

Summary

Until recently the responsibility of the genesis of soil profiles in the Netherlands was mainly attributed to the way of sedimentation and soil formation, viz. to heterogenization.

Whilst young alluvial deposits usually showed a pronounced stratified structure, this stratification had evidently disappeared in similar deposits of an older age, at least in the upper part of the profiles. This is due to a joint action of the soil flora and fauna. These soils have been what is called homogenized.

Homogenization is as a rule confined to the part of the profile penetrable to plant roots. Particles of the soil can drop down into pores left behind by roots, but the soil-faunistic activities accomplished by moles, worms etc., are responsible for the moving upward of material from the subsoil. Homogenization should, however, not only be looked upon as a cause of the elimination of stratified structures, but also as a counterpart of heterogenization forces.

For a proper interpretation of the structure of the profile in alluvial districts homogenization cannot be dispensed of.

An abandoned system of river courses is finally silted up with heavy basin clays, but the nature of the ensuing profiles proves to depend on their elevation and the nature of the subsoil. For this mode of sedimentation we have adopted the term asymptotical accretion (fig. 6).

The rate at which the originally calcareous profiles loose the lime in the topsoil has proved to be dependent to some extent on the potentialities of regeneration. If the surface of a profile is high enough above the watertable, the moles and worms move the calcareous material upward from the subsoil.

Heavy dressings of organic manure regularly applied for a long term of years on some river-ridge soil profiles have stimulated the activity of the soil fauna with the result that the dark colour of the soil now extends downward under the tilled layer, but on the other hand so much calcareous material was moved upward that even to-day free chalk is available in the tilth which still shows a proper pH. The top-layers of the other profiles, originally of the same composition, but not managed properly, are now destitute of lime and show low pH's.

4. DE ONTKALKING TIJDENS DE OPSLIBBING BIJ NEDERLANDSE ALLUVIALE GRONDEN

Decalcification during accretion of alluvial soils in the Netherlands

door/by

Ir J. Bennema

*Voordracht, gehouden tijdens de 29e Wetenschappelijke Bijeenkomst
van de Nederlandse Bodemkundige Vereniging te Utrecht op 14 November 1952*

De theorie over de ontkalking tijdens de opslibbing is in Nederland het eerst naar voren gebracht door Zuur (1936) bij zijn onderzoek in de Wieringermeer, waar hij in de oude zeelei kalkrijke wadafzettingen naast kalkarme

kwelderafzettingen vond. Door ons werd deze theorie toegepast ter verklaring van verschillen in kalkgehalte van kreekruigen en poelen op Walcheren (Bennema en Van der Meer, 1952) en ook verder in Zeeland. Enige voorlopige mededelingen hierover verschenen in *Soils of the Netherlands* (Edelman, 1950). Korte tijd daarna bleek echter, dat op allerlei punten in de jonge en oude zeekleigebieden verschillen in gehalten aan koolzure kalk optreden, die aan ontkalking tijdens opslibbing geweten moeten worden. Zo werden primair ontkalkte gronden langs het IJ (Güray, 1951), in het mondingsgebied van de grote rivieren en overal in de oude zeeklei, zowel in het gebied van de zogenaamde kwelderkleien als in het gebied der modderkleien, gevonden. Onlangs wees ook Van der Spek (1952) op het grote belang van primaire ontkalking van de Nederlandse alluviale gronden, waarbij hij vooral de aandacht vestigde op de invloed van de sulfidenhuishouding.

De voorbeelden van primaire ontkalking, die hiervoor reeds werden aangestipt, zijn alle van de zeeklei. Daarbij gaan we er van uit, dat het zwevend slib in zee en dus ook het pas afgezette slib steeds kalkrijk is. We weten door het onderzoek van Zuur (1936) en de Rijkswaterstaat n.l. met zekerheid, dat het zwevend slib in zee zeer veel koolzure kalk bevat en dat deze over alle fracties verdeeld is, al komt in elke fractie niet evenveel voor. Ook de pas gesedimenteerde zeeklei of zavel zal dus kalkrijk zijn. De gegevens over het zwevend materiaal, waaruit onze rivierafzettingen ontstaan zijn, duiden er ook op, dat dit kalkrijk is. Hoe de kalk over de fracties verdeeld is, is echter thans nog onbekend. Deze gegevens zijn ook moeilijk te verkrijgen, daar de tegenwoordige omstandigheden in onze grote rivieren geheel afwijken van de vroegere. Het best blijkt dit wel bij de Maas, waar, zoals door Schelling (1952) is beschreven, thans materiaal op de uiterwaarden wordt afgezet, dat een groot percentage kolenslib bevat. Dit kolenslib is voornamelijk afkomstig uit de Belgische mijnstreek.

Uit 1883 en 1885, dus uit een tijd, waarin de rivieren nog niet zo sterk vervuild waren als thans, zijn enige gegevens bekend, waaruit blijkt, dat toentertijd het verse slib rijk aan koolzure kalk was (Lely, 1887). In 1883 werden verschillende monsters slib, welke bij Pannerden op verschillende dagen (in September, November en December) verzameld waren, geanalyseerd. Hierbij werden koolzure kalk + koolzure magnesia en ijzeroxyden niet gescheiden. De hoeveelheden koolzure kalk + koolzure magnesia en ijzeroxyden varieerden op de verschillende data van 15 tot 38 %. In 1885 werden monsters van verschillende plaatsen, zowel uit Rijn als Maas, onderzocht. Nu bepaalde men de ijzeroxyden koolzure kalk en koolzure magnesia meest wel afzonderlijk. De hoeveelheid koolzure kalk varieerde van 14 tot 28 %, de koolzure magnesia van 0,8 tot 2,4 % en de ijzeroxyden van sporen tot 8,8 %. Bij al deze getallen moet men echter wel bedenken, dat men het slib won door het in open schalen te laten bezinken. Het is niet uitgesloten, dat gedurende dit proces koolzure kalk uit het water neersloeg door verandering in het koolzuur gehalte en in de temperatuur en dat de gevonden hoeveelheden dus niet geheel in het oorspronkelijke zwevende slib aanwezig waren.

