

# PODZOLEN IN TERTIAIRE ZANDEN IN ZUID-LIMBURG

*Podzols in Tertiary sand in Zuid-Limburg*

door/by

**J. M. M. van den Broek<sup>1)</sup>**

Tertiaire sedimenten worden in Zuid-Limburg op verschillende plaatsen – o.a. de Brunssumer heide en het gebied van Vaals tot Noorbeek zuidelijk van de oeverrand van de kwartaire Maas – aangetroffen. Ze zijn daar niet door jongere kwartaire sedimenten (Maasterrasafzettingen of löss) overdekt. Verder worden zij gevonden op plaatsen, waar zij door erosie van de jongere sedimenten of door breuktektoniek aan de oppervlakte zijn gekomen.

De belangrijkste van deze tertiaire afzettingen zijn de leemarme kwartzanden van het Mioceen en de kwartsrijke grinden en grindrijke zanden van het Pliocceen. Oligocene sedimenten, die veelal een meer lemig of kleilig karakter hebben, komen direct aan de oppervlakte weinig voor in Zuid-Limburg.

In verschillende ontsluitingen worden in pre-kwartaire afzettingen diep en sterk ontwikkelde fossiele bodems met een uitgesproken rode en roodgele kleur aangetroffen. Deze bodems vertonen in alle afzettingen, zowel in de tertiaire zanden als in de senone krijtgesteenten, een grote overeenkomst. Ze moeten ontstaan zijn in de warme, vochtige klimaatperiode met geringe sedimentatie-activiteit van het laat-Tertiair, die in West-Europa gekenmerkt is door een sterke verwerking en bodemvorming (Van der Waals en Van den Broek, 1962). Op deze fossiele bodemprofielen zal hier niet verder worden ingegaan.

Onder het huidige klimaat treedt in de arme miocene en pliocene zanden met hun grote doorlatendheid een sterke podzolering op. De recente bodemprofielen bestaan uit zeer diep ontwikkelde humuspodzolen. De pliocene en miocene afzettingen in Zuid-Limburg bestaan uit zeer arme witte kwartzanden met een uiterst gering percentage zware mineralen (veelal minder dan 1%). Het zijn overwegend continentale afzettingen, met plaatselijk een duidelijke kriskras-gelaagdheid. Van de continentale afzettingen, die een deel van de miocene zanden uitmaken, bevat de zware-mineralenassociatie hoge percentages metamorfe mineralen (stauroliet, distheen e.a.), kenmerkend voor de B-provincie. De mariene fasen, die in het Pliocceen niet voorkomen, hebben een zware-mineralenassociatie van granaat, epidoot en amfibool, kenmerkend voor de A-provincie (Edelman en Doeglas, 1933; Edelman, 1938, 1948).

Een deel van de continentale miocene afzettingen bevat behalve metamorfe mineralen ook granaat (Muller, 1943). De lichte fractie van het continentale Mioceen en het Pliocceen bevat hoge percentages orthoklaas (Van Baren, 1934). De mariene fasen in de miocene afzettingen zijn veelal groen getint door de aanwezigheid van glauconiet.

*Miocene afzettingen* hebben een zeer homogene granulaire samenstelling, vaak tot grote diepte. Het miocene zand heeft zeer lage ijzer- en aluminiumgehalten, n.l. 0,01 à 0,03%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en 0,05%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Jongmans en Van Rummen, 1938).

<sup>1)</sup> Afd. Limburg, Stichting voor Bodemkartering.



Foto: Stiboka nr. 1.102

Fig. 1. Diep ontwikkeld humuspodzol in mioceen zand; dikke A2-horizont (ca. 90 cm); links een diepe zak van de A2. Dunne humusfibers in de A2 en onder de B2h-horizont  
*Fig. 1. Deep humus podzol profile in Miocene sand; at the left a deep tongue of A2. Thin fibers of humus in the A2 and under the B2-horizon*

Recente bodemprofielen in deze zanden zijn zeer sterk ontwikkelde, diepe humuspodzolen (fig. 1). In deze van nature ijzerloze of zeer ijzerarme witte zanden verschilt de A2-horizont (loodzandlaag) in kleur vrijwel niet van het moedermateriaal. De humus-B-horizont bestaat uit een of meer B2h-lagen van vele centimeters dikte met scherpe boven- en ondergrens. In zeer dikke zandpakketten komt veelal, over een diepte van verscheidene meters, een serie opeenvolgende B2h-lagen voor. De bovenste is vaak dikker dan de diepere. Hun onderlinge afstand wisselt van 10 tot 30 à 50 cm. Hoewel zij vrij sterk kronkelig en golvend kunnen zijn, lopen zij in grote lijnen horizontaal. Op vele plaatsen zijn zij doorbroken door verticale oplossingen.

