INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA nr. 328, d.d. 6 januari 1966

De oorzaken van een terreindaling in de Polder Oostzaan nabij waarnemingspunt C. L. 10.

ir. J. J. Kouwe

Inleiding

Bij de veengronden in de Polder Oostzaan heeft zich een terreindaling voorgedaan, welke het gevolg kan zijn van enerzijds een lagere potentiaal van het diepe grondwater veroorzaakt door bemaling daarvan ten behoeve van de bouwputten voor de tunnelelementen van de Coen- en Y-tunnels en anderzijds van de gebruikelijke ontwateringsmaatregelen getroffen door de boer en door het waterschap. Terreindaling is reeds vele jaren een bekend en overal in het veengebied voorkomend verschijnsel.

Afhankelijk van de bodemgesteldheid mag men verwachten dat deze terreindaling niet overal even groot zal zijn en even snel zal verlopen. De gemiddelde maaiveldsdaling zal in een polder gecompenseerd worden door een verlaging van het polderpeil. Ook in de Polder Oostzaan is deze geleidelijke verlaging van het polderpeil uit de beschikbare gegevens te reconstrueren.

De terreindelen met de neiging tot de grootste klink, dit zijn de slapste gronden, zijn meestal de laagste delen van de polder en daardoor het slechts ontwaterd. Ze reageren echter ook in sterkere mate op elke spanningsverandering die wordt aangebracht dan de drogere wat stevigere gronden.

Het probleem van de klink in een polder is in werkelijkheid een probleem van verschil in klink tussen de meer en minder klinkgevoelige gronden van die polder. Dit probleem staat los van de vraag, welke water onttrekkingen en ontwateringsmaatregelen in een bepaald geval een terreindaling veroorzaken. In een industriegebied werken op elk moment vele invloeden op de diepwaterpotentiaal in, waardoor telkens nieuwe van plek tot plek zich wijzigende klinkverschijnselen kunnen worden.

Bij de berekening van het aandeel dat de bouwput bemalingen bij Tuindorp Oostzaan hebben gehad in de geconstateerde terreinzakkingen dient het principe van het "with and without" te worden toegepast. De vraag wordt daarmee teruggebracht tot de vraag, welke terreindalingen bepaalde ontwateringsmaatregelen hebben veroorzaakt en hoe groot deze geweest zouden zijn wanneer daarop de invloed van de bouwput bemaling zou worden gesuperponeerd.

Het verschil tussen de twee berekende zettingsbedragen vormt dan het aandeel dat de bouwputbemalingen daarin hebben gehad.

I. De mogelijke oorzaken van de terreindaling.

In de polder Oostzaan nabij het waarnemingspunt CL.10. heeft zich een terreindaling voorgedaan van ca. 80 mm. Hierdoor wordt op het betreffende perceel grote wateroverlast ondervonden. Als mogelijke oorzaken voor de terreindaling zijn de volgende aan te wijzen:

1. de normale grondwaterstandsfluctuaties onder invloed van de seizoenswisselingen; polderpeil constant.
2. een geleidelijke verlaging van het polderpeil in de loop der jaren;
3. onderbemaling op het betreffende perceel;
4. wateronttrekking aan de diepe, onder het veen aanwezige zandlagen;
   a. door het sinds lange jaren aanwezig zijn in de naaste omgeving van polders met een lager polderpeil;
   b. door de recente bemaling van de bouwputten voor de tunnelsegmenten voor de Y- en de Coentunnel.

II. Enkele factoren die de bestaande toestand karakteriseren.

De omstandigheden welke bij de beoordeling van de factor(en) die als oorzaak voor de geconstateerde terreindaling van 80 mm in aanmerking dienen te worden genomen zijn de volgende.

1. Het polderpeil van de Polder Oostzaan was gemiddeld over de periode april '61 t/m oktober ' 63 1,35 m - NAP. Evenwel zou uit de gegevens opgemaakt kunnen worden dat sinds juli '62 een daling van ca 2 cm zou zijn opgetreden.
2. De polders met een laag peil in de omgeving (Twiske Polder, Noorder Y-Polders), waren reeds lang voor de aanvang van de bemaling van de bouwputten aanwezig;
3. Onderbemalingsinstallaties, voor landbouwkundige doeleinden (windmolens) dateren uit de jaren 1955-1961 en voor de industrie (dieptebemalingen met filters op 30-90 m) uit de jaren 1946-1961. Eén installatie, op grote afstand (1,5 km) van het object gelegen, werd in 1962 in bedrijf gesteld.