Dat deze neerslag een belangrijke rol zou kunnen spelen blijkt, als men weet, dat de gevonden hoeveelheden koolzure kalk in het slib 10 à 20 mg per liter water betekenen, terwijl volgens een opgave, die in Schuiling (1934) voorkomt, de totale hoeveelheid opgeloste CaCO_3 per liter enkele malen groter is. Wel mogen we echter uit de resultaten concluderen, dat het vers afgezette riviersediment in elk geval rijk aan CaCO_3 is. Hetzelfde resultaat volgt ook

uit het werk van Hissink (1926), die vers afgezet slib onderzocht, waarbij ook vrij zwaar sediment aanwezig was.

Beziet men, met deze kennis gewapend, de kalkgehalten van de rivierkleigronden binnen de dijken, dan valt direct het grote verschil tussen de gronden van de oeverwallen en die van de kommen op, waarbij de profielen van de oeverwallen kalkrijk en die van de kommen kalkloos of kalkarm zijn. Dit verschil wordt veroorzaakt door een verschil in ontkalkingsnelheid. De oeverwallen groeien sneller omhoog dan de kommen en bovendien is het milieu in de kommen ook gunstiger voor ontkalking tijdens de opslibbing. De kommen zijn nl. natter en meer gereduceerd. Zoals in het volgende bevestigd zal worden, is dit een omstandigheid, die het proces bevordert. Naast deze factoren kan plaatselijk een derde factor werkzaam zijn, nl. de aanvoer van water, dat agressief is voor koolzure kalk. Dit water kan, indien het zich mengt met het water dat het slib aanvoert, reeds tijdens het vervoer van het slib de koolzure kalk aantasten. Ook kan het tijdens de sedimentatie of er na werkzaam zijn. Door Ir L. J. Pons en Ir K. J. Hoeksema worden plaatselijke verschillen in kalkgehalten van de profielen van de oeverwallen hieraan toegeschreven. Ook in de verschillende uiterwaarden kan men volgens Buringh (1951) en Ir K. J. Hoeksema oeverwallen en kommen onderscheiden, waarbij de oeverwal weer kalkrijk en de kom kalkarm is. Bovendien vond Buringh dichtgeslibde strangen, gelegen in kalkrijke uiterwaarden, die zelf kalkarme profielen bezaten. Deze verschijnselen kunnen het best begrepen worden door het aannemen van een ontkalking tijdens de opslibbing, waarbij in een laag liggend gebied sterkere ontkalking optreedt dan in een hoog gelegen gebied met goed doorluchte bodem, een proces dat plaatselijk, b.v. langs de Veluwerand, versterkt kan worden door de aanvoer van agressief water. De theorie, dat juist in een gereduceerd milieu sterkere ontkalking optreedt, vindt ook zijn bevestiging in het onderzoek van Ir I. S. Zonneveld in de Biesbosch.

In het Biesboschlandschap kan men in hoofdzaak de volgende elementen onderscheiden:

- a. geulen,
- b. hogere oeverwalleetjes langs de geulen,
- c. kommen of platen tussen de ruggetjes.

Zowel kommen als platen hebben een sterke ontwikkeling van de vegetatie.

De grond in de kommen is modderachtig en sterk gereduceerd, terwijl de oeverwalleetjes, die meest ook uit wat lichtere grond bestaan, gedurende enkele maanden van het jaar beter doorlucht zijn. Volgens de voorlopige gegevens van Ir Zonneveld zijn de oeverwallen kalkrijker dan de platen of kommen. In de noordoost hoek van de Biesbosch vindt men in sommige polders in de plaatgronden een kalkarme, zeer zware laag, die op een lichtere ondergrond ligt. Boven deze plaat komt iets lichtere, maar nog steeds zware, kalkhoudende bovengrond voor. Volgens Ir Zonneveld dateert de kalkarme laag uit de tijd, waarin het gebied niet gebruikt werd voor riet- en griendcultuur, terwijl de kalkhoudende laag is gevormd in de tijd van griend- en rietcultuur, toen het landschap sterk doorgreppeld werd en hierdoor zijn komachtige karakter verloor.

Zover de gegevens thans een conclusie toelaten, moet volgens Ir Zonneveld dit verschil in kalkrijkdom tussen de kalkarme laag en de bovengrond verklaard worden als een verschil in doorluchting van de kommen in het

natuurlandschap met zijn sterk gereduceerde kommen en het beter geaëreerde landschap tijdens de griendcultuur.

Door Moormann (1951) wordt in zijn proefschrift over het Oudland van Veurne-Ambacht ook betoogd, dat ontkalking in het algemeen in slechter ontwaterde gebieden sterker is dan in goed ontwaterde gebieden. Als voorbeeld noemt hij een poelgebied, dat sinds lang voor een deel wel goed ontwaterd is en voor een ander deel niet. De kalktoestand blijkt in het goed ontwaterde gebied beter te zijn dan in het slecht ontwaterde. Hoewel hij hierbij vooral het oog heeft op de ontkalking tijdens het landbouwkundig gebruik, is er geen enkele reden deze theorie niet uit te breiden voor de omstandigheden tijdens de opslibbing. In vele gebieden is juist tijdens de opslibbing de moerassigheid extreem groot. Deze theorie sluit aan bij de oude boerenwijsheid, dat bij slechte ontwatering de grond verzuurt. Ligt de grond echter zeer laag, zodat er het gehele jaar een weinig water op staat, dan ziet men vaak het tegenovergestelde; o.a. door het dierenleven (schelpen) kan er dan kalk worden vastgelegd.

