

# Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties

## Het humusprofiel als graadmeter voor standplaatsontwikkeling

In een inleidend artikel beschreven Kemmers *et al.* (2002) de opzet van een ecologische typering van bodems. Daarbij wordt de humusvorm als sleutelfactor gezien om de actuele toestand van het ecosysteem te beschrijven. In dit artikel wordt de humusvormtypologie voor korte vegetaties besproken. De nadruk ligt op enkele voorbeelden van het gebruik van humusprofielen als graadmeter voor de standplaatsontwikkeling.

In het raamwerk ecologische bodemtypologie (Kemmers *et al.*, 2001; Kemmers *et al.*, 2002), wordt het humusprofiel gebruikt om veranderingen in de bodem op een tijdschaal van decennia te beschrijven. Dit is met de traditionele bodemtypologie (De Bakker & Schelling, 1989) niet mogelijk. Het humusprofiel heeft vooral nut bij het beschrijven van standplaatsen in bestaande natuurterreinen, of bij het monitoren van de standplaatsontwikkeling na ingrepen bij natuurontwikkeling of herstelmaatregelen. Het humusprofiel wordt hierbij altijd in samenhang met andere standplaatscomponenten zoals moedermateriaal, hydrologie en vegetatie beschreven. In dit artikel worden twee voorbeelden besproken van de relatie van humusvormen onder korte vegetaties op kwelgevoede zandgronden en venen in relatie tot deze standplaatscomponenten. De humusvormtypologie wordt globaal besproken. Voor een uitgebreidere bespreking van de humusvormtypologie verwijzen we naar Van Delft (2001). De term 'korte vegetaties' gebruiken wij hier als verzamelnaam voor een aantal begroeiingstypen buiten het bos, zoals graslanden, heiden en moerasvegetaties.

De beschrijving van humusprofielen is tot nu toe voornamelijk beperkt tot standplaatsen onder bos. Naar het humusprofiel onder korte vegetaties is veel minder onderzoek gedaan. Barratt (1964) onderzocht humusprofielen onder graslanden in Engeland en New Zeeland. In een aantal recentere onderzoeken in Nederland is de vorming van organische horizonten beschreven, zonder dat daar-

bij nader op het humusprofiel is ingegaan (Jungerius *et al.*, 1995; Hoogerkamp *et al.*, 1983).

Sinds 1991 worden door Alterra humusprofielen niet alleen onder bos, maar ook onder korte vegetaties, zoals in graslanden, heide en moerasvegetaties beschreven (o.a. Van Delft, 1995, 1997; Hoegen & Frielink, 1997; Van Delft *et al.*, 1999). Meer recent zijn humusprofielen beschreven in referentiepunten voor het bepalen van terreincondities voor vegetatietypen volgens de 'SBB-Catalogus' (Beets *et al.*, 2000, 2001). Op basis van de gegevens uit deze studies hebben we een humusvormtypologie voor korte vegetaties ontwikkeld (Van Delft, 2001) welke geïntegreerd is met de humusvormtypologie voor bossen (Kemmers *et al.*, 2001).

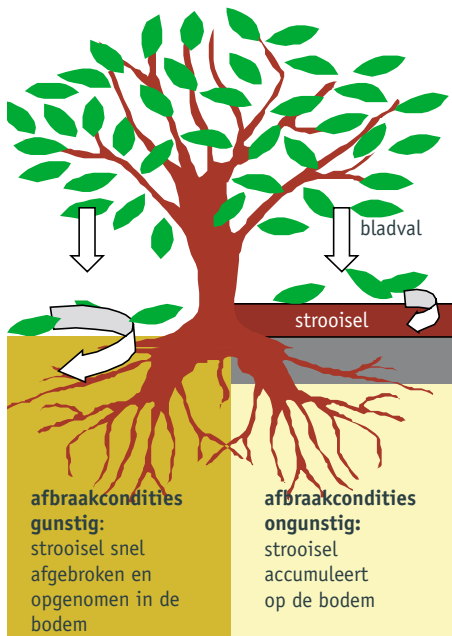
De processen die zorgen voor de afbraak van organische stof en vermenging hiervan met de bodem verlopen onder bos in principe op dezelfde wijze als onder korte vegetaties. Humusprofielen onder korte vegetaties worden echter apart beschreven omdat de aanvoer van vers organisch materiaal verschilt (figuur 1). Onder bos is de organische stofvoornamelijk afkomstig van strooisel dat op het profiel valt. Daarbuiten gaat het voornamelijk om afgestorven wortels. Als de vegetatie gemaaid wordt, is de strooisel-aanvoer zelfs verwaarloosbaar. Onder gunstige omstandigheden (zuurgraad, vocht) zal in beide situaties een snelle omzetting van de organische stof plaatsvinden, waarbij de gevormde humus wordt opgenomen in de bovenste bodemlaag. Onder ongunstige omstandigheden stagneert deze omzetting en zal de organische stof ter

