

VAN ZEE TOT LAND

Rapporten en mededelingen inzake de droogmaking,
ontginning en sociaal-economische opbouw
der IJsselmeerpolders

Nr 15

Over de bodemgesteldheid van Oostelijk Flevoland

DOOR

Ir. J. C. DE KONING EN Dr. A. J. WIGGERS

Wetenschappelijke Ambtenaren bij de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken)

W. E. J. Tjeenk Willink N.V., Zwolle
1955

INLEIDING

Evenals bij de andere inpolderingen in het IJsselmeer het geval was, ging ook aan de uitvoering van de drooglegging van de derde polder, Oostelijk Flevoland, veel onderzoek vooraf. Het spreekt welhaast vanzelf dat de kartering van de bodem hierbij een belangrijke plaats inneemt, aangezien inzicht in de bodemgesteldheid in velerlei opzicht noodzakelijk is bij het opstellen van de plannen voor de inpoldering. Zo wordt reeds bij het vaststellen van het dijktracé rekening gehouden met de bodemgesteldheid, teneinde zoveel mogelijk de beste gronden te kunnen inpolderen.

Daarnaast is de inklinking, die na de drooglegging zal optreden, in hoge mate afhankelijk van de gesteldheid van de bodem. Met deze inklinking dient bij het maken van de plannen voor de bemaling, bij de vaststelling van de polderpeilen en van de grenzen der polderafdelingen rekening te worden gehouden.

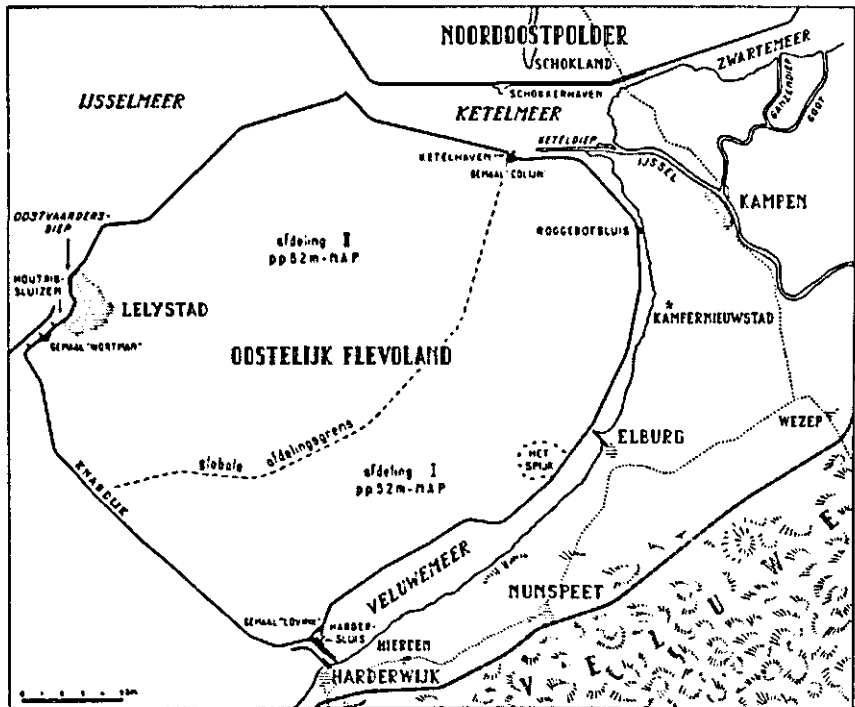
Voorts is het opstellen van plannen voor de ontginning en de ontwatering niet mogelijk zonder eerst kennis te hebben genomen van de voorkomende bodemtypen. De wijze van ontginning en de snelheid, waarmee deze zal kunnen plaats vinden, alsmede de voor de ontwatering benodigde begroeping en drainage worden immers in belangrijke mate door de eigenschappen van de grond bepaald. Van het ontginningsplan hangen op hun beurt weer af het aantal benodigde arbeidskrachten, het tempo van uitgifte van het gewonnen land en vele andere sociaal-economische vraagstukken.

Ook kan de gesteldheid van de bodem het optreden van kwel in de hand werken en, wanneer dit het geval is, bepalend zijn voor de wijze van de bestrijding ervan.

Eveneens wordt het bestemmingsplan, d.w.z. het plan voor de toekomstige exploitatie van de gronden, beïnvloed door de gesteldheid van de bodem. Met het bestemmingsplan is de gehele inrichting van de polder, de verkaveling, het aantal en de ligging van de woonkernen, nauw verbonden.

Uit het bovenstaande blijkt duidelijk hoe belangrijk een tijdig inzicht in de bodemgesteldheid is, wanneer men een polder wil maken. Naarmate het aantal problemen, dat men in een vroeg stadium wil bestuderen, toeneemt, worden ook aan de kennis omtrent de gesteldheid van de bodem hogere eisen gesteld.

De bodem van de Wieringermeer was voor het droogvallen slechts globaal onderzocht (HISSINK, 2). De gesteldheid van de bodem van de Noordoostpolder was vóór de drooglegging beter bekend dan bij de Wieringermeer

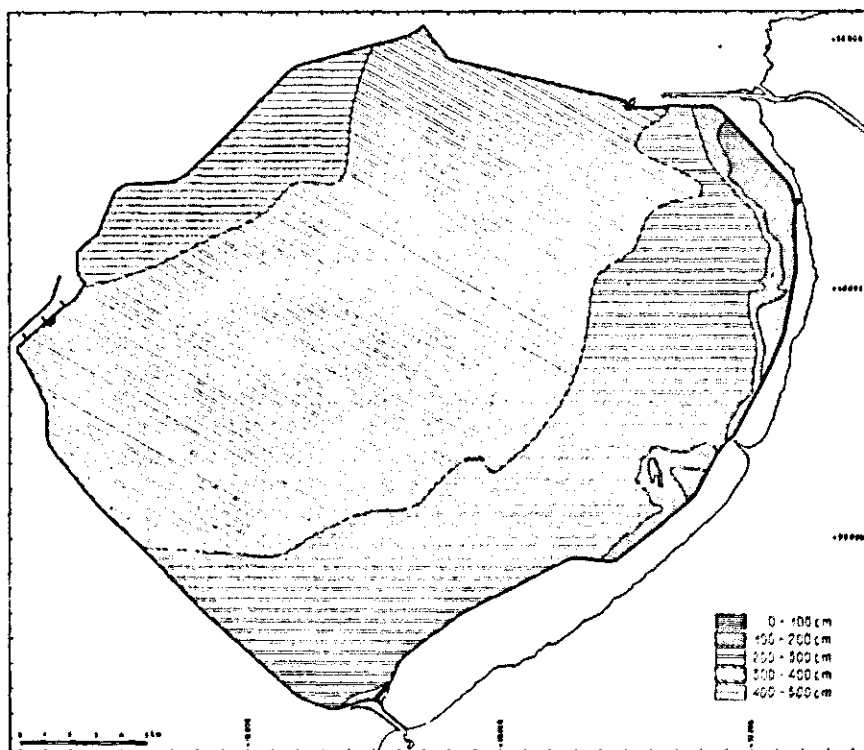


KAART 1. Benamingenkaart.
MAP 1. Locality map.

het geval was (ZUUR, 13). Het voorafgaand onderzoek bij de inpoldering van Oostelijk Flevoland is echter zodanig geweest, dat reeds nu een gedetailleerde bodem- en landclassificatie kunnen worden opgesteld, aan de hand waarvan een indruk kan worden verkregen van de oplossing van de hiervoor genoemde problemen (WIGGERS, 9). Deze bodem- en landclassificatie zullen de onderwerpen van deze publicatie vormen.

De vraagstukken, die zich bij de interpretatie van de bodemkaarten voordoen, zijn zo uiteenlopend van aard, dat zij slechts kunnen worden opgelost door samenwerking van onderzoekers, die zich elk in een verschillende richting hebben gespecialiseerd. Zo ondervonden wij bij het opstellen van het infiltratie- en bestemmingsplan veel steun van Ir. C. Kalisvaart. De berekening van de inklinking vond plaats door Ir. H. Smits (SMITS, 6). Beide onderzoekers zijn verbonden aan de Afdeling Onderzoek van de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken).

Echter werd ook met de Dienst der Zuiderzeewerken intensief samengewerkt. Zo werden alle boringen ten behoeve van het bodemkundige onderzoek verricht vanaf vaartuigen, die door genoemde Dienst ter beschikking werden gesteld. Voorts zijn de in de publicatie verwerkte gegevens



KAART 2. Diepteligging in cm - N.A.P. van Oostelijk Flevoland bij het droogvallen (naar een kaart van de Dienst der Zuiderzeewerken, d.d. November 1952).

MAP 2. *Depth in cms. below mean sea-level of Eastern Flevoland before the reclamation.*

betreffende de kwel in Oostelijk Flevoland afkomstig van Ir. A. Volker, verbonden aan de Dienst der Zuiderzeewerken (VOLKER, 7).

De omgrenzing van het te bespreken gebied is op kaart 1 aangegeven. De oostelijke dijk van de nieuwe polder vormt de scheiding met het Veluwemeer, dat de polder begrenst van Harderwijk tot de Roggebotsluis. Van de Roggebotsluis loopt de dijk in noordwestelijke en vervolgens in westelijke richting en vormt in het noorden van de polder de bescherming tegen het Ketelmeer. Ter hoogte van de Zwolse Hoek van de Noordoostpolder nadert Oostelijk Flevoland deze polder tot ongeveer 1 à 1.5 km. Van dit punt buigt de dijk in zuidwestelijke richting af en begrenst dan tot enige kilometers ten noorden van Lelystad het IJsselmeer. In het westen, ter plaatse van het toekomstige Lelystad en het gemaal „Wortman”, wordt Oostelijk Flevoland door het Oostvaardersdiep afgescheiden van de toekomstige polder Markerwaard. De zuidwestelijke grens van de nieuwe polder is de Knardijk, die daar voorlopig tegen het IJsselmeer

aanligt, maar op den duur de grens met Zuidelijk Flevoland zal vormen. Het aldus omgrensde gebied heeft een grootte van ongeveer 54000 ha.

Op kaart 2 is weergegeven de diepteligging van de nieuwe polder ten opzichte van N.A.P. bij het droogvallen. Duidelijk komt tot uiting dat zich in het oosten het hoogste gedeelte van de polder bevindt. Na een vrij snelle daling tot 2 à 3 m beneden N.A.P. helt de bodem van Oostelijk Flevoland geleidelijk af in noordwestelijke richting om tenslotte bij de IJsselmeerdijk een diepte van ruim 4.50 m beneden N.A.P. te bereiken.

In het volgende zal eerst de uitvoering van de kartering worden besproken. Om een indruk omtrent de vorming van het gebied te krijgen, zal een beknopt geologisch overzicht worden gegeven, met daarop aansluitend een beschrijving van de voorkomende sedimenten. Vervolgens zal worden uiteengezet op welke wijze de inklinking van de bodem in de bodemkaarten is verwerkt, waarna de bouwvoor- en de bodemtypenkaart zullen worden behandeld. Tenslotte zullen enkele landbouwkundige aspecten van de bodemgesteldheid ter sprake worden gebracht, om een inzicht te verschaffen in de behoefte aan ontwatering en infiltratie, in de mogelijkheden tot grondverbetering, in de bestemming en in de natuurlijke vruchtbaarheid van de gronden.

Het geheel zal worden besloten met een korte samenvatting.

I. UITVOERING VAN DE KARTERING

De gegevens over de bodemgesteldheid, die voor het vervaardigen van de bodemkaarten ter beschikking stonden, zijn ontleend aan boringen, welke als volgt kunnen worden ingedeeld:

- I. ten behoeve van de verkenning van de bodemgesteldheid:
 - a. boringen tot op het pleistocene zand
 - b. boringen tot 1.5 m diepte
- II. ten behoeve van de dijkbouw:
 - boringen tot op of in het pleistocene zand.

Teneinde enige indruk te geven omtrent de wijze van afboren en van bemonsteren van onder water gelegen terreinen, zullen de opzet en de uitvoering van de genoemde groepen van boringen zeer in het kort worden besproken.

I. a. *de boringen tot op het pleistocene zand.*

In 1938 werd een begin gemaakt met het verrichten van boringen in de zuidelijke kom van het IJsselmeer, waarbij vele tot op het pleistocene zand werden voortgezet. De kartering is uitgevoerd volgens een vierkants-net, waarbij elk vierkant een zijde van 2500 m lengte had. Dit betekende één boring per 625 ha. Het doel van deze boringen was een globaal inzicht te verkrijgen in de bodemgesteldheid van de gehele zuidelijke kom van het IJsselmeer en de verkregen gegevens o.a. te gebruiken voor het berekenen van de te verwachten inklinking na de drooglegging. Deze boringen vonden mede plaats ten behoeve van de Waterloopkundige Afdeling van de Dienst der Zuiderzeewerken, die met behulp van de chloorgehalten, bepaald in genomen monsters, kan nagaan, welke waterbewegingen thans in de bodem van het IJsselmeer optreden, hetzij kwel, hetzij inzijging.

Van het bovengenoemde $2\frac{1}{2}$ km-net vallen 83 boringen binnen de dijken van Oostelijk Flevoland.

In 1946 werd een aanvang gemaakt met het afboren van een nieuw $2\frac{1}{2}$ km-net, waarvan de boorplekken waren gelegen op de snijpunten van de diagonalen, die in de vierkanten van het eerste $2\frac{1}{2}$ km-net zijn te trekken. Het totale aantal boringen tot op het pleistocene zand bedroeg in Oostelijk Flevoland, na het gereedkomen van het tweede $2\frac{1}{2}$ km-net, tenslotte 170.

De boringen werden uitgevoerd met behulp van boorbuizen met een binnendiameter van ongeveer 12 cm. Deze buizen werden neergelaten door een opening in een plankier, dat bij een Urker botter aan stuurboordzijde op het buitenboord was bevestigd (Wit, 10). In de boorbuis werden de monsters met een speciaal daartoe vervaardigd steekapparaat, Zuiderzee-steekapparaat genoemd, in ongeroerde toestand genomen. De monsters moesten ongeroerd zijn om te voorkomen, dat de grond zich zou mengen met het in de boorbuis aanwezige water, waardoor de bepaling van het chloorgehalte in de monsters waardeloos zou worden. Indien de profielopbouw het toeliet werd van elke 50 cm van het profiel een monster genomen. Wanneer de aard van het profiel zich binnen deze afstand van 50 cm wijzigde, werden meer monsters genomen.

Evenals bij de volgende groep van boringen werd het boorvaartuig, een Urker botter bemand door vier personen, door de Dienst der Zuiderzeewerken ter beschikking gesteld aan de Afdeling Bodemkundig Onderzoek van de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken). Ook het uitzetten van de boorplekken met behulp van een sextant geschiedde door opzichters van de Dienst der Zuiderzeewerken. De bemonstering en de beoordeling van het profiel vonden plaats door een karteerder van de reeds genoemde Afdeling Bodemkundig Onderzoek, terwijl de genomen monsters op het laboratorium van deze Afdeling werden onderzocht.

1. b. de boringen tot 1.5 m diepte.

Ten behoeve van de eigenlijke bodemkartering van Oostelijk Flevoland werd in 1949 begonnen met het afboren van een vierkantsnet van boorpunten, waarvan de vierkanten een zijde van 500 m lengte hadden. In gebieden met een homogene profielopbouw werd met een geringer aantal boringen volstaan. Het net bestond dan uit rechthoeken met zijden van 500 m en 1000 m lengte. In meer bonte gebieden zijn de boorplekken dichter bij elkaar gelegd. In dit geval werd het net opgebouwd uit rechthoeken met zijden van 250 m en 500 m lengte. In totaal werd op ruim 1300 plaatsen de bodemgesteldheid tot een diepte van 1.5 m opgenomen. Bij deze opneming van de bodemgesteldheid werd onder anderen gelet op de zwaarte van de grond, de grofheid van het zand, het humusgehalte en de geologische aard. Van een groot aantal boringen zijn monsters genomen, die op het onder a. genoemde laboratorium zijn onderzocht. De analysesresultaten dienden voor de karteerders om hun taxaties te controleren en voorts om een indruk te verkrijgen van de landbouwkundige eigenschappen van de in te polderen gronden.

Voor deze boringen werd een boor van een speciale constructie gebruikt, die naar de ontwerpers, de heren Vrij en Wit, de Vrijwit-boor werd genoemd (Wit, 10). Met deze boor is het mogelijk een kolom grond van 1,5 m lengte in ongeroerde toestand naar boven te brengen. Het boren met dit apparaat geschiedt, evenals bij de diepere boringen, vanaf het plankier, dat op het buitenboord van een Urker botter is bevestigd.

Aangezien een Urker botter een diepgang van 1 à 1.4 m bezit, kon langs de kust van het IJsselmeer met dit vaartuig niet worden geboord. In deze

strook werd gebruik gemaakt van een open platboomd vaartuig met geringe diepgang, een zogenaamde „bak", of in uiterste gevallen van een vlet of rubberboot. Op een enkele plaats werd ook wel staande in het water gewerkt. Veel boringen langs de kust vonden echter plaats in de winter van 1949—1950, toen het IJsselmeer met ijs was bedekt. Per schaats konden toen terreinen worden bereikt, die per boot ontoegankelijk waren.

Op elke boorplek werd, behalve een boring tot 1.5 m diepte, een handsondering tot op het pleistocene zand uitgevoerd. Dit gelukte, dank zij de slappe aard van de grond, op vrijwel alle plaatsen.

Bij het monsternemen werd van de bovenste 40 cm van de grond steeds een mengmonster genomen om toevallige onregelmatigheden in de samenstelling van de bovengrond zoveel mogelijk uit te schakelen. Voor het nemen van dit mengmonster werd een speciale boor gebruikt, waarmee op verscheidene plekken rondom het geankerde schip werd geboord. De op deze wijze verkregen grond werd dan vervolgens tot een mengmonster samengevoegd.

II. *de boringen tot op of in het pleistocene zand, die zijn verricht ten behoeve van de dijkbouw.*

De Dienst der Zuiderzeewerken hoort de dijktracé's zeer intensief af om ter plaatse een zo groot mogelijk inzicht te verkrijgen in de gesteldheid van de bodem. De Bodemkundige Afdeling heeft van de resultaten van deze boringen vooral gebruik gemaakt bij de vervaardiging van de kaart betreffende de diepte van het pleistocene zand (kaart 3, blz. 16).