Waar trechtervormige oplossingen voorkomen in de zone van de B2h-lagen, kan de A2-horizont tot 2 m dik zijn; normaal varieert deze in dikte van ca. 70 tot 90 cm. Door Wortmann en Maas (1954) werden in Westfalen

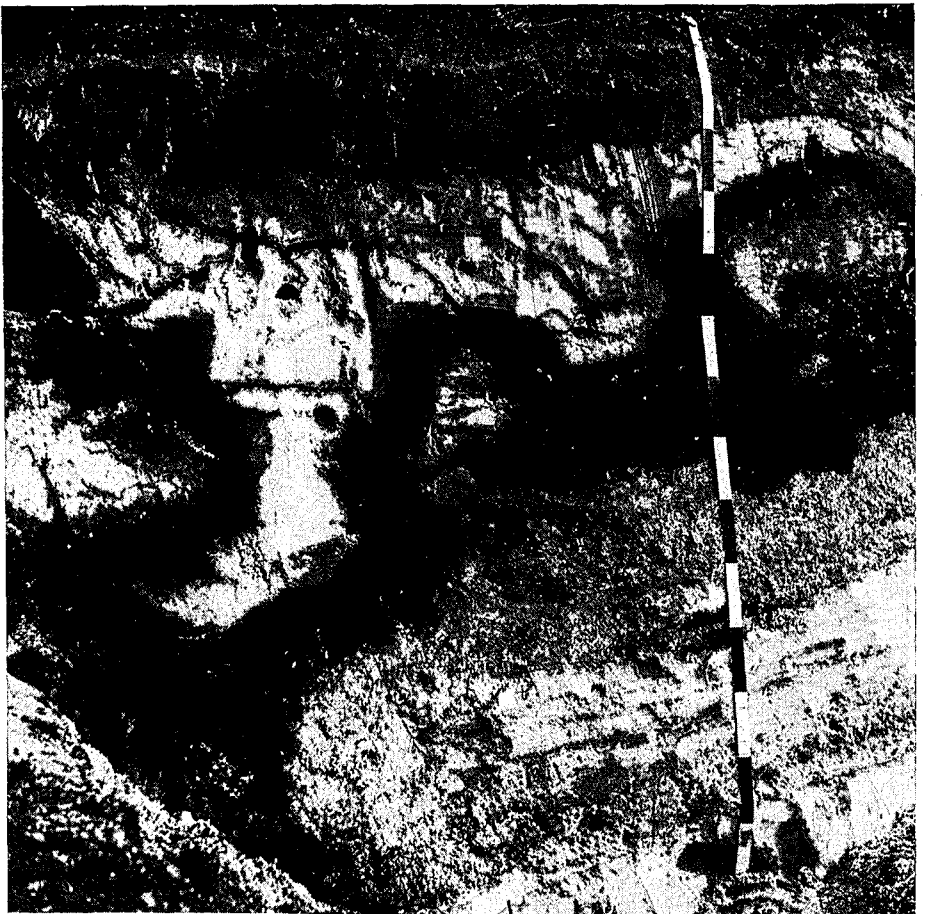


Foto: Stiboka nr. L101

Fig. 2. Sterk ontwikkeld humuspodzol in pliocene zand. De B2h ligt boven een niet continu doorlopende grindlaag; waar deze laatste ontbreekt, is de B2h dieper ontwikkeld  
*Fig. 2. Strongly developed humuspodzol in Pliocene sand. The B2h is overlying a non continuous layer of gravel; where the latter does not occur the B2h is developed at a greater depth*

gelijksoortige profielontwikkelingen beschreven. In de dikke A2-lagen en tussen de B2h-lagen komen veelal dunne humusfibertjes (van  $\frac{1}{3}$  tot 2 cm) voor. Zij hebben een vrij horizontaal verloop. Plaatselijk raken ze de dikkere humusbanden of vallen ermee samen, maar ze zijn er verder toch onafhankelijk van. Ze lopen ongewijzigd horizontaal door de diepere (A2-)oplossingsholte. Door de aanwezigheid van deze bandjes heeft het met de boor omhoog gehaalde zand vaak een heterogene en grauwwitte kleur. Soms worden zij dan, ten onrechte, aangezien voor humeuze A1-laagjes van dunne stuifzandlagen, zoals die o.a. door Schelling (1955) bescheven zijn. De bovenste B2h-laag wordt dan aangezien voor de oorspronkelijke A1. In de profielkuil echter is de bodemkundige opbouw duidelijk (fig. 1).

*Pliocene afzettingen* zijn veelal sterk gelaagd. De dikte van de A2-laag is afhankelijk van de diepte van in het profiel voorkomende grindlagen, waarboven de B2h ontwikkeld is (fig. 2). Wanneer in het zand verscheidene grindlagen op geringe diepte voorkomen, zijn vaak ook verscheidene B2h-lagen gevormd; deze volgen dan veelal de richting van de gelaagdheid in het sediment (fig. 3).

