DIRECTIE VAN DE WIERINGERMEER
(Noordoostpolderwerken)
Landbouwkundige Afdeling.

Bijlage bij de notulen
van de vergadering van
20 November 1951.

DE BODEMGESTELDHEID VAN HET WESTELIJKE WADDENGEBIED

door

Drs A.J.Wiggers.

Inleiding. In 1949 verzocht de Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat aan de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken) een onderzoek in te stellen naar de landbouwkundige waarde van de gronden van het Balgzand en de Waarden.

Dit onderzoek wordt verricht in samenwerking met het Technisch Bureau der Domeinen en de Studiedienst voor de Wadden van de Rijkswaterstaat, Arrondissement Hoorn.

Het in de jaren 1950 en 1951 onderzochte gebied valt uiteen in twee afzonderlijke complexen, nl. ten eerste het Balgzand en de Breehorn en ten tweede het gebied ten Oosten van Texel en ten Zuiden van Vlieland, aangeduid met de namen Waarden en Waardgronden.

In dit verslag zal in hoofdzaak de bodemgesteldheid van het Balgzand en Breehorn behandeld worden. Aangezien de dichtheid van het boornet op de Waarden nog niet zo groot is, dat reeds voldoend betrouwbare bodemkaarten vervaardigd kunnen worden, zullen over dit gebied slechts enkele gegevens verschaft worden.

Aan de behandeling van de resultaten van het onderzoek van het Balgzand en de Waarden moge echter een korte bespreking van het ontstaan en de geologische bouw van de Wadden, van de sedimentatie van zand en slib, van de herkomst van het materiaal en van het in 1889 en 1890 o.l.v. Ir.C.Lely in hetzelfde gebied uitgevoerde onderzoek, voorafgaan.

De geologische bouw en de genese van het Waddengebied. In de geologisch-geografische sectie van het Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres werd in de bijeenkomst in 1949 een symposium over de Wadden gehouden. In deze serie voordrachten kwamen vele aspecten van het Waddenonderzoek naar voren. Gesproken werd o.a. over het hydrologische onderzoek, over temperatuur en zoutgehalte van het water, over eb- en vloedschaarsystemen, over veranderingen in het bodemrelief en over sedimentatie.

Deze voordrachten zijn alle opgenomen in het Waddennummer van het Tijdschrift van het Kon. Ned. Aardrijkskundig Genootschap, Mei 1950. Uit het feit dat geen enkele voordracht gewijd was aan de geologische bouw of de genese van het Waddengebied moge wel afgeleid worden dat dit een zeer moeilijk en nog vrijwel onbekend onderdeel van het onderzoek van de Wadden vormt.

Het is begrijpelijk dat het aantal diepere boringen in de Waddenzee klein is, gezien de hoge kosten die aan dergelijke boringen zijn verbonden. Toch zijn er, in opdracht van de Rijkswaterstaat, in de jaren 1946 en 1948 in totaal 120 boringen tot een diepte van 20 m in de Wadden verricht. Helaas zijn tot nu toe slechts de resultaten van de boringen van het jaar 1946 geologisch bewerkt.

De boringen zijn door de Rijkswaterstaat verricht teneinde een indruk te verkrijgen over het voorkomen van kleilagen en keileem in de ondergrond.

Over het voorkomen van de keileem in het Westelijke Waddengebied kan opgemerkt worden dat deze op de eilanden Texel en Wieringen aan de oppervlakte voorkomt. In het gebied ten Westen van de Vliestroom werd in vrijwel alle diepere boringen keileem aangetroffen. De diepte varieert van enkele meters tot ca 20 m - N.A.P.

De aanwezigheid van keileem op een diepte van minder dan 20 m - N.A.P. heeft tot gevolg gehad dat dit gedeelte van ons land gedurende het Riss-Würm interglaciaal een eiland vormde te midden van de Eemzee, zodat de mariene Eemlagen in dit gebied ontbreken.

Gedurende het Würm-glaciaal werd op de keileem het zgn. Laagterraszand afgezet. Dit pleistocene zand reikt op het gedeelte van de Breehorn dat aansluit aan Wieringen, tot aan de oppervlakte. Ook ten Oosten van Texel wordt dit diluviale zand veelal ondiep aangetroffen. Aan de andere kant weten we echter dat onder Vlieland dit zand dieper ligt dan 20 m - N.A.P. of geheel afwezig is. Dr.Steenhuis veronderstelde zelfs dat ten tijde van het Jong-Holoceen de zee ter plaatse van het huidige Vlieland nog een diepte bezat van 35 à 40 m.

Zolang niet meer gegevens over de geologische bouw van de ondergrond van de Wadden bekend zijn is een reconstructie van de toestand van dit gebied bij de aanvang van het Holoceen nog niet uitvoerbaar.

Uit het Westen en Noorden van ons land kennen wij op het pleistocene zand de vorming van het zgn. veen-op-grotere-diepte met daarop de afzetting van de oud-holocene wadformatie en van de oude zeeklei.

Over het veen-op-grotere-diepte en de oud-holocene wadden-afzetting is in het door ons onderzochte gebied vrijwel niets bekend. De recente boringen tot 2 m in het Westelijke Waddengebied hebben in dit opzicht ook geen nieuwe gegevens opgeleverd. Wel is dit het geval met de oude zeeklei.

Reeds lang is bekend dat in het Atlanticum in het Westen van ons land de afzetting plaats vond van de oude zeeklei. Deze oude zeeklei is vooral bekend uit onze grote Hollandse droogmakerijen. Ook op het Balgzand en op het wantij van Texel werd deze oude zeeklei aangeboord. Dit behoeft, althans voor het Balgzandgebied, geen verwondering te wekken indien men bedenkt dat juist ten Zuiden van Wieringen een groot oude-zeekleigebied, de Wieringermeer, ligt. De oude zeeklei reikt op het Balgzand en de Breehorn tot ca 2 à 2,5 m - N.A.P. en werd in verschillende boringen op een diepte van 1,5 m aangetroffen.

Op deze oude zeeklei, welke werd afgezet tussen 5000 en 2000 v.Chr., vormde zich na 2000 v.Chr. het grote Hollandse veendek. Ook over het Balgzand, de Lutjeswaard en een groot gedeelte van de Waarden heeft zich dit veen uitgebreid.