II. GEOLOGISCH OVERZICHT

Dit hoofdstuk dient om het beeld van de geologische bouw van Oostelijk Flevoland in grote lijnen te schetsen. In het derde hoofdstuk zullen de belangrijkste afzettingen en enkele van hun eigenschappen afzonderlijk worden behandeld.

In het onderstaande overzicht zal het accent vallen op de holocene ontwikkelingsgeschiedenis; van de pleistocene afzettingen zullen slechts die uit het Riss-Würminterglaciaal en het Würmglaciaal in het kort worden besproken.

Opgemerkt zij nog, dat wanneer in dit hoofdstuk „Oostelijk Flevoland" of „de nieuwe polder" wordt genoemd, steeds het gebied wordt bedoeld dat na de inpoldering deze naam zal dragen.

a. de jong-pleistocene afzettingen.

Tot de jong-pleistocene afzettingen worden zowel de Eemlagen als het Laagterras gerekend. De Eemlagen, die dateren uit het Riss-Würminterglaciaal, zijn van mariene en terrestrische oorsprong en bestaan ten dele uit klei. Het voorkomen van de kleiige facies van de Eemafzettingen is van groot belang voor de voorspelling van de kwel, die in de nieuwe polder zal

optreden (VOLKER, 7). Aan deze Eemlagen zal in de komende jaren nog meer aandacht worden besteed, omdat uit een onderzoek in de Noordoostpolder is komen vast te staan, dat een nadere bestudering van het voorkomen en van de aard van de Eem-afzettingen bijdraagt tot de oplossing van de vraagstukken over de hydrologische gesteldheid van de polder.

Uit onderzoekingen in de Noordoostpolder en in de kuststrook van de Veluwe is gebleken, dat het Laagterras in het IJsselmeergebied bestaat uit een afzetting met een fluviatiele facies en één met een in hoofdzaak niveo-aeolische of aeolische facies. Het fluviatiele Laagterras, dat uit het begin van het Würmglaciaal dateert, is meestal als grof, grindhoudend zand ontwikkeld. Het voorkomen en de diepteligging van deze afzetting zijn nog niet voldoende bekend om hiervan thans reeds een overzicht te kunnen geven.

Op het fluviatiele Laagterras zijn in de laatste periode van het Würmglaciaal en in het Laatglaciaal niveo-aeolische en aeolische sedimenten afgezet. Hiervan is de laag, die direct op het grove fluviatiele zand ligt, lemig en fijnzandig. Dit lemige zand, dat in een dikke laag voorkomt, mag tot het oude dekzand worden gerekend. Het bovenste gedeelte van het pleistocene pakket wordt veelal gevormd door iets grover zand, dat mag worden beschouwd als jong dekzand of stuifzand. Juist dit jonge stuifzand, hoewel veelal slechts in een dunne laag aanwezig, verschaft plaatselijk het Laagterras zijn relief.

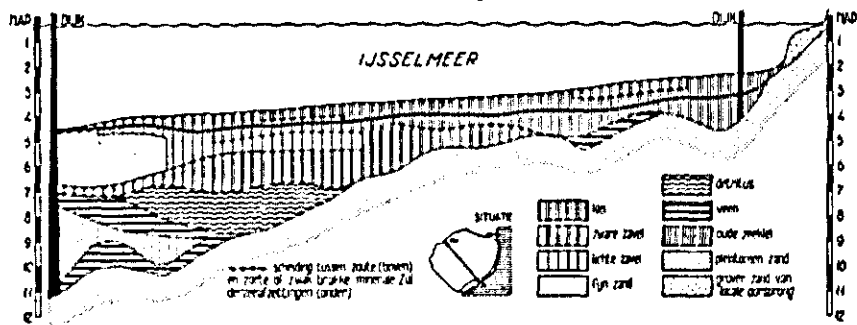
Ter illustratie van hetgeen in het bovenstaande werd opgemerkt over de grofheid van het Laagterras in zijn verschillende facies, wordt medegedeeld, dat in het fluviatiele Laagterras U-cijfers¹ van 40 worden aangetroffen. Het U-cijfer in de lemige lagen stijgt soms tot 170, om in het bovenste gedeelte van het pleistocene pakket weer te dalen tot ongeveer 80.

Het voorkomen van het pleistocene zand en de diepteligging van de bovenzijde hiervan zullen in het volgende hoofdstuk aan de hand van kaart 3 (blz. 16) uitvoerig worden behandeld. Hier wordt alleen opgemerkt dat nabij de Knardijk het pleistocene oppervlak vermoedelijk tengevolge van glaciale stuwing hoger ligt dan in de omgeving. Voorts is de ligging van dit zand in het noordwesten van de polder niet vlak. Naast diepe geulen komen hoge zandruggen voor, die als laatglaciale rivierduinen mogen worden beschouwd. In het noorden van de polder komt namelijk een gedeelte van het pleistocene IJsselstelsel voor. Het patroon van deze geulen en ruggen kon nog niet nauwkeurig worden vastgesteld.

b. de holocene afzettingen.

Hoewel het niet is uitgesloten, dat reeds in het Boreaal op enkele plekken in het zuidoosten van Oostelijk Flevoland veenvorming plaats vond, lijkt het waarschijnlijk dat de veengroei eerst begon in het Atlanticum in het

¹ Het U-cijfer is een maat voor de fijnheid van de zandfractie. Het geeft aan het aantal malen dat het oppervlak van a g korrels van het zand groter is dan dat van a g korrels met een doorsnede van 1 cm; met het fijner worden van het zand stijgt het U-cijfer.



noordwesten van de polder, waar het pleistocene zand het laagst is gelegen. In die tijd werd tengevolge van de rijzing van de zeespiegel de afwatering van het betreffende gebied sterk belemmerd, hetgeen de omstandigheden voor de veenvorming gunstig maakte. In betrekkelijk korte tijd heeft de veengroei zich vervolgens vanuit het noordwesten over vrijwel de gehele polder uitgebreid.

Terwijl in het noordwesten van de polder de sedimentatie van de oude zeeklei plaats vond, ging de veengroei in het niet door de zee overstroomde gebied ongestoord verder. Na het terugtrekken van de zee breidde de veengroei zich weer over het gehele gebied uit, zodat ook op de oude zeeklei een veenlaag werd gevormd.

Omstreeks 1800 v. Chr. vond opnieuw een inbraak van de zee plaats, die in de Noordoostpolder plaatselijk gepaard ging met de afzetting van de zogenaamde Cardiumklei. In het zuidwesten van de Noordoostpolder wordt deze klei niet aangetroffen (MIDDELHOEK en WIGGERS, 4), hetgeen het aannemelijk maakt, dat ook in Oostelijk Flevoland geen Cardiumklei aanwezig is. In elk geval is deze klei tot nu toe in geen enkele boring in dit gebied gevonden.

Uit een onderzoek in de Noordoostpolder is gebleken, dat, tengevolge van de inbraken van de zee, meren zijn ontstaan, die zich voortdurend hebben vergroot. Het is het veen in het algemeen niet gelukt deze verloren gegane gebieden te heroveren. Deze opvatting geldt ook voor Oostelijk Flevoland. Het zijn deze meren, die de Romeinse geschiedschrijvers bedoelen als zij schrijven over het Meer Flevo.

Er is reeds opgemerkt dat de veenvorming in het laaggelegen noordwesten van de toekomstige polder is begonnen, zodat waarschijnlijk pas enige tijd later het veen in het hoger gelegen zuiden en oosten doordrong. Mogelijk gebeurde dit zelfs pas in het Subborea of het Subatlanticum. Het is niet uitgesloten, dat later in het oosten en zuidoosten van de polder nog veengroei optrad, toen in het noordwesten de afbraak van het veen al was aangevangen.

Uit de aard van de verschillende afzettingen in het gebied tussen Ketelhaven en Elburg kan worden afgeleid, dat het veen daar eerst in de latere Middeleeuwen is afgebroken. Aangezien in die streek ook enige middeleeuwse scherven zijn gevonden, wordt het waarschijnlijk geacht dat er in genoemd gebied nog een vroeg-middeleeuwse bewoning is geweest.

In de bovengenoemde meren is de detritus gesedimenteerd, een afzetting die rijk is aan organische stof afkomstig van verslagen veen, plankton en waterplanten. In figuur 1 is de ligging van de detritus weergegeven.

Niet lang na het begin van de jaartelling wordt in de meren het gehalte aan organische stof in de sedimenten geleidelijk kleiner en neemt in dezelfde mate het gehalte aan minerale bestanddelen toe. Het materiaal met de gewijzigde samenstelling wordt met de naam sloef aangeduid. Geologisch beschouwd heeft sloef voornamelijk een stratigrafische en faciële betekenis. De sloefafzettingen zijn namelijk tussen het begin van de jaartelling en de zestiende of zeventiende eeuw in zoet tot zwak brak milieu gesedimenteerd. In de Noordoostpolder zijn in het sloefpakket 7 lagen onderscheiden, die daar over grote oppervlakten voorkomen en grotendeels nauwkeurig zijn gedateerd. Deze indeling van de sloef is met de huidige gegevens in Oostelijk Flevoland nog niet te geven. Wel is bekend, dat ook in deze polder het organische stofgehalte in het pakket van beneden naar boven geleidelijk afneemt. Dit wijst erop, dat aanvankelijk nog een vrij sterke afslag van het nog resterende veen plaats vond. Deze afslag was tegen het eind van de sloeffase vrijwel voltooid, hetgeen valt af te leiden uit het feit, dat de jongste sloeflagen over vrijwel de gehele polder voorkomen. Uit figuur 1 blijkt dat de sloeflagen in noordwestelijke richting zandiger worden, hetgeen het aannemelijk maakt, dat de minerale bestanddelen van deze lagen vanuit het noorden van de Zuiderzee zijn aangevoerd.

Op de sloef zijn vervolgens in de gehele polder mariene lagen afgezet. In de Noordoostpolder werd de mariene invloed eerst in het begin van de zeventiende eeuw duidelijk merkbaar (VAN DER HEIDE, 1). Aangezien het wel zo goed als vast staat dat de verzilting van het water in het westelijke gedeelte van de Zuiderzee is begonnen in de aanvang van de dertiende eeuw, is het niet uitgesloten dat de verzilting in Oostelijk Flevoland eerder

heeft plaats gevonden dan in de Noordoostpolder. Gegevens voor het vaststellen van het tijdstip van de verzilting van Oostelijk Flevoland zijn echter nog niet beschikbaar.

In geologisch en stratigrafisch opzicht valt over de mariene lagen nog weinig op te merken. Uit de bodemkaarten (kaarten 5 en 6, resp. op blz. 33 en 36) blijkt duidelijk dat het materiaal, evenals in de sloeffase, vanuit het noordwesten is aangevoerd en vervolgens de gehele oppervlakte van de nieuwe polder bedekte. De bouwvoor bestaat dus over het algemeen geheel uit mariene sedimenten.

Aangezien het grovere zand reeds is afgezet even voorbij de lijn EnkhuiZEN—Stavoren, het nauwste gedeelte van de Zuiderzee, komt dit materiaal niet voor in de bouwvoor van Oostelijk Flevoland. De kom van het IJsselmeer, waarin de nieuwe polder voor het grootste gedeelte is gelegen, bevat uitsluitend zeer lutumrijk materiaal (lutum is de fractie kleiner dan 2 micron). Naar de kust toe worden de afzettingen veelal geleidelijk armer aan lutum.

De afzetting van het mariene materiaal kon uiteraard slechts tot de afsluiting van de Zuiderzee plaats vinden.

Tot de mariene afzettingen moet ook het uiterst fijne zand langs de Veluwekust bij de Roggebotsluizen worden gerekend. Dit zand wordt in de Noordoostpolder aangeduid met de naam Blokzijlzand. De fijnheid van het zand berust op de geringe waterbeweging in de kom van de Zuiderzee, waardoor alleen uiterst fijn zand (nl. dat, wat in de klei en zavel voorkomt) naar die kom en vandaar naar de kust kon worden verplaatst. De armoede aan lutum van dit sediment vindt haar oorzaak in de ongunstige sedimentatieomstandigheden ter plaatse.

Evenals in de Noordoostpolder ligt in Oostelijk Flevoland ook een gedeelte van de IJsseldelta, die uit zand bestaat. Dit zand, Ramspolzand genoemd, is aangevoerd door de IJssel en bezit daarom een andere mineralogische samenstelling dan het door de zee aangevoerde zand. Over de ouderdom van het Ramspolzand is nog weinig bekend. Het oudste gedeelte dateert uit de sloeffase, het jongste uit de mariene fase.

Een derde zandsoort wordt aangetroffen ter hoogte van Kampenieuwstad en Elburg. Dit zand is verspoeld pleistoceen zand, dat gedeeltelijk in de sloeffase, gedeeltelijk daarna, door abrasie van pleistocene zandruggen is vrijgekomen en bij de kust weer is afgezet. Dit zand wordt in de Noordoostpolder Nagele- of Kuinrezand genoemd.

Tenslotte moet nog de allerjongste afzetting, het IJsselmeerslik, worden besproken. Dit is een zeer slap, waterrijk sediment, dat meestal iets meer humus dan normaal bevat en in zwaarte belangrijk kan afwijken van de onderliggende mariene afzettingen. Het ontbreken van mariene schelpen en de aard van de microfauna wijzen op een afzetting in een zoet milieu (MIDDELHOEK en WIGGERS, 4). Daarom wordt aangenomen, dat dit materiaal in het IJsselmeerstadium is opgewoeld, getransporteerd en weer afgezet.

Uit metingen van de Dienst der Zuiderzeewerken is komen vast te staan, dat de meerbodem over vrijwel het gehele gebied van de polder tussen

1935 en 1950 dieper is komen te liggen ten opzichte van N.A.P. Alleen in het noordwesten van de polder is de diepte van de meerbodem afgenomen. Het IJsselmeerslik wordt vooral daar gevonden en komt in het overige gedeelte alleen plaatselijk voor.

De verandering in diepteligging moet worden toegeschreven aan de grote hydrografische wijzigingen in dit gebied na de afsluiting van de Zuiderzee. De nieuwe toestand uit zich in een vlakker worden van de meerbodem. Het dieper worden van de hogere gedeelten in Oostelijk Flevoland treedt slechts daar op, waar de bovenlaag uit zware grond bestaat. De zandige gebieden nemen, ook al zijn ze hoog gelegen, niet merkbaar in diepte toe.

III. BESCHRIJVING VAN DE SEDIMENTEN

In het geologische overzicht werden de verschillende afzettingen, die in Oostelijk Flevoland voorkomen, reeds aan een globale beschouwing onderworpen. Uit bodemkundig oogpunt bezien is het echter noodzakelijk dat op de verschillende sedimenten nader wordt ingegaan. Het begrijpen van de verschillende bodemkaarten zal hierdoor ook worden vergemakkelijkt. In het bijzonder zal aandacht worden besteed aan het voorkomen, de diepteligging, de dikte en de sedimentologische eigenschappen van de afzonderlijke afzettingen.

Daarnaast zullen, wanneer dat van belang is, het lutumgehalte (gehalte aan gronddeeltjes kleiner dan 2 micron), de lutum-slibverhouding (d. i. lutumgehalte/slibgehalte maal 100), het U-cijfer, het humusgehalte, het watergehalte, het koolzure-kalkgehalte en het zwavelgehalte van de diverse sedimenten worden besproken. De genoemde gehalten worden steeds weergegeven in grammen per 100 gram droge stof.

Het lutumgehalte vormt de basis van de indeling van de grondsoorten op de bodemkaarten. In hoofdstuk V zal hierop nader worden teruggeko- men. Hier wordt volstaan met op te merken dat het lutumgehalte van zand minder dan 5 %, van lichte zavel 5—12 %, van zware zavel 12—25 % en van klei meer dan 25 % bedraagt. Er moet echter op worden gewezen dat een grondsoort met een lutumgehalte van 5—8 % nog tot het zand wordt gerekend indien het U-cijfer kleiner dan 120 is.

De lutum-slibverhouding heeft weinig directe landbouwkundige betekenis, maar wordt enkele malen vermeld uit wetenschappelijke overwegingen.

Het U-cijfer dient om de grofheid van het zand te karakteriseren en om het zand nader te kunnen onderverdelen. Het geeft ook een indruk van de omstandigheden, waaronder het zand is gesedimenteerd.

Het humusgehalte is o.a. bepalend voor de structuur en de stikstofhuishouding van de grond. Het weergeven van deze factor behoeft dan ook geen verdere motivering. Het humusgehalte is veelal bepaald volgens de elementaire analyse.

Het watergehalte wordt vermeld, omdat deze grootte bepalend is voor de mate van inklinking van de verschillende grondsoorten. Het is gebleken dat het watergehalte bij de normale mariene gronden een nauw

verband vertoont met het lutumgehalte. Dit verband kan worden weergegeven met de formule $A = 20 + 2.8 L$, waarin A het watergehalte en L het lutumgehalte voorstelt.

Dat het lutumgehalte en het koolzure-kalkgehalte worden opgegeven, vindt alleen al in de landbouwkundige waarde van deze grootheden voldoende motivering.

De verschillende sedimenten zullen niet even uitvoerig worden behandeld, omdat hun aard en belangrijkheid in landbouwkundig opzicht nogal uiteenlopen.

Meer of minder uitvoerig zullen worden besproken:

- a. het pleistocene zand
- b. de oude zeeklei
- c. het veen
- d. de detritus
- e. de sloefafzettingen
- f. de mariene afzettingen
- g. de kustzanden
- h. het IJsselmeerslik.

a. het pleistocene zand.