Hebben de tertiaire kwartszanden een dun lössleemlaagje, of heeft de bovengrond ervan een bijmenging met lössleem, dan heeft zich onder de bovenste humusband vaak een dunne en weinig vaste ijzer-B-laag (B2ir, ijzeroerlaag) gevormd. Het pliocene zand dat iets ijzerrijker is dan het miocene, heeft soms ook een zwakke B2ir-laag onder de bovenste B2h-laag. Met uitzondering van deze B2ir-lagen zijn deze gronden geheel ijzerloos.

De sterke en diepe podzolering in de miocene en pliocene zanden hangt dan ook samen met hun chemische armoede en sterke doorlatendheid. Evenals in de pliocene afzettingen met grindlagen op geringe diepte, wordt een ondiepe humusinfiltratie van de B2h-laag aangetroffen in de dunnere zand-



Foto: Stiboka nr. L103

Fig. 3. Humuspodzol in gelaagd plioceen zand en grind. Boven een serie grindlagen in het zand zijn telkens B2h-horizonten ontstaan in de hellingsrichting van de grindlagen  
 Fig. 3. Humus podzol in stratified Pliocene sand and gravel. B2h horizons have developed on top of and concordant with each of a series of gravel layers

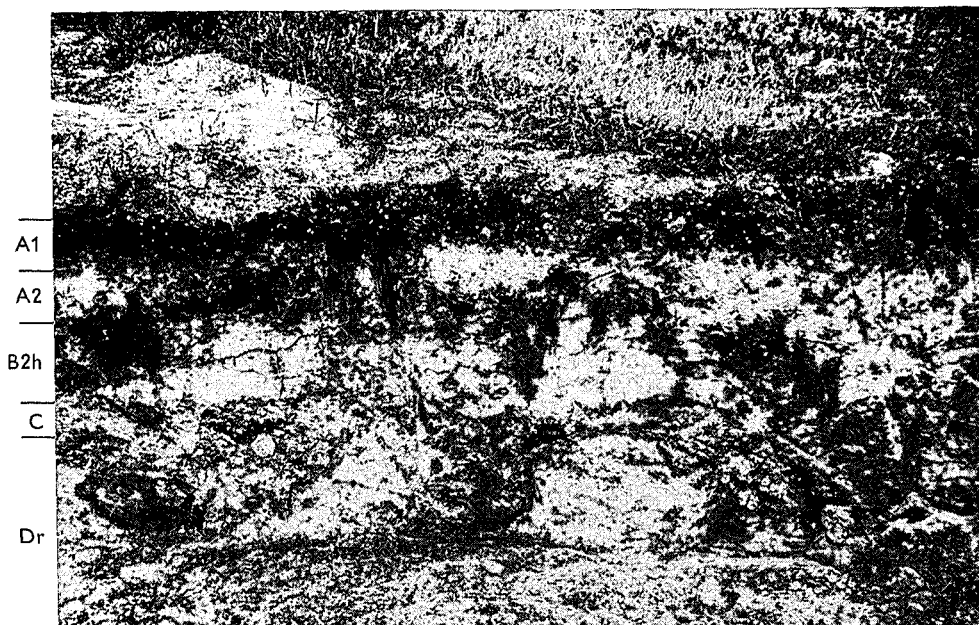


Foto: Geologisch Bureau, Heerlen, nr. 5328

Fig. 4. Ondiepe humuspodzol in ijzerarm zand met krijtgesteente op geringe diepte. Bij grotere diepte van het krijt (rechterzijde van de foto) is de B2h-horizon dieper ontwikkeld  
*Fig. 4. Shallow humus podzol in non ferruginous sand over limestone bedrock at a slight depth. On places of greater depth of the bedrock (at the right) the B2h horizon has developed at greater depth*

pakketten, die op krijtgesteente of vuursteen rusten (fig. 4). In het vuursteen-gebied om Vaals en in het aangrenzende Belgische gebied worden dunnere zandpakketten vaak gevonden als de in oplossingsholten van het krijtgesteente achtergebleven resten van een oorspronkelijk veel uitgebreidere afzetting uit het Tertiair, die later door erosie voor een groot deel verdwenen is.

Een tweetal profielen, afkomstig van Schaesberg en Simpelveld, worden hier als voorbeeld van podzolen in tertiaire zanden uitvoerig weergegeven.