Reeds voor het begin van onze jaartelling is de zee echter aanvallend opgetreden. De eerste vernieling van dit grote veenland en de afzetting van zand en klei op de resten van het veen, vond reeds enkele eeuwen voor Chr. plaats. In deze tijd is vermoedelijk ook het Marsdiep, tussen Noord-Holland en Texel ontstaan. Het Vlie, tussen Vlieland en Terschelling, bestond toen reeds. Het vormde de uitmonding van de Vliestroom, de afwatering van het meer Flevo.

Over het ontstaan van het Marsdiep is veel gediscussieerd. Recente historisch-cartografische studies hebben echter wel aannemelijk gemaakt dat het Marsdiep in Romeinse tijd reeds bestond.

De grote verwoesting van het veengebied achter de Waddeneilanden vond eerst enkele eeuwen na het begin van onze jaartelling, doch vooral in de 13^{e} en 14^{e} eeuw plaats. In de 14^{e} eeuw valt ook het ontstaan van het Eierlandse Gat, waardoor Texel en Vlieland twee afzonderlijke eilanden werden. De ondergang van het eiland Griend wordt veelal in verband gebracht met de St.Luciavloed

van 1287, terwijl ook uit het archaeologische onderzoek in de Wieringermeer gebleken is dat in de 13e eeuw grote gedeelten van het veengebied ten prooi vielen aan de zee.

Het voorgaande samenvattend kan men zich de genese van het Waddengebied als volgt voorstellen: Gedurende het Subboreaal (2000-500 v.Chr.) strekte zich ter plaatse van de huidige Wadden een groot veengebied uit. Dit veen rustte, althans plaatselijk, op de oude zeeklei. Reeds vóór het begin van onze jaartelling werd het veengebied aangetast. Deze vernieling staat wellicht in verband met de doorbraak van het Marsdiep. Gedurende de eerste eeuwen van onze jaartelling, in de 9e en 10e eeuw, doch vooral in de 13e en 14e eeuw is het veenland grotendeels afgebroken en kwamen de jonge zeeklei en het jonge zeezand tot afzetting.

De sedimentatie van zand en klei. Van Ir.van Bendegom is in het reeds genoemde Waddensymposium een artikel opgenomen over de vorming en vervorming van de Wadden. Hierin wordt o.a. gesproken over de verplaatsing en sedimentatie van het zand op de Wadden.

Een van de typische verschijnselen van het wad is het sterk vertakte geulenstelsel. Bij de wantijen achter de eilanden zijn de geulen echter vrijwel geheel afwezig. Dit is een gevolg van het feit dat bij het wantij doorgaans slechts een geringe watersnelheid optreedt. Het transport van bodemmateriaal vindt plaats bij een watersnelheid welke op het wantij veelal niet wordt aangetroffen. Er vormen zich derhalve op het wantij geen geulen.

Bij toenemende afstand van het wantij neemt de watersnelheid op het wad toe. Op een bepaalde afstand is deze watersnelheid zo groot geworden dat het bodemmateriaal in beweging komt, waardoor de geulen ontstaan.

Het bodemmateriaal wordt onder normale omstandigheden vrijwel alleen in de geulen verplaatst. Het zand bevindt zich in het water grotendeels in zwevende toestand. Bij het dagelijkse overschrijden van de geulranden door het water slaat het zand op de geulranden neer. Het bij eb afstromende water voert dit zand slechts voor een zeer klein gedeelte terug in de geulen. Het zand waarmee de zandplaten op het wad worden opgehoogd is derhalve in eerste instantie afkomstig uit de geulen.

Bij een rijzing van de zeespiegel, zoals we die in ons land kennen, houdt de ophoging van de platen ongeveer gelijke tred met deze zeespiegelrijzing. De wadplaten worden derhalve voort-

durend opgehoogd met zand afkomstig uit de geulen. Dit zand wordt in ons Waddengebied echter weer grotendeels ontleend aan onze kust.

Er bestaat derhalve bij de rijzende zeespiegel een zandhonger van de Wadden. Volgens Ir.van Bendegom bedraagt de hoeveelheid zand welke jaarlijks de Waddenzee wordt binnengevoerd ca $3\frac{1}{2}$ millioen m^3.

Dit heeft nadelige gevolgen voor onze kust, doch ook komen de zwaardere lagen, welke plaatselijk in de Waddenzee nog voorkomen, door de afzetting van het zand op de platen steeds dieper te liggen.

De hier beschreven gang van zaken kan door een wijziging in de komberging, welke een wijziging van het geulenstelsel tot gevolg heeft, althans locaal geheel verstoord worden.

Prof.Thijsse heeft in een artikel gewezen op de veranderingen welke zich in het Westelijke Waddengebied hebben voorgedaan ten gevolge van de afsluiting van de Zuiderzee.

Door de Dienst der Zuiderzeewerken worden de verdiepingen en verondiepingen in een strook van 12 km evenwijdig aan en ten Noorden van de Afsluitdijk nauwkeurig nagegaan.

Uit de waarnemingen blijkt dat er plaatselijk grote uitschuring en elders een snelle opvulling plaats vindt sinds het leggen van de Afsluitdijk.

Deze gang van zaken is daarom voor ons van zo groot belang, omdat er gebieden zijn aan te wijzen waar de platen dieper worden, hetgeen, gezien de algemene profielbouw in het Waddengebied, wil zeggen dat er zand van de platen afgeërodeerd wordt, waardoor de betere lagen uit de ondergrond op een meer bereikbare diepte komen te liggen. De verdieping van de platen bij de Breehorn bedraagt plaatselijk reeds 0,5 m.

Over de sedimentatie van de fijnere delen, de kleidelen, is vooral studie gemaakt door de Studiedienst van de Rijkswaterstaat voor de Landaanwinningswerken in Groningen.

Het door de zeegaten binnenkomende water bevat slib. Onder normale omstandigheden bedraagt dit gehalte aan deeltjes $<$ 16 mu ca 35 mg/liter. De op de Wadden levende Plaatkieuwigen (Lamellibranchia) laten terwille van hun voedselvoorziening veel water hun kieuwen passeren. Het water wordt door de kieuwen gezeefd en

de in het water aanwezige vaste bestanddelen worden naar de mondopening gevoerd. De kleideeltjes passeren het darmkanaal en worden, samengevoegd tot grotere eenheden, weer uitgescheiden. Een mossel is in staat op deze wijze in 14 dagen ca 50 g droog slib aan het water te onttrekken.

