

HUMEUZE LAAGJES IN STUIFZAND

Humose layers in inland-dune sand

A. Jongerius¹⁾ en B. A. Marsman²⁾

1. INLEIDING

Stuifzandgronden staan bekend als droge, onvruchtbare gronden. Voor landbouwcultuur zijn ze ongeschikt. Sinds 1900–1920 zijn vele van de uitgestrekte kale stuifzandterreinen bebost. Daarbij is gebleken dat binnen een stuifzandgebied grote kwaliteitsverschillen kunnen voorkomen (Jager Gerlings, 1907). Deze kwaliteitsverschillen worden veelal veroorzaakt door geringe verschillen in humusgehalte. Zowel het vochthoudend vermogen als de chemische vruchtbaarheid blijkt een vrij nauwe samenhang te vertonen met het humusgehalte (Schelling, 1955).

De humus in stuifzandgronden is niet homogeen verdeeld door het gehele stuifzandpakket, maar geconcentreerd in dunne humeuze laagjes. Deze laagjes zijn vaak slechts enkele millimeters dik, horizontaal boven elkaar gelegen en van elkaar gescheiden door lagen of laagjes uiterst humusarm stuifzand.

De humeuze laagjes in stuifzandgronden zijn dus bodemkundig belangrijk. Bij de kartering van de boswachterij Kootwijk (Van Lynden, 1958) werd het humusgehalte dan ook gebruikt als één van de belangrijkste in-delingscriteria voor de stuifzandgronden.

Doel van het onderzoek was de ontstaanswijze en de aard van de humeuze laagjes in stuifzand te bestuderen.

2. LITERATUUROVERZICHT

Er bestaat over stuifzand een omvangrijke literatuur. Vooral over de geogenese en de morfologie van het stuifzandlandschap is veel gepubliceerd. Aan de zuiver bodemkundige verschijnselen is veel minder aandacht besteed. Dit valt ook niet te verwonderen, daar het hier een vrij jonge afzetting betreft, waarin nog weinig bodemvorming is opgetreden.

Toch wordt reeds in de oudere literatuur wel gewezen op bepaalde bodemkundige aspecten van het stuifzand. Zo beschrijft Wessely stuifzanden in de Banaat; een gebied gelegen in de toenmalige Hongaars-Oostenrijkse monarchie, thans behorende bij Joegoslavië: 'Denn wir sehen überall, wo die jetzigen Sandhügel abgetragen werden, tiefere, von Humus und Eisen dunkel gefärbte Schichten, welche jeder Naturkenner als einstigen von einer reichen Vegetation befruchteten Obergrund erkennt' (Wessely, 1873, blz. 231).

Ook Sabban maakt melding van humeuze laagjes in de stuifduinen van Mecklenburg: '... die Humuszwichenschichten, welche besonders in kleineren Dünen gefunden werden können ... sind auf mehrfachen Wechsel von

¹⁾ Afd. Micropedologie, Stichting voor Bodemkartering.

²⁾ Afd. Bodemclassificatie, Stichting voor Bodemkartering.

Ruhe und Bewegungsperioden, ...zurück zu führen. Ihre Mächtigkeit ist meistens nur gering. Die gefundener hatten gewöhnlich nur einen Durchmesser von höchstens 5 cm' (Sabban, 1897, blz. 17).

Tüxen omschrijft stuifzandgronden uit de omgeving van Woudenberg als 'duinen, die in hun profiel nog geen rijpe bodemkenmerken vertoonen, alleen laagsgewijs grijs gewolkt zijn' (Jeswiet en Venema, 1933, blz. 418).

Door Van Dieren wordt verband gelegd tussen de humeuze laagjes en de door zand afgedekte gehumificeerde resten van een vegetatie, alsmede het belang hiervan voor de duinvorming (organogene duinvorming): '...dass die Humifizierung schnell vor sich geht und schon im nächsten Jahr findet sich von der vorigen Generation nichts mehr als ein grauer bis schwarzer Streifen Humus. Dadurch entstehen auf die Dauer schichtenweise grauwoelige Profile, die für organogene Dünen charakteristisch sind' (Van Dieren, 1934, blz. 112).

Uit recentere tijd is het onderzoek van de stuifzanden in Midden-Nederland door Schelling (1955). Hij concludeert dat de humus in het stuifzandgebied zelf is ontstaan. De humus is voornamelijk geconcentreerd in dunne laagjes, variërend in dikte van 2 mm tot enkele centimeters. Verondersteld wordt dat deze laagjes zijn ontstaan tijdens stilstandsfasen in de verstuiving. Onder invloed van de vegetatie werd het bovenste laagje van het stuifzand humeus (A1-vorming). Bij hernieuwde verstuiving werd dit humeuze laagje weer afgedekt door humusarm stuifzand.

Het ontstaan van humeuze laagjes door instuiving van humeus zand, afkomstig van elders, wordt door Schelling – behalve in het beginstadium van de verstuiving – van weinig betekenis geacht.

In één der rapporten van de kaartbladenkartering, schaal 1:50 000 (Stichting voor Bodemkartering, blad 52 West, 1968, blz. 73) daarentegen, wordt het ontstaan van de humeuze laagjes beschreven als het resultaat van het instuiven van humus.

3. DOEL EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

Over de ontstaanswijze van de dunne humeuze laagjes in stuifzand bestaan dus verschillende opvattingen:

- a. Sedimentatie van humushoudend zand in dunne laagjes, aangevoerd door de wind en afkomstig van de elders nog aan de oppervlakte liggende, eroderende bodem.
- b. Stilstandsfase in de verstuiving, waarin zich een vegetatie heeft gevormd. Vorming van een zeer dun A1-horizontje onder deze vegetatie en *in* deze tijdelijke bovengrond.
- c. Stilstandsfase in de verstuiving, waarin zich een vegetatie heeft gevormd. Nog voordat zich een A1-horizontje in het uiterst humusarme zand kan vormen, vindt hernieuwde overstuiving plaats, waardoor de vegetatie wordt afgedekt en als het ware gefossiliseerd.

Onderzocht is welke van deze processen een rol hebben gespeeld bij de vorming van de humeuze laagjes. Daarom is met behulp van slijpplaten de micromorfologie van de organische stof bestudeerd. Ter ondersteuning van

dit onderzoek werd tevens het verloop van het ijzergehalte in en onder de humeuze laagjes nagegaan. Hierbij werd gebruik gemaakt van de gloei-methode (Van Diepen, 1956) aan ongestoorde monsters.

