

VAN ZEE TOT LAND

DIRECTIE VAN DE WIERINGERMEER (NOORDOOSTPOLDERWERKEN)
Rapporten en Mededelingen inzake de Droogmaking, Ontginning en Sociaal-Economische Opbouw
der IJselmeerpolders

Nr. 2 DE FYSISCHЕ RIJPING VAN DE JONGERE ZUIDERZEE-AFZET-
TINGEN IN DE NOORDOOSTPOLDER DOOR Ir. W. R. DOMINGO

VAN ZEE TOT LAND

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

N^r 2

De physische rijping van de jongere Zuiderzee-afzettingen in de Noordoostpolder

DOOR

Ir. W. R. DOMINGO

Landbouwkundige bij de Directie van de Wieringermeer
(Noordoostpolderwerken)

W. E. J. Tjeenk Willink NV., Zwolle
1951

ax5034 9340

Voordracht gehouden op de vergadering van de
Ned. Bodemkundige Vereniging, Zomer 1948

INLEIDING

Onder het bodemrijpingsproces vat men de aaneenschakeling van verschillende reacties samen, waardoor uit het moedermateriaal, dat blootgesteld wordt aan andere invloeden, dan die waaronder het gevormd is, of waarmede het zich in evenwicht bevindt, een reactie-product ontstaat, dat zich op zijn beurt in evenwicht bevindt met de er op in werkende factoren en dat landbouwkundig met de naam „grond” wordt aangeduid.

Met JOFFE (4) kan men grond definiëren als een natuurlijk, — meestal niet compact — lichaam van variërende diepte, bestaande uit mineraal en organisch materiaal, verdeeld in horizonten en van het onderliggend moedermateriaal verschillend in morfologie, samenstelling, biologisch karakter en fysische- en chemische eigenschappen.

Voor ons geval bestaat het moedermateriaal, de toestand van het systeem grond op het bodemvormend tijdstip nul, uit een met water verzadigd, anaeroob, agromicrobiologisch nagenoeg steriel en landbouwkundig onvruchtbaar sediment.

De impuls, die de bodemrijping, welke leidde tot de vorming van een voor de plantenproductie geschikt substraat, mogelijk maakte, kwam van de mens, die door zijn ingrijpen alle bestaande evenwichten verbrak en die bovendien de ontketende reacties stuurde in de door hem gewenste richting. De belangrijkste in het leven geroepen factor is de drooglegging.

Door de hierbij plaatsvindende ontwatering treden allereerst fysische veranderingen op, die het op gang komen van bepaalde chemische en biologische processen tot gevolg hebben.

De nadruk valt in eerste instantie op deze fysische reacties, zodat in dit bestek dan ook alleen de bodemfysische kant van het rijpingsproces wordt behandeld.

DE AARD VAN HET MATERIAAL EN DE RIJPINGSVERSCHEIJNSELEN IN HET ALGEMEEN

Eerst zal nu het uitgangsmateriaal, in het stadium, waarin het zich onder water bevindt, aan een korte beschouwing worden onderworpen. Het sediment zelf bevat, naast een meer of minder grof- dan wel fijnkorrelig skelet, weinig of veel anorganische en organische colloïden en kan aan de hand daarvan worden onderscheiden in: (9)

grove en fijne zanden,
 kleiarne en kleihoudende zanden,
 lichte en zware zaveln,
 kleiën,
 klei-veenmengsels (detritus) en
 venen.

Gemakshalve willen we ons bij de behandeling van deze materie tot enkele extremen bepalen, waarbij de keuze dan valt op de zanden en op de meer kleihoudende sedimenten.

Het belangrijkste is wel het gehalte aan water, waarover in het algemeen kan worden opgemerkt, dat dit afhankelijk is van de granulaire samenstelling, het gehalte aan humus en de fysisch-chemische toestand der bodemcolloïden. Naarmate het materiaal fijner, maar vooral humusrijker wordt, zal het in verzadigde toestand ook meer water bevatten.

Dit volgt ten overvloede nog eens uit grafiek 1, waarin op de abscis het gehalte aan lutum, op de ordinaat het gehalte aan water in g per 100 g stoofdroge grond voor een aantal van nature met water verzadigde monsters is weergegeven. Daarnaast werden dezelfde grootheden afgebeeld voor overeenkomstige rijpe gronden, die met zout water geïnundeerd zijn geweest. Laatstgenoemde monsters zijn afkomstig van de laag 5—20 cm; ze werden kort na het droogvallen genomen.

Het blijkt dat het gehalte aan water van het sediment heel snel toeneemt met het gehalte aan minerale colloïden. Ook de organische colloïden zijn in dit verband zeer belangrijk. Iets van hun invloed is uit de grafische voorstelling af te lezen. Voor de Noordoostpoldergronden geldt namelijk, dat in normale gevallen per g lutum ongeveer 0.15 g humus voorkomt. Rekening houdend met dit feit blijkt dan ook inderdaad, dat de monsters, die meer dan de normale hoeveelheid humus bevatten, een hoger gehalte aan water hebben.

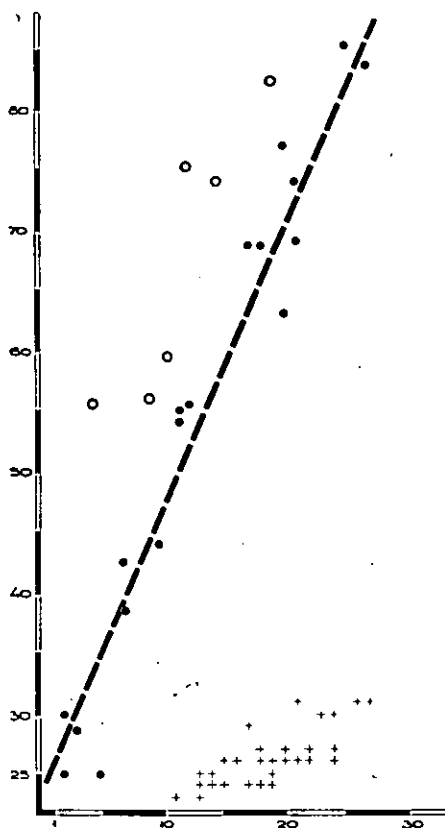
Heel veel vocht, nl. ongeveer 450 g per 100 g stoofdroge grond, wordt dan ook gebonden door het kleiveenmengsel (detritus), dat b.v. 20 % lutum en 40 % organische stof bevat. De zuivere venen bevatten 700—900 g water per 100 g stoofdroge grond.