De samengebalde kleidelen gedragen zich bij de sedimentatie niet meer als klei, doch als fijn zand. Bij eb vloeit het water, beladen met deze samengebalde kleideeltjes naar de geulen terug. De kleidelen bereiken echter veelal het zeegat niet voor de volgende vloed opkomt. Zij worden dus door de vloed weer landinwaarts getransporteerd en komen ten slotte tot afzetting op het wantij, in rustige hoeken of op de bezinkvelden van de landaanwinningswerken.

Door de overheersende Westenwind komt er waarschijnlijk veel van het aldus samengebalde slib van de Noordelijke Wadden ten slotte in de Dollard terecht.

Merkwaardig is het voorkomen van kleiranden langs bepaalde geulen. Dit houdt in vele gevallen wel verband met de aanwezigheid van mosselbanken langs de geulen, doch hiermee kan dit verschijnsel niet geheel verklaard worden.

<u>De herkomst van het materiaal</u>. De herkomst van het Waddensediment boven en beneden 10 mu is mineralogisch bestudeerd. Uit dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat het zand en de klei in ieder geval uit zee afkomstig zijn en niet afgeleid kunnen worden uit rivierzand of rivierslik.

Wel kan een gedeelte van het sediment afkomstig zijn van de erosie van oude klei-afzettingen welke in de ondergrond voorkomen. Vooral in Sleeswijk-Holstein hecht men veel betekenis aan de leverantie van klei door oude kleilagen in de ondergrond, welke door de geulen worden aangesneden.

<u>Het onderzoek o.l.v. Ir.C.Lely in 1889 en 1890</u>. In Nota No.6 over het Onderzoek omtrent de Afsluiting en Droogmaking van de Zuiderzee, de Wadden en de Lauwerszee, beschrijft Ir.Lely in 1891 de resultaten van de werkzaamheden verricht in de jaren 1889 en 1890.

Deze werkzaamheden bestonden o.a. uit het verrichten van een groot aantal boringen in het Noordelijke gedeelte van de Zuiderzee en in de Wadden en Lauwerszee. Ons interesseren in dit

verband in het bijzonder de boringen uit het jaar 1890, welke werden verricht op de bij laag water droog vallende platen van het Waddengebied.

De ingenieurs Coomans en Joosting slaagden er in om in 1890, gebruik makend van een inspectieschokker van het loodswezen, van een schip van een Texelse visser, van een jacht en een postschip van Ameland, in de periode van 13 Mei tot 23 September, in totaal 1564 boringen tot 1 m diepte te verrichten.

Het is merkwaardig te lezen dat de wijze van boren, plaats bepalen enz., juist 60 jaar geleden, grote gelijkenis vertoont met de thans nog door ons gevolgde werkwijze. Hieronder mogen enkele passages uit de nota van Ir.Lely volgen omdat deze ons een beeld geven van de omstandigheden waaronder zij werkten en waaronder wij ook thans nog de werkzaamheden op de Wadden verrichten.

"Wanneer het schip in eene geul ten anker was gekomen of op eene plaat aan den grond was geraakt, werd gewacht, totdat het water zoover was gevallen, dat de omliggende platen begaanbaar waren. Zoodra dit het geval was, werd met het boren begonnen".

"Voor elke boorlijn werden zoo mogelijk twee punten door hoekmeting bepaald".

"Uit de kaart der boringen blijkt, dat deze onregelmatig over de geheele oppervlakte zijn verspreid, dat namelijk op enkele gedeelten de boorlijnen zeer dicht, op andere gedeelten daarentegen tamelijk ver van elkander zijn gelegen.

Dit is het gevolg van de moeilijkheden, waarmede het varen op het gebied, waar de boringen moesten worden verricht, gepaard gaat".

"Een groot gedeelte van dit gebied kan zelfs bij hoogwater niet in elke richting zonder bezwaar bevaren worden wegens mosselbanken of andere hindernissen, waarom zooveel mogelijk kleine geulen of laagten moesten worden gevolgd, die echter gewoonlijk slecht te onderscheiden, smal en ondiep zijn. Neemt men nu in aanmerking, dat men bij het bevaren van zulke wateren in hooge mate afhankelijk is van de richting van den wind, dan ligt het voor de hand, dat het veelal niet mogelijk was met het schip te komen op de plaats, waar men wenschte te boren en dus genoodzaakt was te boren op die plaats, waar men <u>kon</u> komen.

Kwam het schip reeds aan den grond nabij eene plaats, waar reeds vroeger boringen waren verricht, dan bleef er voor dien dag slechts over te kiezen tusschen niets doen of het verrichten van boringen in de nabijheid van vroegere boringen, in welk geval natuurlijk aan het laatste de voorkeur werd gegeven".

Tot zover het verslag van Ir.Lely over het werken op de Wadden. Wij beschikken thans over moderne hulpmiddelen; motorschepen, goede kaarten, echolood en weersvoorspelling en beseffen goed wat het zeggen wil in 1 seizoen ruim 1500 boringen te verrichten.

Het resultaat van dit uitgebreide bodemonderzoek werd op een kaart aangegeven, waarbij wat betreft de samenstelling van de bovengrond, onderscheid werd gemaakt in klei, zavel, lichte zavel, zand en veen. Lichte zavel werd ook aangegeven op die plaatsen waar de bovengrond uit zand bestond, doch waar deze zandlaag niet dikker was dan 30 cm en naar beneden gevolgd werd door zwaardere grond.

Bij de beschrijving van de resultaten van het onderzoek merkt Ir.Lely het volgende op:

"Stelt men nu op den voorgrond, hetgeen men mijns inziens zal moeten doen, dat het over het algemeen niet wenschelijk is zand droog te maken, dan valt uit die plaat af te leiden, dat, voor zover de geaardheid van den bodem betreft, van het thans onderzochte gebied voor droogmaking in aanmerking komen:

het gedeelte der Zuiderzee ten Noordoosten van Urk en de Lauwerszee".

"Voorts kan hier worden medegedeeld, dat volgens de boringen, die in 1889 op de Friesche-Wadden hebben plaats gehad, gebleken is, dat ook daarvan een gedeelte voor droogmaking in aanmerking kan komen".