Dat in een gereduceerd milieu sterkere ontkalking kan optreden dan in een goed geaëreerd milieu kan aan verschillende factoren worden toegeschreven. In een sterk gereduceerd milieu, d.w.z. in een slecht doorluchte grond met organische stof die omgezet wordt, kan de koolzuurspanning in het water hoger oplopen dan in goed doorluchte gronden. Wel wordt de uitwerking, die het koolzuur heeft, nl. de hoeveelheid CaCO_3 die het kan oplossen, bij aanwezigheid van meer koolzuur steeds geringer, maar er kan toch maximaal ca $5 \times$ zoveel CaCO_3 opgelost worden bij hoge koolzuurspanningen dan bij de koolzuurspanning, die in evenwicht is met de lucht.

Maken we een berekening van de ontkalking die tijdens de opslibbing mogelijk is op grond van een normale ontkalking, zoals die b.v. in de Dollardpolders voorkomt, dan mogen we rekenen dat in ca 75 jaar 40 cm grond 1 % kalk verliest (Edelman en De Smet, 1951). Bij een opslibbing van 40 cm in 750 jaar zouden er in sommige gebieden dus kalkloze afzettingen door normale ontkalking kunnen ontstaan. Willen we, zoals Hissink (1952) doet, liever met een ontkalkingsnelheid van 47 jaar rekenen, dan komen we tot ca 40 cm in 470 jaar en met de getallen van Maschhaupt (1952) tot ca 40 cm in 250 jaar. Daar deze cijfers berekend werden in een gebied, dat voor een groot deel uit bouwland bestaat, zal onder weiland en ook onder natuurlijke omstandigheden de ontkalking sneller gaan; de anthropogene homogenisatie werkt hier immers minder sterk. Bovendien werkt de hogere CO_2 -spanning versnellend op de ontkalking. Aan de hand hiervan mogen we ongeveer rekenen, dat in voor ontkalking gunstige omstandigheden in 250 jaar 40 cm grond 10 % kalk door de CO_2 -ontwikkeling heeft verloren. Dit cijfer is een schatting en bedoeld om een indruk te krijgen van hetgeen we van deze CO_2 -ontkalking kunnen verwachten. Nu verliep in vele gevallen de opslibbing van oude afzettingen, dus van die voor de bedijking, niet veel sneller dan 40 tot 80 cm in 250 jaar. Uit hoofde van de CO_2 -ontkalking kunnen we in deze gevallen dus reeds op een vrij sterke ontkalking rekenen. Door Zuur (1936) werd de ontkalking tijdens de opslibbing van de kweldergronden in de Wieringermeer geheel aan de CO_2 -ontwikkeling geweten.

Naast de CO_2 kan echter ook de zwavelhuishouding in dergelijke milieu's, die tijdelijk gereduceerd zijn, een belangrijke rol spelen bij de ontkalking tijdens de opslibbing, zoals door Van der Spek (1952) wordt betoogd. Ook de gegevens, die Ir J. van der Linde uit de gorzen van Overflakkee verza-

meld heeft, wijzen in dezelfde richting. Hierbij wordt niet alleen gedacht aan de verzuring, die optreedt bij de ontwatering van het land tijdens de in gebruikneming, maar meer aan de invloed van de sulfiden tijdens de opslibbing. Door reductie ontstaan nl. zwavelijzer en pyriet, die bij oxydatie zure producten, zwavelzuur en ferrosulfaat, vormen, waardoor de aanwezige kalk wordt aangetast. Bij een beschouwing van deze processen stuiten we echter op een tekort in onze kennis. Hoewel de invloed van de oxydatie van zwavelijzer en pyriet op de koolzure kalk en op de basenhuishouding in het algemeen goed bestudeerd is, weten we vrij weinig van de invloed van de sulfaatreductie op de koolzure kalk. Bij de sulfaatreductie ontstaat naast sulfiden ook CaCO_3 . Volgens sommige auteurs, zoals Baier (1937) en Bovendamm (1932), zou CaCO_3 in bepaalde gevallen neerslaan. In dit geval geeft een latere oxydatie van de sulfiden alleen ongeveer de begintoestand terug en is er geen eigenlijke verarming van het sediment. Of de zwavelhuishouding tot vermindering van de CaCO_3 zal leiden, is dus ook afhankelijk van de mogelijkheid van het bij deze reductie gevormde CaCO_3 om in oplossing te blijven. Hierbij kan de verhoogde CO_2 -spanning een gunstige rol spelen; een gedeelte van de CO_2 kan dan echter geen invloed meer uitoefenen op de in het sediment reeds aanwezige kalk. De sulfaatreductie werkt dus in dit veronderstelde geval de ontkalking in eerste instantie tegen. De latere oxydatie van de sulfiden komt dus hiervoor min of meer in de plaats. Hoe groot de rol van de sulfaatreductie op de kalkprecipitatie is onder diverse omstandigheden, zal nader detailonderzoek moeten uitmaken.

Naast deze sulfaatreductie spelen er talrijke andere factoren een rol, die tot CaCO_3 -aanrijking kunnen leiden. Behalve de kalk, die in schelpen, foraminiferen en ostracoden wordt neergelegd, spelen verschillende biochemische processen een rol bij de kalkaanrijking, zoals o.a. de koolzuurassimilatie van ondergedoken waterplanten en de omzettingen van ammoniak, eerst tot ammonium carbonaat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ en later tot sulfaat. Hoe groot de rol van deze processen in onze aanslibbingen is, is echter geheel onbekend. Door Maschhaupt (1949), die aan deze kwestie een uitvoerige beschouwing wijdt, wordt dan ook terecht opgemerkt, dat een onderzoek hiernaar spoedig dient te geschieden.

