

NN31545.0506

NOTA 506

17 maart 1969

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ZAKKING VAN MAAIVELD IN DE
TWISEPOLDER (N-H)

C.J. Schothorst

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW



Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking.

148988

I N H O U D

	blz.
INLEIDING	1
DE TOESTAND VOOR DROOGLEGGING IN 1937	3
Hoogte maaiveld	3
Bodemprofiel	4
Te verwachten klink	4
MAAIVELDHOOGTE EN BODEMGESTELDHEID IN 1968	5
ANALYSE VAN DE ZAKKING	8
BEREKENING VAN KLINK (z_k)	12
BEREKENING VAN KLINK VÓÓR PEILVERLAGING	14
BEREKENING VAN KLINK VOLGENS HALAKORPI-SEGEERBERG	14
BEREKENING VAN OXYDATIE VAN ORGANISCHE STOF (z_o)	15
BEREKENING VAN KRIMP (z_1)	15
DE ZAKKING IN AFHANKELIJKHEID VAN DE TIJD	17
SAMENVATTING	19

SECRET

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

INLEIDING

In de zomer van 1937 werd in opdracht van de Cultuurtechnische Dienst door het Bodemkundig Instituut te Groningen een onderzoek ingesteld in het gebied van de huidige Twiskepolder in verband met plannen tot inpoldering, drooglegging en ontginning van een complex uitgeveende gronden gelegen in de gemeenten Landsmeer, Ilpendam en Oostzaan (Noord-Holland).

Het doel van het onderzoek was tweeledig, namelijk: het verkrijgen van gegevens omtrent de landbouwkundige waarde van de droog te leggen gronden en gegevens betreffende de te verwachten zakking van maaiveld na verlaging van het waterpeil van enkele meters.

De ontginning zou worden uitgevoerd binnen het kader van werkverschaffing.

In 1941 werd met de uitvoering een aanvang gemaakt door het aanbrengen van een ringvaart met kade en het graven van een hoofdwaterlossing. In 1943 begon het droog maken van de polder. Als gevolg van de afnemende werkeloosheid in de na-oorlogse jaren werden de ontginningswerkzaamheden in 1952 stopgezet.

Van de totale oppervlakte van circa 650 ha was toen ongeveer 200 ha tot cultuurland ontgonnen, namelijk het zuidelijk deel van de Twiskepolder.

Binnen het ontgonnen complex bleef echter een oppervlakte van circa 10 ha tot heden in natuurlijke toestand liggen, zoals het na droogmalen was komen te verkeren. Dit terrein ligt oostelijk van het dorp Oostzaan (zie fig. 1).

Het vormt een zeer geschikt object om het proces van zakking van het veenprofiel na een rigoureuze peilverlaging te bestuderen in vergelijking met de uitgangstoestand en in vergelijking met de aangrenzende gronden buiten de droogmakerij.

De toestand vóór drooglegging is vastgelegd in het rapport van het Bodemkundig Instituut.



MONSTERPLEKKEN
 ▲ TWISKEPOLDER 1968
 ● POLDER OOSTZAAN 1968
 x TWISKEPOLDER 1937

- perskade
- ringvaart met kade
- nieuwe weg
- - - - - vergelijkingsgebied

TWISKE POLDER

pp=300 m - nap

TWISKE

OOSTZAAN

pp=135 m - nap

DETSKADE

ROLDIJK

Kantonsmeier

KANAAL

Kontorner
brak
polder

Schip
brak
polder

Voorder II

Superphosphaat
fabriek

Kantonsmeier

polder

DE TOESTAND VÓÓR DROOGLEGGING IN 1937

Het gebied gelegen tussen de dorpen Oostzaan, Ilpendam en Landsmeer bestaat geheel uit veengrond. De laagdikte van het veen inclusief het venige kleidek varieert van 3 tot 3,5 m.

Het betreft een verveend complex doorsneden door brede uitgeveende sloten. Ongeveer één derde deel van de totale oppervlakte wordt ingenomen door water, één derde deel door verlande veengronden en het overige gedeelte door het zogenaamde 'ekkerland'. Dit zijn lange smalle stroken met een onaangetast veenprofiel waar het gebaggerde veen tot turf werd gedroogd.

In verband met het uit te voeren vergelijkend onderzoek gaat de speciale interesse uit naar de onaangetaste grond.

In de onmiddellijke nabijheid van het niet ontgonnen vergelijkingsgebied binnen de Twiskepolder liggen de volgende monsterplekken van het B.I., namelijk: nr 40, 42, 44, 46 en 47 (zie fig. 1). Deze gronden waren allen als grasland in gebruik. Binnen het niet ontgonnen complex ligt een perskade. Ten zuiden daarvan is zand opgespoten ter dikte van 20 cm.

Met behulp van de gegevens in het B.I.-rapport vermeld, is het mogelijk de oude toestand vóór het droogmalen te vergelijken met de huidige toestand zowel binnen als buiten de droogmakerij.

Daartoe werden in 1968 een vijftal profielen laagsgewijs per 10 cm bemonsterd tot de klei-ondergrond zowel binnen de Twiskepolder als in het aangrenzende gebied van de polder Oostzaan, ten oosten van het gelijknamige dorp (zie fig. 1).

Hoogte maaiveld

Volgens het B.I.-rapport lag het maaiveld van het 'ekkerland' in 1937 gemiddeld 0,35 m boven het polderpeil. Dit werd toendertijd gehandhaafd op 1,25 m-NAP, zodat de maaiveldhoogte 0,90 m-NAP geweest zou moeten zijn. Dit is niet in overeenstemming met de hoogtecijfers die de Waterstaatskaart Amsterdam-Oost van 1947 vermeldt. Volgens de gegevens van deze kaart varieert de maaiveldhoogte binnen en buiten de Twiskepolder van 1,00 tot 1,20 m-NAP. De gemiddelde maaiveldhoogte van de 5 monsterplekken van het I.C.W. buiten de Twiskepolder bedraagt 1,15 m-NAP. Dit cijfer klopt met de Waterstaatskaart.

