)R CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
A no.226 d.d. 10 december 1963

De gevolgen van de bronbemalingen ten behoeve van de bouw van de Coentunnel voor het gebied ten noorden van het Noordzeekanaal

ir.J.J.Kouwe

I. INLEIDING

In verband met de aanleg van de Coen- en de IJtunnel onder het Noordzeekanaal werden door Rijkswaterstaat bij Tuindorp Oostzaan een aantal bouwdokken voor het bouwen van de tunnelsecties en een bouwput voor de Coentunnel ingericht op de noordelijke oever van het kanaal. Deze werken worden door bronbemaling watervrij gehouden. Deze bronbemalingen onttrekken grote hoeveelheden water aan de zandondergrond, met als gevolg dat de potentiaal van het grondwater hierin aanmerkelijk wordt verlaagd. Daar bodemzettingen en grondwaterdalingen in de omgeving van de in uitvoering zijnde werken werden verwacht, werd door Rijkswaterstaat een aantal waarnemingsfilters op verschillende afstanden van de bouwputten in de zandondergrond geplaatst. In een later stadium werd nog een aantal ondiepe buizen, zogenaamde landbouwbuizen geplaatst.

Voorts werden controle waterpassingen van een aantal vaste punten uitgevoerd teneinde eventuele bodemdalingen te kunnen constateren.

Na het begin van de bemaling van de bouwputten, welke plaatsvond tussen 15 december 1961 en 1 januari 1962 werden door enige boeren klachten geuit over zodanige bodemdalingen in een strook grond ter breedte van 200 à 300 m gelegen langs de weg van Tuindorp Oostzaan naar Oostzaan dat daardoor het grasland zelfs in droge perioden door een te hoge grondwaterstand of doordat zelfs water op het land kwam te staan, onbeweidbaar was geworden.

Aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding werd verzocht om aan de hand van de verzamelde gegevens na te gaan of kan worden vastgesteld of de bemaling van de bouwdokken bij Tuindorp Oostzaan de oorzaak kan zijn van de geconstateerde wateroverlast, danwel dat hiervoor andere redenen aanwezig kunnen zijn.

Op 24 september 1963 vond in het directiekantoor van Rijkswaterstaat een bespreking plaats tussen de heer T.Wolzak, technisch hoofdambtenaar van de Rijkswaterstaat, die bij afwezigheid van ir.H.Engel deze vertegenwoordigde, ir.F.Bontekoe, hoofdingenieur directeur van de Cultuurtechnische Dienst van de provinciale directie Noord-Holland, ir.P.D.Krijger van deze dienst, ir.W.C.Visser, adjunct directeur van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen, de heer W.D.Jagtenberg, graslanddeskundige van het Proefstation voor Akker- en Weidebouw te Wageningen en rapporteur.

Tijdens deze bespreking werd onder meer overeengekomen dat een afschrift van de beschikbare grondwaterstands- en hoogtegegevens zo spoedig mogelijk aan het I.C.W. zou worden toegezonden. Deze gegevens werden op 7 november respectievelijk 12 november 1963 ontvangen.

Na afloop van de bespreking werd een bezoek gebracht aan de percelen waaromtrent klachten over wateroverlast werden gemeld. Geconstateerd kon worden dat het grasland ter plaatse van de landbouwbuizen CL.9 en 10 inderdaad dras stond, hoewel tijdens de aan het bezoek voorafgaande dagen geen neerslag van betekenis was gevallen.