**BAS VAN DELFT, ROLF  
KEMMERS & REIN DE  
WAAL**

**Ir. S.P.J. van Delft, drs. R.H.  
Kemmers en drs. R.W. de  
Waal.** ALTERRA, afdeling  
Bodem & Landgebruik, Postbus  
47, 6700 AA Wageningen;  
e-mail: S.P.J.vanDelft@-  
Alterra.wag-ur.nl

Dit artikel is de tweede aflevering van een korte serie over Ecologische bodemtypologie. De eerste aflevering verscheen in Landschap 19(2).

## Bos



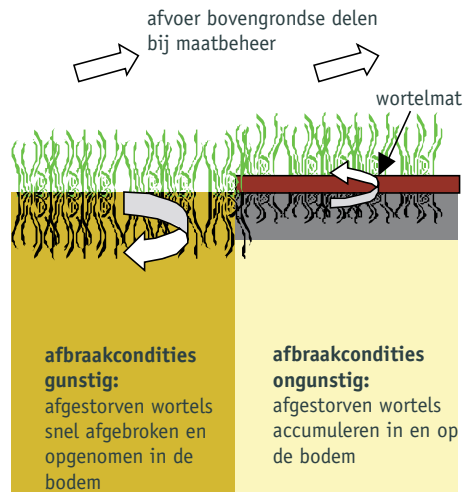
**Figuur 1** Verschillen in organische stof aanvoer, -omzetting en -accumulatie onder bos en bij korte vegetaties.

**Figure 1** Differences in organic matter input, -turnover and -accumulation between forest and grassland ecosystems.

**Tabel 1** Overzicht van codes voor de belangrijkste horizonten in humusprofielen onder korte vegetaties met toevoegingen

**Table 1** Letter codes are distinguishing the main horizons of the grassland humusform.

## Korte vegetaties



plaatsse accumuleren. Onder bos ontstaat een ectorganische strooisellaag. Onder korte vegetaties, waar de aanvoer van organische stof vooral bestaat uit afgestorven wortels, hopen deze zich eerst op in de bovengrond, waardoor een horizont ontstaat met veel dode wortels (AMh-horizont). Uiteindelijk groeit dit uit tot een wortelmat die vaak los op de oorspronkelijke bovengrond komt te liggen (M-horizont). Een overzicht van de horizonten van humusprofielen zoals die hierbij door Alterra onderscheiden worden, staat in tabel 1. De C-horizont, waarin weinig of geen bodemvorming is waar te nemen, hoort strikt genomen niet tot het humusprofiel (zie kader). In profielbeschrijvingen wordt deze horizont wel opgenomen.

## Indeling humusvormen onder korte vegetaties

Bij het ontwikkelen van de humusvormtypologie voor korte vegetaties hebben we gebruik gemaakt van 346 profielbeschrijvingen. In de typologie wordt de humusvorm bepaald door het voorkomen en de dikte van horizonten, maar ook door moeder materiaal en hydromorfe kenmerken. Met behulp van TWINSPAN (Hill, 1979) hebben we eerst een clustering uitgevoerd, die vervolgens op basis van expert judgement is aangepast. De drie hoogste niveaus van deze typologie zijn weergegeven in tabel 2.

De humusvormen zijn op het hoogste niveau verdeeld over 5 ordes op basis van de aard van de dominante humushorizont (veraard, of onverteerd). Het onderscheid tussen terrestrische en semiterrestrische standplaatsen (zie kader) zorgt voor de indeling in subordes. De verdere onderverdeling in groepen vindt plaats op grond van kenmerken als leem- of kalkgehalte van de bovengrond, mate van veraarding en veensoort van dominante moerige horizonten, of het voorkomen van wortelmatten.