4. De geconstateerde terreindaling is volgens de gegevens ingetreden na de aanvang van de bemaling van de bouwputten in december 1961. Uit de hoogtemetingen van de koppen van de waterstandsbuizen blijkt tevens dat een ongelijke zetting heeft plaats gevonden.

	CL. 10		gem. CL. 7 en 8		
	meting m - NAP	daling mm	meting m - NAP	daling mm	Polderpeil m - NAP
aug. '61	1.470	0	1.345	0	1.34
10 juli '63	1.556	86	1.343	-2	1.38
10 okt. '63	1.550	80	1.340	-5	1.39
23 okt. '63	1.549	79	1.338	-13	1.38
10 dec. '63	1.552	82	1.346	1	
jan. '64	1.554	84	1.347	2	
apr. '64	1.554	84	1.343	-2	

Het valt op dat het terrein bij CL. 10 ca 8 cm. is gedaald, terwijl bij CL. 7 en 8 geen daling van betekenis is te constateren. Tevens valt op dat in augustus'62 de buiskop van CL. 10 reeds ca. 13 cm. onder polderpeil is gelegen. Bij CL. 7 en 8 zijn de buiskoppen ongeveer gelijk met polderpeil. Houdt men er rekening mee dat de waterstandsbuizen 10 à 12 cm. onder maaiveld zijn afgewerkt dan betekent dit dat het hoge deel van het perceel in aug.'61 nog een ontwateringsdiepte had van 10 à 12 cm doch dat het terrein bij CL 10 reeds dras stond, welke situatie door een zakking van 8 cm resulteerde in een maaiveldhoogte van ca 5,5 cm onder polderpeil. Hierbij is dan nog rekening gehouden met een polderpeildaling van ca 2 cm (1,36 - 1,38 - NAP).

De conclusie is dat het hoge deel van het perceel waarop de waarnemingspunten CL. 7 en 8 gelegen zijn volgens landbouwkundige maatstaven reeds een minimale ontwateringsdiepte had terwijl daarentegen het gedeelte bij CL. 10 altijd reeds een zeer nat stuk land geweest is.

5. De laagste gemeten grondwaterstand bij CL. 10 werd gemeten op 13 juli 1962 en was 1,93 m - NAP of ca. 0,46 m onder oorspronkelijke maaiveldhoogte. In de winter staat het terrein dras of onder water.

6. De waterspanning in de zandlaag op 17,50 m - had oorspronkelijk een potentiaal van ca 2,50 m - NAP. Berekend werd dat deze na in werking treden van de bemalingen van de bouwputten terugliep tot ca 3,50 m - NAP.

7. Het bodemprofiel ter plaatse van CL. 10 kan als volgt worden geschematiseerd:

1.45 - 4.20 m - NAP veen
4.20 - 6.90 m - complex zandige leem- en kleilagen
6.90 -15.00 m - zand
15.- -17.50 m - complex zandige leem- en kleilagen
dieper dan 17.50 m - zand.

8. Door het Laboratorium voor Grondmechanica werden waterspanningsmeters geplaatst, waaruit de volgende gegevens konden worden afgeleid:

Tabel 1. Het spannings- en potentiaal verloop van het grondwater bij CL. 10.

diepte t.o.v.NAP	watersp. m - NAP	verschil t.o.v. maaiveld 1.45 m - gemeten	per m' drukverschil
3.55 m -	1.75	-0.30	0.18
3.85 m -	1.90	-0.45	0.28
6.92 m -	2.32	-0.87	0.53
12.91 m -	2.31	-0.86	0.53
17.90 m -	3.10	-1.65	1.00

III. De analyse van de oorzaken voor de opgetreden terreindaling.

Bij de analyse van de oorzaken voor terreindalingen opgesomd in paragraaf I zal worden uitgegaan van de volgende veronderstellingen.