Er zijn vier gronden onderzocht, afkomstig uit het Kootwijksche Zand. Bij de keuze is getracht de belangrijkste varianten van de humeuze laagjes en lagen in het onderzoek op te nemen.

4. DE MICROMORFOLOGIE VAN DE HUMUS (tabel 1)

Van een drietal profielen werden mammoetslijpplaten gemaakt die kwalita-tief microscopisch werden onderzocht. In het onderzoek werden betrokken de A1-horizont van een begraven haarpodzolgrond, de recente A1 van een

TABEL 1. Het voorkomen van de micromorfologische humus-componenten in de verschil-lende lagen en horizonten.

TABLE 1. The occurrence of the micromorphological humus-components in the various layers and horizons

	Moderhumus al dan niet in aggregaat- vorm (matig tot sterk vervloeid) 'Moder' humus, whether or not in aggregates (modera- tely to strongly coalesced)	'Bollen' 'Spheres'	Opake planteresten, soms met herken- bare weefselstruc- turen <i>Opaque plant frag- ments, sometimes containing tissue fragments</i>
Humusarm stuifzand <i>Inland-dune sand, poor in humus</i>	(+)	(+)	—
Dunne humeuze laagjes <i>Thin humose layers</i>			
a. normaal (12 v.d. 14) <i>a. normal</i>	(+)	(+)	+
b. ongunstige uitzondering <i>b. unfavourable exception</i>	(+)	—	+
c. gunstige uitzondering <i>c. favourable exception</i>	+	(+)	—
Dikke humeuze laag (stuifzand) <i>Thick humose layer (inland-dune sand)</i>	+	(+)	+
A1-horizont in stuifzand <i>A1-horizon in inland-dune sand</i>	+	(+)	(+)
A1-horizont van haarpodzolgrond in dekzand <i>A1-horizon of 'haar' podzol soil in coversand</i>	+	—	(+)

Mate van voorkomen / *Degree of occurrence*

+ = vrij veel / *rather high*

(+) = weinig of zeer weinig / *low or very low*

— = niet aanwezig / *absent*

stuifzandpakket, een ca. 10 cm dikke humeuze laag in de ondergrond van een stuifzandpakket, veertien dunne humeuze laagjes (dikte 1–10 mm) in stuifzandpakketten en het humusarme stuifzand.

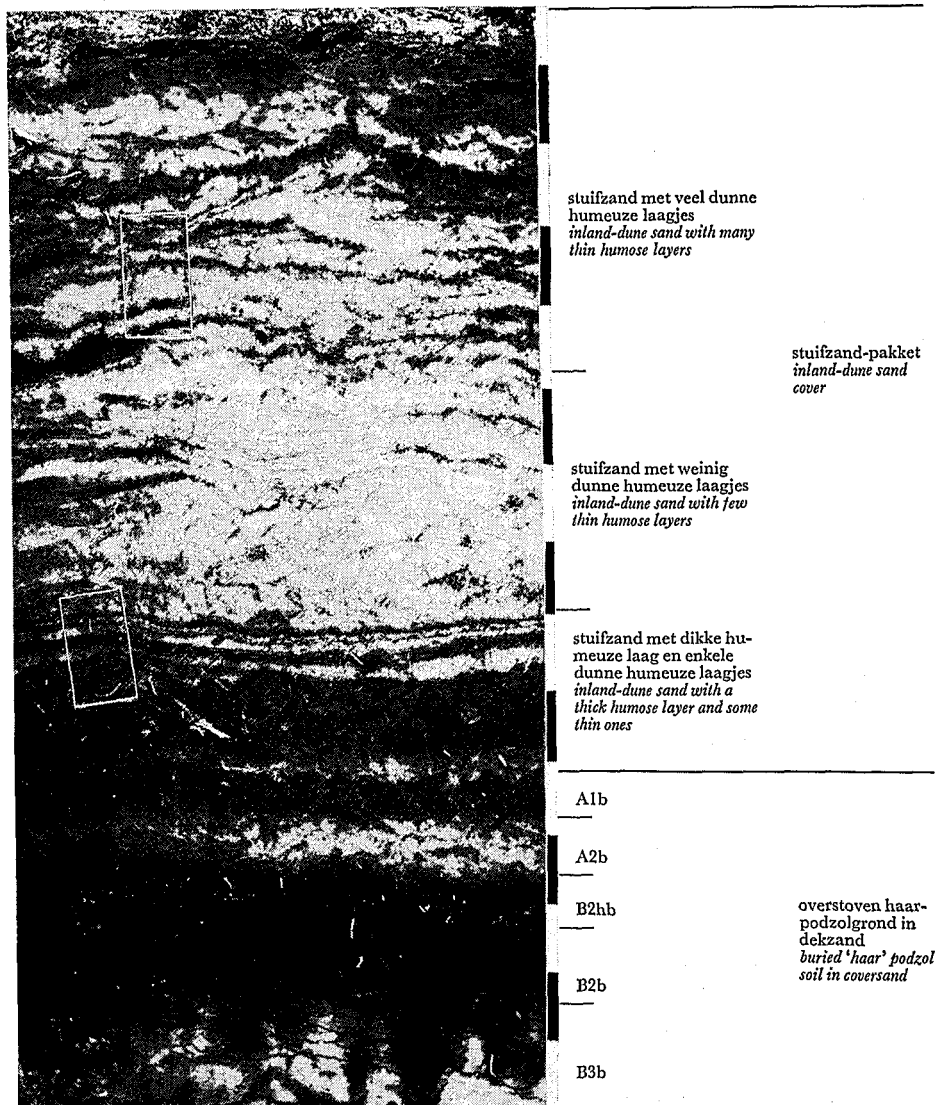


Foto: Stiboka R32-79A

Fig. 1. Duinvaaggrond. Stuifzandpakket met dunne humeuze laagjes en een dikke humeuze laag gelegen op een haarpodzolgrond.

Fig. 1. 'Duin' vague soil. Inland-dune sand cover on a 'haar' podzol soil. The inland-dune sand contains several thin humose layers and a thick one.

□ Een tweetal plekken waar ongestoorde monsters zijn genomen voor micromorfologisch onderzoek
Indication of areas which have been sampled for micromorphological investigation

In figuur 1 is één van de onderzochte stuifzandprofielen weergegeven, waarin de meeste van de onderscheiden horizonten zijn vertegenwoordigd. De omkaderde gedeelten op de foto geven een tweetal plekken aan waar ongestoorde monsters voor slijpplaten zijn genomen.