Het perceel gaf de indruk dat men hier te maken had met een ten opzichte van de omgeving relatief laag gelegen gedeelte met als gevolg daarvan een aan wateroverlast grenzende situatie. Deze indruk werd bevestigd door het veelvoudig voorkomen van vlotgras. Een onder deze omstandigheid optredende terreinzakking, van naar later zal blijken maximaal 8,5 cm, kan de situatie zodanig ongunstiger doen worden dat ook in perioden dat het grasland nog redelijk bruikbaar was, dit thans niet meer het geval is. Ervaren werd dat de draagkracht van de veengrond dusdanig achteruit was gegaan dat wij geregeld tot over de enkels in de grond wegzakten. De boer deelde nog mede dat bij het opstallen van het vee het passeren van het genoemde perceelsgedeelte met grote moeilijkheden gepaard ging, omdat de koeien voortdurend door de zodelaag heentrapten en tot hun buik wegzakten.

II. DE METHODE VAN ONDERZOEK

Om een daling van de grondwaterstand te kunnen vaststellen, die wordt veroorzaakt door een kunstmatige ingreep in de bestaande waterhuishoudkundige toestand van een gebied is een bepaalde opzet van het onderzoek

noodzakelijk. Deze dient er op te zijn gericht de klimaatsinvloed, welke de grondwaterstand mede bepaalt te elimineren. Een aantal grondwaterstandsbuizen, die regelmatig over het te beïnvloeden gebied verspreid moeten liggen, dient te worden geplaatst. Indien de bodem is opgebouwd uit lagen van verschillende samenstelling, dan verdient het aanbeveling een aantal diepe waarnemingsfilters te plaatsen, die het filter hebben in dezelfde laag als waaruit de wateronttrekking ten behoeve van een bemaling voor bijvoorbeeld een bouwput plaatsvindt. Voorts dient men te zorgen voor een of meerdere grondwaterstandsbuizen, met eventueel bovendien een waarnemingsfilter in de goed doorlatende ondergrond op een punt op grote afstand van het te bemalen object, waar de invloed van deze bemaling verwaarloosbaar klein kan worden geacht. Ingeval van een fluctuerend peil van open water dienen ook hierin peilschalen te worden ingericht.

De waarnemingen van de grondwaterbuizen, van de diepe filters en de peilschalen dienen geruime tijd voordat de ingreep, i.c. de bemaling van de bouwput een aanvang neemt, te beginnen. Deze waarnemingsreeks dient zo mogelijk een winter-en een zomerperiode te omvatten. Hierdoor wordt de bestaande hydrologische situatie binnen het gebied vastgelegd.

Nadat na het inwerkingtreden van de bemaling een zekere evenwichtstoestand is ingetreden, kan op de volgende wijze worden nagegaan of het grondwatervlak een daling heeft ondergaan en hoe groot deze is geweest. Van de meetgegevens uit de voorperiode worden waterstandsbetrekkingslijnen geconstrueerd voor ieder waarnemingspunt binnen het beïnvloede gebied met een ver waarnemingspunt, waar de invloed van de bemaling dus verwaarloosbaar klein is: zogenaamde fluctuatie diagrammen. Waar nodig kan voor het verre punt het peil van open water in de plaats treden, indien blijkt dat de grondwaterstand hierdoor in hoofdzaak wordt beheerst.

Wil men op een bepaald tijdstip de daling van het grondwatervlak of van de potentiaal van het diepe grondwater kennen, dan wordt met behulp van de waarneming in de "verre" buis en het fluctuatie diagram voor ieder waarnemingspunt de grondwaterstand of potentiaal gereconstrueerd voor het geval de bemaling niet aanwezig zou zijn geweest. Het verschil tussen de werkelijk gemeten grondwaterstand, respectievelijk potentiaal en de gereconstrueerde waarden geeft dan de gevraagde daling ten opzichte van een ongestoorde toestand.

Worden naast de grondwaterstandsdalingen, bodemdalingen als gevolg van inklinking of zettingen van bepaalde grondlagen niet uitgesloten geacht, dan dient een net van punten te worden ingericht, die als zakbakens kunnen dienen en waarvan de hoogteligging wordt bepaald door aanmeting aan een vast punt, waarvan zeker is dat dit geen verandering kan ondergaan. Waterpassingen vóór het begin van de bemaling en controle metingen op geregelde tijdstippen ná het inwerkingstellen dienen te geschieden al of niet gecombineerd met beschrijvingen van reeds aanwezige en later geconstateerde beschadiging (scheuren, breuken en dergelijke) van gebouwen en kunstwerken.