"Wel vindt men, zooals uit de kaart is te zien, ook nog op andere plaatsen klei- of zavelgronden, doch deze liggen te zeer verspreid of hebben in verband met de kosten van indijking een te kleine oppervlakte, dan dat van eene indijking en droogmaking van andere groote oppervlakten dan de bovengenoemde sprake kan zijn".

"Het komt mij voor, dat hieromtrent weinig twijfel kan bestaan en dat het met de kaart voor oogen onnoodig zal zijn, om nader aan te toonen, dat eene droogmaking van de Groninger- en

Uithuizer-Wadden tusschen de eilanden Schiermonnikoog en Rottum en den vasten wal niet wenschelijk zal zijn, evenmin van het Terschellinger-Wad en evenmin van de vlakte ten Oosten van Vlieland en Texel".

Sinds het verslag van Ir.Lely, in 1891 verschenen, is er geen nader onderzoek meer ingesteld naar de bodemgesteldheid van de Wadden en onze kennis van de bodem reikte dan ook niet verder dan de kaart van Lely, waaruit onmiskenbaar blijkt dat de Westelijke Wadden voor verreweg het grootste gedeelte tot 1 m diepte uit zand bestaan.

Het is niet noodzakelijk op deze plaats een nadere uiteenzetting te geven van de wijziging van de inzichten ten aanzien van de mogelijkheid en wenselijkheid zandgronden in te polderen, of van de andere factoren die mede bepalend zijn bij de beantwoording van de vraag of een bepaald gebied wel dan niet ingepolderd moet worden.

Voor een nadere bestudering van het vraagstuk van de inpoldering van de Wadden dient men te beschikken over bodemkaarten welke de gesteldheid van de grond tot minstens 1,5 m diepte aangeven. De door Ir.Lely vervaardigde kaart voldoet niet aan de huidige eisen, aangezien een nadere indeling van de zandgronden naar slibhoudendheid en grofheid ontbreekt en de analyse-methodiek sinds 1890 belangrijk is gewijzigd. Bovendien gaan deze boringen tot hoogstens 1 m diepte en zijn ze niet regelmatig genoeg over het gehele terrein verspreid. Aangezien er voorts wijzigingen in de samenstelling van de bovengrond kunnen zijn opgetreden, zal het duidelijk zijn dat een hernieuwd onderzoek naar de bodemgesteldheid van de Wadden noodzakelijk was als voorbereiding voor de plannen tot inpoldering van het Waddengebied.

<u>Het verrichte onderzoek</u>. In nauwe samenwerking met de Studiedienst van de Rijkswaterstaat te Hoorn werden er in 1950 en 1951 boringen verricht in het Westelijke Waddengebied.

Over de uitvoering van de boringen moge slechts opgemerkt worden dat deze werden verricht op de bij laag water droog vallende platen en zo mogelijk werden voortgezet tot 2 m diepte. Het aantal boringen in dit gebied bedraagt thans rond 600, welk aantal ongeveer tweemaal zo hoog is als dat van Ir.Lely in hetzelfde gebied. Bovendien zijn onze boringen regelmatiger over het gebied

verdeeld (hetgeen gezien het karakter van het Waddengebied veel tijd en moeite kost) en gaan de boringen veelal 2 m inplaats van 1 m diep.

In verband met de wijze van werken was het niet mogelijk te boren op terreinen welke dieper lagen dan ca 1,6 m - N.A.P. Het aldus door deze lijn van 1,6 m - N.A.P. begrensde gebied bezit een totale oppervlakte van rond 41.000 ha. Het gebied ten Noorden van Wieringen (Balgzand en Breehorn) omvat een oppervlakte van ca 8000 ha, zodat van de Waardgronden in totaal rond 33.000 ha zijn onderzocht.

De resultaten van het onderzoek. Zoals reeds in de inleiding werd opgemerkt zal in deze nota in hoofdzaak de bodemgesteldheid van het Balgzand en de Breehorn behandeld worden.

De resultaten van het onderzoek van het zo juist genoemde gebied zijn verwerkt tot een aantal kaarten, waarvan er drie als bijlagen aan dit rapport zijn toegevoegd.

Alvorens deze kaarten nader te bespreken, moge hier nog een korte beschrijving volgen van de algemene profielopbouw van het Balgzand en de Breehorn.

Het aantal boringen is nog te gering om de opbouw van het gebied in detail te kunnen begrijpen. Op het Balgzand werden 80 boringen verricht, op de Breehorn ruim 20. Indien men bedenkt dat het onderzochte gebied een oppervlakte heeft van rond 8000 ha, is het zonder meer duidelijk dat het onderzoek nog het karakter van een eerste verkenning draagt. In een dergelijk, door geulen en kreken doorsneden terrein met een bouw van de ondergrond welke grote variatie vertoont, kan 1 boring per 80 ha nog slechts een zeer globale indruk van de bodemgesteldheid verschaffen.

Vanaf de kust werden er op het Balgzand nog enkele korte raaien afgeboord, teneinde de overgang van het zand naar de lichte zavel langs de kust nader vast te leggen. Op de Breehorn vonden eveneens enkele aanvullende boringen langs de kust plaats. In totaal zijn er in het gehele gebied ca 170 boringen verricht.

De algemene profielopbouw laat zich als volgt beschrijven: Op een ondergrond van pleistoceen zand volgt een pakket oude zeeklei, welke echter, indien dit pleistocene zand hoger reikt dan 2 m - N.A.P., ontbreekt. Dit is o.a. het geval langs de Noordrand van het eiland Wieringen. De gemiddelde diepteligging

van de bovenzijde van de oude zeeklei bedraagt 2,2 m - N.A.P. Op deze zeeklei rust een veenlaag. Uit enkele boringen valt af te leiden dat dit veen minstens gereikt heeft tot 1 m - N.A.P., zodat de veenlaag gemiddeld ruim 1 m dik geweest is. Het grootste gedeelte van het veen is echter door latere erosie verdwenen. In welke tijd deze erosie heeft plaats gevonden is niet met zekerheid aan te geven. Wel is het waarschijnlijk dat reeds aan het begin van de Middeleeuwen afzetting van klei op het veen of op het restant van het veen heeft plaats gehad.