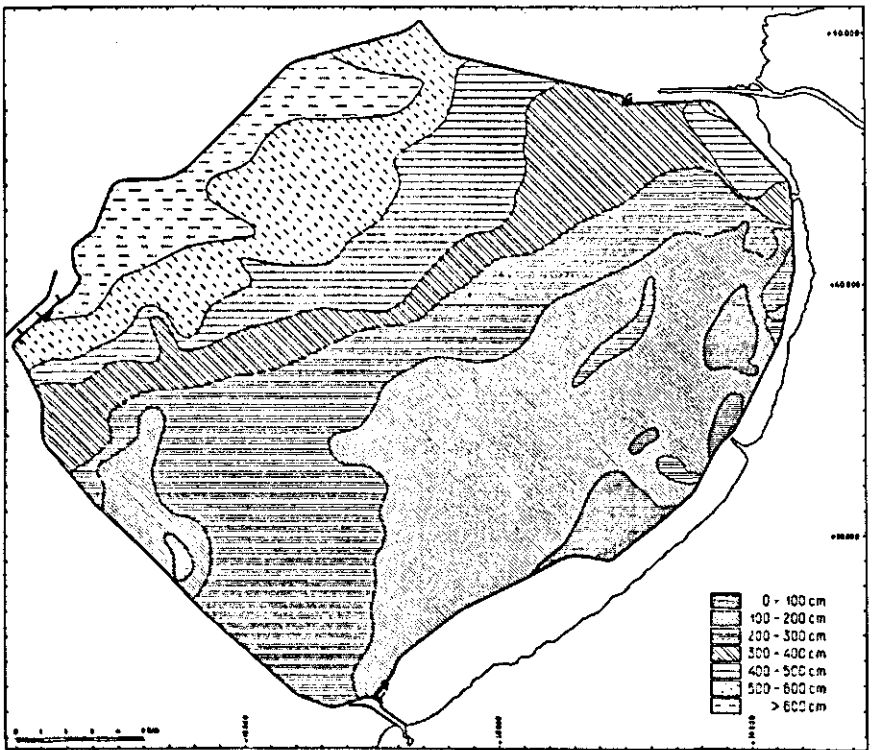
In het geologisch overzicht werd uiteengezet, dat het pleistocene zand in geheel Oostelijk Flevoland de basis vormt, waarop de holocene sedimenten zijn afgezet.

Voor het bodemkundig onderzoek is slechts het bovenste gedeelte van het pleistocene zand van belang, namelijk het niveo-acolische of acolische pakket, ook wel dekzand genoemd.

Om misverstand te voorkomen wordt er op gewezen, dat hier alleen het niet verspoelde pleistocene zand zal worden besproken. Het verspoelde pleistocene zand (het Kuinrezand) wordt bij de kustzanden (g) behandeld.

De diepteligging van de bovenzijde van het pleistocene zand ten opzichte van de IJsselmeerbodem vóór de inklinking van de afdekkende lagen is weergegeven op kaart 3. Uit deze kaart blijkt dat de diepte varieert van 20 cm tot meer dan 6 m. De hoogste ligging van het zand wordt aangetroffen in het zuidoostelijke deel van de polder, waar een aantal zandruggen zich duidelijk boven de omgeving verheft. Ook op een kleine plek ten westen van Kampenieuwstad wordt het pleistocene zand slechts door een zeer dunne laag mariene grond bedekt. De daling van het pleistocene zand voltrekt zich min of meer geleidelijk in noordwestelijke richting. Ten zuidoosten van Lelystad gaat de daling vanaf de dieptelijn van 3 m naar die van 6 m vrij snel.

Zoals reeds in het vorige hoofdstuk is meegedeeld, is de diepteligging van het pleistocene zand in het noordwestelijke gedeelte van de polder veel grilliger dan op kaart 3 tot uiting komt. Er bevinden zich daar diep ingesneden geulen, die veelal worden begeleid door hoge zandruggen. Een overeenkomstig gebied wordt in het zuiden van de Noordoostpolder aangetroffen, waar deze variatie in diepteligging van het zand plaatselijk



KAART 3. Diepteligging in cm beneden de meerbodem van het pleistocene zand vóór de inklinking van de afdekkende lagen.

MAP 3. Depth in cms. below sea bottom of the pleistocene sand before shrinkage of the holocene deposits.

problemen meebracht, zoals onder anderen bij de dijkbouw, bij het onderhoud van de tochten, bij het onderhoud van de wegen en bij de aanleg van boerderijen.

Ook in landbouwkundig opzicht kunnen enige moeilijkheden worden verwacht, aangezien door verschillen in inklinking in het terrein hoogten en laagten zullen ontstaan. Daarnaast gaat de aanwezigheid van diepe geulen en hoge zandruggen meestal gepaard met een bonte profielopbouw.

Tengevolge van de inklinking van de boven het pleistocene zand gelegen deklagen zal het zand ten opzichte van het maaiveld hoger komen te liggen. De wijze, waarop de inklinking van de verschillende deklagen in rekening is gebracht zal in het volgende hoofdstuk nader worden toegelicht. In tabel 1 is op een globale wijze het gevolg van de inklinking op de diepteligging van het pleistocene zand onder het maaiveld weergegeven, waarbij is uitgegaan van een periode van inklinking van 80 à 100 jaar.

TABEL 1. De oppervlakten in ha van het pleistocene zand op verschillende diepten beneden het bodemoppervlak vóór en na de inklinking.

Diepte in m beneden het bodemoppervlak	Oppervlakte in ha	
	Vóór de inklinking	Na de inklinking
0—1	1800	12000
1—2	15250	18100
2—3	14050	8800
3—4	6800	4000
4—5	6200	5800
5—6	6300	5000
> 6	3800	500
Totaal	54200	54200

In tabel 1 valt op, dat het pleistocene zand, dat zich op minder dan 1 m beneden het bodemoppervlak bevindt, tengevolge van de inklinking in oppervlakte is toegenomen van 1800 tot 12000 ha. Eveneens blijkt, dat de oppervlakte van het pleistocene zand, dat op 1 tot 2 m beneden het bodemoppervlak voorkomt, na de inklinking ongeveer 3000 ha groter is geworden.

Wat betreft de granulaire samenstelling van het zand, kan worden meegedeeld dat het lutumgehalte niet veel meer dan enkele procenten bedraagt, terwijl het in de lemige lagen tot meer dan 10 % kan stijgen. Het U-cijfer varieert, afhankelijk van de wijze van afzetting, vrij sterk. In het fluviaal afgezette pleistocene zand komen U-cijfers van 40 voor. In de meer lemige lagen van de niveo-aeolische of aeolische afzettingen kan het U-cijfer tot 170 oplopen. Het U-cijfer van het overige zand beweegt zich meestal tussen 70 en 90. Deze laatste cijfers worden ook in de Noordoostpolder in dezelfde afzetting gevonden.

b. de oude zeeklei.

De oude zeeklei komt alleen in een smalle, ongeveer 3 km brede strook langs de noordwestelijke dijk van de polder voor.

De diepte, waarop de bovenzijde van deze afzetting zich onder de IJsselmeerbodem bevindt, varieert vrij sterk en loopt uiteen van 2.0 tot 5.3 m, met een gemiddelde van ongeveer 3.6 m. Ook na de inklinking zal de diepte nog zodanig zijn, dat bij het graven van de sloten deze klei vrijwel nooit zal worden aangesneden.

De dikte van de oude zeeklei is nogal verschillend. De geringste dikte bedraagt 0.2 m, de grootste 5 m, terwijl de gemiddelde dikte ruim 2 m is.

Binnen Oostelijk Flevoland bestaat het sediment voornamelijk uit zware klei met een gemiddeld lutumgehalte van ruim 40 %. De lutum-slibverhouding bedraagt gemiddeld 68 en komt overeen met die van een volmariene afzetting.

Doordat de oude zeeklei zowel aan de onderzijde als aan de bovenzijde wordt begrensd door veen, treden zeer verschillende humusgehalten op. Dit houdt in dat bij een gelijk lutumgehalte het watergehalte sterk kan variëren. Zo loopt bij een lutumgehalte van 40 % het watergehalte uiteen van 78 tot 128. Worden de humeuze onder- en bovenlagen van de oude zeeklei buiten beschouwing gelaten, dan kan het verband tussen het lutumgehalte en het watergehalte globaal worden weergegeven met de formule $A = 20 + 1.8 L$, waarin A het watergehalte en L het lutumgehalte voorstelt. Dit houdt dus in dat bij een gelijk lutumgehalte het watergehalte van oude zeekleiafzettingen belangrijk lager ligt dan dat van normale jonge mariene gronden (blz. 15).

De bovenste laag van deze afzetting, die zich dus vlak onder het veen bevindt, is geheel of vrijwel geheel koolzure-kalkloos. De diepere lagen bevatten wel koolzure kalk, soms tot 14 % toe. De kalkloze en kalkarme oude zeeklei kan na aëratie in sterk zure kateklei overgaan. De oude zeeklei komt echter op een dergelijke diepte voor dat deze aëratie niet erg waarschijnlijk is; bovendien zouden de gewassen er geen hinder van onder vinden.

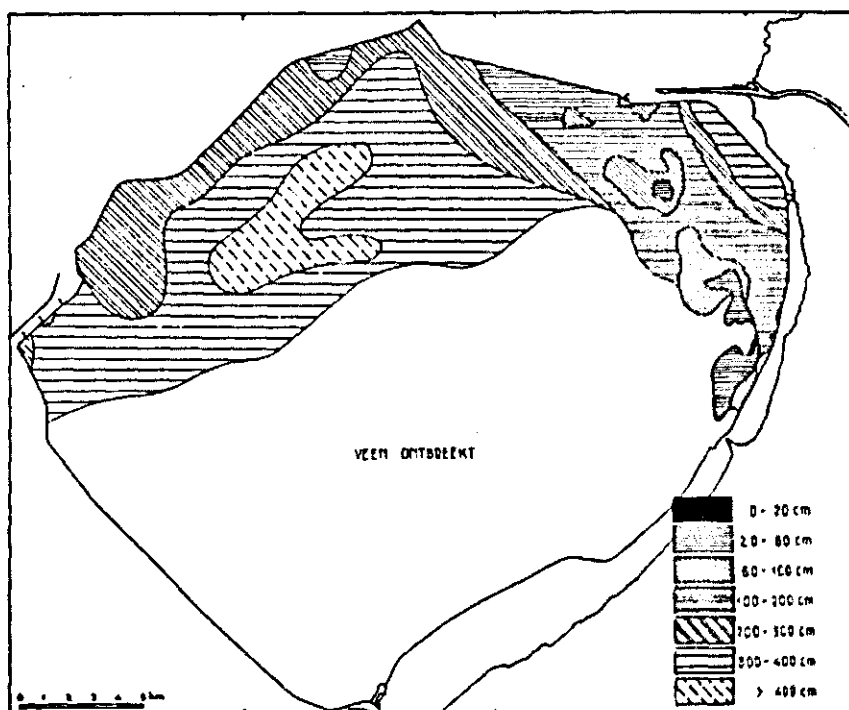
c. het veen.

Zoals reeds in het geologisch overzicht is meegedeeld komt in het noordwesten van de polder, zowel onder als boven de oude zeeklei, veen voor, waarvan in het volgende alleen de jongste veenlaag zal worden besproken. Op kaart 4 is de verbreiding en de diepteligging van dit veen aangegeven zonder dat met de inklinking van de afdekkende lagen rekening is gehouden. Oorspronkelijk was de gehele polder met veen bedekt, maar door afbraak zijn alleen in het noorden en in het oosten van de polder nog gedeelten overgebleven.

Uit kaart 4 blijkt dat het veen in het noordwesten van de polder zo diep ligt, dat het in landbouwkundig opzicht geen betekenis heeft. In het oosten is de diepteligging van het veen wat onregelmatiger dan in het westen; plaatselijk komt het ondiep voor, soms reeds op 20 cm beneden de IJsselmeerbodem. De aanvankelijke gedachte, dat in dit gebied een „veenafbraak-complex” zou voorkomen, is door aanvullende boringen achterhaald. Deze boringen hebben aangetoond, dat in het betreffende gebied het veen vrij vlak is geabradeerd. Een grote variatie op korte afstand in de diepteligging van de bovenzijde van het veen, kenmerkend voor wat bij de kartering als een „veenafbraak-complex” wordt beschouwd, blijkt hier niet aanwezig te zijn.

De afbraak van het veen is in het noordwesten van de nieuwe polder reeds vroeg begonnen, zodat de veenlaag daar over het geheel genomen dun is. De dikte van de laag varieert hier van 0.3 m tot 2.2 m met een gemiddelde van ongeveer 1 m. In het noordoosten, ongeveer vanaf de dieptelijn van 2 m, is daarentegen een groot gedeelte van het veenpakket gespaard gebleven. De dikten lopen daar uiteen van enkele decimeters tot 3 m.

Over de botanische samenstelling kan worden opgemerkt, dat het veen in het noordwesten van de polder vrijwel geheel uit riet- en zeggeveen



KAART 4. Voorkomen en diepteligging van het veen bij het droogvallen.
 MAP 4. *Depth of the peat before shrinkage of the overlying sediments.*

(eutroof veen) bestaat. In het oosten, waar het veen ondiep wordt aange- troffen, komt ook veenmosveen (oligotroof veen) voor. Overigens is van de botanische samenstelling en van het voorkomen van autochthoon en allochthoon veen nog weinig bekend. Dit is, landbouwkundig gezien, niet ernstig, aangezien het veen in de bovengrond in Oostelijk Flevoland geen belangrijke rol speelt.

Het gehalte aan organische stof van het veen vertoont enige variatie al naargelang de hoeveelheid zand of klei, waarmee het is vermengd. In de nabijheid van de oude zeeklei is het veen meestal slibhoudend. Het humusgehalte loopt uiteen van 25 tot 80 % met als gemiddelde 55 %.

Het watergehalte van dit sedentaat is geheel een functie van het humus- gehalte en bedraagt gemiddeld het 8-voudige daarvan.

d. de detritus.

De detritus komt in het noordoosten van de polder over een oppervlakte van ongeveer 12000 ha in de ondergrond voor. Waar deze afzetting niet aanwezig is, wordt aangenomen dat dit ontbreken primair is, behalve in de omgeving van Lelystad, waar de detritus waarschijnlijk door erosie is verdwenen.

De detritus wordt nimmer op geringe diepte gevonden. Vóór de inklinking bevindt dit sediment zich vrijwel steeds op meer dan 2 m beneden de IJsselmeerbodem. Na de inklinking van de afdekkende lagen blijft de detritus nog zo diep onder het maaiveld, dat zij slechts op enkele plaatsen bij het graven van de sloten zal worden aangesneden.

De dikte van deze afzetting is erg gelijkmatig. De meest voorkomende dikte is rond 1 m.

Tot de detritus worden alleen humusrijke sedimenten met een gehalte aan organische stof groter dan 20 % gerekend. Het gemiddelde percentage humus bedraagt ongeveer 25 %.

Het lutumgehalte van de detritus ligt globaal tussen 15 en 25 %, met als gemiddelde 17 %. De lutum-slibverhouding loopt uiteen van 35—61, met een gemiddelde van 50.

Het watergehalte van deze grondsoort wordt in hoofdzaak door het gehalte aan organische stof bepaald. Het verband dat tussen het watergehalte en het humusgehalte bestaat, kan het beste worden herleid tot het verband tussen extra-watergehalte en extra-humusgehalte. Onder het extra-watergehalte wordt verstaan het watergehalte, dat boven het normaal aan het lutum gebonden water aanwezig is. De laatstgenoemde hoeveelheid water wordt berekend met de formule $A = 20 + 2.8 L$, waarin A het watergehalte en L het lutumgehalte is (zie blz. 15). Het extra-humusgehalte wordt berekend door het gevonden humusgehalte te verminderen met dat, wat in normale mariene grond in Oostelijk Flevoland bij overeenkomstig lutumgehalte wordt aangetroffen (zie fig. 2 op blz. 23).

Uit het verband tussen het extra-watergehalte en het extra-humusgehalte blijkt, dat 1 gram extra-humus 8.7 gram water bindt. Aangezien 1 gram lutum overeenkomt met 2.8 gram water, correspondeert in waterbindend vermogen 1 gram extra-humus dus met 3.1 gram lutum.

Het koolzure-kalkgehalte van de detritus is klein. In een aantal zuivere monsters komt zelfs in het geheel geen koolzure kalk voor. Dit zou aanleiding kunnen geven tot de vorming van katteklei, doch gezien de diepe ligging van de detritus behoeft hiervoor niet te worden gevreesd. Bij de overgang naar de boven de detritus gelegen huneuze sloef stijgt ook het koolzure-kalkgehalte.

c. de sloefafzettingen.

Zoals figuur 1 (blz. 11) laat zien komen de sloefafzettingen over geheel Oostelijk Flevoland voor.

De diepteligging van de bovenzijde van de sloef vertoont vóór de inklinking van de bovenliggende mariene afzettingen enige variatie. In het noordwesten van de polder komt de sloef reeds op 15 à 25 cm beneden de IJsselmeerbodem voor. De diepte neemt vervolgens in zuidoostelijke richting toe tot 50 à 75 cm in het centrale gedeelte en tot 75 à 90 cm in het zuidoosten van de polder. Tengevolge van de inklinking van de mariene deklagen zal de sloef in de toekomst ten opzichte van het maaiveld vrij wat hoger in het profiel komen te liggen. Zij bevindt zich dan in het grote centrale deel van de polder op ongeveer 35 cm beneden het maaiveld.

De dikte van het sloefpakket loopt niet sterk uiteen en bedraagt voor het grootste deel van de polder ongeveer 2.0 à 2.5 m.

De sloefgronden in Oostelijk Flevoland kunnen met de ter beschikking staande gegevens globaal worden verdeeld in humeuze en niet humeuze sloef. De grens is zodanig gelegd, dat de humeuze sloef een extra-humusgehalte heeft van meer dan 5 %. Zoals reeds is opgemerkt, is het nog niet mogelijk de zeven onderscheidingen, die in de Noordoostpolder in dit sediment zijn gemaakt, ook in deze polder toe te passen.

Het lutumgehalte van de niet humeuze sloef is in het noordwesten van Oostelijk Flevoland ongeveer 6 % en loopt in zuidoostelijke richting geleidelijk op tot 35 %. De humeuze sloef daarentegen heeft een lutumgehalte dat vanaf het noord-noordoosten in zuid-zuidwestelijke richting stijgt van 12 à 17 % tot ongeveer 35 %. In het centrum van de polder, waar beide sloefsoorten boven elkaar voorkomen, bestaat de gehele ondergrond dus uit zware afzettingen.