III. DE BESCHIKBARE GEGEVENS VAN HET COENTUNNEL-PROJECT

De bruikbaarheid van de gegevens, welke Rijkswaterstaat aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding ter beschikking stelde, voor het beoordelen van de juistheid van de veronderstelling dat de bemaling van de bouwdokken als oorzaak moet worden aangewezen voor de geconstateerde wateroverlast, dient te geschieden aan de hand van de in de vorige paragraaf vermelde eisen.

1. Het bodemprofiel

Uit gegevens ontleend aan de geologische kaart en bij mondelinge informatie verkregen van Rijkswaterstaat kan het bodemprofiel in de polder Oostzaan als volgt zeer globaal worden geschematiseerd:

1,20 m tot 5,00 m - N.A.P.,	veen
5,00 m tot 7,00 m - N.A.P.,	klei
7,00 m tot 17,00 m - N.A.P.,	een gelaagd pakket van sterk zandige klei en sterk slibhoudend zand, afgedekt door een kleilaag
17,00 m - N.A.P. en dieper,	goed doorlatend zand

Ter plaatse van de bouwputten en bij Tuindorp Oostzaan:

2,50 m tot 3,50 m - N.A.P.,	veen
3,50 m tot 5,00 m - N.A.P.,	klei en veen
5,00 m tot 13,00 m - N.A.P.,	sterk slibhoudend zand
13,00 m tot 14,00 m - N.A.P.,	klei
14,00 m - N.A.P. en dieper,	zand

2. Grondwaterbuizen

In totaal werden geplaatst 17 ondiepe landbouwbuizen, waarvan de buizen CL.1 tot en met 5, 16 en 17 in de Noorder IJpolder en de nummers CL.6 tot en met 15 in de polder Oostzaan. Hiervan staan de buizen CL.6 tot en met 12 in een raai tussen de Oostzaner Zeedijk en de weg Tuindorp Oostzaan naar Oostzaan, terwijl de buizen 13, 14 en 15 zijn gelegen in een raai tussen de Oostzaner Zeedijk en de weg van Oostzaan naar Zaandam. Bijlage 1 geeft een schematisch overzicht van het gebied.

Tijdens de voorperiode zijn van de buizen in de polder Oostzaan slechts twee waarnemingen beschikbaar. Hierdoor wordt de ongestoorde situatie in het gebied onvoldoende gekarakteriseerd. In de naperiode werden de buizen onregelmatig waargenomen, hetgeen deels moet worden geweten aan inundaties, deels aan het onvindbaar zijn van sommige buizen, terwijl herstellingen aan in ongerede geraakte buizen onvoldoende snel werden uitgevoerd. Bijlage 2 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens.

3. De diepe waarnemingsfilters.

Aanwezig waren twee hoofdraaien met diepe waarnemingsfilters, waarvan CAS.2-6 in oostelijke richting en CDS.1-6 in westelijke en noordwestelijke richting gerekend vanaf de bouwdokken (zie bijlage 1), De waarnemingspunten CFS en CFB.1½ en 2 liggen in Tuindorp Oostzaan en CES.4 langs de weg van deze plaats naar Oostzaan. De buizen CAS, CDS, CES en CFS hebben het filter in de zandondergrond op een diepte van 19 à 20 m - N.A.P., de buizen CFB op een diepte van 10 tot 11 m beneden N.A.P.

Waarnemingsgegevens van de filters van de waarnemingspunten CAS, CDS,en CES zijn aanwezig vanaf 17 april 1961 tot 1 oktober 1963, doch van de filters CFS.1½ en 2 slechts vanaf 27 maart 1962, en van CFB.1½ en 2 vanaf 28 augustus 1962. Van gegevens van deze laatstgenoemde waarnemingsfilters is derhalve verder geen gebruik gemaakt.