De A1-horizont van de haarpodzolgrond wordt gekenmerkt door micro-aggregaatjes van zeer donkere, sterk gehumificeerde, matig tot vrij sterk vervloeiende moderhumus en een kleine hoeveelheid opake plantaardige splintertjes (fig. 2).

De recente A1 van het stuifzand vertoont een soortgelijk beeld (fig. 3); verspreid komen hierin echter ook nog wat opake, doorgaans zeer sterk afgeronde brokken organische stof ('bollen') voor, die in grootte ongeveer overeenstemmen met de zandkorrels.

De dikke humeuze laag bevat doorgaans sterk vervloeiende modernmicro-aggregaatjes, vrij donker gekleurde planteresten in diverse stadia van afbraak en de reeds genoemde bollen (fig. 4).

In de dunne humeuze laagjes komen micromorfologisch gezien grote variaties in humustype¹⁾ voor:

a. in één geval werd zuivere moderhumus aangetroffen naast een gering aantal opake bollen (fig. 5),

b. in een tweede geval (een zeer 'vet' humuslensje) bestond de organische stof nagenoeg geheel uit opake brokken tot een grootte van ca 0,5 mm, die voor een groot deel bestaan uit zeer compacte sterk gefossiliseerde planteresten, anderdeels uit enigszins poreuze doch sterk vervloeiende moder-aggregaatjes (fig. 6),

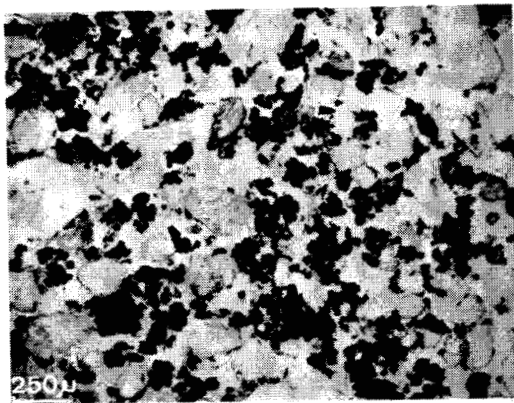
c. in de overige twaalf laagjes bleek een combinatie van humus-componenten voor te komen in wisselende hoeveelheden, namelijk: moderhumus (doorgaans vrij weinig); langgerekte meestal min of meer horizontaal georiënteerde donkere planteresten die soms nog duidelijk weefselstructuren hebben, soms volledig opaak zijn; opake bolvormige brokken organische stof ter grootte van de skeletdelen (fig. 7, 8, 9 en 10).

Het humusarme stuifzand bevat of alleen enkele sterk gehumificeerde, veelal vrij sterk vervloeiende coprogene deeltjes (fig. 11), of tevens enkele opake bollen ter grootte van het zand (fig. 12).

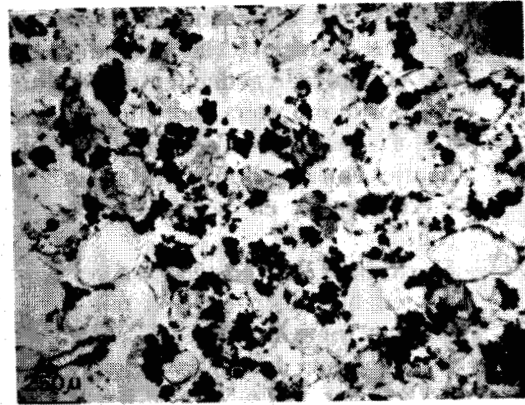
5. HET IJZERVERLOOP

Het onderzoek naar het verloop van het ijzergehalte met de diepte geschiedde aan een vijftal ongestoorde monsters, die in lengte varieerden van 30 tot 50 cm. Het betrof dezelfde horizonten en lagen als micromorfologisch werden onderzocht, echter nog aangevuld met een matig dikke A1-horizont,

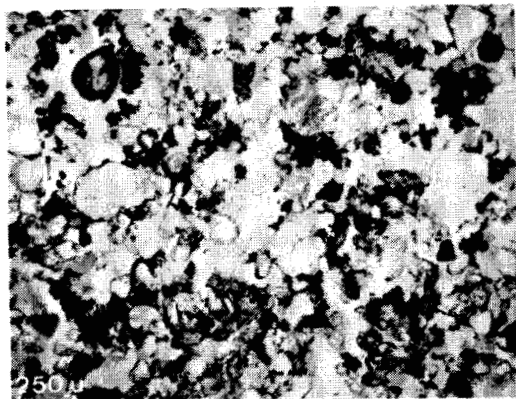
¹⁾ Onder een humusvorm verstaan we een genetisch bepaalde verticale opeenvolging van humustypen. Het humustype is de micromorfologische configuratie van de organische stof in een bepaalde horizont of laag (Jongierius and Schelling, 1960). Het humustype is veelal opgebouwd uit enige micromorfologisch verschillende elementen, zoals planteden, excrementen en micro-aggregaten. Die elementen worden in deze publikatie korthedshalve aangeduid als (micromorfologische) humus-componenten.