De bovengenoemde sulfidenhuishouding zal vooral een rol spelen in de zoute en brakke gebieden, maar toch zal hij in de zoete gebieden ook niet geheel ontbreken. Door sommige buitenlandse onderzoekers, zoals b.v. Stremme, wordt de invloed van de sulfaathuishouding ook in zoete gebieden zeer belangrijk geacht. Uit Nederland zijn ons hierover echter geen gegevens bekend.

Als derde mogelijkheid van ontkalking tijdens opslibbing moet de ontwikkeling van organische zuren worden gezien. Baier (1937) deelt mede, dat Kuznetsov in het bodemslib van meren 0,14 tot 1% mierenzuur, azijnzuur en boterzuur vond. Of deze factor bij ons al dan niet een rol speelt, zal ook door verder onderzoek moeten worden uitgemaakt.

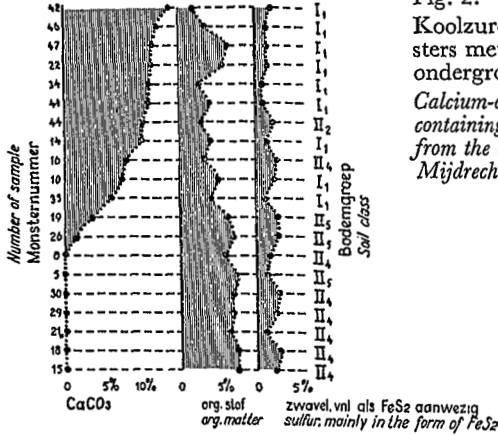
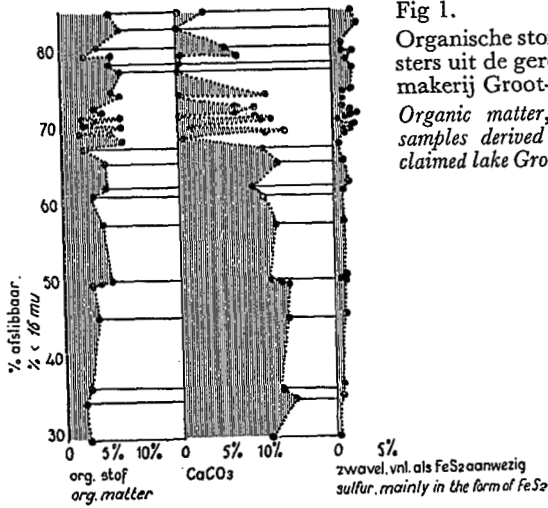
De ontkalking tijdens de opslibbing vindt men zowel in gebieden, die door zout, als in gebieden, die door brak water overstroomd worden en naar we aannemen, ook in de gebieden, die door zoet water overstroomd worden. De vegetatie kan zowel die van een kwelder of rietgors als die van een broek (m et houtgewas) zijn. In het voorgaande werd reeds het voorbeeld van de Biesbosch gegeven, waar de platen of kommen met houtgewas begroeid war en.

Op Walcheren werd door ons de theorie van de primaire ontkalking ge-

bruikt om de verschillen in kalkrijkdom tussen de profielen van poelen en kreekruigen te verklaren. De poelen, bestaande uit zware klei op veen, liggen nu laag, maar waren tijdens de opslibbing de hoogste delen; zij zijn kalkloos of kalkarm. De kreekruigen, die voor het merendeel van voor 800 n. Chr. dateren, lagen vroeger als beddingen het laagst in het land; thans liggen ze het hoogst. Vergelijkt men de profielen van de kreekruigen met die van de poelen, dan blijken de eerste altijd veel kalkrijker dan die van de bijbehorende poelen. Men zou dat verschil toe kunnen schrijven aan een verschil in ontkalking, daar de poelen altijd slechter ontwaterd waren. Het blijkt echter, dat ook op oudere ruggen, die na hun verlanding een dek poelklei hebben gekregen, kalkarme profielen te vinden zijn. Dat dit niet aan de zwaarte van de grond ligt, blijkt wel uit het feit, dat er ook zware, kalkrijke kreekrugprofielen te vinden zijn. Het sediment in de kreekruigen kreeg tijdens de opslibbing nog kalk toegevoerd in de vorm van schelpen. De poelgronden hebben daarentegen reeds tijdens de opslibbing koolzure kalk verloren. Wel heeft deze ontkalking waarschijnlijk niet geheel kalkloze afzettingen tengevolge gehad; in de jongere poelgronden vindt men op enige diepte nog steeds iets kalk, de oudere zijn wel geheel kalkloos. Het water van de overstromingen, waardoor de poelklei werd afgezet, was zout, zoals uit de schelpenfauna in de kreekruigen wel bleek. Ook blijkt het als men nagaat, waar dit water vandaan kwam; een groot gedeelte ervan was nl. afkomstig uit de Noordzee. De vegetatie tijdens de opslibbing was dan ook die van een zoute schor. Bij de ontkalking speelde de betrekkelijk slechte ontwatering van de poelen tussen de vrij schaarse overstromingen een grote rol. Hierdoor ontstond er tussen deze overstromingen in, althans tijdelijk, een gereduceerd milieu met brak water. Naast het vloedwater kreeg nu ook het regenwater kans een rol te spelen bij de ontkalking. Dit brakke milieu was er ook de oorzaak van, dat de poelkleien vaak zo'n dichte structuur hebben, ook al bezitten ze nog een weinig kalk. Men kan dit zien in het licht van de mededelingen over de knipklei van Van Schuylenborgh en Veenenbos (1951), waarin er op werd gewezen, dat in een brak milieu Na-Mg kleien met een kleiner vlokvolume ontstaan dan in een zout milieu. Het is echter waarschijnlijk niet nodig, dat de overstromingen op zichzelf brak zijn. Deze theorie sluit aan bij die van Adriani (1945), die de vegetatie en bodem van de schorren op Goeree bestudeerde en wel aan de westpunt. Hij vond hier in het zoute gebied, dat het gedeelte van de schorren, dat regelmatig overstromd werd, kalkrijk was en een goede structuur vertoonde; het gehalte aan lucht was bij deze gronden aanzienlijk. Aan de dijkvoet vond hij echter grond, die veel minder vaak overstromd werd, slechts 3 % CaCO_3 bevatte en zeer dicht was. Hij nam aan, dat deze grond onder invloed van het regenwater deze dichte structuur verkreeg. Deze grond was begroeid met een lage vegetatie behorende tot het *Armerion maritimae*.