Daar de gegevens van de filters CAS, CDS en CES.4 wordt de ongestoorde toestand goed vastgelegd. Evenwel liggen al deze waarnemingspunten nog binnen de invloedssfeer van de bemaling. Een voldoende ver

van het bemalingscentrum gelegen waarnemingspunt ontbreekt dus.

4. De hoogtegegevens van controle punten

Op de verstrekte kaart stonden 69 punten vermeld, waaraan controle waterpassingen werden verricht.

De eerste waterpassing vond echter niet voor alle punten plaats vóór december 1961. Een overzicht van de waterpassingen geeft tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van de hoogtepunten en controle waterpassingen

Locatie	Aantal	Waterpassingsdata				
		1e	2e	3e	4e	5e
Tuindorp Oostzaan						
CFS.1½,CFS.2,CAS	3	7/'63	8/'63	9/'63	10/'63	-
F 1 tot en met 12	12	7/'63	8/'63	9/'63	10/'63	-
T 1 tot en met 8	8	7/'63	8/'63	9/'63	10/'63	-
Oostzaner Zeedijk						
A 1 tot en met 27	27	12/'61	1/11'63	-	-	-
Oostzaan						
Bruggen en gebouwen	5	5/'62	10/'63	-	-	-
K 1 tot 5	5	10/'63	-	-	-	-
CL.6 tot 10	5	8/'61	7/'63	20/9'63	10/10'63	23/10'63
LZB.7 tot 10	4	7/'63	20/9'63	10/10'63	23/10'63	-

IV. DE GRONDWATERSTANDEN EN DE -DALING IN HET GEBIED

De bemaling van de bouwputten geschiedt, naar volgt uit van Rijkswaterstaat verkregen inlichtingen, in twee horizonten. De ondiepe bemaling heeft de pompfilters in de slibhoudende zandlaag tussen 5 m en 13 m - N.A.P.; hiermee corresponderen de waarnemingsfilters CFB gelegen in Tuindorp Oostzaan. De diepe bemaling met pompfilters in de zandlaag met als top 14 m - N.A.P.; hiermee corresponderen de waarnemingsfilters CAS, CDS, CES en CFS.

1. De potentiaal daling van het diepe grondwater

Wegens het ontbreken van een ver van de bouwputten gelegen en dus onbeïnvloed waarnemingspunt kon de in hoofdstuk II geschetste methode ter vaststelling van potentiaal verlaging niet worden toegepast. Het bleek, dat zowel de waarnemingsfilters CAS.6 als CDS.6, die op respectievelijk 2550 m en 3300 m van de bouwputten zijn gelegen nog onder invloed van de bemaling staan. Dit blijkt ook uit bijlage 3.

In deze figuur werden de waarnemingen op gelijk tijdstip verricht in de filters CAS.6 en CDS.6 uitgezet tegen die van CES.4 welk punt op circa 1700 m van de bouwputten is gelegen. De gemiddelde potentiaal van het diepe grondwater bij deze filters werd berekend over de waarnemingsperiode 27 april 1961 tot 15 december 1961 en 3 januari 1962 tot 1 oktober 1963, waaruit de gemiddelde daling volgde. In de figuur van bijlage 3 werden deze gegevens ingetekend en in tabel 2 samengevat.