#### I. SCHAESBERG

*Ligging:* Schaesberg; tegen de flank van de Heksenberg

*Hoogteligging:*  $\pm 120$  m + NAP

*Reliëf:* heuvelachtig; helling 5% in N-richting, 12% in ZZO-richting

*Vegetatie:* berken, dennen, heide

*Moedermateriaal:* wit kwartzand (Mioceen), overdekt met afgeschoven kwartzsand en grind (Mioceen en Pliocceen)

*Grondwaterstand:* dieper dan 10 m

*Biologische activiteit:* zwak in humeuze bovengrond

*Beworteling:* hoofdmassa van de wortels bovenin de humushoudende laag; enkele boomwortels nog op 1,5 m zichtbaar

*Profielbeschrijving* (fig. 5):

A0 + A1 0-38 Heterogeen, humeus tot humusarm, matig fijn zand. De humeuze delen zijn zwart (N 2/0), de humusarme grijs (10 YR 6/1); bij wrijven van beide componenten ontstaat

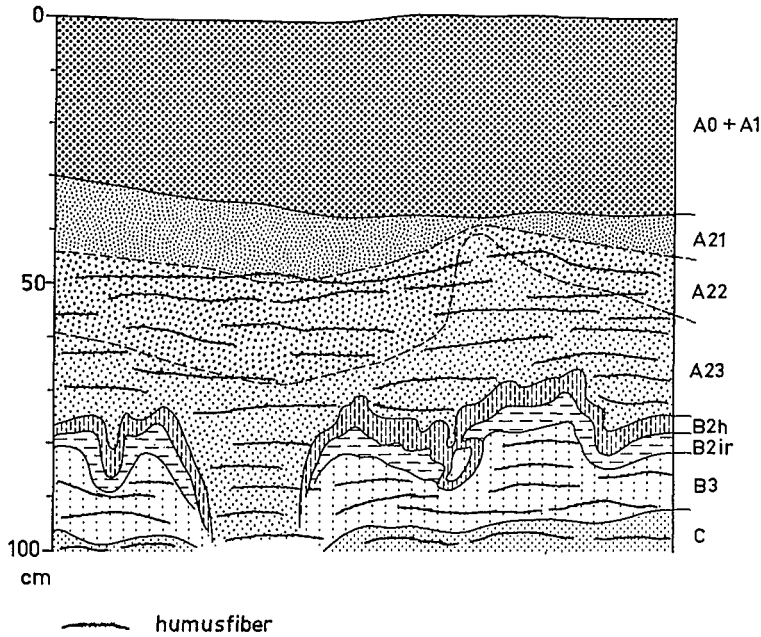


Fig. 5. Schematisch profiel in wit mioceen zand met zeer diep ontwikkelde humuspodzol en door de B-horizont heen reikende zak van de A2

Fig. 5. Outline of a profile in white Miocene sand with a very deep humus podzol and a deep tongue of A2 piercing the B horizon

		een rossig-zwarte kleur (5YR 2/1); de ondergrens is matig scherp en regelmatig.
A21 <sup>1)</sup>	38–45	Grijs-lichtgrijs (10 YR 6/1), humusarm, zeer los, matig fijn zand; plioceen grind aanwezig. Diffuse ondergrens.
A22 <sup>1)</sup>	45–64	Rossig lichtgrijs (5 YR 7/2), los matig fijn zand met enig grind; zeer dunne humusfibers. Diffuse ondergrens.
A23	64–75	Wit (5 YR – 10 YR 8/1), los matig fijn zand met grind; plaatselijk in oplossingszakken tot dieper dan 100 cm in de B-laag doordringend; veel dunne humusfibers; scherp en duidelijk begrensd tegen
B2h	75–80	zwarte (10 YR 2/1), bij wrijven rossig-zwarte (5 YR 2/1), vrij vaste, matig humeuze humusinspoelingsgrond in fijn zand, met sterk golvend verloop; bij druk gemakkelijk openwrijfbaar. Vrij scherpe ondergrens.
B2ir	80–87	Oranje-bruine (7,5 YR 5/8), matig verkitte ijzerinspoelingslaag, pleksgewijs met wit zand zonder ijzerinspoeling; geleidelijk overgaand in
B3	87–95	ijzerarme overgangslaag met geel tot licht grijsgele kleur (10 YR 7/6–7/4) van fijn zand met 1 à 2 cm dikke humusfibers.
C	95–	Wit tot lichtgrijs (10 YR 8/2–7/1) fijn zand; sterk kronkelige humusfibers, 2–3 à 4 cm dik, op onderlinge afstanden van 7 à 10 cm.

<sup>1)</sup> De A21- en A22-horizonten zijn plaatselijk zeer dun of afwezig.