De oorspronkelijke betekenis van het begrip sloef hangt samen met de granulometrische samenstelling van het sediment. Onder een sloefafzetting wordt verstaan een sediment met een van de mariene gronden afwijkende verhouding tussen de gehalten aan de deeltjes kleiner dan 2 micron en kleiner dan 16 micron.

In normale mariene afzettingen ligt deze verhouding, die wordt aangeduid als lutum-slibverhouding zodanig, dat $\frac{100 \times 0-2 \mu}{0-16 \mu} = \pm 70$.

Deze verhouding wordt niet beïnvloed door het slibgehalte (gehalte aan deeltjes kleiner dan 16 micron). In vol-mariene gronden bedraagt zowel in een lichte zavel als in een zware klei de verhouding ca 70.

In de sloefafzettingen is deze constante verhouding verstoord. In de echte sloef in de Noordoostpolder bedraagt de lutum-slibverhouding veelal slechts 35, doch alle overgangen tussen 35 en 60 komen in dit sediment voor.

De lage verhouding tussen het gehalte aan lutumdelen en dat aan slibdelen kan zowel berusten op een te hoge waarde van de slibfractie, als op een te lage waarde van de lutumfractie. Nader onderzoek heeft aangetoond, dat bij de sloef het tweede genoemde geval wordt aangetroffen, namelijk een, naar verhouding tot de overige fracties, te laag lutumgehalte. Voor de verklaring van dit feit moge worden verwezen naar de publicaties van Zuuk (11 en 12).

De lutum-slibverhouding van de sloef in Oostelijk Flevoland verandert van ongeveer 30 bij de Ketelmond tot bijna 60 bij de Knardijk, terwijl het gemiddelde 46 is. Het blijkt, dat de lutum-slibverhouding van de sloeflagen in het centrum en in het zuiden van de polder nadert tot die van de mariene lagen. Dit betekent dat beide grondsoorten zich daar, afgezien van het humusgehalte, in landbouwkundig opzicht nauwelijks van elkaar zullen onderscheiden.

Meestal wordt bij de sloefafzettingen niet over het humusgehalte maar over het extra-humusgehalte gesproken. Zoals reeds is opgemerkt, ligt de grens tussen de humeuze en niet humeuze typen van dit sediment bij 5 % extra-humus. De humeuze sloefgronden bevatten in de meeste gevallen 5

tot 10 % extra-humus, terwijl dit percentage in de overgangslagen naar de detritus vaak tot 20 % kan oplopen.

Wat het watergehalte betreft, per gram extra-humus hebben de sloefgronden hetzelfde watergehalte als de detritus. Doordat bij de eerste grondsoort het extra-watergehalte lager is dan bij de laatste, is het absolute watergehalte eveneens lager.

Het koolzure-kalkgehalte vertoont verband met het extra-humusgehalte met dien verstande, dat bij toeneming van het laatste het koolzure-kalkgehalte daalt van gemiddeld 9 tot gemiddeld ongeveer 5 %.

In het noordwestelijke gedeelte van de polder vertoont de lutumarme sloef U-cijfers van omstreeks 180. In het overige deel van de polder is de lutumarme sloef, evenals in de Noordoostpolder, uiterst fijnzandig, zodat U-cijfers van 270 en hoger veelvuldig worden aangetroffen.

f. de mariene afzettingen.

De mariene sedimenten komen in geheel Oostelijk Flevoland voor. Behalve op de plaatsen, waar zij onder het IJsselmeerslik liggen, vormen zij in de nieuwe polder de bovenlaag.

De dikte van de mariene laag varieert van enige centimeters tot bijna een meter. Deze dikte is dus aanzienlijk minder dan die van het sloefpakket. Dit is niet verwonderlijk, omdat de sloeffase veel langer heeft geduurd dan de mariene fase. Zoals reeds uit de diepteligging van de sloef blijkt, bedraagt de dikte van de mariene afzetting in het grote centrale gedeelte van de nieuwe polder vóór de inklinking 50 à 75 cm. Hiervan blijft na de inklinking ongeveer 35 cm over.

Voor het lutumgehalte kan worden verwezen naar de behandeling van de bouwvoorkaart (hoofdstuk V), die de samenstelling van de bovenste 25 cm van het profiel na inklinking aangeeft. Aangezien de mariene laag na de inklinking in het overgrote deel van de polder ongeveer 35 cm dik is, omvat de bouwvoor na de inklinking dus het grootste gedeelte van het mariene pakket. Voorts is gebleken dat de verschillen in lutumgehalte tussen de bovenste en onderste mariene lagen uiterst klein zijn, zodat de zwaarte van de mariene afzettingen dus uit de bouwvoorkaart kan worden afgelezen. Slechts enkele opmerkingen van algemene sedimentologische aard mogen hier volgen.

Wanneer op kaart 5 (blz. 33) het verloop van de lijn van 25 % lutum (de grens tussen de groepen 7 en 8) als het normale verloop van de begrenzing tussen de verschillende lutumklassen wordt aangenomen, dan blijkt de lijn van 17 % lutum (de grens tussen de groepen 6 en 7) in het noordwesten van Oostelijk Flevoland op een bepaalde plaats af te buigen. Deze afwijking spreekt des te meer, wanneer wordt opgemerkt dat de lutumlijnen van de onderliggende sloef geheel parallel lopen aan de lutumgrens van 25 % in de bouwvoor. Ten aanzien van deze afwijking kan worden opgemerkt, dat de mariene lagen hier wel het normale sedimentatiepatroon vertonen en uit lichte zavel bestaan, maar dat zij zijn afgedekt door een laag zwaar IJsselmeerslik. Daar de bouwvoor uit een mengsel van IJsselmeerslik en

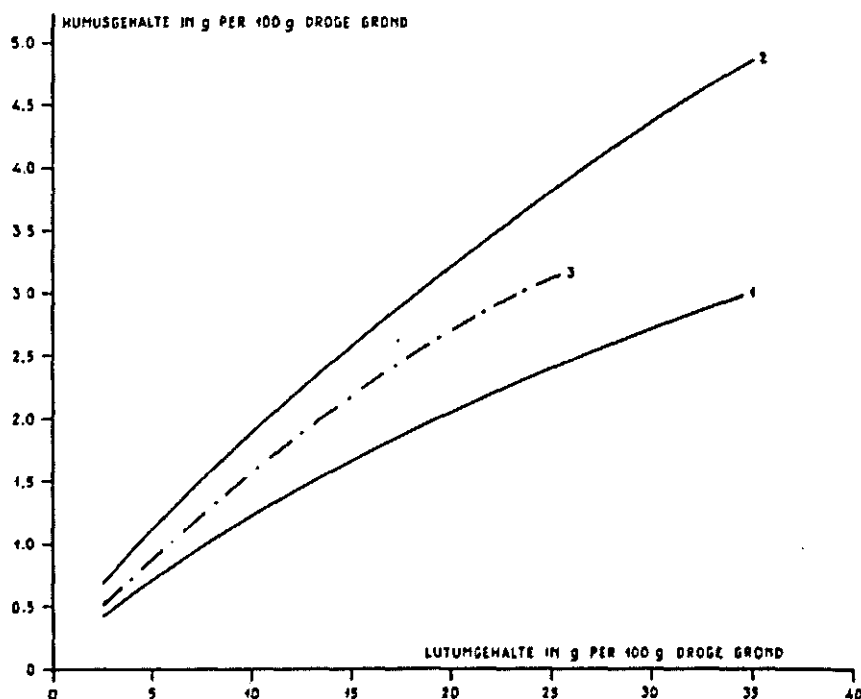


FIG. 2. Verband tussen humusgehalte en lutumgehalte.

1 = Mariene bovengrond, Oostelijk Flevoland.

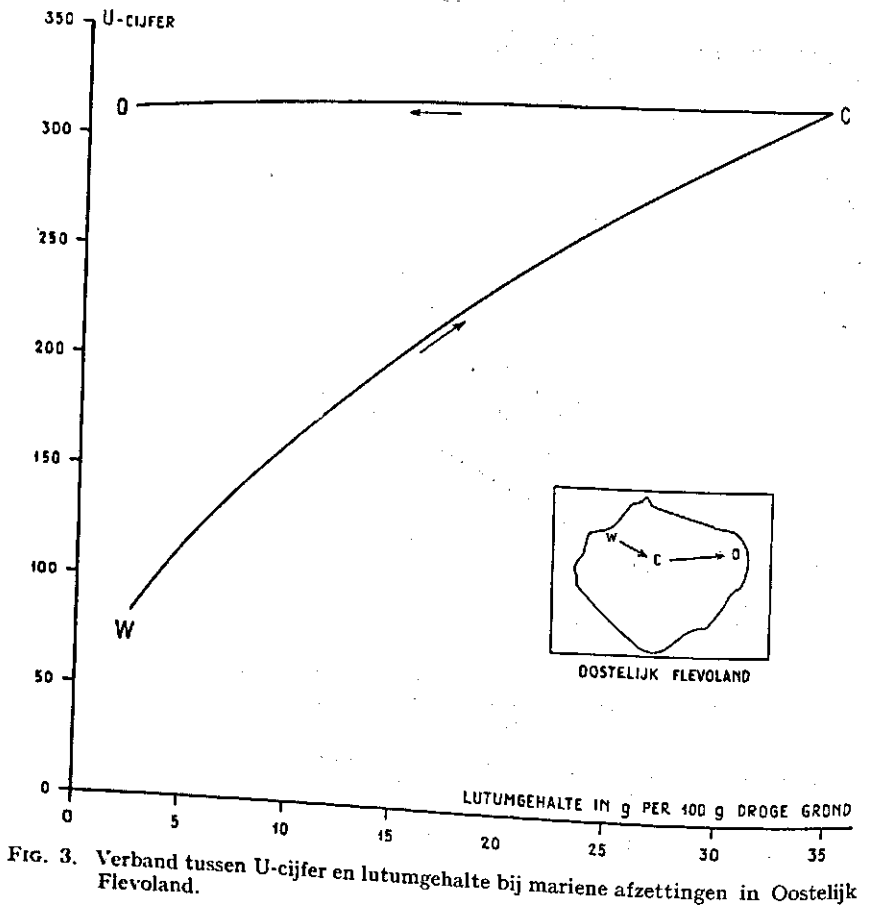
2 = IJsselmeerslik, Oostelijk Flevoland.

3 = Mariene bovengrond, Noordoostpolder.

mariene grond bestaat, is deze lutumrijker dan uit de zwaarte van de mariene afzettingen zou volgen.

De hoogste lutumgehaltes van 30 % en soms zelfs van 40 % worden in het centrale deel van de polder aangetroffen. Naar de kust toe neemt het lutumgehalte af. Slechts op enkele plaatsen is de geleidelijke overgang van klei naar zand in de richting van de kust goed te zien, omdat deze groten-deels is verstoord door de afzetting van Ramspolzand en verspoeld pleis-toceen zand (Kuinezand). Het mariene zand, Blokzijlzand genaamd, zal met de genoemde overige kustzanden in de volgende paragraaf worden behandeld.

De lutum-slibverhouding van de mariene lagen varieert enigermate. Bij de IJsselmond bedraagt deze verhouding minder dan 60, maar voor het overgrote deel van de polder ligt zij tussen 60 en 65 om bij de Knardijk en Lelystad op te lopen tot 65 à 70. De laatstgenoemde hoge waarden zijn een gevolg van het rustige sedimentatiemilieu en het ontbreken van de invloed van de IJssel in het centrale en westelijke gedeelte van de nieuwe polder. De gemiddelde verhouding in Oostelijk Flevoland van 62.5 ligt iets hoger dan die in de Noordoostpolder.



Het humusgehalte van de toekomstige bouwvoor is een belangrijke grootheid, omdat dit o.a. van invloed is op de stikstofhuishouding van de grond. In de Noordoostpolder is gebleken dat er een nauw verband bestaat tussen het humusgehalte en het lutumgehalte van de mariene sedimenten (HIS-SINK, 3). Tevens kwam naar voren dat dit verband afhankelijk was van de plaats waar de monsters waren genomen, aangezien dichtbij de kust relatief iets hogere humusgehalten worden gevonden dan in het westen van de Noordoostpolder. De oorzaak hiervan is nog niet bekend.

In Oostelijk Flevoland is eveneens een correlatie gevonden tussen het humusgehalte en het lutumgehalte. Het was echter nog niet mogelijk eventuele verschillen tussen bepaalde gebieden aan te geven. In figuur 2 (blz. 23) is de correlatie tussen humus- en lutumgehalte weergegeven. Ter vergelijking is ook het gemiddelde verband voor de mariene gronden in de Noordoostpolder opgenomen. Het blijkt dat het humusgehalte van de mariene bovengrond in de nieuwe polder lager ligt dan dat in de Noordoostpolder. Het humusgehalte van de zavel- en kleigronden bedraagt in de

Noordoostpolder ongeveer 12 % van het lutumgehalte, terwijl dit percentage in Oostelijk Flevoland ongeveer 10 is.

Bij figuur 2 (blz. 23) moet worden opgemerkt dat de cijfers in het lage lutumtraject betrekking hebben op de zandgronden in het noordwesten van de polder. Het mariene zand langs de kust (Blokzijlzand) en de overige kustzanden hebben bij een gelijk lutumgehalte een grotere hoeveelheid humus dan uit de grafiek is af te leiden.

Het watergehalte van de mariene sedimenten vertoont een nauw verband met het lutumgehalte, hetgeen mede een gevolg is van de goede correlatie tussen het lutumgehalte en het humusgehalte. Het verband voldoet, zoals reeds in het begin van dit hoofdstuk is opgemerkt, aan de formule $A = 20 + 2.8 L$, waarin A het watergehalte en L het lutumgehalte voorstelt. De mariene gronden in Oostelijk Flevoland komen wat hun watergehalte betreft geheel overeen met die in de Noordoostpolder.

Koolzure kalk is in de mariene afzettingen in de nieuwe polder in ruime mate aanwezig. Er bestaat een bepaald verband tussen het koolzure-kalkgehalte en het lutumgehalte, waaruit blijkt, dat bij afneming van het lutumgehalte ook het gehalte aan koolzure kalk kleiner wordt. Het koolzure-kalkgehalte bedraagt echter ook bij een laag lutumgehalte nog ruim 8 %.

De zandsfinheid van de mariene lagen neemt over het algemeen met het lutumgehalte toe. Bij de mariene gronden met lage lutumgehalten kunnen echter grote verschillen in het U-cijfer optreden. Zo vertonen de zandgronden in het noordwesten van de polder U-cijfers van ongeveer 120, terwijl in het oosten van de polder in de zandgronden met een even hoog lutumgehalte U-cijfers van 300 worden aangetroffen. Het bovenstaande komt duidelijk tot uiting in figuur 3.

Het zwavelgehalte (uitgedrukt in g SO_4 per 100 g droge grond) geeft alle in de grond voorkomende zwavel en zwavelverbindingen aan. Het verband tussen het lutumgehalte en het zwavelgehalte is in de mariene bovengrond zeer nauw; het zwavelgehalte neemt rechtlijnig met het lutumgehalte toe (fig 4).

Aangezien dit verband in grote lijnen gelijkenis vertoont met dat van de Noordoostpolder mag worden verwacht, dat de sulfaathuishouding in de nieuwe polder overeen zal komen met die van de Noordoostpolder, hetgeen dus inhoudt dat een daling van de pH door de oxydatie van de aanwezige sulfiden ook in Oostelijk Flevoland niet zal optreden.

g. de kustzanden.

Het matig fijne en middelfijne kleiarme zand (Kuinrezand), het matig fijne en middelfijne kleihoudende zand (Ramspolzand) en het zeer fijne en uiterst fijne kleihoudende zand (Blokzijlzand) vormen te zamen de kustzanden. In deze publicatie zullen eenvoudigheidshalve de namen Kuinrezand, Ramspolzand en Blokzijlzand worden gebruikt. Deze namen zijn ontleend aan overeenkomstige afzettingen in de Noordoostpolder.

Het Ramspolzand is zowel in de sloef- als in de mariene fase door de IJssel aangevoerd. Het Blokzijlzand moet genetisch worden beschouwd als

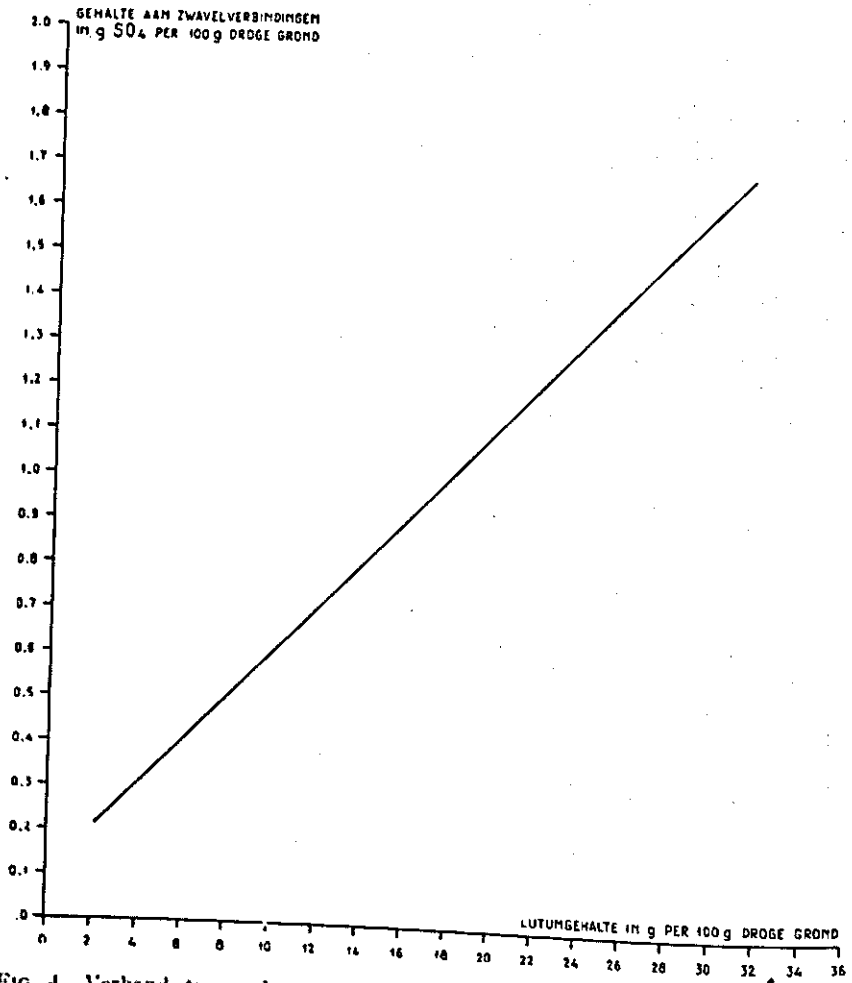


FIG. 4. Verband tussen lutumgehalte en gehalte aan zwavelverbindingen in de mariene bovengrond van Oostelijk Flevoland.

een marien sediment, terwijl het Kuinrezand bestaat uit in mariene tijd (maar mogelijk ook reeds in de sloeftijd) omgewerkt en verplaatst pleistoceen zand. Aangezien deze zandsoorten één kuststrook vormen, waarin zij geleidelijk in elkaar overgaan, is het gewenst ze gezamenlijk te bespreken.

