode van het verdichten. Bij deze overzichten worden een aantal termen gebruikt, welke als volgt zijn gedefinieerd:

### 6.1. Definities

Stagnaties:

Onder stagnaties of verlet worden alle uren begrepen die niet binnen een cyclus vallen (zie definitie cyclus).

De totale stagnatie kan weer worden onderverdeeld in stagnatie ten gevolge van

- \* reparatie schip
- \* reparatie naalden
- \* zicht (mist)
- \* wind en deining

Bedrijfscoëfficiënt

De bedrijfscoëfficiënt van het schip is de verhouding van het aantal diensturen en draaiuren.

$$\text{B.C.} = \frac{\text{draaiuren (netto uren)}}{\text{diensturen (bruto uren)}} \quad (0 < BC \leq 1)$$

Het verschil tussen de diensturen en de draaiuren is de totale stagnatietijd. Het aantal diensturen wordt bepaald door het aantal toegepaste ploegendiensten. De bedrijfscoëfficiënt geeft een inzicht omtrent de inzet van het totale schip als productie-eenheid.

### Naaldwaarde

Om te komen tot een totaal beeld van de productieve inzet van het schip (inclusief trilnaalden), dient de zogenaamde naaldwaarde er bij te worden betrokken:

$$\text{naaldwaarde} = \frac{\text{naaldinzet}}{4} = \frac{\text{aantal verdichtingspunten/aantal cycli}}{4}$$

De naaldinzet geeft hierbij aan met gemiddeld hoeveel naalden per cyclus er de betreffende week is getrild. De naaldinzet is mede bepalend voor de voortgangssnelheid van het schip (verdichten).

### Effectiviteit

De effectiviteit van het verdichtingssip wordt bepaald door het product van de bedrijfscoëfficiënt en de naaldwaarde:

$$\text{Effectiviteit} = BC \times \text{naaldwaarde}$$

In feite is de effectiviteit gelijk aan de tot het werken met 4 naalden herleide bedrijfscoëfficiënt van het schip.

### Cyclustijden

Een cyclus voor het verdichten houdt de tijd in die benodigd is om één locatie te verdichten, inclusief de hiervoor benodigde voorbereidingen.

Een cyclus is daarom uit de volgende elementen opgebouwd:

- a. verhalen van het schip van de laatst verdichte positie naar een volgende positie;
- b. spudpalen neerlaten;
- c. het synchroon laten zakken van de onderbalk en de naalden vanaf het wateroppervlak naar de bodem;



- d. indalen van de naalden in de grond en verdichten (verdichtingscyclus);
- e. onderbalk en naalden synchroon optrekken van de bodem naar de wateroppervlakte;
- f. spudpalen heffen.

De som van de tijden, benodigd voor de handelingen a t/m f, is gelijk aan het aantal draaiuren (= netto draaitijd).

$$\boxed{\text{Gem. cyclustijd} = \frac{\text{netto draaitijd}}{\text{aantal cycli}}}$$

Het aantal cycli wat per week verdicht kan worden, is van de volgende factoren afhankelijk:

- \* aantal draaiuren (afhankelijk van het aantal ploegdiensten en de stagnatie);
- \* de verdichtingscyclus

Van deze factoren is de voor de verdichtingscyclus benodigde tijd het meest bepalend. De verdichtingscyclus wordt mede beïnvloed door de verdichtingsdiepte.

#### Voortgangssnelheid

De voortgangssnelheid van het verdichten wordt door de volgende factoren bepaald:

- \* de bedrijfscoëfficiënt BC (aantal diensturen en stagnatie)
- \* de naaldwaarde (naaldinzet)
- \* gem. cyclustijd (verdichtingscyclus)
- \* horizontale stapafstand

Voortgangssnelheid over strook van 78 m breedte:

$$\boxed{VS = \frac{BC \times \text{diensturen} \times \text{naaldwaarde} \times \text{horizontale stapafstand}}{\text{gem. cyclustijd} \times 3}}$$

Voor een breedte van 78 m breedte zijn 3 verdichtingsstroken benodigd. De dimensie van de VS is als volgt:

$$VS = \frac{(-) \times (\text{uren}) \times (\text{week})^{-1} \times (-) \times (\text{m}')}{(\text{uren})} = (\text{m}') (\text{week})^{-1}$$

6.2. Overzicht stagnaties

Gemiddeld percentage draaiuren = 71 (figuur 6.1)

Gemiddeld percentage verleturen = 29

6.2.1. Onderverdeling verleturen (figuur 6.3)

	% t.o.v. verleturen	% t.o.v. diensturen	opmerkingen
deining zicht getij wind	24 7 15 2 } 48	7 2 4 0,5 } 13,5	weersomstandigheden
verstellen bedrijfsklaar maken ankeren rep.dek rep.machinekamer rep.lieren storingen navig.app. diversen	8,5 6,5 3,5 1 0,2 4,5 2 1,5 } 27,7	2,5 2 1 0,5 - 1 0,5 0,5 } 8	reparatie schip
rep.naald wisselen naald wisselen slangenbundel verdichtingsapp. storing verd. oliecontrole	10 2 - 4 0,1 0,9 } 17,0	3 0,5 - 1 - 2 } 5,5	reparatie naalden
diversen	7,3	2	diversen

6.2.2. Onderverdeling draaiuren (figuur 6.2)

	% t.o.v. draaiuren	% t.o.v. diensturen
verhalen	7	4,5
spuds neer	0,5	0,5
balk neer	3,5	2,5
indalen + verdichten	79,5	56,5
balks op	3	2
spuds op	6,5	5

In de figuren 6.4 t/m 6.8 zijn achtereenvolgens weergegeven:

- verleturen per week
- cumulatieve verletten per week
- diensturen per week
- draaiuren per week
- verdichtingsuren per week

### 6.3. Bedrijfscoëfficiënt BC (figuur 6.9)

De over het totale verdichtingswerk gemiddelde bedrijfscoëfficiënt heeft 0,71 bedragen. Uitdetaillering van de BC naar aantal ploegendiensten en wijze van procesvoering geeft het volgende beeld:

1-ploegendienst	0,61	voornamelijk t.g.v. dagelijks opstarten en afregelen van de Mytilus
2-ploegendienst	0,72 0,55-0,65	optimale procesvoering gedurende periode met lage naaldwaarden (eind 1980 - begin 1981)
3-ploegendienst	0,71 0,62	optimale procesvoering verlengde naalden

- \* De relatief lage BC bij een 1-ploegendienst werd voornamelijk veroorzaakt doordat het dagelijks opstarten en afregelen van de Mytilus binnen de diensturen plaatsvinden.
- \* De BC bij een 2- en 3-ploegendienst was vrijwel gelijk, daar bij beide diensten de reparaties in het weekend (buiten de diensturen om) geschieden:  
2-ploegen vrijdag t/m zondag  
3-ploegen zaterdagmiddag t/m zondag
- \* Het werken met verlengde naald gaf t.g.v. de moeilijker handling een daling van de BC (van 0,71 naar 0,62)

### 6.4. Naaldwaarde (figuur 6.10)

De over het totale verdichtingswerk gemiddelde naaldwaarde heeft ca. 0,85 bedragen. Voor het opstarten van de reparatie-, onderhouds- en vervangsfilosofie (ca. april 1981) varieerde de naaldwaarde regelmatig tussen de 0,4 en 0,8 (gemiddeld over deze periode ca. 0,75); zie ook deelnota 2: evaluatie verdichtingsschip Mytilus.

Uit de grafiek van figuur 6.10 is duidelijk de invloed van het toepassen van de totale naaldreparatiefilosofie (o.a. beschikbaarheid over voldoende reserve-onderdelen en aanwezigheid van een reparatiewerkplaats) waar te nemen.

### 6.5. Effectiviteit (figuur 6.11)

Zoals in de definities is beschreven wordt de effectiviteit van het verdichten bepaald door het product van de BC en de naaldwaarde; de naaldwaarde is hierbij de meest bepalende factor.

Uit figuur 6.11 blijkt dat de over het totale verdichtingswerk gemiddelde effectiviteit 0,60 heeft bedragen. De invloed van de naaldwaarde is duidelijk in de beginperiode (februari 1980 - maart 1981) waar te nemen: effectiviteit was toen 0,30 - 0,50.

In de figuren 6.16 en 6.17 is de effectiviteit uitgezet tegen respectievelijk de voortgangssnelheid (strookbreedte 78 m) en de per week verdichte hoeveelheden m<sup>3</sup> zand.

### 6.6. Cyclustijden (figuur 6.12)

In figuur 6.12 is het verloop weergegeven van respectievelijk het aantal draaiuren per cyclus (cyclustijd) en de bijbehorende verdichtingsdiepten. Uit deze grafiek is duidelijk het resultaat van de optimalisering van het verdichtingsproces waar te nemen (zie hoofdstuk 5).

### 6.7. Voortgangssnelheid verdichten (figuur 6.13 t/m 6.15)

De voortgangssnelheid (over een strookbreedte van 78 m') van het as-verdichten, onderverdeeld naar het aantal ploegendiensten en de toegepaste procesvoering, is als volgt geweest:

ploegdienst	procesvoering	voortgangssnelheid in m'/week (78 m breedte)
1	alternerend verdichten in beginperiode	12-17
2	alternerend verdichten na optimalisatie procesvoering: methode III	17-22 35
3	optimale procesvoering: methode III methode III + verlengde naald	47 40

- \* De invloed van de optimalisering van het verdichtingsproces is duidelijk waar te nemen (2-ploegdienst).
- \* Het toepassen van een 3- t.o.v. een 2-ploegdienst heeft een toename van de voortgangssnelheid gegeven welke verhoudingsgewijs in vrijwel dezelfde orde van grootte ligt als de toename van het aantal diensturen.

VS 3-ploegen	47	diensturen 3-ploegen	126
<u>                    </u>	= <u>      </u>	<u>                    </u>	= <u>      </u> = 1,37
VS 2-ploegen	35	diensturen 2-ploegen	92

N.B. De in de tabel weergegeven voortgangssnelheden van het as-verdichten zijn gebaseerd op een gemiddelde horizontale stapafstand van 4 m.

DRAAIUREN	:	6983	UUR
VERLETUREN	:	<u>3684</u>	UUR
DIENSTUREN	:	12668	UUR

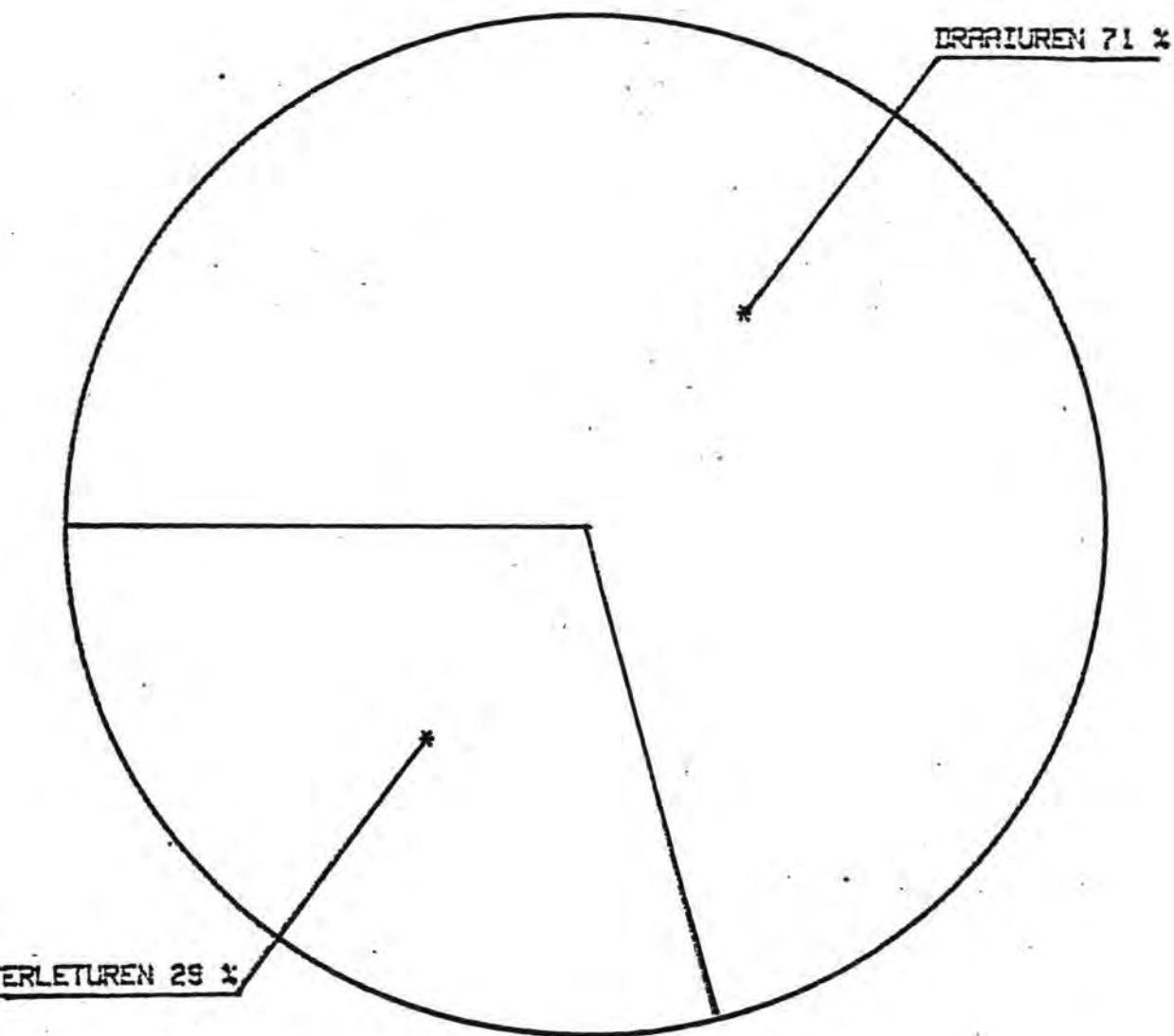


FIG I; Totaal overzicht draaiuren en verleturen

HEERSONSTANDIGH	:	1738	UUR
REP. SCHIP	:	1813	UUR
REP. NAALD	:	653	UUR
TOT. VERLETEN	:	3666	UUR

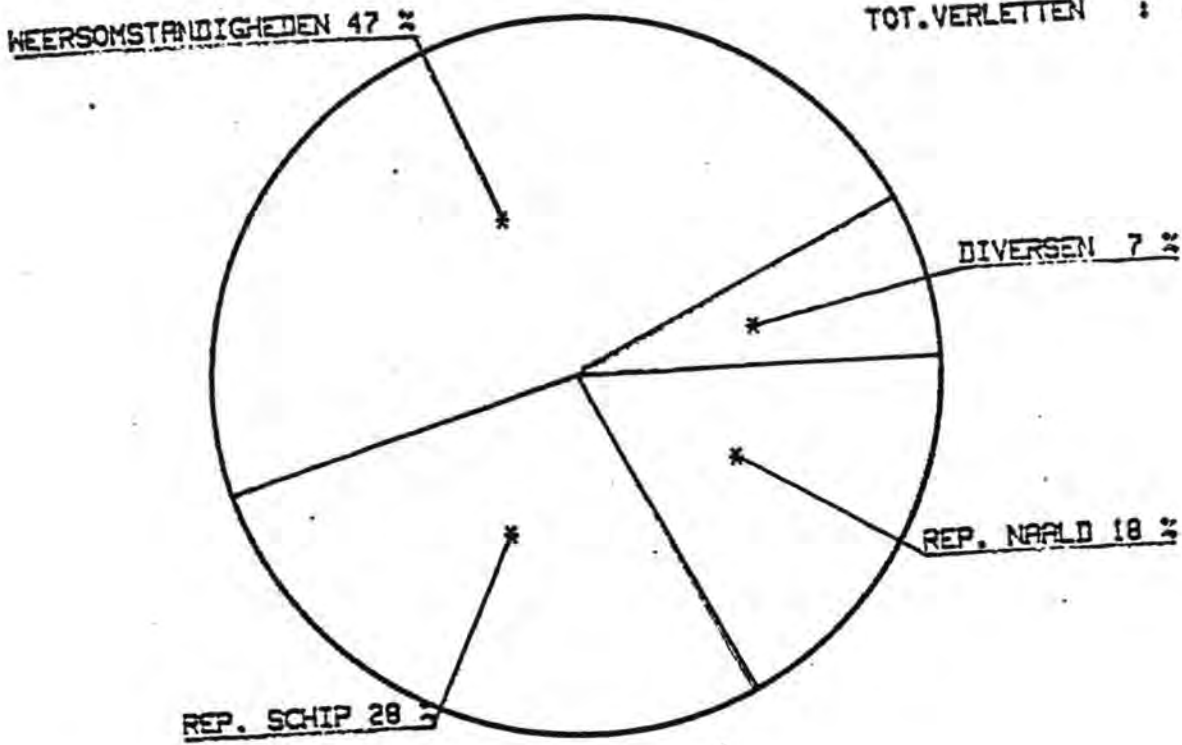
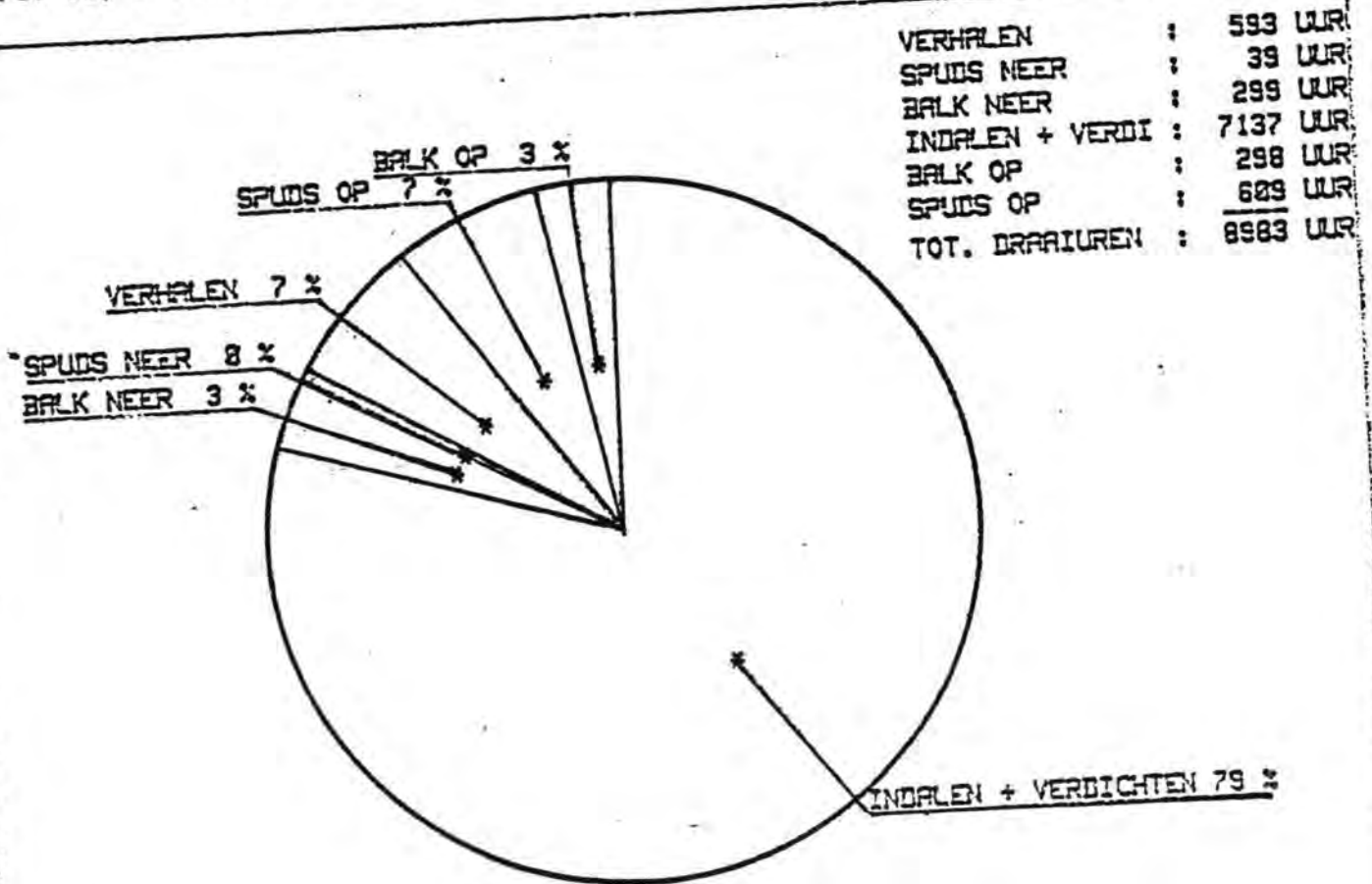


FIG II; Overzicht verleturen



VERHALEN	:	593	UUR
SPUIDS NEER	:	39	UUR
BALK NEER	:	299	UUR
INDALLEN + VERDI	:	7137	UUR
BALK OP	:	298	UUR
SPUIDS OP	:	689	UUR
TOT. DRAAIUREN	:	8983	UUR

FIG III; Overzicht draaiuren

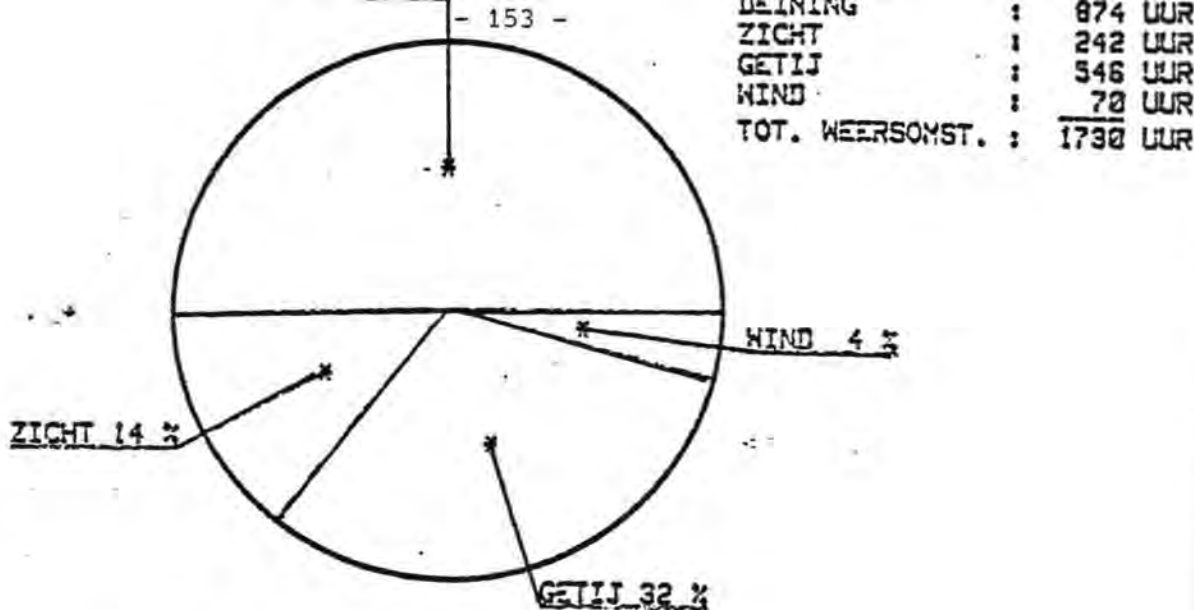


FIG IV; Specificatie verleturen t.g.v. weersomstandigheden

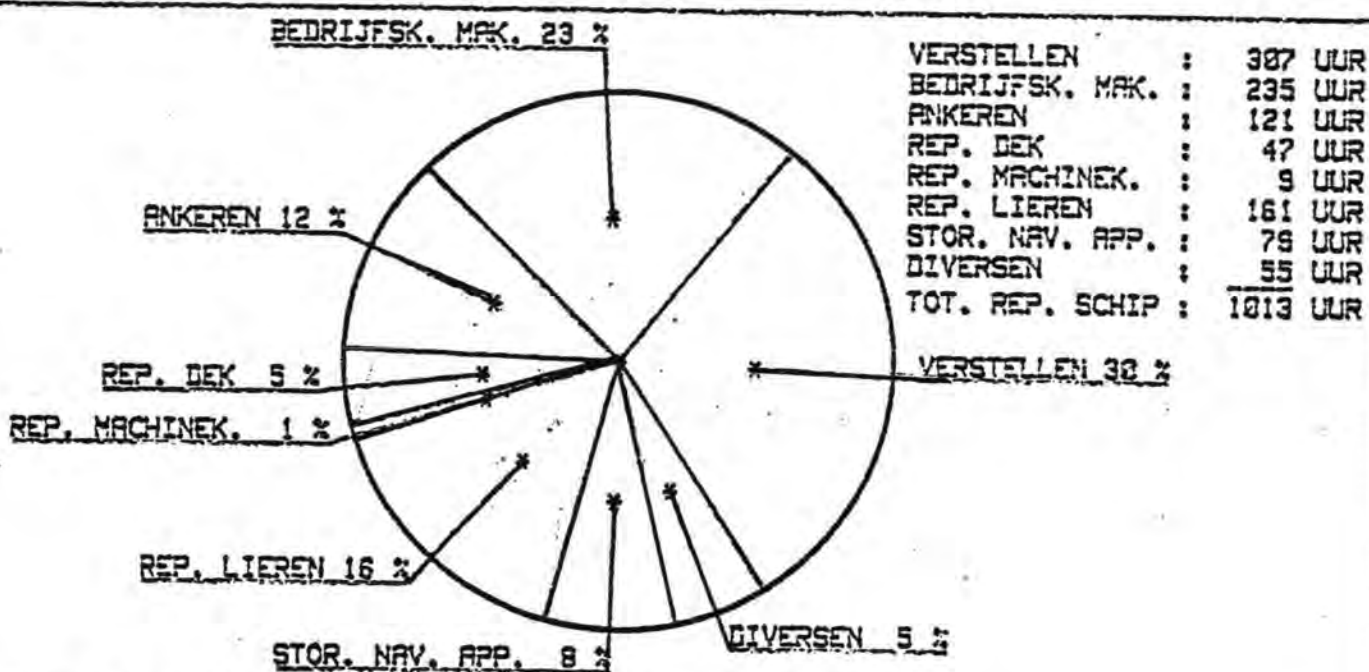


FIG V; Specificatie verleturen t.g.v. reparatie schip

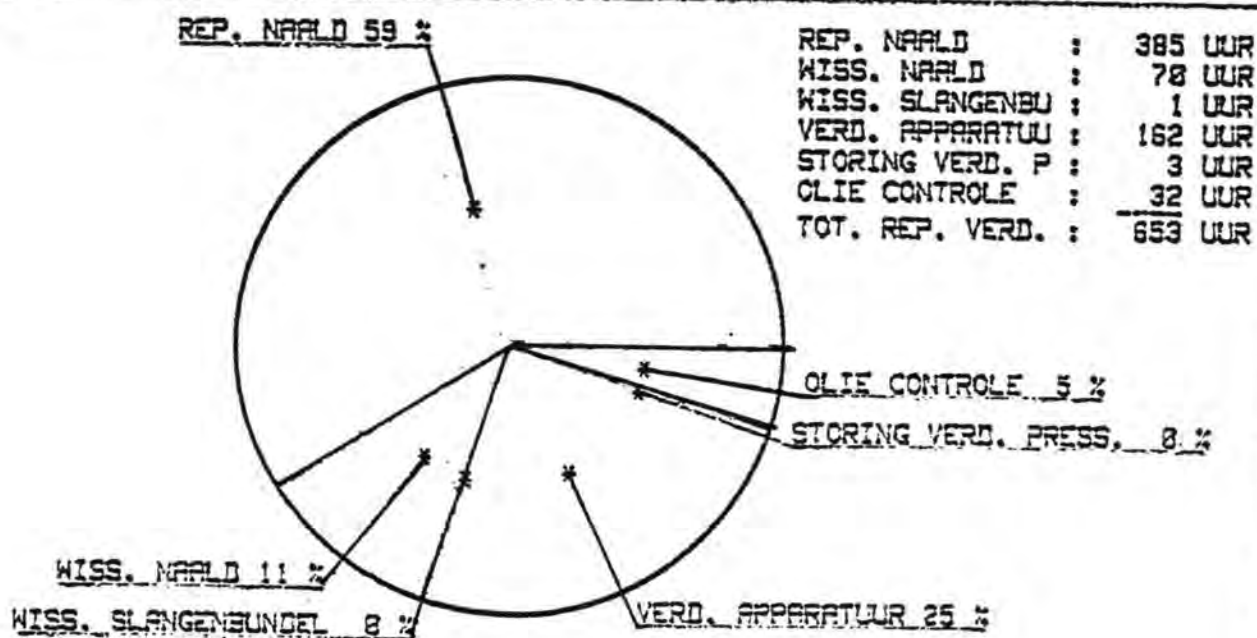


FIG VI; Specificatie verletten t.g.v. reparatie verdichtings app.