1. De maximale ontwateringsdiepte is 0,20 m geweest; geen onderbemaling voor augustus 1961; waterspanning in 2e zandlaag 2,50 m - NAP.
2. De maximale ontwateringsdiepte is 0,45 m geweest; wél onderbemalingen vóór augustus 1961; waterspanning in 2e zandlaag 2,50 m - NAP.
3. Als 1 en 2 doch met een waterspanning in de 2e zandlaag van 3,50 m - NAP.
4. Het relatieve spanningsbeloop weergegeven in de laatste kolom van tabel 1 is constant. De potentiaal van het water in het diepe zand wordt niet beïnvloed door potentiaal veranderingen van het phreatische water.
5. Soortgelijk gewicht veen γ_v = 1,18
   " " klei/leem complex = γ_k = 1.56
   " " zand γ_z = 2.00
   Samendrukkingsconstante $C_{v.1}$ = 10
   $C_{v.2}$ = 30
   C_k = 33
   C_z =100
6. Bij de berekeningen is verondersteld dat de zetting onmiddellijk plaats vindt en dat daarmee dus geen tijd gemoeid is. (hydrodynamische periode = o).

Met behulp van de in tabel 1 vermelde spanningsverhoudingen van het grondwater in de verschillende spanningsfilters werd in figuur 1 A voor een stijghoogte van het water in de tweede zandlaag van 2,50 m- en 3.50 m- NAP het spanningsverloop in de verschillende grondlagen weergegeven bij een ontwateringsdiepte van de veenlaag van 0, 0,20 en 0,45 m- maaiveld. Vervolgens werd het spanningsverloop in de veenlaag geschematiseerd zoals aangegeven in figuur 1.B. In de figuren 1.A en 1.B werden de korrel- en waterspanningen in de grensvlakken tussen de verschillende bodemlagen afgelezen. Deze gegevens werden samengebracht in tabel 2.

Tabel 2: Water- en Korrelspanningen in de grensvlakken tussen de bodemlagen bij CL.10.bij verschillende toestanden.

Pot. water 2e zandl.				2,50 m - N.A.P.						3,50 m - N.A.P.					
gr.waterstand m-mv				0		0,20		0,45		0		0,20		0,45	
ondergrens:	ondergrens m - NAP	ondergrens m -mv	grond sp. σ_g	Water- en Korrelspanningen t/m2											
				σ_w	σ_k	σ_w	σ_k	σ_w	σ_k	σ_w	σ_k	σ_w	σ_k	σ_w	σ_k
Veenlaag	4,20	2,75	3,25	2,42	0,83	2,28	0,97	2,07	1,18	2,07	1,13	1,92	1,33	1,73	1,52
le Kleilaag	6,90	5,45	7,45	4,91	2,55	4,82	2,64	4,70	2,76	4,17	3,29	4,29	3,17	4,38	3,08
le Zandlaag	15,00	13,55	23,65	13,00	10,66	12,92	10,74	12,78	10,88	12,45	11,21	12,35	11,31	12,25	11,41
2e Kleilaag	17,50	16,05	27,55	15,00	12,56	15,00	12,56	15,00	12,56	14,00	13,56	14,00	13,56	14,00	13,56
Codering : toestand				I		II		III		A		B		C	

De spanningstoestand van het grondwater werd aangeduid door de codering I t/m III voor de ongewijzigde situatie van vóór dec. 1961 en met A t/m C voor de situatie na deze datum, waarbij dus de invloed van de bouwput bemaling aanwezig was.

Met behulp van de gegevens van tabel 1 en de betrekking: $Z = \frac{100 \cdot D}{C} \ln \frac{p + \Delta p}{p}$ werden zettingsberekeningen uitgevoerd voor de verschillende grondlagen (z = zetting in cm; D = laagdikte in M; C = samendrukkings constante; p = belasting van de laag in ton/m2 en Δp= toename van de belasting.)

De zettingsberekeningen werden zo uitgevoerd dat situatie I steeds als vergelijkingsbasis werd aangehouden. De situatie wijziging van I naar II betreft de normaal te achten fluctuatie van het grondwater onder invloed van de seizoens invloeden. De hierdoor veroorzaakte belastings wisselingen blijven dus binnen het voorbelaste traject van 0,2 ton/m2. De hiermee samenhangende zettingen werden als volkomen elastisch beschouwd ($C = C_2 = 3C_1$).

De toestandsverandering I naar III geeft dus het effect van een onderbemaling van de veenlaag tot een grondwaterstand van 0,45 m - maaiveld. Dit kan dus zowel verondersteld worden te hebben plaats gehad onder een voorspanning van 0,2 als van 0,45 ton/m2.