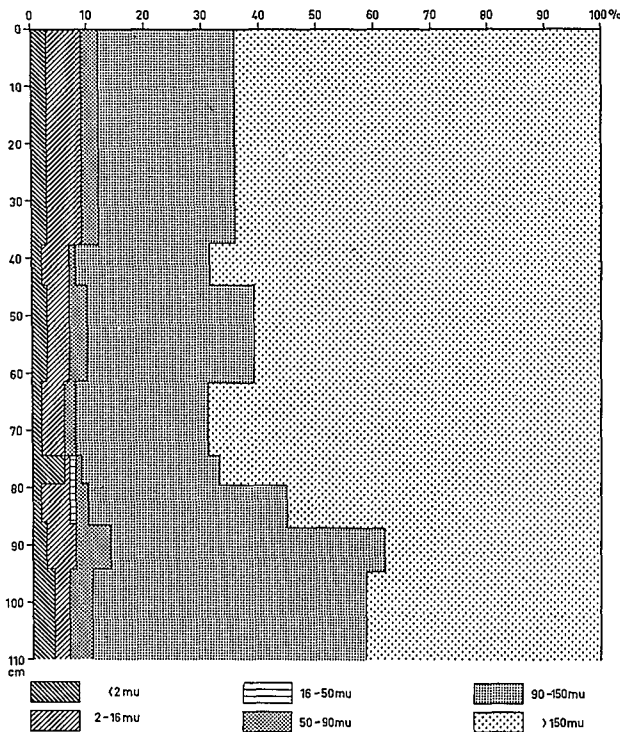


Fig. 6 Korrelgrootteverdeling van het profiel van Schaesberg  
 Fig. 6. Grain size distribution of samples from the Schaesberg profile

De analysesresultaten van dit profiel zijn gegeven in tabel 1 en figuur 6. Van het profiel werd de polleninhoud geanalyseerd in verband met de door anderen geopperde mogelijkheid van een zeer oude bodemvorming. De pollenanalyse werd uitgevoerd door prof. F. Florschütz, die aangaande het diagram (fig. 7) het volgende opmerkt:

‘Het voornaamste kenmerk van het diagram is het hoge percentage *Tilia* en de lage percentages van de boompollen. Doordat geen ‘vreemde’ pollen gevonden werden en mede doordat de *Tilia*-overheersing nadere datering bemoeilijkt, mag verondersteld worden, dat het profiel in het Holoceen ge-

TABEL 1. Analysesresultaten van monsters uit het profiel van Schaesberg  
 TABLE 1. Analytical data of samples from the Schaesberg profile

	pH	Humus			Korrelgrootteverdeling in % Grain size distribution in %						Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1)</sup> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	%	<2	2-16	16-50	50-90	90-150	>150μ	
A0+A1	0-38	4,3	3,4	3,4	3	6	0	3	24	64	0,03
A21	38-45	4,5	3,6	0,5	2	5	0	1	23	69	0,02
A22	45-64	5,2	4,1	—	3	4	0	3	29	61	0,01
A23	64-75	6,3	6,2	—	2	4	0	2	23	69	0,01
B2h	75-80	4,0	3,1	2,0	6	1	1	1	24	67	0,21
B2ir	80-87	4,0	3,5	0,7	2	5	1	2	35	55	0,71
BC	87-95	4,5	4,1	0,2	3	5	0	6	48	38	0,14
C	95-	5,1	4,3	—	4	3	0	4	48	41	0,10

<sup>1)</sup> oplosbaar in 10% HCl / soluble in 10% HCl

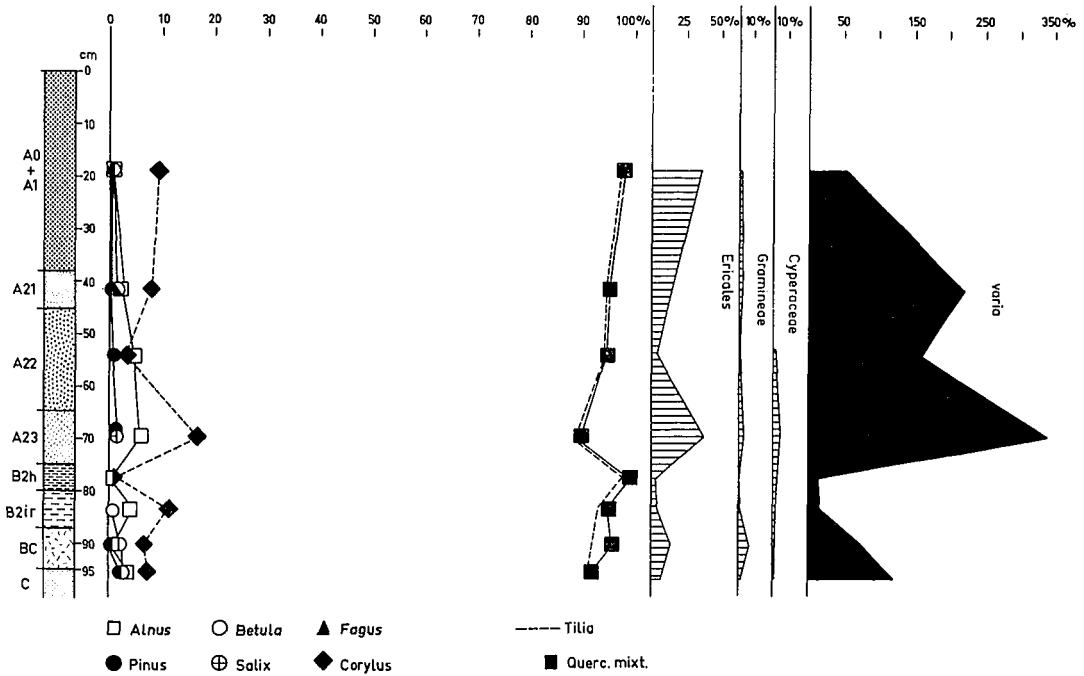


Fig. 7. Pollendiagram van het profiel van Schaesberg  
 Fig. 7. Pollen diagram of the Schaesberg profile