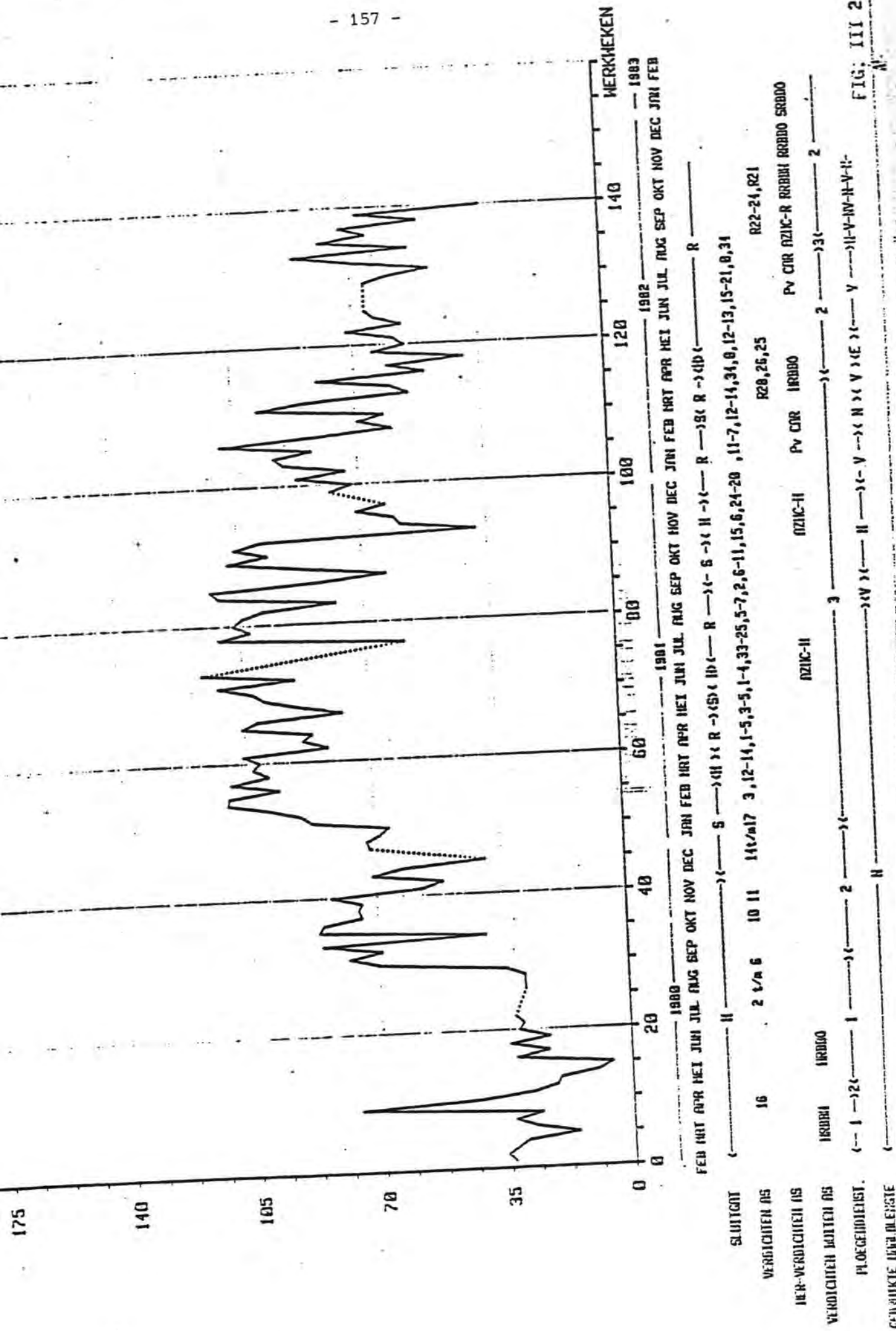


FIG. III 2.1

FIG. 6.7

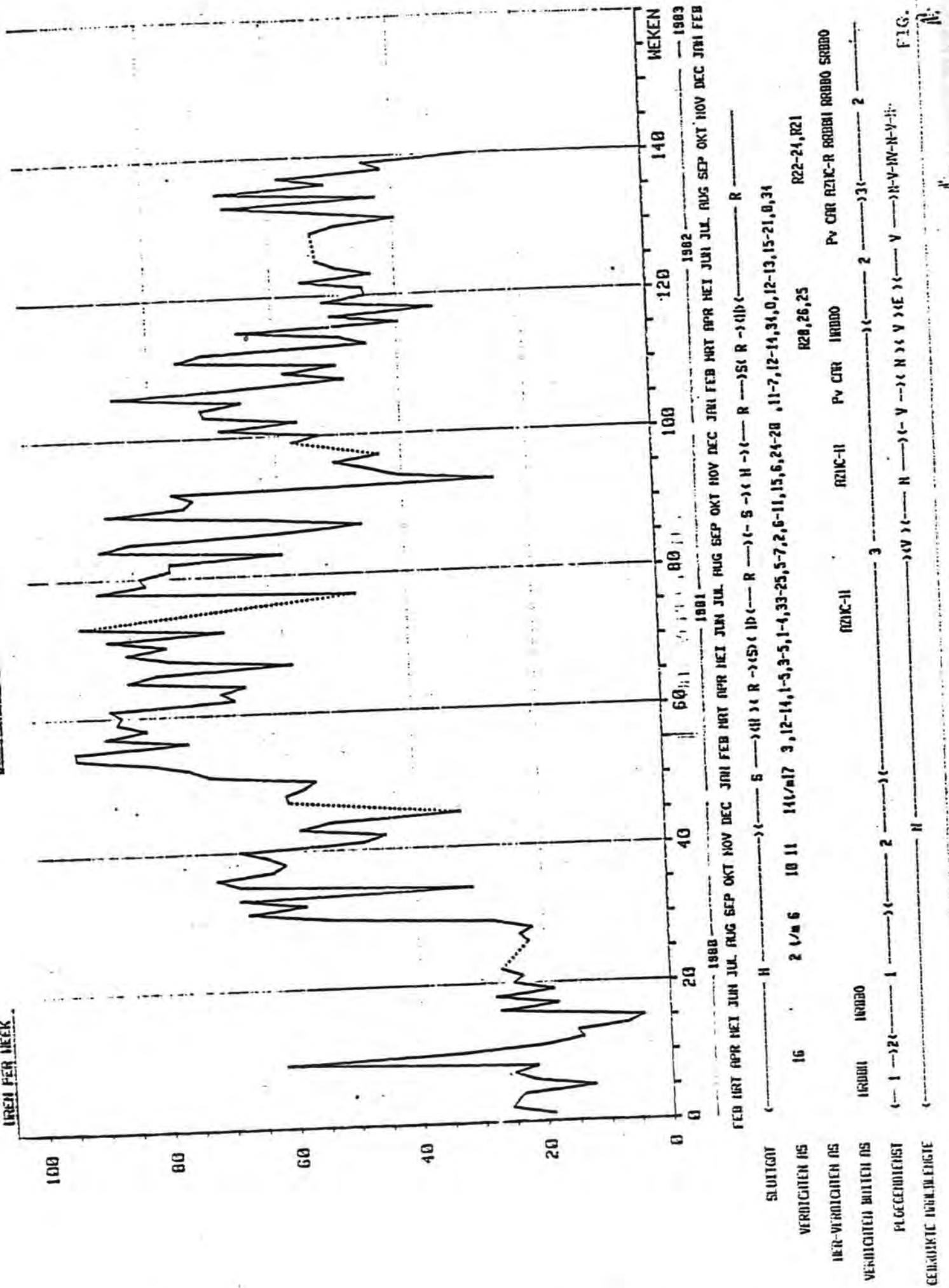


FIG. 68

FIG. III 2





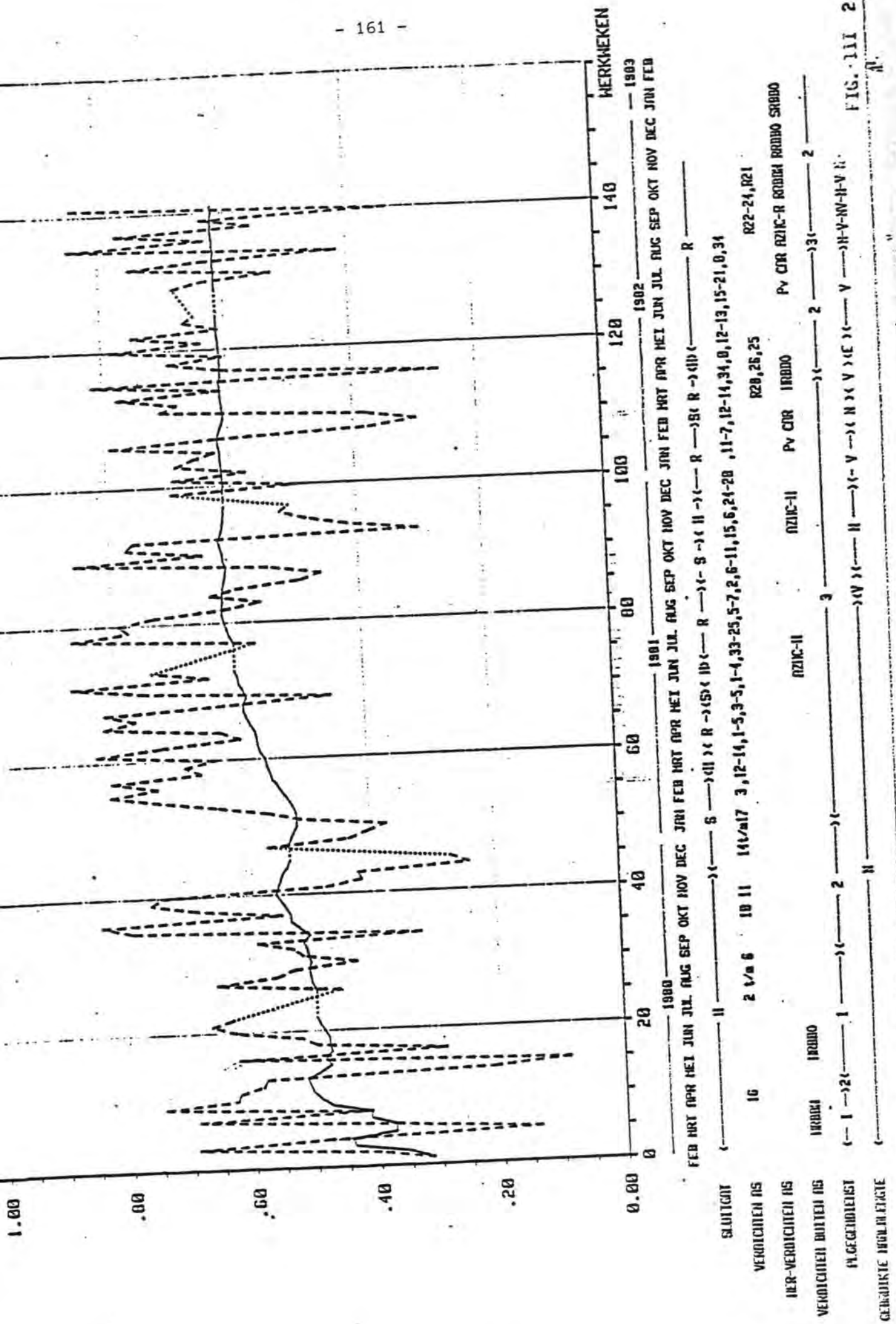


FIG. 111 2.2





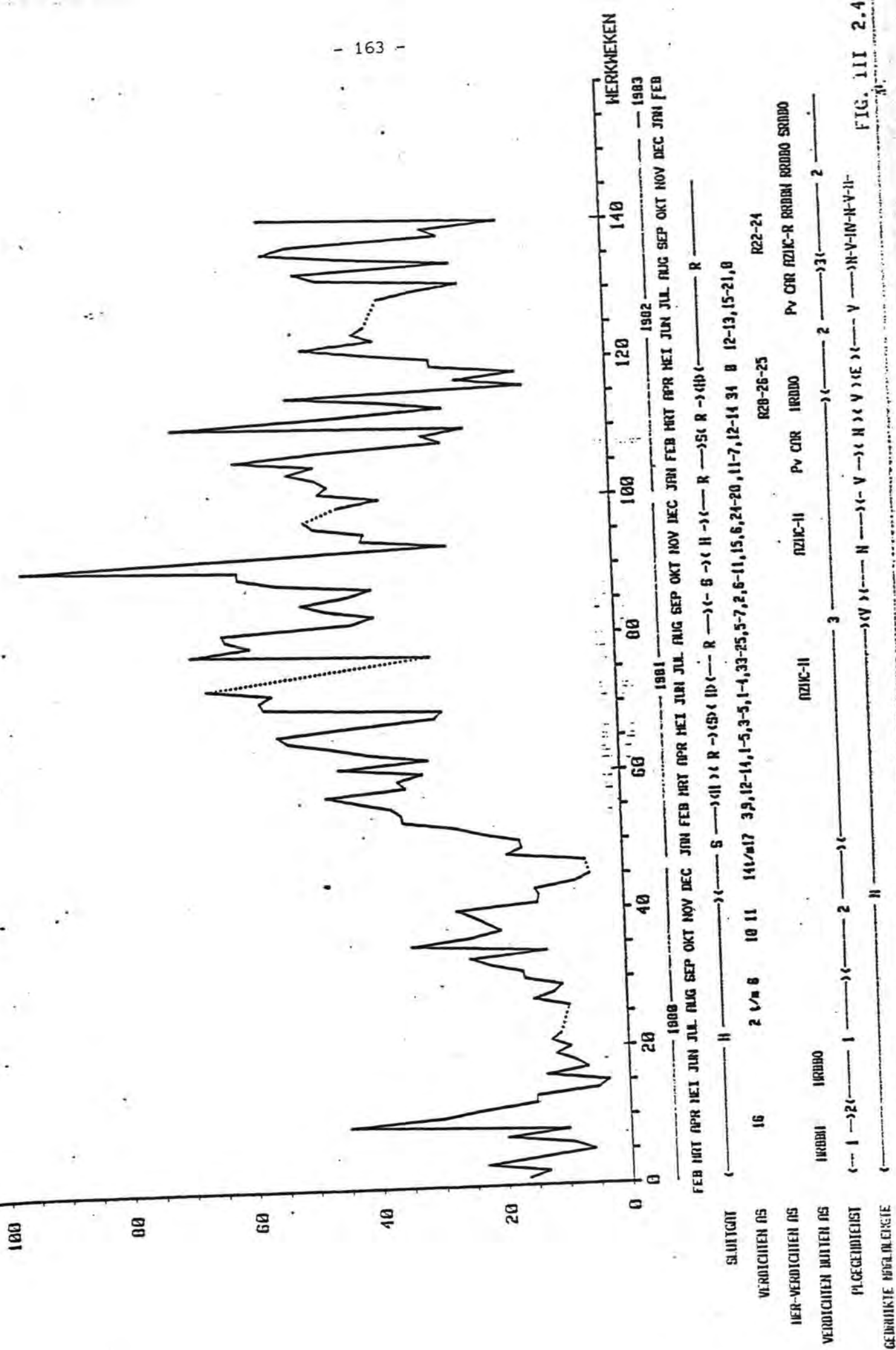


FIG. III 2.4

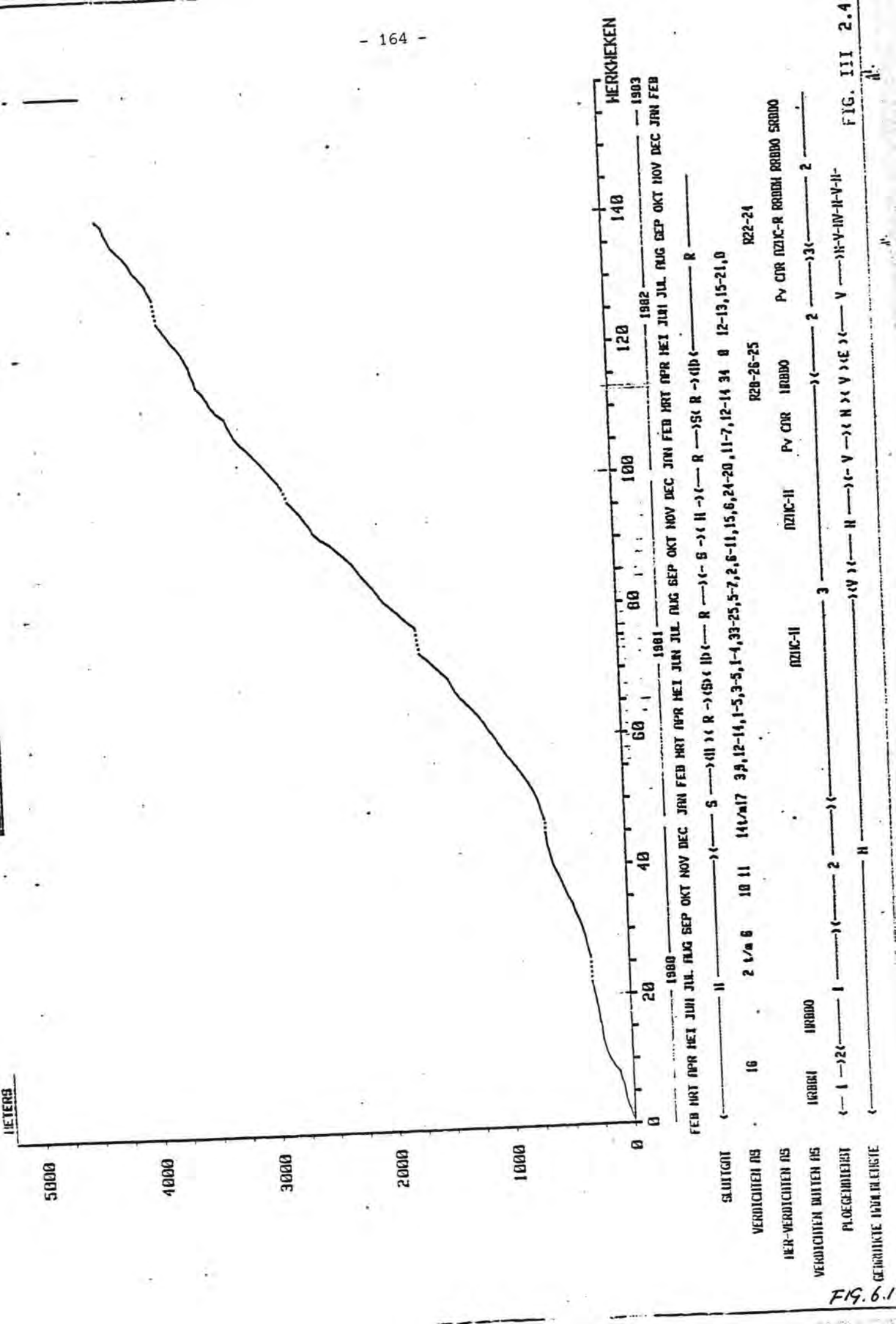
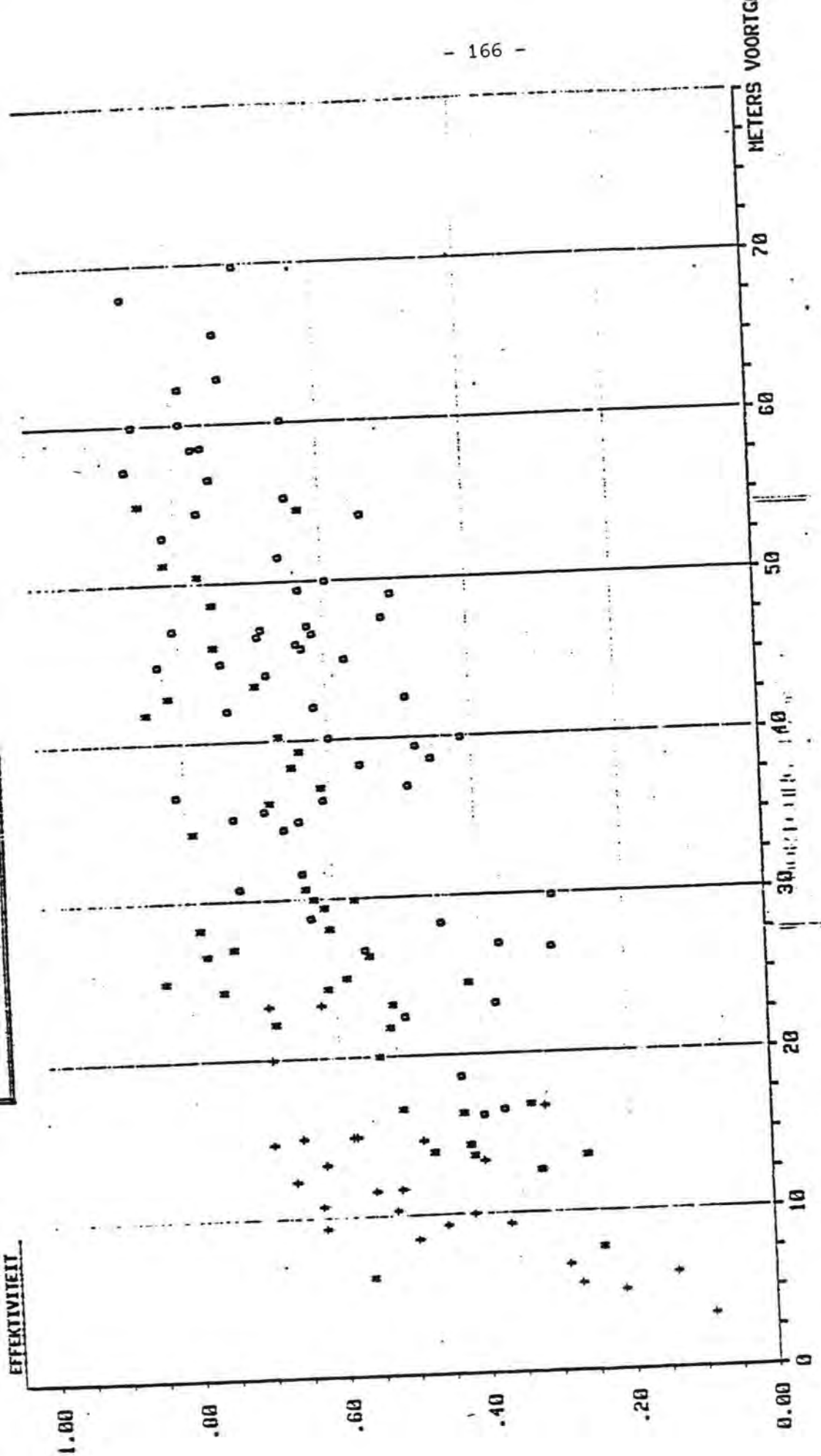


FIG. 6.1

FIG. III 2.4

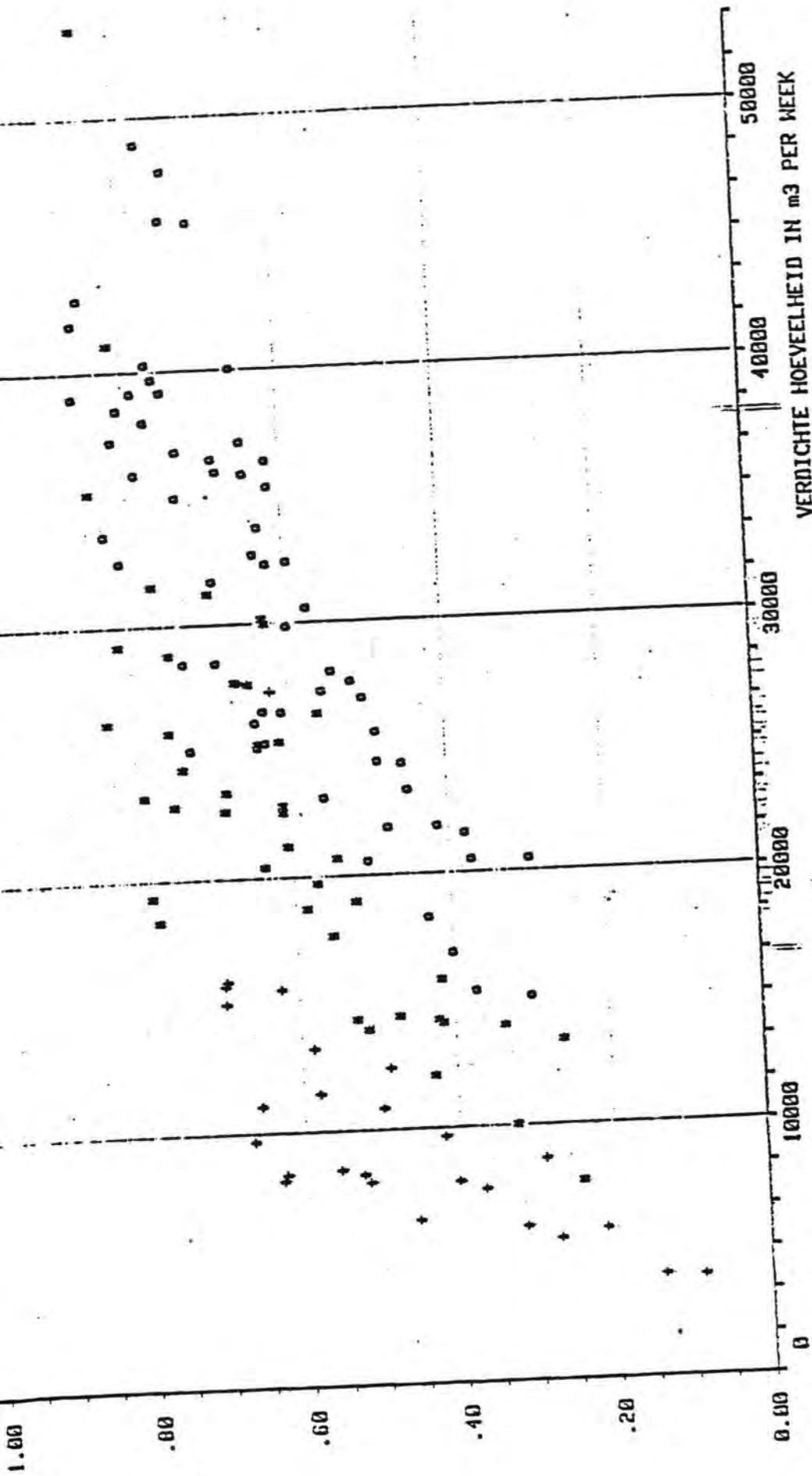




1-PLOEG = +    2-PLOEGEN = \*    3-PLOEGEN = o

FIG. III 2.

FIG. 6.



1-PLOEG = +    2-PLOEGEN = \*    3-PLOEGEN = o

FIG. III 2.4.0

FIG. 6.17

## 7. Voorgekomen probleemgebieden

Tijdens de uitvoering van de verdichting hebben zich verschillende problemen voorgedaan; enerzijds hadden deze betrekking op de aard van de te verdichten grondslag (a) en anderzijds op grondlagen, voorkomend beneden de onderbegrenzing van de besteksverdichting (b).

- (a) \* De aanwezigheid van zeer sterk schelphoudend zand (schelpenpercentages ca. 20-40%) in het geklapte zand van de Roompot en Schaar.
- \* De aanwezigheid van een plaatselijke kleilaag t.p.v. pijler S11 (vooraf onderkend).
- \* De aanwezigheid van kleilagen t.p.v. de pijlers H2 en H3 (bij het controleonderzoek naar voren gekomen).
- (b) \* Grondpakketten met lage conusweerstand beneden de onderbegrenzing van de bestekverdichting t.p.v. de pijlers R6 t/m R14 en R22 t/m R29 (bij het controleonderzoek naar voren gekomen).

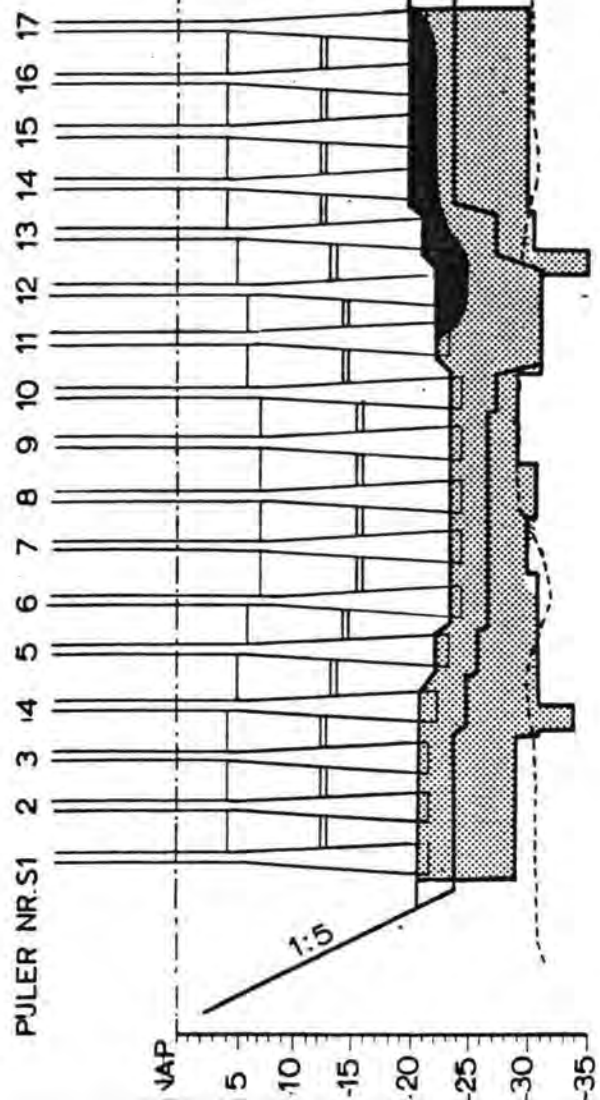
Naast (a) en (b) was er tevens het probleem van het verdichten t.p.v. de zogenaamde randpijlers. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van deze probleemgebieden, alsmede van de genomen maatregelen.

### 7.1. Zeer sterk schelphoudend zand

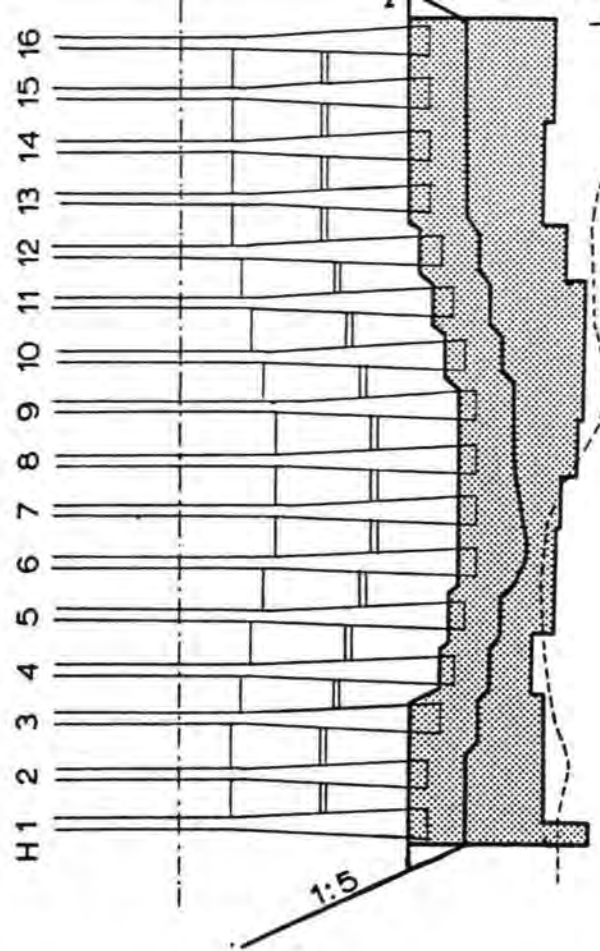
Uit de resultaten van het vooronderzoek t.p.v. de pijlers S12 t/m S17 en R6 t/m R14 is gebleken dat in het geklapte zand 1 tot 3 m dikke lagen voorkomen met 20-40% schelpen erin. Deze lagen komen voornamelijk vlak onder het niveau onderkant fundatiemat voor.

Naar aanleiding van de aanwezigheid van deze zeer sterk schelphoudende zandlagen heeft een onderzoek plaatsgevonden naar respectievelijk de verdichtbaarheid en de geschiktheid als fundatiemateriaal voor de pijlerconstructie.

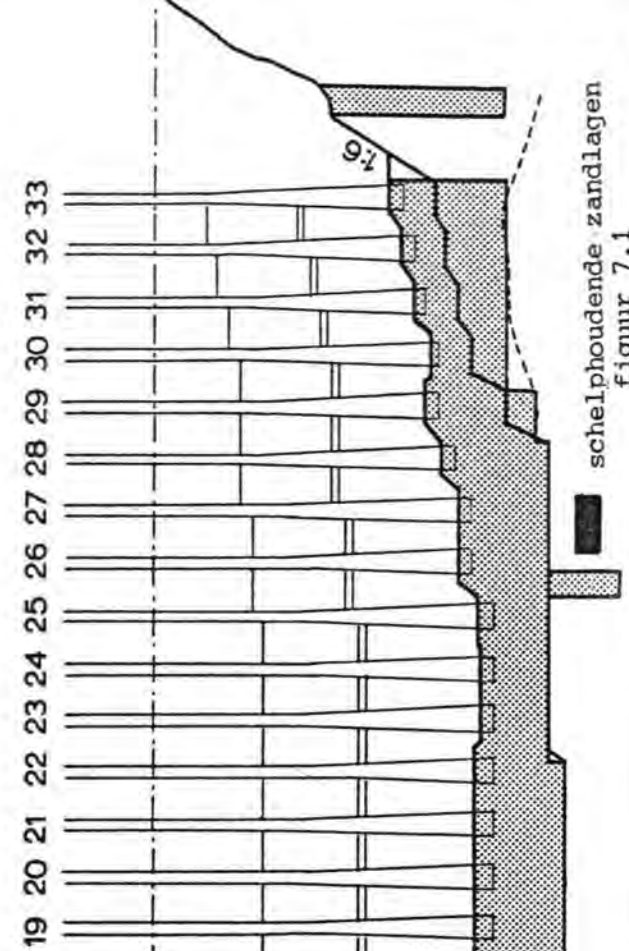
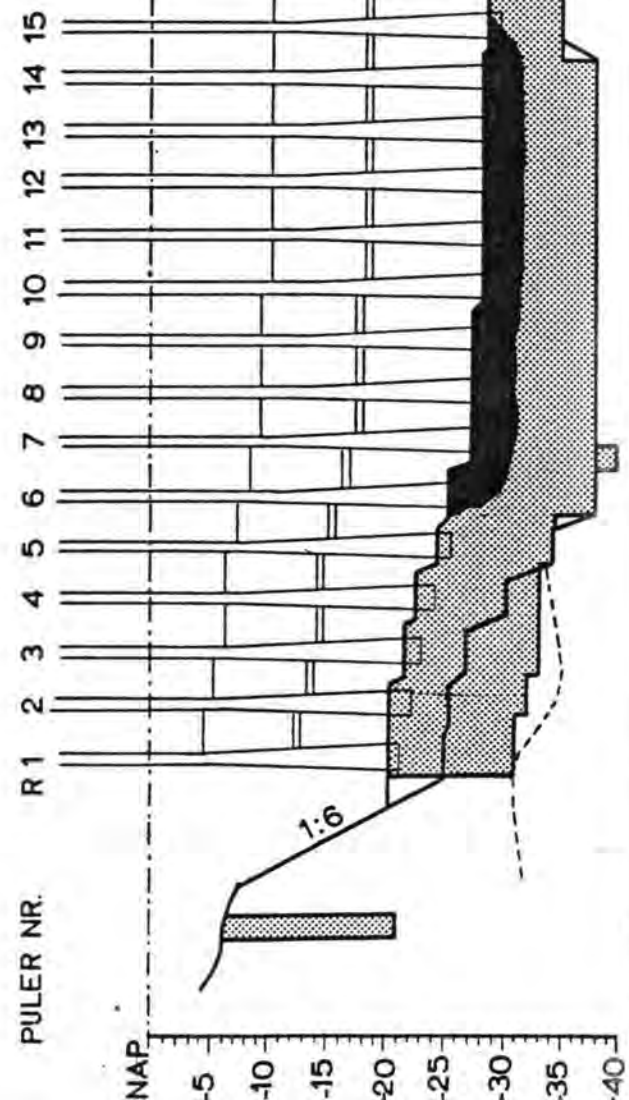
STROOMGEUL SCHAAR VAN ROGGENPLAAT



STROOMGEUL HAMMEN



STROOMGEUL ROOMPOT



schelphoudende zandlagen  
figuur 7.1



7.1.1. Verdichtbaarheid schelphoudende zandlagen

Uit de resultaten van een verdichtingsproefvak bleek dat zulke schelphoudende zandlagen goed te verdichten waren (conusweerstand na verdichten ca. 25 à 30 MN/m<sup>2</sup>). De resultaten van de controlesonderingen t.p.v. de pijlers waar schelphoudende zandlagen voorkomen bevestigen de resultaten van het betreffende verdichtingsproefvak.

7.1.2. Schelphoudend zand als fundatiemateriaal

Teneinde na te kunnen gaan of sterk schelphoudend zand eveneens geschikt is als fundatiemateriaal voor de pijlerconstructie, heeft hiertoe in het Laboratorium voor Grondmechanica een uitgebreid onderzoek plaatsgevonden. De resultaten van dit onderzoek, welke zijn vastgelegd in het LGM rapport CO-407056-4 van november 1981, worden in het hiernavolgende weergegeven.

De grondmechanische eigenschappen van het sterk schelphoudende zand worden vergeleken t.o.v. het Oosterscheldezand, waarbij de relatieve dichtheden (maat voor de pakkingsgraad) respectievelijk 0,8 à 0,9 en ca. 0,6 à 0,7 bedragen; deze respectievelijk relatieve dichtheden worden na verdichting bereikt.

Grondmechanische eigenschap	O.S. zand	Schelphoudend zand	
		10% schelpen	40% schelpen
statische samendrukbaarheid	0	0	ca. 50% groter
dynamische samendrukbaarheid			
dynamische amplitude restzetting	0	groter (+)	groter (+)
	0	groter (+)	groter (+)
stijfheid onder statische belasting	0	groter	groter
sterkte onder statische belasting	0	groter	groter
cyclische stijfheidsparameters			
K-ontlasting	0	0	
G-ontlasting	0	ca. 2 x groter	
E-ontlasting	0	ca. 1,8 x groter	
γ	0	aanzienlijk lager	
wateroverspanningsgeneratie			
laag schuifspanningsniveau	0	0	0
hoog schuifspanningsniveau	0	aanzienlijk lager	aanzienlijk lager

0 = vergelijkingsbasis met Oosterscheldezand.

In het algemeen kan worden gesteld dat de grondmechanische eigenschappen van het sterk schelphoudend zand vrijwel, op een enkele uitzondering na, overeenkomen met die van het Oosterschelde zand. Het sterk schelphoudende zand wordt dan ook beoordeeld als een geschikt fundatie materiaal.

Bij het bepalen van de grondmechanische deformaties t.p.v. de locaties waar het sterk schelphoudend zand voorkomt, is rekening gehouden met de grondmechanische eigenschappen van dit zand (hoofdstuk 9).

## 7.2. Plaatselijke kleilaag t.p.v. pijler S11

Uit de resultaten van het vooronderzoek is gebleken dat t.p.v. pijler S11 op ca. 7 m beneden het niveau onderkant pijlervoetplaat, in het geklapte zand, plaatselijk (noordoostelijk gedeelte van de pijler) een ca. 1 m dikke spekkoeklaag (afwisselend klei- en zandlaagjes) voorkomt; het in de bovenlagen aanwezige zand is sterk schelphoudend.

Deformatieberekeningen gaven als uitkomst dat de ontwerpdeformaties van de betreffende pijler niet zouden worden overschreden, indien het boven de spekkoeklaag aanwezige zand tot een conusweerstand van ca. 15 MN/m<sup>2</sup> zou worden verdicht.

**N.B.:** De t.p.v. H2/H3 aangetroffen kleilaag (zie hoofdstuk 7.3.) lag op ca. 3,5 à 4 m beneden het niveau onderkant pijlervoetplaat; in vergelijking met S11 is de invloed op de deformaties van deze, op een hoger niveau aanwezige kleilaag, veel groter.

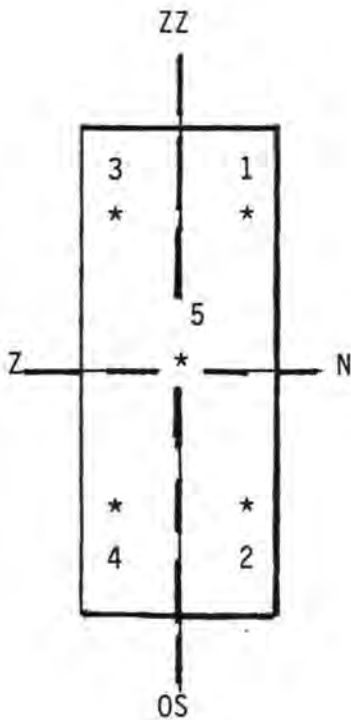
### 7.2.1. Verdichtingsresultaat S11

In figuur 7.2. zijn de sondeerdiagrammen respectievelijk voor en na het verdichten t.p.v. punt 2 (noordoostelijk deel pijler S11) weergegeven. Uit deze grafieken blijkt dat de conusweerstand t.p.v. de spekkoeklaag na het verdichten gemiddeld ca. 10 à 12 MN/m<sup>2</sup> bedraagt. De conclusie kan dan ook worden getrokken dat de spekkoeklaag achteraf vrij goed verdichtbaar was, en dat deze laag voornamelijk uit zand bestaat.

De erbovenliggende schelphoudende zandlaag is tot een conusweerstand van groter dan 20 MN/m<sup>2</sup> verdicht. In zijn totaliteit is dus de aan de verdichting gestelde eis ruimschoots gehaald.

## 7.3. Kleilagen t.p.v. de pijlers H2 en H3

Uit de resultaten van de controlesonderingen bleek dat de verdichting t.p.v. de pijlers H2 en H3 niet aan de eisen voldeed. Resultaten van vervolgens uitgevoerde continuboringen toonden aan dat dit het gevolg was van een op een niveau van 3 à 4 m beneden onderkant pijlervoetplaat aanwezige, ca. 0,75 à 1,25 m dikke kleilaag (figuur 7.3.):



	MN/m <sup>2</sup>				niveau kleilaag ( m - N.A.P. )
	$\bar{q}_1$	$\bar{q}_2$	$\bar{q}_3$	$\bar{q}_4$	
H2	6,6	15,5	7,9	15,0	24,50 - 25,75
H3	3,1	7,8	12,6	10,2	26,50 - 27,25

Eis:  $\bar{q} \geq 15 \text{ MN/m}^2$

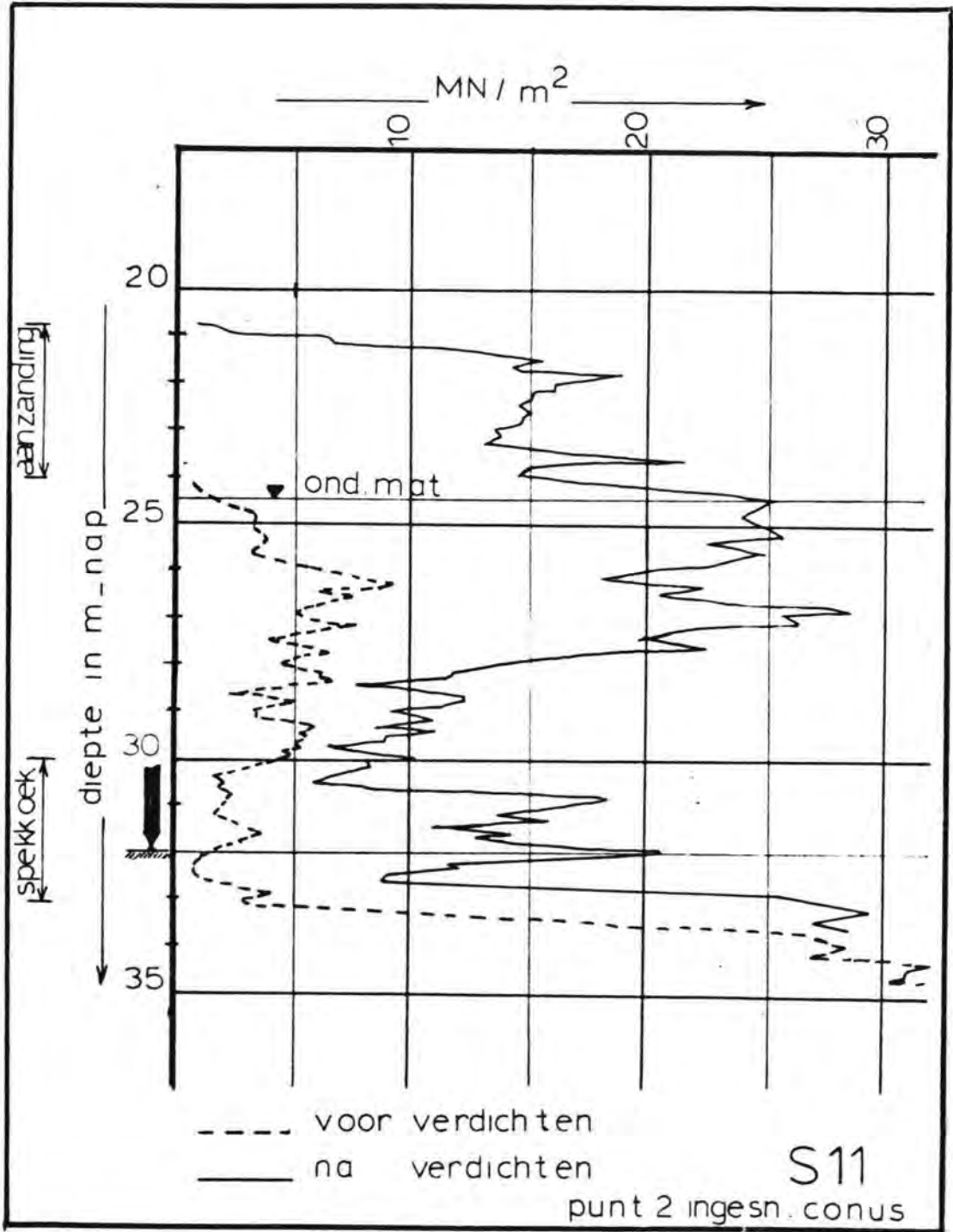
Niveau onderkant mat H2: 22,50 m - N.A.P.