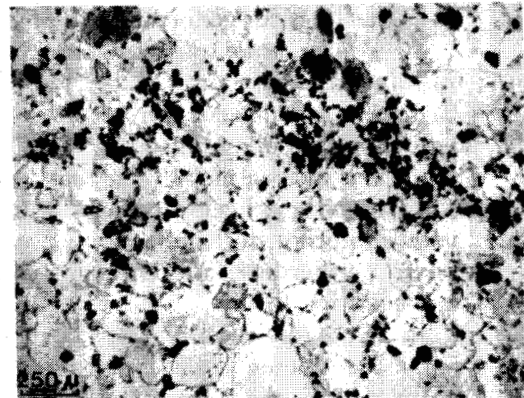
2



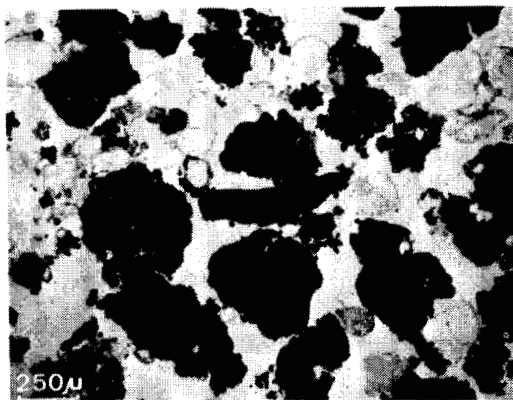
3



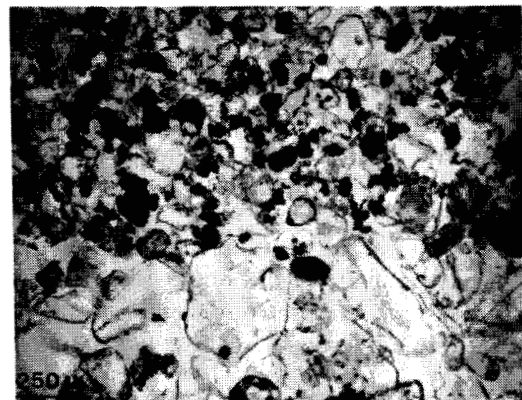
4



5



6



7

Fig. 2. A1-horizon van een overstoven haarpodzolgrond. Zeer donkere (opake) micro-aggregaatjes van sterk gehumificeerde, matig tot vrij sterk vervloeide moderhumus.

Fig. 2. A1-horizon of a buried 'haar' podzol soil. Very dark (opaque) micro-aggregates consisting of strongly humified and moderately to strongly coalesced fecal pellets and fragments thereof.

Fig. 3. Recente A1-horizon van het stuifzand op de haarpodzolgrond. Het beeld gelijkt

waarvan het bovenste deel een recente A1 in stuifzand is, het onderste gedeelte een begraven A1 van een haarpodzolgrond.

De gegloeide monsters werden beoordeeld naar het kleurbeeld. Tevens werd stereo-microscopisch de positie waarin het ijzer voorkomt nagegaan.

Het kleurbeeld

Alle horizonten in stuifzand blijken in meerdere of mindere mate rood te gloeien. De bovenkant van de overstoven haarpodzolgrond (A1b- en A2-horizonten) gloeit daarentegen wit.

Het humusarme stuifzand is homogeen licht rood gekleurd (2,5YR 7/5-7/6). De dunne humeuze laagjes gloeien intenser rood (10R 6/8). Iets minder rood (10R 6/5-6/6) gloeien de A1-horizonten in stuifzand en de dikke humeuze laag in stuifzand. De A1b- en A2b-horizonten van de overstoven haarpodzolgrond zijn wit gekleurd (10YR 8/2); alleen in de bovenste centimeters van de A1b komen ook zwak rossige kleuren voor (5YR 8/3).

De verdeling van het ijzer

De rode kleuren van de gegloeide monsters zijn het gevolg van de in de grond aanwezige ijzerverbindingen (Van Diepen, 1956). Bij de onderzochte monsters blijken er twee geheel verschillende accumulatievormen van het ijzer voor te komen, nl.

- a. ijzer dat in de vorm van een dun huidje om korrels ligt,
- b. ijzer aanwezig in de as van de bij het gloeien geoxydeerde organische stof.

Wanneer een horizont wit gloeit, is dit het gevolg van het ontbreken van ijzerhuidjes en/of het ontbreken van ijzer in de asresten van de organische stof.

Het al dan niet voorkomen van één of beide verschijningsvormen blijkt in sterke mate gecorreleerd te zijn met de soort van bodemhorizonten (tabel 2).

sterk op dat van fig. 2. De betrekkelijk weinige 'bollen' die in deze horizont voorkomen, zijn niet zichtbaar op de foto.

Fig. 3. Recent A1-horizon in an inland-dune sand cover on the 'haar' podzol soil. Same humus type as in fig. 2.

Fig. 4. Dikke humeuze stuifzandlaag. Sterk vervloeiende micro-aggregaatjes van moderhumus, enige 'bollen' (rechts boven) en een sterk gehumificeerde planterest (midden).

Fig. 4. Thick humose layer of inland-dune sand. Strongly coalesced micro-aggregates consisting of 'moder'humus, some 'humus-spheres' (top side right) and a strongly humified plant fragment (centre).

Fig. 5. Dun humeus stuifzandlaagje. Zeer donkere moderhumus; gave, sterk gehumificeerde excrementjes of fragmenten daarvan. Verspreid enige opake 'bollen'.

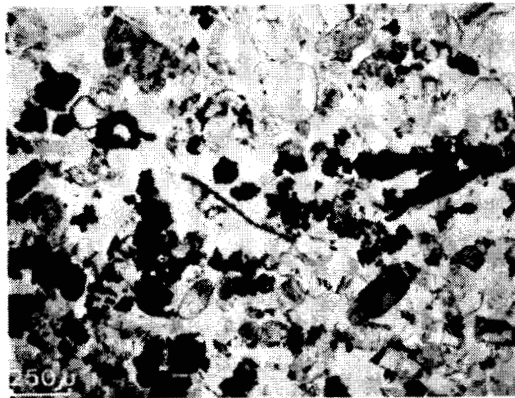
Fig. 5. Thin humose layer of inland-dune sand. Very dark 'moder'humus; intact, strongly humified excrements or fragments thereof. Scattered some opaque 'spheres'.

Fig. 6. Zeer 'vet' humuslensje in stuifzand. Grote opake brokken organische stof (compact: gefossiliseerde planteresten; poreus: sterk vervloeiende micro-aggregaatjes van moderhumus).

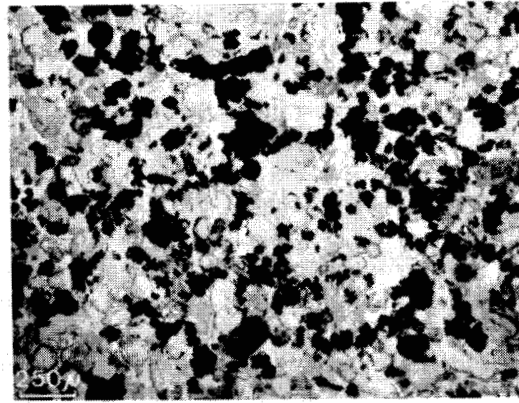
Fig. 6. Thin layer of organic matter in inland-dune sand. Big lumps of opaque organic material (compact: fossilized plant fragments; porous: strongly coalesced micro-aggregates consisting of 'moder'humus).

Fig. 7. Dun humeus stuifzandlaagje. De organische stof bestaat grotendeels uit 'bollen'.

