

# 14. PYRIET EN KOOLZURE KALK IN DE DROOGMAKERIJ GROOT MIJDRECHT

*Pyrite and calcium carbonate in the soil of the reclaimed lake „Groot Mijdrecht”*

door/by

**Ir J. Bennema**

## INHOUD

I. Inleiding . . . . .	134
II. Overzicht van de bodemkundige gesteldheid van de droogmakerij Groot Mijdrecht . . . . .	137
III. De verspreiding van de pyriet . . . . .	142
IV. Het voorkomen van koolzure kalk . . . . .	144
V. Over de oorzaken van het verschil in het koolzure kalkgehalte . . . . .	145
Summary . . . . .	148
Literatuur . . . . .	148

## I. INLEIDING

In monsters uit de gereduceerde ondergrond van onze zeekleigronden kan men veelal pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) en soms iets zwavelijzer ( $\text{FeS}$ ) aantreffen. Deze verbindingen zijn ontstaan door een reductie van de in het zee- en brakke water aanwezige sulfaten.

Als de gereduceerde ondergrond wordt geaëreerd, doordat hij boven wordt gebracht of doordat hij dieper wordt ontwaterd, worden de sulfiden geoxydeerd. Bij afwezigheid van koolzure kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) vormt zich bij oxydatie van pyriet het gele basisch ferrisulfaat ( $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_n \text{SO}_4$ ) en zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dat op de bodem inwerkt en deze verzuurt. De kleien met de vlekken van het basisch ferrisulfaat worden vaak „katteklei” (Edelman, 1946) genoemd. Indien er voldoende koolzure kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) aanwezig is, dan ontstaan als eindproducten ferrihydroxyden ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) en gips ( $\text{CaSO}_4$ ). De gips kan uitspoelen; de totale hoeveelheid  $\text{CaCO}_3$  vermindert hierbij, maar van een verzuring kan men niet spreken.

Op deze processen in de Nederlandse bodem, welke gedeeltelijk als biochemische processen moeten worden beschouwd, is vooral door Van Bemelen (1886), Hissink (1923), Van der Spek (1934 en 1950), Harmsen (1938), Verhoop (1940) en Edelman (1946) gewezen. Van der Spek (1950) geeft een duidelijk overzicht van de processen, die bij de sulfaatreductie en bij de oxydatie van de sulfiden een rol spelen.

Pyriet kan overal ontstaan, waar het milieu sterk reducerend is (meest veroorzaakt door omzettingen van organische stof) en waar genoeg  $\text{CaSO}_4$  en ook ijzer aanwezig is. In brakke milieus wordt vaak aan deze voorwaarde voldaan; de plantengroei, die men dikwijls in deze gebieden aantreft, zorgt voor de organische stof, terwijl in het brakke water vrij veel  $\text{CaSO}_4$  aanwezig is. Ook in gebieden met zout water kan pyriet ontstaan. Zo komt volgens Van Straaten (1950) in de bodem van de Waddenzee op enige decimeters onder de oppervlakte een zone voor, waarin het ijzer in pyrietvorm aanwezig is. Daarboven treft men een zone aan, waarin het ijzer in de vorm van zwavelijzer aanwezig is. Het allerbovenste laagje is bij eb, als de gronden droog vallen, vaak geaëreerd en hier vindt men dan tijdelijk het ijzer als ferrihydroxyde.

Hoewel in zoete gebieden de omstandigheden iets minder gunstig zijn voor het vormen van ijzersulfiden, ontbreken zij toch niet geheel. Zo kan men in het zoete bosveen van West-Nederland wel eens enig pyriet aantreffen dat onder het microscoop als kleine zwarte bolletjes te herkennen is.

Of een gereduceerde klei na oxydatie zal verzuren hangt in eerste instantie af van de verhouding tussen kalk en pyriet (+ monosulfiden). Is er genoeg kalk aanwezig, dan blijft de pH hoog; is er te weinig, dan kan de zure „katteklei” gevormd worden.

Over deze naam „katteklei” is nogal enige verwarring ontstaan. Van Bemmelen (1886) dacht, dat deze grond de naam had gekregen door de gele vlekken, die op uitwerpselen van katten lijken. Van der Spek (1950) reserveert de naam zelfs uitdrukkelijk voor het gele materiaal (het basisch ferrisulfaat). Edelman (1946) bracht echter naar voren, dat de naam „katteklei” een scheldnaam is en slechte klei betekent. Dat de mening van Van Bemmelen en Van der Spek waarschijnlijk niet juist is, kan blijken uit het feit, dat de boeren in Holland ook aan stugge, zware kleien zonder gele vlekken de naam katteklei geven. Een dergelijke „katteklei” hoeft zelfs niet bijzonder zuur te zijn. Het gebruik van de naam katteklei in deze zin is ons o.a. bekend uit Zegveld, Haarlem, Rotterdam en Neerlangbroek.

In de wetenschap is de naam katteklei echter langzamerhand wel gereserveerd voor klei met de gele vlekken van het basisch ferrisulfaat. Men zou ook de kleien, die door omzettingen van pyriet of monosulfiden zuur zijn geworden, zonder dat de gele vlekken opvallen (b.v. door een gelijkmatige verdeling van de  $\text{FeS}_2$  of door voorhanden zijn van veel monosulfiden), tot de katteklei kunnen rekenen. Het verzuren bij de oxydatie door de  $\text{FeS}_2$  en  $\text{FeS}$  is immers het belangrijkste bodemkundige verschijnsel en de vorming van de gele vlekken is vooral als begeleitend verschijnsel interessant, waardoor het voor de veldbodemkundige vaak mogelijk wordt om deze zure gronden op het eerste gezicht te herkennen.

Bij de bodemkartering van de droogmakerij Groot Mijdrecht stond het al of niet geschikt zijn van de kleien in de ondergrond, om te worden bovengespit of -geploegd, in het middelpunt van het onderzoek. In dit verband werden 36 monsters uit de gereduceerde ondergrond genomen, waarvan in het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Oosterbeek naast humus, slib, zand, kalk en pH ook de totale hoeveelheid zwavel werd bepaald.

In tabel 1 vindt men de analyseresultaten. De zwavel werd hierbij uitgedrukt in milli-aequivalenten  $\text{SO}_3$ , terwijl behalve de koolzure kalk ( $\text{CaCO}_3$ ), ook alle aanwezige Ca afzonderlijk bepaald werd. Deze is in milli-aequivalenten CaO uitgedrukt. De zwavel is bij de kleigronden van Groot Mijdrecht meest afkomstig van pyriet ( $\text{FeS}_2$ ). Daar de kleigrond niet zwart is en ook niet bijzonder sterk naar zwavelwaterstof ruikt, zijn de hoeveelheden hoeveelheden  $\text{FeS}$  en  $\text{H}_2\text{S}$  waarschijnlijk zeer gering.

Men zou naast pyriet soms nog wat gips ( $\text{CaSO}_4$ ) kunnen verwachten, als de gronden reeds iets geoxydeerd zouden zijn, of doordat gips vanuit de bovengrond kan ingespoeld zijn. Soms ziet men in geoxydeerde of half geoxydeerde zware zeekleien deze gips inderdaad als kleine kristalletjes. Als er in de ondergrondmonsters inderdaad vrij veel  $\text{CaSO}_4$  aanwezig zou zijn, zou men dit kunnen zien bij vergelijking van het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte en het aantal milli-aequivalenten CaO. In dit geval zou het aantal milli-aequivalenten CaO nl. beduidend groter moeten zijn dan het percentage  $\text{CaCO}_3$ , omgerekend in milli-aequivalenten ( $1\% \text{CaCO}_3 = 20$  milli-aequivalenten CaO).