Code	Toevoeging	Omschrijving
S	-	jonge veenmoslaag, zowel op veenprofielen, als bij minerale profielen
M	-	wortelmateriaal
	f	matten van onverteerde dode wortelresten
	m	gedeeltelijk verteerde wortelresten
	h	sterk verteerde wortelresten
OM	-	overgangshorizont tussen 0- en M-horizont (> 30 % humus)
	f, m, h	zie onder M
0	-	veen (moerige laag)
	f	onverveerd veen
	m	verveerd veen
	h	eutroof veraard veen
	g	anaëroob veraard mesotroof veen (gyttja)
	d	anaëroob oligotroof veraard veen (gliede)
OA	-	moerige horizont (15 – 30% organische stof) die ontstaan is door oxidatie van veen waarbij het residu niet meer dan 30 % organische stof bevat
AMh	-	overgangshorizont tussen een A- en een M-horizont, ontstaan door accumulatie van wortels in een minerale A-horizont (< 30 % humus)
Ah	-	gehumificeerd organisch materiaal dat door dierlijke activiteit (bioturbatie) vermengd is met de minerale ondergrond
	e	idem met uitlogingskenmerken (micropodzol)
	g	idem met gleyverschijnselen
E	-	Ontijzerde en uitgeloopte horizont
B	-	Horizont met ijzer- en humusinspoeling



Orde	Suborde	Groep	Code	Omschrijving
<b>Mull:</b> M, AMh, of OM < 2 cm	Semiter.	<u>H</u> ydromull	<b>HL</b>	alle semiterrestrische mulls
	Terrestrisch	<u>V</u> aagmull	<b>VL</b>	A < 2 cm of vage AC > 2 cm
		<u>K</u> rijtmull	<b>LK</b>	kalk- en leemrijk; organische stof in Ah > 8%
		<u>Z</u> andmull	<b>ZL</b>	Ah of AC > 2cm en leem < 20 %
		<u>W</u> ormmull	<b>WL</b>	Ah of AC > 2cm en leem > 20 %
		<u>A</u> kkermull	<b>AL</b>	A(a)p; Ah + M < 2cm
<b>Mullmoder:</b> M, AMh, OM, O en/of OA > 2 cm; Ah > bovenstaande horizonten	Semiter.	<u>H</u> ydromullmoder	<b>HLD</b>	alle semiterrestrische mullmoders
	Terrestrisch	Mul lmoder	<b>LD</b>	alle terrestrische mullmoders
<b>Moder:</b> Oh, Og, Od, OA of M dominant of F, M, AMh of OM > Ah en > 2 cm	Semiter.	<u>E</u> erdmoder	<b>ED</b>	semiterrestrische moders met dominante O
		<u>H</u> ydromoder	<b>HD</b>	semiterrestrische moders met dominante M of AMh op een mineraal profiel
	Terrestrisch	Moder	<b>D</b>	alle terrestrische moders
<b>Mormoder:</b> Mm dominant en > Ah	Terrestrisch	Mor moder	<b>RD</b>	alle terrestrische mormoders
<b>Mor:</b> Of, Om of M dominant	Semiter.	<u>V</u> eenmosmor	<b>VR</b>	semiterrestrische mor in oligotroof veen
		<u>M</u> esimor	<b>MR</b>	semiterrestrische mor in mesotroof of eutroof veen
	Terrestrisch	Heidemor	<b>R</b>	terrestrische mor

**Tabel 2** Indeling van de humusvormen onder korte vegetaties tot het niveau van groep.

**Table 2** Humusform classification for grassland ecosystems at group level.

## Ontwikkelingsreeksen binnen fysiografische eenheden

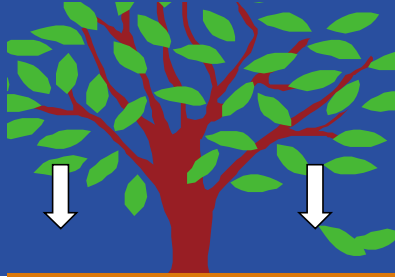
Voor een goed begrip van de betekenis in een standplaatsbeschrijving kunnen humusvormen het beste vergeleken worden binnen ontwikkelingsreeksen die voorkomen binnen een beperkt gebied, bijvoorbeeld in een natuurgebied, of een aantal onderling vergelijkbare terreinen. Hiervoor hebben wij een achttal fysiografische eenheden opgesteld, die homogeen zijn ten aanzien van

primaire factoren zoals moedermateriaal en hydrologie (Kemmers et al., 2002). In de volgende paragrafen worden twee van deze reeksen beschreven, binnen de kwelgevoede zandgronden en de venen.

### Kwelgevoede zandgronden:

wortelmat groeit door afnemende kwel

Bij kwelgevoede zandgronden blijkt de mate waarin de standplaats beïnvloed wordt door kwel de belangrijkste



## Begrippen

In de tekst wordt een aantal begrippen gebruikt die specifiek zijn voor het bodem- en humusprofielonderzoek. Deze worden hieronder verklaard.