Bodemprofiel

Het gemiddelde bodemprofiel wordt in het B.I.-rapport als volgt beschreven:

0 - 25 cm	sterk verweerd kleihoudend veen
25 - 100 cm	grof onverweerd veen
100 - 115 cm	kleihoudend veen (plaatselijk)
115 - 280 cm	bruin weinig verweerd mosveen met heide en lok
280 - 340 cm	grof rietveen
340 - 380 cm	zware oude zeeklei
380 - cm	zand.

De veendikte is gemiddeld 3,40 m. Bij een maaiveldhoogte van 0,90 m-NAP ligt de ondergrens van het veen op 4,30 m-NAP (gemiddeld van plek nr 42, 44 en 46).

Te verwachten klink

Na peilverlaging werd een zakking van maaiveld verwacht als gevolg van klink en indroging en weinig of niet als gevolg van vertering van organische stof.

De berekening van de te verwachten klink werd gebaseerd op de volumegewichten. Deze waren als volgt:

laag 0 - 20 cm-mv	0,35 tot 0,40 gr/cm ³
laag 20 - 30 cm-mv	0,13 tot 0,20 gr/cm ³
laag 30 - 50 cm-mv	0,09 tot 0,19 gr/cm ³ .

Op grond van vergelijkingen met volumegewichten in gebieden met gelijke bodemgesteldheid en een verlaagd peil werd aangenomen dat de laag 0 - 40 cm zal klinken tot een volumegewicht van 0,3 de rest van het veen tot 0,15 en de blauwe klei tot 1,0 gr/cm³.

Zo werd voor het totale veenprofiel een zakking berekend van 0,90 à 1,10 m en voor de blauwe klei circa 0,10 m.

Na inklinking zou de maaiveldhoogte van het ekkerland dus zakken van 1,00 m tot circa 2,00 m-NAP.

MAAIVELDHOOGTE EN BODEMGESTELDHEID IN 1968

Zoals reeds vermeld werden in 1968 zowel in de Twiskepolder als daar buiten in de naaste omgeving 5 à 6 profielen tot de klei-ondergrond bemonsterd.

Het polderpeil in Oostzaan is vanaf 1947 van 1,25 m-NAP verlaagd tot 1,35 m.

Het peil in de Twiskepolder is in de periode 1943 - 1945 tijdelijk verlaagd tot 4,30 m-NAP en daarna weer verhoogd tot 3,00 m. De blijvende peilverlaging bedraagt dus 1,75 m.

Het gevolg van deze peilverlaging komt tot uiting in diverse kengetallen, waarvan in tabel 1 een overzicht wordt gegeven.

Tabel 1. Overzicht van gegevens van de bodemprofielen

Oostzaan (1)					Twiskepolder (2)				
Profiel (niet gezakt)	Hoogte maaiv. m-NAP	Veen- dikte m	Hoogte klei m-NAP	Vol.gew. veen gr/cm ³	Profiel (ge- zakt)	Hoogte maaiv. m-NAP	Veen- dikte m	Hoogte klei m-NAP	Vol.gew. veen gr/cm ³
1-1	1,07	3,20	4,27	0,095	2-1	1,84	2,40	4,24	0,102
1-2	1,28	3,00	4,28	-	2-2	1,83	2,40	4,23	0,106
1-3	1,16	3,15	4,31	0,095	2-3	1,81	2,50	4,41	0,110
1-4	1,10	3,15	4,25	0,096	2-4	1,86	-	-	-
1-5	1,15	3,20	4,35	0,092	2-5	1,78	2,50	4,28	0,118
1-6	1,20	3,20	4,40	0,103	2-6	1,86	2,40	4,26	0,109
Gem.	1,16	3,15	4,30	0,096	Gem.	1,83	2,44	4,29	0,109

Het maaiveld in de Twiskepolder is volgens tabel 1 ten opzichte van de monsterplekken in Oostzaan gemiddeld 0,67 m gezakt. Volgens de veendikte is de zakking 0,71 m. Afgerond kan het hoogteverschil op 0,70 m worden gesteld.

De cijfers voor de hoogte van de blauwe klei komen in beide polders goed met elkaar overeen, evenals met de gegevens van de plekken nr 42, 44, en 46 van het B.I.-rapport (gemiddeld 4,30 m-NAP).

DE VERGELIJKBAARHEID VAN HET BODEMPROFIEL

Zoals reeds vermeld bedraagt de oorspronkelijke veendikte op genoemde plekken volgens het B.I.-rapport 3,40 m en de oorspronkelijke maai-veldhoogte 0,90 m-NAP. Dit is dus niet in overeenstemming met de waterstaatskaart.

Vanwege de vergelijkende methodiek onderzoek wordt het huidige hoogteverschil tussen de polder Oostzaan en Twiskepolder als norm voor de zakking aangehouden. Het is echter mogelijk dat ook de aangrenzende gronden van de Twiskepolder enigermate zijn gezakt, zodat de zakking in werkelijkheid groter geweest kan zijn. Hierover kan op dit moment geen uitspraak worden gedaan.