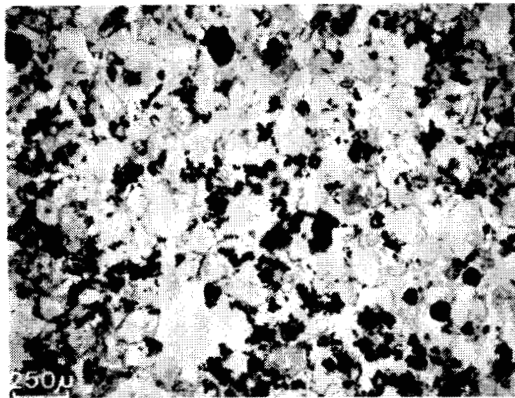
Fig. 7. Thin humose layer of inland-dune sand. The organic matter consists for the most part of 'spheres'.



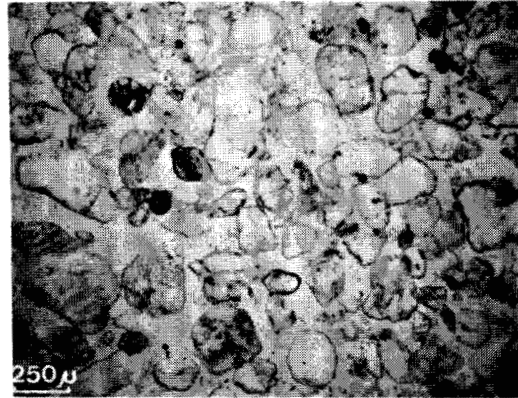
8



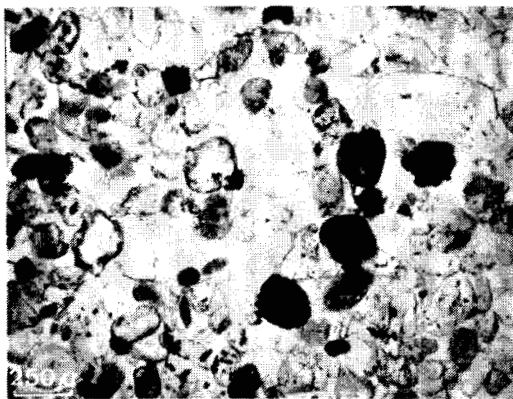
9



10



11



12



13

Foto's 2-13: Afd. Micropedologie

Fig. 8. Dun humeus stuifzandlaagje. Sterk gehumificeerde, min of meer horizontaal gestrekte plantfragmenten en micro-aggregaatjes van moderhumus in diverse stadia van vervloeiing. In het midden van de foto een gefossiliseerde alg.

Fig. 8. Thin humose layer of inland-dune sand. Strongly humified, more or less horizontally oriented

14

A1b- en A2b-horizonten van een overstoven haarpodzolgrond. Beide verschijningsvormen van het ijzer ontbreken nagenoeg: het zand gloeit wit. Alleen de bovenste centimeters van de A1-horizonten zijn zwak rossig gekleurd. Deze kleur wordt uitsluitend veroorzaakt door de rood gekleurde asresten van ijzer bevattende organische stof. Dieper in deze horizonten komen eveneens asresten van organische stof voor, doch deze zijn wit van kleur.

Het humusarme stuifzand. De rode kleur wordt vrijwel uitsluitend veroorzaakt door ijzer dat als een dun huidje om de korrels ligt. Het stereo-microscopisch beeld van het humusarme stuifzand toont dat het zand bestaat uit een mengsel van blanke korrels en korrels met een ijzerhuidje. Asresten van organische stof worden slechts hier en daar aangetroffen; deze zijn ook hier rood.

De dunne humeuze laagjes. Het gloeibeeld hiervan is intenser rood dan van het humusarme stuifzand. Dit wordt veroorzaakt door het voorkomen van beide ijzervormen. De rode kleur van de asresten is sterk overheersend.

Dikkere humeuze laag in stuifzand. De gloeikleur is minder rood dan bij de dunne humeuze laagjes. Ook hier komen beide ijzervormen voor; maar ijzer in de vorm van huidjes is hier veel minder aanwezig.

A1-horizonten, ontstaan in de bovengrond van het stuifzand. De gloeikleur is vrijwel gelijk aan die van de dikkere humeuze laag in stuifzand. Evenwel ontbreekt hier het ijzer in de vorm van huidjes. Alle korrels zijn blank. De rode kleur wordt dus uitsluitend veroorzaakt door de asresten van de verbrande organische stof.

Opgemerkt dient nog te worden, dat de rode kleur van de asresten niet veroorzaakt wordt door lutum of leem. In de betreffende stuifzandafzettingen ontbreekt het lutum geheel, terwijl het leempercentage zeer gering is (enkele procenten).

plant fragments and micro-aggregates consisting of 'moder' humus which are in various phases of coalescence. In the centre a fossilized alga.

Fig. 9. Dun humeus stuifzandlaagje. Sterk gehumificeerde, min of meer horizontaal gestrekte plantfragmenten, sterk vervloeiende micro-aggregaatjes van moderhumus en 'bollen'.

Fig. 9. Thin humose layer of inland-dune sand. Strongly humified, more or less horizontally oriented plant fragments, strongly coalesced micro-aggregates consisting of 'moder' humus and 'spheres'.

Fig. 10. Dun humeus stuifzandlaagje. Vrij poreuze micro-aggregaatjes van moderhumus en enige 'bollen'.

Fig. 10. Thin humose layer of inland-dune sand. Rather porous micro-aggregates consisting of 'moder' humus and some 'spheres'.

Fig. 11. Humusarm stuifzand. Enkele, veelal vrij sterk vervloeiende corprogene deeltjes.

Fig. 11. Inland-dune sand, poor in humus. Some mostly rather strongly coalesced fecal pellets.

Fig. 12. Humusarm stuifzand. Als fig. 11, doch ook enige 'bollen'.

Fig. 12. Inland-dune sand, poor in humus. Like fig. 11, but here also some 'spheres'.

Fig. 13. Gefossiliseerde alg.

Fig. 13. Fossilized alga.