TABEL 1. Analyses van 32 monsters uit de gereduceerde ondergrond van de droogmakerij Groot Mijldrecht en van 6 monsters uit de Puttepolder.

*Analyses of 32 samples derived from the deoxidized subsoil of the reclaimed lake Groot Mijldrecht and of 6 samples of the Puttepolder.*

Monster no Number of sample	Bodemgroep Soil group	Diepte in cm Depth in cm	Humus %	Afslibbaar % < 16 μ	Zand - Sand				pH	CaCO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> in m. aeq.	CaO in m. aeq.	Gloeirest % Ashes
					finer deel % 16-30 μ	groter deel % > 30 μ	Totaal %	Total %					
83656	II 5	70-100	7½ <sup>1)</sup>	63	28	1	29	7,7	0,22	99	8		
83657	I 1	90-120	2,8	25	47	14	61	7,6	11,4	28	201		
83658	II 4	90-120	6	73	20	1	21	7,2	0,18	106	21		
83659	I 1	100-120	5	63	24	1	25	7,6	7,4	141	145		
83660	I 1	150-200	2,5	28	40	15	55	7,4	14,6	41	260		
83661	I 1	160-210	4,0	48	33	3	36	7,4	12,2	69	231		
83662	I 1	120-150	4,3	62	24	0	24	7,4	10,0	83	200		
83663	II 4	90-120	7½ <sup>1)</sup>	71	21	0	21	4,7		158	29		
83664	I 4	90-120	3	70	19	0	19	7,3	7,9	169	165		
83665	II 4	90-120	7½ <sup>1)</sup>	76	16	0	16	3,9		193	29		
83666	II 5	100-120	6½ <sup>1)</sup>	76	14	0	14	7,2	3,5	174	92		
83667	I 1	160-200	4,2	41	42	0	42	7,7	13,2	67	248		
83668	II 4	100-120	6½ <sup>1)</sup>	74	20	0	20	4,5		82	23		
83669	I 1	100-150	6	57	26	0	26	7,5	11,2	92	203		
83670	I 1	100-150	5½	53	32	0	32	7,6	9,5	104	189		
83671	I 1	120-150	3,8	52	32	1	33	8,0	11,0	48	225		
83672	II 5	90-120	7 <sup>1)</sup>	64	28	0	28	6,6	1,5	178	54		
83674	I 1	90-120	3,7	41	38	4	42	7,8	13,8	47	261		
83675	II 4	90-120	7 <sup>1)</sup>	69	24	0	24	4,4		157	30		
83676	II 5	100-120	7 <sup>1)</sup>	66	26	1	27	5,7		185	23		
83677	I 1	90-120	4,2	37	40	5	45	7,6	13,7	78	258		
83678	I 1	120-150	5½	53	28	1	29	7,5	12,9	72	247		
83679	I 1	90-120	4½ <sup>1)</sup>	71	18	0	18	7,5	6,3	74	142		
83680	I 1	90-120	2,3	58	28	1	29	7,6	10,9	52	203		
83681	II 2	90-120	6	41	41	0	41	7,7	11,7	86	217		
83682	I 1	240-270	2,8	30	52	2	54	7,7	12,9	60	261		
83683	II 5	90-120	13½ <sup>1)</sup>	72	2	1	3	6,3	0,60	116	43		
83684	I 1	110-150	4,0	60	25	0	25	7,7	10,8	50	225		
83685	I 1	130-160	2	58	26	0	26	7,6	13,9	138	263		
83686	II 2	90-120	2½ <sup>1)</sup>	62	25	0	25	7,3	10,1	151	195		
83688	I 1	100-150	3 <sup>1)</sup>	60	25	0	25	7,4	12,0	107	235		
83689	I 1	120-150	6½	61	21	0	21	7,5	11,4	94	222		
83693		130-165	5	61	17	0	17	7,6	17,4	65	326		
83694		90-120	5½	67	10	0	10	7,8	17,2	68	319		
83695		90-120	3 <sup>1)</sup>	80	10	1	11	7,6	4,1	166	81		
83696		90-120	9½ <sup>1)</sup>	83	7	1	8	4,7		168	29		
83697		90-120	5	59	20	0	20	7,6	16,3	178	322		
83698		130-150	7	77	10	0	10	7,5	6,2	122	129		

<sup>1)</sup> Gloeiverlies

Dit is echter bij de meeste beschouwde monsters niet het geval. Bij de monsters, waarin iets CaSO<sub>4</sub> aanwezig zou kunnen zijn, gaat het slechts om kleinere hoeveelheden.

Bij de venige gronden en de veengronden kan een gedeelte van de zwavel afkomstig zijn van de organische stof. Hierdoor wordt voor deze gronden de informatie, die de monsteranalyses geven over de aanwezigheid van pyriet (+ monosulfiden + eventueel CaSO<sub>4</sub>), wat onnauwkeuriger.

Bij het uitdrukken van de aanwezige zwavel in milli-aequivalenten SO<sub>3</sub> en de calcium in milli-aequivalenten CaO wordt het zeer eenvoudig om een

voorspelling te doen omtrent het gedrag van de grond bij oxydatie. Hierbij is het verder ook niet belangrijk, of een deel van de S misschien in de vorm van monosulfiden (FeS) of  $\text{CaSO}_4$  aanwezig is. Zijn er meer milli-aequivalenten CaO aanwezig dan milli-aequivalenten  $\text{SO}_3$ , dan zal de grond ook na oxydatie  $\text{CaCO}_3$  blijven bevatten. Zijn er meer milli-aequivalenten  $\text{SO}_3$  aanwezig dan milli-aequivalenten CaO, dan bestaat er kans, dat de grond zuur wordt. Bij een geringe overmaat van  $\text{SO}_3$  zal dit nog wel meevallen, doordat een gedeelte van het gevormde  $\text{H}_2\text{SO}_4$  uitspoelt (v. d. Spek, 1950) en eerst in de diepere bodemlagen zijn invloed uitoefent. Bovendien kunnen naast het Ca ook de andere kationen de gevormde zure producten neutraliseren.

Gaat men er dus van uit, dat de grond – wil hij geschikt zijn om bovengeploegd te worden – meer milli-aequivalenten CaO moet bevatten dan milli-aequivalenten  $\text{SO}_3$ , dan kan men er vrij zeker van zijn na oxydatie een kalkrijke tot iets kalkhoudende grond over te houden.

Deze monsterresultaten leerden ons dus iets over de geschiktheid van de zeekleien om bovengeploegd of gespit te worden, maar bovendien verruimden ze het inzicht over het voorkomen van de hoeveelheid pyriet en koolzure kalk in de sedimenten. Alvorens hier echter op ingegaan kan worden, moeten wij eerst de bodemgesteldheid van het gebied uiteenzetten.