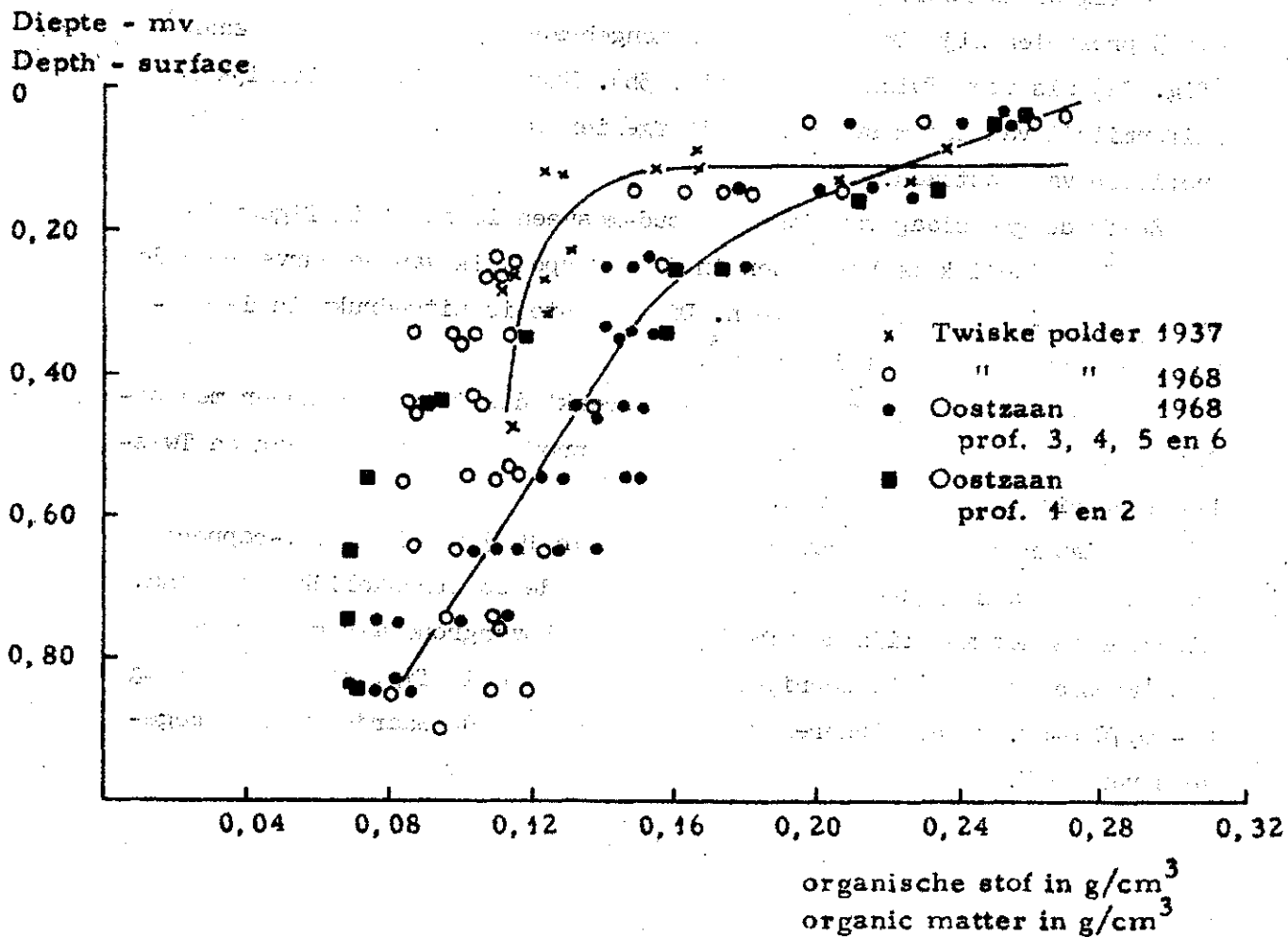
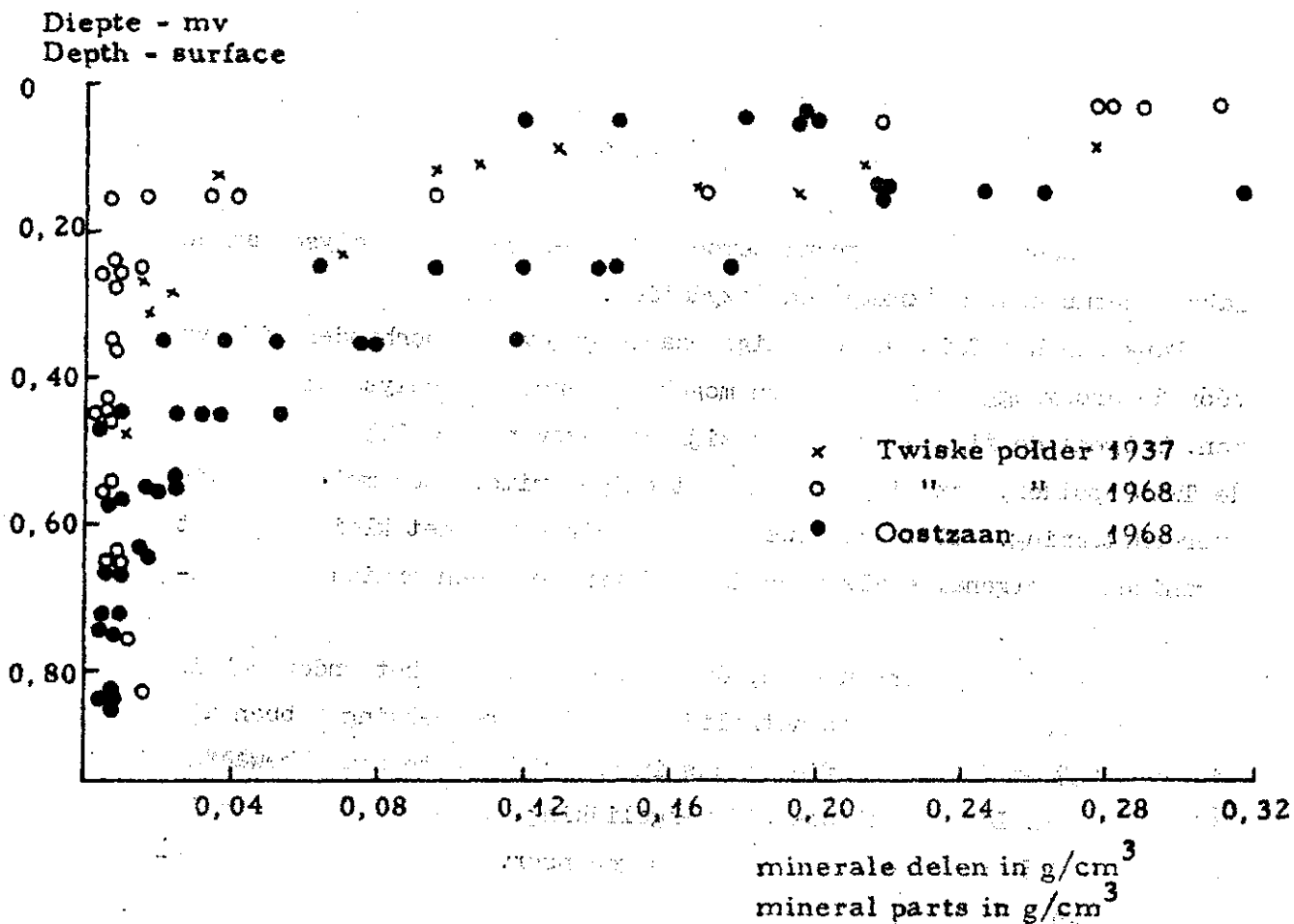
Wat betreft de volumegewichten van tabel 1 zij opgemerkt dat deze betrekking hebben op het veen beneden de zomergrondwaterstand. De volumegewichten in het B.I.-rapport gelden voor de slibhoudende bovengrond boven het zomergrondwaterniveau.