TABEL 2. Voorkomen van ijzerhuidjes en asresten in de gegloeide lagen en horizonten
 TABLE 2. Occurrence of ferrogeneous cutans and ash remnants in the ignited layers and horizons

	IJzerhuidjes <i>Ferrogeneous cutans</i>	Rode asresten <i>Red ash remnants</i>	Witte asresten <i>White ash remnants</i>
Humusarm stuifzand <i>Inland-dune sand poor in humus</i>	+	(+)	—
Dunne humeuze laagjes (st) <i>Thin humose layers</i>	+	+	—
Dikke humeuze laag (stuifzand) <i>Thick humose layers (in inland-dune sand)</i>	(+)	+	—
A1-horizont in stuifzand <i>A1-horizon in inland-dune sand</i>	—	+	—
A1-horizont van haarpodzol- grond in dekzand <i>A1-horizon of 'haar' podzol soil in coversand</i>	—	(+)	+
A2-horizont van haarpodzol- grond in dekzand <i>A2-horizon of 'haar' podzol soil in coversand</i>	—	—	(+)

Mate van voorkomen / *Degree of occurrence*

+ = vrij veel / *rather high*

(+) = weinig of zeer weinig / *low or very low*

— = niet aanwezig / *absent*

6. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

6.1 *De humusvorming op hogere zandgronden in het algemeen*

Op hogere zandgronden die gedurende langere tijd door een natuurlijke vegetatie zijn bedekt, vindt òf ruwe-humusvorming plaats òf modervorming (Jongerijs, 1957; Jongerijs and Schelling, 1960). In het eerste geval wordt het strooisel hoofdzakelijk afgebroken en gehumificeerd door microben en schimmels. Gemakkelijk aantastbare weefsels worden 'opgelost' onder vorming van donkere disperse humusstoffen die ten dele in de minerale grond infiltreren en daar op een zekere diepte accumuleren, anderdeels zich ophopen in de meer resistente planteresten, die daardoor zeer donker kleuren. Geleidelijk vallen die resten in doorgaans niet meer dan enige honderden microns grote donkerbruine of zwarte, vaak zelfs opake, meestal langgerekte fragmentjes uiteen. Door de zwaartekracht of meegesleurd door wegzakende neerslag kunnen deze terecht komen in de bovenste centimeters van het minerale profiel (Jongerijs, 1957; Jongerijs and Schelling, 1960; Bal, 1968).

Het wezenlijke kenmerk van de modervorming daarentegen is de ver-

werking van de organische stof door kleine bodemdieren, dat wil zeggen de zgn. macro- en micro-arthropoden, enchytraeën, kleine, dicht onder het oppervlak levende regenwormsoorten, e.d. Aan die verwerking komt vaak een uitgebreide successie van diersoorten te pas, die het organische materiaal steeds verder verfijnen. Parallel hieraan schrijdt de door de micro-organismen bewerkte humificatie voort. Het eindresultaat is te vinden onderin de A0-horizont: een doorgaans donkere aardachtige 'humusmassa' die bestaat uit sterk gehumificeerd materiaal in de vorm van excrementjes of brokstukjes daarvan. Dit zeer gecompliceerde vermoderingsproces is zeer uitvoerig beschreven door Bal (1968). Ofschoon in het faecale materiaal soms veel zeer fijn mineraal materiaal wordt aangetroffen dat met het voedsel wordt opgenomen, vindt geen actieve menging plaats met de minerale grond, dat wil zeggen met de grovere minerale delen. Toch komt in het minerale deel van het profiel meestal een zeer grote hoeveelheid door bodemdieren verwerkte organische stof voor. Dit is ten dele toe te schrijven aan de vermodering van wortels, meestal echter grotendeels aan mechanisch transport van faecaal materiaal uit de A0-horizont door middel van wegzakkend water. In de A1-horizont of zelfs nog daaronder ontstaan zo humus-micro-aggregaatjes van (meestal) maximaal enige honderden microns grootte. Die aggregaatjes kunnen over de gehele diepte waarin ze voorkomen bruin en poreus zijn (moder-B), vaak ook ziet men echter een met de diepte toenemende compactie en zelfs vormverlies (vervloeiing) en zwartkleuring; dit door het ontstaan van donkere, disperse humus. Bij de laatstgenoemde gang van zaken, die kenmerkend is voor de armere hoge zandgronden, vindt vrijwel nooit een totale vermodering van de organische stof plaats: er is naast de moderhumus meestal een zekere hoeveelheid zeer kleine, zeer donkere of zelfs opake strooisel- en wortelfragmenten aanwezig.

6.2 *De in het stuifzand aangetroffen humustypen*

Zoals uit de beschrijving in paragraaf 4 blijkt, is de organische stof van de A1-horizonten van de haarpodzolgrond en van het stuifzandpakket van het zo juist genoemde type. Tussen de beide A1's bestaat echter desondanks nog wel een karakteristiek verschil. De eerste heeft een homogene microstructuur, de tweede daarentegen heeft zeer zwakke indicaties van een oorspronkelijk laagsgewijze opbouw; dat wil zeggen dat er een zekere heterogeniteit is in de verhouding tussen de skeletdelen en de organische stof. Dit duidt op een geleidelijk inwaaien van geringe hoeveelheden zand in een bestaande vegetatie.

We vergelijken nu de micromorfologie van de organische stof in de humeuze laagjes van het stuifzand met die van de A1-horizonten. Zoals blijkt uit paragraaf 4, heeft geen enkele van die laagjes kenmerken die volkomen identiek zijn met die in de A1-horizonten. Wil dit nu zeggen, dat de genese van de humeuze laagjes niet identiek is met die van de A1-horizonten? Om die vraag te beantwoorden, zullen we de betekenis van de verschillende organische-stofcomponenten die in de humeuze laagjes voorkomen nader bezien, te beginnen met de organische-stof 'bollen'.

6.3 *De ontstaanswijze van de humustypen*

De 'bollen' zijn onzes inziens door de wind verplaatste stukjes organische stof die in wezen dus zijn te beschouwen als skeletdelen van het stuifzand-sediment. Dit valt af te leiden uit:

1. hun verspreide ligging door het gehele stuifzandpakket; ze komen namelijk voor in het humusarme stuifzand, in vrijwel alle humeuze laagjes en in de A1-horizonten van het stuifzand,
2. de grootte van de brokken; deze stemt ongeveer overeen met de grootte van de minerale skeletdelen,
3. hun vorm. De brokken zijn de restanten van sterk gehumificeerde plantesteren die door de wind zijn getransporteerd en gedurende dit transport door botsingen met zandkorrels zijn verkleind en afgerond.

De beide andere humuscomponenten van de laagjes, namelijk de moderhumus en de meestal horizontaal gerichte, sterk gehumificeerde plantesteren, zijn typisch autochtoon. Genetisch hebben ze echter een totaal verschillende betekenis.