De situaties A t/m C zijn de zelfde als van I t/m III waaraan toegevoegd het effect van de bemaling van de bouwputten. Een voorbeeld van de berekening voor de belastingsverandering I naar B wordt gegeven in Bijlage 1.

In tabel 3 staan vermeld de berekende zettingen in de ondergrond voor de verschillende toestandsveranderingen.

Tabel 3: Zettingen in de ondergrond bij CL.10.

Toestands-verandering	Zetting ondergrond (cm) bij voorbelasting			
	0,2 t/m2		0,45 t/m2	
	zetting	invloed bemaling	zetting	invloed bemaling
I - A	3,32	3,32	2,57	2,57
I - II	0,10		0,10	
		3,29		2,42
I - B	3,39		2,52	
I - III	1,20		0,46	
		2,40		2,43
I - C	3,60		2,89	

Het blijkt dat de zetting in de ondergrond bij de meest extreme combinatie van omstandigheden (I - C) ca. 3,6 cm bedraagt, waarvan 2,40 cm aan de bouwputbemaling kan worden toegeschreven. Wordt echter aangenomen dat het terrein tengevolge van bestaande onderbemalingen van de veenlaag reeds een voorspanning van 0,45 t/m2 heeft ondergaan, dan bedraagt de maximale zetting 2,89 cm, waarvan dan weer ca. 2,43 cm door de bouwputbemalingen werd veroorzaakt.

Voor de veenlaag: leverden de berekeningen de volgende resultaten (tabel 4).

Tabel 4 : Zettingen in de veenlaag bij CL. 10

Toestands-verandering	zettingen veenlaag (cm) bij voorspanning			
	0,2 t/m2		0,45 t/m2	
	zetting	invloed bemaling	zetting	invloed bemaling
I - A	4,52	4,52	3,23	3,23
I - II	2,89		2,89	
		7,31		3,59
I - B	10,20		6,48	
I - III	10,89		5,56	
		4,53		2,59
I - C	15,42		8,15	

De verlaging van de potentiaal van het diepe grondwater alleen (I - A) kan dus een zetting hebben veroorzaakt van 4,52 cm resp. 3,23 cm afhankelijk van de veronderstelde terrein voorspanning van 0,2 resp. 0,45 ton/m2. Gaat deze potentiaaldaling bovendien in combinatie met een grondwaterstandsdaling, dan treden zettingen op van 10,20 cm en 15,42 cm bij 0,20 m resp. 0,45 m grondwaterdalingen. Worden van de gevonden zettingen weer afgetrokken de berekende voor de toestanden (I - II) en (I - III) dan wordt de invloed van de bouwputbemaling verkregen. Deze blijkt bij de toestandsverandering (I - B) het grootst te zijn, en wel 7,31 cm.

Wanneer de zettingen in de veenlaag en in de ondergrond gesommeerd worden wordt de zakking van het maaiveld verkregen (tabel 5).

Tabel 5: Terreindaling bij CL. 10 onder invloed van verschillende toestandsveranderingen.

Toestands-verandering:	Zakking maaiveld (cm) bij voorspanning:			
	0,2 t/ m2		0,45 t/m2	
	Totaal	invloed bemaling	Totaal	invloed bemaling
I - A	7,84	7,84	5,80	5,80
I - II	2,99	10,60	2,99	6,01
I - B	13,59		9,00	
I - III	12,09	6,93	6,02	5,02
I - C	19,02		11,04	

Wanneer de uitkomsten van bovenstaande zettingsberekeningen worden vergeleken met de bij CL. 10 geconstateerde terreindaling van 8 cm, dan valt op dat de toestandsverandering (I - B) met een berekende terreindaling van 9,0 cm daarmee goed overeenkomt. Wanneer derhalve de bij de berekeningen gedane veronderstellingen en aannamen als een juiste weergave van de werkelijkheid worden aanvaard dan volgen daaruit de volgende conclusies:

1. het terrein heeft reeds voor de aanvang van de bemaling van de bouwputten tengevolge van de onderbemalingen een grondwaterstand van 0,45 cm - mv (1,90 m - NAP) gehad en als gevolg daarvan een voorspanning van ca 0,45 ton/m2 ondergaan.
2. Van de geconstateerde terreindalingen kan ca 3 cm (toestandsverandering I-II) als elastisch worden beschouwd. Deze terreinhoogte fluctuatie heeft zich ook vóór de bemaling van de bouwputten reeds voorgedaan.
3. De daling van het maaiveld bij CL. 10 die na het eindigen van de bemaling van de bouwput zal overblijven en welke het directe

gevolg is van deze bouwputbemaling zal ca. 6 cm bedragen. Deze zou als een bovengrens kunnen worden aangehouden bij eventuele onderhandelingen over een schadevergoeding.