Bij de profielbemonstering in het veld viel het op dat de bovengrond van de profielen van Oostzaan en die van de Twiskepolder duidelijke verschillen vertoonden. In laatstgenoemde polder is het kleidek krap 0,20 m dik en gaat het scherp over in weinig verweerd slibarm mosveen. De dikte van het kleidek in Oostzaan bedraagt 0,30 m terwijl het zeer geleidelijk overgaat in sterk verweerd slibhoudend donker gekleurd veen. Op een diepte van 0,60 à 0,70 m-mv. komt hetzelfde slibarme weinig verweerde mosveen voor dat zich in de Twiskepolder op 0,20 m-mv. bevindt.

Bij de profielen van Oostzaan in sprake van een laag 'verslagen veen' van 0,30 à 0,40 m dikte, waarover een dikker en zwaarder kleidek is afgezet. Dit verschijnsel komt in dit gebied meer voor (FONS, 1960, De bodemgesteldheid van Waterland). Profiel nr 2 van Oostzaan bestaat tot grotere diepte (2 m-mv.) uit verslagen veen. Het is om deze reden niet verder in het onderzoek betrokken.

Het verslagen veen wordt gekenmerkt door een hoger volumegewicht en een grotere hoeveelheid van zowel minerale delen als van organische stof per volume-eenheid.

Fig. 2a



Het verschil in bovengrond bemoeilijkt een scherpe analyse van de zakkingscomponenten 'krimp' en 'oxydatie'.

Dank zij het feit dat er enige exacte gegevens voorhanden zijn van vóór de drooglegging is het toch mogelijk genoemde analyse uit te voeren. Volgens de figuren 2a en 2b zijn de gegevens van 1937 en 1968 van de Twiskepolder, rekening houdend met enige krimp, goed met elkaar in overeenstemming. Dit geldt zowel voor de dikte van het kleidek en het organische stofgehalte als voor de aard van het veen onmiddellijk onder het kleidek.

Men kan hieruit concluderen, dat de gegevens van het onderzoek in de Twiskepolder van 1968 op hetzelfde materiaal betrekking hebben als die van 1937 en dat de profielen dus in ongestoorde toestand bewaard zijn gebleven. Dit blijkt ook bij vergelijking van de profielen nr 1 t/m 3 met nr 5 en 6. Deze laatste zijn geconserveerd door 0,20 m overgespoten zand.

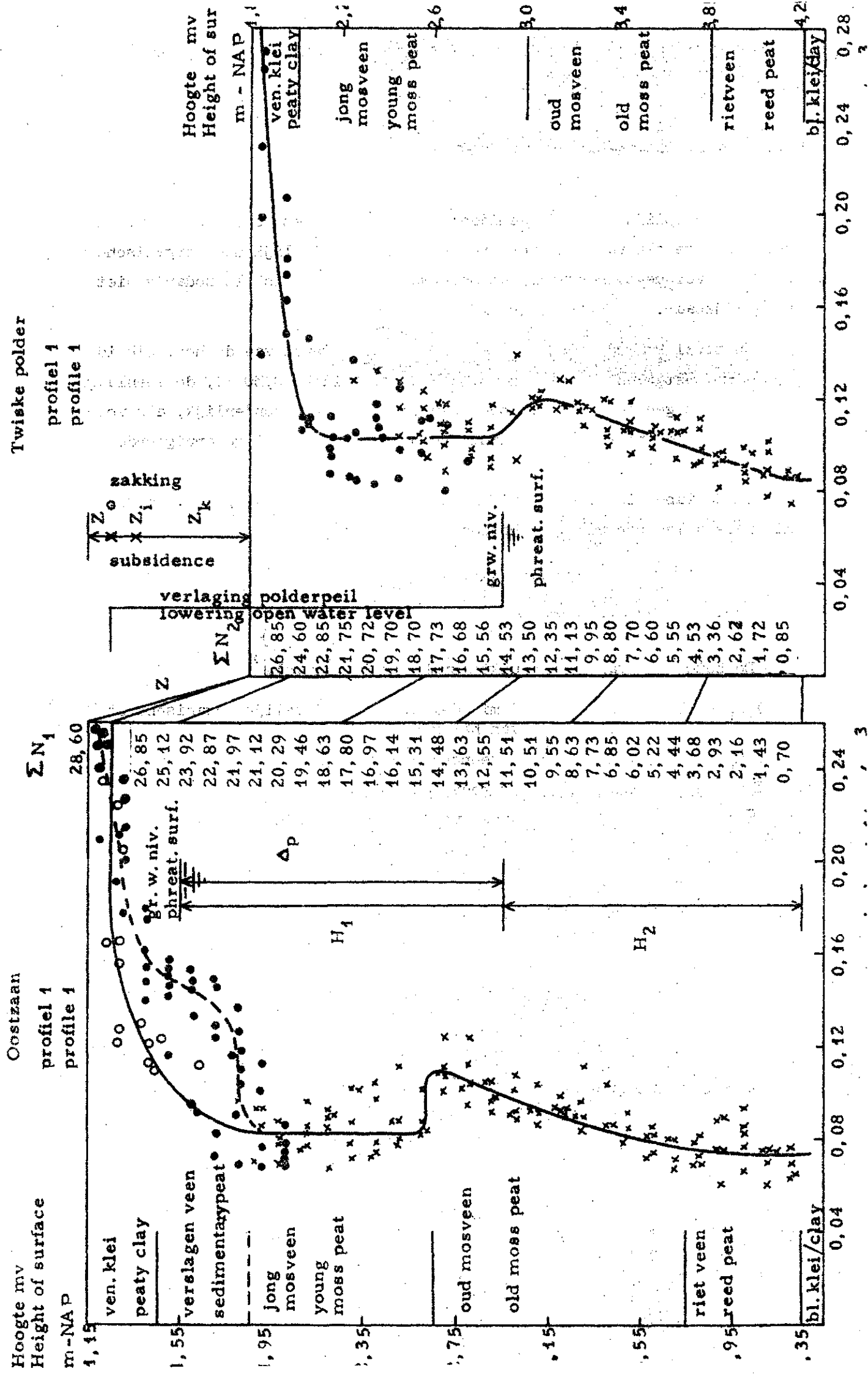
In figuur 3a resp. 3b wordt het klinkdiagram weergegeven. De gegevens van 5 profielen zijn in één figuur samengebracht, zowel voor Oostzaan (fig. 3a) als voor Twiskepolder (fig. 3b). Hieruit blijkt duidelijk de uniformiteit van het mosveenprofiel afgezien van de bovengrond van de profielen van Oostzaan.