Een geheel ander milieu vindt men in de modderkleien van de oude zee-klei, zoals deze b.v. in de Ronde Venen voorkomen. Tijdens een kartering van de droogmakerij Groot Mijdrecht konden gegevens verzameld worden die een indruk geven van de verspreiding van de kalk en de sulfiden in de gereduceerde ondergrond. De droogmakerij bestaat in het oosten uit ca 3 m veen liggend op het dekzand; in het westen vinden we een modderkleiland-schap bestaande uit kreekruigen en kommen. Vaak ligt de slappe zee-klei echter niet geheel aan de oppervlakte, maar is bedekt met een laag veen, die bij de verening is blijven zitten.

De kreekruigen met oeverstroken liggen thans veel hoger in het landschap dan



De monsters zijn gesorteerd naar toenemend kalkgehalte.

Betekenis van de symbolen:

I_1 bredere ruggen; II_2 vlakken met kalkrijke klei of zavel boven 2,00 m; II_4 en II_5 modderkleigebieden met kalkloze of kalkhoudende klei.

The samples have been assorted according to increasing content of $CaCO_3$.

Meaning of the symbols:

I_1 broader ridges; II_2 areas with calcareous clay or silt above 2.00 m below the turf; II_4 and II_5 mudclay areas with non-calcareous or slightly calcareous clay.

de kommen, tengevolge van de grotere klink van de kommen. De kommen hebben over het algemeen slappe profielen, bestaande uit zware, kalkarme, humeuze kleien. Deze kleien bevatten vaak rietresten, die er op wijzen, dat het overstromingswater brak was. De bredere ruggen hebben over het algemeen kalkrijke zavelige profielen. Ook komen echter in de rug zware kleien voor, die dan meest ook kalkrijk zijn. In de meest westelijke gedeelten van

de polder en in het noorden komen in de ondergrond van de kommen vaak lichtere, zavelige platen voor, die kalkrijk zijn.

Fig. 1 geeft een overzicht van de gehalten aan kalk en zwavel (deze laatste is meest aanwezig als FeS_2) van monsters uit de gereduceerde ondergrond, gerangschikt naar toenemend slibgehalte. Hierbij blijkt, dat alle monsters met minder dan 65 % afslibbare delen kalkrijk zijn. De monsters met meer dan 65 % afslibbaar zijn soms kalkrijk, soms niet. In fig. 2 zijn de monsters met meer dan 65 % afslibbare delen gerangschikt naar toenemend kalkgehalte. Hierbij is tevens het percentage organische stof en zwavel (aanwezig in de zwavelverbindingen) alsmede de bodemgroep aangegeven. Uit deze grafiek blijkt, dat de kalkloze profielen altijd in de kommen gevonden worden; vaak bevatten deze extra veel zwavel en gemiddeld ook meer organische stof dan de monsters uit de ruggen. Slechts enkele monsters uit de gebieden tussen de ruggen zijn kalkrijk.

Men zou kunnen veronderstellen, dat deze ontkalking veroorzaakt zou zijn door de vegetatie, die later groeide en het veen op de klei gevormd heeft. Tengevolge van deze latere vegetatie heeft waarschijnlijk enige ontkalking plaats gehad. Vaak ziet men nl., dat er van boven naar beneden iets meer kalk in het profiel voorkomt, zonder dat het karakter van de klei veel verandert. Toch blijkt ook in de diepere ondergrond van de komvormige gebieden het kalkgehalte veel lager te zijn dan in de ruggen. Vooral in de kleien met veel rietresten is dit kalkgehalte zeer laag en vaak zelfs nihil. Vele van de kleien in de diepere ondergrond zijn dan ook ongeschikt om bovengespit te worden, daar ze bij oxydatie kateklei zullen vormen. (Onder kateklei wordt door ons de klei met gele vlekken van het basisch ferrisulfaat verstaan). In de bredere ruggen is de situatie anders, hier vindt men kalkrijke profielen. De CaCO_3 is vaak vrijwel van bovenaf aanwezig, waaruit ook wel blijkt, dat aan de ontkalking door het bovenliggende veen niet te veel waarde mag worden gehecht.

De verschillen in kalkrijkdom tussen rug en kom zijn vooral ontstaan door ontkalking tijdens de opslibbing in het komgedeelte, terwijl mogelijk ook een kalkaanrijking in de geul anderzijds invloed heeft; zo komen in het sediment van de geul vrij veel ostracoden voor.