De kustzanden zijn op de bouwvoorkaart (kaart 5, blz. 33) als volgt weergegeven: het Ramspolzand met de groep 2b, het Blokzijlzand met de groep 2d en het Kuinrezand met de groep 1c. Alle zandsoorten komen dus aan de oppervlakte voor.

De dikte van het Ramspolzand, dat in de mariene tijd is afgezet, bedraagt ongeveer 1.5 m. Het Blokzijlzand en het Kuinrezand zijn aan de kust meer dan 1 m dik.

Het lutumgehalte van het Ramspolzand varieert van 3—8 %. Ondanks het feit dat een gedeelte van dit zand een lutumgehalte bezit, dat groter is dan 5 %, wordt het gehele Ramspolzand tot de zandgronden gerekend. Dit houdt verband met het feit, dat de zandfractie van het Ramspolzand relatief grofkorrelig is; dergelijke gronden vertonen eerst boven 8 % lutum de typische eigenschappen van de lichte zavel. Het lutumgehalte van het Blokzijlzand loopt uiteen van 3—5 %, terwijl het Kuinrezand niet meer dan 3 % lutum bevat. Vooral het Kuinrezand op het Spijk bij Elburg is zeer lutumarm.

Het U-cijfer van het Ramspolzand bedraagt gemiddeld ongeveer 80 en vertoont slechts een zwak verband met het lutumgehalte. Het zuivere Blokzijlzand vertoont soms een U-cijfer van 300, maar meestal ligt deze waarde tussen 120 en 270. Het matig fijne tot middelfijne Kuinrezand bezit U-cijfers van rond 80. Het onderscheid tussen het Ramspolzand en het Kuinrezand berust dus niet op een verschil in U-cijfer, maar op een verschil in lutumgehalte.

Het koolzure-kalkgehalte van het in de mariene tijd afgezette Ramspol- en Kuinrezand is lager dan dat van het echte mariene Blokzijlzand. Het kalkgehalte van het Kuinrezand dat reeds in de sloeffase is afgezet, kan zo laag zijn, dat na het droogvallen door oxydatie van de sulfiden een zeer lage pH kan ontstaan. Landbouwkundige moeilijkheden zullen hierdoor niet optreden, aangezien de bij de oxydatie van de sulfiden gevormde zuren snel zullen uitspoelen, terwijl tevens aanvoer van koolzure kalk vanuit de bovengrond zal optreden.

h. het IJsselmeerslik.

Zoals reeds in hoofdstuk II is meegedeeld, komt het IJsselmeerslik in het noordwesten van Oostelijk Flevoland in een aaneengesloten laag voor. In het overige gedeelte van de polder wordt deze afzetting hier en daar over kleine oppervlakten aangetroffen.

De dikte van deze IJsselmeerafzetting heeft alleen in het noordwestelijke gedeelte van de polder enige betekenis. Zij varieert daar van 0 tot ruim 20 cm met een gemiddelde van ruim 10 cm.

Het lutumgehalte vertoont een vrij grote variatie. In het algemeen bestaat het slik uit zware zavel. Dit blijkt ook uit de bouwvoorkaart (kaart 5, blz. 33). In de paragraaf van de mariene afzettingen is hierover reeds gesproken.

De lutum-slibverhouding wisselt van 46 tot ruim 60 met als gemiddelde 54. Deze gemiddelde verhouding is dus lager dan die van de onderliggende mariene lagen, hetgeen een gevolg is van verschillen in het sedimentatiemilieu.

Het humusgehalte van het slik is, zoals uit figuur 2 (blz. 23) blijkt, groter dan dat van de mariene afzettingen. Het extra-humusgehalte bedraagt echter niet meer dan $2\frac{1}{2}$ %. Toch is in landbouwkundig opzicht deze extra hoeveelheid humus wel van belang in verband met de stikstofhuishouding. Hierop zal in hoofdstuk VII worden teruggekomen.

Ook het watergehalte is bij het IJsselmeerslik groter dan bij de mariene lagen. De formule van het watergehalte van het slik luidt: $A = 20 + 5 L$, waarin A het watergehalte en L het lutumgehalte voorstelt. De grotere hoeveelheid water van het slik ten opzichte van de mariene sedimenten is voor een deel te wijten aan het extra-humusgehalte, maar ook aan het feit, dat dit sediment nog aan de oppervlakte ligt. Voorts speelt mogelijk de factor tijd ook een rol, daar het slik nog slechts kort geleden is afgezet. Het koolzure-kalkgehalte van het IJsselmeerslik komt overeen met dat van de mariene sedimenten. Het varieert van iets minder dan 10 % CaCO_3 bij een lutumgehalte van 10 % tot ongeveer 12 % CaCO_3 bij lutumgehalten van 25 % en hoger.

IV. ENKELE OPMERKINGEN OVER DE TE VERWACHTEN INKLINKING

De inklinking van de grond, die na de droogmaking van Oostelijk Flevoland zal optreden, is in verschillende opzichten van betekenis (SMITS, 6). In deze publicatie zal uiteraard de meeste aandacht worden besteed aan de invloed van de inklinking op de gesteldheid van het bodemprofiel, hetgeen voornamelijk zal bestaan uit het maken van enige opmerkingen over de wijze, waarop de inklinking bij het vervaardigen van de bouwvoorkaart en van de bodemtypenkaart in rekening is gebracht.

Daarnaast zal evenwel ook iets over de betekenis van de inklinking voor de afwatering worden genoemd.

a. de wijze, waarop de inklinking in de bouwvoorkaart is verwerkt.

Kaart 5 (blz. 33) geeft de samenstelling weer van de bouwvoor na volledige inklinking. Met deze inklinking wordt bedoeld die, welke op goed ontwaterde grond zal plaats vinden in een periode van 80 à 100 jaar.

Om het lutumgehalte van de toekomstige bouwvoor te kunnen vaststellen, is op elke boorplek een monster genomen van de bovengrond. In het zwaardere gedeelte van de nieuwe polder bedroeg de diepte van de bemonstering 40 cm, aangezien was gebleken, dat van een laag van 40 cm dikte met een lutumgehalte van 20 % na inklinking juist 25 cm overblijft. Bij hogere lutumgehalten dan 20 % klinkt de bemonsterde laag van 40 cm tot minder dan 25 cm in. In die gevallen moest bij het vaststellen van het lutumgehalte van de toekomstige bouwvoor ter dikte van 25 cm een gedeelte van de dieper dan 40 cm gelegen laag in de berekening worden betrokken.

Een overzicht van de invloed van het lutumgehalte op de mate van inklinking wordt in tabel 2 gegeven.

TABEL 2. Inklinking van de bovengrond in afhankelijkheid van het lutumgehalte.

Lutumgehalte in g per 100 g droge grond	Dikte vóór de inklinking in cm	Dikte na de inklinking in cm
5	40	34
10	40	30
15	40	27
20	40	25
25	40	23
30	40	21
35	40	19

De inklinking van een profiel is bij het voorkomen van kwel kleiner dan die, welke normaal op goed ontwaterde grond mag worden verwacht. Bij de vervaardiging van de bouwvoorkaart behoeft echter geen rekening te worden gehouden met eventuele kwel, aangezien deze op de inklinking van de bouwvoor geen invloed uitoefent.

b. de wijze, waarop de inklinking in de bodemtypenkaart is verwerkt.

Bij de vervaardiging van de bodemtypenkaart (kaart 6, blz. 36), die de samenstelling van het bodemprofiel aangeeft tot een diepte van 75 à 80 cm na 80 à 100 jaar, speelt de inklinking een belangrijke rol. Het was noodzakelijk om van iedere boring de laagdikten en de laagdiepten, die de grond na de inklinking zal hebben, vast te stellen. De invloed van de inklinking op de profielopbouw kan wellicht het beste worden aangetoond met een voorbeeld, dat is weergegeven in tabel 3.

TABEL 3. Invloed van de inklinking op de samenstelling van een profiel.

Aard en samenstelling van de lagen	Laagdiepte in cm in de uitgangstoestand	Laagdiepte in cm na volledige inklinking
mariene klei, <i>marine sediment</i>	0— 40	0—22
27 % lutum (<i>clay</i>)		
mariene klei, <i>marine sediment</i>	40— 75	22—40
31 % lutum (<i>clay</i>)		
sloef, 7 % lutum (<i>clay</i>)	75— 93	40—55
<i>fresh water sediment</i>		
sloef, 30 % lutum (<i>clay</i>)	93—125	55—73
<i>fresh water sediment</i>		
veen <i>peat</i>	125—147	73—84
pleistoceen zand <i>pleistocene sand</i>	147—	84—
<i>Kind and texture of the layers</i>	<i>Depth of the layers in cms. before shrinkage</i>	<i>Depth of the layers in cms. after shrinkage</i>

TABLE 3. Influence of the shrinkage on the soil profile.

Voorts moest soms bij de berekening van de inklinking ten behoeve van deze kaart aandacht worden besteed aan de kwel. De kwel immers belemmert de indroging van de grond en heeft dus een geringere inklinking tot gevolg.

c. de betekenis van de inklinking voor de afwatering.

De grootte van de te verwachten inklinking van de bodem van Oostelijk Flevoland varieert afhankelijk van de bodemgesteldheid en het voorkomen van kwel van 0 tot 115 à 120 cm. Hiervan komt het gebied met een inklinking van 75 à 100 cm over een groot gedeelte van de nieuwe polder voor.

Een gelukkige omstandigheid is, dat de grootste inklinking niet optreedt in het laagstgelegen gedeelte van de polder. Voorts is bij een nadere beschouwing van de inklinking gebleken, dat de hoogteligging van de westelijke helft van de polder, die toch al weinig variatie vertoont, door de inklinking nog gelijkmatiger zal worden, hetgeen in velerlei opzicht gunstig is. In het oostelijke gedeelte van Oostelijk Flevoland zal bij de overgang van de zandgronden naar de lutumrijkere gronden het verschil in hoogteligging van het maaiveld echter iets worden geaccentueerd tengevolge van de geringe inklinking van de weinig lutum bevattende gronden.

De inklinking is, zoals uit het voorgaande blijkt, steeds voor een periode van 80 à 100 jaar berekend. Dit houdt verband met de termijn van afschrijving van de gemalen en de sluizen, die ongeveer 80 à 100 jaar bedraagt.

In Oostelijk Flevoland is ook bij de vaststelling van het polderpeil reeds rekening gehouden met de inklinking over de genoemde periode. Zou dit niet zijn gebeurd en zou bij de bouw van de gemalen en de sluizen geen aandacht aan de inklinking zijn geschonken, dan zouden de zuigmonden van de pompen en de sluisdrempels op den duur niet voldoende diep onder het kanaalpeil blijken te liggen. Dit zou meebrengen, dat deze waterbouwkundige werken zouden moeten worden verbouwd of herbouwd, voordat zij waren afgeschreven.

Behalve bij de bovengenoemde zaken moet ook bij de indeling van de polder in afdelingen en bij het vaststellen van de diepteligging van de drains aandacht worden geschonken aan de inklinking.

V. BESCHRIJVING VAN DE BODEMKAARTEN

Dit hoofdstuk zal worden begonnen met enkele algemene opmerkingen over de bouwvoor- en de bodemtypenkaart, waarna beide kaarten afzonderlijk zullen worden besproken.

De bouwvoorkaart geeft de samenstelling weer van de bovengrond tot een diepte van 25 cm na volledige inklinking. De voorkomende lutumgehalten zijn samengevoegd tot verscheidene lutumklassen, waarvan de grenzen op landbouwkundige motieven zijn gebaseerd.

De gronden met meer dan 25 % lutum worden tot de kleigronden gerekend, die met 12—25 % lutum tot de zware zavelgronden, die met 5—12 % lutum tot de lichte zavelgronden en die met minder dan 5 % lutum tot de

zandgronden. De zandgronden nu worden verder mede onderverdeeld naar hun U-cijfers. In tabel 4 worden de gronden, die zijn onderscheiden in de bouwvoor van Oostelijk Flevoland, opgegeven met hun codetekens, waarmee zij op de kaart zijn aangegeven, benaming, lutumgehalte en U-cijfer.

TABEL 4. Indeling en benaming van de gronden, voorkomende in de bouwvoor.

Groep	Benaming	Lutumgehalte in %	U-cijfer
(0b)	matig fijn kleiarm zand A	0—1½	50—80
1c	middelfijn kleiarm zand B	1½—3	80—120
2b	matig fijn kleihoudend zand A	3—5	50—80
(2c)	middelfijn kleihoudend zand A	3—5	80—120
2d	zeer fijn kleihoudend zand A	3—5	120—180
(2e)	uiterst fijn kleihoudend zand A	3—5	180—270
(3c)	middelfijn kleihoudend zand B	5—8	80—120
4	lichte zavel A	5—8	> 120
5	lichte zavel B	8—12	
6	zware zavel A	12—17	
7	zware zavel B	17—25	
8	klei A	25—35	

In tabel 4 zijn in de eerste kolom de codetekens van verschillende zandsoorten tussen haakjes gezet, omdat, hoewel deze zandsoorten wel aangetroffen zijn, het niet mogelijk was ze afzonderlijk op de kaart aan te geven. Op de bouwvoorkaart zijn de drie onderscheiden zandsoorten aangegeven met 1c, 2b en 2d, omdat deze groepen in de betreffende gebieden overheersen.

Zoals uit tabel 4 blijkt, wordt bij een lutumgehalte tussen 5 en 8 % onderscheid gemaakt in middelfijn kleihoudend zand B (3c) en lichte zavel A (4). Dit hangt samen met het U-cijfer, dat in groep 3c beneden 120 en in groep 4 boven 120 ligt. De relatief grove zandfractie is oorzaak dat het middelfijn kleihoudende zand niet de typische lichte zavel eigenschappen vertoont.

Het doel van de bodemtypenkaart is om naast een indruk van de bouwvoor ook een algemeen inzicht in de samenstelling van de ondergrond te geven. Zij geeft de bodemgesteldheid na volledige inklinking weer tot een diepte van 75 à 80 cm beneden het maaiveld. Het profiel is onderscheiden in een bouwvoor van 25 à 30 cm dikte en een ondergrond. Waar dit nodig was, is de ondergrond nog weer onderverdeeld in 2 soms 3 lagen. De bouwvoor is op de bodemtypenkaart uitgebreider en gedetailleerder weergegeven dan de ondergrond, omdat in verband met het latere gebruik van de grond kleine verschillen in de bouwvoor van meer belang zijn dan in de ondergrond.

De wijze, waarop de onderverdeling heeft plaats gevonden en de laagdikten zijn aangegeven, moge blijken uit de volgende voorbeelden, waarin de letters verschillende grondsoorten aangeven:

$\frac{p}{q} = 25 \text{ à } 30 \text{ cm p, waaronder q tot minstens } 75 \text{ à } 80 \text{ cm.}$

$\frac{p}{q} = 25 \text{ à } 50 \text{ cm p, waaronder q tot minstens } 75 \text{ à } 80 \text{ cm.}$

$\frac{p}{q} = 25 \text{ à } 30 \text{ cm p, waaronder q tot } 45 \text{ à } 50 \text{ cm, waaronder r tot minstens } 75 \text{ à } 80 \text{ cm.}$

$\frac{p}{q} = 25 \text{ à } 30 \text{ cm p, waaronder q tot } 45 \text{ à } 50 \text{ cm, waaronder r tot } 60 \text{ à } 65 \text{ cm, waaronder s tot minstens } 75 \text{ à } 80 \text{ cm.}$

De omschrijving van de in de verschillende lagen voorkomende grondsoorten is, voor wat de bouwvoor betreft, op dezelfde wijze als op de bouwvoorkaart, geschied met codetekens. De ondergrond is in het kort met de volgende begrippen omschreven:

- g = grof — kleiarm, relatief grof zand (matig fijn en middelfijn zand; U-cijfer 50—120)
- f = fijn — kleihoudend, fijn zand (zeer fijn en uiterst fijn zand; U-cijfer 120—270)
- l = licht — lichte zavel (lutumgehalte 5—12 %)
- m.zw = middel zwaar — zware zavel (lutumgehalte 12—25 %)
- zw = zwaar — zware zavel B of klei (lutumgehalte 17—35 %)
- v = veen — veen
- zand x zavel — complex van bont wisselende zand- en zavelagen.

Zoals uit de opgegeven lutumgehalten blijkt, is het traject van 17—25 % zowel ondergebracht bij „middelzwaar” als bij „zwaar”. Deze indeling van de ondergrond met een lutumgehalte van 17—25 % bij „middelzwaar” of „zwaar” geschiedde op grond van de opbouw van het profiel en op grond van de ligging van de hoorplek. Het was mogelijk op deze wijze de overzichtelijkheid van het kaartbeeld sterk te doen toenemen.

Op de bodentypenkaart zijn bij de zandsoorten ook de voor deze zandsoorten in de Noordoostpolder gebruikelijke namen aangegeven met de volgende afkortingen:

- (Bl) — Blokzijlzand
- (Ku) — Kuinrezand
- (Ra) — Ramspolzand

Voorts is het voorkomen van pleistoceen zand in de ondergrond, op de kaart vermeld met de letter P.

a. de bouwvoorkaart (kaart 5, blz. 33).