Zelfs de grenslaag van jong- en oud-mosveen is zowel in figuur 3a als in 3b duidelijk te herkennen in de scherpe knik van de curve voor de gemiddelde dichtheid van het veen. Dit laatste is uitgedrukt in de hoeveelheid organische stof in gr/cm^3 .

Deze uniformiteit van het mosveen spreekt des te meer wanneer men bedenkt dat de gemiddelde afstand tussen de profielen van Oostzaan en Twiskepolder circa 500 m bedraagt.

In figuur 3a zijn verder de gegevens van 1937 van het B.I.-rapport aangebracht als zijnde de gegevens van de oorspronkelijke toestand. Hierdoor is het mogelijk de afwijking in de bovengrond als gevolg van het 'verslagen veen' te corrigeren door de curve in fig. 3a voor de laag 0 - 0,70 m-mv. te construeren volgens de gemiddelde waarden van de gegevens van 1937.

Fig. 3



De streeplijn geeft de gemiddelde curve voor het verslagen veen. Dit bevat als gevolg van een sterkere verwerking aanzienlijk meer organische stof per volume-eenheid dan het onverweerde veen en is als zodanig niet vergelijkbaar.

In tabel 2 wordt tenslotte een overzicht gegeven van de hoeveelheid organische stof en minerale delen voor het kleidek (0,30 m), de veenlaag en voor het gehele profiel, zowel per monsterplek afzonderlijk, als voor het gemiddelde profiel. De laatste kolom geldt voor het gecorrigeerde gemiddeld profiel.

In de tabel is voor m_v uniform een gemiddelde waarde van 0,005 gr. minerale delen per cm^3 aangehouden

De betekenis van de gebruikte symbolen is als volgt:

Σm_k en Σn_k = hoeveelheid min delen, respectievelijk organische stof in gr/cm^3 van het mineraal dek

Σm_v en Σn_v = idem van de veetondergrond

Σm en Σn = idem van het gehele profiel

$\bar{w}_{d.v}$ = gemiddeld droog volumegewicht van het veen.

Tabel 2. Overzicht van de hoeveelheid organische stof en minerale delen in kleidek, veenlaag en het gehele profiel

Niet gezakte profielen (Oostzaan)

nr						Gemiddeld	
	1	3	4	5	6	Ongecorr.	Gecorr.
$\bar{w}_{d.v}$	0,095	0,095	0,096	0,092	0,103	0,096	0,090
m_v	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
m_k	5,26	5,13	4,94	5,35	6,41	5,42	3,35
m	5,66	6,53	6,34	6,75	7,81	6,82	4,75
n_v	25,20	25,22	25,48	24,29	27,58	25,50	23,92
n_k	6,25	6,13	5,76	6,10	6,02	6,05	4,68
n	31,45	31,35	31,24	30,39	33,60	31,55	28,60

Gezakte Profielen (Twiskepolder)

	1	2	3	5	6	Gem.
$\bar{w}_{d.v}$	0,102	0,106	0,110	0,118	0,109	0,109
m_v	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
m_k	3,94	2,32	5,14	3,84	5,56	4,16
m	4,99	3,37	6,19	4,90	6,60	5,20
n_v	20,33	21,21	22,07	23,67	21,78	21,75
n_k	6,22	5,19	5,21	4,72	4,18	5,10
n	26,55	26,40	27,28	28,40	25,96	26,85

Door middel van sommatie van de hoeveelheid organische stof (n in gr/cm^3) per laag van 0,10 m dikte vanaf de klei-ondergrond volgens de geconstrueerde curve in de figuren 3a en 3b is het mogelijk om een bepaald niveau van het niet geklonken profiel terug te vinden in het geklonken profiel. Dit is gebaseerd op de formule:

$$W_{d.1} \times d_1 = W_{d.2} \times d_2 \quad (1)$$

$W_{d.1}$ = volumegewicht van het niet geklonken profiel

$W_{d.2}$ = " " " wel " "

d_1 resp. d_2 = dikte van de laag in het niet resp. geklonken profiel.

Deze formule is uiteraard geldig voorzover geen materiaal b.v. door oxydatie is verdwenen.

Beneden het grondwaterniveau kan zij algemeen worden toegepast.

Bibliografie

BEREKENING VAN KLINK (Z_k) VOLGENS HET BODEMPROFIEL

Zakking (Z_k) als direct gevolg van de grondwaterstandsaling heeft per definitie alleen betrekking op de laag beneden het zomergrondwater-niveau.

Wanneer dit hier bij een polderpeil van 0,20 m-mv. op 0,40 m-mv. wordt aangehouden, dat is bij 1,55 m-NAP dan is op dit niveau (zie fig. 3a)

$$n_1 = 22,87 \text{ gr.}$$

Dezelfde hoeveelheid wordt in profiel 2 (zie fig. 3b) door interpolatie teruggevonden op 2,05 m-NAP.

$$Z_k \text{ is dan } 2,05 - 1,55 = 0,50 \text{ m.}$$

Z_k is te berekenen uit het verschil in de hoeveelheid organische stof op het niveau van de zomergrondwaterstand zoals dat na peilverlaging is tot stand gekomen. Dit is in figuur 3 op 3,00 m-NAP.