H3: 23,50 m - N.A.P.

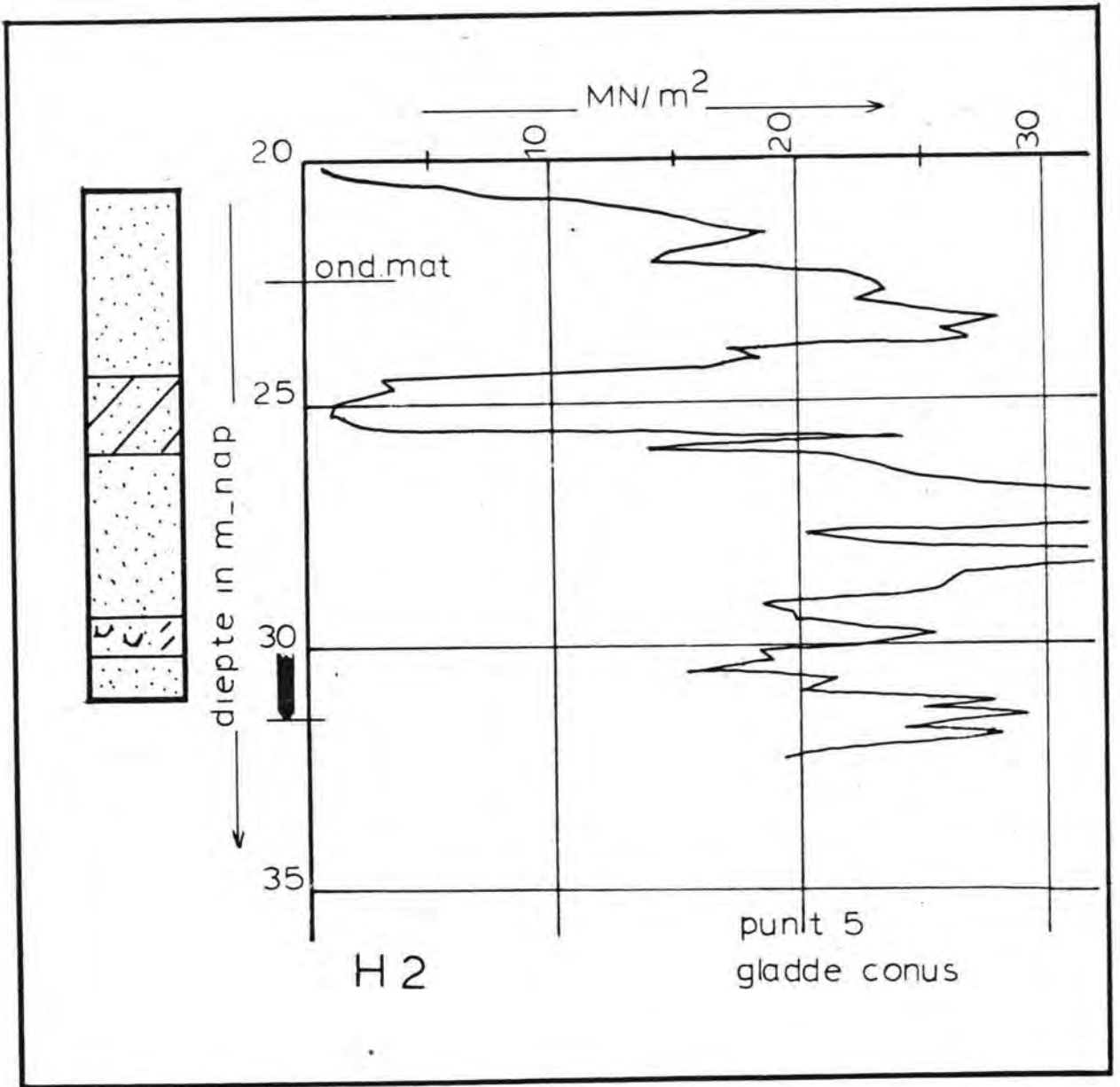
T.g.v. de aanwezigheid van de kleilaag zouden de toelaatbare grondmechanische deformaties met ca. een factor 2,5 à 5 worden overschreden, hetgeen volstrekt ontoelaatbaar is. Zelfs bij een zogenaamde "superverdichting" van het boven de kleilaag aanwezige zand zouden de deformaties en rotaties ontoelaatbaar hoog blijven. Gezien het ver overschrijden van de toleranties dienden er maatregelen te worden genomen (zie ook notities 2PROBU-M-80276 en -80277).

Kleigrond, al dan niet zandhoudend, is m.b.v. een trilmethode niet te verdichten. Teneinde aan de toleranties m.b.t. de grondmechanische deformaties te kunnen voldoen, diende de kleilaag te worden verwijderd. De kleigrond is dan ook m.b.v. de dustpan weggebaggerd, waarna de aldus ontstane cunetten weer zijn uitgevuld met schoon geklapt zand; vervolgens is dit zand weer op de gebruikelijke wijze verdicht. De gevolgde beslissingsprocedure is in figuur 7.4 weergegeven).

**N.B.** Voor een analyse omtrent de aanwezigheid van de kleilaag, wordt verwezen naar de "Evaluatienota Grondverbetering" nr. 24EGRO-M-81042).

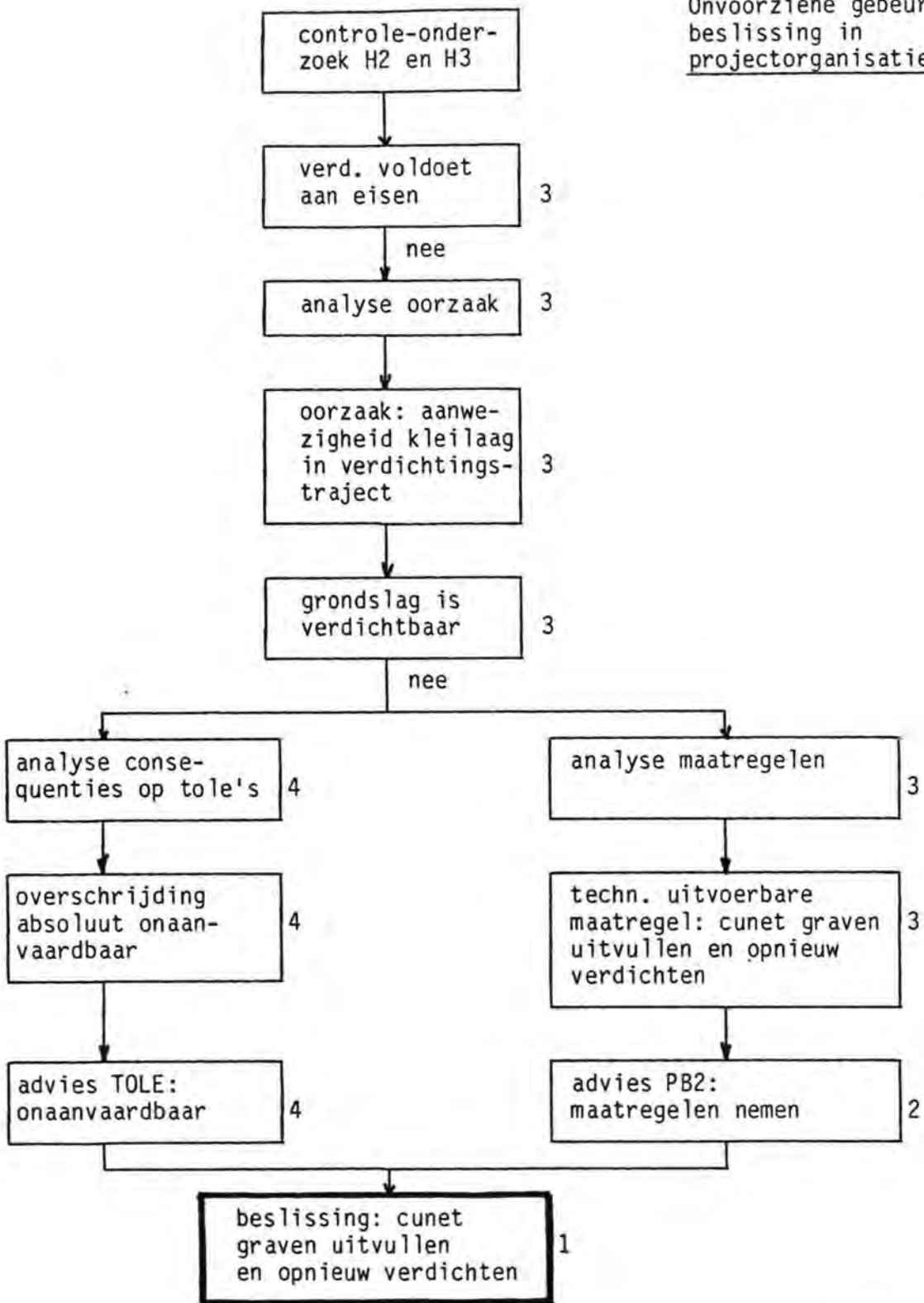


figuur 7.2.



figuur 7.3.

Onvoorziene gebeurtenis met  
beslissing in  
projectorganisatie



- 1 = PGO
- 2 = Pb2
- 3 = werkgroep verdichten
- 4 = TOLE

figuur 7.4.

7.4. Grondlagen met lage conusweerstand beneden de onderbegrenzing van de besteksverdichting

In dit hoofdstuk worden de bij de Roompotpijlers R6 t/m R29 tegengekomen problemen beschreven. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt tussen respectievelijk voorziene (onderhoud voor de uitvoering der verdichting) en onvoorziene (tijdens het controleonderzoek naar voren gekomen) gebeurtenissen.

7.4.1. Voorziene problemen

T.p.v. de pijlers R6 t/m R20 is na het baggeren en tijdens het klapproces t.p.v. de cunetbodemp erosie opgetreden, waardoor de cunetten ca. 1 tot 3 m verdiept werden. Het gevolg hiervan was, dat, indien er geen maatregelen zouden worden genomen, beneden de op dat moment vigerende onderbegrenzing der verdichting losgepakt, verwekingsgevoelig (geklapt) zand zou blijven zitten. De op dat moment vigerende onderbegrenzing der verdichting is gelijk aan de ontgravingsdiepte.

pijler	onderbegrenzing geklapt zand (m-N.A.P.)	
	onderbegrenzing dustpan = op dat moment vigerende onderbegrenzing verdichting	na erosie
R6	38.0	39.0
R7	38.0	40.0
R8	38.0	40.3
R9	38.0	40.5
R10	38.0	40.5
R11	38.0	41.0
R12	38.0	38.5
R13	38.0	39.0
R14	38.0	40.0
R15	35.5	37.0
R16	35.5	35.5
R17	35.5	36.5
R18	35.5	36.5
R19	35.5	37.5
R20	35.5	37.5



Het niet nemen van maatregelen zou een marginale overschrijding (ca. 3 tot 10%) van de toelaatbare grondmechanische deformaties tot gevolg hebben. Door de PGO werd dit, mede op advies van de werkgroep TOLE, niet acceptabel geacht (vergadering 7-5-1981).

De PGO was namelijk van mening dat met name in het beginstadium van de uitvoering geen, en zelfs geen geringe inbreuk mocht worden gedaan op de beschikbare tolerantie ruimte m.b.t. de schuifgeleidingsbreedte en sponningsdiepte.

Hierbij speelden de volgende overwegingen mee:

- \* Zoveel mogelijk tolerantieruimte moest ten goede komen aan de aanzanding tussen en op de fundatiematten, mede omdat op dat moment de aanzandingsproblematiek nog niet was opgelost.
- \* Teneinde wel aan de toleranties m.b.t. de grondmechanische deformaties te kunnen voldoen waren betrekkelijk eenvoudig uitvoerbare maatregelen voorhanden (het losgepakte zand was geklapt schoon zand en zodoende verdichtbaar).

#### 7.4.1.1. Toegepaste maatregelen (zie ook Evaluatienota verdichten as 27VERD-N-81018)

Bij de toegepaste maatregelen dient een onderscheid te worden gemaakt in

- A) R6 t/m R14 : losgepakte zandlaag beneden maximale verdichtingsdiepte (38 m - N.A.P.) bij toepassing van verlengde naalden.
- B) R15 t/m R20: losgepakte zandlaag beneden 35 m - N.A.P., m.a.w. binnen het dieptebereik van verlengde naalden.

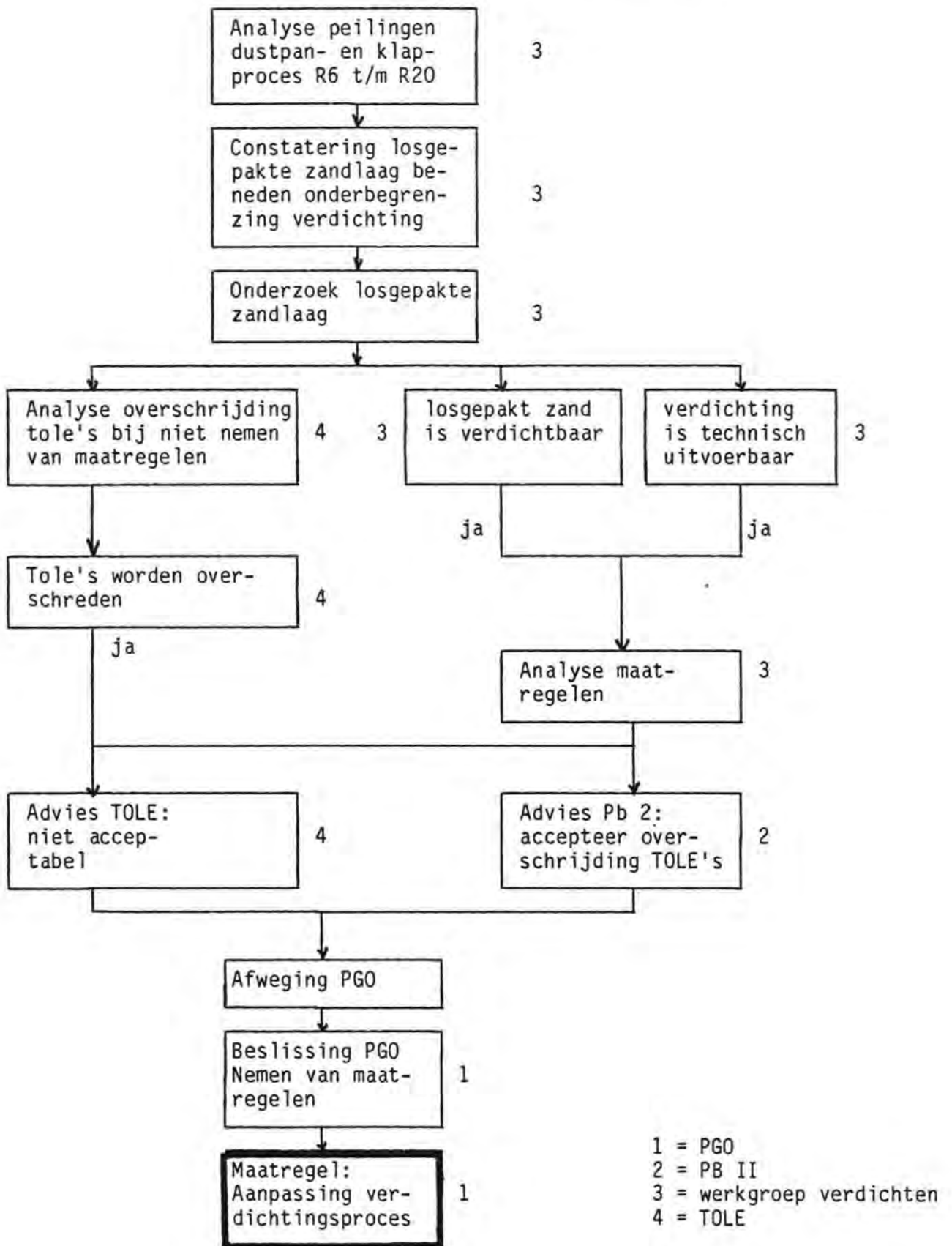
De beslissingsprocedure in de projectorganisatie is in figuur 7.5. weergegeven.

##### Sub A: R6 t/m R14

Bij deze pijlers is gekozen voor het niet verdichten van de losgepakte zandlaag beneden de vigerende onderbegrenzing (38 m - N.A.P.) van de verdichting. De grotere deformaties t.g.v. deze losgepakte zandlaag dienden te worden opgevangen door strengere eisen te stellen aan de verdichting van het oorspronkelijk te verdichten zandpakket.

M.b.v. deformatieberekeningen, waarbij voor de losgepakte zandlaag een conusweerstand van  $7 \text{ MN/m}^2$  (gebaseerd op sonderingen in geklapt zand) is aangenomen, zijn de aangepaste verdichtingseisen als volgt geworden:

Beslissingsprocedure projectorganisatie



figuur 7.5.

Pijler	Aangepaste eis (MN/m <sup>2</sup> ) *1)	Aangepaste horizontale stapafstand (m) *2)
R6	16.7	3.50
R7	19.0	3.75
R8	19.0	3.75
R9	20.2	3.50
R10	19.0	3.75
R11	20.8	3.50
R12	16.7	3.75
R13	17.3	3.75
R14	19.6	3.50

\*1) Analoog de normale verdichtingseis van 15 MN/m<sup>2</sup>

\*2) De horizontale afstand is afgeschat m.b.v. de resultaten van een verdichtingsproefvak

#### Sub B: R15 t/m R20

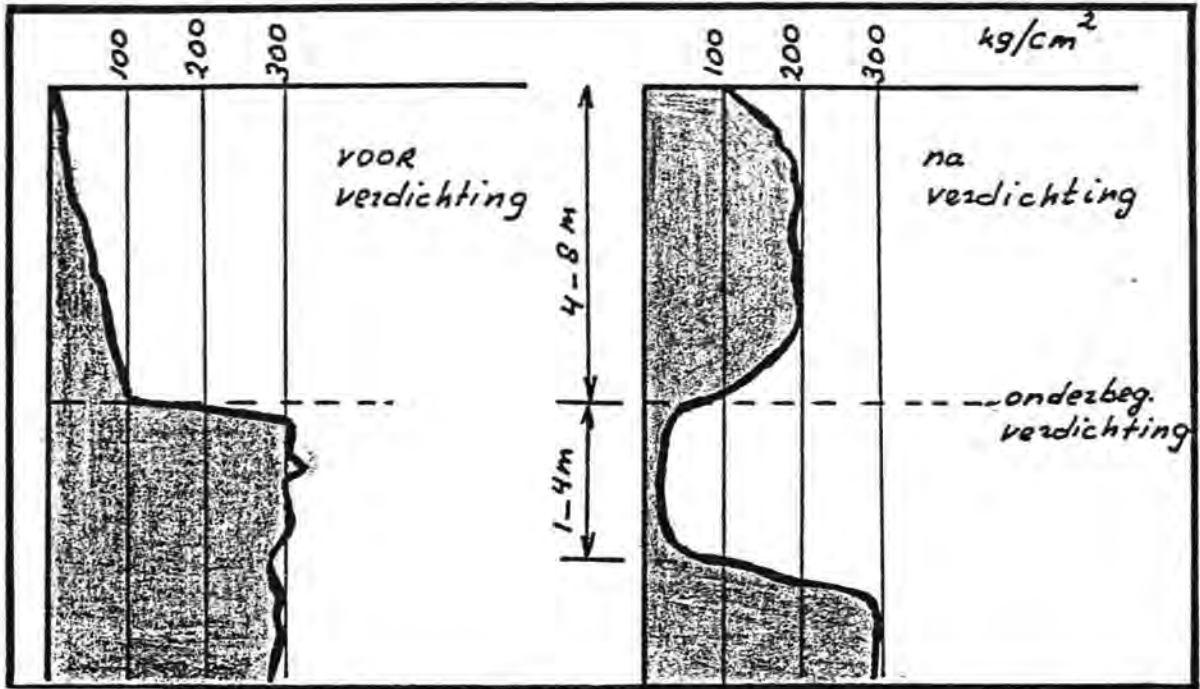
Bij deze pijlers is gekozen voor het verdichten van de losgepakte zandlaag beneden 35 m - N.A.P. De aanpassing van het verdichtingsproces bestond slechts uit het toepassen van een verlengde naald, daar de onderbegrenzing van het losgepakte zand binnen het maximale dieptebereik van deze naalden viel.

#### 7.4.2. Onvoorziene problemen

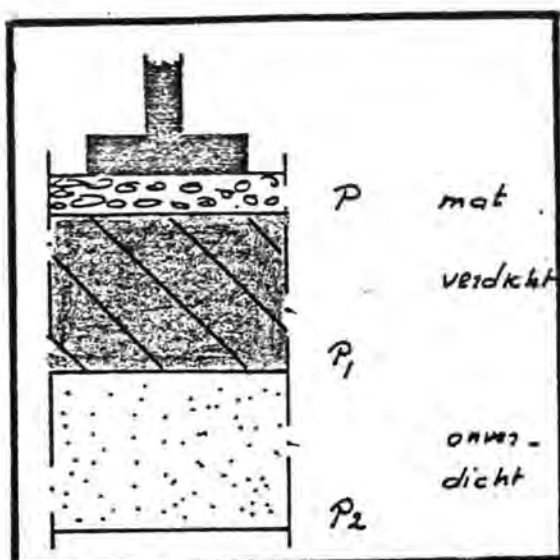
De onvoorziene problemen hebben enerzijds betrekking op de pijlers R22 t/m R29 en anderzijds op R6 t/m R11.

##### 7.4.2.1. Pijlers R22 t/m R29 (zie ook 27VERD-N-82008 en 2PROBU-M-82032)

Uit de resultaten van de controlesonderingen t.p.v. deze pijlers bleek dat beneden de onderbegrenzing van de verdichting een ca. 1 tot 4 m dikke laag met lage conusweerstand (3-10 MN/m<sup>2</sup>) aanwezig was. Gezien de resultaten van het grondonderzoek op grond waarvan de verticale verdichtingsomvang is bepaald, zou op de betreffende onderbegrenzings de vaste laag met conusweerstand groter dan 25 à 30 MN/m<sup>2</sup> moeten beginnen (zie figuur 7.6 en 7.7).



figuur 7.6



P = onderkant mat  
 P<sub>1</sub> = onderkant verdichting volgens bestek  
 P<sub>2</sub> = P - ca. 100 m

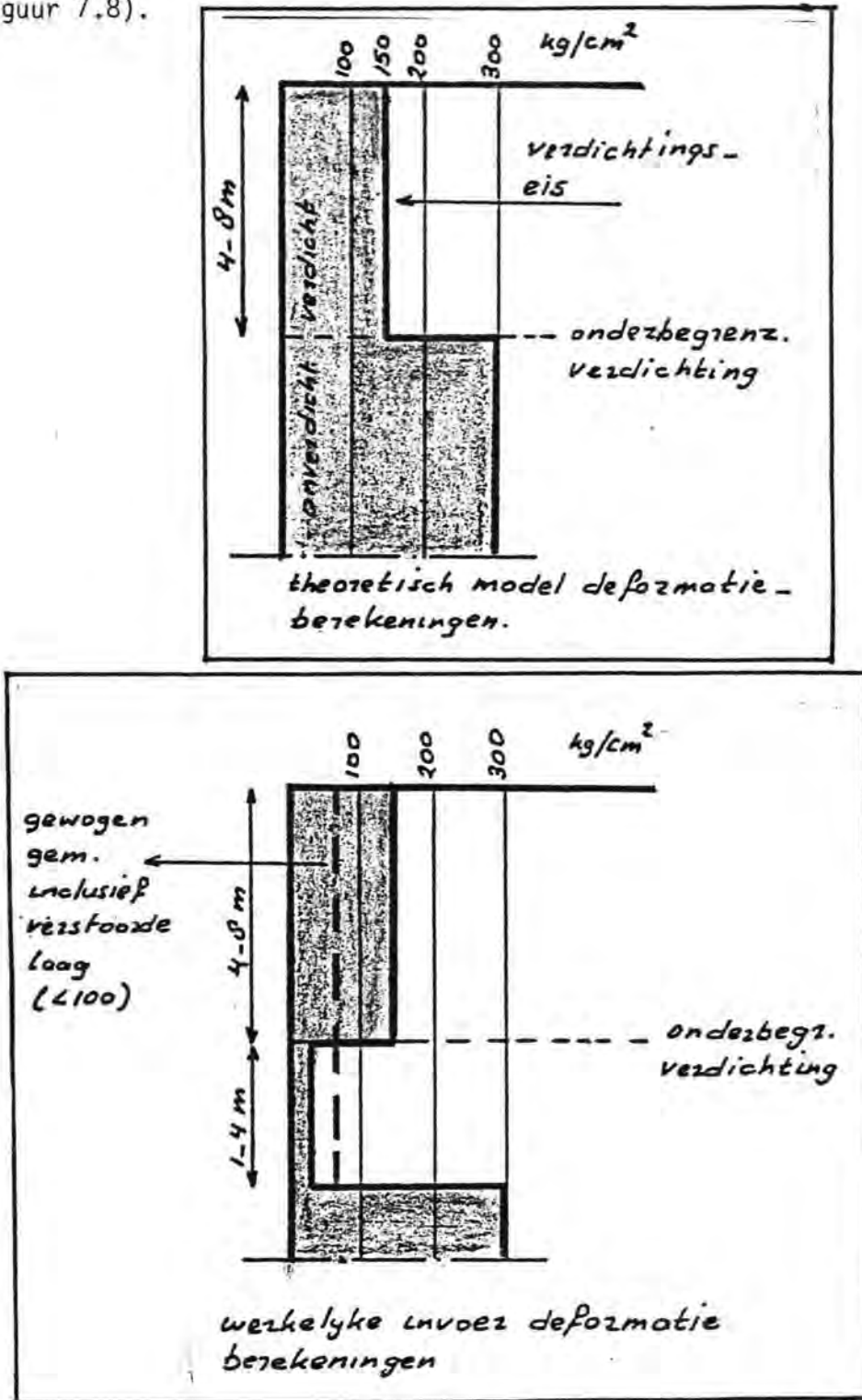
figuur 7.7.

T.a.v. de uitgangspunten voor de ontwerpdeformatieberekeningen traden hierdoor de volgende verschillen op.

niveau (figuur 7.6)	gemiddelde conusweerstand (MN/m <sup>2</sup> )	
	uitgangspunten deformatie berekening	uit controlesonderingen na verdichting
p - p <sub>1</sub>	15	ca. 15
p <sub>1</sub> - p <sub>2</sub>	25 à 30	
p <sub>1</sub> - (p <sub>1</sub> - 1 à 4m)		3 - 10
(p <sub>1</sub> - 1 à 4m)-p <sub>2</sub>		25 à 30

Gezien de resultaten van de controlesonderingen voldeed de verdichting aan alle drie eisen, m.u.v. R29 waar de derde verdichtingseis (deformatieverschillen tussen R29 en R30) werd overschreden.

Teneinde aan de tolerantie-eisen m.b.t. de grondmechanische deformaties te kunnen voldoen, dient echter, daar het verdichte pakket onder de betreffende pijlers slechts 4 à 6 m bedraagt, de ondergrond tot aan de laag met conusweerstand groter dan 25 à 30 MN/m<sup>2</sup> aan de verdichtingseisen te voldoen (verdichtingstraject volgens bestek + "verstoorde" laag); als uitgangspunt voor de onderbegrenzing van de besteksverdichting is namelijk de bovenbegrenzing van deze harde laag, volgend uit de geboorteregisters pijler, gehanteerd (zie figuur 7.8).



figuur 7.8.

Voor de **verdichtingseisen** kunnen in dat geval "**deformatie-eisen**" worden gelezen. Bij deze deformatie-eisen speelt de poriëngehalte-eis eveneens een grote rol. Teneinde het verwekingsgevaar te elimineren dient namelijk het poriëngehalte tot een niveau van ca. 8 à 10 m beneden onderkant mat  $\leq 40\%$  te bedragen. Bij de pijlers R22 t/m R28 lag de "verstoorde" laag op ca. 4-8 m beneden het niveau onderkant mat.

**N.B.** Verweking van de ondergrond kan leiden tot grote, ongecontroleerde en niet te berekenen deformaties.

Uit een toetsing aan de tolerantie-eisen m.b.t. de grondmechanische deformaties (deformatie-eisen) bleek het volgende:

Pij- ler	Ondergrond onderkant mat tot bovenkant harde laag (inclusief "verstoorde" laag)						
	1e defo-eis			2e defo-eis		3e defo-eis	
	$\bar{q}_{\text{pijler}} \geq 13 \text{ MN/m}^2$	$\bar{n} \leq 40\%$ verst. laag		$\bar{q}_{\text{max}}/\bar{q}_{\text{min}} \leq 1,4$		$0,75 \leq a \leq 1,35$	$0,60 \leq b \leq 1,70$
R22	8.4	VN	41-44	1.31		0,95	0,95
R23	8.8	VN	41-44	2.10	VN	0,76	1,09
R24	11.6	VN	41-44	1.46	VN	1,11	1,08
R25	10.4	VN	41-44	1.94	VN	0,92	0,65
R26	11.3	VN	41-44	1.81	VN	0,81	1,50
R27	14.0		< 40	1.29		0,99	0,97
R28	N.Z. helft:16.0		< 40	1.42	VN	1,04	0,86
	O.S. helft:12.0		41-44				
R29	13.6		< 40	1.23		0,55 VN	1,05

\* Trilpuntcorrectie is niet in rekening gebracht, daar t.p.v. de trilpunten eveneens de "verstoorde" laag voorkwam.

\* Zie voor formulering 3e defo-eis de 3e verdichtingseis hoofdstuk 3.2.

Uit de voorgaande tabel blijkt dat de pijlers R22 t/m R26, de Oosterscheldezijde van R28 en R29 niet voldeden aan één of meer deformaties-eisen; de toelaatbare deformaties zouden met 12% (R26) tot 55% (R22) worden overschreden.

Gezien deze overschrijdingen van de toleranties m.b.t. de grondmechanische deformaties werd in de lijnorganisatie besloten (zie voor de beslissingsprocedure figuur 7.9.) de pijlers R22 t/m R26, alsmede de Oosterscheldezijde van R28, te herverdichten; de nieuwe onderbegrenzing der verdichting lag echter nu t.p.v. de onderkant van de "verstoorde" laag (PGO vergadering van 18 maart 1982).

Bij pijler R29 werd alleen het eerste gedeelte van de derde deformatie-eis overschreden. Uit een analyse van de werkgroep TOLE bleek dat deze overschrijding slechts een marginale invloed heeft op de benodigde schuifgeleidingsbreedte en sponningsdiepte van de pijler. Gezien deze marginale overschrijding en de benodigde investeringen voor het uitvoeren van maatregelen (herverdichten van R29: kosten ca. f 325.000) werd in de PGO-vergadering van 1 juli 1982 besloten deze marginale overschrijding te accepteren.

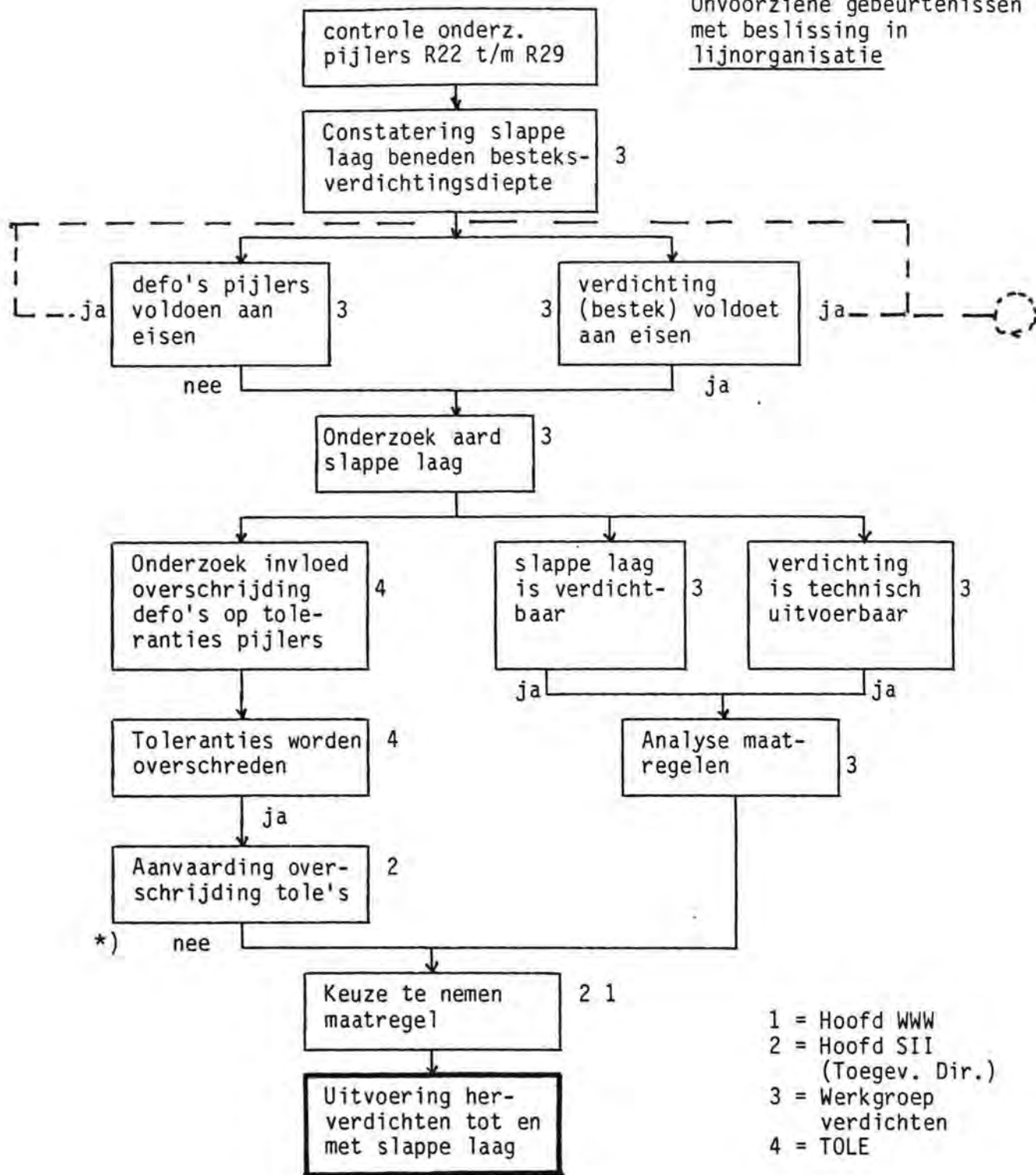
Dat de aanwezigheid van het "verstoorde" grondpakket niet vroegtijdig was onderkend, had verschillende oorzaken:

- \* Uit de resultaten van het summiere vooronderzoek (na het klapproces) kwam de verschuiving van de bovengrenzing van de vaste laag enigszins, doch niet eenduidig naar voren. Er was dan ook gepland om een meer gedetailleerder vooronderzoek uit te voeren; dit heeft echter niet kunnen plaatsvinden vanwege
  - \* de onbereikbaarheid van het gebied t.g.v. planningsprioriteiten van andere werkschepen
  - \* het eerder verdichten van de betreffende pijlers t.g.v. dezelfde planningsprioriteiten
  - \* planningsprioriteiten Johan V (controleponton) voor andere werkzaamheden (damaanzet en controle Hammen pijlers i.v.m. komst Cardium)

In de nota 27VERD-N-82008 is de analyse weergegeven naar de oorzaak van de aanwezigheid van de "verstoorde" laag.