**Bodemprofiel** Verticale doorsnede van de bodem. Hierin worden zowel de zuiver minerale als de organische horizonten beschreven.

**Humusprofiel** Het deel van de bodem waarin organische stof voor komt. Dit omvat de organische horizonten (L, F, H, O en M; zie Kemmers et al. 2002), maar ook minerale horizonten waarin organische stof door biologische en/of fysische processen is gevormd of afgezet (A-, E- en B-horizonten). Dit is vergelijkbaar met een bodemprofiel.

**Humusvorm** Specifieke vorm waarin het humusprofiel voorkomt. Dit wordt bepaald door het voorkomen en de dikte van horizonten tot 40 cm – mv. Op basis van een *humusvormclassificatie* (of *humusvormtypologie*) wordt een humusprofiel ingedeeld bij een humusvorm. Dit is vergelijkbaar met een bodemprofiel dat wordt ingedeeld bij een bodemeenheid.

**Ectorganisch** Het deel van het humusprofiel waar strooisel op het profiel is geaccumuleerd (L-, F- en H-horizonten)

**Endorganisch** Het deel van het humusprofiel waar organische stof in het minerale deel van het profiel is opgenomen (o.a. A-horizonten), of waar de organische stof in situ gevormd is (M-, en O-horizonten).

**Semiterrestrisch** Standplaatsen die sterk onder invloed van (grond)water staan noemen we semiterrestrisch. Dit zijn behalve veengronden en moerige gronden, minerale gronden met gley binnen 25 cm, of een GHG < 25 cm of een GLG < 60 cm.

**Terrestrisch** Standplaatsen die niet aan de criteria voor *semiterrestrisch* voldoen.

factor te zijn die de ontwikkeling van humusprofielen bepaalt (Van Delft, 2001). De aanwezigheid van kwel, of wegzijging, is bepalend voor de stroomrichting van bodemvocht en voor uitspoeling, of juist aanrijking van basische stoffen. Hierdoor wordt de zuurbuffer in de bodem en uiteindelijk de afbraak van organische stof gestuurd. De waterkwantiteit heeft vooral indirect, via de aëratie invloed op het humusprofiel, waardoor op natte plaatsen een moerige bovengrond kan ontstaan.

De bodemeenheid die zich normaal gesproken in kwelgevoede zandgronden ontwikkelt is de *bekeergrond* (pZg). Met kwelwater wordt calcium en bicarbonaat aangevoerd, waardoor de aanvoer van zuur uit neerslag en afbraak van organische stof geneutraliseerd wordt. De zuurgraad van de bodem wordt gebufferd rond  $\text{pH-water} = 5,5$ . Hierbij

wordt calcium aan het adsorptiecomplex geadsorbeerd, waardoor een buffer opgebouwd wordt voor perioden waarin de zuuraanvoer de buffer vanuit het grondwater overtreft. Deze omstandigheden zijn zeer gunstig voor een actief bodemleven, waardoor organische stof snel wordt omgezet in stabiele humus. De macrofauna (regenwormen) zorgt er voor dat wortels en strooisel versnipperd, en door de grond gemengd worden. De verdere afbraak wordt uitgevoerd door de mesofauna (o.a. mijten), microfauna en bacteriën. In lemige bodems wordt een deel van de ruwe organische stof opgenomen in aggregaten die gevormd worden door de uitwerpselen van wormen (Marinissen, 1995). Hierdoor is het juist beschermd tegen verdere afbraak, zodat de mineralisatie geleidelijker verloopt. Door de verrijking van de bovengrond



met humus ontstaat een Ah-horizont. De bijbehorende humusvorm is een *hydromull* (HL, zie tabel 2). Wanneer de Ah-horizont dikker is dan 15 cm wordt de bodem volgens de bodemclassificatie tot de *beekerdgronden* (pZg) gerekend. In veel natuurgebieden wordt deze dikte niet gehaald. Dan is het een *vlakvaaggrond* (Zn). Het vegetatietype op een dergelijke *hydromull* is meestal een *Cirsio-Molinietum*.