Bij deze berekening zijn 2 variaties mogelijk die beide op hetzelfde principe berusten, namelijk:

$$Z_k = (\Sigma n_2 - \Sigma n_1) \times \frac{H_2}{\Sigma n_2} \times \frac{H}{H_2} = \frac{\Sigma n_2 - \Sigma n_1}{\Sigma n_2} \times H_1 \quad (2a)$$

$$Z_k = (\Sigma n_2 - \Sigma n_1) \times \frac{H_2}{\Sigma n_1} \times \frac{H}{H_2 + Z_{k'}} \quad (2b)$$

$$Z_{k'} = (\Sigma n_2 - \Sigma n_1) \times \frac{H_2}{\Sigma n_1}$$

Hierbij is H en H_2 de dikte van de laag veen beneden het freatisch niveau van het oorspronkelijk profiel, resp. van het geklonken profiel.

$H - H_2 = \Delta p =$ verschil in hoogte van het grondwaterniveau in m.

$Z_{k'}$ = de zakking van de laag H_2 in profiel 2 ten opzichte van zijn oorspronkelijke hoogte in m.

Z_k = de zakking van de laag H in m.

De berekening van Z_k volgens de formule 2a resp. 2b gaat in het eerste geval uit van het niet geklonken, in het tweede geval van het geklonken profiel. De uitkomsten zijn gemiddeld gelijk met een afwijking van circa 1 cm.

Berekening van Z_k volgens formule 2a geeft het volgende resultaat:

$$Z_k = \frac{13,50 - 10,50}{13,50} \times 2,70 = 0,60 \text{ m.}$$

Er wordt volgens deze formule 10 cm meer zakking berekend dan er volgens het klinkdiagram bij interpolatie wordt gevonden (0,50 m).

De oorzaak van dit verschil is toe te schrijven aan de discontinuïteit in het veenprofiel als gevolg van de overgang van jong naar oud-mosveen. De grenslaag ligt in profiel 1 boven en in profiel 2 beneden het nieuwe grondwaterniveau.

Bij berekening van Z_k op een zodanig niveau dat genoemde grenslaag in beide profielen beneden dit niveau is gelegen b.v. bij 2,35 m-NAP ($H_2 = 1,90$ m) dan is volgens formule 2a

$$Z_k = \frac{19,70 - 16,14}{19,70} \times 2,70 = 0,49 \text{ m.}$$

Dit resultaat is in overeenstemming met de door interpolatie gevonden waarde.

Verskil in mate van inklinking van bepaalde lagen b.v. afhankelijk van de diepte beneden maaiveld, of van het volumegewicht of veensoort, wordt bij deze vergelijking nauwelijks geconstateerd.

Zo wordt voor het rietveen op 2,60 tot 3,10 m-mv. een klink geconstateerd van 23 %. Voor het oud-mosveen (1,50 tot 2,60 m-mv.) bedraagt dit 22 % en voor het jong-mosveen (0,40 - 1,50 m-mv.) 24 %. De klink blijkt dus gelijkmatig over het gehele profiel op te treden.

BEREKENING VAN KLINK VOLGENS TERZAGHI VOÓR PEILVERLAGING

Met behulp van de grond mechanische formule van Terzaghi, en ook met de formule van Halakorpi-Segeberg is het mogelijk de klink vooraf vrij nauwkeurig te voorspellen (SCHOTHORST, 1967).

Zo wordt met de formule van Terzaghi bij een grondwaterstandsaling (p) van 1,40 m, een veendikte (H) van 2,70 m, een nat volumegewicht van het veen van $1,03 \text{ gr/cm}^3$ en een c -waarde is 8 en een bovenbelasting (P_b) van 50 gr/cm^2 voor de laag 0 - 0,40 m-mv. de volgende zakking berekend

$$Z_k = 0,45 \text{ m.}$$

De uitkomst is 0,05 m beneden de gevonden waarde. Het mogelijk dat $c = 8$ iets te hoog is voor dit profiel.

Zoals reeds vermeld zijn de profielen 5 en 6 in de Twiskepolder bedekt met 0,20 m opgespoten zand, zodat het oorspronkelijke profiel ongestoord bewaard is gebleven. De mogelijkheid bestaat dat dit zanddek een extra zakking heeft veroorzaakt.

Bij een gemiddeld nat volumegewicht van 1,5 bedraagt de extra belasting 30 gr/cm^2 .

Het ophogen met 0,20 zand heeft voor de zakking van het maaiveld eenzelfde effect als een grondwaterstandsverlaging van 0,30 m. De verhouding van de belasting bij ophogen met zand in vergelijking met verlaging van de grondwaterstand kan dus 1 : 1,5 gesteld worden.

In dit geval wordt met de formule van Terzaghi 0,03 m extra zakking berekend als gevolg van het ophogen met 0,20 m zand. Dit klopt met de situatie ter plaatse.

BEREKENING VAN KLINK VOLGENS HALAKORPI-SEGEBERG

Toepassing van de formule Halakorpi-Segeberg levert bij een gemiddeld droog volumegewicht van het veen van 0,09 gr (zie tabel 2), waarbij factor $a = 2,2$ als uitkomst

$$Z_k = 0,55 \text{ m.}$$

Waar de formule Terzaghi een 0,05 m te lage uitkomst opleverde geeft deze formule een 0,05 m te hoge waarde ten opzichte van de klink die bij vergelijking van het niet en wel geklonken profiel werd geconstateerd.

BEREKENING VAN OXYDATIE VAN ORGANISCHE STOF (Z_0)

De zakking als gevolg van oxydatie van organische stof (Z_0) is af te leiden uit het verschil van de hoeveelheid organische stof van het geklonken profiel en niet geklonken profiel ($\Sigma n_1 - \Sigma n_2$).

Dit geldt bij een gelijke uitgangstoestand met een gelijke hoeveelheid minerale delen.

Het heeft in dit verband weinig zin een correctie op de hoeveelheid minerale delen uit te voeren om deze bij beide profielen gelijk te krijgen gezien de correctie die reeds op de bovengrond van profiel a is toegepast.

Zou deze correctie (w) voor het kleidek toch worden toegepast, dan is $w = -3,2$ cm.

Dit betekent dat de hoogte van profiel 2 met 3 cm verlaagd zou moeten worden, en het hoogteverschil (Z) met 3 cm toeneemt. Het wordt hier echter verder buiten beschouwing gelaten om genoemde reden.