Deze oude afzetting van de zgn. jonge zeeklei heeft ongetwijfeld gedurende lange tijd droog gelegen en is zeer waarschijnlijk ook bewoond geweest. Deze klei kenmerkt zich door een groengrijze kleur en een stug, brokkelig karakter. In een monster van deze klei werd slechts 0,8% $CaCO_3$ aangetroffen. Deze stugge, kalkarme klei boven het veen werd slechts enkele malen aangeboord.

In de meeste boringen werd onder het mariene zand jong marien slik aangetroffen. Wanneer deze jonge fase van de jonge zeeklei werd afgezet is niet bekend. In tegenstelling tot de oudere fase van de jonge zeeklei heeft het jonge mariene slik nooit lang aan de oppervlakte boven vloedhoogte gelegen. Dit slik vertoont nog een hoog watergehalte, terwijl ook het koolzure-kalkgehalte steeds boven 5% ligt. Het lutumgehalte van het slik loopt sterk uiteen. In sommige profielen treft men onder een zandlaag een laag mariene slik van 1 m dikte met een lutumgehalte van 25% aan. In andere profielen gaat het mariene zand naar beneden meer geleidelijk over in slibhoudend zand en lichte zavel. Zoals reeds werd meegedeeld vindt men op bepaalde gebieden tot boordiepte (1,5 à 2 m) slechts marien zand.

Wanneer het zand werd afgezet is evenmin precies bekend. Wel is het zeker dat dit plaats vond tijdens en na de grote verwoesting van het oude Waddenlandschap welke omstreeks de 13e eeuw plaats vond. De afzetting van het mariene zand gaat echter nog steeds door, zodat de zwaardere ondergrond op de meeste plaatsen steeds dieper onder het zand bedolven wordt. Door de afsluiting van de Zuiderzee is er echter een wijziging in het regiem der grote geulen ontstaan. Ten gevolge hiervan wordt er thans op enkele gebieden zand van de platen afgevoerd. Een nadere bestudering van de afzetting van zand en slib en van de verdieping, welke op enkele platen plaats vindt, is zeer gewenst.

Thans moge overgegaan worden tot een nadere behandeling van de kaarten.

Kaart I. De dikte van de afdekkende mariene zandlaag. Aangezien de dikte van de mariene zandlaag, in verband met mogelijkheden tot diepploegen, van groot belang is, is getracht uit de beschikbare gegevens een kaart samen te stellen welke deze dikte aangeeft.

Uit de kaart blijkt nu, dat in het centrale deel van het Balgzand de zandlaag slechts dun is (veelal tussen 25 en 75 cm dik), doch dat de dikte van deze laag naar de rand van het Balgzand snel toeneemt. Deze toeneming van de dikte gaat veelal gepaard aan een toeneming van de hoogte van het wad, doch met name in het Noordwestelijke gedeelte vindt men laag liggende gedeelten welke niettemin een zandlaag bezitten welke dikker is dan 1,25 m. Dit wijst er op dat het bestaande systeem van geulen reeds oud is en de sedimentatie van zand naast de geulen gepaard is gegaan met afzetting van slik op het centrale deel. Een nauwkeurig afboren van raaien loodrecht op de grote kreken zal in dit opzicht meer zekerheid kunnen verschaffen.

Op de Breehorn is de mariene zandlaag veelal slechts dun, doch in dit gebied treft men onder deze zandlaag in vele gevallen slechts veen of pleistoceen zand aan.

Sinds de afsluiting van het Amsteldiep vindt er in deze geul sedimentatie van zwaardere grond plaats, zodat langs de rand de oppervlakte geheel bestaat uit zware zavel; een afdekkende mariene zandlaag is derhalve niet meer als zodanig aanwezig.

Zoals reeds werd meegedeeld bedraagt het aantal boringen op het Balgzand en de Breehorn ca 100 (afgezien van de kustraaien). In een vierde gedeelte van de boringen werd een zanddikte van 1,25 m of meer aangetroffen. In de overige 75 boringen bedroeg de gemiddelde zanddikte rond 55 cm.

Kaart II. Samenstelling van de bouwvoor (0-25 cm). Uit de bespreking van kaart I is reeds gebleken dat het grootste gedeelte van het onderzochte gebied een oppervlaktelaag van zand bezit. In het zand is echter nog een nadere onderscheiding aan te brengen. In het Noordwestelijke gedeelte en langs de rand van het Amsteldiep treft men kleiarm, matig fijn zand aan met een lutumgehalte tussen 0 en 1½%. Volgens de bij de kartering van de Zuiderzeegronden gebruikte indeling van de gronden naar hun lu-

tumgehalte en U-cijfer van het zand behoort dit zand tot groep 0^b (lutumgehalte 0-1½%, U-cijfer zandfractie 50-80).

Aansluitend aan dit kleiarme, matig fijne zand treft men een gebied aan met kleiarm, middelfijn zand. Het lutumgehalte van dit zand is even hoog als dat van groep 0^b, doch het zand is fijner (U-cijfer 80-120). Volgens de bovengenoemde groepsindeling betreft dit dus de groep 0^c. Het grootste gedeelte van het gehele gebied heeft een bouwvoor van kleiarm, middelfijn zand met een lutumgehalte van 1½-3% (groep 1^c).

Slechts langs de kust treft men kleihoudend zand en lichte zavel aan, terwijl langs het Amsteldiep zelfs zware zavel in de bouwvoor wordt gevonden.

In onderstaande tabel zijn de oppervlakten van de verschillende groepen aangegeven.

TABEL 1. SAMENSTELLING VAN DE BOVENGROND VAN HET BALGZAND EN DE BREEHORN.

Groep	Benaming	Lutum-gehalte	U-cijfer	Oppervlakte in ha			Opper-vlakte in %
				Balg-zand	Bree-horn	To-taal	
0^b	Kleiarm, matig fijn zand A	0-1½	50-80	1400	-	1400	17
0^c	Kleiarm, middelfijn zand A	0-1½	80-120	930	110	1040	13
1^c	Kleiarm, middelfijn zand B	1½-3	80-120	3000	1120	4120	50
2^c	Kleihoudend, middelfijn zand A	3-5	80-120	300	-	300	4
4	Lichte zavel A	5-8	>120	300	100	400	5
5	Lichte zavel B	8-12	>120	350	-	350	4
6	Zware zavel A	12-17	>120	-	-	-	-
7	Zware zavel B	17-25	>120	20	365	385	5
Onbekend				-	180	180	2
				6300	1875	8175	100%

Uit de tabel blijkt dat de totale oppervlakte zand (groep 0^b, 0^c, 1^c en 2^c) 6800 ha (84%) bedraagt. Het moge zonder nadere behandeling van de waarde van mariene zandgronden duidelijk zijn, dat het gewenst was de mogelijkheid te onderzoeken, door diepploegen het profiel zodanig te wijzigen, dat een zwaardere bovengrond werd verkregen.