Onvoorziene gebeurtenissen met beslissing in lijnorganisatie

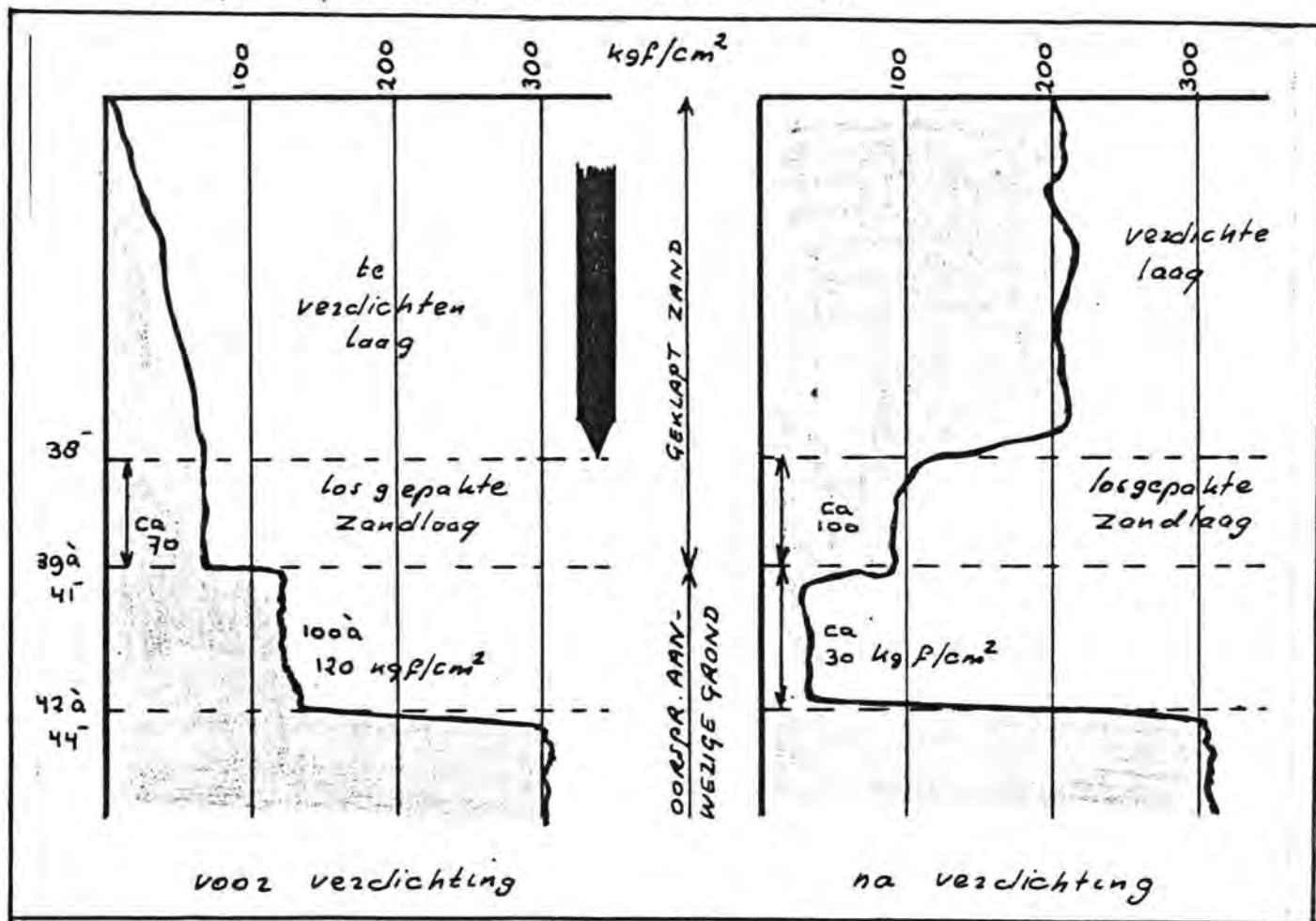


\* N.a.v. eerder gedane PGO uitspraak (erosielagen R-pijlers)

figuur 7.9.

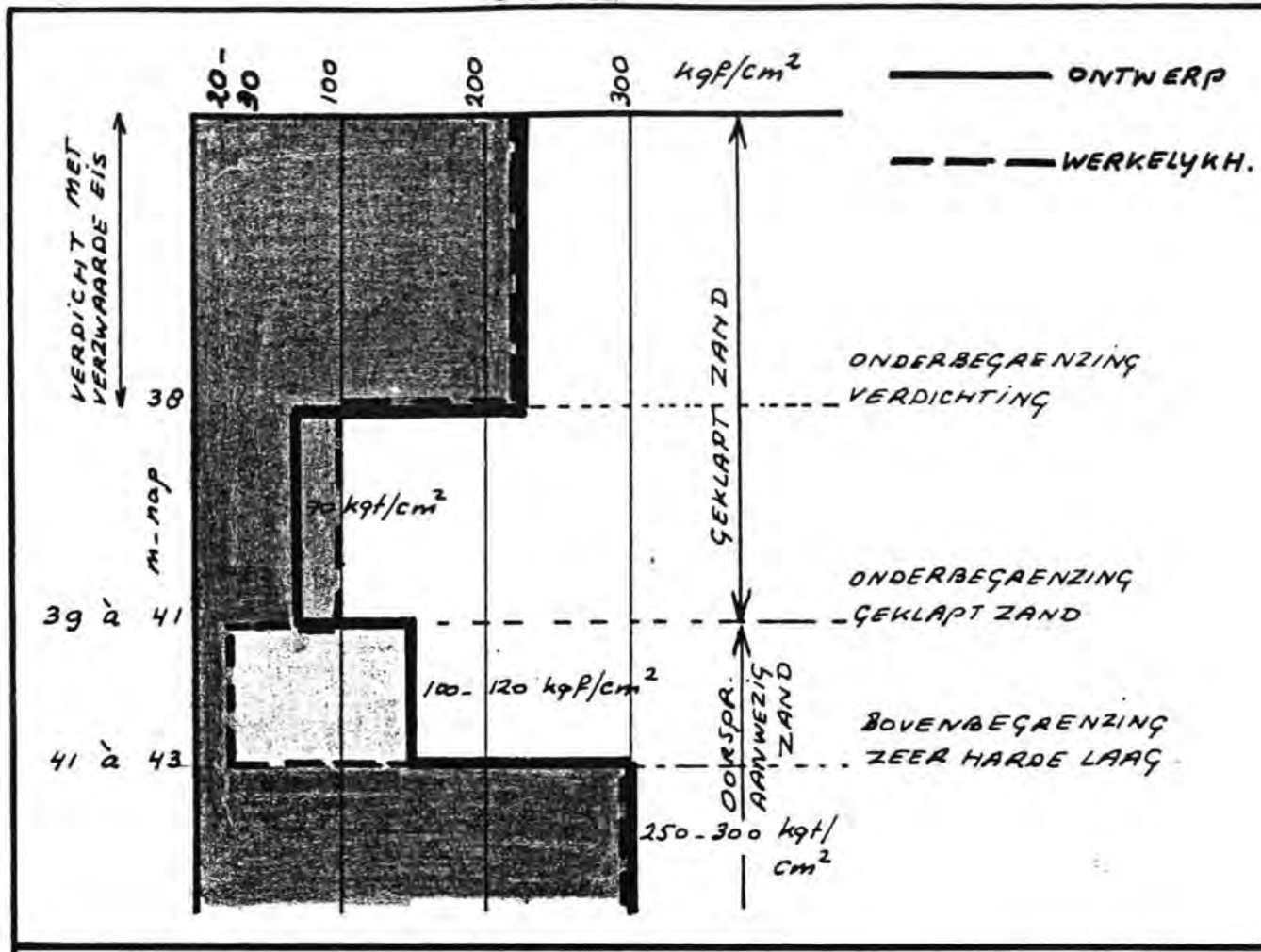
### 7.4.2.2. Pijlers R6 t/m R11 (zie ook 27VERD-N-82012)

Uit de resultaten van het controle-verdichtingsonderzoek t.p.v. R6 t/m R11 is gebleken dat beneden de onderbegrenzing van de niet verdichte, losgepakte zandlaag (zie hoofdstuk 7.4.1.) een ca. 1 tot 3 m dik grondpakket met lage conusweerstand (ca. 3 MN/m<sup>2</sup>) aanwezig is; volgens de gegevens van de betreffende pijlgergeboorteregisters zou dit grondpakket een conusweerstand van 10-20 MN/m<sup>2</sup> moeten hebben (zie figuur 7.10). M.a.w. er is een verstoring van het oorspronkelijk aanwezige grondpakket opgetreden, waardoor een deel van de in hoofdstuk 7.4.1. gestelde aannamen, achteraf niet juist meer bleken te zijn.



figuur 7.10

De besteksverdichting, welke betrekking heeft op het traject onderkant fundatiemat tot 38 m - N.A.P., voldeed aan alle drie verdichtingseisen. Ook hier diende, teneinde na te kunnen gaan of aan de tolerantie-eisen m.b.t. de grondmechanische deformaties zou worden voldaan, een toetsing aan de zogenaamde **deformatie-eisen** te worden gemaakt. De uitgangspunten van de deformatieberekeningen kwamen namelijk niet meer overeen met het bij het controleonderzoek aangetroffen conusweerstandverloop (zie figuur 7.11).



figuur 7.11

Analoog de verdichtingseisen kunnen voor het traject onderkant mat - bovenkant harde laag (41 à 43 m - N.A.P.) de volgende deformatie-eisen worden opgesteld:

1e defo-eis - \*  $\bar{q}_{\text{pijler}} \geq 12.1 \text{ MN/m}^2$  (analoog  $13 \text{ MN/m}^2$ ), doch gemiddelde van 5 opeenvolgende pijlers  $\geq 13 \text{ MN/m}^2$  (analoog  $15 \text{ MN/m}^2$ )

\*  $\bar{n} \leq 40\%$  (niet van belang, daar de verstoorde laag buiten de invloedsdiepte van de wateroverspanningsgeneratie ligt).

2e defo-eis - analoog 2e verdichtingseis.

3e defo-eis - analoog 3e verdichtingseis.

Pijler	1e defo-eis	2e defo-eis	3e defo-eis	
	$\bar{q}_c \geq 12.1 \text{ MN/m}^2$	$\bar{q}_{\text{max}}/\bar{q}_{\text{min}} \leq 1,4$	$0,75 \leq a \leq 1,35$	$0,60 \leq b \leq 1,70$
R6	14.4	1.18	0.81	1.68
R7	17.7	2.28 VN	1.24	0.57 VN
R8	14.3	1.34	0.86	1.28
R9	16.6	2.05 VN	1.36 VN	0.99
R10	12.2	1.27	1.05	1.12
R11	11.6 VN	1.57 VN		

Uit de voorgaande tabel blijkt dat de pijlers R7, R9 en R11 niet voldeden aan één of meer deformatie-eisen.

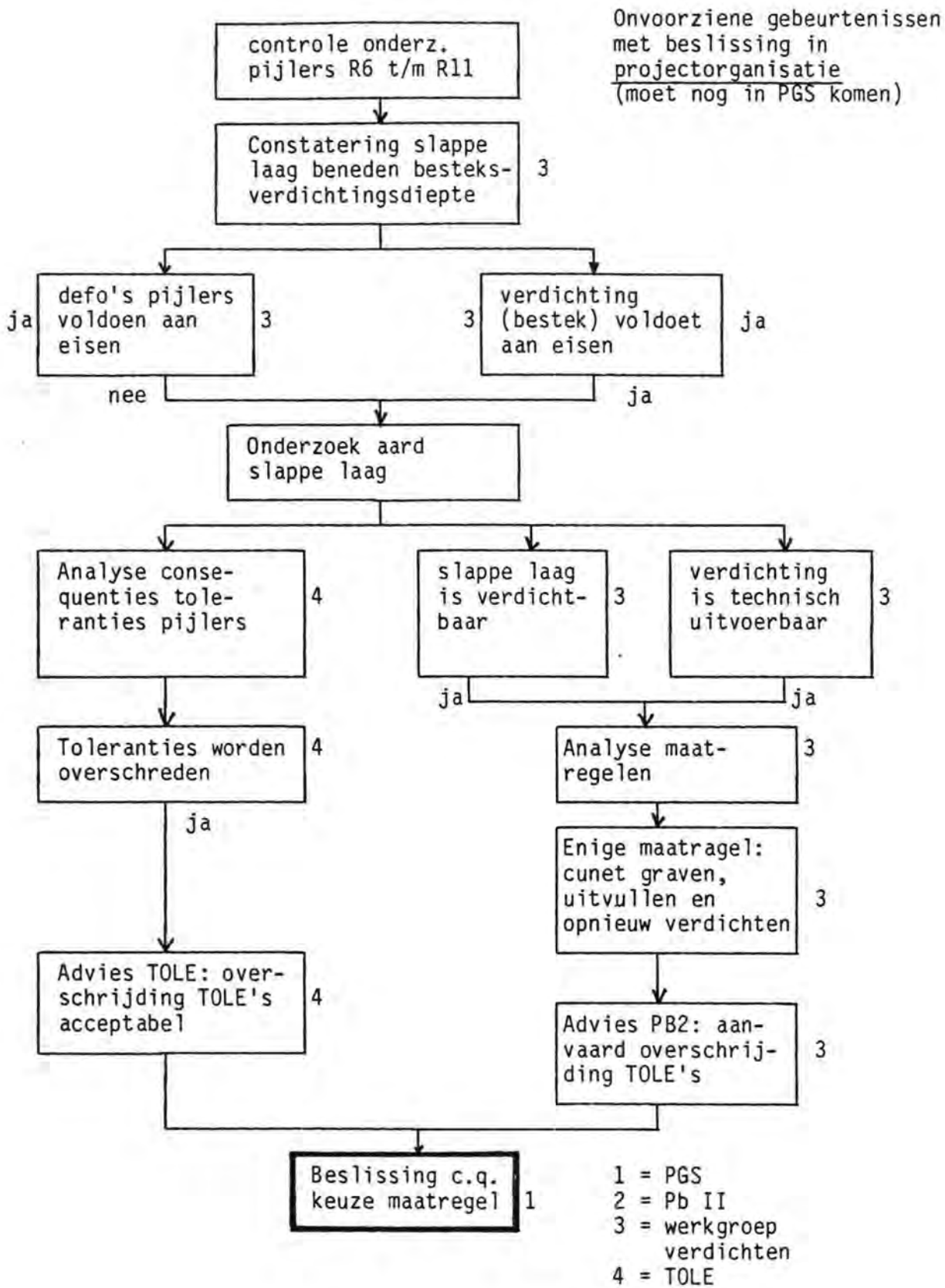
Gezien de marginale invloed van de overschrijding van de deformatie-eisen op de toleranties van de pijlerconstructie en de zeer grote benodigde investering (minstens ca. f 4.440.000,00), alsmede benodigde tijd (ca. 18 weken) voor het uitvoeren van de enig technisch uitvoerbare maatregel (cunet graven, uitvullen en opnieuw verdichten), werd in de PGO vergadering van 1 juli 1982 besloten deze marginale overschrijdingen te accepteren.

De totale analyse welke tot deze project organisatie beslissing (zie voor de gevolgde procedure figuur 7.12) heeft geleid, is vermeld in nota 27VERD-N-82012. Hierbij wordt opgemerkt dat uit deze analyse was gebleken dat de "verstoorde" grondslag bestond uit sterk silthoudend, niet verdichtbaar zand.

Dat de aanwezigheid van de "verstoorde" laag niet vroegtijdig was onderkend, had de volgende oorzaak:

Na de verdichting van R6 t/m R14 is direct controleonderzoek uitgevoerd. Ongelukkigerwijze waren dit nu juist de pijlers waar geen of nauwelijks een "verstoorde" laag beneden de onderbegrenzing van het geklapt zand is aangetroffen (R6 en R14).

Op grond van de goede resultaten van R14 is direct doorgedaan met de verdichting van R11, R10, R9, R8 en R7. De verdichtingscontrole t.p.v. deze pijlers werd uitgevoerd na het gereedkomen van R7.



figuur 7.12

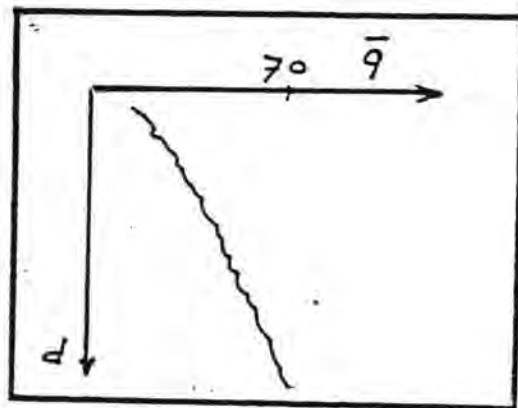
7.4.2.3. Analyse oorzaak aanwezigheid "verstoord" grondpakket t.p.v. R6 t/m R11 en R22 t/m R29

De "verstoring" van de grondlaag beneden de onderbegrenzing van het geklakte zand kan in principe zijn veroorzaakt door:

- a. erosie
- b. het dustpanproces
- c. het klapproces
- d. het verdichten

Sub a

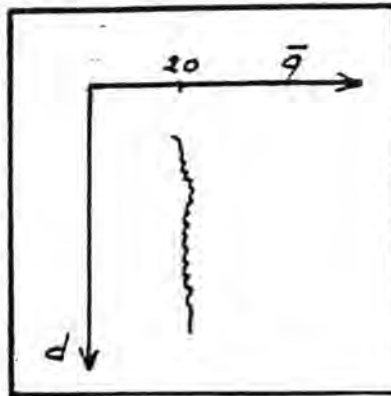
Tijdens het dustpan- en klapproces is zeer frequent gepeild (dagelijks). De uit deze peilingen geconstateerde erosie is verwerkt in een aanpassing van de verdichtingseisen (R6 t/m R14) c.q. in een aanpassing van de verdichtingsdiepte (R20 t/m R29). Uit deze peilingen blijkt dat de erosie nooit het niveau heeft bereikt waar de "verstoorde" grondlagen zijn aangetroffen. Indien erosie de oorzaak zou zijn, dan zou de "verstoorde" grond moeten bestaan uit geklapt zand. Het verloop van de conusweerstand t.p.v. de "verstoorde" laag zou dan als volgt moeten zijn (gezien de sondeerresultaten in geklapt zand, figuur 7.13):



figuur 7.13

Bij het klappen van zand wordt als het ware tijdens het klappen de spanningstoestand van het in het cunet terechtgekomen zand opgebouwd; dit resulteert in een met de diepte toenemende conusweerstand.

T.p.v. de "verstoorde" grondlagen is echter het volgens figuur 7.14 weergegeven conusweerstandverloop aangetroffen. Dit conusweerstandverloop is kenmerkend voor oorspronkelijk aanwezige, gedurende miljoenen jaren voorbelaste grond, welke door een uitwendige verstoring zijn voorbelasting heeft verloren; t.g.v. deze verstoring keert de grond tot zijn oorspronkelijke spanningstoestand terug. Kenmerkend voor dit effect is een met de diepte vrijwel rechtlijnig conusweerstandverloop.



figuur 7.14

Sub b: Verstoring van de grondslag tijdens het dustpanproces

Bij het dustpanproces van schoon zand zijn de jets t.p.v. de dustpankop vrijwel evenwijdig aan de bodem gericht. Tijdens het dustpannen van de sterk silthoudende, af en toe versteende zandlaag t.p.v. R7 t/m R13 en de zandhoudende, af en toe "vette" kleilaag t.p.v. R16 t/m R28 zijn messen op de zuigmond gemonteerd; tevens zijn de jets evenwijdig aan de zuigbuis gedraaid, zodat deze onder een hoek van  $30^\circ$  à  $40^\circ$  met de horizontaal naar de bodem gericht kwamen te liggen.

T.p.v. de betreffende gebieden heeft het diepste niveau van de zuigmond altijd om een nabij de besteksontgravingsdiepte (is gelijk aan de oorspronkelijke verdichtingsdiepte) gelegen; wel waren een zeer groot aantal dunne sneden benodigd om op diepte te komen.

Het toepassen van een "schuine" jetstand en messen (schraper) heeft alleen bij het baggeren van de cunetten in de Roompot plaatsgevonden, en wel op die plaatsen waar sterk silthoudend zand en/of zand houdende klei diende te worden ontgraven (zie ook figuur 7.15):

R17 t/m R12 - sterk silthoudend zand

R16 t/m R28 - zandhoudende klei

Uit de resultaten van respectievelijk het voor- en controleonderzoek is gebleken dat juist t.p.v. deze pijlers de "verstoorde" grondlaag aanwezig was c.q. is. T.p.v. de overige R-pijlers, waar vrij schoon zand is gebaggerd, is geen sprake van een "verstoorde" laag.

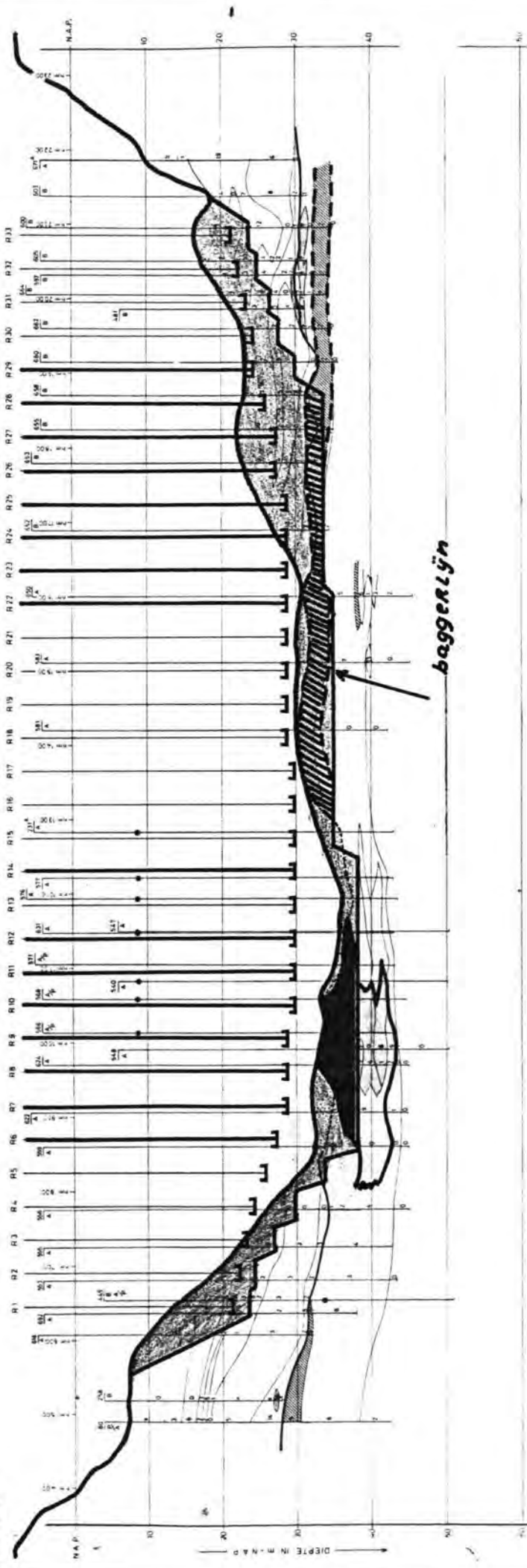
Het meest sprekende voorbeeld is R12. Uit figuur 7.15 blijkt dat de sterk silthoudende zandlaag t.p.v. het noordelijk deel van de pijler in een "punt" uitloopt. Bij vergelijking van de sonderingen (vooronderzoek) valt het volgende, markante verschil op (figuur 7.16):



# ROOMPOT

WERKELAND  
NOORDELAND

DAMANZET  
NOORD BEVELAND



583  
TELEN KLEI-LAGES NIET MOEUK  
WELKENS DISCONTINUË GESTORVEN MONSTERS  
AANTAL CM DOORGAANDE KLEI-LAGES  
GESOMMEERD PER LAAG  
DICHTEIEN DOORSLAKE REI-LAGES  
TELEN NIET MOEUK  
(ZEEN OF SLECHT MONSTER)

583  
BORINGNUMMER  
TYPE BORING  
A = ACHTERMANBORING  
B = BEGEMANBORING  
P = PULSBORING

BOREN VOLGENS DE LAATSTE  
BORINGEN (1978-1979)  
RECENT AANGEZAND MATERIAAL  
HOLOCEN PEISTOECEN GRENS  
UITGESCHULD TOT OP PEISTOECEN

LENGTE SCHAAAL 1:2000  
DIEPTE SCHAAAL 1:200  
R3 PIJLERNUMMERING

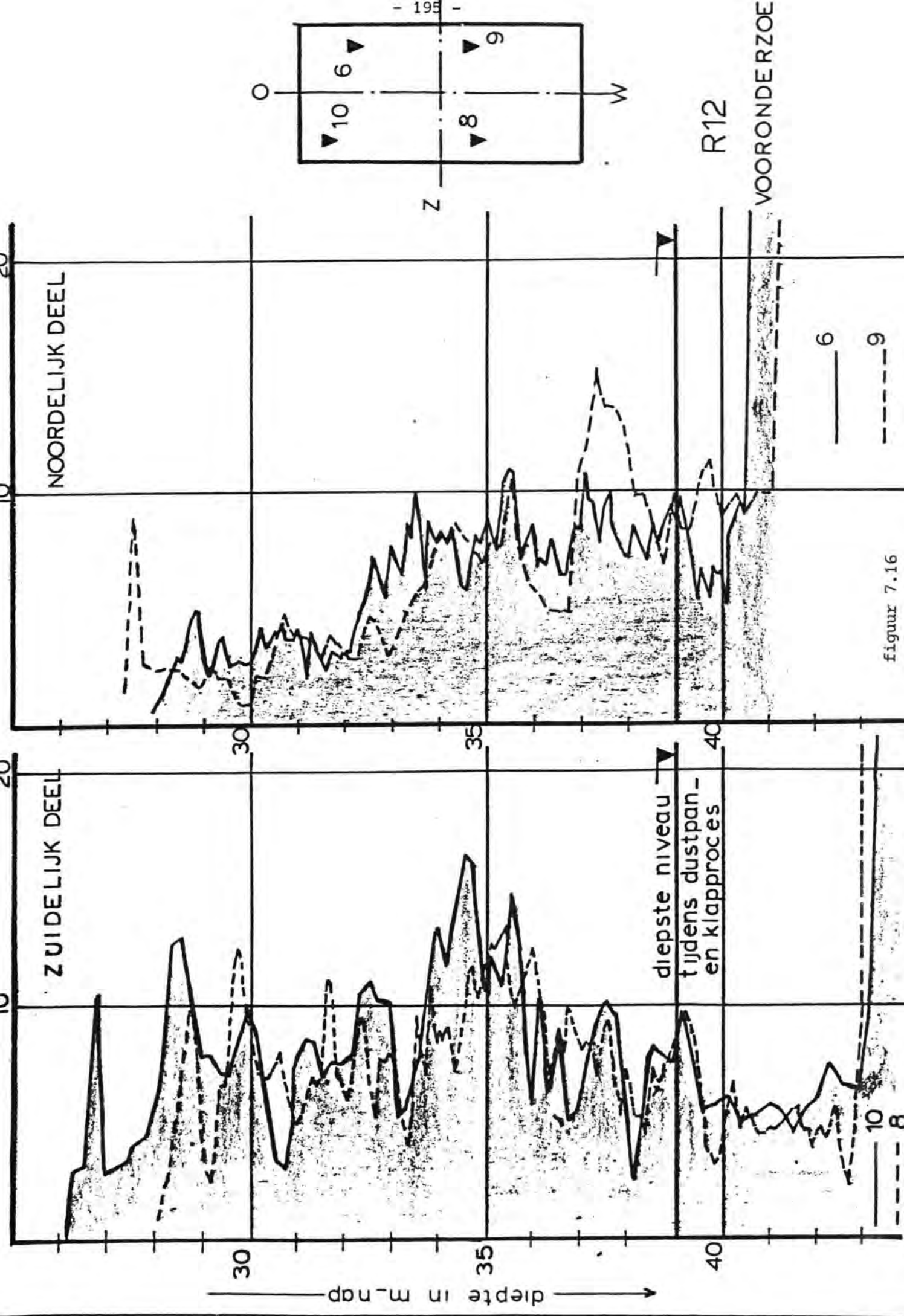
LAAGBESCHRIJVING  
GEGENWALDIG  
SILTEGEHALTE PROFIEL

SPINMOER STRUCTUUR  
STERK KLEIHOUDEND  
STERK SILTEHOUDEND

LEIDRADE  
BIJZ. W. G. 1.04  
79-07-05

OPDRACHTGEVER	OPDRACHT	TEG. DT. 98
PROFIEL VAN DE KOMBETRE DATES VAN N.E.S. B.A.N.	TEG. DT. 98	0
SLUITGAT ROOMPOT	TEG. DT. 98	0

figuur 7.15



figuur 7.16

T.p.v. het zuidelijk gedeelte van de pijler is een verschuiving van de vaste laag ( $\bar{q} > 25 \text{ à } 30 \text{ MN/m}^2$ ) opgetreden van ca. 41 m - naar 44 m - N.A.P. T.p.v. het noordelijk gedeelte van de pijler is nauwelijks een verschuiving opgetreden; t.p.v. dit deel van de pijler is vrijwel geen sprake van een "verstoring" van de grondlagen beneden de onderbegrenzing van de ontgraving (38 m - N.A.P.).

M.a.w. terplaatse waar vrijwel geen sterk silthoudend zand is weggebaggerd, zijn nauwelijks "verstoorde" grondlagen aanwezig.

#### Sub c: Verstoring van de grondslag tijdens het klapproces

Over het eventueel "losser" maken van de ondergrond tijdens het klappen is niets bekend; het wordt tevens onwaarschijnlijk geacht, daar de t.g.v. het klappen veroorzaakte impulskrachten op de cunetbodem niet groot worden geacht.

#### Sub d: Verstoring van de grondslag tijdens het trilproces

Ca. 1 m voordat de onderbegrenzing van de verdichting wordt bereikt, wordt de onderspoeling uitgezet. Uit de resultaten van controlesonderingen blijkt dat met deze werkwijze de grondslag beneden de onderbegrenzing van de verdichting niet wordt verstoord.

#### Conclusies

De verstoring van het grondpakket beneden de onderbegrenzing van het geklapt zand is zeer waarschijnlijk tijdens het dustpanproces gebeurd. De wijze waarop is echter niet te achterhalen daar tijdens en direct na het dustpanproces geen sonderingen zijn verricht.

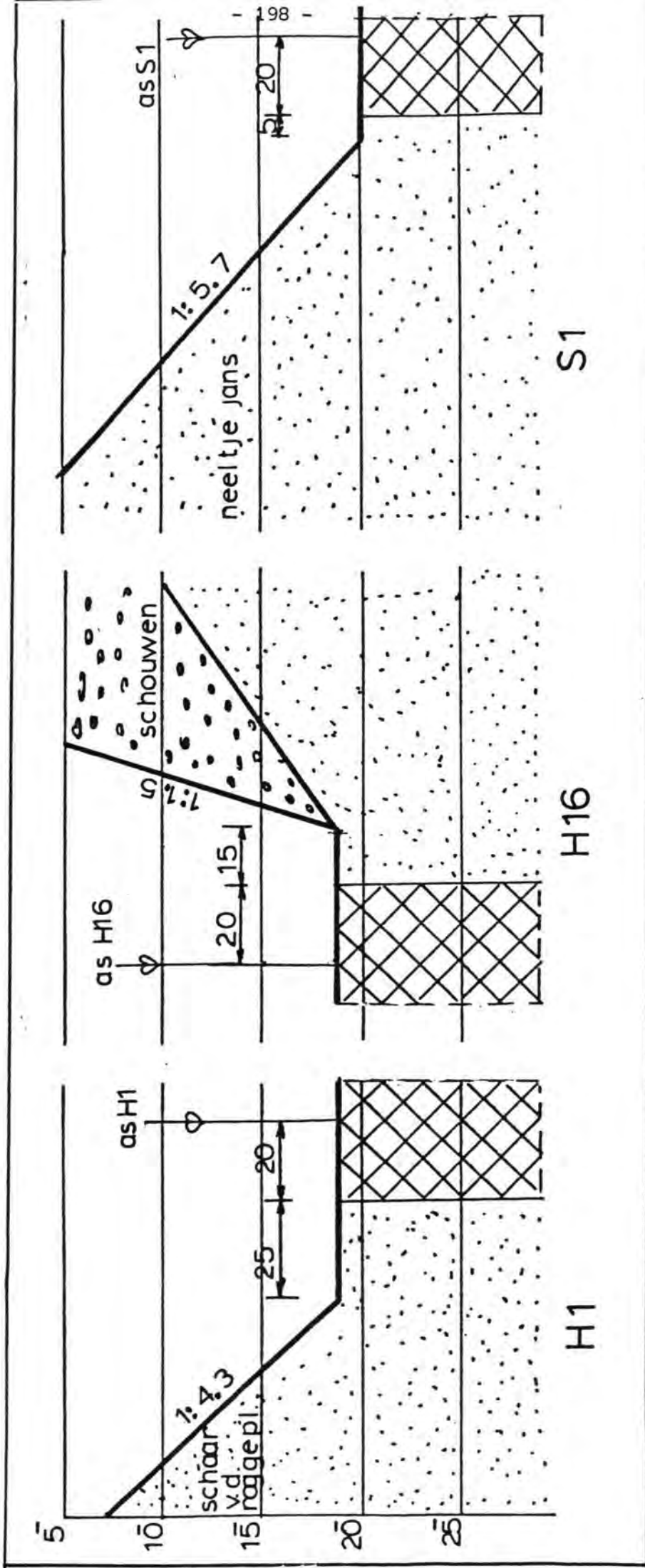
### 7.5. De verdichting van de randpijlers

De vrij steile oever taluds t.p.v. de randpijlers H1, H16 en S1 zijn opgebouwd uit losgepakt, zettingsvloeiingsgevoelig zand. T.g.v. het verdichten van deze randpijlers kan het zand t.p.v. de teen van het talud verweken, waardoor als het ware de horizontale steun van het talud sterk vermindert c.q. wordt weggenomen; de kans op het optreden van een zettingsvloeiing wordt hierdoor groot.

Met het verdichten nabij een steil, uit zettingsvloeiingsgevoelig zand opgebouwd talud was geen ervaring. Daarom diende te worden onderzocht bij welke uitvoeringsprocedure van de verdichting de kans op het optreden van een zettingsvloeiing c.q. afschuiving tijdens het verdichten erg klein zou worden. Een extra complicatie vormde hierbij randpijler H16, daar de stenen kop van de damaanzet Schouwen reeds was gebouwd. De situering van de randpijlerverdichting t.o.v. de oever taluds was als volgt:

randpijler	helling oever talud	afstand randpijlerverdichting tot teen oever talud (m)
H1	1:4,3	25
H16	1:1,5	15
S1	1:5,7	5
S17	1:10,9	-10
R1	1:11	5
R33	1:6,4	5

De situatie van de meest kritieke randpijlers (H1, H16 en S1) is in figuur 7.17 weergegeven.