vormd is. *Fagus* werd bovendien slechts in één horizont (38–45 cm, A21) aangetroffen. De betrekkelijk lage *Ericales*-percentages wijzen op weinig uitgestrekte heidevelden. De pollenkorrels onder 'varia' betreffen bijna uitsluitend de op die van *Hedera* (klimop) gelijkende.

Wortmann en Maas (1954) vonden in Westfalen in een vergelijkbaar profiel eveneens een rijk voorkomen van *Tilia*-pollen. Hoewel pollenspectra van podzolen dikwijls hoge *Tilia*-percentages vertonen (zie ook Dimbleby, (1962), schrijven zij dit voor het bewuste profiel toe aan de Mittlere Wärmezeit (Subborea).

De humusgehalten van het profiel zijn laag; ook in de B2h. Behalve in de A23-horizont heeft de pH lage waarden. Er is een duidelijke ijzeraccumulatie in de B2ir, maar de hoeveelheid  $Fe_2O_3$  in deze horizont is vrij gering; in de overige horizonten is zij onbetekenend.

## II. SIMPELVELD

*Ligging*: Huls, gem. Simpelveld

*Hoogteligging*: 200 m + NAP

*Reliëf*: heuvelachtig; helling 25% in ZW-richting

*Vegetatie*: gras

*Moedermateriaal*: wit kwartszand, enigszins grindhoudend; waarschijnlijk van pliocene ouderdom

*Grondwaterstand*: dieper dan 10 m

*Biologische activiteit*: gering, beperkt tot de humushoudende bovenlaag

*Beworteling*: hoofdmassa van de graswortels beperkt tot de bovenste 10 cm



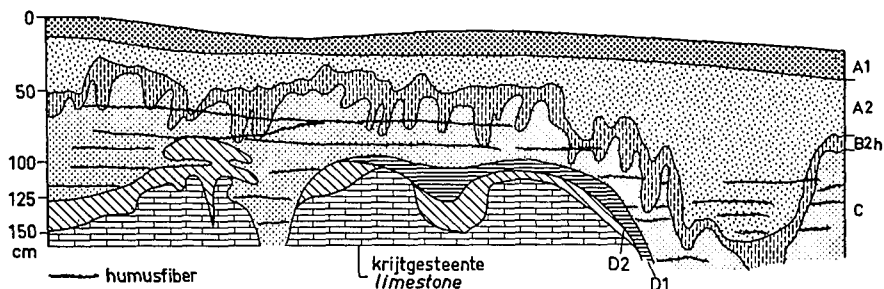


Fig. 8. Schematisch profiel in wit tertiair zand; krijtgesteente op geringe diepte. Ondiep ontwikkeld humuspodzol. Diepe humuspodzolontwikkeling, waar het krijtgesteente op grotere diepte voorkomt

Fig. 8. Outline of a profile in white Tertiary sand; limestone bedrock at a slight depth. Shallow humus podzol profile, deeply developed, however, in places where the bedrock lies deeper

*Profielbeschrijving* (fig. 4 en fig. 8) :

- |         |         |   |
|---------|---------|---|
| A1 (AP) | 0 -25   | Zeer donker grijsbruin (10 YR 3/2), sterk lemig fijn zand met gerold grind en kleine puinstukjes; matig humeus; ondergrens scherp, hier en daar naar beneden stulpend tot 30 cm.  |
| A2      | 25-35   | Rossig lichtgrijs (7,5 YR 6/2), zwak lemig fijn zand, uitspoelingshorizont (loodzandlaag), sterk wisselend in dikte, in zakken tot 50 cm diepte en soms dieper; in de diepste zakken dunne humusfibers met donkere humusvlekken. Vrij scherpe ondergrens.   |
| B2h     | 35-40   | Humusinspoelingshorizont met onregelmatige humusverdeling in zwak lemig zand. Bovendeel donker geelbruin (10YR 4/4), onderste deel donkerbruin (7,5 YR 3/2). Zeer sterk golvende horizont, wegzakkend tot 60 cm diepte, plaatselijk dieper. Soms komt een kern van loodzand voor in de zakken, doch niet overal, waarschijnlijk als gevolg van de plaats van doorsnede. |
| C       | 40-90   | Geelbruin (7,5-10 YR 5/6) fijn zand, naar beneden overgaand in geel (10 YR 7/6) zand; bovenin ca. 1 cm dikke donker geelbruine (10 YR 4/4) humusfibers, naar beneden lichter van kleur (10 YR 5/4). Plaatselijk gaat dit zand tot een diepte van meer dan 150 cm door.  |
| D1      | 90-100  | Oranjegeel (5-7,5 YR 6/8) door solifluctie verspoeld zand van een fossiel bodemprofiel; niet overal voorkomend; zeer vast, massief; plaatselijk 15 cm dik.  |
| D2      | 100-105 | Zware geelbruine (10 YR 5/4) klei (kleefaarde); verweeringsklei van krijtgesteente als horizontale laag op het krijt en om afzonderlijke krijtblokken; hier en daar met vuurstenen. Onregelmatige scherp blokkige structuur-aggregaatjes van ca. $\frac{1}{2}$ cm. Deze laag is afwezig waar krijt op grotere diepte voorkomt.  |
| Dr      | >105    | Rots, krijtgesteente, geel (2,5 Y 7/8) tot wit van kleur. Plaatselijk pas op grote diepte voorkomend. Afzonderlijke harde krijtblokken van onregelmatige vorm, bovenin veelal met een huid van kleefaarde.  |