Z_0 kan op de volgende wijze uit figuur 3 worden afgeleid:

$$Z_0 \text{ in gr.} = \Sigma n_1 - \Sigma n_2 = 28,60 - 26,85 = 1,75 \text{ gr.}$$

Het niveau van Σn_1 is 28,60 gr ligt op 1,15 m-NAP.

Het niveau van Σn_2 is 26,85 gr wordt door interpolatie in profiel 1 gevonden bij 1,25 m-NAP, zodat Z_0 in m is $1,25 - 1,15 = 0,10$ m.

BEREKENING VAN KRIMP (Z_1)

De zakking van maaiveld als gevolg van krimp door indroging (Z_1) wordt bepaald door de aard en dikte van de laag boven het freatisch oppervlak. Voor het oorspronkelijk profiel 1 is dit de laag 0 - 0,40 m-mv. Bij het geklonken profiel 2 kan de krimp op een dikkere laag betrekking hebben. Volgens de curve in figuur 3b blijkt dit hier niet het geval te zijn. De scherpe knik in de curve ligt binnen 0,30 m-mv., zodat de indroging in profiel 2 maximaal tot de laag 0 - 0,30 m-mv. is beperkt ge-

bleven, ondanks een zomergrondwaterstand van circa 1,00 m-mv.

De beworteling van dit onbemeste grasland moet wel zeer oppervlakkig zijn, hetgeen bij een pH-KCl van 3,2 niet zo verwonderlijk is.

Z_i kan berekend worden als sluitpost in de formule

$$Z_i = Z - Z_k - Z_o = 0,70 - 0,50 - 0,10 = 0,10 \text{ m.}$$

Z_i is in dit geval waar de krimp na de peilverlaging slechts tot 0,20 à 0,30 m-mv. is beperkt gebleven ook af te leiden uit de niveau-verschillen van bepaalde horizonten in het geklonken en niet geklonken profiel.

In beide profielen wordt de laag waarop indroging betrekking heeft als volgt bepaald (zie figuur 3).

Profiel 1. Niveau bovenkant is gelijk maaiveldhoogte min $Z_o =$

$$1,15 - 0,10 = 1,25 \text{ m-NAP}$$

niveau onderkant is gelijk hoogte van freatisch niveau = 1,55 m-NAP

$$\text{dikte van laag} = 0,30 \text{ m}$$

profiel 2. Niveau bovenkant is gelijk maaiveld = 1,85 m-NAP

$$\text{niveau onderkant is} = 2,05 \text{ m-NAP}$$

$$\text{dikte veenlaag} = 0,20 \text{ m}$$

Deze laag bevat zowel in profiel 1 als 2, zie fig. 3, 26,85 - 22,85 gr org.stof, dat is 4 gr.

Als gevolg van indroging is het volumegewicht van de organische stof van $\frac{4}{30} = 0,133$ gr in de oorspronkelijke toestand toegenomen tot $\frac{4}{20} = 0,20$ gr. na de peilverlaging.

Uit het oogpunt van volumeverandering bedraagt de krimp door indroging $20/30 = 33\%$ van de betreffende laag, dat is in totaal 10 cm.

Oxydatie en krimp tesamen veroorzaken een afname in dikte van 0,40 tot 0,20 m, dat is 0,20 m ofwel 50%. Uitgedrukt in percentages is de zakking als gevolg van krimp en oxydatie meer dan twee maal zo groot als die van klink. Deze varieert van 20 tot 25%, waarbij het volumegewicht van 0,09 toeneemt tot maximaal 0,11 à 0,12 wat het jonge-mosveen in de bovengrond betreft. De krimp en indroging zijn echter beperkt tot een zeer dunne laag terwijl de klink op het gehele profiel betrekking heeft met uitzondering van de bovengrond.

In totaal veroorzaken krimp en de oxydatie in dit gebied ongeveer 30% van de totale zakking, zodat 70% is toe te schrijven aan klink.

DE ZAKKING IN AFHANKELIJKHEID VAN DE TIJD

Er bestaan zeer weinig gegevens betreffende de tijdsduur waarin het proces van zakking na grondwaterstands daling zich afspeelt.

Dank zij het onderzoek van de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland is het mogelijk een inzicht te verkrijgen omtrent de snelheid van zakking in de Twiskepolder.

Door de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland zijn in de periode van 1943 tot 1952 uitvoerige terreinwaterpassingen verricht ten behoeve van de ontginningswerkzaamheden. Deze gegevens zijn door de betreffende Dienst welwillend ter beschikking gesteld.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gemiddelde maaiveldhoogte in raaien dwars over de percelen van maagdelijk terrein. Het hoogtecijfer is het gemiddelde van de hoogte van het ekkerland + verland veen + droge sloten.