In dezelfde grafiek is ook nog het verband weergegeven tussen het gehalte aan lutum en aan vocht van rijpe gronden, die door een inundatie met water verzadigd raakten. Het is merkwaardig om op te merken, dat voor materialen met een overeenkomstige samenstelling de gehalten aan vocht hier op een veel lager niveau liggen dan in het eerstbehandelde geval. Blijkbaar zijn er bij het fysisch rijpingsproces reacties verlopen, die niet omkeerbaar zijn.

Uit deze gegevens kan dan ook de conclusie worden getrokken, dat de verandering van het gehalte aan vocht een belangrijke karakteristiek is, waaraan het verloop van de bodemrijping kan worden vervolgd.

Een eenvoudige berekening, aan het in de grafiek verwerkte cijfermateriaal uitgevoerd, leert ook nog het een en ander met betrekking tot het totale poriënvolume van het waterverzadigde sediment.

Bij de zanden, onafhankelijk van het feit of zij grof- dan wel fijnkorrelig



GRAFIEK 1. Verband tussen lutumgehalte (abscis) en vochtgehalte in g per 100 g droge stof (ordinaat).

- = van nature met water verzadigd sediment.
- = van nature met water verzadigd sediment, dat extra humus bevat.
- + = door inundatie met water verzadigde, rijpe gronden.

GRAPH 1. Correlation between content of the fraction < 2 micron (abscissa) and content of moisture in g per 100 g overdry soil (ordinate).

- = watersaturated sediment under natural conditions.
- = watersaturated sediment (humusrich material) under natural conditions.
- + = watersaturated (by flooding) mature soils.

zijn, blijkt dit ongeveer 40—44 % te zijn. Het poriënvolume van een bolstapeling met wijdste pakking bedraagt 47.64 %, en van één met dichtste pakking 25.95 %, zodat het er op lijkt, dat dit uit onregelmatig gevormde korrels opgebouwd materiaal in wijdste pakking is gesedimenteerd.

Kijkt men nu naar het colloïdriekere substraat, dan blijkt een sediment, dat b.v. 27 % lutum bevat, een poriënvolume te bezitten van ongeveer 69 %. Dat dit bedrag zo groot is, wordt veroorzaakt door het feit, dat de colloïdale, overwegend plaatvormige deeltjes in het sediment in een gevlokte toestand voorkomen, waardoor men niet met een compact en star, doch met een sponsachtig, poreus, vervormbaar systeem te maken heeft. De poriën zijn echter veel nauwer dan die, welke wij bij de zanden aantreffen. Het gevolg van dit laatste is dan ook, dat de waterverzadigde klei aan een doorstromende vloeistof een veel groter weerstand zal bieden en derhalve ondanks het groter poriënvolume, minder doorlatend zal zijn dan een waterverzadigd zand. Dit geldt nog in versterkte mate voor de kleiveenmengsels, de detritus. In tegenstelling tot de zanden bezitten de anorganische- en organische colloïden nog de eigenschap zelf water te kunnen binden.

Om een indruk te geven van de doorlatendheid van de verschillende materialen kan worden vermeld, dat deze grootheid, uitgedrukt in het aantal m^3 dat per etmaal stroomt door een horizontale doorsnede van $1 m^2$ bij een verval van 1 m per m voor matig fijn zand 5, zeer fijn zand 0.5 en voor lichte zavel 0.05 bedraagt.

Het sediment, dat we met betrekking tot zijn watergehalte, poriënvolume en doorlatendheid wat nader hebben leren kennen, wordt nu drooggelegd, wat hierop neerkomt, dat de waterspiegel, die zich eerst boven zijn oppervlak bevindt, op den duur onder dit oppervlak daalt tot een diepte die de mens voor zijn doeleinden goed dunkt. De physische gevolgen hiervan zullen in het kort voor de zand- en kleigronden apart onder ogen worden gezien.

DE RIJPING BIJ ZANDGRONDEN

Bij de zandgronden zal het sediment waterverzadigd blijven, zolang de dalende grondwaterspiegel zich op een afstand van het oppervlak bevindt, die kleiner is dan, of overeenkomt met de capillaire stijghoogte.

Bij een verder dalen zullen de menisci zich in de poriën terugtrekken en doet de lucht haar intrede in de grond. Deze lucht scheidt een complicatie met betrekking tot de doorlatendheid, zoals we die aan het waterverzadigde systeem hebben leren kennen. Genoemde grootheid zal er namelijk door afnemen en wel des te meer naarmate het zand fijnkorreliger is.

Het moeder materiaal is door de drooglegging tevens blootgesteld geraakt aan de directe inwerking van het klimaat, dus aan bestraling door de zon, aan luchtstromingen, temperatuurschommelingen en variaties in barometerdruk. Al deze factoren beïnvloeden de beweging van het watermolecuul in de lucht en bepalen zodoende ook de mate waarin verdamping op zal treden. De overmaat aanwezig water verdwijnt aldus op 2 manieren: het zakt uit en het verdampt.

In den beginne is het eerste proces het belangrijkste. Het kan door verder technisch ingrijpen, zoals het aanbrenge van een detail-ontwatering waardoor de grondwaterspiegel nog weer meer daalt, aanzienlijk worden versneld. Zodra begroeiing plaats vindt, ontwikkelt zich nog een derde — niet onbelangrijke — mogelijkheid en wel de wateronttrekking door de plant.

De snelheid, waarmede de vloeistof uitzakt of zich naar het bodemoppervlak beweegt, wordt bepaald door de aard van het capillaire systeem, de temperatuur en de viscositeit. Bij de homogene, grove zandgronden zal dit uitzakken en verdampen van water ongehinderd en snel kunnen verlopen, dank zij het feit, dat het substraat is opgebouwd uit grovere, onvervormbare eenheden, die ten opzichte van elkaar vrijwel onbeweeglijk zijn en waar tussenin zich grove poriën bevinden. Al kort na het droogvallen zal, wanneer de grond van een goed ontwateringssysteem is voorzien, een bepaald constant gehalte aan water zijn bereikt, terwijl met betrekking tot de verwerking van neerslag geen moeilijkheden zijn te verwachten. Het materiaal beschikt over een voldoende groot waterbergend en waterdoorlatend vermogen.

Een soortgelijke redenering geldt ook voor de fijne zanden. Men krijgt hier echter met een 2-tal factoren te maken, waarmede bij de detailontwatering degelijk rekening moet worden gehouden. Het totale poriënvolume is weliswaar gelijk aan dat der grove zanden, de doorsneden van de capillairen zijn echter veel kleiner. Dit heeft tot gevolg, dat de capillaire stijghoogte aanzienlijk groter is, terwijl de weerstand, die het systeem aan doorvloeiend water biedt, hoger is. Het waterbergend vermogen en de doorlatendheid zijn daardoor kleiner dan bij de grove zanden. Zelfs bij een intensieve ontwatering is de capillaire stijghoogte groter dan de ontwateringsdiepte, zodat de grond steeds met water verzadigd is. De verwerking van neerslag geeft dientengevolge gauw aanleiding tot moeilijkheden, wat tot uiting komt in het optreden van een overmaat aan water. Zoals al eerder werd opgemerkt, laat de onvervormbaarheid van het materiaal niet toe, dat volumeveranderingen optreden, waardoor scheuren zouden kunnen ontstaan.