De grond in de kommen is erg slap en heeft op 50 tot 100 cm beneden het maaiveld een A-cijfer (gram vocht per 100 g droge grond) van ongeveer 140, terwijl de grond sinds zijn ontstaan al zeer aanzienlijk geklonken is, nl. ca 2 m. Deze A-cijfers zijn dus oorspronkelijk veel hoger geweest. Naar het ons voorkomt, kan men niet verwachten, dat in deze sedimenten veel doorspoeling heeft plaats gehad, zoals deze door Zuur als voorwaarde voor de ontkalking wordt gesteld. Naar wij ons voorstellen moet hier vooral gedacht worden aan een wegvoeren van de kalk door het brakke overstromingswater. Het water, dat tussen de vloten door met kalk aangerijkt werd, wordt volgens deze zienswijze dus bij een volgende vloed ten dele tegen vers overstromingswater uitgewisseld en weggevoerd. Of in dit geval van Groot Mijdrecht de CO_2 -ontwikkeling of de sulfidenhuishouding als belangrijkste factor voor de ontkalking tijdens de opslibbing gezien moet worden, is niet duidelijk. Bovendien kan ook de aard van het water (mengsel van rivier-, zee- en veenwater) hierbij een rol gespeeld hebben.

In het bovenstaande werd een geval behandeld van kalkarme modderkleien. Niet alle modderkleien zijn echter kalkarm. In de Puttepolder werden door ons zeer zware modderkleien met een koolzure kalkgehalte van

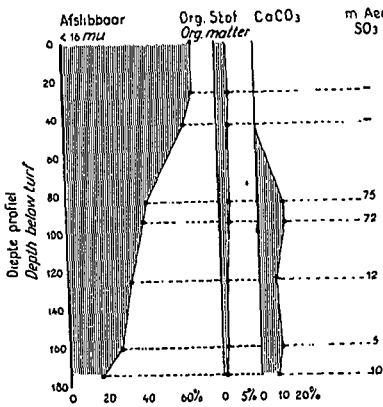


Fig. 3.
Gehalte aan afslibbare delen, organische stof, koolzure kalk en zwavel in de Adriaanpolder.
Percentage of particles smaller than 16 μ , organic matter-, calciumcarbonate-, and sulfur-content in the Adriaanpolder.

17 % aangetroffen (dat is hoger dan normaal), terwijl het pyrietgehalte ook hoog was. Deze gronden zijn eveneens in een brak gebied afgezet, dat echter wel zouter was dan het gebied van de Ronde Venen. Bovendien vond de sedimentatie waarschijnlijk plaats in een gebied, dat ook bij laag water nog niet geheel droog viel. Dit voorkomen van pyrietrijke, zeer kalkrijke gronden wijst erop, dat tijdens de sedimentatie hier de precipitatie de oplossing van CaCO_3 heeft overtroffen.

De hierboven genoemde voorbeelden uit Walcheren en de droogmakerijen zijn cultuurgronden. Door Ir J. van der Linde werden de recente en sub-recente gorzen aan de noord en noordoost kant van Overflakkee in studie genomen, waarbij hij zeer overtuigende voorbeelden van ontkalking tijdens de opslibbing vond. De gorzen in het noordoosten van het eiland zijn brak; gedeeltelijk zijn het rietgorzen, gedeeltelijk weidegorzen. In beide gevallen treedt ontkalking tijdens de opslibbing op. In fig. 3 zijn gegevens omtrent het gehalte aan afslibbare delen, organische stof en CaCO_3 van een profiel uit een oud rietgors, dat in 1929 bekaad werd en thans bekend is als de Adriaanpolder, grafisch voorgesteld. Deze grond is ontstaan op de kalkrijke zavelgrond van een gedeelte van een polder, dat in 1717 verlaten werd. In de ondergrond van het profiel, op 120 cm onder het huidige maaiveld, wordt dit oude oppervlak aangetroffen. In de achter liggende polders vormen de oudere gronden nog het maaiveld en zijn daar nog steeds kalkrijk. In het profiel van de Adriaanpolder is echter het jongere profiel bovenin kalkloos. De pH van de bovengrond blijkt 4,1 te zijn en er komen ook gele vlekken van basisch ferrisulfaat in voor. Dit is dus een voorbeeld van een jong kattekleiprofiel.

Behalve dit jonge kattekleiprofiel werden door Van der Linde ook nog voorbeelden van recente, nog opslibbende gronden gevonden, die zeer kalkarm waren. De meeste gevallen slaan op gronden van rietgorzen en een enkel geval ook op de grond van een weidegors. Bij deze voorbeelden bleek, dat vooral de zwaardere gronden (met meer dan 55 % afslibbaar) ontkalkt waren. De lichtere grondsoorten bevatten vaak iets meer kalk. Ook bij kalkloze cultuurgronden kan men het verschijnsel aantreffen, dat dunne lichtere laagjes in het profiel wel enige kalk bevatten. Hierbij spelen waarschijnlijk verschillende factoren een rol. Een van de factoren is, dat deze lichtere gronden van nature minder humeus zijn en een andere, dat ze niet zo snel reduceren, omdat ze minder water opnemen; liggen ze door bijzondere omstan-

digheden echter in een milieu, dat sterk gereduceerd is en is er wel veel humus aanwezig, dan kunnen deze lichtere gronden ook tijdens de opslibbing ontkalken. Zo vond Van der Linde in een dijkput een zeer licht sediment van 20 % afslibbaar met nog slechts 3 % kalk. Bovendien waren er nog 87 m.aeq. SO_3 (zwavelverbindingen) aanwezig, die de CaCO_3 konden aantasten.