TABEL 2. Analyseresultaten van monsters uit het profiel van Simpelveld  
 TABLE 2. Analytical data of samples from the Simpelveld profile

	pH- KCl	Humus %	Korrelgrootteverdeling in % Grain size distribution in %						Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1)</sup> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1)</sup> %	
			<2	2-16	16-50	50-105	105-150	>150 $\mu$			
Ap	0- 25	6,5	2,9	5	5	19	19	30	22	0,72	0,60
A2	25- 35	6,3	0,4	5	2	10	20	38	25	0,18	0,15
B2h	35- 40	6,4	0,9	3	3	9	19	44	22	0,47	0,29
C	40- 90	6,1	0,4	2	2	1	18	55	22	0,20	0,21
D1	90-100	6,0	0,3	16	4	5	21	38	16	1,91	1,02
D2	100-105	6,9	0,5	40	9	13	18	11	9	5,09	2,62

<sup>1)</sup> oplosbaar in 10% HCl / soluble in 10% HCl

De analysecijfers van dit profiel zijn gegeven in tabel 2 en fig. 9.

In vergelijking met het profiel van Heerlen-Schaesberg is de hoge pH van dit profiel opmerkelijk. Deze zal waarschijnlijk beïnvloed zijn door het ondiep voorkomende krijtsubstraat. Dit heeft de sterke podzolering niet kunnen tegengaan. De sterke doorlatendheid van het zand en de expositie op een zuidwesthelling zullen als de belangrijkste factoren voor de podzolvorming beschouwd moeten worden. Ook het krijtgesteente is sterk doorlatend. Tot dezelfde opvatting komt Hallet (1957) over de podzolen in op het zuid-

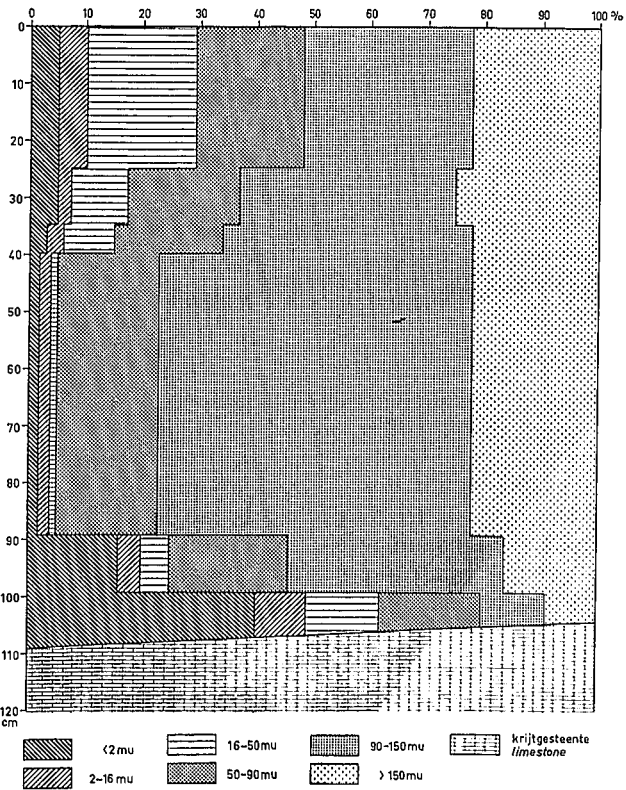


Fig. 9. Korrelgrootteverdeling van het profiel van Simpelveld

Fig. 9. Grain size distribution of samples from the Simpelveld profile

westen geëxponeerde zandgronden met op 50 cm kalkzandsteen (Onder-Jura), die aangetroffen worden in Lorraine (België) op de toppen van gebergte-uitlopers.