## II. OVERZICHT VAN DE BODEMGESTELDHEID VAN DE DROOGMAKERIJ GROOT MIJDRECHT

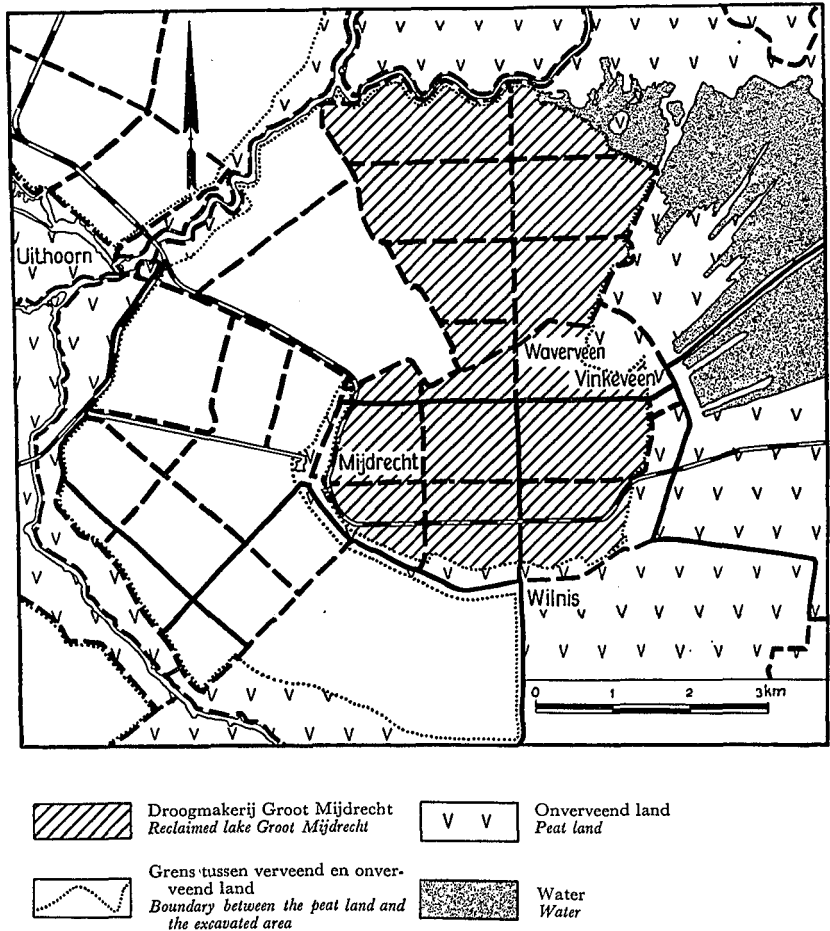
De droogmakerij Groot Mijdrecht (fig. 1) bestond oorspronkelijk uit veenland, dat ongeveer even hoog lag als de naaste omgeving. Door vervening verdwenen in de regel de bovenste meters van het veen (het zogenaamde oppervlakteveen) en zo ontstonden er plaatsen, die in 1880 werden drooggelegd. De bodem van deze drooggelegde plassen is thans in gebruik als wei- en bouwland.

De doorsnede (fig. 2) geeft een schematisch beeld van de tegenwoordige opbouw van het gebied.

In het westen vindt men meest een venige bovengrond, die op een vaak slappe ondergrond van zeeklei ligt. Onder deze klei komt op ongeveer 2,50 m opnieuw veen voor, het zogenaamde „veen-op-groter-diepte”, dat op pleistocene zand ligt. Dit zand is fijn; het is zogenaamd dekzand. Behoudens een lichte helling naar het westen vertoont de bovenzijde van dit zand in dit gebied weinig hoogteverschillen (Bennema, 1951).

In het oosten vinden we de oude zeekleilaag niet meer. Hier ligt 3 m veen op de zandondergrond. Dit veen, dat bij de vervening bleef zitten, noemen we restveen. Het onderste gedeelte van dit veen is te vergelijken met het veen-op-groter-diepte, terwijl het bovenste gedeelte gevormd is in de tijd, waarin verder naar het westen de oude zeeklei gesedimenteerd werd. Dit veen, waarin verder naar het westen de oude zeeklei gesedimenteerd werd. Dit veen, dat in een brak milieu ontstond, is een rietzeggeveen. De bovenkant van dit brakke rietzeggeveen ligt ongeveer even hoog als of iets hoger dan het oppervlak van de oude, meer westelijk gelegen zeeklei. Niet overal vindt men echter in het oostelijke gedeelte dit brakke rietzeggeveen. Ten noordoosten van Waverveen komt verslagen veen voor. In dit gedeelte was nl. door de vervening een meer ontstaan, waarin de bodem tot op grotere diepte omgewoeld werd. De bodem van de plas bestond uit verslagen veen en waarschijnlijk wat nieuw materiaal, dat in het meer zelf gevormd werd. Plaatselijk lig-

Fig. 1.  
 Situatiekaartje van de droogmakerij Groot Mijdrecht.  
 Locality map of the reclaimed lake Groot Mijdrecht.



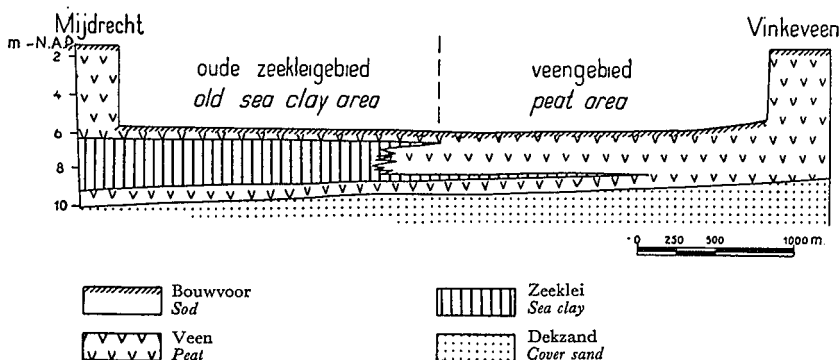
gen dus in het oostelijke deel van de droogmakerij Groot Mijdrecht de weilanden op rietzeggeveenprofielen en plaatselijk op de omgewoelde meerbodem, die vooral uit verslagen veen bestaat. Verder vindt men ook nog in het westelijke deel hier en daar wat restjes van de oude legakkers, die niet geheel verveend zijn. Hier treft men dus resten van het oude oppervlakteveen aan (meest veenmosveen).

In het westelijk gedeelte van de polder is er zeer weinig van het oppervlakteveen gespaard gebleven, alleen een zeer klein laagje op de zeeklei, dat ook nog lang niet altijd aanwezig is. Dit laagje, dat als het indroogt nogal hard wordt en dan iets schilferig is, heeft nogal eens in het middelpunt van de belangstelling gestaan. Oosting (1941) en Edelman (1946) wezen op het voorkomen van dit laagje. Edelman beschouwde het als rietveen, dat bij de vervening was blijven zitten. Hierop vindt men dan de bovengrond. Deze is afkomstig van materiaal, dat na de vervening op de bodem van de plas is

Fig. 2.

Schematische doorsnede van Mijdrecht naar Vinkeveen.