Het resultaat van het diepploegen van een groot gedeelte van het gebied is in kaart III weergegeven.

Kaart III. Samenstelling van de bouwvoor (0-25 cm) na diepploegen. Gezien de samenstelling van de bouwvoor en de algemene profielopbouw, leek het gewenst na te gaan, in hoeverre deze samenstelling van de bouwvoor te verbeteren zou zijn door diepploegen. Hierbij dient men te bedenken, dat de maximale ploegdiepte thans ongeveer 1,5 m bedraagt. Hieruit volgt, dat het bij een zanddikte van meer dan 1 m niet meer mogelijk is, de samenstelling van de bouwvoor te verbeteren. Men moet nl. bij het bovenploegen van zwaardere grond uit dieper gelegen lagen rekening houden met twee factoren, nl. het verlies en de inklinking.

Het verlies schuilt daarin, dat het niet mogelijk is b.v. de laag van 120-150 cm quantitatief naar boven te brengen. Naarmate de ploegdiepte toeneemt, neemt ook dit verlies toe. Bij een ploegdiepte van 150 cm is dit verlies door ons geschat op 15%.

Aangezien de bovengeploegde zwaardere grond ook nog een zekere inklinking zal vertonen, zodra deze wadgrond aan de oppervlakte komt na inpoldering, zal men, om een kleilaag ter dikte van 30 cm te behouden b.v. ca 50 cm van de ongeklonken zwaardere grond moeten bovenploegen. De inklinking is afhankelijk van het lutumgehalte, zodat bij de schatting van de inklinking met dit lutumgehalte rekening is gehouden. Het voert te ver hierop in dit verband dieper in te gaan. Volstaan moge worden met er op te wijzen dat, wanneer men een bouwvoor ter dikte van 25 cm en met een lutumgehalte van b.v. 20% wil vervaardigen, men bij een zanddikte van 75 cm niet tot 75 + 25 = 100 cm doch tot ongeveer 125 cm moet diepploegen. Men ploegt dan immers 50 cm zavel aan. Door het verlies komt slechts ongeveer 40 cm naar boven. Deze 40 cm zal na inklinking juist een bouwvoor van 25 cm kunnen geven.

Het moge duidelijk zijn, dat aan deze schatting vele onzekerheden en onnauwkeurigheden kleven. Teneinde echter een eerste globale indruk te verkrijgen van de mogelijkheid tot grondverbetering door diepploegen, is deze werkwijze wel toelaatbaar.

Zoals hierna nog nader zal worden uiteengezet, kan men aan een te diepploegen grond nog verschillende eisen stellen. Bij de vervaardiging van kaart III hebben wij ons op het standpunt gesteld, dat het gewenst was een indruk te verkrijgen van de mogelijkheid door diepploegen een bouwvoor van zand te vervangen

door een van klei of zavel, ter dikte van 25 cm.

Wanneer men zijn ploegdiepte zo kiest, dat juist een bouwvoor van 25 cm met een minimaal lutumgehalte van 10% ontstaat, bedraagt de gemiddelde ploegdiepte ca 1 m. Deze waarde van 1 m is gevonden als gemiddelde ploegdiepte van ruim 50 profielen, welke voor dieppploegen in aanmerking kwamen. Van de 100 bewerkte boringen leenden er zich 35 niet voor dieppploegen aangezien de zandlaag te dik of de ondergrond ongeschikt was (b.v. een profiel van 50 cm zand op 1 m veen). In een klein aantal gevallen was dieppploegen niet noodzakelijk.

Het te dieppploegen gedeelte is op kaart III omrand door een streeplijn. Ca 4150 ha (51% van de totale oppervlakte) is op de kaart aldus omrand. Uit de kaart blijkt duidelijk dat de samenstelling van de bouwvoor na deze ingrijpende profielwijziging belangrijk is verbeterd.

In onderstaande tabel is deze wijziging nader aangegeven:

TABEL 2. SAMENSTELLING VAN DE BOVENGROND VAN HET BALGZAND EN DE BREEHORN NA DIEPPLOEGEN.

Groep	Voor het dieppploegen in ha en %				Na het dieppploegen in ha en %				Gedieppploegd gedeelte in ha		
	Balgzand	Breehorn	Totaal	%	Balgzand	Breehorn	Totaal	%	Balgzand	Breehorn	Totaal
0^b, 0^c, 1^c, 2^c	5630	1230	6860	84	2220	730	2950	36	3410	500	3910
4	300	100	400	5	200	-	200	3	100	100	200
5	350	-	350	4	1110	145	1255	15	40	-	40
6	-	-	-	-	600	15	615	7	-	-	-
7	20	365	385	5	2170	805	2957	37	-	-	-
Onbekend	-	180	180	2	-	180	180	2	-	-	-
Totaal	6300	1875	8175	100	6300	1875	8175	100	3550	600	4150

Zoals uit de tabel blijkt is het percentage zandgrond (groepen 0^b, 0^c, 1^c en 2^c) gedaald van 84 tot 36%. Het percentage lichte zavel (groepen 4 en 5) is gestegen van 9 tot 18%. Voor de zware zavel (groepen 6 en 7) bedragen deze getallen resp. 5 en 44%.

Hier zij nogmaals gewezen op de noodzakelijkheid door een verdere bodemkundige opname van het gebied deze eerste indruk te bevestigen. Uit een nadere kartering zal ongetwijfeld volgen dat

het gebied heterogener is dan wij op het ogenblik veronderstellen. Hierdoor zal ook de totale te diepploegen oppervlakte zeer waarschijnlijk wat kleiner worden, aangezien dan zal blijken dat, ook binnen het thans op de kaarten omrande gebied, bepaalde gedeelten voorkomen welke niet voor diepploegen in aanmerking kunnen komen.