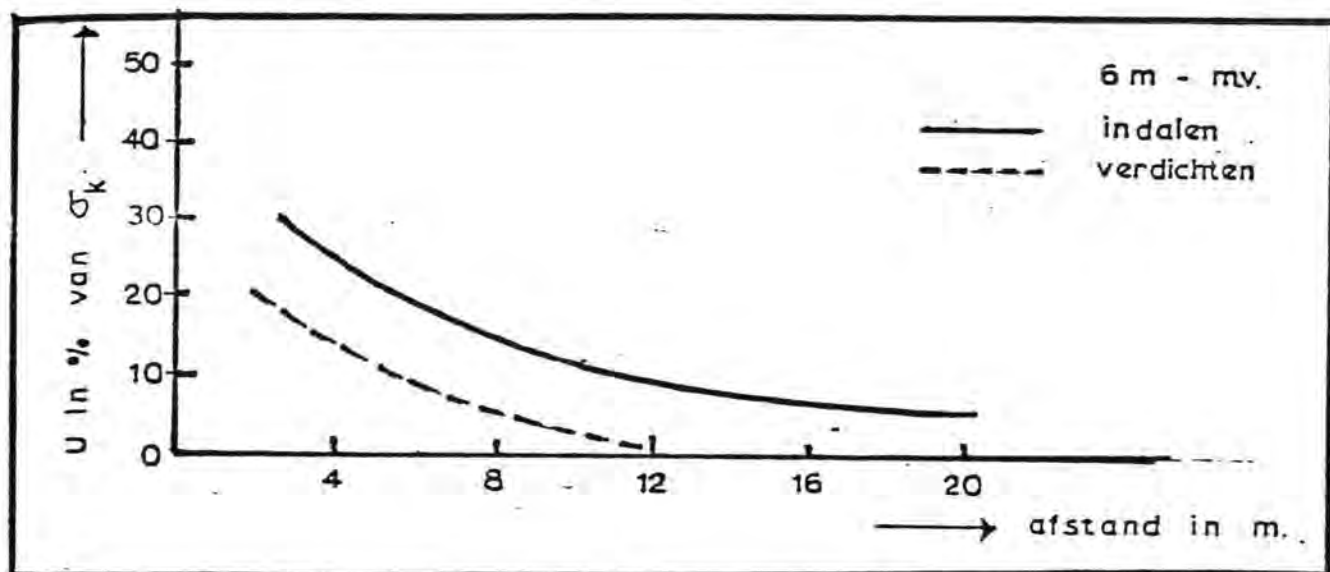
Figuur 7.17

### 7.5.1. Het vaststellen van een trilprocedure nabij het zandtalud van de damaanzetten

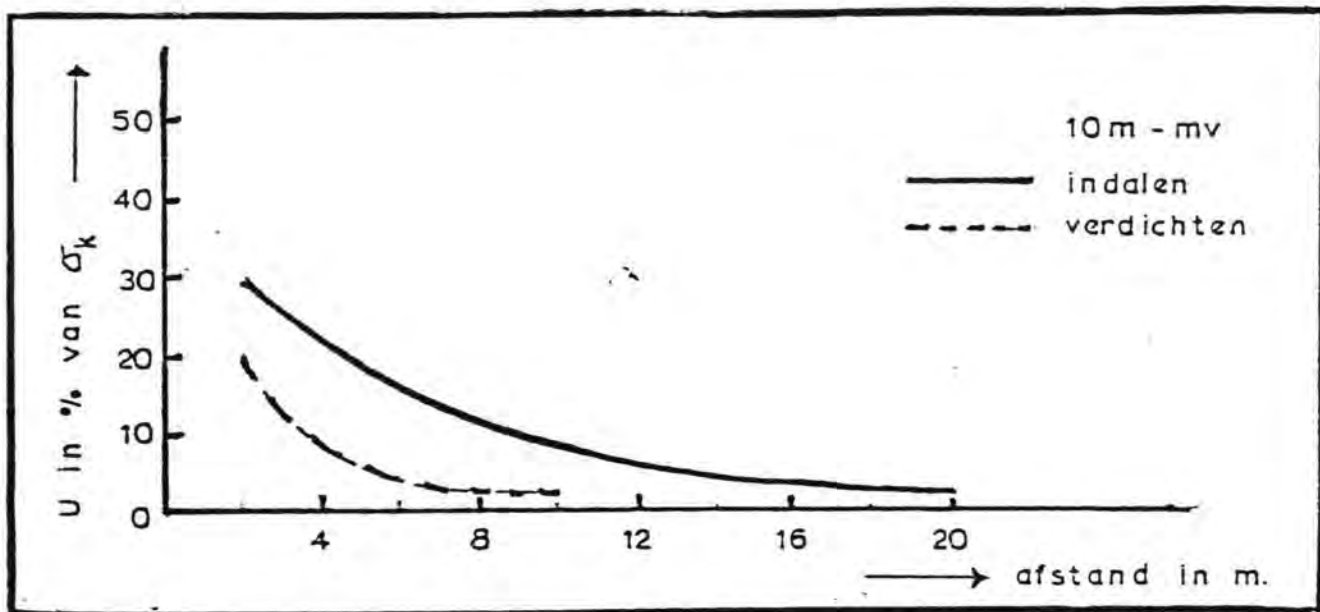
Ter bepaling van de trilprocedure nabij de taluds is gebruik gemaakt van een stabiliteitsprogramma. Het verschijnsel zettingsvloeiing is zo goed mogelijk vertaald in een stabiliteitsprobleem; hierbij is echter sprake van een sterke schematisatie van het verschijnsel.

Belangrijke randvoorwaarden voor de stabiliteitsberekening zijn de de grootte en het verloop van de wateroverspanningen welke tijdens het trillen worden gegenereerd.

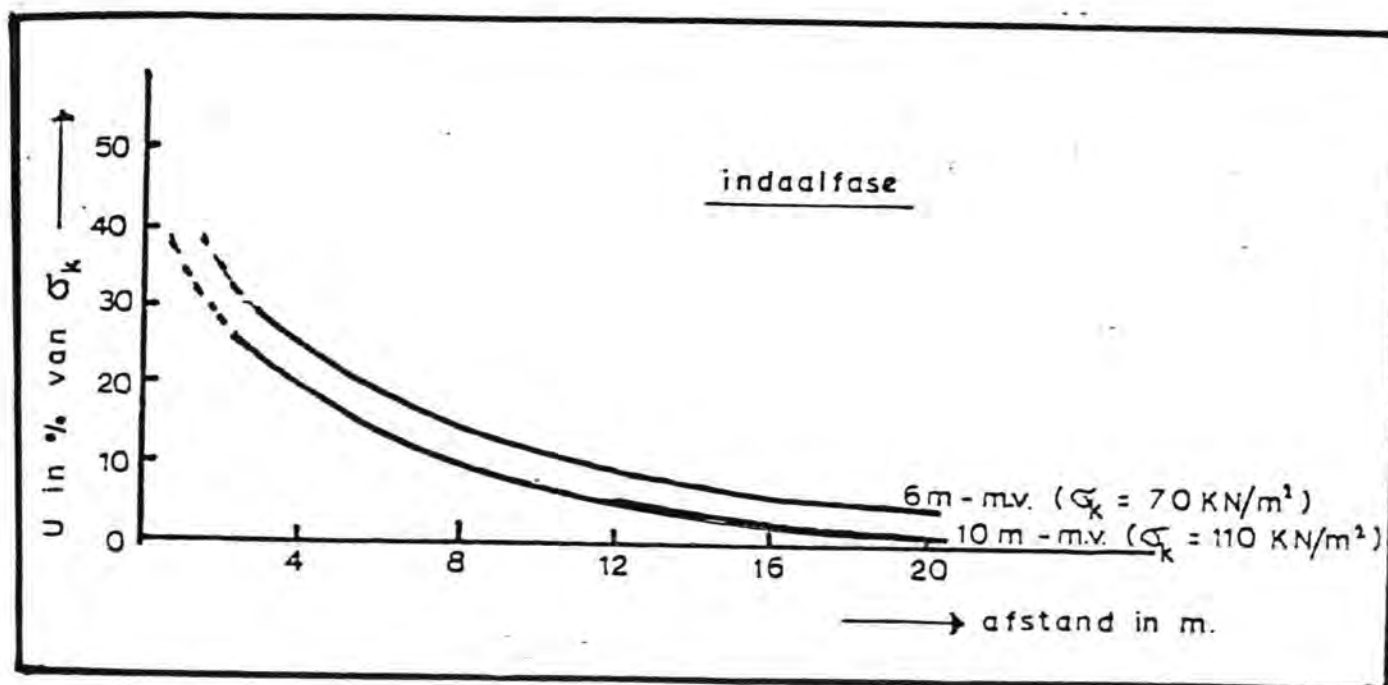
Teneinde inzicht te kunnen verkrijgen in de wateroverspanningen tijdens het trillen zijn in eerste instantie m.b.v. dynamische meters de waterspanningen gemeten bij een verdichtingswerk in Mereveld. Bij dit werk werd hetzelfde verdichtingssysteem als op de Mytilus gebruikt, zij het echter met 1 naald. M.b.v. de resultaten van deze metingen was het mogelijk om voor 1 naald de grootte van de wateroverspanning als functie van respectievelijk de afstand meetpunt - trilpunt en de uitvoeringsfase (verdichten c.q. indalen) te bepalen (zie de figuren 7.18 t/m 7.20).



figuur 7.18



figuur 7.19



figuur 7.20

Uit de resultaten van de Mereveldmetingen viel af te leiden dat de meest kritieke toestand zou ontstaan tijdens het indalen van de naalden; tijdens het indalen werden boven in de grondslag grotere wateroverspanningen gegenereerd dan onderin.

Vervolgens is een vertaling van de Mereveldresultaten naar de Oosterschelde-Mytilus condities gemaakt. Hierbij is de invloed van de volgende factoren in rekening gebracht:

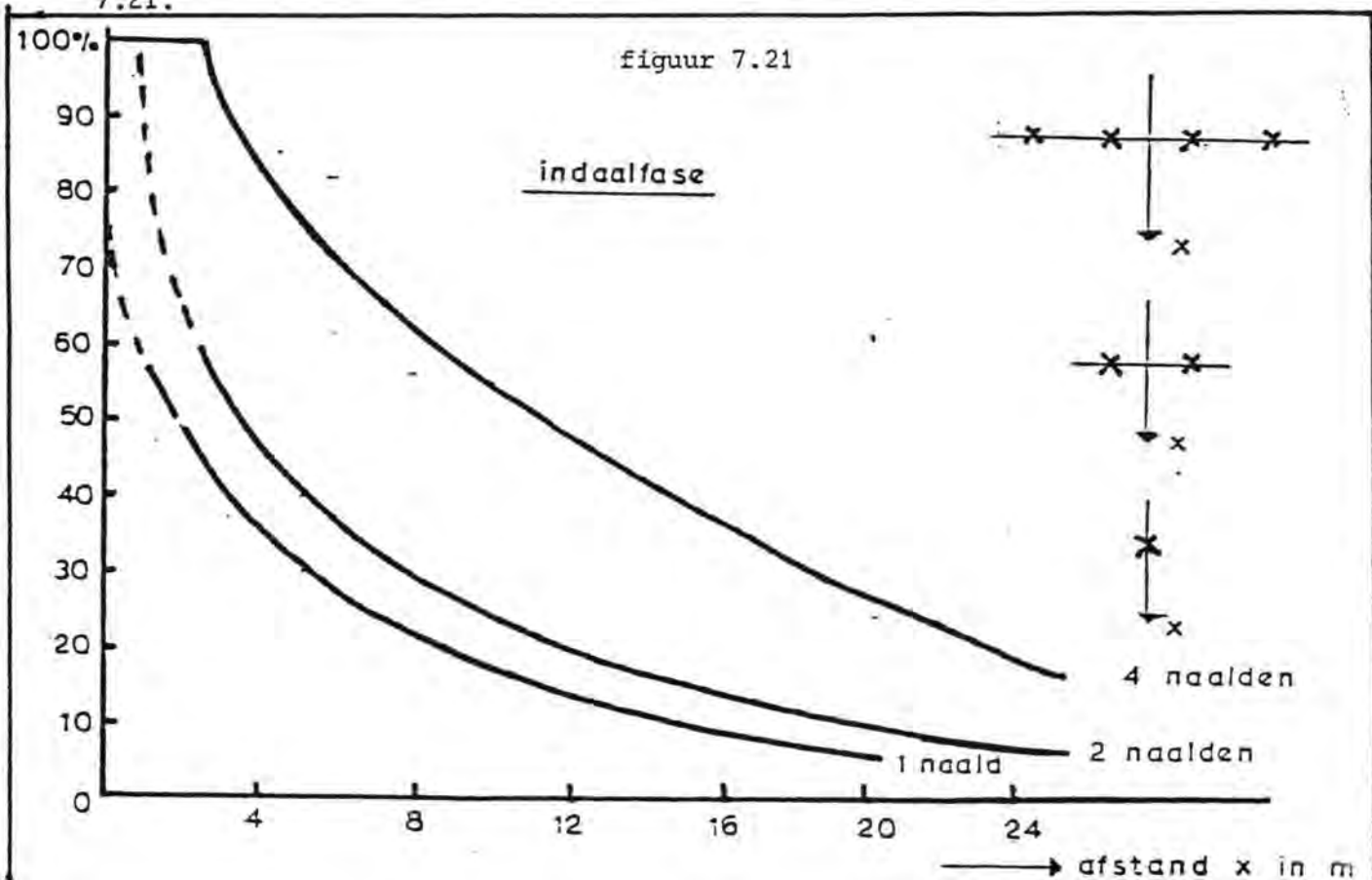
- \* de grondslag  $\beta_g = 1$
- \* het diepte effect  $U = U_{\text{merev}} + 3\%$
- \* de druk van de onderspoeling  $\beta_0 = 1$
- \* de afmetingen van de resonator  $\beta_r = 1,3$

Op deze wijze werd voor één Mytilus-naald de gemiddelde wateroverspanning over de bovenste meters als functie van de afstand geschat op:

$$U_{\text{myt}} = (U_{\text{merev}} + 3\%) \times 1 \times 1 \times 1,3 \text{ (indaalfase)}$$

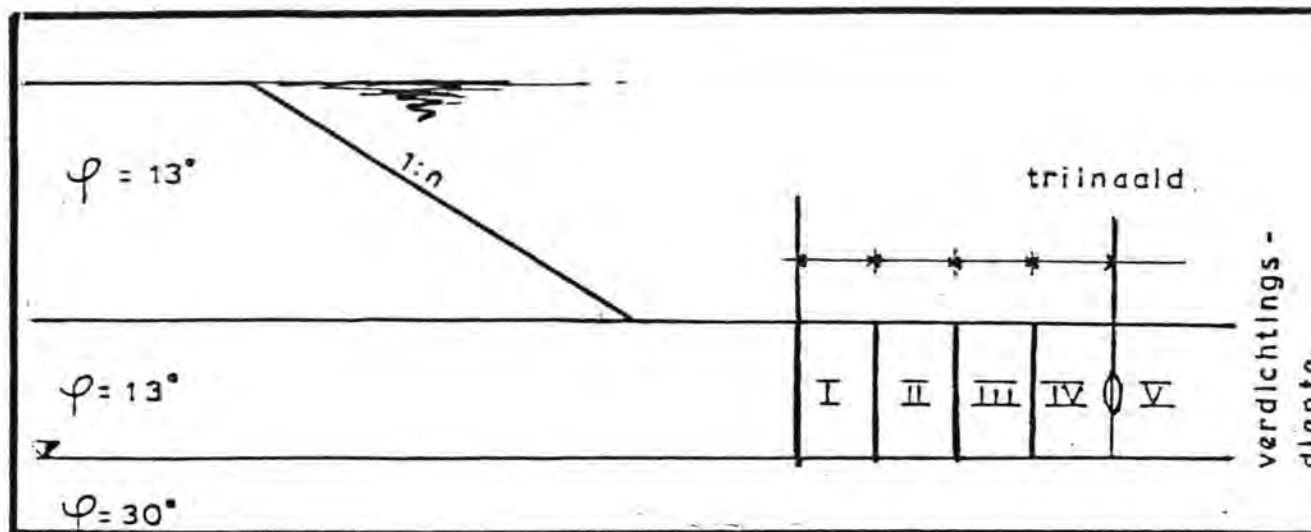
De invloed van meer dan één naald op de wateroverspanning in een willekeurig punt van het massief werd analoog verondersteld aan de invloed van meer dan één bron bij bemalingen van pakketten met freatisch water (invloed van n naalden is gelijk aan  $n \times 1$  naald).

Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in de randvoorwaarden grafiek van figuur 7.21.





7.5.1.1. Stabiliteitsprogramma



figuur 7.22

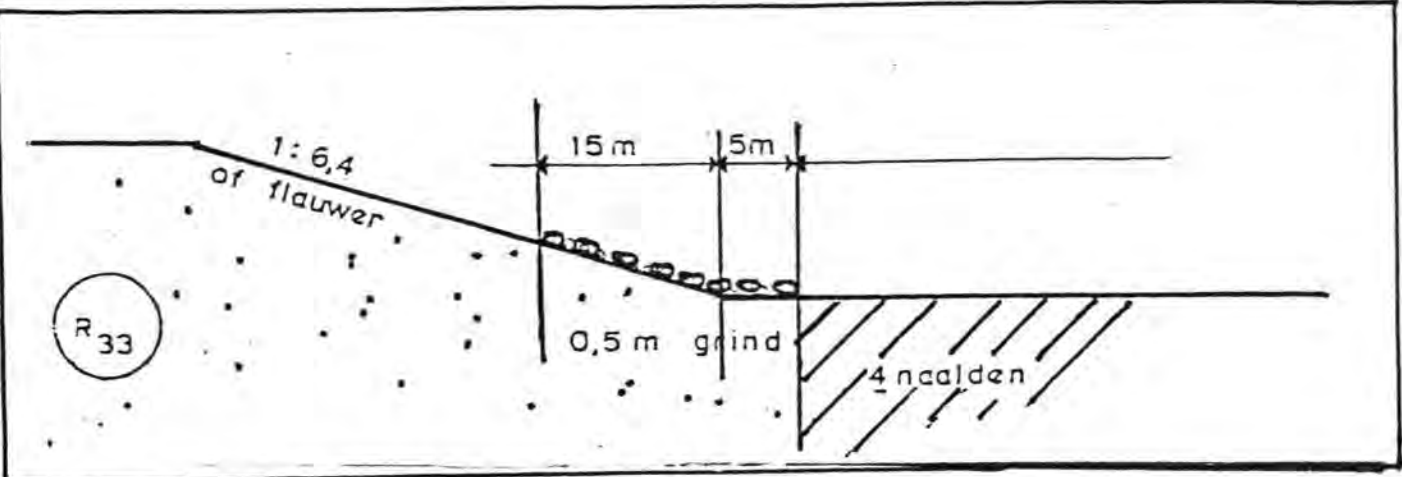
Bij de stabiliteitsberekeningen zijn de volgende randvoorwaarden toegepast (zie ook figuur 7.22):

- \* voortschrijdende verweking  
verwekingshoek zettingsvloeiingsgevoelig zand  $\varphi = 13^\circ$
- \* door trillen veroorzaakte wateroverspanningen volgens figuur 7.21
- \* minimaal vereiste veiligheidsfactor  $\gamma = 1,40$  à  $1,45$

In de vakken I, II, etc. zijn de wateroverspanningen ingevoerd. De grootte van de ingevoerde wateroverspanning is afhankelijk van het aantal naalden waarmee tegelijk wordt getrild.

Op deze wijze kan worden bepaald met hoeveel naalden maximaal in de betreffende vakken mocht worden getrild, opdat  $\gamma \gg 1,40$  à  $1,45$  bleef.

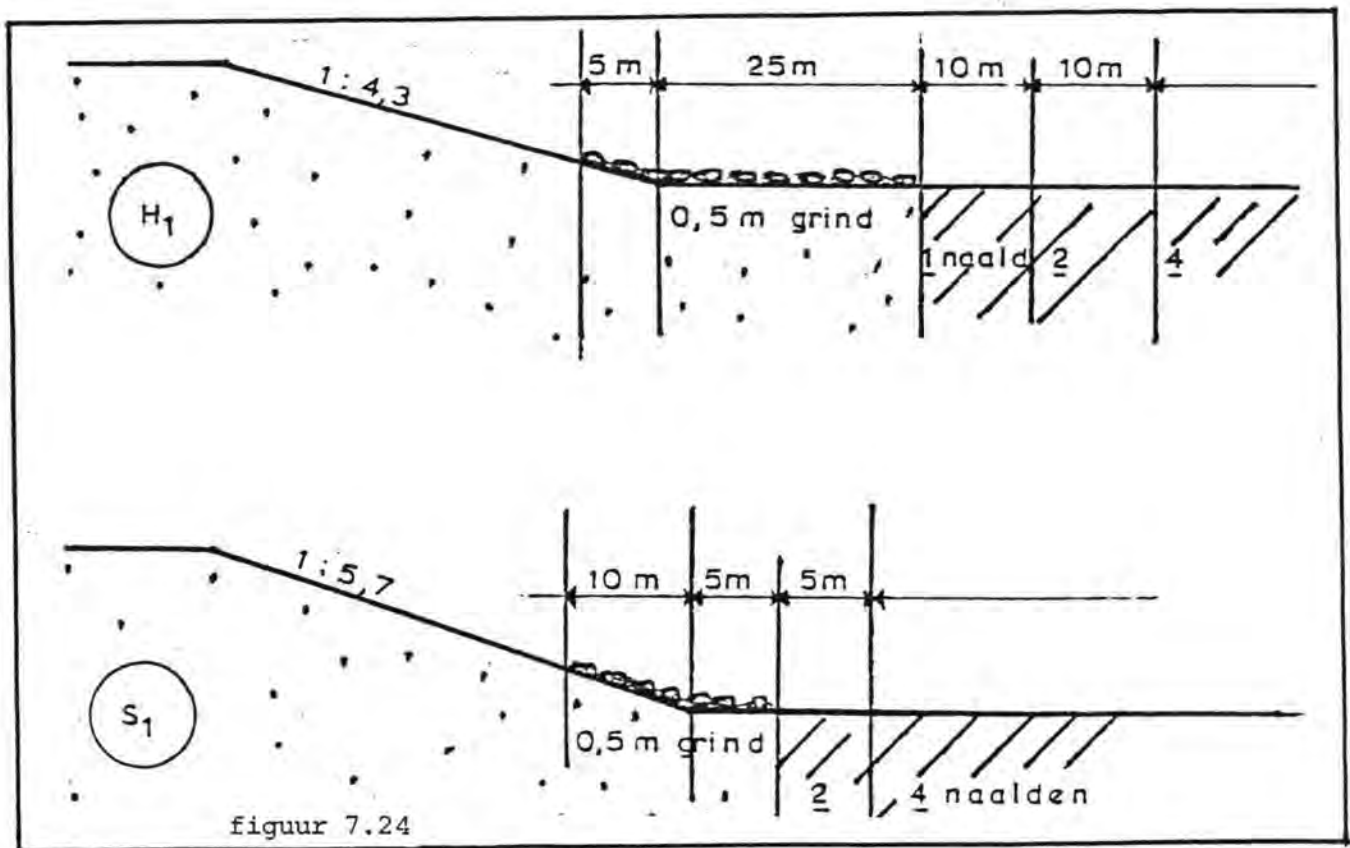
Uit de berekeningen volgde dat t.p.v. R1, R33 en S17 normaal met 4 naalden tegelijk kon worden verdicht, voornamelijk veroorzaakt door de flauwe zandtaluds. Deze pijlers zijn dan ook op normale wijze verdicht; peilingen na het verdichten hebben uitgewezen dat er tijdens het verdichten geen instabiliteiten zijn opgetreden. Bij R33 is, teneinde voldoende veilig te zijn tegen plaatselijke oppervlakte afschuivingen, voor het verdichten nog een grindbestorting aangebracht (figuur 7.23).



figuur 7.23

Voor H1 en S1 werd de in figuur 7.24 weergegeven uitvoeringsprocedure bepaald. Ook bij deze pijlers werd voor het voorkomen van oppervlakte afschuivingen een ca. 0,50 m dikke grindbestorting toegepast.

Volgens de berekeningsresultaten was pijler H16 niet te verdichten; zelfs bij het toepassen van 1 naald was de kans groot dat er een afschuiving in het steile damaanzet talud zou optreden. Dit werd veroorzaakt doordat in de berekening was aangenomen dat de t.g.v. het trillen veroorzaakte verweking tot in het talud zou voortschrijden. Het was dus van zeer groot belang om te weten te komen of deze voortschrijdende verweking ook inderdaad zou optreden. Teneinde dit te kunnen nagaan, alsmede de juistheid van de overige berekeningsaannamen, is de randpijler H1 onder "begeleiding" van waterspanningsmeters volgens de uit de berekening gekomen procedure verdicht.



figuur 7.24

### 7.5.2. De verdichting van randpijler H1

In figuur 7.25 is de uitvoering der verdichting van randpijler H1 weergegeven. De situering van de waterspanningsmeters, qua plaats en diepte, is in figuur 7.26 te vinden.

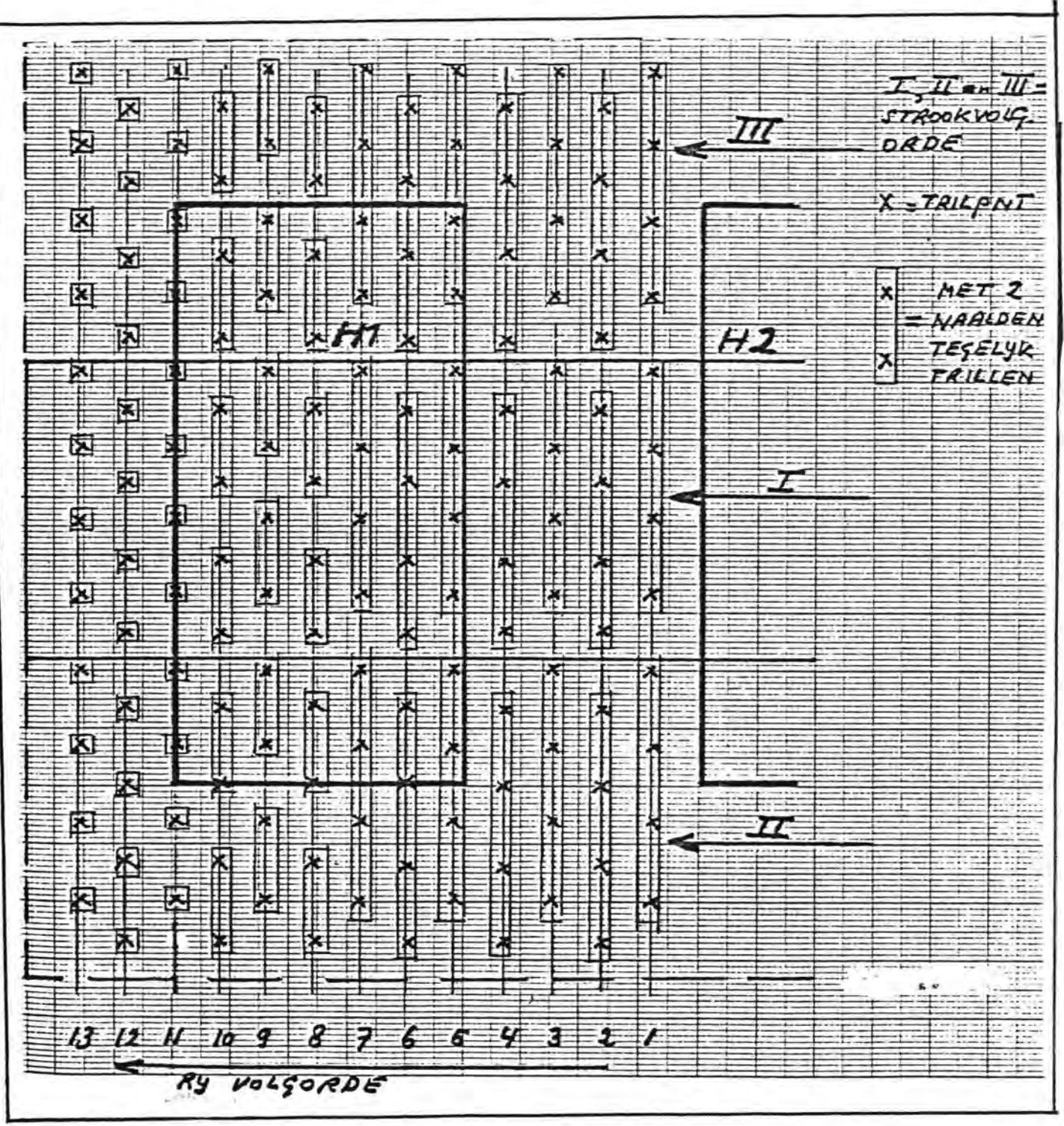
Uit het gemeten verloop van de waterspanningen bleek het volgende:

#### a. In het directe invloedsgebied van de naalden

De gemeten waarden als functie van de afstand voor 1, 2 en 4 naalden kwamen goed overeen met de voorspelde waarden. De afwijkingen van de gemeten t.o.v. de voorspelde waarden bedroeg in meer dan 90% van alle (ca. 70) gemeten cycli niet meer dan ca. 5% (zie ook figuur 7.27).

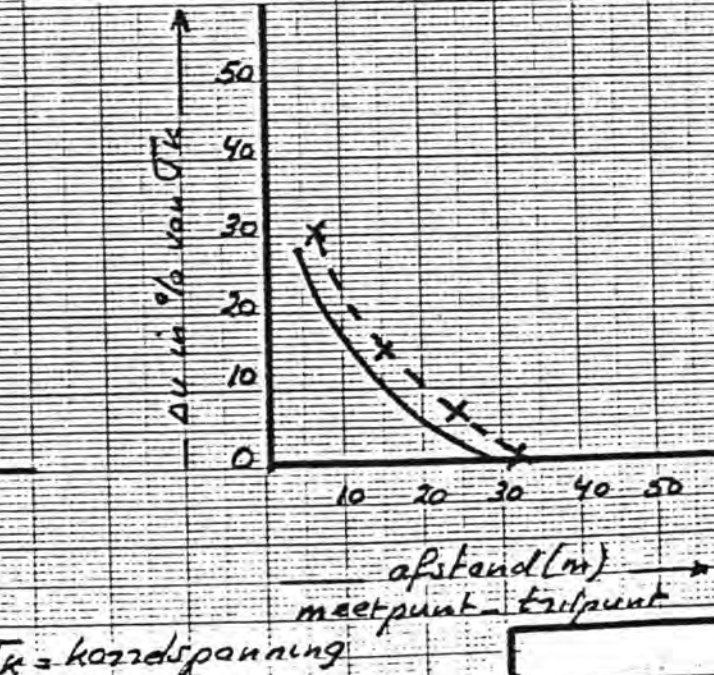
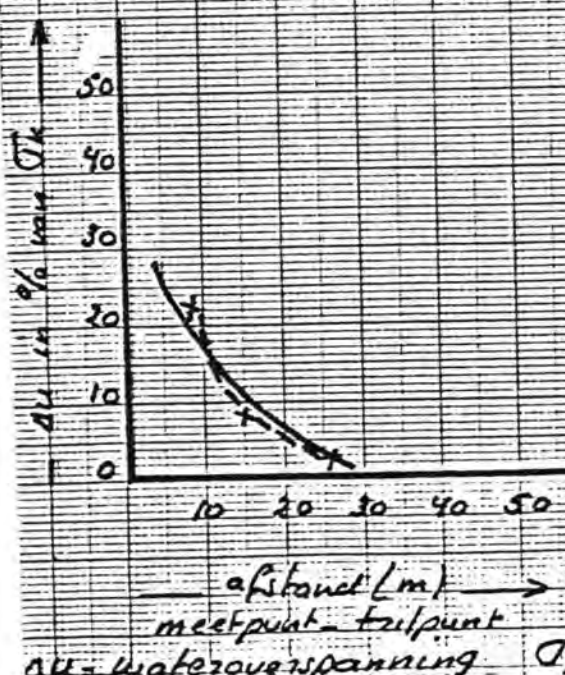
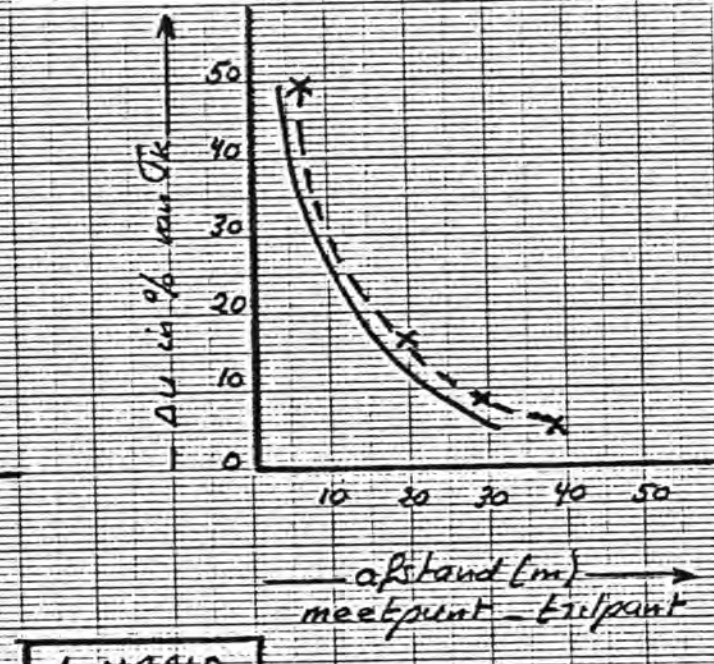
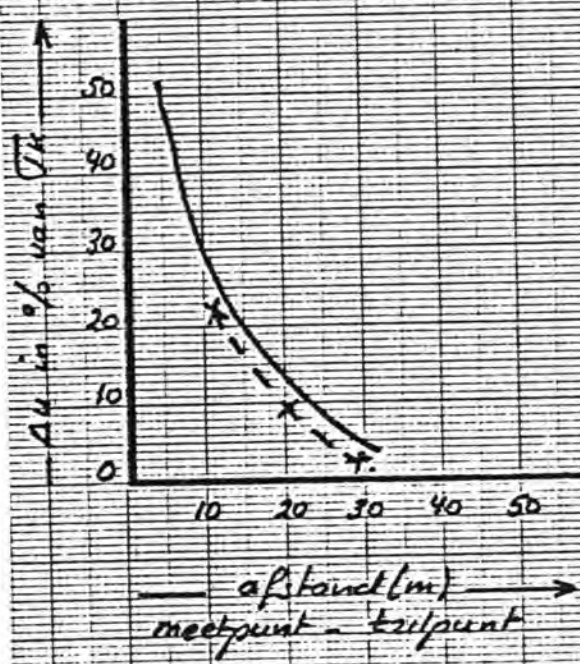
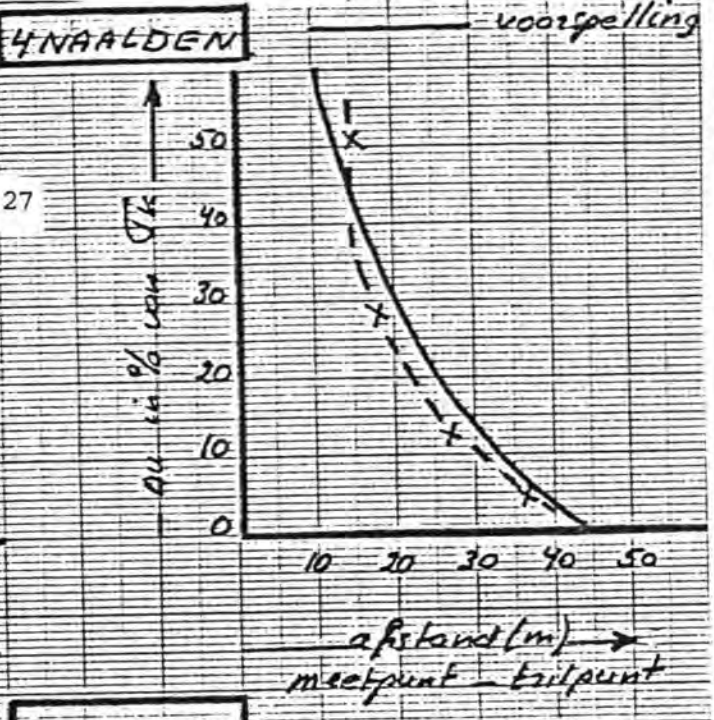
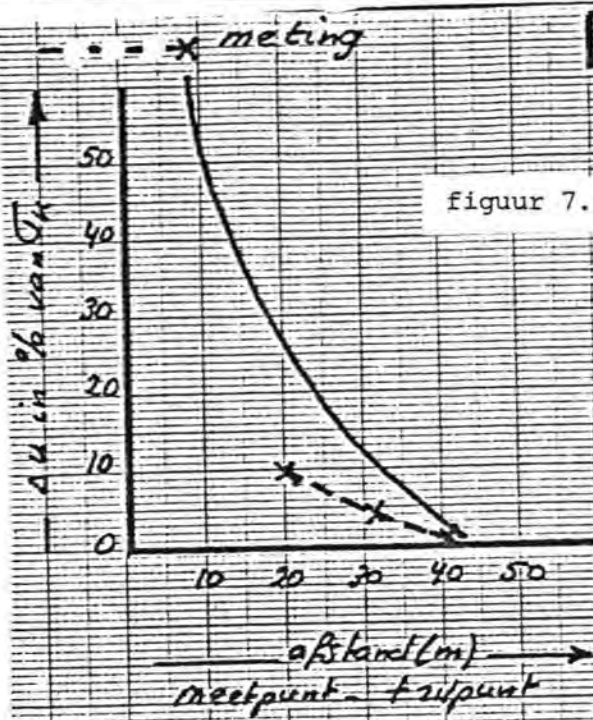
#### b. Buiten het invloedsgebied

Tijdens de gehele meetcampagne werd geen verweking van het zand geconstateerd buiten het directe invloedsgebied van de naalden. In ca. 80 à 90% van de cycli bedroeg de wateroverspanning hierterplaatse 0%; in de overige gevallen maximaal 1 à 2%, hetgeen verwaarloosbaar weinig was.



figuur 7.25





$\Delta u$  = wateroverspanning       $U_k$  = korrelspanning

Gezien deze resultaten kon worden gesteld dat de extrapolatie van Mereveld naar Mytiluscondities voldoende betrouwbaar was gebleken.