Cross-section from Mijdrecht towards Vinkeveen.



gevormd. Oosting noemt het laagje op de zeeklei „bonk”. Dit laagje is ontstaan in plasjes op de oude zeeklei. Behalve uit wortelstokken en wortels van riet en andere moerasplanten bestaat het vooral uit fijne bagger (een gyttja), die in plasjes ontstond. Uit de aanwezige zaden van waterplanten blijkt deze vorming duidelijk.

Dit bonklaagje begint vooral op te vallen als het indroogt. Men ziet het dan ook meest in de indrogende percelen. Hoewel er waarschijnlijk wel enige slechte invloed van dit laagje op de waterhuishouding van het profiel uitgaat, moet men het toch niet als eerste oorzaak van de indroging beschouwen. Ook zonder bonklaagje droogt land met een venige bovengrond, als het wat hoger uit het water ligt, bij gebruik als grasland makkelijk in.

Behalve dit bonklaagje is plaatselijk ook wat spalterveen aanwezig (zie ook Hudig en Duyverman, 1951). Spalterveen bestaat volgens de onderzoeken van Florschütz (1941) vooral uit een fijne veenmossoort (*Sphagnum cuspidatum*). Het is zeer fijn gelaagd. Een belangrijke rol speelt dit spalterveen bodemkundig gezien in Groot Mijdrecht echter niet.

De oude zeeklei, die in het westelijke deel van de polder voorkomt, is over het algemeen slap (althans in de ondergrond) en als modderklei of zeepklei ontwikkeld. Meestal bevat de klei rietresten. Soms komen er ook veenlenzen in voor, bestaande uit slibhoudend rietveen. Ook treft men er allerlei overgangen van rietveen naar slappe klei aan, vooral in het overgangsgebied van de oude zeeklei naar het veengebied. Naast de slappe kleiprofielen komen er echter ook profielen voor, die wat steviger zijn. De klei wat dieper in het profiel is dan vaak ook wat minder zwaar en moet lichte klei of zavel genoemd worden; deze bevat minder plantenresten.

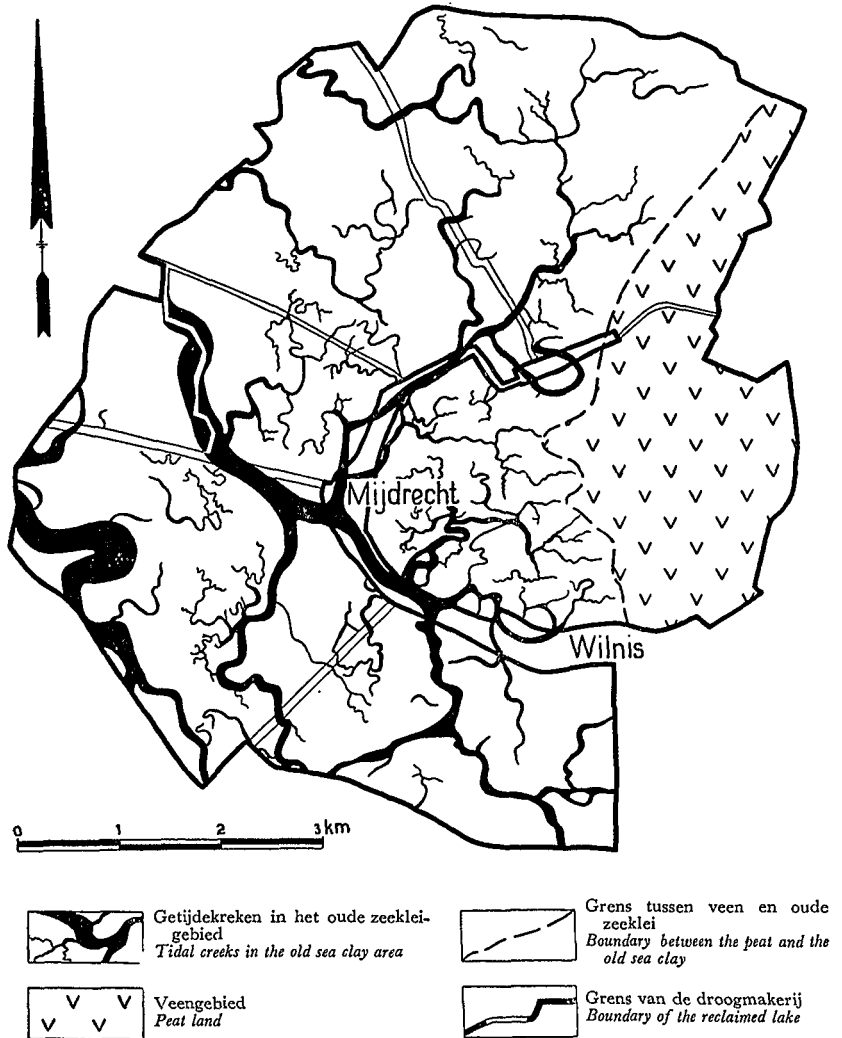
Karteert men deze profielen uit, dan blijken deze gronden in het algemeen in doorlopende stroken voor te komen. Deze stroken liggen hoger in het terrein en vormen tezamen patronen op de kaart, die op een eb- en vloedstelsel wijzen. De hogere stroken, met de wat vastere en vaak ook lichtere profielen, moeten dan ook als oude kreekjes opgevat worden, die verland zijn en die door verschil in klink thans als hoogten in het land liggen. Vaak is in het centrum van de rug nog een beddinkje aanwezig.

In fig. 3 ziet men een overzicht van deze eb- en vloedkreeken in de Ronde

Fig. 3.

De voornaamste eb- en vloedkreken in het gebied der Ronde Venen.

*The principal tidal creeks in the area.*



Venen. Het blijkt, dat het gebied vooral beïnvloed werd door een stelsel, waarvan de hoofdtak zich in de buurt van Uithoorn bevond.

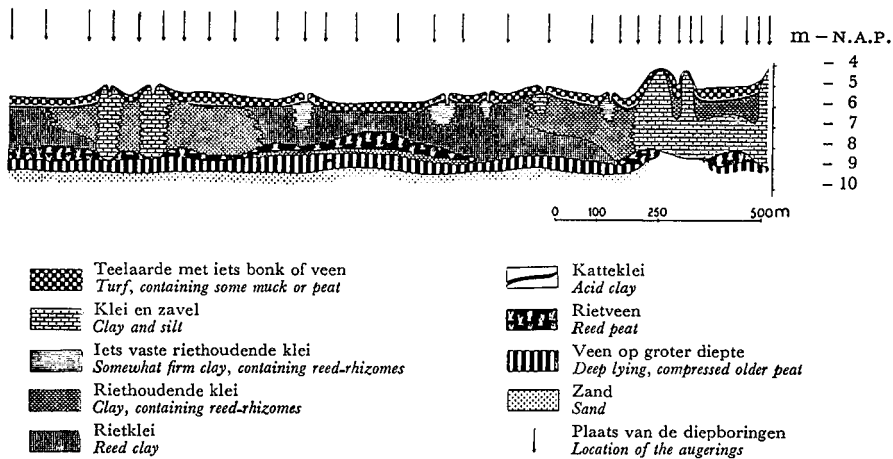
In het zuidwesten en ook in het noorden vindt men nog enkele grotere zelfstandige systemen. Het noordelijke systeem heeft niet tot het einde toe gewerkt, het wordt doorsneden door het stelsel van Uithoorn. Ook uit het voorkomen van vastere kleien en zaveln in de diepere lagen van de oude zeelei in dit noordelijk gebied, die door slappere lagen worden afgedekt, blijkt, dat dit stelsel tegen het einde van de afzetting van de oude zeelei aan belang heeft ingeboet.