In bovenstaande beschouwing is steeds uitgegaan van de gedachte om te trachten door diepploegen de samenstelling van de bouwvoor te verbeteren.

Het is echter bekend, dat een profiel, bestaande uit zavel of klei op zand, aanleiding kan geven tot droogteschade aan de gewassen indien de klei- of zavellaag niet dik genoeg en het onderliggende zand grof is. Men moet derhalve rekening houden met het feit dat een gedeelte van de gediepploegde gronden, ondanks hun goede zavellaag, zonder een beheerste grondwaterstand niet als volwaardig beschouwd mag worden.

Aangezien het in dit stadium van het Waddenonderzoek nog onmogelijk is aan te geven of en in welke mate de watervoorziening van de grond beheerst kan worden, hebben wij gemeend, ook te moeten trachten aan te geven of het mogelijk is door diepploegen een profiel te verkrijgen waarop de gewassen, ook zonder een goede waterbeheersing, geen droogteschade zullen ondervinden.

Uit een destijds, op verzoek van de Commissie Onderzoek Landaanwinning T.N.O., door verschillende Diensten samengesteld rapport is gebleken, dat men van een vrijwel volwaardige grond mag spreken, ook zonder beheersing van de grondwaterstand, indien het profiel is opgebouwd uit een zavellaag ter dikte van minstens 60 cm en met een lutumgehalte van ca 10%, rustend op zand. Deze maten zijn bedoeld als een minimum eis, doch men bedenke dat een dergelijke grond, vergeleken met de beste zavelgronden, een pacht- of verkoopwaarde van 80 à 85% en een productiewaarde van 90% bezit.

Men kan nu trachten door diepploegen direct een profiel te vervaardigen met een zwaardere bovenlaag ter dikte van 60 cm en met een minimaal lutumgehalte van 10%. Aangezien men echter rekening moet houden met de optredende verliezen bij het diepploegen en met de inklinking, zal dit slechts gelukken indien de zwaardere laag op geringe diepte onder het mariene zand aanwezig is. Deze diepte kan globaal op 50 à 60 cm gesteld worden.

Indien de zandlaag derhalve dikker dan 50 à 60 cm is, ontstaat na diepploegen een zwaardere bovengrond welke dunner is dan 60 cm. Wanneer nu echter deze laag een zo hoog lutumgehalte bezit, dat een vermenging met zand dit gehalte niet beneden 10% doet dalen, kan deze laag, welke dus aanvankelijk dunner is dan 60 cm, met het, na het diepploegen onderliggende zand zodanig gemengd worden dat toch een zavellaag ter dikte van 60 cm ontstaat. Bij dit ploegen tot 60 cm mag aangenomen worden dat een voldoende menging van het zand en de klei wordt verkregen.

Het moge duidelijk zijn dat de gemiddelde ploegdiepte (welke voor kaart III ca 100 cm bedroeg) opgevoerd moest worden om het gestelde doel te bereiken. Dit opvoeren van de ploegdiepte kon slechts op een aantal profielen plaats vinden. De gemiddelde ploegdiepte is voor de 50 te diepploegen profielen gestegen van 1 m tot 1,2 m. Op het Balgzand kon de gemiddelde ploegdiepte zelfs opgevoerd worden tot 1,3 m.

De bodemkaart, welke het resultaat van het diepploegen tot zo groot mogelijke diepte en het zo nodig een tweede maal ploegen tot 60 cm aangeeft, is niet als bijlage opgenomen, aangezien deze kaart gemakkelijk uit kaart III kan worden afgeleid.

Het totale gediepploegde gedeelte is in beide gevallen gelijk (4150 ha). De zandgronden, welke door diepploegen geen goede bouwvoor konden verkrijgen, zijn ook in het tweede geval vanzelfsprekend niet te verbeteren, zodat de totale oppervlakte ook thans 2950 ha bedraagt.

In onderstaande tabel zijn de gronden ingedeeld naar hun lutumgehalte en naar de dikte van de zavellaag welke bovengeploegd kon worden.

TABEL 3. DE BODEMGESTELDHEID VAN HET BALGZAND EN DE BREEHORN NA DIEPPLOEGEN.

Na diepploegen voor bouwvoorverbetering					Na diepploegen voor profielverbetering				
Groep	Balgzand	Breehorn	Totaal	%	Groep en dikte zavellaag	Balgzand	Breehorn	Totaal	%
$0^b, 0^c, 1^c, 2^c$	2220	730	2950	36	$0^b, 0^c, 1^c, 2^c$	2220	730	2950	36
4	200	-	200	3	4 ; 25 cm	200	-	200	3
5	1110	145	1255	15	5 ; 25 cm	115	-	115	1
					5 ; 45 cm	875	15	890	11
					5 ; 60 cm	895	145	1040	13
6	600	15	615	7	6 ; 60 cm	1945	440	2385	29
7	2170	805	2975	37	7 ; 60 cm	50	365	415	5
Onbekend	-	180	180	2	Onbekend	-	180	180	2
Totaal	6300	1875	8175	100	Totaal	6300	1875	8175	100

Bij een nadere beschouwing van deze tabel blijkt dat ten gevolge van het tweemaal ploegen de oppervlakte van de zware zavel B (groep 7) gedaald is van 2975 tot 415 ha. Deze 2560 ha is geheel ten goede gekomen aan groep 6, aangezien door het vermengen met zand uit de ondergrond ter verkrijging van een bovenlaag van 60 cm, het lutumgehalte gedaald is. Het gebied met een bouwvoor van groep 6 valt thans geheel in groep 5, ten dele in groep 5 ter dikte van 60 cm, doch ook ten dele in groep 5 ter dikte van 45 cm.

De oorspronkelijke oppervlakte met een bouwvoor van lichte zavel B (groep 5) is uiteengevallen in een gebied met een profiel bestaande uit lichte zavel B (groep 5) ter dikte van 25 cm en een gebied met een dikte van deze zavellaag van 45 cm.