### 7.5.3. Evaluatie verdichting H1 naar H16 en S1

Daar bij H1 geen voortschrijdende verweking was geconstateerd, werden voor H16 en S1 nieuwe stabiliteitsberekeningen gemaakt. Voor het zettingsvloeingsgevoelige zand t.p.v. de taluds werd nu een  $\varphi = 25^\circ$  (i.p.v.  $13^\circ$ ) ingevoerd.

Deze berekeningen gaven als uitkomst dat randpijler H16 nu wel zonder kans op stabiliteitsverlies van het damaanzettalud was te verdichten, zij het met een aangepaste verdichtingsprocedure.

Pijler	Verdichtingsprocedure, onder begeleiding van waterspanningsmeters
H16	2 rijen met 1 naald 2 rijen met 2 naalden overige met 4 naalden
S1	alle rijen met 4 naalden

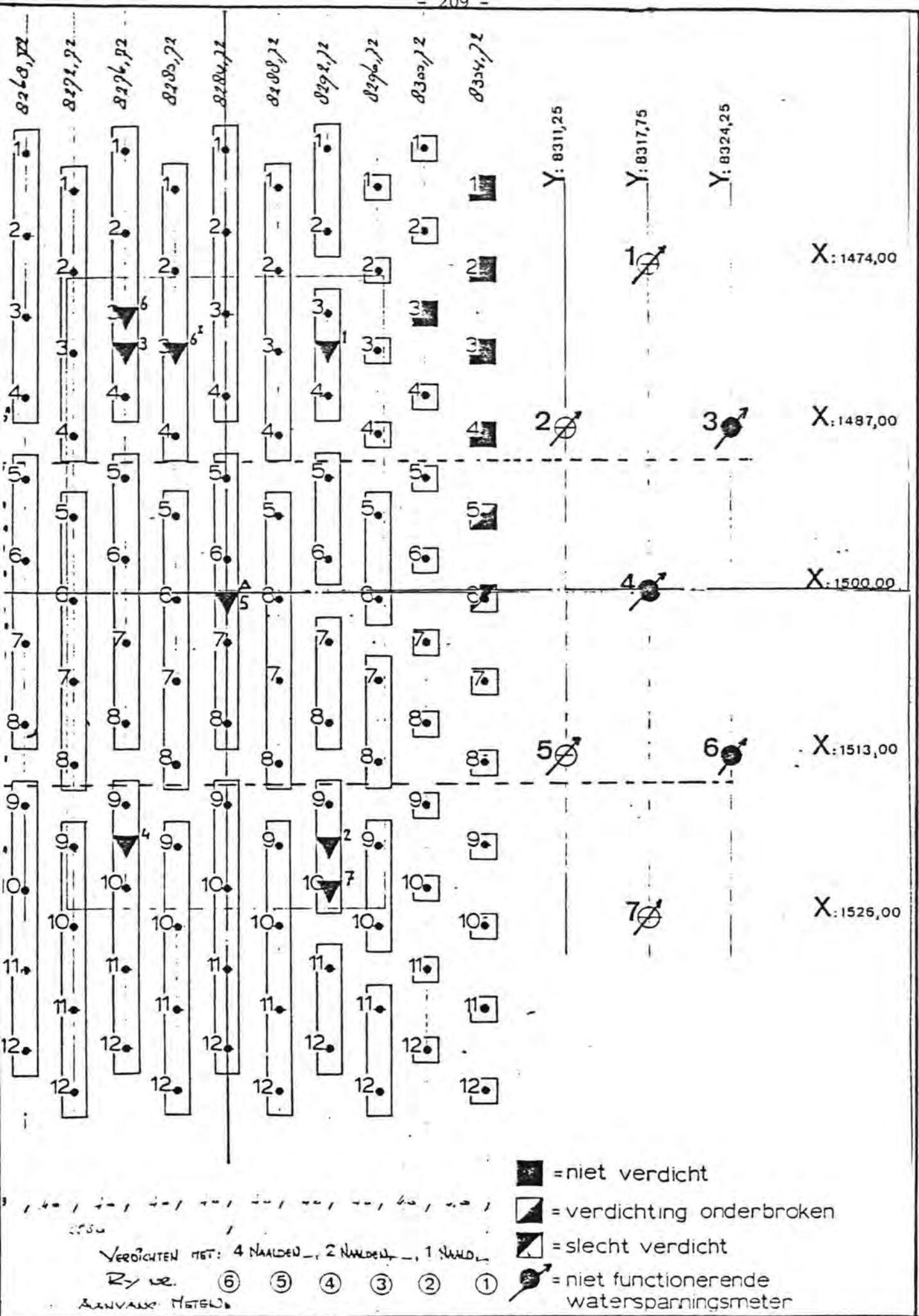
### 7.5.4. De verdichting van randpijler H16

De uitvoeringsprocedure van de verdichting t.p.v. H16, alsmede de locatie van de waterspanningsmeters is in figuur 7.28 weergegeven.

Uit de gemeten waterspanningen kan het volgende worden geconcludeerd:

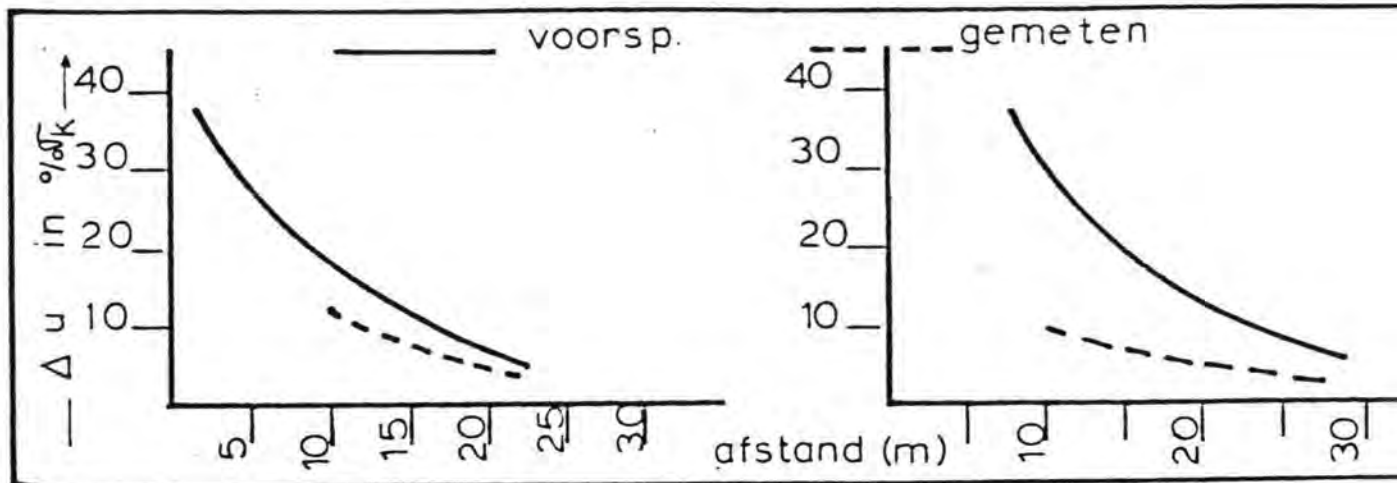
- \* T.p.v. de teen van het damaanzettalud is geen verweking opgetreden.
- \* Tijdens het verdichten van de oostelijke en middenstrook zijn de gemeten wateroverspanningen ruim binnen de gestelde criteria gebleven (zie figuur 7.29).
- \* Bij het verdichten van de westelijke strook is de wateroverspanning over het algemeen wat hoger geweest dan de voorspelde waarden (zie figuur 7.30). Dit verschijnsel begon reeds op te treden bij het verdichten van de laatste rij van de middenstrook (laatste punt rij 1): snel oplopen van de dynamische wateroverspanning tot 40%, terwijl 15% toelaatbaar was. Op dat moment werd dan ook de noodprocedure in werking gesteld: trilnaalden en spudpalen vrij van de bodem. Bij het opnieuw verdichten van dit punt bleven de wateroverspanningen rond de 20-25%; op grond hiervan werd de verdichting t.p.v. dit punt afgebroken.

Teneinde verder geen onnodige risico's te nemen, is de verdichting van de laatste rij van de westelijke strook niet uitgevoerd, hetgeen fundamenteel technisch verantwoord is.

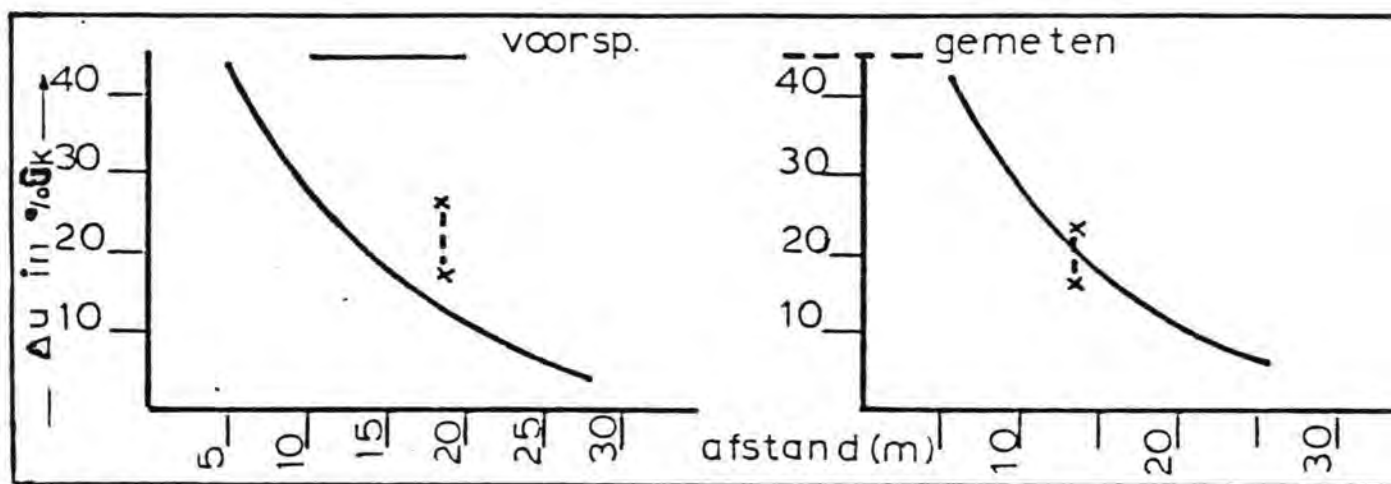


figuur 7.28





figuur 7.29



figuur 7.30

\* Uit de resultaten van de metingen is gebleken dat er op de rand van de mogelijkheden is gewerkt.

Controlepeilingen hebben uitgewezen dat t.p.v. het damaanzettalud tijdens het verdichten geen instabiliteiten zijn opgetreden.

#### 7.5.5. De verdichting van randpijler S1

Tijdens de verdichting van randpijler S1 zijn geen waterspanningsmeters toegepast. Tengevolge hiervan zijn, teneinde voldoende veiligheid te hebben, de laatste 2 rijen met 2 naalden (i.p.v. met 4 naalden) verdicht.

Controlepeilingen na het verdichten hebben ook hier uitgewezen dat er geen instabiliteiten t.p.v. het damaanzettalud zijn opgetreden.

#### 7.5.6. Waterspanningen t.g.v. vallen spudpalen

De impuls die een gevallen spudpalen veroorzaakt, heeft ook wateroverspanning tot gevolg. Tijdens de verdichting van randpijler H16 zijn tevens de wateroverspanningen tijdens het vallen van de spudpalen geregistreerd:

Uit deze metingen blijkt dat de maximale piek wateroverspanning t.g.v. het vallen van de spudpalen over het algemeen veel hoger zijn (max. 4 m wateroverspanning) dan de t.g.v. het trillen gegenereerde waarden. In het algemeen namen de wateroverspanningen weer snel tot nul af (binnen 5 à 10 sec). Nergens is geconstateerd dat het vallen van de spudpalen aanleiding heeft gegeven tot plaatselijk stabiliteitsverlies.

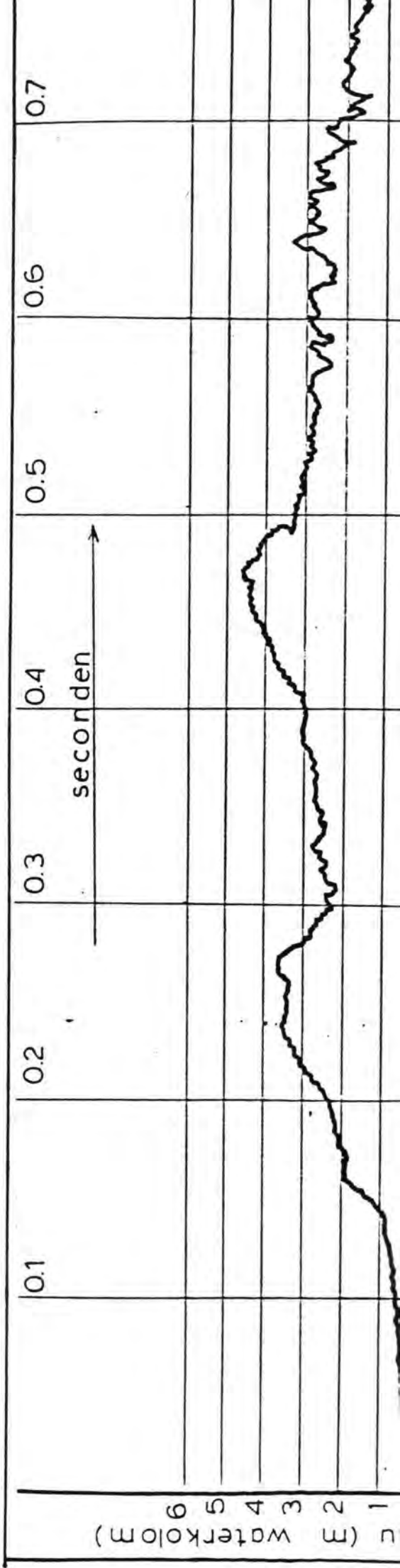
Een voorbeeld van de geregistreerde waterspanning is in figuur 7.31 weergegeven.

N.B. De problematiek van de randpijlerverdichting is uitvoerig behandeld in de nota's.

27VERD-N-81019

27VERD-M-81028

27VERD-M-81042



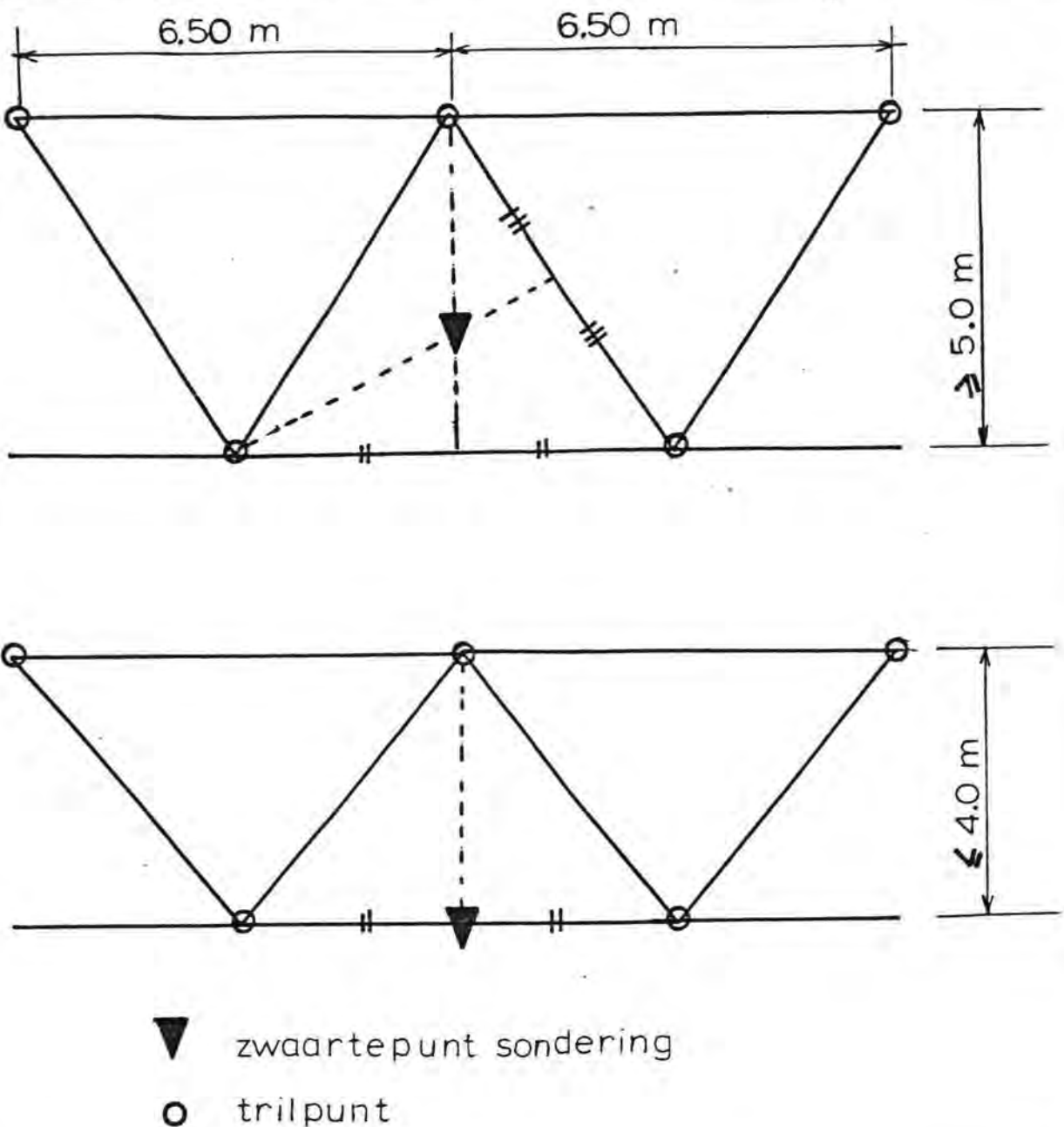
figuur 7.31

### 8. Aanlyse bereikte verdichtingskwaliteit

De aard van het verdichte zand t.p.v. de as der kering en randen der bodembescherming alsmede de toegepaste verdichtingsmethode waren niet overal dezelfde. Het is daarom mogelijk de bereikte verdichtingskwaliteit nader te analyseren in relatie tot

- \* de toegepaste procesvoering
- \* de horizontale stapafstand
- \* de grofheid c.q. fijnheid van het zand
- \* de reparatieverdichting

De in de figuren weergegeven conusweerstand en poriëngehalten hebben betrekking op de zwakste plaats van de verdichting (zie figuur 8.1.)



Figuur 8.1.: De zwakste plaats van de verdichting bij verschillende horizontale stapafstanden

### 8.1. Verdichtingskwaliteit in relatie tot de toegepaste procesvoering

Uit hoofdstuk 5 blijkt dat in de loop van het verdichtingswerk 4 verschillende verdichtingsmethoden zijn toegepast:

- a. alternerend verdichten
- b. verdichtingsmethode I (semi alternerende methode)
- c. verdichtingsmethode II (semi alternerende methode)
- d. verdichtingsmethode III (zonder alterneren)

In het hiernavolgende wordt een korte beschrijving van de methoden gegeven.

#### a. Alternerende verdichtingsmethode

Wanneer het maximale vermogen van de trilmotoren (70 kW) binnen 6 minuten wordt bereikt, wordt de naald 1 m getrokken en begint de volgende verdichtingsstap.

Indien het maximale vermogen niet binnen 6 minuten wordt bereikt, wordt de naald weer gevierd tot dat deze op stuit staat; in deze positie wordt de verdichtingsstap voor de tweede keer uitgevoerd, waarna de naald weer 1 m wordt getrokken.

Deze procedure geldt voor het gehele verdichtingstraject.

#### b. Verdichtingsmethode I

Dit is een semi-alternerende verdichtingsmethode. Voor de bovenste 6 m van de te verdichten grondslag wordt het alterneren toegepast, alleen wordt de naald 1 m getrokken t.o.v. het niveau van de naald voorafgaande aan het op stuit staan.

#### c. Verdichtingsmethode II

Beneden 6 m - bodem: Indien het maximale vermogen van de trilmotoren niet binnen 8 minuten wordt bereikt, wordt de naald 0,5 m getrokken en direct weer over dezelfde afstand gevierd, waarna de verdichtingsstap voor de tweede keer wordt uitgevoerd.

Boven 6 m - bodem: Indien na 6 minuten trillen het vermogen kleiner dan 60 kW is en de vermogenskromme geen toename vertoont, wordt er 4 minuten gealterneerd waarna vervolgens de naald 1 m wordt getrokken.

Indien de vermogenskromme wel een toename vertoont, doch de vermogensgrens van 70 kW wordt niet binnen 8 minuten bereikt, dan wordt er 2 minuten gealterneerd.

d. Verdichtingsmethode III

Beneden 6 m - bodem: Continu verdichten tot een maximaal vermogen van 70 kW.

Boven 6 m - bodem: Trekken van de naald alleen indien een maximaal vermogen van 70 kW wordt bereikt of na 10 minuten trillen bij niet bereiken van dit maximale vermogen.

M.a.w. alterneren wordt bij deze verdichtingsmethode niet toegepast.

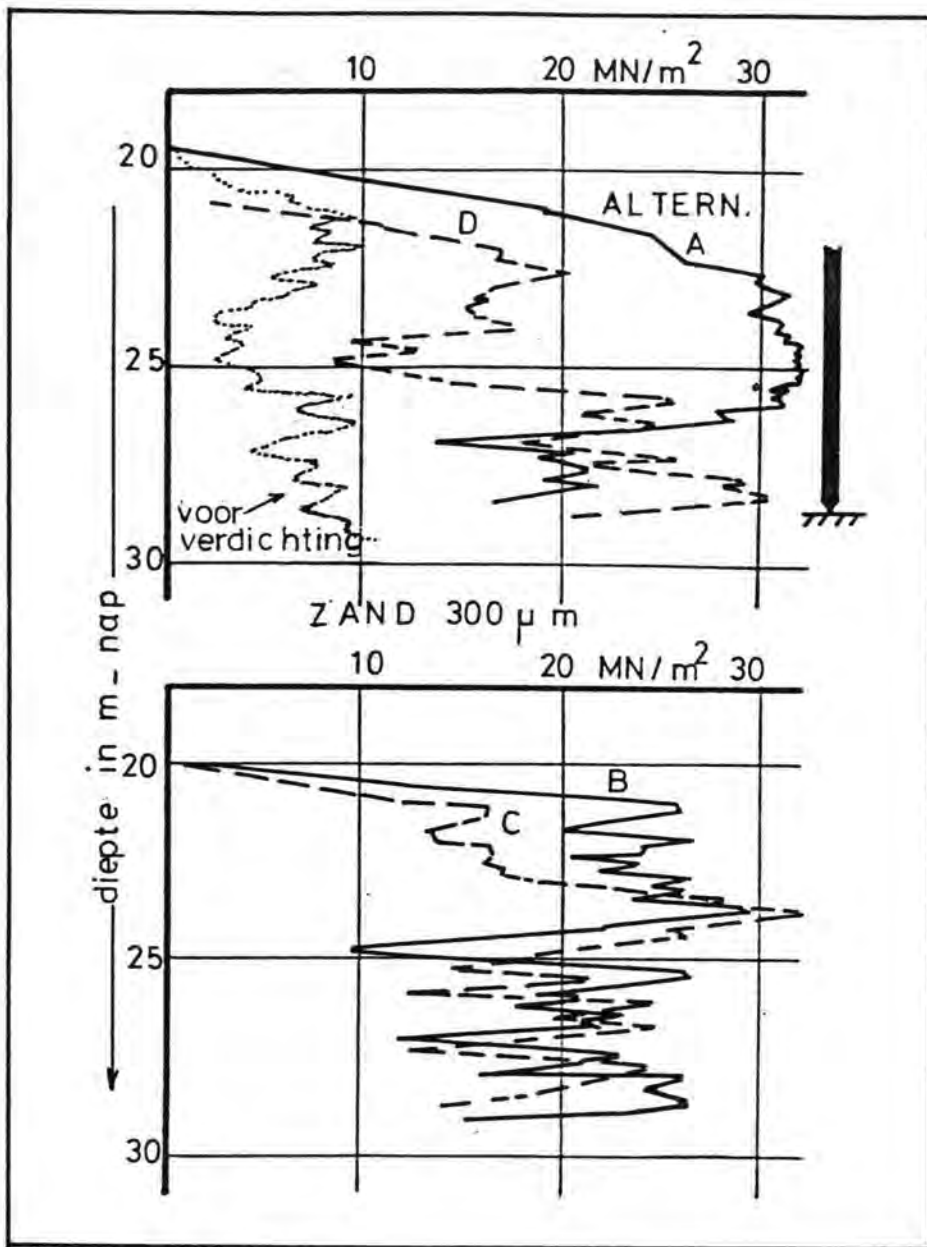
In tabel 8.2. wordt een overzicht gegeven van de bereikte verdichtingsgraden bij toepassing van de hiervoor beschreven verdichtingsmethoden (zie ook figuur 8.1.)

Procesvoering verdichten	verdichtings-tijd min/m verticaal	cyclustijd voor 10 m verdichtingsdiepte in min.	$\bar{q}$ (MN/m <sup>2</sup> ) t.p.v. zwakste punt verdichting	
			zand d <sub>60</sub> = 300 $\mu$ m	zand d <sub>60</sub> = 200 $\mu$ m
Alterneren	21,2	198	25-30	-
Methode I	14,6	146	20-23	18-20
Methode II	12,8	128	18-20	15-20
Methode III	11,0	110	16-20	15-20

Tabel 8.1: Verdichtingsgraad als functie van de toegepaste procesvoering (horizontale stapafstand = 4,0 m; ingesnoerde conus).

Uit tabel 8.1 blijkt dat de grootste verdichtingsgraad bij de alternerende verdichtingsmethode wordt bereikt, zij het dat de benodigde verdichtings-c.q. cyclustijd erg groot is.

Voor het pijlerverdichten was echter slechts een gemiddelde conusweerstand van 13-15 MN/m<sup>3</sup> vereist. Na maart 1981 is daarom alleen de verdichtingsmethode III (zonder alterneren) toegepast, daar deze methode qua productie het snelst was, terwijl tevens aan de verdichtingseisen kon worden voldaan.



Figuur 8.2.: - ingesnoerde conus  
- horizontale stapafstand 4,0 m  
- procesvoering A = alternerend verdichten  
B = methode I  
C = methode II  
D = methode III  
- zand  $d_{60} = 300 \mu\text{m}$   
- locatie S10/S11

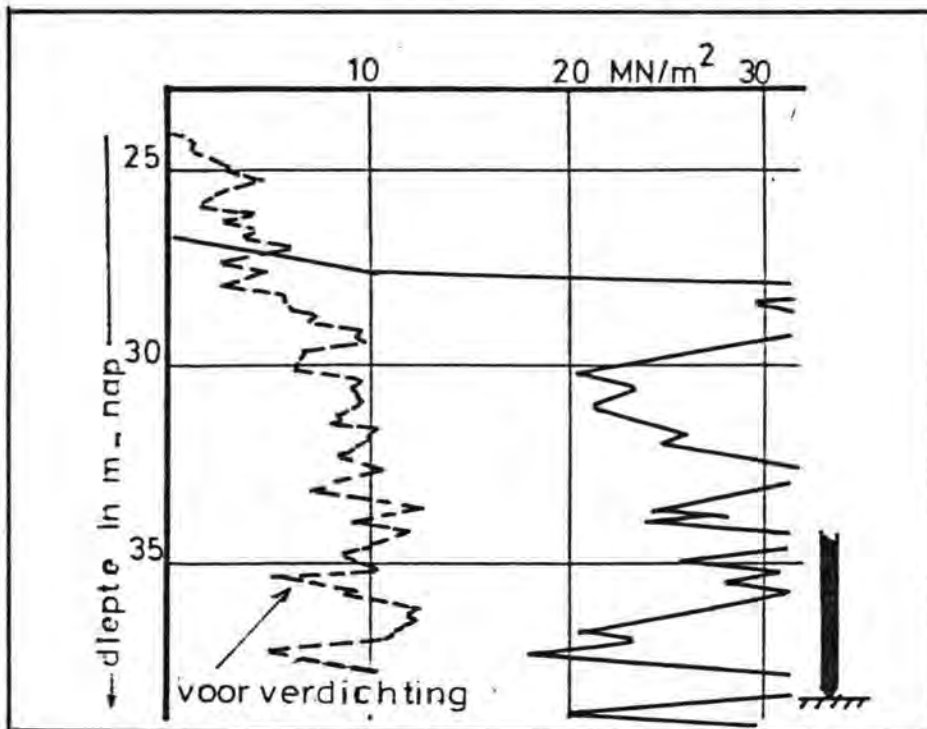
### 8.2. Verdichtingskwaliteit in relatie tot de horizontale stapafstand

In het algemeen is een horizontale stapafstand van 4,0 m toegepast. In de aanlooperperiode van het verdichten is tevens geëxperimenteerd met horizontale stapafstanden van respectievelijk 3,75 m, 3,50 m 5,00 m en 6,00 m (de stapafstanden van 3,75 m en 3,50 m zijn tevens bij een aantal Roompotpijlers toegepast).

In tabel 8.2 wordt een overzicht gegeven van de bij deze horizontale stapafstanden bereikte gemiddelde conusweerstand (verdichtingsdiepte ca. 8 - 10 m); verder wordt verwezen naar de figuren 8.3 t/m 8.6).

Horizontale stapafstand (m)	Gemiddelde conusweerstand in MN/m <sup>2</sup> (ingesnoerde conus) t.p.v. zwakste punt verdichting
3,50	25 - 30
3,75	20 - 25
4,00	16 - 20
5,00	12 - 15
6,00	10 - 14

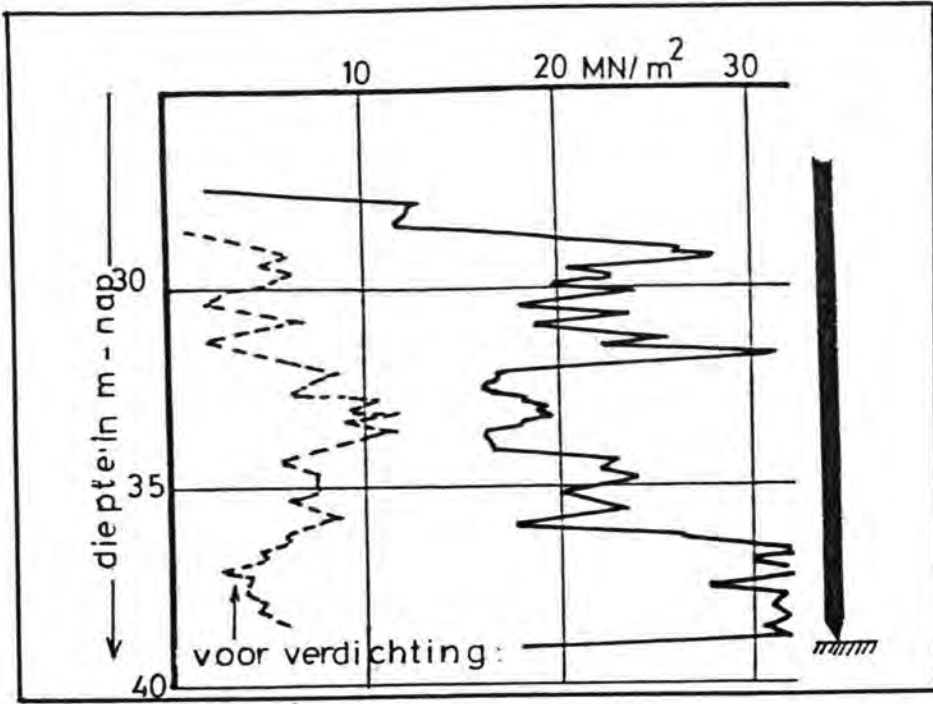
Tabel 8.2: Verdichtingsgraad als functie van de horizontale stapafstand (verdichtingsmethode III, zand d60 ca. 200  $\mu$ m - 300  $\mu$ m).



Figuur 8.3 - ingesnoerde conus

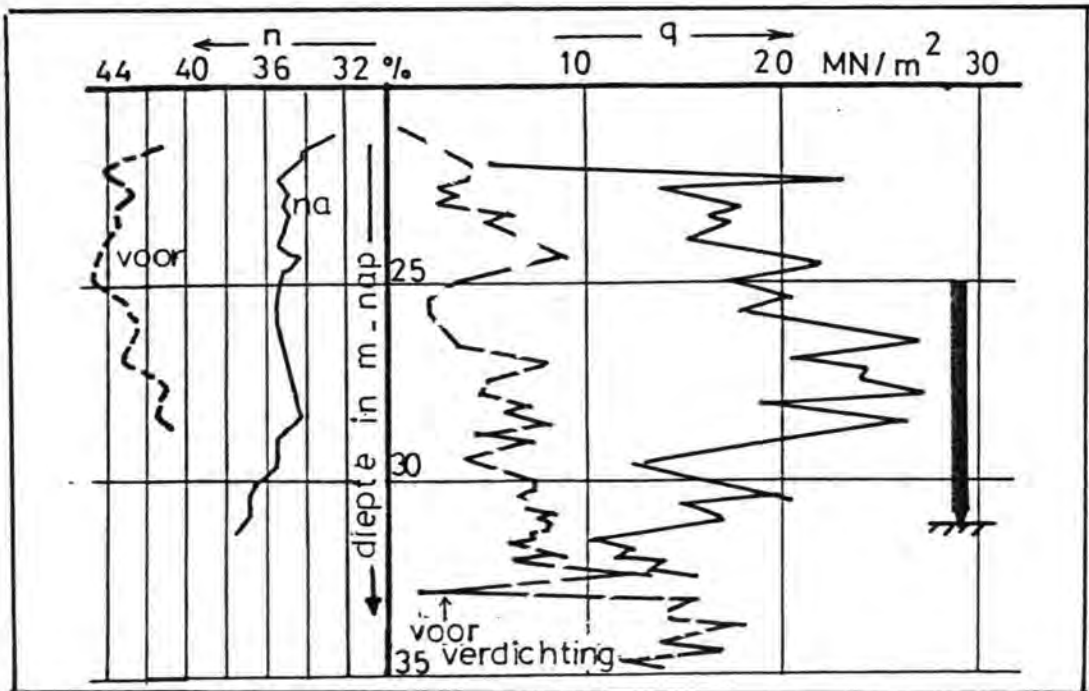
- horizontale stapafstand 3,50 m
- procesvoering methode III
- zand d60 = 200 - 300  $\mu$ m
- locatie R9





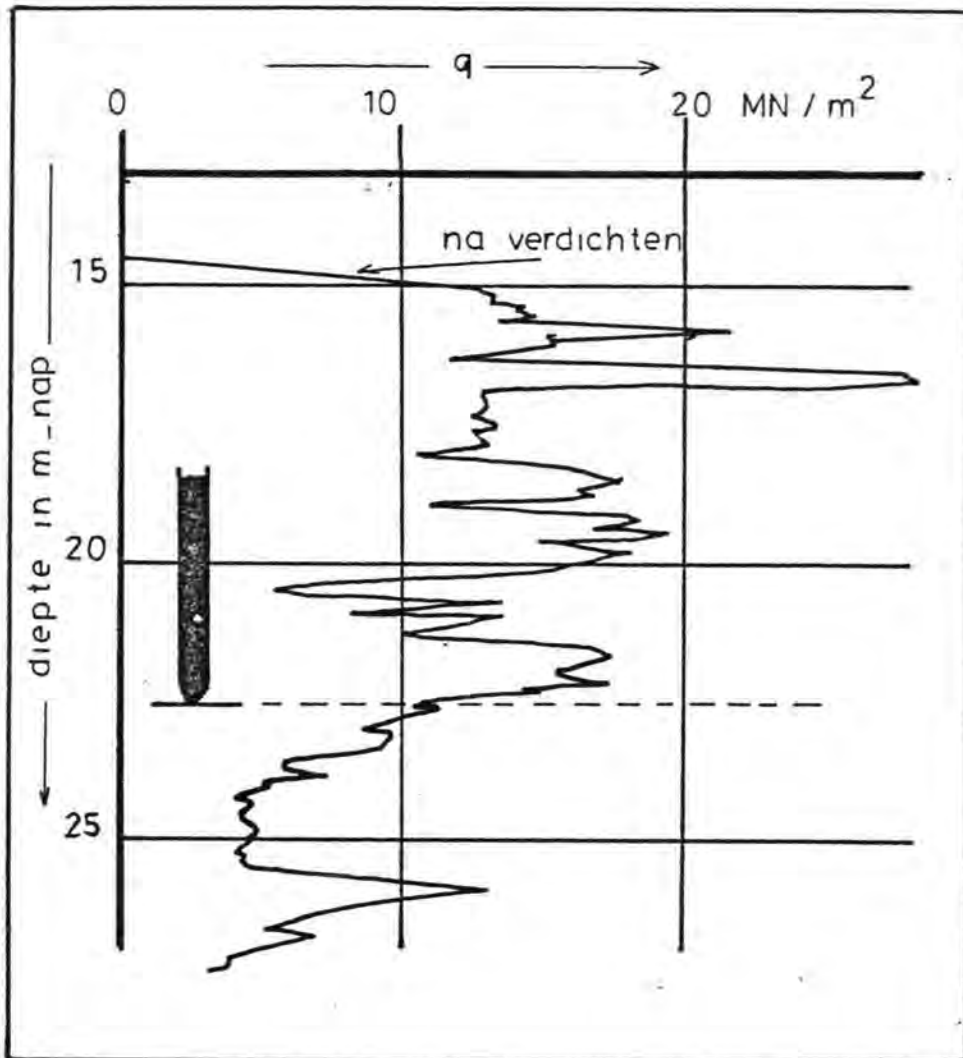
Figuur 8.4 - ingesnoerde conus

- horizontale stapafstand 3,75 m
- procesvoering methode III
- zand d60 = 200 - 300  $\mu\text{m}$
- locatie R12



Figuur 8.5 - ingesnoerde conus

- horizontale stapafstand 4,0 m
- procesvoering methode III
- zand d60 = 200  $\mu\text{m}$
- locatie R22



Figuur 8.6 - ingesnoerde conus

- horizontale stapafstand 6,0 m
- procesvoering methode III
- zand  $d_{60} = 200 - 300 \mu\text{m}$
- locatie aanzethellingen Cardium damaanzet Noord-Beveland

### 8.3. Verdichtingskwaliteit in relatie tot de grofheid van het zand

De verdichte grondslag t.p.v. de as der kering bestond grotendeels uit zand met een  $d_{60}$  van ca.  $200 \mu\text{m}$  (matig fijn zand); t.p.v. een aantal locaties had het zand de classificatie matig grof ( $d_{60}$  ca.  $300 \mu\text{m}$ ).