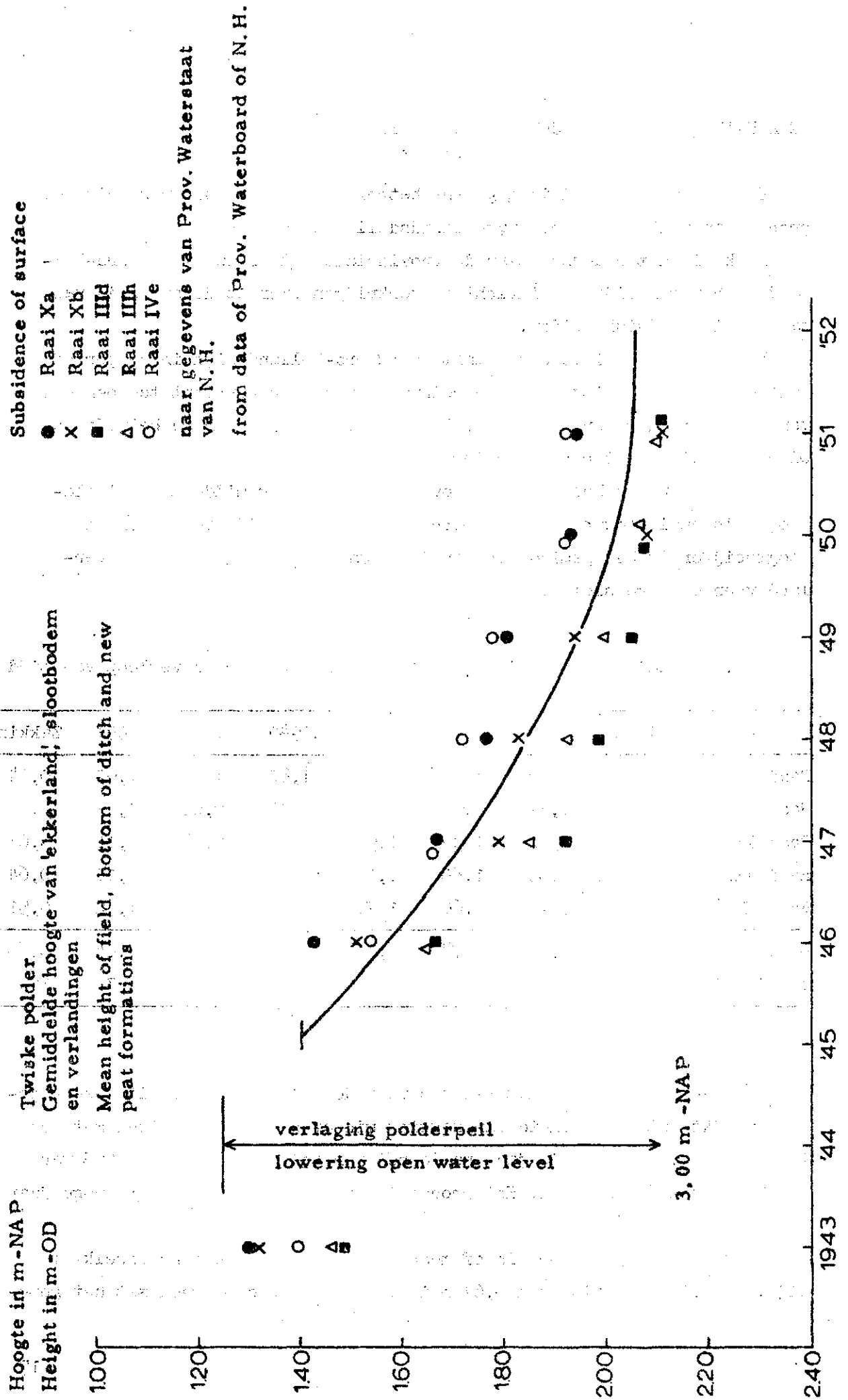
Tabel 3. De maaiveldhoogte in m-NAP in de Twiskepolder na verloop van tijd

Jaar	1943	1946	1947	1948	1949	1950	1951	Zakking
Raai X _a	1,30	1,42	1,67	1,76	1,80	1,93	1,94	0,64
Raai X _c	1,31	1,51	1,79	1,83	1,94	2,08	2,11	0,80
Raai IIIId	1,48	1,66	1,92	1,98	2,05	2,08	2,11	0,63
Raai IIIIh	1,46	1,65	1,86	1,92	1,99	2,07	2,10	0,64
Raai IVE	1,41	1,53	1,66	1,71	1,78	1,92	1,92	0,51
Gem.	1,39	1,55	1,78	1,84	1,91	2,02	2,04	0,64
Zakking in %	0	25	36	9	11	17	3	100

De gegevens van 1943 dateren van voor de peilverlaging. Uit deze gegevens blijkt dat de snelheid van zakking min of meer logaritmisch met de tijd afneemt. Twee à drie jaar na de peilverlaging wordt reeds 60 % van de totale zakking gemeten. Het proces is hier versneld door het droge jaar 1947.

Na 6 jaar blijkt hier min of meer een evenwichtstoestand bereikt te zijn. De totale zakking van 0,64 m in 1951 komt goed overeen met het geme-

Fig. 4.



ten hoogteverschil van 0,70 m ten opzichte van de gronden buiten de Twiskepolder in 1968.

Figuur 4 geeft het proces van zakking grafisch weer.

SAMENVATTING

In een polder noordelijk van Amsterdam gelegen (Twiskepolder) was het mogelijk het proces van zakking van het maaiveld bij veengrond te bestuderen na verlaging van het polderpeil met 1,75 m. In het kader van de werkverschaffing zou dit complex worden herontgonnen. De werkzaamheden werden op belangrijke schaal een aanvang in 1945. Ze werden stopgezet in 1952 zodat slechts een gedeelte van de werken gereed was gekomen. Een oppervlakte van 10 ha droog gemalen en in natuurlijke toestand bewaard gebleven grond vormde een zeer dankbaar studieobject voor zakking van veengronden.

Het natuurlijk bodemprofiel bestaat uit 3 à 3,5 m veenmosveen op een klei-ondergrond. In de oorspronkelijke toestand lag het maaiveld 0,30 m boven polderpeil.

Twee à drie jaren na verlaging van het polderpeil werd volgens gegevens van de Provinciale Waterstaat N-Holland reeds 60 % van de totale zakking gemeten. Na circa 6 jaar ontstond min of meer een evenwichtstoestand. Na 20 jaar bedroeg de totale zakking 0,70 m. Het proces van zakking verloopt min of meer logaritmisch met de tijd. Een droge zomer (1947) kan het proces versnellen.

De totale zakking (0,70 m) bedroeg hier 40 % van de verlaging van het polderpeil (1,75 m) resp. 48 % van de daling van de zomergrondwaterstand (1,45 m).

Bij analysering van de zakking in de componenten 'klink' als direct gevolg van de grondwaterstands daling 'oxydatie' door vertering van organische stof en 'krimp' als gevolg van indroging blijkt de zakking hiervoor 70 % (0,50 m) door klink te zijn veroorzaakt en slechts voor 15 % door oxydatie (0,10 m) en 15 % door indroging (0,10 m).

De afname van het volume van de grond als gevolg van oxydatie en indroging die uitsluitend in de bovengrond optreden en hier tot de laag 0 - 0,40 m-mv. zijn beperkt gebleven bedraagt circa 50 %. De afname van het volume als gevolg van klink die per definitie alleen optreedt beneden

de oorspronkelijke zomergrondwaterstand, bedraagt hier gemiddeld 19%.

Deze klink treedt over het gehele profiel gelijkmatig op.

De hier geconstateerde klink is goed in overeenstemming met de berekening volgens de formules van Terzaghi en Halakorpi-Segeberg.