Samenvattend kan derhalve opgemerkt worden dat het diepploegen ter verbetering van het gehele profiel, heeft geleid tot een algemene daling van het lutumgehalte van de bouwvoor, doch dat het, althans theoretisch, mogelijk is op het Balgzand en de Breehorn door diepploegen in totaal een oppervlakte van 3840 ha (47% van de totale oppervlakte) te verkrijgen bestaande uit een zavellaag ter dikte van 60 cm, waarbij deze zavellaag in 13% van de gevallen behoort tot groep 5 (lichte zavel B), in 29% van de gevallen tot de zware zavel A (groep 6) en voor 5% tot groep 7 (zware zavel B).

Uitgaande van een gebied dat voor 84% uit zand bestaat en voor 9% uit lichte zavel zou men door diepploegen tot gemiddeld 1 m diepte de bouwvoor zodanig kunnen verbeteren, dat de totale oppervlakte van het zand daalt tot 36% en de oppervlakte aan lichte zavel en zware zavel resp. 18 en 42% bedraagt. Door een nog ingrijpender profielverbetering zou het zelfs mogelijk zijn in totaal 47% van de oppervlakte zodanig te verbeteren dat de gewassen in droge perioden, ook zonder een goede beheersing van de grondwaterstand, geen droogteschade ondervinden.

De bodemgesteldheid van de Waardgronden. Zoals reeds werd meegedeeld, zijn van de Waardgronden in totaal 33.000 ha verkend. Het aantal boringen (ca 500) is te gering om thans reeds dieper op de bodemgesteldheid van dit gebied in te gaan.

Na hetgeen over het Balgzand en de Breehorn is opgemerkt moge volstaan worden met op te merken dat de dikte van de afdekkende mariene zandlaag groter is dan op het zo juist genoemde gebied. De samenstelling van de huidige oppervlakte moge uit onderstaande tabel blijken:

Groep 0^b, 0^c, 1^c	(kleiarm zand)	-	30800 ha	- 94%
2^c	(kleihoudend zand)	-	750 "	- 2%
4	(lichte zavel A)	-	800 "	- 2%
5	(lichte zavel B)	-	350 "	- 1%
6	(zware zavel A)	-	300 "	- 1%
			33000 ha	- 100%

De algemene profielopbouw is voorts zodanig, dat slechts ongeveer een derde gedeelte van het onderzochte gebied voor diepploegen in aanmerking kan komen. Bovendien ligt dit te diepploegen gedeelte juist in het centrale deel van het Westelijke Waddengebied.

Na het diepploegen zal de samenstelling van de bouwvoor wel gedeeltelijk verbeterd zijn, zoals moge blijken uit onderstaande tabel.

TABEL 4. DE SAMENSTELLING VAN DE BOUWVOOR VAN DE WAARDGRONDEN VOOR EN NA HET DIEPPLOEGEN.

Groep		Voor het diepploegen		Na het diepploegen	
0^b, 0^c, 1^c	(kleiarm zand)	30800 ha	94%	20900 ha	63%
2^c	(kleihoudend zand)	750 "	2%	400 "	1%
4	(lichte zavel A)	800 "	2%	500 "	2%
5	(lichte zavel B)	350 "	1%	8300 "	25%
6	(zware zavel A)	300 "	1%	1800 "	6%
7	(zware zavel B)	-	-	1100 "	3%
		33000 ha	100%	33000 ha	100%

De gediepploegde oppervlakte bedraagt 10550 ha of 32%.

Ten gevolge van het diepploegen is het percentage zware zavel wel gestegen tot 9% en de oppervlakte lichte zavel tot 27%, doch zelfs na het diepploegen van een derde gedeelte van de oppervlakte bedraagt het percentage zandgrond nog 64%.

Het moge uit het bovenstaande duidelijk zijn dat op een vrijwel te verwaarlozen gedeelte een zodanige profielwijziging door diepploegen mogelijk is, dat een zavellaag van minstens 60 cm dik en met een minimaal lutumgehalte van 10% verkregen kan worden.

Slotbeschouwing. Uit het voorlopige onderzoek op het Balgzand en de Breehorn is gebleken dat dit gebied, ter grootte van ca 8000 ha, een nadere bestudering ten volle waard is.

In de eerste plaats zal een uitgebreide bodemopname moeten plaats vinden. Het tot dusver verrichte bodemkundige onderzoek draagt nog slechts het karakter van een verkenning. Een nadere kartering van de gronden zal kunnen aantonen of dit gebied inderdaad zulke gunstige perspectieven voor inpoldering bezit als uit deze eerste verkenning afgeleid zou kunnen worden.

Indien een uitgebreide kartering deze eerste indrukken zou bevestigen zouden ook andere vraagstukken, welke in dit verslag zijn genoemd, bestudeerd moeten worden. Hierbij moet allereerst gedacht worden aan een nadere studie over de wijzigingen welke zich, na het leggen van de Afsluitdijk in dit gebied voor doen. Zoals in het verslag is aangetoond zijn de veranderingen in de hoogteligging der platen van veel belang voor de mogelijkheid bepaalde gedeelten van het terrein door diepploegen te verbete-

ren. Deze wijzigingen kunnen zich in gunstige of ongunstige zin voltrekken. Voorts zou nagegaan moeten worden in welke mate in het Amsteldiep en langs de kust thans afzetting van zwaardere grond plaats vindt.

Uit de kartering van het Westelijke Waddengebied is voorts gebleken dat zich bij het ontwerpen van plannen tot inpoldering van de Wadden, vanuit landbouwkundig oogpunt gezien, enkele belangrijke vraagstukken zullen voordoen. Hierbij mag wel in de eerste plaats gedacht worden aan de problemen betreffende de waarde, het gebruik en de infiltratie van mariene zandgronden. Ook met het diepploegen van grote oppervlakten en met het tweemaal diepploegen bestaat nog weinig ervaring.

Voor de bestudering van genoemde vraagstukken bieden het Balgzand en de Breehorn, bij inpoldering goede mogelijkheden.

Door de inpoldering van het Balgzand en de Breehorn zou derhalve niet alleen de oppervlakte goede cultuurgrond met enkele duizenden hectaren worden uitgebreid, doch dit gebied zou tevens als proefpolder voor een eventuele inpoldering van de Wadden benut kunnen worden. Het verdient derhalve, als eerste stap hiertoe, o.i. ernstige overweging het Balgzand en de Breehorn aan een hernieuwde en meer uitgebreide kartering te onderwerpen, teneinde na te kunnen gaan of de indrukken, verkregen uit de eerste verkenning, bevestigd worden.

Kampen, October 1952.