Zoals reeds is opgemerkt, geeft de bouwvoorkaart de samenstelling weer van de bovengrond tot een diepte van 25 à 30 cm na volledige inklinking.

de jongste mariene lagen, waardoor het moeilijk is om thans reeds deze zandtypen goed te onderscheiden en te localiseren.

In de derde plaats bestaat er in het noordwesten van Oostelijk Flevoland nog enige onzekerheid over de dikte en de uitgebreidheid van het afgezette en eventueel nog af te zetten IJsselmeerslik.

Bij beschouwing van de bouwvoorkaart valt direct het grote gebied met zware grond (groep 8) in het centrum van de nieuwe polder op. Hier worden zelfs plekken aangetroffen met lutumgehalten groter dan 35 %. Het geringe aantal plekken en het feit, dat het lutumgehalte slechts weinig boven 35 % ligt, waren aanleiding deze plekken niet afzonderlijk op de kaart aan te geven.

Vanuit het centrum van Oostelijk Flevoland wordt de bouwvoor in alle richtingen, behalve in de zuidwestelijke, lutum-armere. De overgang verloopt in principe geleidelijk vanaf groep 8 via de groepen 7, 6, 5 en 4 naar het uiterste fijne kleihoudende zand (groep 2d).

In het noordwesten van de toekomstige polder wordt deze overgang evenwel versluierd door de afzetting van het IJsselmeerslik. In het oosten verstoort de sedimentatie van het Ramspolzand en het Kuinrezand de geleidelijke afnemende van het lutumgehalte op verscheidene plaatsen.

De op de bouwvoorkaart voorkomende zandsoorten kunnen het best worden opgesomd, wanneer de dijk vanaf de Ketelhaven in zuidelijke richting wordt gevolgd. Achtereenvolgens worden aangetroffen het door de IJssel aangevoerde matig fijne en middelfijne kleihoudende Ramspolzand (groep 2b), het zeer fijne en uiterst fijne kleihoudende Blokzijlzand (groep 2d), het verspoelde pleistocene matig fijne en middelfijne kleiarne Kuinrezand (groep 1c) en weer het Blokzijlzand. Tenslotte bevindt zich op het Spijk ten zuidwesten van Elburg nog Kuinrezand en een smalle rand Blokzijlzand.

Om een indruk te geven van de mate, waarin elke grondsoort is vertegenwoordigd in de bouwvoor van Oostelijk Flevoland, zijn in tabel 5 de oppervlakten van deze grondsoorten in ha en in procenten opgegeven. Om een vergelijking te kunnen maken met de samenstelling van de bouwvoor in de Noordoostpolder zijn ook de oppervlakten (in procenten) van de grondsoorten in deze polder opgenomen.

Zoals reeds bij tabel 4 (blz. 31) is opgemerkt, zijn de zandsoorten, weergegeven met de tussen haakjes geplaatste codetekens, wel in Oostelijk Flevoland aangetroffen, maar niet apart op de bouwvoorkaart aangegeven.

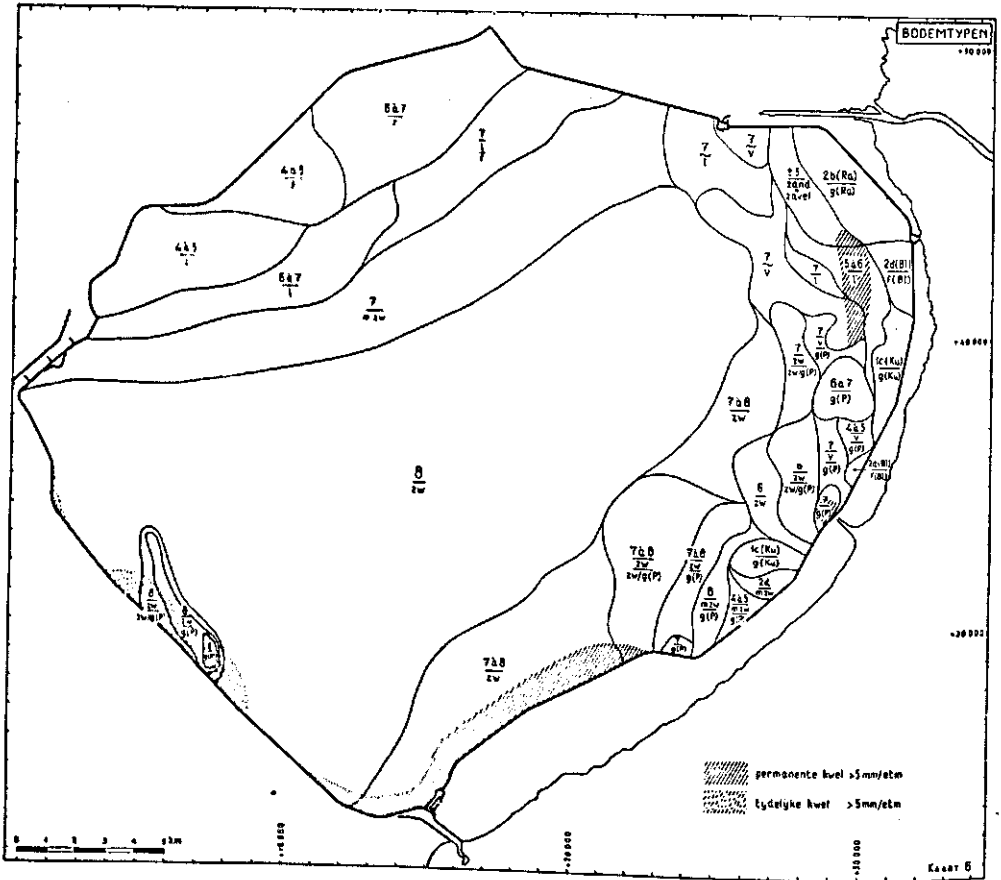
Het gebied met de grondsoort klei A is in Oostelijk Flevoland 27250 ha groot. Hiervan hebben 14000 ha een lutumgehalte van 25—30 % en 13250 ha een lutumgehalte van 30—35 %.

De toekomstige polder omvat volgens nevenstaande tabel 96 % goede grond (klei, zware en lichte zavel) en slechts 4 % grond van een matige kwaliteit (zandgrond).

TABEL 5. Samenstelling van de bouwvoor in Oostelijk Flevoland en in de Noordoostpolder.

Groep	Benaming	Oostelijk Flevoland		Noordoostpolder
		opp. in ha	opp. in %	opp. in %
(0b), 1c	matig fijn en middelfijn klei-arm zand <i>fine sand ; 3 % clay</i>	650	1	6
2b, (2c), (3c)	matig fijn en middelfijn klei-houdend zand <i>fine sand ; 3—8 % clay</i>	500	1	9
2d, (2c)	zeer fijn en uiterst fijn kleihoudend zand <i>very fine sand ; 3—5 % clay</i>	800	2	3
4	lichte zavel A <i>loamy soil ; 5—8 % clay</i>	1750	3	13
5	lichte zavel B <i>loamy soil ; 8—12 % clay</i>	2150	4	13
6	zwarte zavel A <i>loamy soil ; 12—17 % clay</i>	4000	7	19
7	zwarte zavel B <i>loamy soil ; 17—25 % clay</i>	17100	32	31
8	klei A <i>loamy soil ; 25—35 % clay</i>	27250	50	1
	veen <i>peat</i>	—	—	4
	keileem <i>glacial till</i>	—	—	1
	Totaal <i>Total</i>	54200	100	100
Symbol	Textural class names	area in hectares	area in per cent	area in per cent
		Eastern Flevoland		North-Eastern polder

TABLE 5. Composition of the top soil in Eastern Flevoland and in the North-Eastern Polder.



KAART 6. Bodemtypenkaart.
MAP 6. Map with soil types.

b. de bodemtypenkaart (kaart 6).

Op de bodemtypenkaart komen in enkele gebieden arceringen voor om aan te geven, dat daar volgens de hydrologische beschouwingen na de droogmaking kwel mag worden verwacht. Er is over de grootte en het regionaal voorkomen van de kwel nog zeer weinig bekend, zodat de omgrenzing van de kwelgebieden meer moet worden gezien als een plekaanduiding dan als een nauwkeurige begrenzing.

Er is een onderscheid gemaakt in permanente en tijdelijke kwel. De kwel bij de Knardijk is tijdelijk, omdat zij uiteraard na de inpoldering van Zuidelijk Flevoland zal verdwijnen.

Alleen de kwel, die groter is dan 5 mm per etmaal, is aangegeven, omdat deze bij de ontginning en de exploitatie van de betreffende gebieden moeilijkheden zal geven, die, gezien de aard van het bodemprofiel, wellicht niet geheel kunnen worden overwonnen.

Het centrale gedeelte van Oostelijk Flevoland wordt volgens de bodemtypenkaart ingenomen door het bodemtype 8/zwaar, hetgeen dus betekent, dat ook na de inklinking het gehele profiel tot een diepte van 75 à 80 cm uit zware zavel of uit klei bestaat. In het noorden van dit gebied zijn echter ook enkele profielen bij dit bodemtype gevoegd, waarin op een diepte van 60 à 65 cm zware zavel A of lichte zavel voorkomt.

Vanuit het centrale gedeelte neemt in noordwestelijke richting eerst de zwaarte van de ondergrond en dan die van de bouwvoor af tot zware zavel. De daling van het lutumgehalte in de onder- en bovengrond zet zich verder zeer geleidelijk voort, zodat de volgende reeks ontstaat:

8/zwaar, 7/m. zwaar, 6 à 7/licht, 4 à 5/licht, 4 à 5/fijn.

In het gebied met het type 7/m.zwaar wordt in de bouwvoor steeds zware zavel B aangetroffen. In de ondergrond treedt echter dieper dan 60 à 65 cm plaatselijk wel lichte zavel en zelfs in enkele gevallen uiterst fijn zand op. De laatste afwijkende profielen zijn toch bij het type 7/m.zwaar ondergebracht omdat daar, landbouwkundig gezien, geen bezwaar tegen is.

De lichte ondergrond van het type 6 à 7/licht bestaat hoofdzakelijk uit lichte zavel B.

Gaat men van het homogene centrum uit in noordoostelijke richting, dan vindt men een minder gelijkmatige overgang tussen de bodemtypen dan in het hiervoor behandelde geval. Dit blijkt zowel uit de opeenvolging van de bodemtypen 7/fl, 7/sv, $\pm 5/zand \times zavel$ naar 2b/g, als uit de wisselende dikte van de bovenlaag, die uit groep 7 bestaat. In het gebied aangeduid met $\pm 5/zand \times zavel$ is de samenstelling van de profielen zo wisselend, dat geen nauwkeuriger indeling in bodemtypen kon worden gemaakt. Voor dit laatste gebied kan eerst een juiste omschrijving worden gegeven, wanneer de polder ter plaatse na het droogvallen in detail is gekarteerd.

Vanuit het centrale, homogene gedeelte van de polder neemt het aantal bodemtypen in oostelijke en zuidoostelijke richting sterk toe. De coderingen van de afzonderlijke, veelal kleine, gebieden volgen niet steeds meer logisch op elkaar. Aanvankelijk vertoont de bouwvoor nog een geleidelijke afname van het lutumgehalte, doch plaatselijk voltrekt de overgang van zware zavel naar zand zich zeer snel. De ondergrond geeft een gelijksoortig, hoewel vaak nog iets bonter beeld te zien. Vrijwel nergens wordt lichte zavel in het overgangstraject van klei naar zand aangetroffen.

Ten noorden van Elburg komt het pleistocene zand tot dicht onder de bouwvoor. De betreffende zandrug is omgeven door een zone, waar het veen, zij het veelal in een dunne laag, hier en daar nog in de ondergrond aanwezig is.

Rond het Spijk is de bodemgesteldheid ook bont. In het centrale gedeelte bestaan de profielen geheel uit relatief grof zand, terwijl er ook profielen zijn, waarin het grove zand op een zwaardere ondergrond rust.

Tenslotte rest nog het gebied langs de Knardijk te noemen, waar tengevolge van de ondiepe ligging van het pleistocene zand de bodemtypen 8/zwaar/zwaar/grof, 8/zwaar/grof en 8/grof worden gevonden.

VI. ENKELE LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN VAN DE BODENGESTELDHEID

Na de behandeling van de bodemkaarten is het mogelijk een beter inzicht te krijgen in enkele voor de landbouw van belang zijnde aspecten van de bodemgesteldheid. Deze zijn: de ontwateringsbehoefte, de aard en de omvang van de infiltratiebehoefte, de mogelijkheden voor grondverbetering en de bestemming van de gronden. Aan het einde van dit hoofdstuk zullen de voor de landbouw zo belangrijke grootheden: het stikstofgehalte, het fosfaatgehalte en het kaligehalte worden besproken.

a. de ontwateringsbehoefte.

Nadat het afwateringssysteem, bestaande uit kanalen, tochten en sloten, in de nieuwe polder is gebaggerd of gegraven, zal het, om op de pas drooggevallen gronden landbouw te kunnen uitoefenen, noodzakelijk zijn deze gronden te voorzien van een goed ontwateringssysteem (v. D. MOLEN, 5). In de definitieve toestand zal dit ontwateringssysteem bestaan uit een stelsel van drains. Hieraan gaat echter uit technische en bedrijfseconomische overwegingen veelal een tijdelijke begreppeling vooraf.

De intensiteit van het ontwateringssysteem, die tot uiting komt in de onderlinge afstanden tussen de afzonderlijke greppels of drainstrengen, wordt beheerst door de fysische gesteldheid van de bodem ten tijde van de aanleg van het systeem.

De fysische gesteldheid van de bodem wordt in de eerste plaats gekenmerkt door de doorlatendheid, die zowel afhankelijk is van de geaardheid van de poriën tussen de afzonderlijke gronddeeltjes, als van de afmetingen van grotere ruimten (de scheuren) tussen de aggregaten in de grond. De geaardheid van de poriën speelt vooral een rol bij de doorlatendheid van de zandgronden, terwijl de doorlatendheid van de kleigronden voornamelijk wordt bepaald door de scheuren.

De pas drooggevallen kleigronden in de nieuwe polder zullen nagenoeg ondoorlatend zijn, maar door verdamping van het water zullen deze gronden indrogen en scheurvorming gaan vertonen. Deze scheurvorming zal groter zijn naarmate de grond meer lutum bevat. Ook zal zij met het voortgaan van de jaren tot een zekere graad toenemen. Het toenemen van de doorlatendheid van de zwaardere gronden wordt samengevat in het begrip fysische bodemrijping.

Voor bepaalde gronden zullen de fysische veranderingen aanzienlijk zijn, voor andere zullen zij weinig hebben te betekenen. In het algemeen geldt, dat, naarmate de grond zwaarder is, de veranderingen groter zijn. Zo zal de doorlatendheid van de zware gronden in Oostelijk Flevoland in de loop van de jaren sterk toenemen. De intensiteit van het definitieve drainagesysteem kan dan ook kleiner zijn dan die van de tijdelijke begreppeling, vooral wanneer de drainage eerst na verloop van ongeveer 10 jaren zou worden aangebracht.

Gebruik makende van de inzichten en de ervaringen, die zijn opgedaan in de Wieringermeer en in de Noordoostpolder, en van de kennis van de bodemgesteldheid van de nieuwe polder, is het mogelijk een voorspelling te geven van de eisen, die de gronden van Oostelijk Flevoland zullen stellen aan de intensiteit van de ontwatering. Zo zullen de greppelafstanden variëren van 4 m in de kwelgebieden tot 24 m in de goed doorlatende zandgronden. In het centrum van de nieuwe polder zal de greppelafstand afhankelijk van het rijpingsstadium uiteenlopen van 12 tot 16 m.

De intensiteit van de drainage zal wisselen van 4 tot 48 m. De zeer nauwe drainafstanden zullen voorkomen in de kwelgebieden, waar tengevolge van de kwel de fysische rijping van de bodem sterk zal zijn vertraagd of zelfs verhinderd. Zowel in de zandgronden als in het zware centrale gedeelte van Oostelijk Flevoland zullen de drainafstanden 24 tot 48 m bedragen.

b. de behoefte aan infiltratie.

Onder infiltratie wordt verstaan het kunstmatig verhogen of op een bepaald niveau handhaven van de grondwaterstand in het land door middel van het opzetten van het slootwaterpeil en ondergrondse watertoevoer door drainbuizen. Infiltratie wordt toegepast, wanneer een profiel niet voldoende waterhoudend is om gedurende het groeiseizoen de gewassen van water te kunnen voorzien.

In deze paragraaf zal onderscheid worden gemaakt tussen gebieden waar infiltratie noodzakelijk is en die, waar infiltratie plaatselijk misschien gewenst zal zijn.

In het noordwesten van Oostelijk Flevoland zal in de gebieden, waar de dikte van de zandafdekkende zwaardere bovengrond na de inklinking minder dan ongeveer 40 cm bedraagt, infiltratie vermoedelijk noodzakelijk zijn. De homogeen lichte gronden van het type lichte zavel A (lutumgehalte 5—8 %) zullen niet worden geïnfiltrerd, aangezien in de Noordoostpolder op nog iets lichtere gronden dan deze, met infiltratie op bouwland nauwelijks aantoonbare voordelen werden bereikt.

In het oosten van de toekomstige polder zullen het Ramspolzand, het Blokzijlzand en het Kuinrezand worden geïnfiltrerd, hetgeen na de resultaten met infiltratie op deze gronden in de Noordoostpolder geen nadere motivering behoeft. Ook is in dit gedeelte van de polder infiltratie nodig op de gronden, waar direct onder de zwaardere bouwvoor pleistocene zand of veen aanwezig is.

In het oostelijke randgebied van de polder wordt een strook gronden aangetroffen, die, gezien de bodemgesteldheid, moeten worden geïnfiltrerd, maar waarop dit tengevolge van de grote helling van het maaiveld technisch bezwaarlijk is. Deze strook is op kaart 2 (blz. 5) te vinden tussen de hoogtelijnen van 1 en 2 m.

De gebieden, waar misschien plaatselijk infiltratie gewenst zal zijn, bevinden zich in het oostelijke gedeelte van Oostelijk Flevoland. Het betreft de bodemtypen, die op kaart 6 (blz. 36) met 7/veen en ± 5 /zand $\times$ zavel zijn aangegeven. Dit zijn dus beide bodemtypen, waarvan de samenstelling

van het profiel nog niet voldoende bekend is om reeds nu te kunnen aangeven welke gedeelten van de gebieden, die door deze bodemtypen worden ingenomen, zullen moeten worden geïnfiltrerd.