Tabel 2 Potentiaal daling in enige diepe waarnemingsfilters

Waarnemingsfilter	Gem.potentiaal over de periode 27/4-'61-15/12-'61 m-N.A.P.	1/3-'62-1/10-'63 m-N.A.P.	Daling m
CAS.6	2,67	3,15	0,48
CDS.6	2,29	2,60	0,31
CES.4	2,28	3,88	1,60

De hellingstangens van de betrekkingslijnen van bijlage 3 bedroeg vóór het inwerkingtreden van de bemaling 1,05 respectievelijk 1,08 voor de filters CAS.6/CES.4 respectievelijk CDS.6/CES.4 en tijdens de bemalingsperiode 0,58 respectievelijk 0,55. Zouden de waarnemingspunten CAS.6 en CDS.6 buiten de invloedssfeer van de bemalingsinstallatie van de bouw-

putten hebben gelegen, dan zouden de beide linker lijnen van de figuur evenwijdig aan zichzelf zijn verschoven over een afstand overeenkomende met de gemiddelde potentiaal verlaging van het diepe grondwater ter plaatse van CES.4, namelijk 1,60 m.

Aangezien een ver en dus onbeïnvloed waarnemingspunt dus niet beschikbaar was, werd de potentiaal verlaging van het diepe grondwater ter plaatse van de overige waarnemingspunten bepaald door het verschil te nemen tussen de waarnemingen op 15 december 1961 en 3 januari 1962, 30 juni 1961 en 28 juni 1962 respectievelijk 28 juni 1963. Deze verschillen werden in bijlage 4 uitgezet tegen de afstand tot de bouwdokken, waarna een gemiddelde lijn door de punten werd getrokken. Het bleek dat door de aldus verkregen punten voor de waarnemingsfilters CDS.1-5 een andere lijn moest worden getrokken, waarvan het verloop wees op een afstandsverkorting van circa 500 m vergeleken met de gegevens voor het verschil tussen 15 december 1961 en 3 januari 1962. Vermoedelijk is na laatstgenoemde datum de bemaling van de bouwput voor de Coentunnel in bedrijf gesteld.

Op grond van de gemiddelde lijnen van bijlage 4 werden de afstanden afgelezen, waarbij potentiaal verschillen tussen de situaties op 30 juni 1961 en 28 juni 1963 ter grootte van 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7 meter zich voordeden. Op bijlage 1 werden de op deze wijze verkregen lijnen van gelijke potentiaal dalingen ingetekend.

Het bleek dat op circa 1900 m afstand van de bouwdokken ter plaatse van het punt waar zich moeilijkheden voordoen in verband met vermeende terreindalingen, de potentiaal verlaging van het diepe grondwater circa 1,10 m bedraagt. Op de mogelijke gevolgen hiervan zal nog nader worden teruggekomen.

2. <u>De daling van het freatisch vlak</u>

Ook in dit geval doet zich de complicatie voor dat geen zogenaamde "verre" vergelijkingsbuis aanwezig is. Bovendien ontbreken waarnemingsgegevens in de periode 27 april 1961 tot 15 december 1961 vrijwel geheel. Het vaststellen van een grondwaterstandsdaling zowel op de gebruikelijke manier als met de methode van verschillen in grondwaterstand tussen corresponderende data voor en na het begin van de bemaling was dus niet mogelijk.

Op bijlage 5 staan een aantal fluctuatie diagrammen weergegeven voor de buizen CL.6-10 met CL.14 als vergelijkingsbuis. Het ware beter geweest CL.15 te nemen, doch hiervan waren in totaal slechts een drietal waarnemingen beschikbaar. Uit bijlage 1 kan worden afgelezen, dat de potentiaal verlaging van het diepe grondwater in juni 1963 ter plaatse van CL.14 circa 0,70 m bedroeg; derhalve 0,4 m minder dan bij CL.10. Wanneer zich op beide plekken dezelfde omstandigheden zouden voordoen, dan zou dit betekenen dat ter plaatse van CL.14 de daling van de grondwaterstand kleiner zou zijn dan bij CL.10.