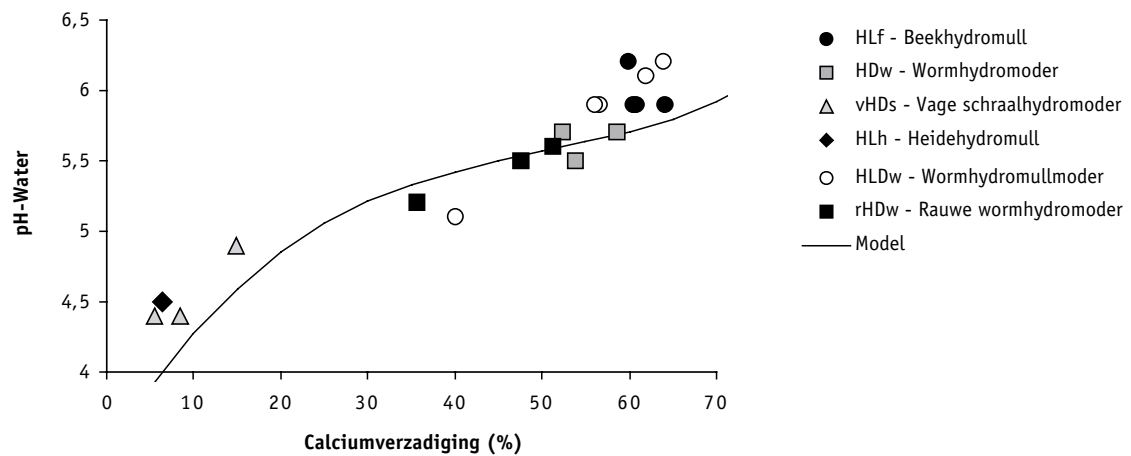
Veel standplaatsen die tot de kwelgevoede zandgronden gerekend worden functioneren allang niet meer zoals hiervoor is beschreven. Door grondwaterstands dalingen zijn er nog maar weinig plaatsen waar kwel tot aan het maaiveld voorkomt. Deze veranderingen hebben grote invloed op de processen in de bovengrond. Door het wegvallen van kwel wordt de zuurbuffer onvoldoende aangevuld en raakt daardoor uitgeput. De lagere grondwaterstanden zorgen voor een groter waterbergend vermogen van de grond, waardoor neerslag zal infiltreren, de uitspoeling toeneemt, en de zuurinput vergroot wordt. Calcium wordt van het adsorptiecomplex verdreven en spoelt uit. Door de grotere zuurinput en afgenomen zuurbuffer daalt de zuurgraad. Uiteindelijk kan de Al-buffer worden geactiveerd, waardoor  $Al^{3+}$  gemobiliseerd wordt. Dit is ongunstig voor het bodemleven, waarvan de activiteit dan ook afneemt (Van Delft, 1997; Van Delft et al., 1999; Kemmers et al., Submitted). Dode wortels worden niet meer door regenwormen door het profiel gemengd, maar worden ter plaatse door de mesofauna en bacteriën afgebroken. Hierdoor vormt zich bovenin de Ah-horizont een AMh-horizont. Afhankelijk van de relatieve dikte van deze horizonten wordt de humusvorm een *wormhydromullmoder* (HLDw) of een *wormhydromoder* (HDw). Bij verdergaan de verzuring trekt de biologische activiteit zich steeds verder terug richting maaiveld. Dit geldt ook voor de wortelverdeling. Er ontstaat een wortelmat bovenop het profiel (M-horizont). De humusvorm wordt een *schraalhydromoder* (HDs). De verzuring leidt ook tot uitspoeling van ijzer

en vertering van mineralen, waardoor podzoleringsprocessen op gang komen (Kemmers et al., 2000). Deze veranderingen in de standplaats geven ook een verschuiving in de vegetatie te zien naar heischraal grasland en vochtige heide.

Veranderingen die tot uiting komen in de bodemclassificatie verlopen zeer langzaam. Het begin van podzolering (micropodzol), zoals in de vorige paragraaf beschreven is, kan zich in enkele decennia voltrekken, maar dit komt dan nog niet tot uiting in de bodemeenheid. De vorming van een 'echt' podzolprofiel duurt meerdere eeuwen. De hierboven geschetste standplaatsontwikkeling zal daarom met de bodemclassificatie niet beschreven kunnen worden. De veranderingen in het humusprofiel gaan veel sneller en zijn binnen enkele jaren zichtbaar. Daarom is het humusprofiel zeer geschikt als indicator voor de bodemverzuringstoestand.