Uit het feit, dat de verbreiding van de oude zeelei en het krekenselsel

Fig. 4.

Dwarsdoorsnede in het oude zeekleigebied van de droogmakerij Groot Mijdrecht.

*Cross section through the old sea clay area of the reclaimed lake Groot Mijdrecht.*



samenvallen, blijkt, dat de slappe kleien tussen de kreen vanuit deze eb- en vloedstelsels zijn afgezet.

Dit blijkt ook duidelijk uit de dwarsdoorsnede (fig. 4), die een gedetailleerd beeld geeft van de opbouw van de oude zeeklei in dit gebied. Men ziet, hoe de klei vanaf de kreekjes langzamerhand slapper en veniger wordt. Een dergelijk beeld is alleen goed te begrijpen, als men aanneemt, dat de klei inderdaad vanuit de kreekjes is afgezet. Bovendien blijkt uit de afbeelding, dat de kreekjes tezamen met het omringende landschap omhoog zijn „gegroeid”. Tijdens de sedimentatie van de oude zeeklei steeg de zeespiegel. Deze stijging werd in dit gebied bijgehouden door de sedimentatie. Hierdoor kwam het gebied tussen de kreen tezamen met de zeespiegel steeds hoger te liggen. De diepte van de kreekjes in een dergelijk gebied is aangepast aan de stromingen in het kreekje, dus aan het watertransport (Van Bendedom, 1950). Daar dit watertransport gelijk bleef, moest de diepte der kreekjes hetzelfde blijven, wat alleen mogelijk was door een verhoging van de bodem der kreekjes. De kreekbodems groeiden dus ook tezamen met het veenniveau omhoog. Naast deze zeespiegelrijzing speelde ook de klink tijdens de sedimentatie een belangrijke rol bij de vorming van het gebied. Rechts in het profiel ziet men, dat soms ook tussen de kreen in de ondergrond zavel of lichte klei aanwezig kan zijn. Deze treft men vooral in de meest westelijke delen van de Ronde Venen aan. Ook komen soms vastere banken kleien voor. Deze sedimenten zijn waarschijnlijk in wat dieper water afgezet en vormen een overgang naar het wadgebied, dat we meer naar het westen in de oude zeeklei aantreffen.

Het zeer slap zijn van de kleien tussen de ruggen hangt samen met hun hoge watergehalte. Fig. 5 geeft een indruk van de watergehalten. Het A-cijfer (aantal grammen water tijdens de bemonstering omgerekend op 100 g droge grond) blijkt op een diepte van 60–100 cm onder het maaiveld boven 100 te liggen. Het is bij een ongeveer gelijk kleigehalte, zoals uit de grafiek blijkt, vooral afhankelijk van de humusgehalten.

Tijdens de afzetting moet het A-cijfer nog belangrijk hoger zijn geweest



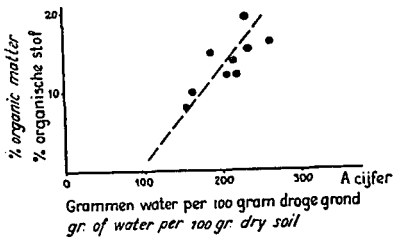


Fig. 5.

Vochtgehalten van een aantal monsters uit de ondergrond van de droogmakerij Groot Mijdrecht. De monsters zijn afkomstig van diepten tussen 50 cm en 110 cm onder maaiveld. De klei heeft 80% af-slibbaar in % van de minerale delen.

*Moisture percentages of a number of samples from the subsoil of the reclaimed lake Groot Mijdrecht. The samples are taken between 0.5 and 1.10 m below the turf. The clay contains about 80% particles smaller than 16  $\mu$ .*

dan nu. Op het ogenblik ligt de bovenkant van deze slappe kleien nl. op ca 6 m -N.A.P., terwijl de hoogteligging tijdens de sedimentatie ca 4 m -N.A.P. of nog iets hoger is geweest. Er is dus een belangrijke kiink (2 m of meer) opgetreden, die met een daling van het A-cijfer gepaard zal zijn gegaan.

Vergelijkt men de huidige vochtcijfers van de slappe kleien uit Groot Mijdrecht met die van soortgelijke monsters uit de Wieringermeer vlak na de droogmaking (Zuur, 1936), dan blijken deze ongeveer dezelfde te zijn (zware kleimonsters met 5 à 6% organische stof uit het oostelijke kwelderland in de Wieringermeer bezitten meest A-cijfers tussen 120 en 150). De kleien in Groot Mijdrecht zullen dus tijdens hun afzetting wel slapper zijn geweest dan de genoemde Wieringermeerkleien.

In de tijd, dat de oude zeeklei werd afgezet, moet het landschap er als volgt hebben uitgezien.

In het oosten groeide het riet(zegge)veen, waarin naast riet ook talrijke andere waterplanten voorkwamen. Dit gebied werd slechts af en toe overstroomd en ontving dan een weinig slib. In het westen troffen we vele kreekjes aan, die een grillig getijdenstelsel vormden. Door deze kreekjes stroomde brak water. In de gebieden tussen de kreekjes kwamen grote rietgorzen voor met een zeer slappe en venige bodem. Hier en daar waren in het uiterste westen van het beschouwde gebied lagere plekken met open water.

### III. DE VERSPREIDING VAN DE PYRIET

#### a. In het veengebied

In het veengebied zijn de belangrijkste veentypen het riet(zegge)veen en het verslagen veen. Koolzure kalk komt in geen van beide typen voor. Pyriet echter wel. Neemt men een monster uit de gereduceerde ondergrond van het riet(zegge)veen en bekijkt men deze onder het microscoop, dan ziet men vele pyrietbolletjes. Ook bij het verslagen veen ziet men deze bolletjes, meest echter in iets mindere mate dan bij het riet(zegge)veen.

Bij oxydatie worden deze veentypen dus sterk zuur. In één geval werd in slibrijk rietveen op een diepte van 60 tot 80 cm onder het maaiveld een pH ( $H_2O$ ) van 1,9 gemeten. De pH van dit in eutroof milieu ontstane veen kan dus door oxydatie van de pyriet lager zijn dan de pH van oligotroof veen. De bovengronden op deze venen bezitten vaak weer een veel hogere pH. Deze is echter uiteraard mede afhankelijk van de bemesting.

Gele vlekken van basisch ferrisulfaat vindt men in de venen niet. Het is niet bekend of deze verbinding bij de omzettingen in het geheel niet wordt gevormd of dat zij alleen niet opvalt, omdat zij b.v. gelijkmatig verdeeld in de veengrond voorkomt.

*b. In het Oude Zeekleigebied*

1. Bonklaagje

In par. II werd reeds op het voorkomen van het bonklaagje gewezen. Dit bonklaagje springt ook in de volgende analyses van monsters uit een profiel aan de rand van een klein ruggetje in het oog.