Het fluctuatie diagram van CL.10 en CL.14 laat zien dat de enige gemeenschappelijke waarneming vóór 15 december 1961 redelijk goed bij de gemiddelde lijn past die door de overige punten werd getrokken. Uit een dergelijke vergelijking voor de buizen CL.6, 7, 9 en 10 zou volgen dat de daling daar gemiddeld 19, 13, 10 en - 3 cm groter zou zijn geweest dan bij CL.14, waarbij dus geen rekening is gehouden met de geconstateerde relatief kleine bodemdalingen, die overigens ter plaatse van CL.14 onbekend zijn. Een dergelijke conclusie steunende op een enkel gegeven staat, gezien bovendien de spreiding van de overige punten om de gemiddelde lijn, echter wel bijzonder zwak.

Het polderpeil van de polder Oostzaan bewoog zich tijdens de waarnemingsperiode tussen 1,33 m en 1,39 m - N.A.P. en kan dus als constant worden beschouwd. In de figuren van bijlage 5 werd dit peil ingetekend. Hierbij blijkt dat de grondwaterstand in de zomer beneden het polderpeil zakt en er dus infiltratie plaatsvindt. Tijdens de winterperiode in 1962 en 1963 stond het land onder water en werden geen metingen verricht, zodat de "grondwaterstand" gelijk polderpeil kon worden genomen.

Het maaiveld ter plaatse van de buizen CL.6 tot en met 10 ligt op circa 1,47 m - N.A.P. Uit de COLN-gegevens blijkt dat de grondwaterstanden in de winter zich bewegen tussen 1,47 m en 1,67 m - N.A.P. (0-0,20 m beneden maaiveld) en in de zomer tussen 1,87 m en 2,17 m - N.A.P. (0,40-0,70 m - maaiveld). Deze gegevens vergeleken met de tijdens de bemalingsperiode gemeten standen (diepste stand circa 1,69 m - N.A.P.) in de buizen CL.6-10 geven niet de indruk dat zich een verlaging van de grondwaterstand sinds de inwerkingtreding van de bronbemalingen in de bouwputten heeft voorgedaan.

V. DE BODEMDALINGEN

In tabel 1 staan de data vermeld waarop de verschillende controle hoogtepunten werden gewaterpast. In de figuur van bijlage 1 werden de verschillen in mm hoogteligging tussen de eerste en de laatst verrichte controle waterpassing vermeld. Wanneer de lijn van gelijke terreindaling van 10 mm wordt getrokken dan omgrenst deze een strook grond ter breedte van circa 500 m. Deze strook loopt van Tuindorp Oostzaan in noordnoordoostelijke richting en geeft bij het punt CL.10 de grootst bekende terreindaling te zien. Merkwaardig is dat bij de punten CL.6 en 7 terreinstijgingen van 38 respectievelijk 18 mm werden gemeten. De punten welke langs de Oostzaner Zeedijk zijn gelegen vlak bij CL.6 vermelden echter een daling van 8 à 9 mm. Deze terreinstijgingen zullen echter wegens hun geringe importantie verder onbesproken blijven.

Voor de punten CL.6-10 en de later bijgeplaatste LZB.7-10 volgen in tabel 3 meer gedetailleerde gegevens.

Tabel 3 Terreindalingen in mm bij de punten CL.6-10 en LZB.7-10

	Geconstateerde daling in mm op:				
	1/8-'61	10/7-'63	20/9-'63	10/10-'63	23/10-'63
CL. 6	0	-55	-	-37	-38
7	0	-12	-14	-16	-18
8	0	9	4	5	4
9	0	37	48	38	42
10	0	86	-	80	79
LZB. 7	(0)	0 (-12)	-10 (-22)	-14 (-26)	-14 (-26)
8	(0)	0 (9)	- 3 (6)	- 8 (1)	-10 (- 1)
9	(0)	0 (37)	4 (41)	- 5 (32)	- 7 (30)
10	(0)	0 (86)	33 (119)	18 (104)	19 (105)

N.B. De bij de LZB-punten tussen haakjes vermelde gegevens zijn de met behulp van de CL-gegevens herleide waarden voor de terreinbeweging sinds augustus 1961.