De modervorming is onder de gegeven omstandigheden, dat wil zeggen in het stuiflandschap, gebonden aan een vegetatie die zich gedurende een zekere tijd ongestoord heeft kunnen ontwikkelen. Een aantoonbare modervorming treedt waarschijnlijk reeds zeer snel op, zelfs al onder een pioniervegetatie. Zo komen in stuifzand onder mos bijvoorbeeld deeltjes moderhumus voor tot 2 à 4 cm diepte (Van der Drift, 1964).

Nu doet zich in het stuifzandlandschap de complicatie voor, dat er regelmatig zand in de vegetatie waait. Hierbij kunnen onzes inziens drie gevallen worden onderscheiden, nl.:

1. het ingewaaide zandlaagje is zo dik dat de vegetatie verstikt, doch deze ligt nog gedurende enige tijd direct onder het oppervlak;
2. de vegetatie wordt door een dikkere zandlaag afgedekt en verstikt; de vegetatielaag heeft geen direct contact met het oppervlak;
3. het zandlaagje is zeer dun, zodat de vegetatie er door kan groeien.

In het eerste geval zal door de activiteit van de oppervlakkig levende bodemdieren en micro-organismen een totale vermodering van de afgestorven planteresten plaatsvinden. Uiteraard wordt slechts zelden voldaan aan de voorwaarden die tot totale vermodering leiden. Vandaar ook dat het verschijnsel van een humuslaagje waarin een totale vermodering wordt aangetroffen waarschijnlijk zeldzaam is. Van de veertien dunne humeuze laagjes die wij in het onderzoek betrokken, vertoonde slechts één dit verschijnsel (fig. 5).

Bij het tweede geval is een vermodering van de afgestorven vegetatie vanaf het oppervlak niet mogelijk. Immers, het afdekkende zandpakket is te dik voor de aan het oppervlak levende, in soort en aantal toch reeds geringe bodemfauna (Van der Drift, 1964) om tot de planteresten door te dringen. Onder de extreme omstandigheden die in het stuifzand heersen (zeer grote temperatuurschommelingen, extreme droogte) zullen de begraven plantesteren dan ook fossiliseren tot grotere donkere en doorgaans horizontaal ge-

streckte fragmenten. In zulke lagen treffen we dus steeds een combinatie aan van moder en donkere min of meer horizontaal gestrekte plantefragmenten in wisselende hoeveelheden (extreem ontwikkeld in fig. 8). Een bijkomende indicatie voor het catastrofale karakter van deze dikkere zandbedekking is dat soms gefossiliseerde algen in zulke laagjes worden aangetroffen (fig. 13). Uit het onderzoek hebben we de indruk gekregen, dat deze vorming van humeuze laagjes het meest voorkomt. Immers, zoals reeds eerder opgemerkt, behoren niet minder dan 12 van de 14 onderzochte humeuze laagjes tot het genoemde type.

Meestal zijn de gefossiliseerde planterestjes betrekkelijk klein en waarschijnlijk afkomstig van een mossen- en grassenvegetatie. In één geval (het 'vette' lensje, fig. 6) zijn de gefossiliseerde brokken echter zeer groot en dan ook waarschijnlijk afkomstig van een heidevegetatie.

Zoals reeds gezegd, is het ook mogelijk dat de vegetatie door het ingestoven zand groeit. In dit (derde) geval worden de afgestorven plantedelen, zij het langzamer dan bij de klassieke A1-vermodering het geval is, voor een groot deel door bodemdieren verwerkt. Er ontstaat dan een mengsel van moder en doorgaans donkerbruine plantedelen in diverse stadia van afbraak (fig. 4). Dit beeld is kenmerkend voor de onderzochte dikke humeuze laag. Doorgaans treedt bij het laatste proces ook microgelaagdheid op, dat wil zeggen dat binnen de humeuze laag afwisselend horizontale, relatief humusarme zones voorkomen en zones waarin zeer veel organisch materiaal is geconcentreerd. Zoals reeds eerder werd opgemerkt, heeft de A1 van het stuifzandprofiel ook een min of meer gelaagde opbouw, althans in het onderste gedeelte. De vorming van die A1 is dan ook op soortgelijke wijze begonnen.

6.4 *De resultaten van het ijzeronderzoek met betrekking tot de typische humusvormen*

De resultaten van het ijzeronderzoek bevestigen het bovenstaande in grote lijnen.

We nemen als referentieprofiel de haarpodzolgrond. We zien dan, dat in de bovengrond daarvan geen ijzerhuidjes rondom de zandkorrels voorkomen, in de B-horizonten en het bovenste gedeelte van het C-materiaal wel, terwijl ze in de diepere ondergrond weer ontbreken. In het humusarme stuifzand komen echter zandkorrels met ijzerhuidjes en blanke korrels voor. Het stuifzand is dan ook te beschouwen als een mengsel van materiaal afkomstig uit de verschillende horizonten van de haarpodzolgrond.

Korrels met ijzerhuidjes komen ook voor in de dunne humeuze laagjes. Deze laagjes kunnen dus niet ontstaan zijn door uitwaaiing van humeus zand uit de bovengrond van het oorspronkelijke podzolprofiel; immers, dit zand heeft in het geheel geen ijzerhuidjes. Er is overigens nog een ander argument dat de moder en de planteresten niet door verwaaiing in de humeuze laagjes zijn terechtgekomen, namelijk dat de as in die laagjes rood gekleurd is, dit in tegenstelling tot de as van de A1 van de haarpodzolgrond.

Nu blijken echter niet alle onderzochte stuifzandgronden zand met ijzerhuidjes te bevatten. Met name is dit niet het geval in de A1-horizonten, ontstaan door geleidelijke inwaaiing en ophoging van humusarm stuifzand in

een bestaande vegetatie (Marsman, 1971). Ook dit stuifzand zal ongetwijfeld oorspronkelijk ijzerhuidjes hebben gehad. Verondersteld wordt dat reeds tijdens de geleidelijke opstuiving in dit zure milieu onder invloed van de vegetatie de ijzerhuidjes zijn verdwenen. Dit ijzer is waarschijnlijk opgehoopt direct onder de A1, gezien het feit dat daar alle zandkorrels door ijzerhuidjes zijn bedekt, een uniek verschijnsel voor stuifzand. We hebben hier dus te doen met een beginnende podzolering, waarbij één aspect van het podzoleringsproces, nl. de ijzerverplaatsing, zich al duidelijk doet gelden.