Laag	Humus	pH	
0-5 cm	40	5,7	Bovengrond
25-38 „	87,5	3,9	Bonklaagje zwart brokkelig
38-43 „	11,5	3,6	Katteklei

Opvallend is, dat de pH van het bonklaagje maar weinig hoger is dan de pH van de katteklei. Uit de polder Wilnis-Veldzijde ten zuiden van de Ronde Venen en uit de Puttepolder bij Boskoop werden een aantal monsters van een nog gereduceerd bonklaagje genomen. Deze monsters bleken behalve zaden van waterplanten ook vrij veel pyriet te bevatten. Het bonklaagje bevat dus, althans plaatselijk, pyriet. De lage pH in het bovengenoemde monster moet dan ook waarschijnlijk aan verzuring door pyriet geweten worden.

2. Oude Zeeklei

De Oude Zeeklei in de gereduceerde ondergrond van de droogmakerij Groot Mijdrecht blijkt overal vrij grote hoeveelheden zwavelverbindingen te bevatten. In fig. 6, 3e kolom, staat het zwavelgehalte van 31 monsters, die gerangschikt zijn naar toenemend slibgehalte, aangegeven. Het zwavelgehalte in de monsters (meest aanwezig als pyriet) wisselt van  $\frac{1}{2}$  tot 3 %, gemiddeld is het  $1\frac{1}{2}$  tot 2 %. Zwavelgehalten boven  $1\frac{1}{2}$  % blijken alleen in de wat zwaardere monsters (met 60 % afslibbaar en meer) aanwezig te zijn. Daar in de ruggen vrij veel lichtere gronden voorkomen, vinden we hier dus in het algemeen ook wat lagere zwavelgehalten. De zwaardere gronden in de

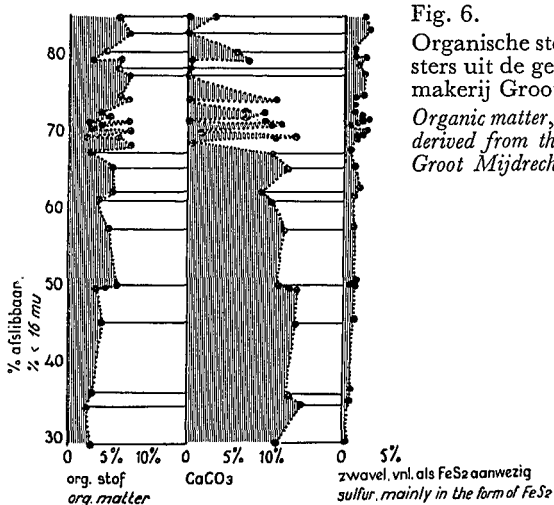


Fig. 6.

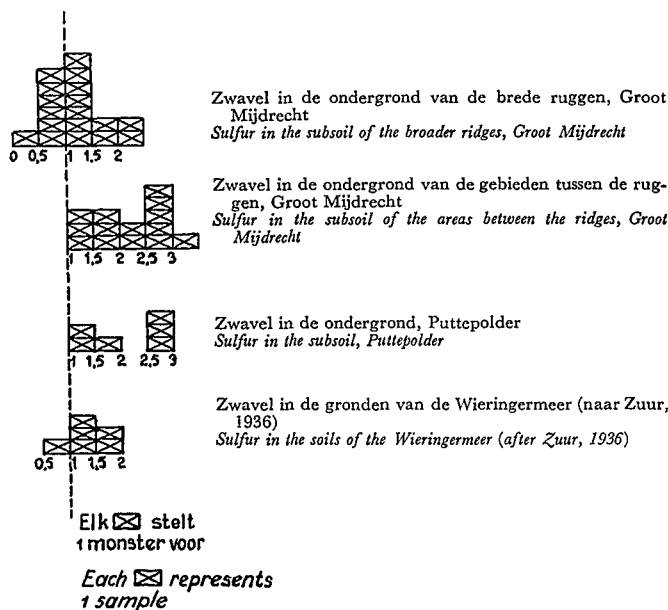
Organische stof, koolzure kalk en zwavel in de monsters uit de gereduceerde ondergrond van de droogmakerij Groot Mijdrecht.

*Organic matter, Calcium-carbonate and sulfur in the samples derived from the deoxidized subsoil of the reclaimed lake Groot Mijdrecht.*

Fig. 7.

De hoeveelheid zwavel verdeeld in klassen opklimmend met 0,5 % in de ondergrond van Groot Mijdrecht, de Puttepolder en de Wieringermeer.

*Sulfur content, divided in to classes with an interval of 0.5 %, in the subsoil of three different polders.*



ruggen (II) hebben echter ook niet zulke hoge gehalten als buiten de ruggen (II2, 4, 5), zoals uit fig. 7 blijkt. Ter vergelijking zijn ook enkele monsters van de Oude Zeeklei uit de Puttepolder en uit de Wieringermeer weergegeven. In de ruggen blijken gehalten hoger dan 2,5 % niet voor te komen, terwijl in de gebieden tussen de ruggen percentages lager dan 1 % niet te vinden zijn. Hierbij moet opgemerkt worden, dat deze monsters alle uit de diepere gereduceerde ondergrond komen; het bovenste laagje van de ruggen kan mogelijk oorspronkelijk een hoger pyrietgehalte gehad hebben. De monsters uit de Wieringermeer blijken ongeveer vergelijkbaar te zijn met de ruggen. Zij bezitten dus wat lagere zwavelgehalten dan de modderkleimonsters uit de gebieden tussen de ruggen en uit de Puttepolder.

De maximale zwavelgehalten blijken in de modderkleien rond 3 % te liggen. Monster 30 (tabel 1) heeft 185 m.-aeq.  $\text{SO}_3$  en 23 m.-aeq.  $\text{CaO}$ . Hier blijkt dus een tekort van ca 160 m.-aeq.  $\text{CaO}$  te zijn; dat is 8 %  $\text{CaCO}_3$ . De monsters 18 en 54 hebben resp. 8 en 7 % tekort aan  $\text{CaCO}_3$  ten opzichte van de aanwezige zwavelverbindingen.

#### IV. HET VOORKOMEN VAN KOOLZURE KALK

De hoeveelheid koolzure kalk in de ondergrondmonsters van Groot Mijdrecht hangt enigszins samen met de textuur, zoals uit fig. 6 blijkt. Bij de monsters met een gehalte aan afslibbare delen tussen 30 en 65 % is vrij veel  $\text{CaCO}_3$  aanwezig (9 % en meer). Bij de monsters met meer dan 65 % afslib-

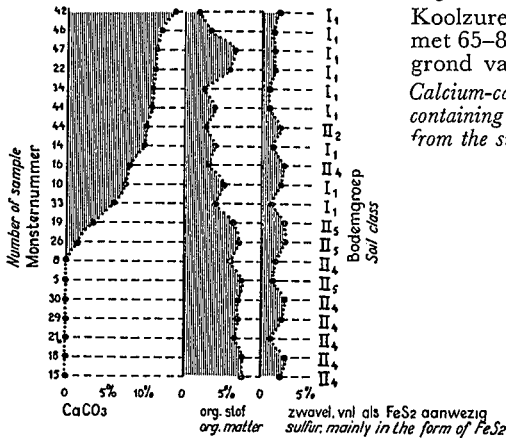


Fig. 8.  
Koolzure kalk, organische stof en zwavel in monsters met 65–85 % afslibbaar uit de gereduceerde ondergrond van de droogmakerij Groot Mijdrecht.  
*Calcium-carbonate, organic matter and sulfur in samples, containing 65–85 % particles smaller than 16  $\mu$ , derived from the subsoil of the reclaimed lake Groot Mijdrecht.*

De monsters zijn gesorteerd naar toenemend kalkgehalte. Bet ekenis van de symbolen: I<sub>1</sub> bredere ruggen; II<sub>2</sub> vlakken met kalkrijke klei of zavel boven 2,00 m; II<sub>4</sub> en II<sub>5</sub> modderkleigebieden met kalkloze of kalkhoudende klei.