De binding der zandkorrels tot aggregaten heeft direct na het droogvallen uitsluitend plaats door de oppervlaktetenspanning van het water. De op deze wijze gevormde eenheden zijn weinig resistent, terwijl dit structuurvormend proces omkeerbaar is. Bij waterverlies of -overmaat worden de capillaire krachten opgeheven en gaat de ontstane structuur verloren; de grond stuift of verslemt.

DE RIJPING BIJ KLEIGRONDEN

Bij het kleiige materiaal krijgt men na het droogvallen eveneens een ontwateren van de in dit geval gel-achtige massa, maar dit proces verloopt enigszins anders, dan bij zandgronden het geval is. De hoeveelheid vloeistof, die uitzakt, is namelijk minimaal, verreweg de grootste hoeveel-

heid verdampt. Voor zover een uitzakken van de vloeistof plaats vindt, is dit niet een gevolg van het feit, dat de grondwaterstand beneden de capillaire stijghoogte daalt, doch wordt het veroorzaakt door de omstandigheid, dat het gel niet bestand is tegen onderdruk. Ook nu kan men trachten het verloop van het proces te stimuleren door het aanbrengen van een detailontwatering. Principieel beschouwd zal het effect echter gering zijn, daar hier de verdamping de belangrijke factor is. Er moet nog aan het feit herinnerd worden, dat dit colloïdrijke, waterverzadigde sediment slecht doorlatend is. De consequentie hiervan is, dat, als de verdamping groter is dan de watertoevoer, in het gel krimp zal optreden.

Zoals al eerder werd opgemerkt, heeft men hier — in tegenstelling met het zand — te maken met een vervormbare massa, die voor een zeer groot deel uit water bestaat. De wateronttrekking heeft in de eerste plaats een verstarren van het systeem tot gevolg, wat betekent, dat dit meerdere vastheid krijgt en dat het een kleiner volume in gaat nemen. Het gevolg van deze krimp is, dat het gewicht van de massa per volume-eenheid toeneemt, terwijl het totale poriënvolume afneemt en ook de poriën zelf kleiner worden. Om een indruk te geven van de grootheden waar het om gaat, kan worden opgemerkt, dat het volume-gewicht van een juist drooggevallen, zware zavel ongeveer 1.00 bedraagt, terwijl deze waarde voor de volledig gerijpte grond ongeveer 1.40 is.

Hoe lager het gehalte aan colloïdale fractie is, hoe sneller het verstarren optreedt. Dit verstarren wordt veroorzaakt door het feit, dat nu niet langer de vaste deeltjes door vloeistof, maar dat de vloeistof nu door de vaste deeltjes wordt omsloten.

De volume-afname door het verlies aan water heeft tot gevolg, dat er spanningen ontstaan, die aanleiding geven tot scheurvorming. Aangezien het materiaal verre van homogeen is en ook de indroging niet uniform verloopt, raken de optredende krachten ongelijkmatig verdeeld. Desondanks ontstaat bij de scheurvorming toch een vrij regelmatig patroon van meestal zeshoekige schollen. Deze geometrische figuur wordt namelijk afgedwongen door een tweetal eisen; en wel dat bij de vorm een minimum aan omtrek gepaard gaat met een maximum aan oppervlak, terwijl de eenheden bovendien tot een gesloten patroon aaneen moeten zijn te leggen. Aan beide voorwaarden wordt door de zeshoek op de meest volkomen wijze voldaan.

Op het moment, dat deze grote scheuren ontstaan, dringt voor het eerst de lucht in het anaërobie milieu binnen. De gevolgen hiervan zijn dat:

- a. de aard van het poriënsysteem op ingrijpende wijze wordt veranderd,
- b. oxydatie en andere chemische reacties op gang komen,
- c. de samenstelling van de microflora door deze milieu verandering een diepgaande wijziging ondergaat,
- d. de verdamping een effectiever rol kan gaan spelen.

Zodra de weerstand van het verstarrende systeem groter wordt dan de samentrekkende krachten, uitgeoefend door het verdwijnende water, zullen de menisci zich in de capillairen terugtrekken, waardoor de lucht ook in de poriën binnendringt.

Het eerste stadium van ontwatering levert als structurelementen de genoemde meest zeshoekige polygonen, die bij verder indrogen de indruk van grote kluiten wekken.

De nu volgende phase is die, waarin deze kluiten onder invloed van indroging en bevochtiging uiteen gaan vallen in kleinere structuur-elementen en tenslotte in kruimels. Door de voortschrijdende wateronttrekking zullen, tengevolge van de dishomogeniteit van de kluiten, de ongelijkmatige indroging en de daardoor ongelijkmatig verdeelde spanningen de grotere eenheden scheuren en in kleiner stukken uiteenvallen.

Zoals reeds werd opgemerkt treedt op een zeker moment lucht in de poriën. Een eventuele bevochtiging heeft nu verder voortschrijdende verkrumeling tot gevolg. In de eerste plaats krijgt men, mede door de ongelijkmatige bevochtiging, een onregelmatig zwellen van de structurelementen met wederom het optreden van spanningen, waardoor de eenheden langs de krimp-scheuren uiteenvallen. Daar komt nog bij dat de in de poriën aanwezige lucht ingesloten raakt en wordt samengeperst. Het resultaat hiervan is dat de kluiten of kluitjes uiteenbarsten (8). Dit afwisselend indrogen en bevochtigen van het bodemmateriaal heeft zodoende een verkrumeling tot gevolg en is ook de belangrijkste structuurvormende factor.

Ook afwisselend bevriezen en ontdooien oefent een verkrumelende werking uit, die vaak effectiever is dan die, welke het gevolg is van indrogen en bevochtigen. Het maximale effect hangt hier echter nauw samen met een bepaald vochtgehalte. De belangrijke factor is de vorming van ijs, die een wateronttrekking en de uitoefening van druk tot gevolg heeft (5).