Het volgende voorbeeld illustreert de verschillen tussen standplaatsen met kwel en de overgang naar een infiltratieprofiel. Het betreft een verdrogingsreeks op een overgang van blauwgrasland naar vochtige heide in Groot Zandbrink in de Gelderse Vallei (coördinaten 161070, 459820). Langs de flanken van een dekzandrug komen enkele schraalgraslandjes voor, die in het verleden onder invloed van regionale kwel hebben gestaan. Deze kwel is nu voor een belangrijk deel verdwenen, waardoor de regenwaterinvloed sterk is toegenomen. Daardoor komen basenrijke omstandigheden nog maar in een smalle strook voor. Eén van de graslandjes bestaat nog voor een groot deel uit blauwgrasland, hoewel ook hier de veranderingen in de hydrologie duidelijk merkbaar zijn. Het perceel wordt aan de laagste zijde begrensd door een greppel waardoor neerslagwater oppervlakkig afgevoerd kan worden (Kemmers et al., 1994). Voor 19 profielen in dit graslandje is in figuur 2 de relatie uitgezet tussen de humusvorm, calciumverzadiging en pH-water. De door-

**Figuur 2** Relatie tussen de humusvorm, calciumverzadiging en pH-water in een verdrogingsreeks op een overgang van blauwgrasland naar vochtige heide in Groot Zandbrink. De calciumverzadiging is bepaald uit het quotiënt van  $Ca^{2+}$  en de som van de geadsorbeerde basische kationen en uitwisselbaar waterstof, bepaald bij pH = 8,2. De reeks die als model is aangeduid betreft een regressiemodel dat is afgeleid van een groot aantal monsters uit natuurterreinen.



**Figure 2** The relationship between Ca-saturation and pH with humusforms in a base-rich grassland in nature reserve 'Groot Zandbrink'.

getrokken lijn is gebaseerd op een regressiemodel dat is afgeleid van een groot aantal monsters uit natuurterreinen.

In figuur 2 komen vier profielen voor met een beekhydromull (HLf). Dit is een hydromull (HL) in lemig zand. Deze hebben alle een calciumverzadiging > 60% en pH-water > 5,9. De 5 profielen met een dunne AMh-horizont (wormhydromullmoder; HLDw) zijn in het algemeen ook goed gebufferd, maar de spreiding van pH en calciumverzadiging is groter. Het effect van een afnemende buffer is goed zichtbaar bij de wormhydromoder (HDw; calciumverzadiging 52-60%) en de rauwe wormhydromoder (rHDw; calciumverzadiging 35-52%). Beide humusvormen worden gekenmerkt door een AMh-horizont die dikker is dan de Ah-horizont. Bij de rauwe wormhydromoder, komt de toegenomen regenwaterinvloed tot uiting in een dun laagje veenmosveen (Of-horizont). De profielen met een vage schraalhydromoder (vHDs) en de heidehydromull (HLh) hebben vrijwel geen zuurbuffer meer (calciumverzadiging < 20%). Deze vier profielen liggen op de overgang naar de dekzandrug en zijn enkele jaren voor de bemonstering afgeplagd. Hierdoor ontbreekt bij de schraalhydromoders de Ah-

horizont. Daarom wordt hier de fase 'vage' onderscheiden. Verder worden de schraalhydromoders gekenmerkt door een wortelmat (M-horizont). Bij de heidehydromull is bij het afplaggen de wortelmat verwijderd, maar deze zal zich opnieuw ontwikkelen, waarbij de humusvorm overgaat in een heidehydromoder (HDh). Op het profiel komt reeds een dunne Mh-horizont (< 2 cm) voor. In het minerale deel van het profiel is een micropodzol ontwikkeld.

In tabel 3 zijn het vegetatietype en de humusvorm tegen elkaar uitgezet. Bij de meeste profielen komt het *Cirsio-Molinietum* voor. Dit vegetatietype komt dus bij een bredere range voor de calciumverzadiging voor dan de verschillende humusvormen. De humusvormen geven daarom een betere indicatie van de zuurbuffer dan de vegetatie. Met name het voorkomen van de rauwe wormhydromoder (rHDw) indiceert dat deze vrijwel uitgeput is. In de jaren '80 van de 20<sup>e</sup> eeuw was de verbreiding van het *Cirsio-Molinietum Parnassietosum* in dit graslandje veel groter dan nu. Door verdroging en verzuring is deze subassociatie verdrongen naar de laagste delen van de gradiënt. Hoewel in een groot deel van het graslandje nog een *Cirsio-Molinietum typicum* voor komt, geven de humusvormen aan dat de standplaats verder aan het verzuren is. De vegetatie verandert langzamer, omdat een aantal soorten zich nog een tijd handhaven, terwijl de standplaats niet meer optimaal is voor dit vegetatietype. Bij verdergaande verzuring zal de humusvorm overgaan in een schraalhydromoder (HDs). De vegetatie zal verder opschuiven in de richting van het *Ericion*. In figuur 3 zijn 5 van de 19 profielen uit het graslandje uitgezet in een transect tussen de afwateringsgreppel en de

**Tabel 3** Relatie tussen vegetatietype en humusvorm in een verdrogingsreeks op een overgang van blauwgrasland naar vochtige heide in Groot Zandbrink. Voor de verklaring van de codes, zie legenda figuur 2.