*The samples have been assorted according to increasing content of calcium-carbonate. Meaning of the symbols: I<sub>1</sub> broader ridges; II<sub>2</sub> areas with calcareous clay or silt above 2.00 m below the turf; II<sub>4</sub> and II<sub>5</sub> mudclay areas with non-calcareous or slightly calcareous clay.*

baar is soms vrij veel en soms weinig of geen CaCO<sub>3</sub> aanwezig. Vergelijken we dit met de Oude Zeeklei uit de Wieringermeer (Zuur, 1936), dan blijkt deze regel daar niet op te gaan. In de Wieringermeer zijn soms ook de wat lichtere monsters kalkarm.

In fig. 8 zijn de wat zwaardere monsters gerangschikt naar toenemende kalkgehalten. Er blijkt nu, dat de monsters uit de bredere ruggen (I 2) steeds kalkrijk zijn. De kalkarme of kalkloze monsters stammen uit de gebieden tussen de ruggen (II 4 en II 5). Slechts enkele monsters tussen de ruggen zijn kalkrijk. Het monster II 2 is op de kalkrijkdom gekarteerd en eveneens is een monster II 4, dat dus een overgang naar II 2 vormt, kalkrijk. De kalkarme monsters hebben alle een vrij hoog humusgehalte, nl. meer dan 6 %. De kalkrijke zijn meest minder humeus, maar niet altijd (monster 22 en 47).

Men vindt dus in Groot Mijdrecht, vooral in de ondergrond van de ruggen, goed kalkrijk materiaal om naar boven te brengen en de gronden mee te verbeteren. De ondergronden in de gebieden buiten de ruggen zijn voor dat doel meest niet geschikt. Daar ze wel veel zwavelverbindingen bezitten en slechts weinig of geen koolzure kalk, vormen ze bij aëratie de zure katteklei.

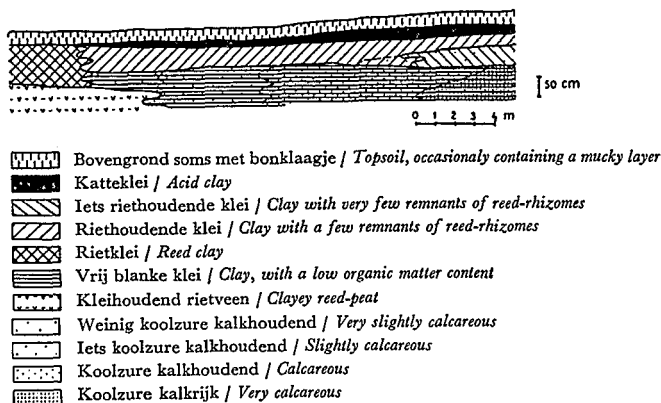
## V. OVER DE OORZAKEN VAN HET VERSCHIL IN HET KOOLZURE KALKGEHALTE

Door Van der Spek (1952) wordt aangegeven, dat katteklei alleen kan ontstaan bij kleien, die veel pyriet bevatten en die verder door de veenvegetatie, die boven op de klei groeit, hun kalk hebben verloren. Vergelijkt men nu de profielen van rug en depressies, dan blijkt op de bredere ruggen vrijwel direct onder het veen reeds kalkrijke grond voor te komen, hoogstens is er een klein laagje van 5 à 10 cm dat kalkarm is. Hieruit blijkt dus wel, dat de invloed van de veenvegetatie slechts gering is geweest. Ook in de meer westelijk gelegen polders vindt men oude zeeklei, die vrijwel tot bovenin kalkrijk

Fig. 9.

Kalkverschillen in de profielen van een ruggetje naar de depressie in de droogmakerij Groot Mijdrecht.

*Differences in calcium-carbonate content going from a ridge towards a depression in the reclaimed lake Groot Mijdrecht.*



is; hoogstens kan een dun kalkarm laagje aanwezig zijn geweest, dat later weer is doorgeploegd. Boort men op plekken, waar niet verveend is, dóór het veen in de klei, dan treft men boven op de zeeklei vaak een dun laagje aan, dat inderdaad kalkarm of kalkloos is. Dit laagje is bij grotere ruggen zeer dun, bij kleinere ruggetjes vaak dikker. Het bestaat meestal uit klei met rietresten. Men kan zich nu afvragen, of dit laagje reeds tijdens zijn ontstaan alle  $\text{CaCO}_3$  verloren heeft of onder invloed van de vegetatie, die op de klei groeide. Waarschijnlijk hebben beide factoren hierbij een rol gespeeld. Het laagje is waarschijnlijk reeds vrij kalkarm geworden tijdens de afzetting en heeft later de weinige kalk, die het nog bevatte, verloren. Indien er onder dit laagje zavel voorkomt, dan is deze meest weer kalkrijk. In fig. 9 ziet men een voorbeeld van de verspreiding van de kalk in Groot Mijdrecht en wel vanaf een kleine rug naar een depressie. Er vallen, wat het kalkgehalte betreft, twee verschijnselen op, nl. het kalkgehalte neemt af van rug naar depressie en het neemt toe van boven naar onderen.

Beschouwen we eerst de afname van de koolzure kalk van onderen naar boven. Deze afname kan voor een groot deel verklaard worden door de invloed van de  $\text{CaCO}_3$  oplossende producten, die bij de oxydatie van de pyriet in de bovenste lagen ontstonden. Het blijkt echter in het veld, dat de kalkloze zone vaak dieper rijk (althans in de depressies) dan de zône, waarin oxydatie plaatsvindt. Het is daarom ook mogelijk, dat bovendien andere factoren een rol spelen, zoals de invloed van de veenvegetatie, die op de klei groeide en de verandering in het milieu tijdens de sedimentatie van de bovenste laag van de oude zeeklei, wat, zoals we later zullen zien, invloed op het koolzure kalkgehalte kan hebben.

Beschouwen we de diepere lagen van de kleine kreekruggen en depressies, dan zien we, dat in de ruggen deze lagen rijk aan koolzure kalk zijn, terwijl ze in de depressies veel minder kalk bevatten. Deze diepere lagen zijn alle gereduceerd. De oxydatie van pyriet zal hier geen rol meer spelen, terwijl ook de invloed van de veenvegetatie, die op de oude zeeklei groeide, nihil zal

zijn (daarvoor liggen deze lagen te diep). Deze verschillen in kalkgehalte moeten dus reeds dateren uit de tijd, dat deze oude zeeklei ontstond. Voor de practijk zijn deze verschillen in gehalte aan koolzure kalk niet zonder belang. De diepere lagen in de depressies bezitten soms te weinig kalk (vaak maar ca 2 %  $\text{CaCO}_3$ ) om bij het boven brengen de zure producten, die bij oxydatie van pyriet ontstaan, te neutraliseren en vormen dan kateklei.