Aannemende dat de metingen foutloos zijn dan zou het terrein onder invloed van de grondwaterstand voortdurend in beweging zijn. Een wat grotere zakking in de zomer, gevolgd door een kleine stijging in de winter.

De 5 controle punten langs de weg naar Oostzaan bevinden zich bij bruggen en gebouwen. Door een steviger fundering (palen!) vertonen deze geen of slechts een geringe zakking.

Wanneer wordt aangenomen, dat de grondwaterstand niet of nauwelijks door de bemaling werd beïnvloed, zodat dus van inklinking van de veenlaag geen sprake is, dan lijkt het waarschijnlijk dat de oorzaken voor de terreindalingen moeten worden gezocht in de diepe ondergrond, en dat deze verband houden met de potentiaal verlaging van het diepe grondwater.

Grondwaterstand in de zomer 1961 circa	1,60 m - N.A.P.
Stijghoogte diep grondwater in de zomer 1961 circa	2,40 m - N.A.P.
Verschil	0,80 m

Er was dus in de ongestoorde toestand een potentiaal verschil van circa 0,80 m verticaal naar beneden gericht. In de maand juni 1963 bedroeg de verlaging van de potentiaal van het diepe grondwater volgens de figuur van bijlage 1 circa 1,90 bij CL.6 tot 1,10 m bij CL.10. Dit komt dus neer op een toename van de belasting van de op de zandondergrond liggende ondoorlatende (klei)laag met 0,19 - 0,11 kg/cm^2.

Klei, sterk slibhoudend zand en veen behoren tot de samendrukbare gronden. Onder invloed van een belasting vertonen ze de neiging tot zettingen. Voorwaarde is echter dat water moet worden afgegeven. Bij ondoorlatende kleilagen is deze waterafgifte niet mogelijk of geschiedt uiterst langzaam. Bekend is dat de waterspanningsverhoging in dergelijke lagen tengevolge van een toename van de belasting na een lange reeks van jaren nog slechts weinig is afgenomen. Waar dus een ondoorlatende kleilaag in het gebied rond de bouwputten voorkomt zullen de terreinzakkingen onbetekenend zijn. Waar echter deze kleilaag verdwenen is en werd vervangen door ander materiaal met een zekere, evenwel toch altijd nog kleine doorlatendheid, dan ontstaat daar de mogelijkheid van waterverlies onder invloed van het sterk toegenomen geconstateerde potentiaal verschil tussen het ondiepe en diepe grondwater. De grenslagen van het sterk slibhoudende zand zullen een van onder naar boven toe voortschrijdende zetting vertonen, zich uitende in een terreinzakking. De eerder genoemde strook ter breedte van circa 500 m van bijlage 1 zou zulk een met ander materiaal opgevulde oude kreek kunnen zijn, waarin zich zettingen in de ondergrond hebben voorgedaan. De omstandigheden voor het optreden van zettingen

binnen deze strook zouden dus bij de punten CL.9 en 10 gunstiger zijn dan in het overige deel daarvan, waar maximaal 3 cm werd gevonden.

Het potentiaal verschil van 80 cm in de ongestoorde toestand biedt tevens een verklaring voor het feit, waarom de plek bij CL.9 en 10 vroeger ook reeds als "natter" dan de omgeving bekend stond. De ondergrond verkeerde nog steeds in de hydrodynamische periode, dat wil zeggen dat in deze diepe grondlagen het seculaire settingsproces nog steeds voortgang vond, wellicht sinds de inpoldering van de Noorder IJpolder vele jaren geleden. Daar de zetting met de logarithme van de tijd samenhangt zal deze direct na de toename van de belasting (hier van het potentiaal verschil) groot zijn, doch geleidelijk steeds kleiner worden. De geconstateerde terreindaling vormt dus het eerste stadium van het steil verlopende deel van de tijdzakkingscurve, terwijl het gebied zich vóór de bemaling in het vrijwel horizontaal verlopende deel bevond.