4. Dan is er nog het punt van de polderpeilverlaging welke gedurende de periode 1963-1965 ca 2 cm zou hebben bedragen. Zou men een gelijke daling van het maaiveldveronderstellen dan zou de blijvende terreindaling veroorzaakt door de bemaling van de bouwputten ca 4 cm. bedragen.

Naschrift.

De uitkomsten van bovenstaande beschouwingen en daarmede de daaruit getrokken conclusies worden in hoge mate beinvloed door enkele aannamen. In het bijzonder wordt hierbij gewezen op de mate van voorspanning die de veenlaag in het verleden reeds heeft ondergaan. Zou bijvoorbeeld deze voorspanning 1 ton/m2 in plaats van 0,2 of 0,45 ton/m2 geweest zijn dan zouden alle geschetste toestandsveranderingen zich afgespeeld hebben binnen het voorbelastingstraject, en zouden de zakkingen slechts rond één derde van de in tabel 5 vermelde bedragen.

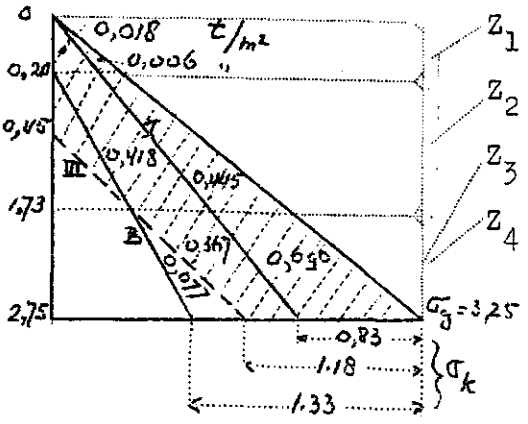
Een tweede punt van onzekerheid vormt de gekozen waarden voor de samendrukkingsconstanten. Deze berusten op een schatting verricht door het Laboratorium voor Grondmechanica. (schr.8334/351 en 386).

Een nauwkeuriger analyse van de geconstateerde terreinzakking zal slechts mogelijk zijn indien omtrent de aan te houden samendrukkingsconstanten en de mate van voorspanning meer zekerheid wordt verschaft.

Wageningen, december 1965

Zettingsberekening voor het waarnemingspunt CL. 10. in de Polder Oostzaan voor de spanningstoestandverandering weergegeven door I-- B.

Veenlaag



$Z_1 = \frac{20}{30} \ln \frac{0,024}{0,006} = 0,92$ cm

$Z_2 = \frac{153}{30} \ln \frac{0,863}{0,445} = 3,38$ cm

$Z_3 = \frac{102}{30} \ln \frac{1,057}{0,690} = 1,45$ cm

$Z_4 = \frac{102}{10} \ln \frac{1,134}{1,057} = 0,73$ cm

zetting veenlaag : 6,48 cm

1e Kleilaag

$Z_1 = \frac{270}{100} \ln \frac{3,94}{3,38} = 0,42$

$Z_2 = \frac{270}{33} \ln \frac{4,50}{3,94} = 1,09$

zetting le kleilaag : 1,51 cm

1e Zandlaag

$Z_1 = \frac{810}{300} \ln \frac{13,64}{13,21} = 0,09$

$Z_2 = \frac{810}{100} \ln \frac{14,48}{13,64} = 0,49$

zetting le zandlaag: 0,58 cm

2e Kleilaag

$Z_1 = \frac{250}{100} \ln \frac{23,44}{23,22} = 0,03$

$Z_2 = \frac{250}{33} \ln \frac{24,87}{23,44} = 0,40$

zetting 2e kleilaag: 0,43 cm

Totale zetting 9.00 cm

Figuur 1

Het grond- en waterspanningsverloop bij waarnemingspunt CL.10 in de Polder Oostzaan