In totaal zal infiltratie in een gebied van ongeveer 5400 ha nodig zijn, terwijl een gebied van ongeveer 3850 ha plaatselijk nog nader op zijn infiltratiebehoefte zal moeten worden onderzocht. Van het laatstgenoemde gebied zal waarschijnlijk ongeveer de helft in de toekomst voor infiltratie in aanmerking komen. Zodoende zal het te infiltreren gebied circa 7250 ha of 14 % van geheel Oostelijk Flevoland beslaan. In de Noordoostpolder zal, wanneer de infiltratie is voltooid, ongeveer 25 % van de totale oppervlakte zijn geïnfiltrerd.

c. de mogelijkheden tot grondverbetering.

Twee methoden, die in de IJsselmeerpolders worden toegepast om landbouwkundig onvolwaardige gronden te verbeteren, zijn diepploegen en bestorten.

In Oostelijk Flevoland komt volgens de tot nu toe bekende gegevens slechts een gebied ter grootte van 115 ha in aanmerking voor diepploegen. Het betreft het zuidelijke gedeelte van het Spijk waar onder een zandige bovenlaag van gemiddeld 45 cm dikte, zwaardere ondergrond wordt aangetroffen. De samenstelling van deze ondergrond is van dien aard, dat het verantwoord lijkt deze door diepploegen naar boven te brengen.

Tot diepploegen mag ook worden gerekend het mengen van een zwaardere bovengrond met een zandige ondergrond, waardoor het mogelijk is een te dunne zware bovenlaag om te zetten in een dikkere, doch minder zware bovenlaag. Een gebied, waar wellicht een dergelijke bewerking kan worden toegepast, is gelegen in het noordwesten van de polder, waar 30 cm zware zavel B op fijn kleiarm zand voorkomt. Bovendien zou door deze bewerking de infiltratiebehoefte van dit gebied kunnen worden beperkt.

De tweede methode van grondverbetering is het bestorten van minder goede gronden met baggerspecie uit de kanalen. Uiteraard moet deze behandeling nog voor de droogmaking plaats vinden. Helaas kunnen niet alle minder goede gronden met baggerspecie worden bestort, omdat de afstand tussen de plek, waar de specie moet worden gebaggerd, en de plek, waar deze zou kunnen worden gestort, te groot is. Bovendien liggen de meeste gronden, die voor bestorting in aanmerking komen, zo ondiep beneden de waterspiegel, dat ze varende niet zijn te bereiken. Voorlopig komt slechts één gebied in aanmerking voor deze methode van grondverbetering, ongeveer 2 km ten westen van de Roggebotsluis gelegen.

d. de bestemming van de gronden.

Met behulp van de bodemtypenkaart kan een voorlopig bestemmingsplan van Oostelijk Flevoland worden opgesteld. Voor het uiteindelijke landbouwkundige gebruik van de gronden zijn vooral bodemkundige en economische factoren doorslaggevend. Er wordt echter met nadruk op gewezen, dat het bestemmingsplan, zoals dit in het volgende zal worden

besproken, in zoverre eenzijdig is, dat het alleen is gebaseerd op de bodemgesteldheid. Om redenen van niet-bodemkundige aard kan de uiteindelijke bestemming dus anders worden dan in het onderstaande is aangegeven.

Voorts is aangenomen, dat de normen, die in de Noordoostpolder zijn gebruikt bij het opstellen van het bestemmingsplan, ook voor Oostelijk Flevoland zullen gelden. Dit betekent, dat de bestemming akkerbouw zal worden gekozen waar dit mogelijk is, omdat deze bij de huidige conjunctuur de meest voordelige gebruikswijze is. Bestemming tot grasland vindt slechts plaats, wanneer om bodemkundige redenen akkerbouw niet mogelijk is en grasland dus noodzakelijk is. Volgens deze normen worden de klei (groep 8), de zware zavel (groep 6 en 7) en de lichte zavel B (groep 5) geschikt geacht voor akkerbouw, tenzij de ondergrond in ongunstige zin afwijkt of kwel in ernstige mate optreedt. Een ondergrond wordt als ongunstig beschouwd, wanneer zij uit marien zand, pleistoceen zand of veen bestaat. De maximaal toelaatbare kwel is voor de stichting van bedrijven met uitsluitend akkerbouw zeer voorlopig gesteld op 5 mm per etmaal. Er is over de grootte en het regionaal voorkomen van de kwel en over de betekenis ervan voor de bestemming van de grond echter nog zeer weinig bekend, zodat de begrenzing van het betrokken gebied nog niet nauwkeurig kan worden bepaald.

De niet voor uitsluitend akkerbouw geschikte gronden zijn vooral de gronden met een laag lutumgehalte. Op de zeer lichte zavelgronden (groep 4) worden, bij uitsluitend gebruik als bouwland, moeilijkheden ondervonden met de structuur (verslemping). Dit geldt eveneens voor de zeer fijnzandige zandgronden, terwijl voor alle zandgronden geldt dat zij gevoelig zijn voor verstuiving. Zowel het gevaar voor verslemping als dat voor verstuiving verhinderen het gebruik van de grond als uitsluitend bouwland. De gronden, die niet voor uitsluitend akkerbouw geschikt zijn, behoeven echter niet geheel in grasland te worden gelegd. Op de meeste van deze gronden is gemengd bedrijf mogelijk. Het grasland zal daarbij in de loop van de jaren over het gehele bedrijf dienen te rouleren om zodoende de gehele oppervlakte van het bedrijf te laten profiteren van de gunstige eigenschappen van het grasland en de slechte gevolgen van uitsluitend akkerbouw op deze gronden te vermijden. Hoe lager het lutumgehalte van de grond is, hoe meer grasland er op het desbetreffende bedrijf zal moeten voorkomen. Het noodzakelijk geachte percentage grasland is bij het bestemmingsplan aangegeven.

Uit de interpretatie van de bodemtypenkaart (blz. 3-5) volgt dat in verreweg het grootste gedeelte van de nieuwe polder zuivere akkerbouw kan worden bedreven. Ook in het noordwesten van de polder, waar het profiel uit zware zavel op fijn zand bestaat, zal zuivere akkerbouw mogelijk zijn. Zoals reeds in de vorige paragrafen is opgemerkt, zou het aanbeveling verdienen de grond hier ter plaatse te infiltreren of de bovenlaag van zavel door vermenging met een gedeelte van de ondergrond dikker te maken.

De gebieden met een bouwvoor van lichte zavel B (groep 5) op een ondergrond van fijn zand kunnen volgens de hier boven gegeven normen voor uitsluitend akkerbouw worden gebruikt. In verband met het feit, dat in deze gebieden de bouwvoor veelal vrij dun is en enigszins naar de overgang

van groep 5 naar groep 4 neigt, lijkt het gewenst $1/6$ gedeelte van het bedrijf in grasland te leggen.

Zoals ook in de Noordoostpolder geschiedde, zullen de gronden met een bouwvoor van groep 4 en een ondergrond van fijn zand een $2/6$ grasland-verplichting krijgen.

In het oosten van de nieuwe polder zullen de bedrijven op het Ramspol-zand, op het Blokzijlzand en in het overgangsgebied van het Blokzijlzand naar het Kuinrezand voor $4/6$ gedeelte uit grasland bestaan. Bij het Blokzijlzand is dit nodig, omdat deze zandsoort bij uitsluitend gebruik als bouwland een sterke neiging tot verslempen en stuiven vertoont. In het overgangsgebied tussen het Ramspol-zand en het Blokzijlzand wordt de kwaliteit van het zand beter, zodat een $3/6$ grasland-verplichting voldoende wordt geacht.

Het zal op het Kuinrezand zeer waarschijnlijk noodzakelijk zijn bedrijven met $5/6$ grasland te stichten.

Bij de behandeling van de infiltratiebehoefte is reeds de strook in het oosten van de nieuwe polder ter sprake gekomen, waar de helling van het maaiveld zo groot is, dat het aanleggen van een infiltratiesysteem technisch bezwaarlijk en kostbaar is. Voorlopig is aangenomen, dat een bestemming tot bos voor deze strook de meest gewenste oplossing zal zijn. Een bestemming tot bos is ook gegeven aan het zandgedeelte van het Spijk, dat niet door diepploegen kan worden verbeterd. Hier kunnen met behulp van infiltratie eventueel bedrijven met $5/6$ grasland worden gesticht. De kwaliteit van de bovengrond en de beperkte oppervlakte van het terrein maken echter de stichting van deze bedrijven hier minder aantrekkelijk.

Het „zand en zavel“-gebied, dat op de bouwvoorkaart (kaart 5, blz. 33) staat vermeld, zal daar, waar het zand aan de oppervlakte komt, het meeste zijn gebaat met een $4/6$ graslandverplichting. Dit betekent, dat globaal gesproken het gehele „zand en zavel“-gebied voor $2/6$ gedeelte uit grasland zal bestaan.

Het is wel zeker, dat een kwel van meer dan 5 mm per etmaal in sterke mate haar stempel zal drukken op het gehele gedrag van de grond na het droogvallen. Er mag worden verwacht, dat de kwel zich niet in het gehele gebied in dezelfde mate zal uiten, maar dat deze vooral plaatselijk sterke hinder zal veroorzaken.

Tengevolge van de kwel treden hoge grondwaterstanden en moeilijkheden met de structuur op, die het niet mogelijk maken op deze kwelplekken akkerbouwgewassen te verbouwen. Gras is beter bestand tegen deze moeilijkheden. De beste oplossing voor deze kwelplekken is dan ook ze in blijvend grasland te leggen.

De verhouding tussen de oppervlakten bouwland en blijvend grasland hangt af van de grootte van de kwel. Bij een kwel van 5—10 mm per etmaal wordt er voorlopig op gerekend, dat de oppervlakte bouwland tweemaal zo groot zal zijn als die van het blijvende grasland. Een kwel van 10—20 mm per etmaal zal de omgekeerde verhouding tot gevolg hebben. Is de kwel groter dan 20 mm per etmaal dan zal er zeer waarschijnlijk geen akkerbouw mogelijk zijn. Mogelijkerwijs zal de strook met de ergste kwel alleen nog geschikt zijn voor riet- of griendcultuur.

De genoemde verhoudingen tussen bouwland en blijvend grasland berusten grotendeels op veronderstellingen, aangezien er geen onderzoeken zijn verricht op overeenkomstige gronden met een even sterke kwel.

Gebieden met een kwel, die groter is dan 5 mm per etmaal, komen in de nieuwe polder voor langs de Knardijk en langs het Veluwemeer. Tengevolge van het tijdelijke karakter van de kwel bij de Knardijk zal daar het blijvende grasland op de duur kunnen verdwijnen. Toch dient er rekening te worden gehouden met een tijdelijke exploitatie van een gedeelte van de grond als blijvend grasland, omdat het nog wel geruime tijd zal duren, voordat de polder Zuidelijk Flevoland gereed is. Het gebied bij de Knardijk, waar de kwel groter is dan 5 mm per etmaal, zal ongeveer 620 ha groot zijn. Bijna $\frac{2}{3}$ gedeelte hiervan zal twee keer zoveel bouwland als blijvend grasland krijgen en ruim $\frac{1}{3}$ gedeelte tweemaal zoveel blijvend grasland als bouwland.

De kwelstrook langs het Veluwemeer beslaat een oppervlakte van ongeveer 1150 ha. Verwacht wordt dat hier ruim de helft voor $\frac{2}{6}$ gedeelte en een derde voor $\frac{4}{6}$ gedeelte als blijvend grasland zal moeten worden geëxploiteerd. In de rest van de kwelstrook zal zeer waarschijnlijk slechts permanent grasland of misschien zelfs alleen griend- of rietcultuur mogelijk zijn.

Tenslotte moet nog het gebied ten noordwesten van Elburg worden genoemd, dat een bouwvoor van zware zavel of lichte zavel B op een ondergrond van pleistoceen zand of veen heeft. Het ligt in de bedoeling dit gebied te infiltreren. De inklinking kan echter tot gevolg hebben dat hier en daar geen volledige bouwvoor overblijft en dat de ligging van het maaiveld ongelijk wordt, waardoor plaatselijk in dit infiltratiegebied voor bouwland te hoge grondwaterstanden kunnen voorkomen. Verwacht wordt dat daarom $\frac{1}{6}$ gedeelte van het gehele gebied uit blijvend grasland zal moeten bestaan.

Een overzicht van het bovenstaande wordt in tabel 6 gegeven. Ter vergelijking met de bestemming van de gronden in de Noordoostpolder zijn ook de gegevens van deze polder opgenomen.

TABEL 6. Ontwerp bestemmingsplan voor Oostelijk Flevoland gebaseerd op de bodemgesteldheid, vergeleken met de bestemming van de gronden in de Noordoostpolder.

Bestemming	Oostelijk Flevoland		Noordoostpolder
	in ha	in %	in %
Akkerbouw	46700	86.2	62
Gemengd bedrijf (met blijvend grasland)	3100	5.7	
Gemengd bedrijf (met roulerend, tijdelijk grasland)			34
$\frac{1}{6}$ grasland	900	1.6	
$\frac{2}{6}$ grasland	1700	3.1	
$\frac{3}{6}$ grasland	250	0.5	
$\frac{4}{6}$ grasland	650	1.2	
$\frac{5}{6}$ grasland	200	0.4	4
Bos	700	1.3	
Totaal	54200	100.0	100

Omtrent de mogelijkheden voor fruitteelt kan worden opgemerkt, dat een groot deel van de nieuwe polder voor deze cultuur geschikt is. Beperkende factoren zijn de kwel en de bodemgesteldheid. Zo worden de gronden, waarin meer dan 0.5 mm kwel per etmaal voorkomt, als minder geschikt voor de fruitteelt aangemerkt. Dit geldt ook voor de gronden, waar in het profiel pleistocéen zand, veen of lutumarme sloef (sloef met minder dan 6 % lutum) op minder dan 80 cm beneden het maaiveld aanwezig is. Hoewel deze eisen aan de grond en zijn rijping hoog zijn gesteld, is nog ruim de helft van de polder volgens deze normen voor fruitteelt geschikt.

e. de gehalten aan stikstof, fosfaat en kali van de gronden.

1. het stikstofgehalte.

De stikstof, die de grond bevat, is een bestanddeel van de humus. Het stikstofgehalte van de grond is dan ook het product van het humusgehalte en het stikstofgehalte van de humus.

In het algemeen geldt, dat zich in jonge mariene gronden op den duur een evenwichtshumusgehalte instelt, waarbij evenveel humus wordt afgebroken als nieuwe humus wordt bijgevormd. De hoogte van dit evenwichtshumusgehalte is niet voor alle gronden gelijk. Het evenwichtshumusgehalte hangt in de eerste plaats af van het lutumgehalte van de grond; hoe hoger het lutumgehalte, hoe hoger het humusgehalte. Voorts oefenen het koolzure-kalkgehalte en de ontwateringstoestand van de grond invloed uit op de hoogte van het evenwichtshumusgehalte, terwijl ook andere nog onbekende factoren een rol spelen (WIGGERS, 8).

Wat betreft het humusgehalte van de gronden in Oostelijk Flevoland kan worden verwezen naar hoofdstuk III en naar HISSINK (3). Uit figuur 2 (blz. 23) blijkt, dat het humusgehalte van de normale Zuiderzeeafzettingen in Oostelijk Flevoland iets lager is dan dat van dezelfde sedimenten in de Noordoostpolder.

Aangezien in de Noordoostpolder de ervaring is opgedaan, dat de afbraak van de humus in de mariene gronden geringer is dan op normale gronden en de nieuwworming van humus normaal plaats vindt, lijkt het aannemelijk dat het humusgehalte van de mariene afzettingen in Oostelijk Flevoland, dat thans lager is dan dat in de Noordoostpolder, na het droogvallen niet zal afnemen, maar eerder iets zal toenemen.

Het stikstofgehalte van de humus in de mariene Zuiderzee-afzettingen is een vrij constante grootte, die ongeveer 5.5 % bedraagt. In oudere gronden is het stikstofgehalte van de humus 6.5 à 7.0 %, zodat er reden is om aan te nemen, dat het stikstofgehalte van de humus tengevolge van het in gebruik nemen van de gronden steigt tot 6.5 à 7.0 %. Deze stijging is in de Noordoostpolder inderdaad waargenomen.

Zoals reeds is opgemerkt is het stikstofgehalte van de grond het product van het humusgehalte en het stikstofgehalte van de humus. Volgens het bovenstaande zullen beide componenten waarschijnlijk groter worden, zodat dus ook het stikstofgehalte van de grond groter wordt. Deze stikstofverrijking moet direct of indirect ten koste gaan van de stikstofvoorziening van

de gewassen en is een verklaring voor de grote stikstofbehoefte van de mariene gronden in de IJsselmeerpolders.

Uit het voorgaande blijkt, dat het humusgehalte van de mariene gronden in Oostelijk Flevoland iets lager is dan dat van dezelfde gronden in de Noordoostpolder, hetgeen de verwachting rechtvaardigt, dat de stikstofbehoefte in Oostelijk Flevoland minstens even groot zal zijn als in de Noordoostpolder, zo niet groter. Ter oriëntering wordt meegedeeld, dat de stikstofbehoefte in de Noordoostpolder voor b.v. wintertarwe (Heine VII) op zware zavel ongeveer op 80 à 90 kg N per ha is te stellen.

Ten aanzien van het hier en daar voorkomende IJsselmeerslik kan worden opgemerkt, dat het relatief hogere humusgehalte (zie figuur 2, blz. 23) zeer waarschijnlijk een gevolg is van aangehecht vers organisch materiaal, dat voornamelijk afkomstig zal zijn van plankton. Deze verse organische stof zal na het droogvallen van deze grondsoort vrij snel worden afgebroken. Hierdoor zal stikstof ter beschikking komen, tengevolge waarvan de stikstofbehoefte op deze grond gedurende een zekere periode kleiner zal zijn dan die op de mariene grond. Het betreft echter slechts een klein gebied in het noordwesten van de polder.