In de analysecijfers van het profiel van Simpelveld valt verder de löss-bijmenging in de bovengrond op, die naar beneden geleidelijk minder wordt en onder de B2h niet meer merkbaar is (fig. 9).

De A2-horizont vertoont een duidelijke uitloging van  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . De betrekkelijk hoge ijzer- (en aluminium-) gehalten van het zand worden mede veroorzaakt door de in de bovengrond aanwezige löss. Het in de D1-horizont voorkomende roodkleurige, kleiige zand is afkomstig van de B-horizont van de op de top van de heuvel voorkomende laat-tertiaire (fossiele) bodemprofielen, die tijdens het Pleistoceen aan solifluctie onderhevig zijn geweest. Granulometrisch komt dit zand overeen met het bovenliggende zand, waarbij de fractie 16–50  $\mu$  is afgenomen ten gunste van de fractie  $< 2 \mu$ .

Deze resten van de fossiele bodems worden pleksgewijs langs de helling aangetroffen als dunne lenzen of insluitsels in of onder het kleiarne zand. Langs de helling heeft zich in het zand overal een humuspodzol gevormd.

Het is niet onwaarschijnlijk, dat de kleefaarde (D2-horizont) pas gevormd is na de bedekking van het krijt door het zand. Het feit, dat de kleefaarde alleen voorkomt direct boven het krijt en niet vermengd is met het bovenliggende solifluctiedek van zand, wijst op een kalkoplossing onder het zanddek door percolerend water. Breteler (1958) geeft deze mogelijkheid ook aan.

#### SAMENVATTING

Recente bodems in de miocene en pliocene kwartzanden bestaan uit sterk ontwikkelde humuspodzolen. De grote chemische armoede en de sterke doorlatendheid van deze zanden moeten verantwoordelijk gesteld worden voor deze podzolering. Vooral in de tot grote diepte homogene miocene zanden komen veel B2h-lagen tot grote diepte voor. Diep ontwikkelde humuspodzolen hebben een zeer dikke A2-horizont met dunne humusfibers.

In dunne lagen kwartzand (veelal op krijtgesteente of vuursteen) komen ook sterk ontwikkelde humuspodzolen voor, maar met een minder diepe A2-horizont.

augustus 1963

#### SUMMARY

Recent soils on Miocene and Pliocene quartz sands show strongly developed podzol profiles. The podzolization is accounted for by the very low nutrient content and the very rapid permeability of these sands. Especially in those Miocene sands, which are homogeneous to a great depth, many successive B2h horizons are found to a great depth too. Deep humuspodzols have very thick A2 horizons with thin humus fibers. Thin layers of quartz sand (often overlying limestone or flint bedrock) also show strongly developed humus podzol profiles having, however, A2 horizons that are somewhat shallower.

#### LITERATUUR

- Baren, F. A. van*, 1934: Het voorkomen en de betekenis van kalihoudende mineralen van de Nederlandsche gronden. Diss. Wageningen.  
*Breteler, H. G. M.*, 1958: Kleefaarde. Boor en Spade IX, 62–70.  
*Dimbleby, G. W.*, 1962: The development of British heathlands and their soils. Oxford, Oxford Forestry Mem. 23.

- Edelman, C. H. en D. J. Doeglas*, 1933: Bijdrage tot de petrologie van het Nederlandsche Tertiair. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Ned. en Kol., Geol. Serie 10.1, 1-38.
- Edelman, C. H.*, 1938: Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. T.K.N.A.G. 55, 397-431.
- Edelman, C. H.*, 1948: Samenvatting van nieuwe resultaten van het sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. T.K.N.A.G. 65, 753-780.
- Hallet, H.*, 1957: Note sur un podzol développé sur matériaux gréseux calcifères. Pédologie 7, 189-192.
- Jongmans, W. J. en F. H. van Rummelen*, 1940: Korte beschrijving van grondstoffen voor industrieële, bouwkundige en landbouwkundige doeleinden in Zuid-Limburg. Geol. Bur. Mijng. Meded. beh. bij het Jaarverslag over 1938-1939, 235-257.
- Muller, J. E.*, 1943: Sediment-petrologie van het dekgebergte in Limburg. Meded. Geol. Sticht. C-II-2, nr 2.
- Schelling, J.*, 1955: Stui/zandgronden. Wageningen. Uitv. Versl. Bosbouwproefst. T.N.O. Band 2, Verslag nr 1.
- Waals, L. van der, J. M. M. van den Broek, J. P. Bakker and E. A. Kummer*, 1962: The Beaujean sand-pit on the Heerenweg at Heerlen, South-Limburg. Meded. Geol. Stichting 15, 45-48.
- Wortmann, H. und H. Maas*, 1954: Aussergewöhnlich starke Humuspodsole bei Haltern/Westfalen. Zeitschr. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 65, 15-26.
- T.K.N.A.G.* = *Tijdschrift Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap.*