De onderzochte dikkere, humeuze laag neemt een intermediaire positie in wat betreft de hoeveelheid ijzerhuidjes; deze is namelijk duidelijk minder dan in de dunne humeuze laagjes. Dit wijst erop, dat in de dikkere laag een gedeeltelijke ontijzering heeft plaatsgehad, hetgeen zeer goed overeenstemt met de uit micromorfologisch humusonderzoek verkregen opvatting, dat vorming van de dikke humeuze laag een variant is van die van de recente A1 in het stuifzand.

6.5 *Conclusies*

De belangrijkste conclusies zijn:

1. Stuifzandgronden zijn opgebouwd uit een mengsel van korrels afkomstig uit de verschillende horizonten van de oorspronkelijk aanwezige ongestoorde bodem.
2. De organische stof, aanwezig in de dunne en dikkere humeuze laagjes van het stuifzand, is voor het overgrote deel ter plaatse ontstaan.
3. Het merendeel der humeuze laagjes is het gevolg van een kortstondige vegetatie, welke is afgedekt en vernietigd door een laag humusarm stuifzand.

De hoofdcomponent van de organische stof bestaat uit gefossiliseerde planteresten.

4. In enkele van de humeuze lagen of laagjes kan een beginnend proces van A1-vorming (vermodering) worden waargenomen. Afhankelijk van de heersende omstandigheden heeft deze vermodering ten dele of volledig plaatsgevonden.
5. In gevallen, waarin een duidelijke vermodering van de organische stof in de humeuze laagjes is opgetreden, wordt zij vergezeld van een beginnend podzoleringsproces (ontijzering).

SAMENVATTING

De genese van de overwegend dunne humeuze laagjes in stuifzandprofielen werd nagegaan door middel van micromorfologisch onderzoek van de organische stof en het ijzer.

In het stuifzand kunnen drie (morfologische) humuscomponenten voorkomen, namelijk planteresten (o.a. fig. 8), moderhumus (o.a. fig. 4 en 5) en organische-stofbollen (o.a. fig. 12). De eerste twee componenten zijn autochtoon, de laatste is getransporteerd door de wind.

De mate van voorkomen van de componenten is voor de verschillende laagjes en horizonten weergegeven in tabel 1. Uit de resultaten bleek dat het

ontstaan van de onderzochte humuslaagjes vrijwel steeds gebonden is aan een vegetatie (meestal mossen of grassen, soms heide – fig. 7). Veel moder-humus duidt op een langdurige vegetatie en/of langzame opstuiving (o.a. fig. 5 en 10), maar veel sterk gehumificeerde planteresten op een kortstondige vegetatie die is verstikt door een aanzienlijke verstuiving (fig. 6 en 8). Het laatste proces wordt soms nog bevestigd door het voorkomen van gefossiliseerde algen (fig. 8 en 13).

Het al of niet voorkomen van ijzer en de positie daarvan zijn voor het onderzochte materiaal weergegeven in tabel 2. De resultaten bevestigen de conclusies die uit het onderzoek van de organische stof werden getrokken. Tevens bleek duidelijke vermodering in de humeuze laagjes samen te gaan met beginnende podzolering.

december 1970

SUMMARY

The genesis of the predominantly thin humose layers in soils developed in inland-dune sand was examined by means of micromorphological investigation of their organic matter and ferrogeneous compounds.

In the inland-dune sands three kinds of (morphologic) humus compounds may occur, namely plant remnants (e.g. fig. 8), 'moder' humus (e.g. fig. 4 and 5) and 'spheres' consisting of organic matter (e.g. fig. 12). The first two are autochthonous, the last compound is transported by wind.

Table 1 shows the degree of occurrence of the compounds in the different kinds of layers and horizons. As appears from the results the genesis of the investigated humose layers is nearly always connected with a vegetation (mostly mosses or grasses, sometimes heath – fig. 7). Relatively much 'moder' humus points to a prolonged period of vegetation and/or a slow rate of sand sedimentation (e.g. fig. 5 and 10), whereas many strongly humified plant fragments are characteristic for a vegetation of short duration which is decayed by a considerable layer of drifted sand (fig. 6 and 8). Sometimes the latter process is affirmed by the occurrence of fossilised algae (fig. 8 and 13).

The occurrence yes or no of iron and its position are shown for the investigated material in table 2. The results affirm the conclusion which have been derived from the investigation of the organic matter. In addition moder formation appeared to be linked up with initial podzolisation within the humose layers.

LITERATUUR

- Bal, L.*, 1968. Functie van de bodemfauna in de genese van twee moder-humusprofielen. Boor en Spade XVI: 79–109.
- Diepen, D. van*, 1956. De gloeimethode als vorm van ijzeronderzoek bij de profielstudie van zandgronden. Boor en Spade VIII: 160–173.
- Dieren, J. W. van*, 1934. Organogene Dünenbildung. Den Haag.
- Drift, J. van der*, 1964. Soil fauna and soil profile in some inland-dune habitats. In: A. Jongerius (Editor), Soil micromorphology: 69–81.
- Jager Gerlings, J. H.*, 1907. Beschrijving van de houtvesterij 'Kootwijk' Eene bebossching van zandverstuivingen.

- Jeswiet, J., en H. J. Venema*, 1933. Verslag der excursie onder leiding van dr. Tüxen, gehouden op 30 september 1933 op de Landgoederen Geerestein, De Treek en Henschoten onder Woudenberg en Leusden. *Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift*. December 1933.
- Jongerijs, A.*, 1957. Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. *Bodemkundige studies* no. 2, Wageningen.
- Jongerijs, A., and J. Schelling*, 1960. Micromorphology of organic matter formed under the influence of soil organisms, especially soil fauna. 7th Intern. Congr. of Soil Sci., Madison, 2: 702-710.
- Lynden, K. R. van*, 1958. De bodemgesteldheid van de boswachterij Kootwijk. Rapport nr. 493 van de Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Marsman, B. A.*, 1971. De A1-vorming bij zandgronden, gelegen langs de rand van stuifzandgebieden. *Boor en Spade* 17: 23-34.
- Sabban, P.*, 1897. Die Dünen der südwestlichen Heide Mecklenburgs und über die mineralogische Zusammensetzung diluvialer und alluvialer Sande. Inaugural-Dissertation. Landes-Universität Rostock.
- Schelling, J.*, 1955. Stuifzandgronden. Uitvoerige Verslagen van het Bosbouwproefstation TNO. Band 2, nr. 1, Wageningen.
- Stichting voor Bodemkartering*, 1968. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Toelichting bij kaartblad 52 West. Venlo.
- Wessely, J.*, 1873. Der Europäische Flugsand und seine Kultur. Wien.