De mate van scheurvorming en verkrumeling wordt bepaald door het colloïdgehalte van het materiaal, door de aard der colloïden en door de mate van ontwatering. Hoe lager het gehalte aan colloïdale fractie is, hoe eerder het substraat bij ontwateren verstart, hoe kleiner de volume-afname en hoe geringer de scheurvorming met de daaropvolgende verkrumeling. Samenvattend betekent dit dus dat:

- de grove en fijne zanden niet scheuren en verkrumelen,
- de lichte zavel haast niet scheurt en haast niet verkrumelt,
- de zware zavel wel scheurt en goed verkrumelt,
- de klei sterk scheurt en goed verkrumelt.

Door deze verkrumeling, die langzaam van het bodemoppervlak naar dieper in het profiel voortschrijdt, wordt de aard van het poriënsysteem gewijzigd en treedt steeds meer lucht in de grond.

De aanvankelijk gesloten massa, waarin slechts fijnere capillairen voorkwamen, gaat over in een luchtiger opgebouwd systeem, waarin ook wijdere ruimten aanwezig zijn. De doorlatendheid en het waterbergend vermogen, die bepaald worden door het gehalte aan grote poriën, nemen er aanzienlijk door toe, wat betekent, dat bij neerslag de vloeistof snel wordt afgevoerd en de stand van de grondwaterspiegel steeds minder zal fluctueren.

De beide bovengenoemde processen, waarbij de structuurvorming door wateronttrekking tot stand komt, leveren echter zonder meer geen permanente kruimels. Bij waterovermaat vallen de hiergenoemde structurelementen weer uiteen en vormen een compacte massa (3). Vooral zwaardere

ondergronden kunnen mank gaan aan dit euvel. Het door droogte of vorst gescheurd geraakte systeem valt dicht en gaat over in een slecht doorlatend geheel.

Sprekend over structuur is het goed, om met BRADFIELD (2) een onderscheid te maken tussen het colloïdchemische begrip „gevlokt” en het bodemkundige begrip „geaggregeerd”. De hiermee aangeduide toestanden zijn niet identiek. De vlokvorming berust op de wederzijdse aantrekking van deeltjes, die voldoende ontladen zijn, terwijl de vlok stabiel is, zolang het vlokkende agens aanwezig blijft. De vorming van een stabiel aggregaat vereist, dat de vlokken zo stevig bijeen worden gebonden, dat ze in water niet meer gedispergeerd raken. Het vlokingsproces is een onderdeel van de aggregatie.

Het is dus zaak, dat de gevormde aggregaten gestabiliseerd worden en dat zich structuurelementen vormen, die weerstand kunnen bieden aan de ontledende invloed van water en van mechanische krachten. Hiervoor is nodig, dat de reactieproducten van het indrogingsproces in zekere mate worden gefixeerd, of anders uitgedrukt, dat een deel van dit proces onomkeerbaar verloopt. De structuurelementen behoeven daartoe een bindmiddel, een kitstof, een cementerende substantie. Deze wordt in de bodem gevonden in de vorm van:

1. de kleideeltjes zelf (cohesie),
2. onomkeerbaar of weinig omkeerbaar indrogende anorganische colloïden als Al- en Fe-hydroxyde,
3. organische verbindingen.

Bovendien mag nog eens naar voren worden gebracht, dat plantenwortels een gunstige invloed uitoefenen op de vorming van stabiele kruimels. Vooral zodevormende gewassen bevorderen de kruimelvorming. Een bevredigende verklaring voor dit feit is nog niet gegeven, hoewel men denken kan aan de druk, die de wortels uitoefenen, aan de wateronttrekking in hun directe omgeving, aan de bacterieophoppingen, de verterende organische stof en de wortelxcreties.

Vergelijkt men het cementerend effect van klei en van organische stof met elkaar, dan blijkt de invloed van laatstgenoemde component groter te zijn, naarmate het kleigehalte lager wordt (1). De organische stof blijkt vooral effectief te zijn met betrekking tot het aggregeren van de fijnere fracties. Wat de kittende werking betreft, kan nog worden opgemerkt, dat humus door klei in georiënteerde vorm wordt geadsorbeerd (7), welk proces in vochtige toestand al enigszins onomkeerbaar is. Dit laatste verschijnsel wordt nog geaccentueerd door indroging.

Ook blijkt, dat de plaatvormige kleideeltjes zich vasthechten aan het oppervlak van zandkorrels, waarop zij zich onder invloed van de capillaire krachten in de vloeistoffilm in een georiënteerde toestand bevinden. De bindingssterkte tussen klei en zand neemt toe met afnemende deeltjesgrootte. Dit hechtingsproces blijkt — vooral na indroging — vrijwel onomkeerbaar te zijn.

Van $\text{Al}(\text{OH})_3$ en $\text{Fe}(\text{OH})_3$ is bekend, dat het lyophile colloïden zijn, die irreversibel indrogen. Waar ze in de grond aanwezig zijn, spelen ze dan ook ongetwijfeld een rol bij de vorming van stabiele aggregaten.

Bij al deze cementerende processen is de rol van de dehydratatie wel zeer belangrijk (6).

Het is noodzakelijk er op te wijzen, dat het indrogingsproces steeds binnen zekere perken moet worden gehouden. Voor bepaalde organische verbindingen kan een sterke wateronttrekking namelijk catastrophale gevolgen hebben. Behalve het feit, dat de massa zeer sterk scheurt en slinkt, eindigt men met een substantie, die zich niet meer laat bevochtigen. De reeds eerder genoemde detritus is zo'n product, dat met de nodige zorg ontwaterd moet worden.

In het bovenstaande hebben we aan de hand van beredenering de rijping van het moeder materiaal gevolgd ten opzichte van de in dit geval belangrijkste factor, namelijk de wateronttrekking. De ontwateringsmogelijkheid bepaalt, tot hoever in het profiel het rijpingsproces tot ontwikkeling kan komen.

Kwel, de drang van water naar omhoog onder invloed van drukverschijnselen, kan de genoemde ontwikkelingen ernstig verstoren. In dat geval moeten — met betrekking tot de detailontwatering — bijzondere maatregelen worden getroffen. Het komt er zeer waarschijnlijk op neer, dat de planten, die bij de wateronttrekking een belangrijke rol spelen, hun behoefte dekken met de door de kwel aangevoerde vloeistof. De bodem zelf behoudt daardoor haar oorspronkelijk gehalte aan water; er heeft geen rijping plaats.

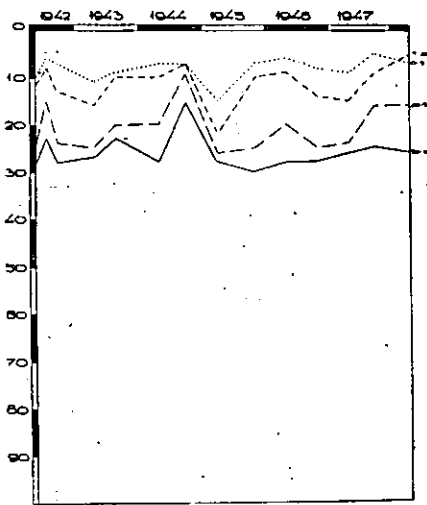
Aan de hand van enige grafieken zal nu het verloop van de bodemrijping nader worden toegelicht.