2. *het fosfaatgehalte.*

De fosfaattoestand van de bouwvoor van de nieuwe polder is bestudeerd aan de hand van de $P_{\text{citr.}}$ -cijfers. Deze cijfers geven weer het aantal mg P_2O_5 per 100 g droge grond, dat oplosbaar is in een één-procentige citroenzuur-oplossing.

Het is gebleken, dat er een nauw verband bestaat tussen het $P_{\text{citr.}}$ -cijfer en het lutumgehalte van de gronden in de bouwvoor van Oostelijk Flevoland (zie figuur 5, blz. 46). Dit verband ligt voor het IJsselmeerslik hoger dan voor de mariene grond.

De fosfaattoestand van deze laatste grond wijkt niet veel af van die van dezelfde grondsoort in de Noordoostpolder, hetgeen het aannemelijk maakt, dat de mariene gronden in Oostelijk Flevoland ongeveer dezelfde eisen zullen stellen aan de fosfaatbemesting als de overeenkomstige gronden in de Noordoostpolder, voor zover zij daar tenminste voorkomen. In de Noordoostpolder wordt op de zware zavel B (groep 7) nog 40 kg P_2O_5 per ha toegediend. De kleigronden in de nieuwe polder zullen het voorlopig zonder een fosfaatbemesting kunnen stellen, aangezien bij deze gronden het grenscijfer voor de fosfaatbemesting, dat ligt bij een $P_{\text{citr.}}$ -cijfer van 30, steeds wordt overschreden. De gronden, die een bovenlaag van IJsselmeerslik hebben, zullen waarschijnlijk in de eerste jaren minder fosfaat nodig hebben dan de overige gronden in Oostelijk Flevoland.

3. *het kaligehalte.*

Het kaligehalte van de gronden in Oostelijk Flevoland zal worden behandeld aan de hand van de $KHCl$ -cijfers, die het aantal mg K_2O per 100 g droge grond aangeven, dat oplosbaar is in 0.1 n HCl .

Ook wat betreft het kaligehalte bestaat er een nauw verband met het lutumgehalte in de gronden van de nieuwe polder (zie fig. 5).

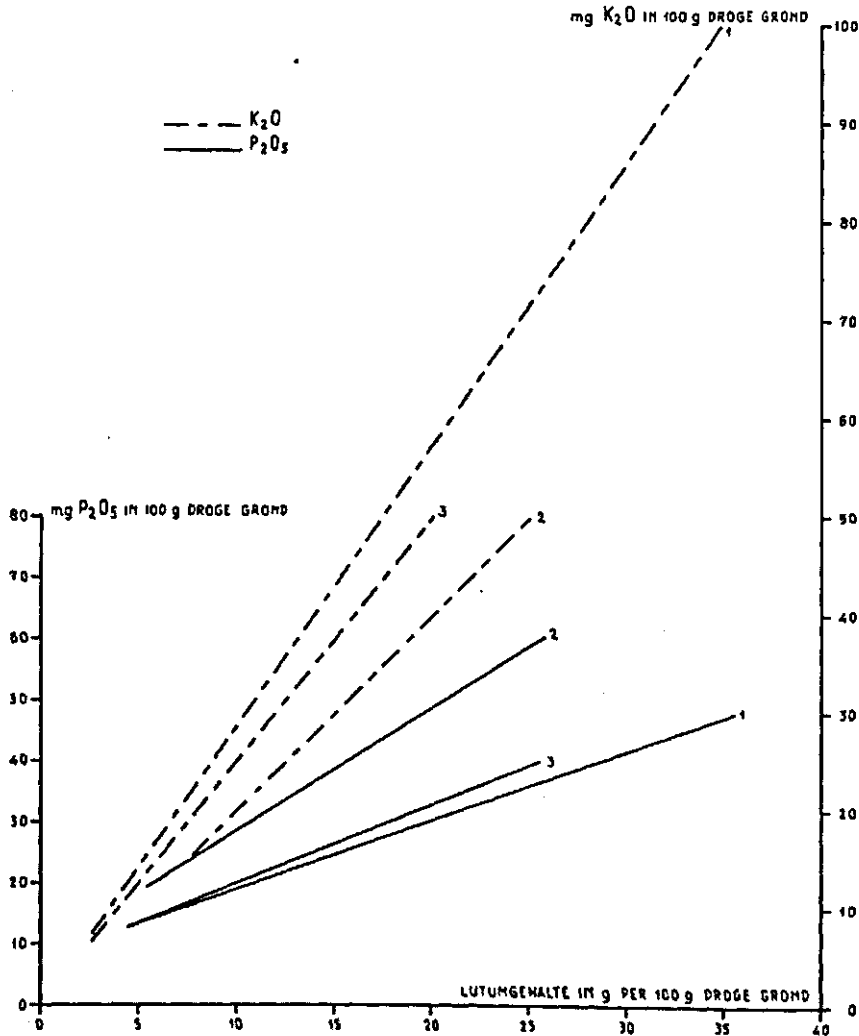


FIG. 5. Het verband tussen het fosfaatgehalte (P_{ctr}) en het lutumgehalte en het verband tussen het kaligehalte (K_{HCl}) en het lutumgehalte.
 1 = Mariene bovengrond, Oostelijk Flevoland.
 2 = IJsselmeerslik, Oostelijk Flevoland.
 3 = Mariene bovengrond, Noordoostpolder (kort na droogvallen).

FIG. 5. Relation between Phosphate and Clay Content (in gm. per 100 gms. of dry soil) and between Potassium and Clay (in gm. per 100 gms. of dry soil).
 1 = Marine top soil, Eastern Flevoland.
 2 = Lake IJssel mud, Eastern Flevoland.
 3 = Marine top soil, North-Eastern Polder (shortly after reclaiming).

De mate, waarin jonge gronden kali bevatten, hangt geheel samen met het milieu, waarin zij zijn afgezet. Zo bevatten gronden, die geregeld worden overstroomd met het aan kali zo rijke zeewater, veel kali. Na het droogvallen van deze gronden spoelen de in het bodemvocht aanwezige kalizouten snel uit. Daarnaast vindt tengevolge van de chemische bodemrijping van de grond ook uitloging van uitwisselbare kali plaats. In de Noordoostpolder daalde hierdoor het kaligehalte al spoedig tot 2.5 mg K_2O per g lutum.

Uit figuur 5 blijkt, dat het kaligehalte van de gronden in Oostelijk Flevoland, nu ze nog onder water liggen, bijna even groot is als dat van de gronden in de Noordoostpolder vlak na het droogvallen. Figuur 5 laat eveneens zien dat het IJsselmeerslik, waarschijnlijk tengevolge van het zeer intensieve contact met het zoete IJsselmeerwater, een lager kaligehalte heeft dan de mariene gronden. Toch is dit landbouwkundig gezien voorlopig nog onbelangrijk daar het kaligehalte zowel van het IJsselmeerslik als van de mariene gronden altijd nog zo hoog is, dat een kalibemesting op de zwaardere gronden jarenlang achterwege kan blijven. Alleen de zandgronden zullen, afhankelijk van hun lutumgehalte, een ongeveer gelijke kalibemesting nodig hebben als de overeenkomstige gronden in de Noord-oostpolder.

SAMENVATTING.

Het doel en het nut van een bodemkartering van een in te polderen gebied in het stadium, dat dit gebied zich nog onder water bevindt, worden aan de hand van verschillende voorbeelden besproken.

De kartering van Oostelijk Flevoland vond plaats door middel van ongeveer 1500 boringen, die tot op verschillende diepten in de bodem reikten. In hoofdstuk I is ingegaan op de wijze, waarop de kartering is uitgevoerd.

De bij de kartering verzamelde gegevens maakten het mogelijk in grote lijnen een globaal beeld van de geologische opbouw van de nieuwe polder te schetsen. Vooral aan de holocene periode is veel aandacht besteed.

De geologische afzettingen zijn in hoofdstuk III nog eens afzonderlijk behandeld, waarbij steeds het voorkomen, de diepteligging en de dikte van elk sediment worden besproken. Voorts worden veelal ook het lutumgehalte, het U-cijfer, het humusgehalte, het watergehalte en het koolzure-kalkgehalte vermeld, terwijl soms de lutum-slibverhouding uit wetenschappelijke overwegingen wordt opgegeven.

Aan de inklinking, die in nieuwe polders in velerlei opzicht een factor is, waarmee rekening moet worden gehouden, is een kort hoofdstuk gewijd. Bij het vervaardigen van de bodemkaarten is de te verwachten inklinking over een periode van 80 à 100 jaar in rekening gebracht. Het blijkt dat een groot deel van de nieuwe polder 75 à 100 cm zal inklinken.

De bouwvoorkaart (kaart 5, blz. 33) en de bodemtypenkaart (kaart 6, blz. 36), die zijn samengesteld aan de hand van de bij de kartering verkregen gegevens, worden besproken. Het is door het grote aantal ondiepe boringen mogelijk geweest een vrij betrouwbare bouwvoorkaart te maken. Uit deze kaart valt af te leiden, dat Oostelijk Flevoland voor 96 % uit klei, zware en lichte zavel en slechts voor 4 % uit zand bestaat. Op de bodemtypenkaart, die naast een vereenvoudigd beeld van de bouwvoor een behoorlijk inzicht in de ondergrond geeft, werden 31 bodemtypen onderscheiden.

Tenslotte werden in het laatste hoofdstuk enkele aspecten aangeroerd, die voor de landbouw van belang zijn en ten nauwste samenhangen met de bodemgesteldheid van de in te polderen gronden. Zo wordt de behoefte aan een goed ontwateringssysteem toegelicht. Ook blijkt, dat ongeveer 1/7 gedeelte van Oostelijk Flevoland zal moeten worden geïnfiltreerd.

Voor grondverbetering door middel van diepploegen of bestorten komen in enkele gebieden slechts beperkte oppervlakten in aanmerking.

Wat de toekomstige exploitatie betreft zal ongeveer 86 % van de nieuwe polder een zuivere akkerbouwbestemming krijgen.

De gehalten aan stikstof, fosfaat en kali laten zien, dat in het algemeen de bemestingsadviezen in Oostelijk Flevoland niet veel zullen verschillen van die in de Noordoostpolder.

SUMMARY

"Soil conditions in Eastern Flevoland."

After the Wieringermeer Polder and the North-Eastern Polder, Eastern Flevoland is the third polder to be reclaimed in the former Zuyder Zee area. It lies south of the North-Eastern Polder and covers an area of over 135,000 acres (map 1, page 4).

This new polder is to be pumped dry in 1957 by means of three pumping stations. When dry, the level of Eastern Flevoland will be between 0.5 m and 4.5 m below mean sea-level (map 2, page 5).

The reclamation of Eastern Flevoland, like that of the other polders, was preceded by extensive investigations. The soil survey was of primary importance in this respect, since the knowledge of soil conditions forms the basis for the reclamation plans. The points to be referred to hereafter could therefore not have been dealt with but for the data obtained through the soil survey.

In the future Eastern Flevoland a total number of some 1500 borings were made to various depths. The borings were carried out by means of special boring apparatus from ships.

The geological history of the new polder could be roughly outlined. The depth of the Pleistocene sand before shrinkage of the overlying sediments is shown in map 3. Peat was formed during the Holocene, but was eroded for the greater part since the beginning of our era (map 4, page 19). In the lake thus formed the sedimentation of silt loam and sand took place, initially in fresh-water, later on in a brackish environment. The loamy soils in particular have a small bearing capacity and will cause many difficulties in reclamation.

The physical ripening of these water-saturated soils forms a factor which will have to be reckoned with. The process of physical ripening is determined by the nature of the sediment and the drainage intensity.

The shrinkage of the soil which will set in after the water will have receded from Eastern Flevoland will affect the reclamation and cultivation plans in many respects. In this paper attention is only given to the shrinkage to be expected in the course of a period of 80 to 100 years, which has to be taken into account in the making of soil maps. An example is to be found in table 3 (page 29). This period of 80 to 100 years was decided upon in view of the writing-off term of the pumping stations and locks. It was found that a considerable part of the new polder will show a shrinkage of 75 cm to 100 cm.

On the basis of the data collected in the soil survey a top soil map was made (map 5, page 33). This map represents the top soil to a depth of 25 cm after shrinkage. The legend to this map indicates the distinction made according to the content of particles smaller than 2 microns and the degree of coarseness of the sand (the U-value = the specific surface of the sand). A U-value of 50—120 corresponds with a median of 120—180; a U-value of 120—270 with a median of 30—120. From map 5 (page 33) and table 5 (page 35) it may be concluded that Eastern Flevoland has 96 per cent of loamy soils and 4 per cent of sandy soils.

When the soil maps were completed an idea could be formed of the various agricultural problems which will present themselves after the polder will have been pumped dry. First of all an effective drainage system will have to be constructed, in order that agricultural operations may be started. In Eastern Flevoland, as in the North-Eastern Polder, a temporary trenching will in most cases have to precede the permanent tile drainage. According to the soil and the seepage the distances between the trenches will vary from 4 m to 24 m, and those between the tile drains from 24 m to 48 m. Detail drainage by means of tiles immediately after the new polder has been pumped dry, would be insufficiently effective, because of the very low initial permeability of the heavy-textured soils. The permeability increases during the first years, due to the desiccation of the soil, which process causes the formation of cracks.

There will also be drought-susceptible soils in the new polder. These soils will be provided with a system of subterraneous irrigation, as it is also applied in the North-Eastern Polder. It was found that about a seventh part of Eastern Flevoland will have to be subirrigated.

Some areas will have to be improved by means of deep ploughing, or by being covered with soil, dredged from the canals.

The data collected on soil conditions make it possible already at this stage to draw up the plan for the future exploitation of the new lands. Some 86 per cent of Eastern Flevoland may be used for arable farming, and 12.5 per cent for mixed farming. Not more than 1.5 per cent will have to be used for afforestation purposes on account of its soil conditions.

Investigations on the initial contents of phosphate and potassium of the soils to be reclaimed have shown that a correlation exists between the content of particles smaller than 2 microns on the one hand and the phosphate and potassium content on the other hand (fig. 5, page 46). The phosphate content is such that the application of phosphate fertilizers merely has to compensate the amount withdrawn every year by the crops, whereas the content of potassium is so high that on the heavier soils no potassium fertilizers will be required for some time to come.

The nitrogen content of the new soils is on the whole low, so that heavy dressings of nitrogen fertilizers will have to be given.

LITERATUUR

1. HEIDE, G. D. VAN DER. Aspecten van het archaeologisch onderzoek in het Zuiderzeegebied. Zwolle, 1955. *Van Zee tot Land*; no. 13.
2. HISSINK, D. J. De bodemkundige gesteldheid van den toekomstigen Wieringermeerpolder volgens boringen in het jaar 1927. *Medn. van de Commissie van Advies omtrent de landbouwtechnische aangelegenheden betreffende den Proefpolder nabij Andijk*; no. 1. 's-Gravenhage, 1929.
3. —. De humus- en stikstofgehalten van de ingepolderde gronden in de voormalige Zuiderzee. Zwolle, 1954. *Van Zee tot Land*; no. 10.
4. MIDDELHOEK, A. and A. J. WIGGERS. A research into the microflora and microfauna of the holocene sediments in the North-Eastern Polder. *Biol. jaarb.*; 20: 235—291, 1953.
5. MOLEN, W. H. VAN DER. Over de ontwatering van Oostelijk Flevoland. Kampen, 1953. (Intern rapport).
6. SMITS, H. Over de inklinking van Oostelijk Flevoland. Kampen, 1953, (Intern rapport).
7. VOLKER, A. De kwel in de toekomstige Oosterpolder. 's-Gravenhage, 1951. *Nota van de Dienst der Zuiderzeewerken*; no. 221.
8. WIGGERS, A. J. De gehalten aan organische stof in Nederlandse gronden. *Landbouwk. tijdschr.*; 62: 455—469, 1950.
9. —. Over de bodemgesteldheid van Oostelijk Flevoland. Kampen, 1953. (Intern rapport).
10. WIT, C. Het nemen van monsters onder water bij de Zuiderzee-inpolderingen, voorheen en thans. In: *Langs gewonnen velden*. Wageningen, 1954.
11. ZUUR, A. J. Ontstaan en aard van de bodem van de Noordoostpolder. Zwolle, 1951. *Van Zee tot Land*; no. 1.
12. —. Over de betekenis van de fracties 0—2 en 0—16 mu voor de indeling der zwaardere gronden in de Noordoostpolder. In: *Langs gewonnen velden*. Wageningen, 1954.
13. —. Over de bodemkundige gesteldheid van den toekomstigen Noord-oostpolder. Groningen, 1938. (Intern rapport).

INHOUD

INLEIDING	3
I. UITVOERING VAN DE KARTERING	7
I a. de boringen tot op het pleistocene zand	7
I b. de boringen tot 1.5 m diepte	8
II de boringen tot op of in het pleistocene zand, die zijn verricht ten behoeve van de dijkbouw	9
II. GEOLOGISCH OVERZICHT	9
a. de jong-pleistocene afzettingen	9
b. de holocene afzettingen	10
III. BESCHRIJVING VAN DE SEDIMENTEN	14
a. het pleistocene zand	15
b. de oude zeeklei	17
c. het veen	18
d. de detritus	19
e. de sloefafzettingen	20
f. de mariene afzettingen	22
g. de kustzanden	25
h. het IJsselmeerslik	27
IV. ENKELE OPMERKINGEN OVER DE TE VERWACHTEN INKLINKING	28
a. de wijze, waarop de inklinking in de bouwvoorkaart (kaart 5) is verwerkt	28
b. de wijze, waarop de inklinking in de bodemtypenkaart (kaart 6) is verwerkt	29
c. de betekenis van de inklinking voor de afwatering	30
V. BESCHRIJVING VAN DE BODEMKAARTEN	30
a. de bouwvoorkaart	32
b. de bodemtypenkaart	36
VI. ENKELE LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN VAN DE BODEMGESTELDHEID	38
a. de ontwateringsbehoefte	38
b. de behoefte aan infiltratie	39
c. de mogelijkheden tot grondverbetering	40
d. de bestemming van de gronden	40
e. de gehalten aan stikstof, fosfaat en kali van de gronden	44
1. het stikstofgehalte	44
2. het fosfaatgehalte	45
3. het kaligehalte	45
SAMENVATTING	48
SUMMARY	49
LITERATUUR	51