Overzien we de hierboven genoemde voorbeelden van ontkalking tijdens de opslibbing, dan blijkt, dat deze zowel een grote rol speelt bij een hoge kwelder, die door zout water wordt overstromd maar tijdelijk brak is, als bij een weidegors en rietgors in de gebieden met brakke overstromingen. Ook zijn uit de literatuur gegevens bekend van ontkalking onder water in brakke gebieden. Andréé (1917) meldt dit b.v. uit de Oostzee, waar in het bodem-slik de schelpen oplossen. Reeds in 1910 wordt dit verschijnsel door Sudry vermeld van de Lagune van Thau in Zuid-Frankrijk. Bij zoete gebieden (rivierklei) treedt de ontkalking tijdens de opslibbing vooral op in de kommen. Het blijkt dus, dat in allerlei milieu's de ontkalking een rol speelt, alleen niet in de typisch zoute gebieden, dus in de gebieden, die steeds onder invloed van onvermengd zeewater staan. De oorzaak hiervan moet men waarschijnlijk vooral zoeken in de aard van het water. Volgens Wattenberg (1937) zijn de bovenste lagen van het zeewater bijna steeds oververzadigd met CaCO_3 . Een verhoging van de CO_2 -spanning zal dan ook geen merkbaar effect kunnen hebben, terwijl eventueel gevormde zuren door het reeds in oplossing verkerende CaCO_3 kunnen worden geneutraliseerd. Hiernaast zou men kunnen veronderstellen, dat de CO_2 -productie in het zoute slik ook geringer is dan in brakke gebieden, zoals Van der Spek (1952) doet.

De theorie van ontkalking tijdens de opslibbing werd door Edelman en De Smet (1951) gebruikt om een verklaring te vinden voor de grote snelheid van ontkalking van de bouwvoor, die door Van Bemmelen (1863) en Maschhaupt (1949) voor de Dollardpolders gevonden werd, bij vergelijking van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders (1 % in de 25 jaar). Edelman en De Smet maakten het aannemelijk, dat in de loop der tijden de invloed van de ontkalking tijdens de opslibbing geringer was geworden, waardoor te hoge waarden werden gevonden. Zij berekenden een snelheid van ontkalking van 1 % CaCO_3 in 75 jaar. Hissink (1952) bestreed de cijfers, maar sloot zich verder bij de zienswijze aan, dat de kalkgehalten van de Dollardpolders in de loop der tijden verminderd waren. Hij berekende de ontkalking van 1 % CaCO_3 in 47 jaar. Hoewel Maschhaupt ook aanneemt, dat er verschillen in ontkalking tijdens het kwelderstadium kunnen optreden, handhaafde hij (Maschhaupt, 1952) echter ook na het artikel van Edelman en De Smet zijn oude standpunt en achtte een ontkalking van de bouwvoor met 1 % CaCO_3 in 25 jaar het meest aannemelijk. Hij wees er o.a. op, dat ook de observatievelden in de Dollardpolders tussen de jaren 1919 en 1933 steun aan deze opvatting geven. Onzes inziens is deze steun echter gering. Er werden nl. voor de verschillende velden de volgende getallen gevonden: 1 % CaCO_3 verlies in 78 jaar, 200 jaar, 33 jaar en 40 jaar, naast een veld zonder ontkalking. Ook wees hij erop, dat de Groningse lysimeters een ontkalking van 1 % in 34 jaar te zien geven. Bij de beschouwing van de cijfers van de lysimeters (Maschhaupt, 1941) valt op, dat hier de ontkalking vrijwel tot 0-15 cm beperkt is, dit in tegenstelling tot de ontkalking in de Dollardpolders, die ook dieper doorgaat (Maschhaupt acht 1 % CaCO_3 in 25 jaar van de laag van 20-40 cm waarschijnlijk). De cijfers in lysimeters en van de Dollard blijken dus niet goed vergelijkbaar te zijn. Vraagt men zich b.v. af,

hoeveel de ontkalking van de bovenste 40 cm in de lysimeters is, dan vindt men 1 % CaCO_3 -verlies in ca 70 jaar, terwijl uit Maschhaupt's cijfers voor de Dollardpolders 1 % in 27 jaar volgt. Waarschijnlijk hangt het hoge ontkalkingsgetal van de lysimeters samen met het feit, dat de ontkalking zich hier over geringere diepte uitstrekt dan normaliter in de Dollardpolders. Zo gezien kunnen de lysimeters bezwaarlijk als een argument voor de ontkalking van de bouwvoor van 1 % CaCO_3 in 25 jaar van de Dollardpolders gelden. Een langzamere ontkalking lijkt zowel aan de hand van de observatievelden als ook aan de hand van de lysimeters eerder aannemelijk.

Summary

Decalcification during accretion of alluvial soils in the Netherlands has evidently exerted a considerable effect. This decalcification must be attributed to CO_2 and sulphur processes. Which of these processes has played the most prominent part will have to be ascertained case by case. The essential particulars are still lacking.