De in deze zandsoorten bereikte verdichtingsgraden zijn aan de hand van poriëngehalten in tabel 8.3 weergegeven (zie ook de figuren 8.5 en 8.7).

d60 zand ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{n}$ in situ (%)		$\bar{n}_{\text{min}}$ (%)	$\bar{n}_{\text{max}}$ (%)	$\bar{R}_d$	
	voor ver- dichting	na ver- dichting			voor ver- dichting	na ver- verdichting
200	43	36	32	48	0,31	0,75
300	41	32	28	45	0,24	0,76

Tabel 8.3.: Verdichtingsgraad als functie van de grofheid van het zand (verdichtingsmethode III, horizontale stapafstand = 4,0 m)

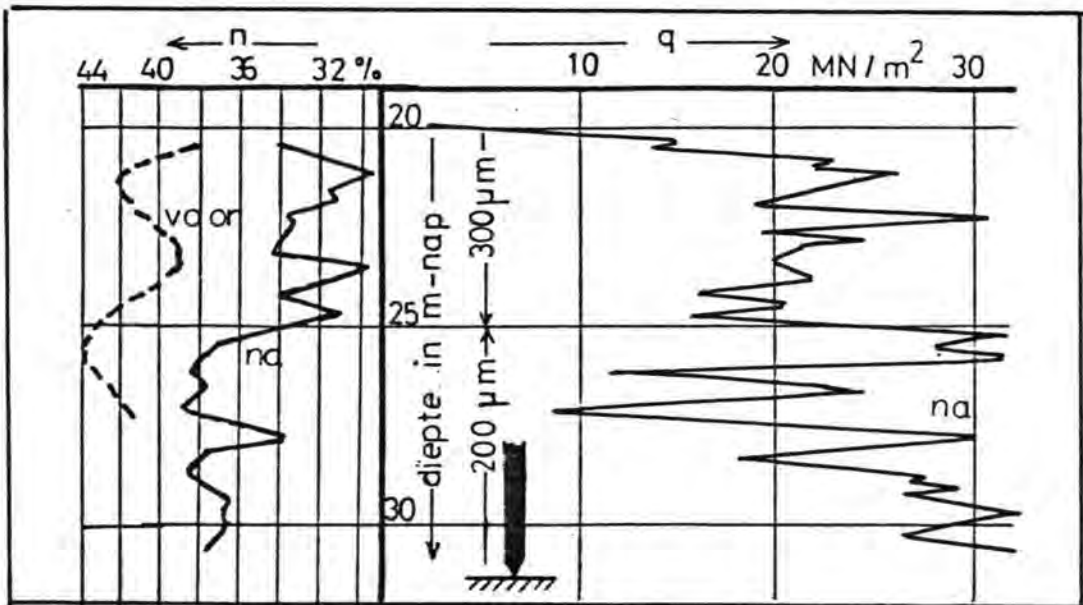
$n_{\text{situ}}$  = poriëngehalte in situ

$n_{\text{max}}$  = maximaal poriëngehalte (laboratorium bepaling)

$n_{\text{min}}$  = minimaal poriëngehalte (laboratorium bepaling)

$$R_d = \text{relatieve dichtheid} = \frac{n_{\text{max}} - n_{\text{situ}}}{n_{\text{max}} - n_{\text{min}}}$$

Uit tabel 8.3. blijkt dat t.g.v. de verdichting de zandgrond een vrij vaste verpakking heeft verkregen.



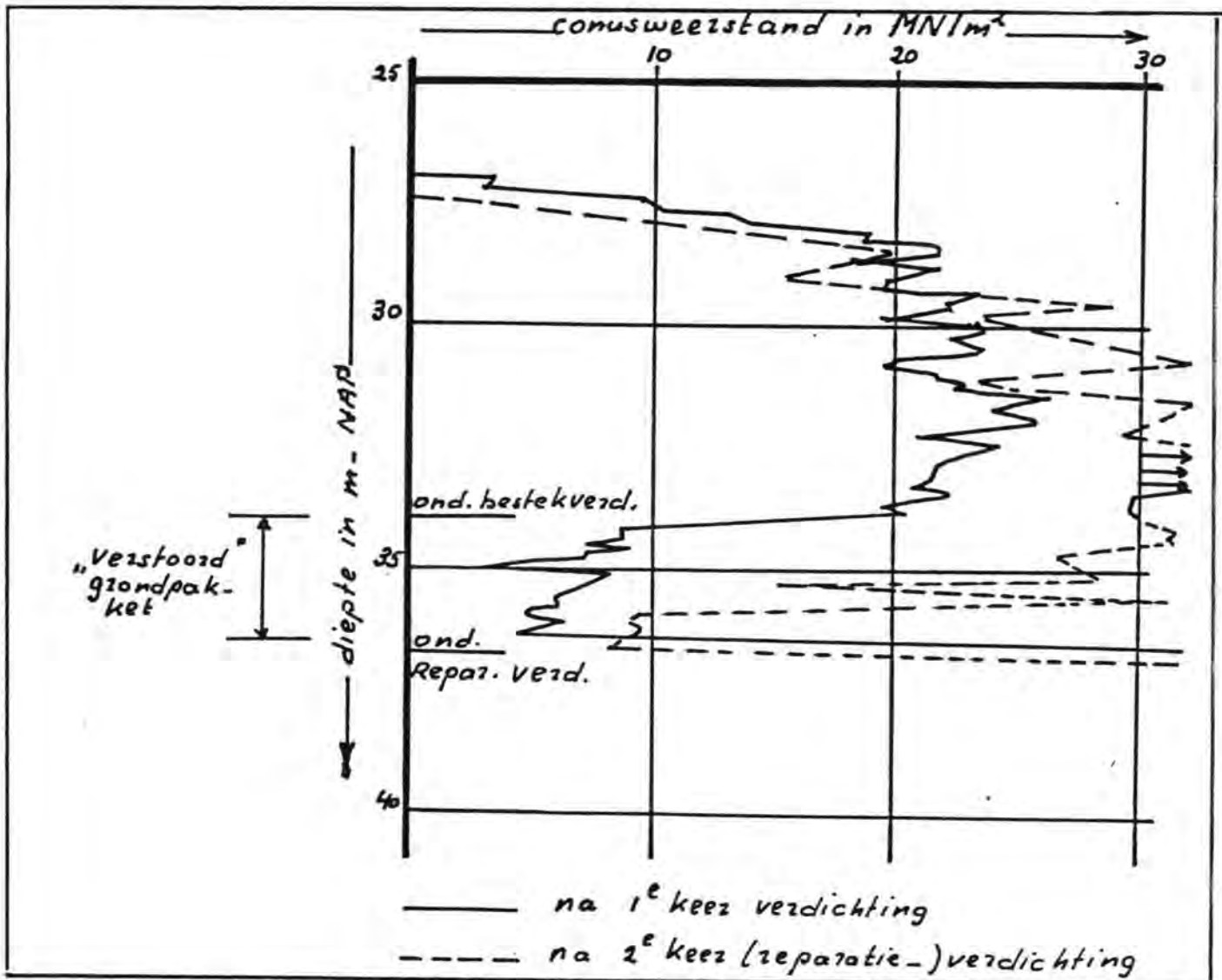
Figuur 8.7 - ingesnoerde conus  
 - horizontale stapafstand 4,0 m  
 - procesvoering methode III  
 - zand d60 = 200 - 300  $\mu\text{m}$   
 - locatie S14

#### 8.4. Verdichtingskwaliteit na de zogenaamde reparatieverdichting

Zoals in hoofdstuk 7 beschreven bleek uit het controleonderzoek t.p.v. R22 t/m R28 dat beneden de onderbegrenzing van de verdichting een ca. 1 tot 4 m dikke losgepakte zandlaag aanwezig was. De verdichtingsgraad t.p.v. het besteksverdichtingstraject (boven de "verstoorde" laag) was hoog: t.p.v. de zwakste punten der verdichting  $\bar{q}$  ca. 20 MN/m<sup>2</sup> en t.p.v. de trilpunten  $\bar{q}$  ca. 25 MN/m<sup>2</sup>).

Bij de herverdichting van de betreffende pijlers tot aan de onderbegrenzing van de "verstoorde" laag waren de nieuwe trilpunten midden tussen de oorspronkelijke trilpunten gesitueerd (zwakste punten van de oorspronkelijke verdichting):

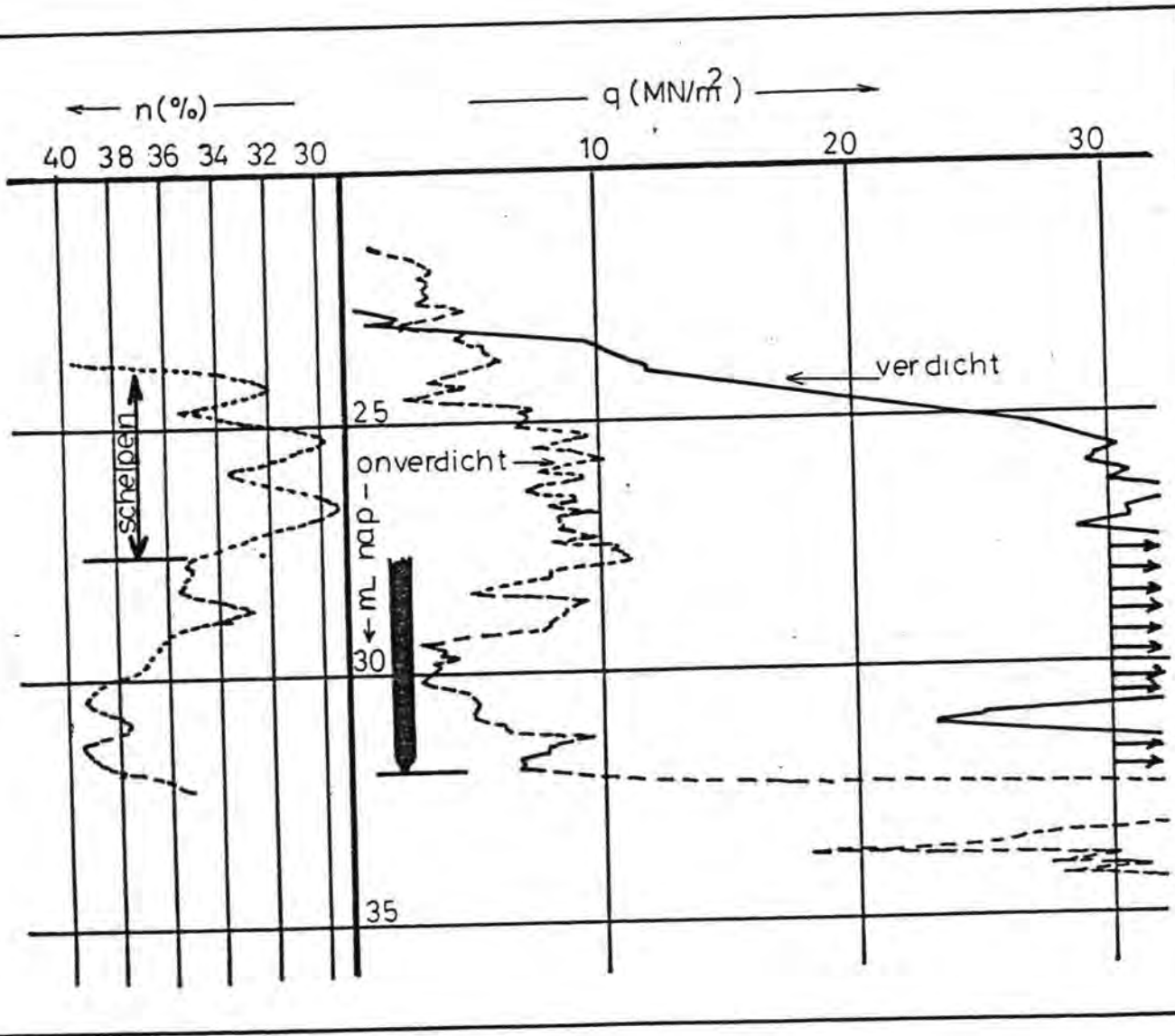
Het resultaat van de reparatieverdichting is in figuur 8.8 weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat na de herverdichting de conusweerstand over het oorspronkelijke besteksverdichtingstraject groter dan 30 MN/m<sup>2</sup> bedragen.



Figuur 8.8 - ingesnoerde conus  
- horizontale stapafstand 4,0 m  
- procesvoering methode III  
- 2 keer verdicht  
- zand d60 ca. 200  $\mu$ m

### 8.5. Verdichtingskwaliteit sterk schelphoudend zand

T.p.v. een aantal Roompot en Schaar pijlers kwam sterk schelphoudend zand voor. Uit de resultaten van het controle onderzoek bleek dat dit zand zeer goed verdichtbaar was. Na verdichten bedroegen de conusweerstand en het poriëngehalte respectievelijk ca. groter dan 30 MN/m<sup>2</sup> en 30-32% (zie ook figuur 8.9).



Figuur 8.9 - ingesnoerde conus  
- procesvoering methode III  
- horizontale stapafstand 4,0 m  
- zand, schelpenpercentage 20-40%  
- locatie S11

## 9. Verdichtingsresultaten

### 9.1. Resultaten controleonderzoek en beoordeling op verdichtingseisen

In de op de volgende bladzijden staande tabellen worden de resultaten van het controle-onderzoek weergegeven, alsmede de evaluatie hiervan t.b.v. de toetsing aan de 3 verdichtingseisen.

N.B.: De waarden hebben betrekking op het uiteindelijke verdichtingsresultaat (dus na herverdichting).

CONTROLE VERDICHTING AS HAMMEN

pijler	gemete gewogen con us weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trilpuntcorrectie			gem. gewogen waarden incl. tril-puntcorrectie			1° verd. eis $\alpha \bar{q}_{pijl} \geq 130$ $\alpha \bar{q}_{ri} \geq 5 \geq 150$		2° verd. eis $\alpha \bar{q}_{max} \leq 1.40$ $\alpha \bar{q}_{min}$		3° verd. eis $0.75 \leq a \leq 1.35$ $0.60 \leq b \leq 1.70$		
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	qpijl.	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	a	b	
H 1	293 164 265	180	119 194	184	224	180	156	184	186	161 220	190	1.0	1.0	224	180	156	184	186	1.44	0.94	1.20
H 2	288 175 124	202 140 146	211 185 119	143 178 250	196	163	172	190	180	248 228 244	240	1.33	1.10	216	179	189	209	198	1.21	1.02	0.83
H 3	119 248 224	188 112 263	163 162 203	147	197	188	176	147	177	257 229	243	1.37	1.10	217	207	194	162	195	1.34	0.89	1.38
H 4	115 178 185 207	191 132	159 153 219	249 163 219	171	162	177	210	180	300 300	300	1.67	1.22	209	198	216	256	220	1.29	1.44	0.93
H 5	143	102 113	145	112 85 178	143	108	145	125	130	190 189	189	1.50	1.18	168	127	171	147	153	1.34	1.01	1.10
H 6	122 129	76 168 149	144	161	126	131	144	161	140	167 178	172	1.23	1.08	136	141	155	174	151	1.28	1.11	0.89

pijler	gemete gewogen conus weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trilpuntcorrectie				gem. gewogen waarden incl. tril-puntcorrectie		1 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{pijl} \geq 130$ $\alpha \bar{q}_{ri-5} \geq 150$		2 <sup>o</sup> verd eis $\alpha \bar{q}_{max} \leq 1.40$ $\alpha \bar{q}_{min}$		3 <sup>o</sup> verd.eis $0.75 \leq a \leq 1.35$ $0.60 \leq b \leq 1.70$			
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	q <sub>pijl.</sub>	q <sub>tril</sub>	q <sub>tril</sub>	q <sub>tril</sub>	α	αq1	αq2	αq3	αq4	αq <sub>pijl</sub>	αq <sub>ri-5</sub>	a	b	
H 7	144	121 78 113	102 150 130	170 124 116	144	104	127	137	128	142 136 114 204	149	1.16	1.06	153	110	135	145	136	H7 t-m H11	160	0.83	0.87
H 8	115 152 172	150 120 91 85 156	108 92 117	140	146	120	106	140	128	208 226	237	1.85	3.28	187	154	136	179	164	H8 t-m H12	165	0.95	0.98
H 9	147	173	118 168 139	144 153	147	173	142	148	152	213 211	212	1.39	1.14	167	197	162	169	173	H9 t-m H13	165	1.05	0.99
H 10	143	147	141	120	143	147	141	120	138	204 257 237	233	1.68	1.20	172	176	169	144	165	H10 t-m H14	162	1.02	1.29
H 11	130	171	188	160	130	171	188	160	162	105 195	150	1.0	1.0	130	171	188	160	162	H11 t-m H15	164	1.00	0.71
H 12	181	153	101 148 155	141	181	153	135	141	152	166 194	180	1.18	1.06	192	162	143	149	161	H12 t-m H16	165	0.99	1.44





pijler	gemete gewogen con us weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trilpuntcorrectie				gem. gewogen waarden incl. tril - puntcorrectie		1 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{pijl} > 130$ $\alpha \bar{q}_{ri-ri+5} > 150$		2 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{max} < 140$ $\alpha \bar{q}_{min}$		3 <sup>o</sup> verd. eis $0.75 \alpha < 1.35$ $0.60 \alpha < 1.70$			
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	qpijl.	qtril	qtril	qtril	qpijl	qtril	$\alpha \bar{q}_1$	$\alpha \bar{q}_2$	$\alpha \bar{q}_3$	$\alpha \bar{q}_4$	$\alpha \bar{q}_{pijl}$	$\alpha \bar{q}_{ri-ri+5}$	a	b
S 1	12.4 16.8 15.6	17.7 17.1 15.5	14.4 15.6 16.1	10.4 11.4 14.8	14.9	16.8	15.1	12.2	14.7	25.5 17.2	21.3	1.45	1.15	17.9	19.3	17.4	14.0	16.9	17.4	1.38	0.82	1.39
S 2	16.8 15.5 20.3	7.0 17.8 16.7	18.4 21.4	20.7 16.6 14.1	17.5	13.8	19.9	17.1	17.1	31.9 29.0 21.1	27.3	1.60	1.20	21.0	16.6	23.8	20.5	20.5	17.6	1.43	1.18	0.91
S 3	15.3	18.3	21.1	13.7 13.6 17.5	15.3	18.3	21.1	15.0	17.4	12.6 15.4	1.0	1.0	15.3	18.3	21.1	15.0	17.4	17.4	18.0	1.40	1.17	0.97
S 4	15.7	11.5 7.0 11.7 13.8 16.7	15.3	11.6 11.3 18.5	15.7	12.1	15.3	13.8	14.2	16.0 15.9	15.9	1.12	1.04	16.3	12.6	15.9	14.3	14.8	20.6	1.29	0.86	0.86
S 5	19.4	16.9	17.2	15.3	19.4	16.9	17.2	15.3	17.2	15.0 18.4	16.7	1.0	1.0	19.4	16.9	17.2	15.3	17.2	22.6	1.27	0.95	1.20
S 6	15.2	15.3	15.7	17.1	15.2	15.3	15.7	17.1	15.8	29.0 16.6	22.8	1.44	1.15	17.5	17.6	18.0	19.7	18.2	23.9	1.13	0.82	0.62

pijler	gemete gewogen conus weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trilpuntcorrectie				gem. gewogen waarden incl. trilpuntcorrectie				1 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{pijl} > 130$ $\alpha \bar{q}_{ri} > 5 > 150$		2 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{max} < 1.40$ $\alpha \bar{q}_{min}$		3 <sup>o</sup> verd. eis $0.75 \alpha < 1.35$ $0.60 \alpha b < 1.70$		
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	qpijl.	qtril	qtril qpijl	$\alpha$	$\alpha \bar{q}1$	$\alpha \bar{q}2$	$\alpha \bar{q}3$	$\alpha \bar{q}4$	$\alpha \bar{q}_{pijl}$	$\alpha \bar{q}_{ri}$	$\alpha \bar{q}_{max}$	$\alpha \bar{q}_{min}$	a	b	
S 7	22.6 19.0	25.5 25.1 26.4	17.6 11.9 18.6	13.4 14.5 17.7	20.8	25.7	16.0	15.2	19.4	32.3 31.4 20.5	28.0	1.41	1.15	25.9	29.3	10.4	17.3	22.3	22.3	1.09	0.74	1.07	1.07
S 8	25.0	27.5	33.2	25.7	25.0	27.5	33.2	25.7	27.8	34.4 35.9	35.1	1.26	1.09	27.2	30.0	36.2	28.0	30.3	38 t/m S12	1.33	1.20	0.77	0.77
S 9	22.8	26.0	21.3	20.9	22.8	26.0	21.3	20.9	22.7	26.7 33.6	30.1	1.33	1.11	25.3	28.8	23.6	23.2	25.2	59 t/m S13	1.24	1.07	1.17	1.17
S 10	24.9	14.9 19.1 19.6	21.8	21.3	24.9	17.9	21.8	21.3	21.5	25.2 30.5	27.8	1.29	1.10	27.4	19.7	24.0	23.4	23.6	510 t/m S14	1.39	1.04	1.18	1.18
S 11	17.3	13.8 15.2 23.0	22.3	19.2	17.3	17.3	22.3	19.2	19.0	28.9 31.9	30.4	1.60	1.20	20.8	20.8	26.8	23.0	22.8	511 t/m S15	1.29	1.22	0.90	0.90
S 12	15.5	13.2	16.0	14.8	15.5	13.2	16.0	14.8	14.9	22.4 30.0	26.2	1.75	1.25	19.4	16.5	20.0	18.5	18.6	512 t/m S16	1.21	0.81	1.00	1.00

pijler	gemete gewogen conus weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trilpunt correctie				waarden incl. tril-puntcorrectie				$\frac{\alpha \bar{q} \max}{\alpha \bar{q} \min} \times 1.40$		$\frac{0.75 \times a \times 1.35}{0.60 \times b \times 1.70}$		
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	qpijl	qtril	qtril qpijl	qtril qpijl	$\alpha$	$\alpha \bar{q}1$	$\alpha \bar{q}2$	$\alpha \bar{q}3$	$\alpha \bar{q}4$	$\alpha \bar{q}pijl$	$\alpha \bar{q}tril$	a	b
S 13	22.4	18.7	17.8	18.9	22.4	18.7	17.8	18.9	19.4	34.6 26.7	30.6	1.58	1.19	26.6	22.2	21.2	22.5	23.0	21.7	1.28	1.09
S 14	13.6 13.9 18.3	20.7 13.3 14.9	20.0 22.1 19.2	18.5 16.7 15.0	15.3	16.3	20.4	16.7	17.1	16.5 23.4	19.9	1.16	1.05	16.0	17.1	21.4	17.5	17.9	nvt	0.89	0.69
S 15	20.0	22.0	16.1	15.2	20.0	22.0	16.1	15.9	18.5	27.9 21.8	24.8	1.35	1.10	22.0	24.2	17.7	17.5	20.3	nvt	0.85	1.171 229
S 16	24.8	21.4	14.0 19.7 19.7	23.1	24.8	21.4	17.8	23.1	21.7	28.6 28.1 26.2	27.6	1.27	1.09	27.0	23.3	19.4	25.1	23.6	nvt	0.98	1.04
S 17	22.4	22.2	23.7	17.0	22.4	22.2	23.7	17.0	21.3	30.0 30.0	30.0	1.40	1.13	25.3	25.0	26.7	19.2	24.0	nvt	nvt	nvt

# CONTROLE VERDICHTING AS

pijler	gemete gewogen conus weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trilpuntcorrectie				gem. gewogen waarden incl. tril-puntcorrectie			1° verd. eis $\alpha \bar{q}_{pijl} > 130$ $\alpha \bar{q}_{ri-ri+5} > 150$		2° verd. eis $\alpha \bar{q}_{max} < 1.40$ $\alpha \bar{q}_{min}$	3° verd. eis $0.75 \alpha a < 1.35$ $0.60 \alpha b < 1.70$				
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	qpijl	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	qtril	a	b			
R 1	17.8	14.5	19.6	24.1	17.8	14.5	19.6	24.1	19.2	22.4	23.9	1.24	1.08	19.2	15.6	21.1	26.0	20.5	18.8	1.66	1.19	0.97	
	(22.50 - 31.50)																						
R 2	14.0	14.2	11.5	10.0	13.8	13.4	16.0	14.6	14.4	16.3	16.9	1.17	1.06	14.6	14.2	17.0	15.5	15.3	17.6	1.20	0.91	0.95	
	(23.50 - 32.50)									18.4	15.9												
R 3	9.2	19.0	19.7	15.2	14.5	19.0	19.7	15.2	17.1	22.3	19.6	1.15	1.05	15.2	19.9	20.7	16.0	17.9	18.0	1.36	0.94	1.08	
	(24.50 - 33.50)									16.9													1.08
R 4	12.6	11.4	24.5	20.1	15.8	16.1	18.4	20.1	17.6	22.3	25.3	1.44	1.14	18.0	18.3	20.9	22.9	20.0	17.3	1.27	1.00	0.83	
	(25.50 - 33.50)									28.4													
R 5	26.2	17.4	16.9	19.6	22.1	19.7	16.9	18.8	19.4	24.9	21.5	1.11	1.04	23.0	20.5	17.6	19.6	20.2	16.6	1.31	1.23	1.07	
	(27.00 - 35.00)									18.1													
R 6	10.0	14.2	12.2	10.0	13.0	14.2	14.1	12.0	13.3	17.0	16.5	1.24	1.08	14.0	15.3	15.2	13.0	14.4	15.0	1.18	0.87	1.40	
	(27.00 - 35.00)									16.0	16.0												

rij	conusweerstand				de gewogen waarden				puntcorrectie				$\alpha \bar{q}_{ri}$														
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	q <sub>pijl</sub>	q <sub>tril</sub>	q <sub>tril</sub>	q <sub>tril</sub>	q <sub>tril</sub>	$\alpha$	$\alpha \bar{q}_1$	$\alpha \bar{q}_2$	$\alpha \bar{q}_3$	$\alpha \bar{q}_4$	R7	R8	R9	R10	R11	R12	a	b	
R 7	9.2 9.2	16.2	20.0	21.0	9.2	16.2	20.0	21.0	16.6	20.0	20.0	20.0	1.20	1.07	9.8	17.2	21.3	22.3	17.7	eisen: R11 (12.1) R13.0	14.4	15.6	16.3	16.8	18.5	1.15	0.69
R 8	(30.00 - 43.00)	15.0	11.4 16.2 11.8 9.2 9.6	13.6 14.0 17.2 11.4 10.8	12.6	11.2	12.4	11.6	12.5	20.8	18.0	1.44	1.14	17.1	12.8	14.1	13.2	14.3	eisen: R12 (12.1) R13.0	15.6	15.6	16.3	16.8	18.5	0.90	1.13	
R 9	13.4	14.2	24.2 19.0 22.0	12.4 12.6 6.7	13.4	14.2	21.7	10.6	15.0	24.0	20.0	1.33	1.10	14.8	15.7	24.0	11.7	16.6	eisen: R13 (12.1) R13.0	16.3	16.3	16.3	16.8	18.5	1.22	1.03	
R 10	(30.00 - 43.00)	11.8 6.2	11.4 10.8	11.6 15.0	10.4	9.9	11.0	12.6	11.0	12.4	14.8	1.34	1.11	11.6	11.0	12.2	14.0	12.2	eisen: R14 (12.1) R13.0	16.8	16.8	16.8	16.8	18.5	1.04	1.10	
R 11	7.00 13.4 10.0	8.4 7.0	12.2 17.0 6.5	9.0 12.8 14.6	10.1	7.7	11.3	12.1	10.3	15.0	14.2	1.38	1.13	11.4	8.7	12.7	13.6	11.6	eisen: R15 (12.1) R13.0	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	0.65	0.89	
R 12	(31.00 - 42.50)	18.8	17.4	22.6	18.8	17.4	19.6	22.6	19.6	30.0	30.3	1.54	1.18	22.1	20.5	23.1	26.6	23.1	eisen: R16 (12.1) R13.0	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	1.15	0.98	

Verdicht tot 42.00-  
hbbel verlengde  
naald

(31.00 - 42.00)

231 -







# CONTROLE VERDICHTING AS

pijler	gemete gewogen condus weerstanden				gemiddelde van de gewogen waarden				trijpuntcorrectie				gem. gewogen waarden incl. tril- puntcorrectie				1 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{pijl} \geq 130$ $\alpha \bar{q}_{ri-ri+5} > 150$	2 <sup>o</sup> verd. eis $\alpha \bar{q}_{max}$ $\alpha \bar{q}_{min}$	3 <sup>o</sup> verd. eis $0.75 \alpha \times 1.35$ $0.60 \alpha \times 1.70$						
	q1	q2	q3	q4	q1	q2	q3	q4	qpijl	qtril	qtril qpijl	$\alpha$	$\alpha \bar{q}1$	$\alpha \bar{q}2$	$\alpha \bar{q}3$	$\alpha \bar{q}4$				$\alpha \bar{q}_{pijl}$ R19 t/m R23	$\alpha \bar{q}_{ri-ri+5}$ R20 t/m R24	$\alpha \bar{q}_{ri-ri+5}$ R21 t/m R25	$\alpha \bar{q}_{ri-ri+5}$ R22 t/m R26	$\alpha \bar{q}_{ri-ri+5}$ R23 t/m R27	$\alpha \bar{q}_{ri-ri+5}$ R24 t/m R28
R 19	24.9 10.6 21.6 (30.00 - 38.00)	13.4 9.2 20.0	9.2 9.6 20.8	18.8 15.2 21.6	19.0 14.2 14.2 15.2	14.2 13.2 18.5	13.2 18.5	18.5	16.2 17.0 14.2 15.2	15.5 1.0	1.0	1.0	19.0 14.2 14.2	14.2 13.2	13.2 18.5	18.5	16.3 R19 t/m R23	16.1	1.44	1.08	0.98				
R 20	14.0 (30.00 - 38.00)	13.0	10.0 9.6 13.4	14.2	14.0 13.0 14.2	11.0 14.2	14.2	14.2	13.0 21.0 14.0	17.5 1.35	1.10	1.10	15.4 14.3	12.1	12.1 15.6	15.6	14.3 R20 t/m R24	16.7	1.29	0.86	1.07				
R 21	19.8 22.4 16.0 20.2 17.0 18.6 (30.00 - 38.00)	16.8 22.4 16.0 22.0	22.4 16.0 22.0	17.4	19.0 16.8 17.4	20.1 17.4	17.4	17.4	18.3 12.0 13.0	12.5 1.0	1.0	1.0	19.0 16.8	20.1	17.4	17.4	18.3 R21 t/m R25	16.7	1.20	1.03	0.96	234			
R 22	28.0 12.0 19.5 (30.00 - 40.00)	19.5 15.0 11.4	12.0 16.5 15.0	24.0 14.5 20.5	19.8 15.3 19.6	14.5 19.6	19.6	19.6	17.3	-	1.0	1.0	19.8 15.3	14.5	19.6	17.3	R22 t/m R26	26.8	1.37	1.13	1.01				
R 23	18.0 12.6 15.0 (30.00 - 40.00)	15.4 13.2 11.8	17.6 15.0 7.6	9.0 20.6	15.2 13.5 14.2	13.4 14.8	14.8	14.8	14.2	-	1.0	1.0	15.2 13.5	13.4	14.8	14.2	R23 t/m R27	16.2	1.13	0.02	1.04				
R 24	17.6 15.8 23.0	24.2 17.0 14.6	23.4 16.6 24.0	20.4 16.4	18.8 18.6 19.2	21.3 18.4	18.4	18.4	19.2	-	1.0	1.0	18.8 18.6	21.3	18.4	19.2	R24 t/m R28	17.0	1.16	1.19	1.04				





Gemiddelde conusweerstand tot 100 m - o.k. fundatie mat

	$\bar{q}$	$\bar{q}_1$	$\bar{q}_2$	$\bar{q}_3$	$\bar{q}_4$
R1	224	216	190	200	255
R2	188	182	179	200	189
R3	207	187	220	225	193
R4	221	208	210	227	238
R5	221	239	225	205	219
R6	179	176	186	185	167
R7	205	137	201	229	235
R8	178	201	166	177	169
R9	197	183	190	244	155
R10	161	155	149	161	176
R11	155	153	125	165	173
R12	239	234	224	239	258
R13	207	203	198	200	227
R14	214	213	200	224	219
R15	227	219	245	216	224
R16	260	256	269	238	274
R17	253	248	250	255	260
R18	200	220	193	172	215
R19	195	215	179	170	211
R20	180	189	180	161	190
R21	209	215	199	222	204
R22	202	220	187	181	218
R23	178	187	172	171	183
R24	216	213	212	229	211
R25	181	185	163	174	199
R26	215	226	214	209	209
R27	177	187	158	185	175
R28	208	205	217	203	208
R29	181	184	193	181	169
R30	247	249	254	236	248
R31	222	234	229	217	210
R32	194	184	207	181	204
R33	199	218	189	184	204

## 9.2. Grondmechanische deformaties, gebaseerd op de resultaten van het controleonderzoek

In dit hoofdstuk wordt betreffende de grondmechanische ontwerpdeformaties ingegaan op de consequenties voor de ontwerp waarden naar aanleiding van de resultaten van de controlesonderingen.

Voor de berekeningsuitgangspunten van de ontwerpdeformaties en rotaties wordt verwezen naar voornoemde notitie.

### 9.2.1. Evaluatie van het verdichtingsresultaat

#### Algemeen

Het uitgangspunt bij de verwerking van het verdichtingsresultaat is, dat de ontwerpdeformaties en rotaties op een of andere wijze worden aangepast op basis van de stijfheidseigenschappen van de ondergrond, die in het algemeen zullen verschillen van de aangenomen waarden in de FOP-IV-nota.

In de FOP-IV-nota is voor de verdichte zone een gemiddelde conusweerstand aangehouden van  $15 \text{ MN/m}^2$ , met een  $2\sigma$ -waarde van  $2 \text{ MN/m}^2$ .

Indien de gewogen gemiddelde conusweerstand (zie evaluatienota asverdichten) van een pijler afwijkt van  $15 \text{ MN/m}^2$  kunnen de deformaties en rotaties worden gecorrigeerd met een (nader te bepalen) factor  $\delta$ . Deze factor heeft aldus betrekking op de gemiddelde aanwezige stijfheid onder de pijler. Dientengevolge kunnen alle FOP IV deformaties en rotaties ( $\mu, \sigma$ , absoluut en relatief met deze factor  $\delta$  worden gecorrigeerd).