**Table 3** Relationship between plant communities and humusforms in a base-rich grassland in nature reserve 'Groot

Vegetatietype	Humusvorm					
	HLf	HLD <sub>w</sub>	HDw	rHD <sub>w</sub>	vHDs	HL <sub>h</sub>
Cirsio-Molinietum parnassietosum	2					
Cirsio-Molinietum peucedanetosum		2				
Cirsio-Molinietum typicum	2	3	2	3		
Cirsio-Molinietum nardetosum			1			
Ericetum tetralicis orchietosum					2	
RG Erica tetralix [Ericion tetralicis]					1	1

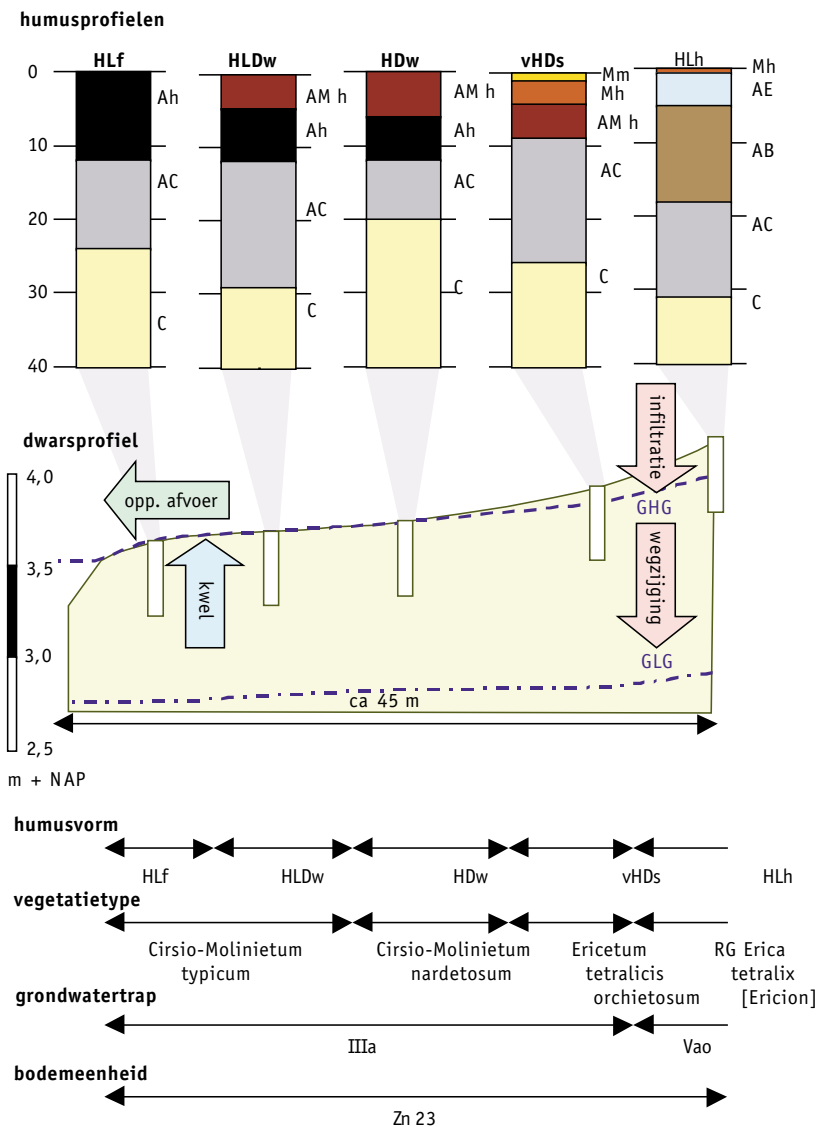


voet van de dekzandrug. Hiermee wordt aangegeven hoe verschillen in hydrologische positie tot uiting komen in veldkenmerken van de standplaats. Hoewel in het verleden in het hele graslandje kwel tot aan het maaiveld voor kwam, is dat nu vooral in de laagste delen het geval. Bij hoge grondwaterstanden wordt het regenwater hier over het maaiveld afgevoerd naar de greppel. Hogerop in de gradiënt is sprake van wegzijging. Bij de beschrijving van de standplaats volgens verschillende indelingen komen deze overgangen niet altijd goed tot hun recht. Volgens de bodemclassificatie vallen alle profielen onder dezelfde bodemeenheid (Zn<sub>23</sub> = Vlakvaaggrond). Op een grondwatertrappenkaart valt alleen het droogste profiel in een andere klasse dan de overige vier. De vegetatietypen laten op subassociatieniveau wel meer differentiatie zien. Geconcludeerd kan worden dat de humusvorm de duidelijkste indicatie geeft voor veranderde standplaatscondities. Aan de hand van de humusvorm is het duidelijkst te zien hoe de standplaats verandert bij afnemende kwel. De vegetatie verandert ook, maar vertoont een naijlingseffect, waardoor de veranderingen pas later duidelijk worden.

Figuur 3 geeft een ruimtelijke vergelijking van profielen met een afnemende kwelintensiteit, in de vorm van een toposequentie. Dezelfde relaties gelden ook voor een ontwikkeling in de tijd (chronosequentie). Om dat te onderzoeken ontbreken echter herhaalde waarnemingen van dezelfde locaties vóór en ná een hydrologische ingreep. Op basis van de hier beschreven verdrogingsreeks verwachten we dat vroeger de beekhydromull (HLf) net als het *Cirsio-Molinietum parnassietosum*, een grotere verbreiding had binnen het graslandje.

## Venen: veenprofiel vertelt geschiedenis van de waterkwaliteit

In moerassen zijn waterdiepte, dynamiek en waterkwaliteit bepalend voor de floristische samenstelling en de aard