Gaan we na door welke factoren we de kalkverschillen in de diepere ondergrond kunnen verklaren, dan kan in de eerste plaats erop gewezen worden, dat op de gors (nu de depressie) ontkalkende en in de kreek kalkverrijkende invloeden werkten. Door Zuur (1936) werd een dergelijke theorie gelanceerd voor de wad- en kweldergronden in de Wieringermeer. De eerste zijn steeds kalkrijk, terwijl in de kweldergronden ook kalkarme lagen voorkomen. Door Zuur werd deze ontkalking tijdens de opslibbing beschouwd als een normale uitspoeling, die misschien door de aanwezigheid van veel vegetatie en veel verterende organische stof wat sneller verliep dan normaal. Hij bracht dan ook naar voren, dat deze gronden tijdens de opslibbing vrij hoog boven het grondwater moesten hebben gelegen om te kunnen doorspoelen. Deze theorie van primaire ontkalking bleek later ook in vele jonge zeekleigebieden te kunnen worden toegepast, zoals b.v. in Walcheren, de Oudere Dollardpolders en de rand van het IJ (Edelman, 1950). Ook in Groot Mijdrecht blijkt deze theorie bruikbaar.

Aan de voorwaarde, dat deze gronden hoog boven het water moeten liggen tijdens de opslibbing, wordt echter hier niet voldaan. Deze gronden waren, zoals reeds naar voren werd gebracht, tijdens hun ontstaan bijzonder slap. Dit wijst er op, dat ze niet hoog boven het grondwater hebben gelegen. Ook is de doorlatendheid van dergelijke zware, natte kleien zeer gering. Veel doorspoeling zal er dus in elk geval niet zijn geweest. De ontkalking verliep dus waarschijnlijk anders dan Zuur heeft aangegeven. Deze slappe humeuze kleien waren waarschijnlijk tijdens de afzetting steeds of bijna steeds gereduceerd. In een gereduceerd milieu kan de  $\text{CO}_2$ -spanning veel hoger oplopen dan in een goed geaëreerd milieu, zodat de invloed van de  $\text{CO}_2$  op de ontkalking toeneemt. Bovendien treedt reductie van sulfiden op. Deze sulfiden kunnen bij een latere oxydatie ook invloed uitoefenen.

De inwerking van het koolzuur en de zwavelhuishouding kunnen in een dergelijk milieu beide ontkalkend werken. Indien er door koolzuur of sulfidenoxydatie wat  $\text{CaCO}_3$  is opgelost, dan moet dit opgeloste  $\text{CaCO}_3$ , wil het proces niet stagneren, ook worden afgevoerd. Dit ging moeilijk door de met water verzadigde ondergrond. De hoeveelheden, die door het profiel zakten, zullen maar klein zijn geweest. Het belangrijkste gedeelte werd waarschijnlijk afgevoerd door een uitwisseling tegen het er boven staande water bij een volgende vloed.

Voor het verklaren van de verschillen in kalkgehalte tussen de profielen van de ruggen en depressies is dus de ontkalking tijdens de sedimentatie in de gebieden tussen de ruggen belangrijk. Anderzijds is ook de kalkverrijking in de kreek, waar zowel door dieren als door chemische processen kalk kan neerslaan, belangrijk. Elders in dit boek (Bennema, 1953) wordt verder op de ontkalking en verrijking tijdens de opslibbing ingegaan.

## Summary

The differences in the pyrite and calcium-carbonate contents in the soils of the reclaimed lake „Groot-Mijdrecht” are discussed in relation to the genesis of that area. The former bottom of „Groot-Mijdrecht” lies about 5.50 metres below sea-level. In the east is a layer of peat of 3 m overlying sand, in the west is a shallow peaty toplayer overlying old sea clay. This old sea clay which was formed in the border area between peat and the former sea shallows, is usually very soft but heavy and contains a large number of reed-rhizomes. It is, however, intersected by strips where at a certain depth a somewhat more solid lighter clay or a silt edge is to be found. These strips, as indicated on the map, form a pattern of small tidal creeks. Due to the diversity of shrinkage they are now higher than the intermediate areas.

The samples (table 1; fig. 5 to 9) originate mainly from the reduced subsoil and show something of the distribution of the calcium-carbonate and of the sulphur compounds. The peat is non-calcareous, but pyrite can be traced by the microscope.

Sulphur compounds (mainly pyrite) are also present in the clay and silt of the creek-„ridges”, but at the same time the calcium content is very high, particularly in the slightly wider ridges. The soils between the ridges contain very little or no  $\text{CaCO}_3$  but many sulphur compounds. The content of sulphur is on the average higher there than in the subsoils of the creek-ridges and also the organic matter content is usually slightly higher. The low  $\text{CaCO}_3$  content of the soils in the areas between the ridges is probably due to a decalcification during sedimentation, as there are reasons to assume that the silt was high in calcium-carbonate when it was deposited. It is not quite clear whether the decalcification was due to a formation of big quantities of  $\text{CO}_2$  or to the formation of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  from ferric sulphide (during sedimentation). If aerated, the non-calcareous clays rich in pyrite are forming an acid clay with yellow spots of basic ferri-sulphate, called „katteklei” (cat-clay) in the Netherlands.

## LITERATUUR

- Bemmelen, J. M. van*, 1886: Bijdragen tot de kennis van den alluvialen bodem van Nederland. Natuurk. Verh. Kon. Akad. Wet. Amsterdam **25**, 33.
- Bendegom, L. van*, 1950: Enkele beschouwingen over de vorming en vervorming van wadden. T. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. **67**, 3.
- Bruin, F. H.*, 1939: De Ronde Venen. Diss. Utrecht.
- Bruin, P.*, 1938: De aanwezigheid van calcium-magnesium-carbonaat naast calcium-carbonaat in kleigronden en de ontleding dezer carbonaten onder invloed van zoutzuur, aazijnzuur en de bodemzuren. Versl. Landbouwk. Onderz. **44**(15)A, 693-738. 's-Gravenhage.
- Edelman, C. H.*, 1946: Katteklei. Groenten en Fruit, 32 en 33. Herdrukt in Boor en Spade **I**, 1948, 172-176.
- Edelman, C. H.*, 1950: Soils of the Netherlands. Amsterdam.
- Florschütz, F.*, 1941: Palaeobotanische bijdrage tot de oplossing van het Schalterprobleem der Friesche Weiden. T. Ned. Heidemij **53**, 12.
- Harmsen, G. W.*, 1938: Biologische ijzeromzettingen in den bodem. Chemisch weekbl. **35**, 495-502.
- Hissink, D. J.*, 1923: Bagger uit het Damsterdiep. Groninger Landbouwblad, 30 Juni. Zure gronden in Zuid- en Noord-Holland (Katteklei). Vlughschrift landbouwtentoonstelling Gouda, 20 Juli.
- Hudig, J. en J. J. Duyverman*, 1950: De Centrale Venen van Zuid-Holland en West-Utrecht. Versl. Landbouwk. Onderz. **56**, 1. 's-Gravenhage.
- Oosting, W. A. J.*, 1941: Iets over bonk en schalter. T. Ned. Heidemij **53**.