LITERATUUR

- Adriani, M. J.*, 1945: Sur la phytosociologie, la synecologie et le bilan d'eau de Halophytes. Diss. Amsterdam.
- Andrée, K.*, 1917: Über Sedimentbildung an Meeresboden. Geol. Rundschau 7.
- Baier, C. R.*, 1937: Die Bedeutung der Bakterien für den Kalktransport in den Gewässern. Geologie der Meere und Binnengewässer 1, Kiel.
- Bemmelen, J. M. van*, 1863: Bouwstoffen tot de kennis der scheikundige samenstelling van de alluviale gronden in de provincie Groningen. Scheik. Verh. Onderz. 3, 2.
- Bennema, J.* en *K. van der Meer*, 1952: De bodemkartering van Walcheren. Versl. Landbouwk. Onderz. 58, 4. Serie: De bodemkartering van Nederland, XII. 's-Gravenhage.
- Bovendamm, W.*, 1932: Die Mikrobiologische Kalkfallung in der tropische See. Arch. f. Mikrobiol. 3.
- Buringh, P.*, 1951: Over de bodemgesteldheid rondom Wageningen. Diss. Wageningen. Versl. Landbouwk. Onderz. 57, 4. Serie: De bodemkartering van Nederland, IX. 's-Gravenhage.
- Edelman, C. H.*, 1950: Soils of the Netherlands. Amsterdam.
- Edelman, C. H.* en *L. A. H. de Smet*, 1951: Over de ontkalking van de Dollardklei. Boor en Spade IV, 104-114.
- Güray, A. Riza*, 1951: De bodemgesteldheid van de IJ-polders en een onderzoek naar het verband tussen de bodem en de suikerbietenopbrengsten in de Haarlemmermeer en de IJ-polders in het jaar 1949. Proefschrift Wageningen. Herdrukt in Boor en Spade V, 1952, 1-92.
- Hissink, D. J.*, 1926: Rivierkleigronden. Versl. Landbouwk. Onderz. 31.
- Hissink, D. J.*, 1935: De bodemkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders. Versl. Landbouwk. Onderz. 41 B, 47-172.
- Hissink, D. J.*, 1952: Het gehalte aan koolzure kalk van het Dollardslib vanaf 1545 tot heden en de ontkalkingsnelheid van achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders. Landbouwk. T. 64, 6, 365-371.
- Lely, C.*, 1887: Rivieren en rivierwerken; Nota over de uitkomsten der waarnemingen omtrent het slibgehalte der Nederlandse rivieren.
- Maschhaupt, J. G.*, 1933: De cultuurgronden op IJsselmonde. Versl. Landbouwk. Onderz. 39 A, 475-521.
- Maschhaupt, J. G.*, 1941: Lysimeter-onderzoekingen aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en elders. II. De scheikundige samenstelling van het drainwater. Versl. Landbouwk. Onderz. 47 (4).
- Maschhaupt, J. G.*, 1949: Bodemkundige onderzoekingen in het Dollardgebied. Versl. Landbouwk. Onderz. 54, 4, 1-222.
- Maschhaupt, J. G.*, 1952: Opmerkingen over de ontkalkingsnelheid van Nederlandse zee-kleigronden. Landbouwk. T. 64, 6, 372-377.

- Maschhaupt, J. G.* en *D. J. Hissink*, 1924: Onderzoek naar de gesteldheid van den bodem in den Zuidhollandschen Biesbosch. Versl. Landbouwk. Onderz. **29**, 110-136.
- Moormann, F. R.*, 1951: De bodemgesteldheid van het Oudland van Veurne Ambacht. Diss. Wageningen. Bodemkaart van België, Gent.
- Pia, J.*, 1933: Kohlensäure und Kalk. Die Binnengewässer, 13.
- Schelling, J.*, 1952: Een bodemkartering van Noord-Limburg (Gemeenten Ottersum, Genep en Bergen). Diss. Wageningen. Versl. Landbouwk. Onderz. **57**, 17. Serie: De bodemkartering van Nederland, X. 's-Gravenhage.
- Schuiling, R.*, 1934: Nederland. Handboek der Aardrijkskunde. Zwolle.
- Spek, Jac. van der*, 1952: Over het verdwijnen van koolzure kalk uit zeekleiafzettingen tengevolge van de oxydatie van hierin aanwezige sulfiden. Landbouwk. T. **64**, 7, 473-478.
- Sudry, L.*, 1910: L'Etang de Thau. Essai de Monographie Océanographique. Ann. Inst. Océanogr., 1.
- Veenenbos, J. S.* en *J. van Schuylenborgh*, 1951: Het knip- of knikverschijnsel van kleigronden. Boor en Spade **IV**, 24-39.
- Wattenberg, H.*, 1937: Die Bedeutung anorganischer Faktoren bei der Ablagerung von Kalzium-karbonat im Meere. Geologie der Meere und Binnengewässer **I**.
- Zuur, A. J.*, 1936: Over de bodemgesteldheid van de Wieringermeer. 's-Gravenhage.

5. „GREAT SOIL GROUPS” IN NEDERLAND

Great Soil Groups in the Netherlands

door/by

Ir J. Bennema, Dr J. Schelling en Dr J. S. Veenenbos

1. INLEIDING

De *Great Soil Group*¹⁾ is in het Amerikaanse systeem van bodemclassificatie een hoofdbodemgroep, waartoe diverse bodemseries of bodemtypen met overeenkomstige morphometrische profielkenmerken samengevoegd zijn. Het betreft hier geen eigenschappen zoals de textuur of een bepaalde opeenvolging van bodemlagen, welke door de geogenese bepaald zijn, doch profielkenmerken, welke inhaerent zijn aan de aard van de bodemvorming.²⁾

Het karakter van de bodemvorming, ook wel aangeduid als pedogenese, is afhankelijk van de bodemvormende factoren: moedermateriaal, klimaat, biologische invloed, topografie en tijd.

In Nederland heerste tot nog toe algemeen de mening, dat de Nederlandse holocene gronden nog te jong waren, om een duidelijke bodemvorming te vertonen. Deze gronden zouden dus nog alle behoren tot de *Alluvial Soils* en *Regosols*, bodemgroepen, gekenmerkt door het ontbreken van enige profielontwikkeling.

Inmiddels is bij een bezoek van de Amerikaanse bodemkundige Dr Guy D. Smith³⁾, na een grondige kennisname van de typische profielkenmerken der verschillende *Great Soil Groups*, gebleken, dat in de Nederlandse rivier- en zee-

¹⁾ Er is in dit stadium afgezien van pogingen om een Nederlandse vertaling van de Amerikaanse terminologie te geven.

²⁾ Het begrip bodemvorming wordt hier volgens de internationale nomenclatuur gebruikt, dus in de zin van profielontwikkeling.

³⁾ Principal Soil Correlator bij de Division of Soil Survey, U.S. Dept. of Agriculture, Beltsville, Md.