In grafiek 2 is voor een matig fijn zand en voor een zware zavel, het verloop van het gehalte aan water op verschillende profieldiepten weergegeven in de periode volgend op het droogvallen.

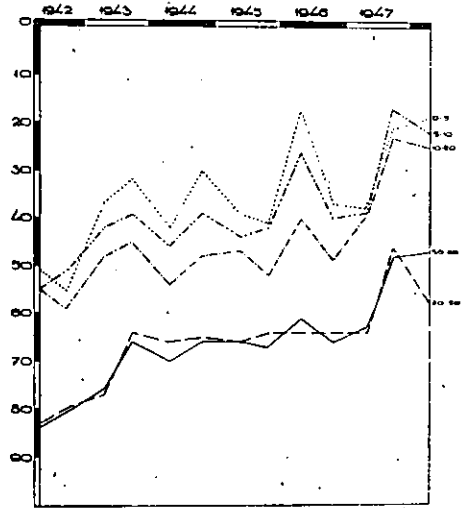
Wat het matig fijne zand betreft blijkt, dat zich in de loop der jaren met betrekking tot het gehalte aan water, geen wijzigingen van enige betekenis hebben voorgedaan. Physisch gesproken is dit materiaal, dank zij zijn onvervormbaarheid, zijn wijde poriënsysteem en zijn grote doorlatendheid, al direct na het droogvallen in evenwicht gekomen met de nieuw geschapen toestand. Deze kant van het bodemrijpingsproces is zeer snel verlopen. Slechts periodiek treden afwijkingen op, zonder dat daardoor het gehalte aan water blijvend wordt veranderd. Het indrogingsproces is hier dus omkeerbaar, wat veroorzaakt wordt door de starheid van het materiaal, dat wil zeggen door de afwezigheid van colloïden.

Anders ligt de situatie bij de zware zavel. Hier is na het droogvallen een regelmatige afname van het gehalte aan water in alle bemonsterde lagen van het profiel waar te nemen. Op deze constante afname zijn dan periodieke fluctuaties gesuperponeerd. Duidelijk blijkt hier, hoe bij dit colloïdrijke materiaal een deel van het indrogingsproces onomkeerbaar, een ander deel, namelijk dat wat in de optredende schommelingen tot uiting komt, wel omkeerbaar is.

Het hele indrogingsproces laat zich ook mooi illustreren aan grafiek 3. Daarin zijn voor een zware zavel de percentische verdeling van de vaste,



MATIG FIJN ZAND



ZWARE ZAVEL B

GRAFIEK 2. Het rijpingsproces van een matig fijn zand en van een zware zavel, weergegeven in het verloop van het vochtgehalte op verschillende diepten in het profiel (ordinaat) en op verschillende tijdstippen in de jaren na het droogvallen van de Noordoostpolder (abscis). (De vochtgehalten zijn in negatieve richting op de ordinaat uitgezet om optische overeenkomst te krijgen met de diepten van de monsters).

GRAPH 2. The ripening of a medium fine sand and a heavy loam recorded by the changes of moisture-content (ordinate) on different depth in the soil-profile at different moments in the years after the draining of the North-Eastpolder (abscissa). (The moisture contents are pointed out in a negative direction on the ordinate to get optic similarity with the depths of the samples).

gasvormige en vloeibare componenten op verschillende profieldiepten weergegeven voor achtereenvolgende stadia van indroging.

Duidelijk blijkt, hoe het aandeel van de vloeistof in dit systeem afneemt, terwijl dat van de lucht toeneemt. Op enigszins plastische wijze worden hier ook de veranderingen in het poriënsysteem gedemonstreerd met de consequenties, die dit voor de waterafvoer heeft.

In de eerste plaats volgt er uit, hoe met het indrogen — dat wil hier zeggen met het inkrimpen — het totale poriënvolume afneemt en de hoeveelheid vaste stof toeneemt. Ook is zichtbaar, dat deze krimp niet alleen in horizontale, doch ook in verticale richting optreedt.

Neemt men aan, dat het water zich in hoofdzaak in de capillaire poriën bevindt, dan blijkt tevens, hoe het aantal niet capillaire poriën — ook in de diepte — met de tijd sterk is toegenomen. En het zijn deze niet capillaire poriën, die vooral in deze gronden het waterbergend vermogen en de doorlatendheid bepalen. De grond, die deze eigenschappen aanvankelijk niet bezit, daarna in zeer geringe mate — men zou willen zeggen ondiep ontwikkeld — krijgt, hoe verder hij rijpt, steeds méér de macht om een zekere hoeveelheid neerslag te verwerken, zonder dat dit een stijgen van de grondwaterspiegel tot gevolg heeft.

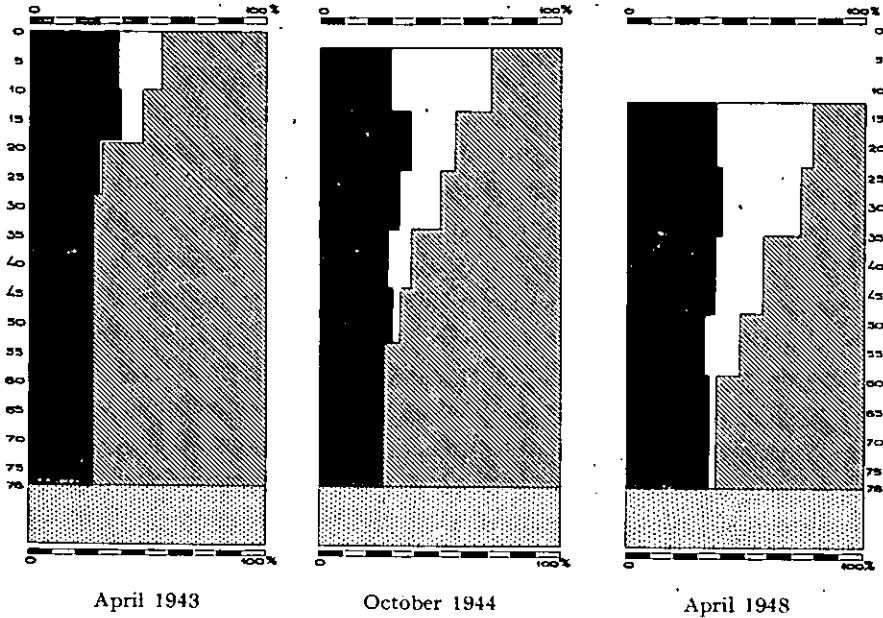
Dit laat zich goed demonstreren in grafiek 4, ontleend aan het werk van SIEBEN, waar nog een andere voorstelling is gebruikt, om het voortschrijdende rijpingsproces van een profiel, bestaande uit zware zavel, weer te geven. Hierop is aangegeven het verband tussen de grondwaterstand midden op de akkers en de daarbij behorende waterafvoer van de greppels (Q/Y-lijnen). Deze greppels hebben een diepte van 45 cm en een onderlinge afstand van 16 m.