### 9.2.2. Inhomogeniteit van de ondergrond: invloed bij de fasen 1, 3 en 5

Voor wat betreft de rotaties  $\varphi_x$  en  $\varphi_y$  is voor de eigen gewichtsfasen 1, 3 en 5 bovendien de inhomogeniteit van de ondergrond in rekening gebracht bij de bepaling van de  $\mu$  en  $\sigma$ -waarden.

In de FOP-IV wordt voor deze fasen uitgegaan van een gemiddelde pijlerscheefstand ten gevolge van inhomogeniteit  $\mu = 0$ , met daarbij een zekere waarde voor  $\sigma$ . Op basis van de sondeerresultaten kunnen de actuele  $\mu$  en  $\sigma$ -waarden worden berekend.

Hierbij dient te worden opgemerkt, dat het nog de vraag is, in hoeverre de gemiddelde scheefstand significant zal afwijken van 0, d.w.z. indien er per kwadrant bijv. 10 à 15 sonderingen zouden worden gemaakt, zou misschien op grond hiervan moeten worden vastgesteld dat  $\mu = 0$ . Voorlopig is echter van het ongunstige uitgangspunt uitgegaan te weten het bepalen van  $\mu$  en  $\sigma$ -waarden op basis van de beschikbare sonderingen. Bij het inmeten van de pijlers kan t.z.t. worden vastgesteld in hoeverre dit uitgangspunt dient te worden bijgesteld.

9.2.3. Inhomogeniteit van de ondergrond: invloed bij de fasen 2, 4 en 6

Bij de stormrotaties is het aandeel in de FOP-IV van  $\sigma$ -waarden van de inhomogeniteit van de ondergrond gering ten opzichte van het aandeel van het cyclische effect. Dientengevolge is voor de stormrotaties  $\varphi_x$  en  $\varphi_y$  alleen een correctie toegepast voor de gemiddelde stijfheid, voor zover deze verschillend is met de FOP-IV waarden.

9.2.4. Bepaling van de correctiefactor

De correctiefactor wordt gedefinieerd als het quotient van twee gewogen gemiddelde conusweerstand:

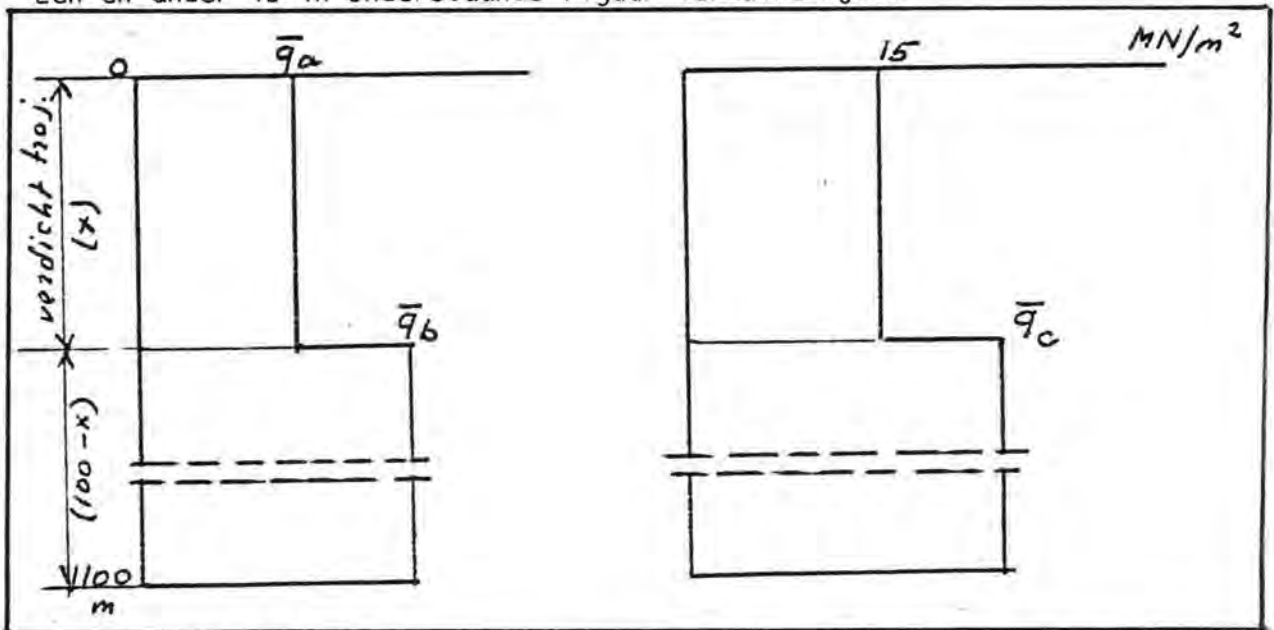
$$\delta = \frac{\bar{q}_1}{\bar{q}_2}$$

waarbij:  $\bar{q}_1$  en  $\bar{q}_2$  de gewogen waarden zijn over een traject van onderkant pijler tot ca. 100 m beneden o.k. pijler.

$\bar{q}_1$  : bepaald met de gewogen waarden van de conusweerstand over het verdichtingstraject

$\bar{q}_2$  : bepaald met  $q_c = 15 \text{ MN/m}^2$  (volgens FOP-IV)

Een en ander is in onderstaande figuur verduidelijkt:



$$\frac{1}{\bar{q}_1} = \frac{\frac{x}{x} + \frac{(100-x)/100}{q_b}}{1 + \frac{100-x}{100}}$$

$$\frac{1}{\bar{q}_2} = \frac{\frac{x}{x} + \frac{(100-x)/100}{q_b}}{1 + \frac{100-x}{100}}$$

Opmerkingen

- 1) De deformaties zijn lineair met de correctiefactor  $\delta$  voor waarden van  $12 \leq \bar{q} \leq 18$  waarbij  $q$  betrokken is op het verdichtingstraject.
- 2) De gewogen waarden  $\bar{q}_a$  over het verdichtingstraject wordt bepaald voor de bouwfasen 5 en 6 dus bij een hoog aanvangsspanningsniveau. Bij de bepaling van  $\bar{q}_a$  bij de bouwfasen 1 en 2 is echter een laag spanningsniveau aanwezig en strikt genomen volgt uit de berekening een andere waarde van  $\bar{q}_a$ . Vergelijkende berekeningen laten zien dat  $\bar{q}_a$  (fasen 1-2) en  $\bar{q}_a$  (fasen 5-6) minder dan 1 à 2% onderling verschillen. Dientengevolge kunnen de  $\bar{q}_a$  (fasen 5-6) waarden voor de deformatieberekeningen worden gebruikt.  
In onderstaande tabel is aangegeven welke parameters dienen te worden vermenigvuldigd met  $\delta$ .

	x	y	z	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$		
1	* $\delta$							
2							2	
3								
4				4		* $\delta$		
5								
6				6				

De  $\mu$  en  $\sigma$ -waarden (absoluut voor  $\varphi_x$  en  $\varphi_y$  in de fasen 1, 3 en 5 zijn bepaald, rekening houdend met de inhomogeniteit van de ondergrond: zie B.4.

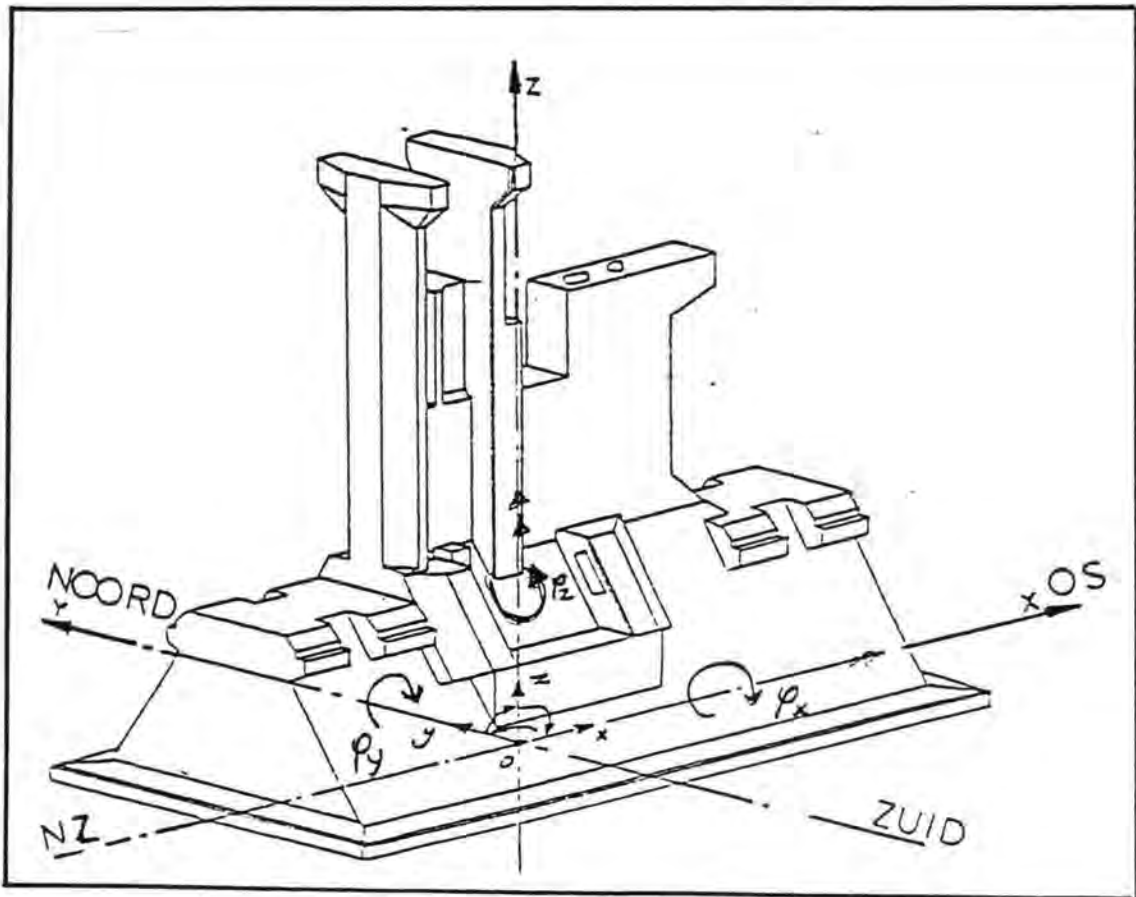
9.2.5. Bepaling van  $\mu$  en  $\sigma$  (absoluut) van  $\varphi_x$  en  $\varphi_y$  voor de eigengewichtsfasen  
Met behulp van het LGM programma TILPLA worden de  $\mu$  en  $\sigma$ -waarden berekend op basis van de sondeerresultaten. Per kwadrant worden de gemiddelde waarde en de variatie-coëfficiënt bepaald. Het basisoppervlak van de pijler wordt onderverdeeld in gebieden van  $5 \times 4,2 \text{ m}^2$ . In het centrum van elk gebiedje wordt een grondveer verondersteld waarvan de stijfheid is gerelateerd aan de conusweerstand van één kwadrant met daarbij een variatie-coëfficiënt van 0,25. De correlatie tussen de gemiddelde waarde van de kwadranten wordt nul verondersteld. De berekeningen zijn gemaakt voor fase 5.

De waarden voor  $\mu$  en  $\sigma$  bij de fasen 1 en 2 zijn verkregen door vermenigvuldiging naar rato van de zetting.

De  $\mu$  en  $\sigma$  waarde absoluut zijn voor de niet-randpijlers rechtstreeks berekend. Voor de randpijlers moet een correctie worden toegepast, rekening houdend met een éénzijdige belasting door de breukstenendam en de drempel.

9.2.6. Resultaat van de berekeningen

Alvorens het resultaat van de berekeningen te presenteren wordt, de tekenafpraak weergegeven alsmede het aangehouden assenstelsel.





Tekenapparaat

- gewichtsbelastingen:  $x = 0 \quad \varphi_x \rightarrow$  zie resultaat berekeningen  
 $y = 0 \quad \varphi_y \rightarrow$  zie resultaat berekeningen  
 $z \ll 0 \quad \varphi_z = 0$
- stormbelastingen :  $x > 0 \quad \varphi_x > 0$  en  $\ll 0$  (voor randschuiven  $> 0$  of  $\ll 0$ )  
 $y > 0$  en  $0 \quad \varphi_y > 0$   
 $z \ll 0 \quad \varphi_z > 0$  en  $\ll 0$  (voor randschuiven  $> 0$  of  $\ll 0$ )

De relatieve deformaties worden bepaald als volgt:

$$\mu_{rel,i} = \mu_{(i+1)} - \mu_i \quad (i \text{ neemt toe in de richting van de positieve } y\text{-as})$$

$$\sigma_{rel,i} = \sqrt{\sigma_{2i}^2 + \sigma_{2i+1}^2} \quad \text{voor de fasen 1, 3 en 5}$$

$$\sigma_{rel,i} = \sqrt{\sigma_{2i}^2 + \sigma_{2i+1}^2 - 2 \cdot \sigma_i \cdot \sigma_{i+1} \cdot 0,75} \quad \text{voor de fasen 2, 4 en 6}$$

Voor de deformaties en rotaties:

$$I \left[ \begin{array}{l} x, y, z, \varphi_z \quad \mu \text{ en } \sigma; \text{ abs en rel} \\ \text{en} \\ \varphi_x \text{ en } \varphi_y \quad \text{voor de fasen 2, 4 en 6} \end{array} \right.$$

dienen de ontwerpgetallen te worden vermenigvuldigd met onderstaande factoren:

	$\delta$
H1 t/m H5	0,85
H6 en H16	1,00
H7	1,10
H8 t/m H15	0,90
S1, 2, 5 en 14	0,90
S3, 4 en 6	1,00
S7, 10, 15 en 16	0,80
S8, 9 en 17	0,75
S11, 12 en 13	0,90
R1, 12, 14 t/m 17, 30	0,75
R4 en 5	0,80
R3, 7, 9, 13, 24, 26, 31	0,85
R2, 21, 22, 28	0,90
R6, 18, 19, 32, 33	0,95
R8, 20, 25, 29	1,00
R10, 23, 27	1,05
R11	1,10

II Voor de rotaties  $\varphi_x$  en  $\varphi_y$  in de fasen 1, 3 en 5: zie navolgende tabellen.

Opmerking 1

Bij de pijlers S11-S12-S13 bevindt zich beneden het pijlervoetniveau een schelphoudende zandlaag van 3 à 4 m dikte. Uit een onderzoek van het LGM is gebleken dat de zetting van ca. 10 à 20% schelphoudend zand globaal 10 à 15% groter is dan 0% schelphoudend zand. Het effect op het cyclisch gedrag is verwaarloosbaar klein. Een en ander heeft ertoe geleid dat de zetting van de betreffende laag berekend is aan de hand van de uitkomsten van het LGM onderzoek. Het resultaat is verwerkt in de factor  $\delta$ . Deze factor neemt hierdoor toe met globaal 5 à 10%. Op de berekende waarden voor  $\varphi_x$  en  $\varphi_y$  (zie tabellen) is geen correctie toegepast, omdat het een aanpassing betreft ter grootte van 5 à 10%, welke wegvalt tegen de reeds toegepaste afrondingen in de uitkomsten.

Opmerking 2

Bij de bepaling van de  $\mu$  en  $\sigma$ -waarden van  $\varphi_x$  voor de randpijlers moet worden bedacht dat de in FOP-IV genoemde getallen voor een deel bestaan uit de bijdrage van de éénzijdige breukstenendam en de drempel. Het is dus nu niet goed mogelijk een juiste waarde aan te geven voor  $\varphi_x$  zolang de effecten van de breukstenendam op de pijlers nog niet bekend zijn. Na het inmeten van de pijler kan hierover met meer zekerheid een uitspraak worden gedaan.

Pij- ler	Fase	$\varphi_x$ absoluut		$\varphi_x$ rel.		$\varphi_y$ absoluut		$\varphi_y$ rel.	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
H1	1	+0,35	0,20	-0,40	0,30	-0,05	0,20	0,00	0,25
	3	+1,50	0,20	-1,50	0,20	-0,01	0,01	0,00	0,02
	5	-1,10	0,40	1,10	0,40	-0,01	0,02	0,00	0,03
H2	1	-0,05	0,20	+0,15	0,30	-0,05	0,10	+0,20	0,15
	3	-0,01	0,02	+0,02	0,03	-0,01	0,01	+0,03	0,02
	5	-0,01	0,04	+0,03	0,06	-0,01	0,02	+0,04	0,03
H3	1	+0,10	0,20	-0,35	0,30	+0,15	0,10	-0,20	0,15
	3	+0,01	0,02	-0,03	0,03	+0,02	0,01	-0,03	0,02
	5	+0,02	0,04	-0,07	0,06	+0,03	0,02	-0,04	0,03
H4	1	-0,25	0,20	+0,10	0,30	-0,05	0,10	+0,25	0,15
	3	-0,02	0,02	0,00	0,03	-0,01	0,01	+0,03	0,02
	5	-0,05	0,04	+0,02	0,06	-0,01	0,02	+0,05	0,03
H5	1	-0,05	0,20	-0,05	0,30	+0,20	0,10	-0,25	0,15
	3	-0,02	0,02	-0,01	0,03	+0,02	0,01	-0,03	0,02
	5	-0,03	0,04	-0,03	0,06	+0,04	0,02	-0,05	0,03
H6	1	-0,30	0,20	+0,30	0,30	-0,05	0,10	+0,20	0,15
	3	-0,03	0,02	+0,01	0,03	-0,01	0,01	+0,03	0,02
	5	-0,06	0,04	+0,02	0,06	-0,01	0,02	+0,04	0,03
H7	1	-0,20	0,25	+0,30	0,31	+0,15	0,10	-0,20	0,15
	3	-0,02	0,02	+0,03	0,03	+0,02	0,01	-0,03	0,02
	5	-0,04	0,05	+0,06	0,06	+0,03	0,02	-0,04	0,03
H8	1	+0,10	0,20	+0,10	0,30	-0,05	0,10	0,00	0,15
	3	+0,01	0,02	+0,01	0,03	-0,01	0,01	0,00	0,02
	5	+0,02	0,04	+0,02	0,06	-0,01	0,02	0,00	0,03
H9	1	+0,20	0,20	0,00	0,30	-0,05	0,10	+0,10	0,15
	3	+0,02	0,02	0,00	0,03	-0,01	0,01	+0,02	0,02
	5	+0,04	0,04	0,00	0,06	-0,01	0,02	+0,02	0,03
H10	1	+0,20	0,20	-0,50	0,30	+0,05	0,10	-0,10	0,15
	3	+0,02	0,02	-0,05	0,03	+0,01	0,01	-0,02	0,02
	5	+0,04	0,04	-0,10	0,06	+0,01	0,02	-0,02	0,03
H11	1	-0,30	0,20	+0,45	0,30	-0,05	0,10	+0,20	0,15
	3	-0,03	0,02	+0,05	0,03	-0,01	0,01	+0,03	0,02
	5	-0,06	0,04	+0,09	0,06	-0,01	0,02	+0,04	0,03
H12	1	+0,05	0,20	-0,50	0,30	+0,15	0,10	-0,30	0,15
	3	+0,02	0,02	-0,05	0,03	+0,02	0,01	-0,04	0,02
	5	+0,03	0,04	-0,10	0,06	+0,03	0,02	-0,06	0,03
H13	1	-0,35	0,20	+0,75	0,30	-0,15	0,10	+0,10	0,15
	3	-0,03	0,02	+0,07	0,03	-0,02	0,01	+0,01	0,02
	5	-0,07	0,04	+0,15	0,06	-0,03	0,02	+0,02	0,03

Pij- ler	Fase	$\varphi_x$ absoluut		$\varphi_x$ rel.		$\varphi_y$ absoluut		$\varphi_y$ rel.	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
H14	1	+0,40	0,25	-0,55	0,31	-0,05	0,10	+0,20	0,15
	3	+0,04	0,03	-0,06	0,04	-0,01	0,01	+0,03	0,02
	5	+0,08	0,05	-0,11	0,07	-0,01	0,02	+0,04	0,03
H15	1	-0,15	0,20	0,00	0,20	+0,15	0,10	-0,10	0,15
	3	-0,02	0,02	-1,53	0,20	+0,02	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,03	0,04	1,23	0,40	+0,03	0,02	-0,02	0,03
H16	1	-0,15	0,20			+0,05	0,10		
	3	-1,55	0,20			+0,01	0,01		
	5	1,20	0,40			+0,01	0,02		
S1	1	+0,25	0,20	0,55	0,30	+0,05	0,10	+0,10	0,15
	3	1,20	0,15	-1,23	0,15	+0,01	0,01	+0,01	0,02
	5	-1,00	0,30	+1,94	0,30	+0,01	0,02	+0,02	0,03
S2	1	-0,30	0,20	+0,20	0,30	+0,15	0,10	-0,10	0,15
	3	-0,03	0,02	+0,02	0,03	+0,02	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,06	0,04	+0,04	0,06	+0,03	0,02	-0,02	0,03
S3	1	-0,10	0,20	0,00	0,30	+0,05	0,10	+0,15	0,15
	3	-0,01	0,02	0,00	0,04	+0,01	0,01	+0,01	0,02
	5	-0,02	0,04	0,00	0,06	+0,01	0,02	+0,03	0,03
S4	1	-0,10	0,25	+0,30	0,31	+0,20	0,10	-0,10	0,15
	3	-0,01	0,03	+0,03	0,03	+0,02	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,02	0,05	+0,06	0,06	+0,04	0,02	-0,02	0,03
S5	1	+0,20	0,20	-0,35	0,30	+0,10	0,10	-0,15	0,15
	3	+0,02	0,02	-0,04	0,03	+0,01	0,01	-0,02	0,02
	5	+0,04	0,04	-0,07	0,06	+0,02	0,02	-0,03	0,03
S6	1	-0,15	0,20	+0,70	0,30	-0,05	0,10	0	0,15
	3	-0,02	0,02	+0,08	0,03	-0,01	0,01	0	0,02
	5	-0,03	0,04	+0,14	0,06	-0,01	0,02	0	0,03
S7	1	+0,55	0,20	-0,65	0,25	-0,05	0,10	0	0,11
	3	+0,06	0,02	-0,07	0,03	-0,01	0,01	0	0,02
	5	+0,11	0,04	-0,13	0,06	-0,01	0,02	0	0,03
S8	1	-0,10	0,15	+0,30	0,21	-0,05	0,05	0	0,11
	3	-0,01	0,02	+0,03	0,03	-0,01	0,01	0	0,02
	5	-0,02	0,03	+0,06	0,06	-0,01	0,01	0	0,03
S9	1	+0,20	0,15	-0,25	0,21	-0,05	0,10	+0,15	0,15
	3	+0,02	0,02	-0,03	0,03	-0,01	0,01	+0,02	0,02
	5	+0,04	0,03	-0,05	0,04	-0,01	0,02	+0,03	0,03
S10	1	-0,05	0,15	-0,20	0,24	+0,10	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,01	0,02	-0,02	0,03	+0,01	0,01	-0,00	0,02
	5	-0,01	0,03	-0,04	0,06	+0,02	0,02	-0,01	0,03

Pij- ler	Fase	$\varphi_x$ absoluut		$\varphi_x$ rel.		$\varphi_y$ absoluut		$\varphi_y$ rel.	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
S11	1	-0,25	0,20	+0,10	0,30	+0,05	0,10	+0,05	0,15
	3	-0,03	0,02	+0,01	0,03	+0,01	0,01	0,00	0,02
	5	-0,05	0,04	+0,02	0,06	+0,01	0,02	+0,01	0,03
S12	1	-0,15	0,20	+0,25	0,30	+0,10	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,02	0,02	+0,03	0,03	+0,01	0,01	0,00	0,02
	5	-0,03	0,04	+0,05	0,06	+0,02	0,02	-0,01	0,03
S13	1	+0,10	0,20	-0,35	0,30	+0,05	0,10	0,00	0,15
	3	+0,01	0,20	-0,04	0,03	+0,01	0,01	0,00	0,02
	5	0,021	0,04	-0,07	0,06	+0,01	0,02	0,00	0,03
S14	1	-0,25	0,20	+0,65	0,30	+0,05	0,10	-0,10	0,15
	3	-0,03	0,02	+0,07	0,03	+0,01	0,01	-0,02	0,02
	5	-0,05	0,04	+0,13	0,06	+0,01	0,02	-0,02	0,03
S15	1	+0,40	0,20	-0,25	0,25	-0,05	0,10	+0,00	0,15
	3	+0,04	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,01	0,00	0,02
	5	+0,08	0,04	-0,05	0,05	-0,01	0,02	+0,00	0,03
S16	1	+0,15	0,15	-0,05	0,25	-0,05	0,10	+0,15	0,15
	3	+0,02	0,02	-1,52	0,20	-0,01	0,01	+0,02	0,02
	5	+0,03	0,03	1,07	0,40	-0,01	0,02	+0,03	0,03
S17	1	+0,10	0,15			+0,10	0,10		
	3	-1,50	0,20			+0,01	0,01		
	5	1,30	0,40			+0,02	0,02		
R1	1	-0,45	0,20	0,25	0,30	0	0,10	+0,05	0,15
	3	1,50	0,20	-1,52	0,20	0	0,01	+0,01	0,02
	5	-1,25	0,40	1,21	0,40	0	0,02	0,01	0,03
R2	1	-0,20	0,20	0,15	0,30	0,05	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,04	0,04	0,03	0,06	0,01	0,02	-0,01	0,03
R3	1	-0,05	0,20	-0,20	0,30	0	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,01	0,02	-0,02	0,03	0	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,01	0,04	-0,04	0,06	0	0,02	-0,01	0,03
R4	1	-0,25	0,20	0,45	0,30	-0,05	0,10	0,05	0,15
	3	-0,03	0,02	0,05	0,03	-0,01	0,01	0,01	0,02
	5	-0,05	0,04	0,09	0,06	-0,01	0,02	0,01	0,03
R5	1	0,20	0,20	-0,15	0,30	0	0,10	0	0,15
	3	0,02	0,02	-0,01	0,03	0	0,01	0	0,02
	5	0,04	0,04	-0,03	0,06	0	0,02	0	0,03
R6	1	0,05	0,20	-0,95	0,30	0	0,10	-0,25	0,15
	3	0,01	0,02	-0,10	0,03	0	0,01	-0,03	0,02
	5	0,01	0,04	-0,19	0,06	0	0,02	-0,03	0,03

Pij- ler	Fase	$\varphi_x$ absoluut		$\varphi_x$ rel.		$\varphi_y$ absoluut		$\varphi_y$ rel.	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
R7	1	-0,90	0,20	0,70	0,30	-0,25	0,10	0,25	0,15
	3	-0,09	0,02	0,07	0,03	-0,03	0,01	0,03	0,02
	5	-0,18	0,04	0,14	0,06	-0,05	0,02	0,05	0,03
R8	1	-0,20	0,20	0,05	0,30	0	0,10	0,30	0,15
	3	-0,02	0,02	0	0,03	0	0,01	0,03	0,02
	5	-0,04	0,04	0,01	0,06	0	0,02	0,06	0,03
R9	1	-0,15	0,20	-0,20	0,30	0,30	0,10	-0,35	0,15
	3	-0,02	0,02	-0,02	0,03	0,03	0,01	-0,04	0,02
	5	-0,03	0,04	-0,04	0,06	0,06	0,02	-0,07	0,03
R10	1	-0,35	0,20	-0,35	0,30	-0,05	0,10	0,15	0,15
	3	-0,04	0,02	-0,03	0,03	-0,01	0,01	0,02	0,02
	5	-0,07	0,04	-0,07	0,06	-0,01	0,02	0,03	0,03
R11	1	-0,70	0,20	0,50	0,30	0,10	0,10	-0,10	0,15
	3	-0,07	0,02	0,05	0,03	0,01	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,14	0,04	0,10	0,06	0,02	0,02	-0,02	0,03
R12	1	-0,20	0,20	0,05	0,30	0	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,02	0,02	0	0,03	0	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,04	0,04	0,01	0,06	0	0,02	-0,01	0,03
R13	1	-0,15	0,20	0	0,30	-0,05	0,10	0,10	0,15
	3	-0,02	0,02	0	0,03	-0,01	0,01	0,02	0,02
	5	-0,03	0,04	0	0,06	-0,01	0,02	0,02	0,03
R14	1	-0,15	0,20	0,25	0,30	0,05	0,10	-0,15	0,15
	3	-0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	-0,02	0,02
	5	-0,03	0,04	0,05	0,06	0,01	0,02	-0,03	0,03
R15	1	0,10	0,20	-0,05	0,30	-0,10	0,10	0	0,15
	3	0,01	0,02	0	0,03	-0,01	0,01	0	0,02
	5	0,02	0,04	-0,01	0,06	-0,02	0,02	0	0,03
R16	1	0,05	0,20	-0,10	0,30	-0,10	0,10	0,10	0,15
	3	0,01	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,01	0,01	0,02
	5	0,01	0,04	-0,02	0,06	-0,02	0,02	0,02	0,03
R17	1	-0,05	0,20	0,25	0,30	0	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,01	0,02	0,03	0,03	0	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,01	0,04	0,05	0,06	0	0,02	-0,01	0,03
R18	1	0,20	0,20	-0,10	0,30	-0,05	0,10	0,05	0,15
	3	0,02	0,02	-0,01	0,03	-0,01	0,01	0,01	0,02
	5	0,04	0,04	-0,02	0,06	-0,01	0,02	0,01	0,03
R19	1	0,10	0,20	0,10	0,30	0	0,10	-0,10	0,15
	3	0,01	0,02	0,01	0,03	0	0,01	-0,01	0,02
	5	0,02	0,04	0,02	0,06	0	0,02	-0,02	0,03

Pij- ler	Fase	$\varphi_x$ absoluut		$\varphi_x$ rel.		$\varphi_y$ absoluut		$\varphi_y$ rel.	
		$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
R20	1	0,20	0,20	-0,25	0,30	-0,10	0,10	0,20	0,15
	3	0,02	0,02	-0,03	0,03	-0,01	0,01	0,02	0,02
	5	0,04	0,04	-0,05	0,06	-0,02	0,02	0,04	0,03
R21	1	-0,05	0,20	0,05	0,30	0,10	0,10	-0,10	0,15
	3	-0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,01	0,04	0,01	0,06	0,02	0,02	-0,02	0,03
R22	1	0	0,20	0	0,30	0	0,10	0	0,15
	3	0	0,02	0	0,03	0	0,01	0	0,02
	5	0	0,04	0	0,06	0	0,02	0	0,03
R23	1	0	0,20	0,05	0,30	0	0,10	0,05	0,15
	3	0	0,02	0,01	0,03	0	0,01	0,01	0,02
	5	0	0,04	0,01	0,06	0	0,02	0,01	0,03
R24	1	-0,05	0,20	-0,15	0,30	0,05	0,10	-0,05	0,15
	3	-0,01	0,02	-0,01	0,03	0,01	0,01	-0,01	0,02
	5	-0,01	0,04	-0,03	0,06	0,01	0,02	-0,01	0,03
R25	1	-0,20	0,20	0,30	0,30	0	0,10	0,05	0,15
	3	-0,02	0,02	0,03	0,03	0	0,01	0,01	0,02
	5	-0,04	0,04	0,06	0,06	0	0,02	0,01	0,03
R26	1	0,10	0,20	-0,25	0,30	0,05	0,10	0,10	0,15
	3	0,01	0,02	-0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02
	5	0,02	0,04	-0,05	0,06	0,01	0,02	0,02	0,03
R27	1	-0,15	0,20	0,20	0,30	0,15	0,10	-0,20	0,15
	3	-0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	-0,03	0,02
	5	-0,03	0,04	0,04	0,06	0,03	0,02	-0,04	0,03
R28	1	0,05	0,20	0,15	0,30	-0,05	0,10	0,10	0,15
	3	0,01	0,02	0,01	0,03	-0,01	0,01	0,02	0,02
	5	0,01	0,04	0,03	0,06	-0,01	0,02	0,02	0,03
R29	1	0,20	0,20	-0,10	0,30	0,05	0,10	-0,10	0,15
	3	0,02	0,02	-0,01	0,03	0,01	0,01	-0,02	0,02
	5	0,04	0,04	-0,02	0,06	0,01	0,02	-0,02	0,03
R30	1	0,10	0,20	0,10	0,30	-0,05	0,10	0,10	0,15
	3	0,01	0,02	0,01	0,03	-0,01	0,01	0,02	0,02
	5	0,02	0,04	0,02	0,06	-0,01	0,02	0,02	0,03
R31	1	0,20	0,20	-0,15	0,30	0,05	0,10	-0,20	0,15
	3	0,02	0,02	-0,01	0,03	0,01	0,01	-0,03	0,02
	5	0,04	0,04	-0,03	0,06	0,01	0,02	-0,04	0,03
R32	1	0,05	0,20	0,05	0,30	-0,15	0,10	0,20	0,15
	3	0,01	0,02	0,01	0,03	-0,02	0,01	0,03	0,02
	5	0,01	0,04	0,01	0,06	-0,03	0,02	0,04	0,03

Pij- ler	Fase	$\varphi_x$ absoluut		$\rho_x$ rel.	$\varphi_y$ absoluut		$\rho_y$ rel.	
		$\mu$	$\sigma$		$\mu$	$\sigma$		
R33	1	0,10	0,20			0,05	0,10	
	3	-1,65	0,40			0,01	0,01	
	5	1,25	0,40			0,01	0,02	



Lijst van notities en nota's van de werkgroep verdichten

27VERD-M-79005	Notitie Dosbouw 790129 US-WV betreffende registratie gegevens verdichtingsproces.
27VERD-M-79006	Notitie 2PROBU-M-79042 d.d. 790315 betreffende registratiesysteem te installeren op verdichtingsschip en geoponton.
27VERD-M-79007	Notitie Dosbouw 790205 OG/OZ (Pladed) betreffende evaluatie diepte-verdichtingsproeven Dosbouw.
27VERD-M-79008	2e concept nota WTG betreffende verdichting ondergrond as sluitgaten.
27VERD-M-79009	Notitie 2PROBU-M-79020 betreffende verdichtingsproces Schelphoek.
27VERD-M-79010	Nota Dosbouw d.d. 780626 US/OW betreffende randvoorwaarden en gegevens verdichtingsschip.
27VERD-M-80008	Cunet en verdichtingsdiepte t.p.v. S10
27VERD-M-80011	Uitwerking verdichtingsproeven op Neeltje-Jans
27VERD-M-80015	Motivering vermindering slagkracht
27VERD-M-80017	PGO opdracht 91. Eisen t.a.v. toleranties grondverbeteringen etc. (2PROBU-M-80136)
27VERD-M-80018	PGO opdracht 92. Relatie verdichtingsresultaten-tolerantie-nota (2PROBU-M-80137)
27VERD-M-80019	Het waarom verdichten van de zandgrond t.p.v. de randen van de bodembescherming
27VERD-M-80020	Berekend effect slagkrachtverlaging
27VERD-M-80024	Interimrapportage aanvangsperiode verdichten
27VERD-M-80030	Controle van de verdichting rand bodembescherming
27VERD-M-80035	Verdichtingscontrole pijler
27VERD-M-80036	Maatregelen t.b.v. ontgrondingskuilen t.p.v. de randen der bodembescherming in relatie tot het verdichten
27VERD-M-80041	Detailering verdichtingseis ter plaatse van de as stormvloedkering
27VERD-M-80045	Verdichting t.p.v. pijler H1
27VERD-V-80053	Mogelijke inzet boorschip Biezelingen t.b.v. grondonderzoek in sluitgaten van de SVK.
27VERD-M-81003	Optimalisatie onderzoek trilnaald verdichten
27VERD-M-81005	Voorstel in situ proef inzake metingen t.a.v. het gedrag van de grond rondom de resonators
27VERD-V-81008	Treksnelheid naalden Mytilus
27VERD-M-81015	Metingen dynamische waterspanningen nabij Roggenplaat Noord pijler H1
27VERD-M-81016	Verslag verlengde aanvangsperiode Mytilus
27VERD-M-81019	Verdichtingsnota evaluatie verdichten

27VERD-M-81028	Evaluatie verdichting pijler H1
27VERD-R-81033	Evaluatie verdichtingsproeven en resultaten Mytilus
27VERD-M-81038	Naalddiepteverwerking
27VERD-M-81040	Reparatie verdichting na oplevering verdichtingswerk Mytilus
27VERD-M-81042	Evaluatie verdichting randpijler H16 grenzend aan damaanzet Schouwen
27VERD-N-82008	Evaluatie pijlers R22 t/m R29
27VERD-N-82010	Invloed van transversslag trillingen op de levensduur van de trilnaaldschachten van de Mytilus
27VERD-N-82012	Evaluatie verdichting pijlers R 6t/m R11 en R14
27VERD-M-82016	Stapafstand verdichten randbodembescherming
27VERD-N-82017	Grondmechanische deformaties n.a.v. de resultaten van het controlegrondonderzoek
27VERD-N-82018	Grondmechanische deformaties