De slechte doorlatendheid van het grondpakket tussen de goed doorlatende ondergrond en het maaiveld verklaart voorts waarom geen grondwaterstandsdalingen van betekenis zijn geconstateerd in de omgeving van de landbouwbuizen.

VI. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden geformuleerd:

1. De voor de bouwputten noodzakelijke bronbemalingen hebben tot op een afstand van 3000 à 3500 m vanaf deze werkobjecten duidelijk constateerbare potentiaal verlagingen in het diepe grondwater veroorzaakt. Op circa 3000 m bedraagt deze verlaging nog circa 0,5 m.
2. Wegens het ontbreken van een onbeïnvloede ver van de bemalingscentra gelegen waarnemingsfilter moest bij de vaststelling van de verlaging worden gebruikgemaakt van verschillen tussen de meetgegevens in overeenkomstige maanden van de jaren 1961, 1962 en 1963. Klimaatsinvloeden zijn op deze wijze echter niet te elimineren.
3. Metingen van de grondwaterstand in landbouwbuizen zijn in onvoldoende mate verricht, vooral in de periode vóór de bemaling. Een op grote afstand van de bemalingscentra gelegen vergelijkingsbuis ontbreekt. Om deze redenen kon geen zekerheid worden verkregen omtrent

de vraag of er sinds het in werking stellen van de bemaling een grondwaterstandsdaling ten opzichte van het maaiveld is opgetreden. Op grond van gemeten grondwaterstanden in het gebied, die goed overeenkomen met de gegevens van de COLN, wordt het waarschijnlijk geacht dat zich geen daling van betekenis heeft voorgedaan.

4. De geconstateerde bodemdalingen lijken zich te concentreren in een vanuit Tuindorp Oostzaan in noordnoordoostelijke richting lopende 500 m brede strook. Deze zou een met voor zetting gevoelig materiaal opgevulde oude kreekbedding kunnen zijn. Tengevolge van de potentiaal verlaging zal een uit dergelijk materiaal samengestelde laag zettingen gaan vertonen. De slechte doorlatendheid van de zich direct onder het veen bevindende grondlaag voorkomt een grondwaterstandsdaling.
   Inklinking van de oppervlakkige veenlaag wordt, hoewel niet uitgesloten, derhalve niet waarschijnlijk geacht.
5. Hoewel hieromtrent geen absolute zekerheid kon worden verkregen, lijkt een oorzakelijk verband tussen de door de bemaling veroorzaakte potentiaal verlaging van het diepe grondwater en de geconstateerde bodemdalingen aan weinig twijfel onderhevig. Een bodemdaling van 8 à 9 cm bij een maaiveldhoogte van circa 1,47 m - en een polderpeil van 1,35 m - N.A.P. heeft voor veengronden ernstige consequenties ten aanzien van de ontwateringsdiepte en de draagkracht van de grond. Aangezien bodemzettingen in de regel voor circa 70% als permanent moeten worden beschouwd, zullen de gevolgen daarvan ook als blijvend dienen te worden aangemerkt.
6. Nu de oorspronkelijke toestand in het gebied door de bemaling van de bouwputten is verstoord kan door bijplaatsing van diepe filters en landbouwbuizen zowel dichtbij als op grote afstand van de bouwputten geen reconstructie van de ongestoorde toestand meer plaatsvinden. Wel zou in de toekomst een wat meer gedetailleerd beeld van de potentiaal verlaging van het diepe grondwater kunnen worden verkregen op de wijze als beschreven.
7. Als aanvullend onderzoek zou kunnen worden overwogen door boringen de omvang van de veronderstelde strook van maaiveldsverlagingen te begrenzen. Het steken van ongeroerde monsters, dan wel het uitvoeren van diepsonderingen zou hiervoor nodig zijn.

Wageningen, december 1963.

192/1263/20/13