De getrokken lijn geeft de toestand voor het nog weinig gerijpte — dat wil zeggen nog tot geringe diepte gescheurde en verkrumelde — profiel. Om b.v. 200 lh uit de akker af te voeren, is in 1942 een grondwaterstand van 16 cm onder maaiveld, dus een verval tussen het midden van de akker en de greppelbodem van 29 cm, in 1947 (onderbroken lijn) van slechts 5 cm nodig. Daar het verval, nodig voor een zekere afvoer, afhangt van de doorlatendheid van de grond, geeft deze grafiek dus een indruk van de toename in doorlatendheid van de grond.

Tenslotte zijn in grafiek 5, eveneens ontleend aan het werk van SIEBEN, de grondwaterstanden weergegeven, die gedurende de wintermaanden werden geregistreerd in een grond met een goed gescheurde zavelondergrond en — als tegenstelling — in een niet scheurende lichte zavel. Duidelijk ziet men, hoe in eerstgenoemde grond de optredende schommelingen minimaal zijn, terwijl in laatstgenoemde de fluctuaties van draindiepte tot in het maaiveld plaats vinden.

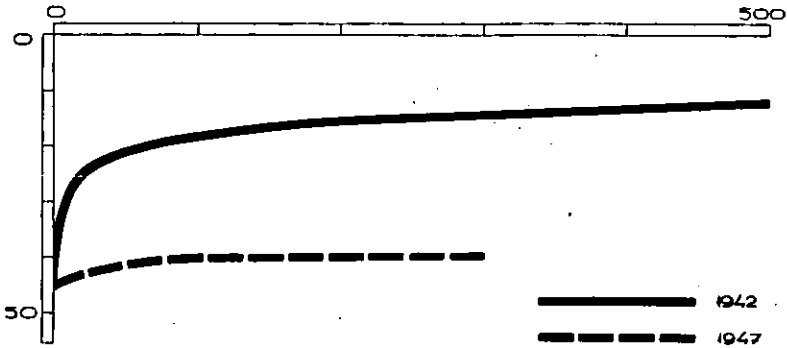
Uit het behandelde is samengevat gebleken dat:

1. De bodenrijping in jonge poldergronden in eerste instantie wordt bepaald door hun aanvankelijk ontwateringspotentiëel en door de verdamping via de plant;



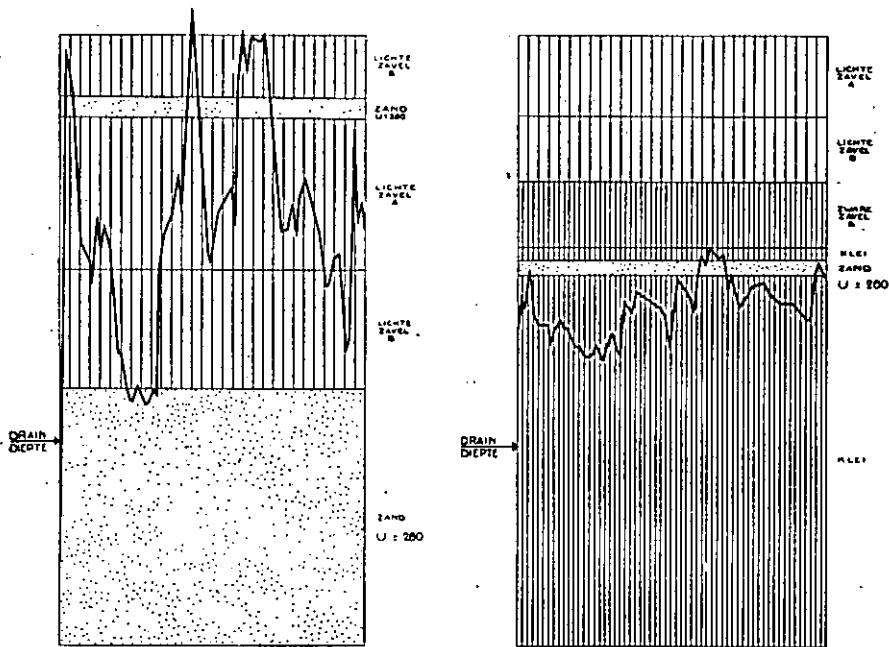
GRAFIEK 3. Het rijpingsproces van een zware zavel (ongeveer 22 % lutum) gelegen op een ondergrond van laagterraszand, weergegeven in de verhouding van de percentages, waarin de vaste ■, gasvormige □ en vloeibare ▨ bodemcomponenten op verschillende diepten in het klinkende profiel voorkomen. (abscis: percentages, ordinaat: diepten beneden maaiveld).

GRAPH 3. The ripening of a heavy loam (about 22 % of the fraction < 2 micron) underlain by würmglacial sand, recorded in the proportions of the percentages of the solid ■, gaseous □ and liquid ▨ components of the soil on different depths found in the shrinking profile. (abscissa: percentages, ordinate: depths beneath the soil-surface).



GRAFIEK 4. Het verband tussen grondwaterstand, midden op de akker gemeten (ordinaat) en waterafvoer door greppels in liters per uur (abscis), voor een grond behorende tot de groep „zwaar op zwaar” in twee opeenvolgende stadia van rijping. (Ontleend aan de waarnemingen van Ir. Sieben).

GRAPH 4. The correlation between depth of watertable measured on the middles of the fields between the gutters (ordinate) and the discharging of water by the gutters in litres per hour (abscissa) in a soil belonging to the group H/H in two successive stages of ripening. (Adopted from the research by Ir. Sieben).



GRAFIEK 5. Fluctuaties van de grondwaterstanden in een niet scheurende lichte zavel (bodemgroep „licht op licht”; profiel 0-12 cm lichte zavel B; 12-16 cm uiterst fijn zand; 16-46 cm lichte zavel A; 46-69 cm lichte zavel B; 69- > 100 cm uiterst fijn zand) en een grond met een goed gescheurde zware zavel ondergrond (bodemgroep „licht op zwaar”; profiel: 0-16 cm lichte zavel A; 16-29 cm lichte zavel B; 29-42 cm zware zavel B; 42-44 cm klei A; 44-47 cm uiterst fijn zand; 47- > 100 cm klei A). Waarnemingsperiode van October 1947 tot Maart 1948.

GRAPH 5. Fluctuations of the watertable in a not cracking light loam (soil-group L/L; profile 0-12 cm light loam B; 12-16 cm very fine sand; 16-46 cm light loam A; 46-69 cm light loam B; 69- > 100 cm very fine sand) and a soil with a well cracked subsoil of heavy loam (soil-group L/H; profile 1-16 cm light loam A; 16-29 cm light loam B; 29-42 cm heavy loam B; 42-44 cm clay-loam; 44-47 cm very fine sand; 47- > 100 cm clay-loam). Observation period from October 1947 till March 1948.

2. Het rijpingsproces fysisch te vervolgen is aan het verloop van het gehalte aan vocht, een eventuele toename van het volumegewicht, het gedrag van het grondwater en een verschuiving van de onderlinge verhouding der vaste, vloeibare en gasvormige component ten gunste van laatstgenoemde;

3. De rijping en de ontwatering elkaar wederzijds beïnvloeden;

4. De wijze, waarop het ontwateringssysteem technisch moet worden verzorgd, bepaald wordt door de aard van het sediment en door de eisen die het te verbouwen gewas stelt.

SAMENVATTING

In 1941 is een deel van het IJsselmeer drooggevallen en sindsdien in cultuur gebracht. De fysische rijping van de met water verzadigde afzettingen, het moedermateriaal, dat voorheen de bodem vormde van dit meer, werd bestudeerd. Het ontwateren van het moedermateriaal veroorzaakte fysische, chemische en biologische veranderingen. Het verloop van de fysische rijping hangt af van de aard van het sediment en van de intensiteit van de ontwatering. Wat betreft de aard van dit bodemmateriaal, kan opgemerkt worden, dat hoe meer colloïdale stoffen het bevat, des te hoger het vochtgehalte in de met water verzadigde toestand is.

In grafiek 1 wordt de correlatie gedemonstreerd, die bestaat tussen het lutumgehalte (abscis) en vochtgehalte (ordinaat) van waterverzadigde niet gerijpte gronden (•) en van goed ontwaterde gerijpte gronden, die door overstroming vol water zijn gekomen (+). Het blijkt duidelijk, dat rijping niet omkeerbare reacties teweeg brengt met betrekking tot de waterverzadiging.

Voor ontwateringsdoeleinden is de doorlatendheid van de grond zeer belangrijk. Bij met water verzadigde sedimenten neemt de doorlatendheid af van grove en fijnzandige gronden tot kleiën. Grofzandig bodemmateriaal verliest dus zeer spoedig zijn teveel aan water door uitzakking, wanneer het ontwaterd wordt. Fijnzandig moedermateriaal gedraagt zich iets anders, aangezien de doorlatendheid geringer is en de capillariteit zelfs hoger reikt dan de ontwateringsdiepte. Daar het zandige materiaal is opgebouwd uit onvervormbare eenheden, komt het waterverlies niet tot uiting in volumeveranderingen, zodat geen scheuren worden gevormd. Hun doorlatendheid blijft in het algemeen constant.

Het gedrag van kleiig moedermateriaal is geheel verschillend. In het begin heeft dit materiaal een gel-achtige consistentie, is zeer slecht doorlatend en kan gemakkelijk vervormingen ondergaan. Hier verdwijnt na ontwatering het teveel aan water niet door uitzakken, maar door verdamping. Het waterverlies brengt spanningen teweeg die krimp, volumeveranderingen en scheurvorming veroorzaken. Hoe verder de rijping voortschrijdt, des te meer scheuren ontstaan en des te meer structuur-eenheden worden hierdoor gevormd. Als gevolg hiervan dringt steeds meer lucht de grond binnen en de verdamping neemt toe. Eveneens neemt de doorlatendheid toe.

Grafiek 2 toont de fysische rijping van matig fijnzandig en van kleiig waterverzadigd moedermateriaal. Op de abscis is de tijd van bemonstering uitgezet. Het is duidelijk, dat in het grove, zandige bodemmateriaal met betrekking tot het bodemvocht op verschillende diepten zeer spoedig een evenwicht bereikt wordt. De fluctuaties hangen af van seizoen-schommelingen. Het kleiige moedermateriaal rijpt veel langzamer. Er is nog steeds een afname van het vochtgehalte op verschillende diepten.

Grafiek 3 brengt het rijpingsproces tot uiting van hetzelfde moedermateriaal in de verhouding vast: vloeibaar: gasvormig, op verschillende tijden. Hoe verder de rijping voortschrijdt, des te meer neemt het vochtgehalte af en het gehalte aan lucht toe.

Grafiek 4 toont de ontwikkeling van de fysische rijping van kleiig moedermateriaal aan de hand van de doorlatendheid. De getrokken lijn geeft de toestand in 1942, de streep-lijn die in 1947. Het is duidelijk, dat de overdruk, nodig om een zekere hoeveelheid water af te voeren van het midden van de akkers naar de greppels, afgenomen is van 1942 tot 1947. Dit wordt veroorzaakt door de toename van de doorlatendheid van het kleiige materiaal.

Grafiek 5 geeft de fluctuaties van de grondwaterstand gedurende een winterseizoen in een goed gescheurde kleiige grond en een uiterst fijnzandige.

SUMMARY

In 1941 a part of the IJssellake was drained and has been reclaimed since. The physical ripening of the water-saturated sediments, the parent material, which originally formed the bottom of this lake, was studied. The draining of the parent material caused physical, chemical and biological changes. The course of the physical ripening depends on the texture of the sediment and on the intensity of draining. As to the nature of this soil material it can be noticed that the more colloids it contains, the higher the moisture content is in water-logged conditions.

In graph 1 the correlation is shown which exists between content of fraction < 2 micron (abscissa) and moisture content (ordinate) of water-logged immature soils (*) and of well drained, mature soils, which became water-logged by flooding (+). It is evident, that ripening involves irreversible reactions with regard to watersaturation.

For draining purposes permeability of the soil is very important. As to water-saturated sediments permeability decreases from coarse and fine sandy soils to clays. Coarse sandy soil material, therefore, loses its surplus of water very quick as gravitational water, when drained. Fine sandy parent material behaves somewhat different, because permeability is lower and capillarity rises probably even higher than drainage depth. As the sandy material is built up of indeformable particles the loss of water does not result in volume changes, so no cracks are formed. Their permeability in general remains constant.

The behaviour of clayey parent material is completely different. In the beginning this soil material has a jelly-like structure, is very impermeable and can easily be deformed. Here, after draining, the surplus of water is not lost as gravitational water, but by evaporation. The loss of water brings about tensions causing shrinkage, volume changes and the formation of cracks. The more this ripening proceeds, the more cracks occur and the more structural units are formed here by. As a result, still more air enters the soil and evaporation increases. Permeability increases too.

Graph 2 demonstrates the physical ripening of medium fine sandy and of clayey water-saturated parent material. On the abscissa time of sampling is marked. It is obvious that in the medium fine sandy soil material at different depths with regard to soil-moisture an equilibrium is reached very soon. The fluctuations depend on seasonal changes. The clayey parent material ripens much slower. At different depths there is still a decrease of moisture content.

Graph 3 expresses the maturing process of the same clayey parent material at different depths (ordinate) in the ratio solid: liquid: air at different dates (abscissa). The more ripening proceeds, the more moisture content decreases and the more air content increases.

Graph 4 demonstrates the development of the physical ripening of clayey parent material with regard to permeability. The drawn line represents the situation in 1942, the dashed one that in 1947. It is obvious that the overpressure, necessary to educe a certain quantity of water from the middle of the field to the gutters has decreased from 1942 to 1947; this is caused by the increase of permeability of the clayey material.

Graph 5 gives the fluctuations of the groundwater-table during a winter-season in a well cracked clayey soil and in a very fine sandy one.

LITERATUUR

1. BAVER, L. D. Factors contributing to the genesis of soil micro-structure. *Amer. Soil Survey Assn. Bull.*; 16: 55—56, 1935.
 2. BRADFIELD, R. The value and limitations of calcium in soil structure. *Amer. Soil Survey Assn. Bull.*; 17: 31—32, 1936.
 3. HENIN, S. Etude physico-chimique de la stabilité structurale des terres. *Monogr. Nat. Center of Agr. Res. Paris, 1938. p. 52—54.*
 4. JOFFE, J. S. Pedology. New Brunswick N. J., Rutgers Univ. Press, 1936.
 5. JUNG, E. Untersuchungen über die Einwirkung des Frostes auf den Erdboden. *Kolloidchem. Beih.*; 32, 320—373, 1931.
 6. KUBIENA, W. L. Micropedologie. Ames Iowa, Collegiate Press, 1938. p. 134, 140, 156.
 7. SIDERI, D. I. On the formation of structure in soil. II. Synthesis of aggregates: on the bands uniting clay with sand and clay with humus. *Soil Sci.*; 42: 461—481, 1936.
 8. YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis and a study of the physical nature of erosion losses. *Journ. Amer. Soc. Agron.*; 28: 337—351, 1936.
 9. ZUUR, A. J. Renvooi van de bodemkundige code- en profielenkaart van de Noordoostpolder. Kampen, 1947. p. 4.
-

4 KALISVAART, Ir C.
DE BESTEMMING EN DE WAARDERING VAN DE NOORD-
OOSTPOLDERBODEM

ing. 1.30

Voordracht, gehouden voor de Nederlandse Bodemkundige
Vereniging.

5 SCHREVEN, Dr Ir D. A. van
DE MICROBIOLOGIE VAN DE NOORDOOSTPOLDERBODEM
geïllustreerd

ing. 1.90

Een aantal grafieken en foto's zijn in de tekst verwerkt. Met
engelse samenvatting.

Voordracht, gehouden voor de Nederlandse Bodemkundige
Vereniging.

6

7 BAKKER, Dr D.
OECOLOGIE VAN KLEIN HOEFBLAD, TUSSILAGO FARFARA
L., EN DE BESTRIJDING VAN DEZE PLANT IN DE NOORD-
OOSTPOLDER
geïllustreerd

ing. 8.25 geb. 7.85

Het klein hoefblad, is in de Noordoostpolder één der meest hin-
derlijke onkruiden. Deze publicatie bespreekt, na een uitvoerige
behandeling van de plant zelf, de verschillende wijzen van bestrij-
ding. Een aantal foto's, benevens een benamingenkaart van de
N. O. P. is opgenomen.

8 BLAAUBOER, Dr A.
INRICHTING EN ONTWIKKELING VAN HET GEMEENTELIJK
BESTUUR VAN DE N. O. P.

ing. 2.00

Een engelse samenvatting, een benamingenkaart van de N. O. P.
en een kaart die de „Bedrijfsindeling 1952” aangeeft, zijn tevens
in dit deeltje opgenomen.

Een catalogus van onze Land- en Tuinbouwuitgaven, waarin ook „Van
Zee tot Land” uitvoerig wordt besproken, wordt U op aanvraag *gratis*
toegezonden.

De hierin genoemde uitgaven worden gaarne rechtstreeks geleverd door de
N.V. UITGEVERS-MIJ. W. E. J. TJEENK WILLINK — ZWOLLE

Tel. 7890 (05200) — Postgiro 1449

of door bemiddeling van Uw boekhandelaar.

Van Zee tot Land

In deze serie verschijnen, onder redactie van de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken) een aantal rapporten en mededelingen inzake de droogmaking, ontginning en sociaal-economische opbouw van de IJsselmeerpolders. De publicaties richten zich niet uitsluitend tot de gespecialiseerde vakman, maar tot allen die belang stellen in de vraagstukken welke zich bij het in cultuur brengen van de Noordoostpolder voordoen.

Elk nummer in deze serie is een afgerond geheel. Men kan zich abonneren op de gehele serie en ontvangt dan de nieuwe nummers direct bij verschijnen.

1 ZUUR, Dr Ir A. J.

ONTSTAAN EN AARD VAN DE BODEM VAN DE NOORD-OOSTPOLDER

ing. 1.50

Met een schematische bodemkaart van de N. O. P. en een kaart van het Oost-West Profiel door de N. O. P., ter hoogte van Bolkzijl.

2 DOMINGO, Ir W. R.

DE PHYSISCHE RIJPING VAN DE JONGERE ZUIDERZEE-AFZETTINGEN IN DE NOORDOOSTPOLDER

ing. 1.30

Met een engelse samenvatting. Voordracht, gehouden voor de Nederlandse Bodemkundige Vereniging.

3 SIEBEN, Ir W. H.

DE ONTWERPING VAN DE ZAVELGRONDEN IN DE NOORDOOSTPOLDER

ing. 2.50

Een engelse samenvatting, een schematische bodemkaart van de N. O. P., een kaart van het Oost-West Profiel door de N. O. P. ter hoogte van Blokzijl en een benamingenkaart van de N. O. P. zijn hierin opgenomen.

Voordracht, gehouden voor de Nederlandse Bodemkundige Vereniging.

N. V. UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ W. E. J. TJEENK WILLINK
ZWOLLE, 1951

f 1,30*