**Figuur 3** Humusprofielen en standplaatskenmerken in een transect langs een verdrogingsreeks op een overgang van blauwgrasland naar vochtige heide in Groot Zandbrink. Voor de verklaring van de codes, zie legenda figuur 2.

**Figure 3** Changing humus profiles and site characteristics as related to hydrological conditions in a base-rich



en hoeveelheid van dood organisch materiaal. Door van Wirdum (1984) zijn moerastypen geplaatst in een reeks die de verschillende ontwikkelingsstadia van een oermoeras, via laagveen, naar een hoogveen beschrijft. Deze ontwikkeling is af te lezen aan de opbouw van een veenprofiel. Op veel plaatsen is deze profielopbouw door vervening verdwenen. Als daarna verlanding is opgetreden, is in de kragge wel weer een opeenvolging van veensoorten te zien, waaruit de ontwikkeling van de standplaats is af te lezen.

Een horizont die bestaat uit onverweerd veen noemen we een Of-horizont (zie tabel 1). Omdat uit deze horizontcode niet is af te leiden om welke veensoort het gaat, nemen we dit bij de profielbeschrijving, op als eigenschap van de horizont. Hoewel door anaërobe omstandigheden de afbraak geremd wordt, vindt altijd wel enige vorm van afbraak plaats. Bij veenmosveen gaat de afbraak zeer traag, waardoor een Of-horizont lange tijd kan voortbestaan. Veensoorten die kenmerkend zijn voor voedselrijkere milieus, zoals zeggeveen, worden al snel gedeeltelijk afgebroken, waardoor een Om-horizont ontstaat. Uiteindelijk bepalen (grond)waterdynamiek en -kwaliteit, hoe snel, en door welke organismen de organische stof afgebroken wordt. Als regelmatig perioden voorkomen waarin lucht in het veenprofiel kan doordringen zal voornamelijk een aërobe veraarding plaatsvinden. Hierbij worden Oh-horizonten gevormd. Bij constant waterverzadigde omstandigheden kan organische stof alleen afgebroken worden door bacteriën die onder anaërobe omstandigheden leven. In een mesotroof, basisch milieu wordt gyttja-achtige amorfe humus met een hoge calciumbezetting gevormd (Og-horizonten), terwijl in een zuur, oligotroof milieu gliede-achtige amorfe zure humus met een lage calciumbezetting gevormd wordt (Od-horizonten).

Als voorbeeld van de ontwikkelingsgeschiedenis van een veenpakket wordt in figuur 4 een reeks van 3 profielen getoond uit een kraggesysteem in 'De Stobbenribben' (coör-

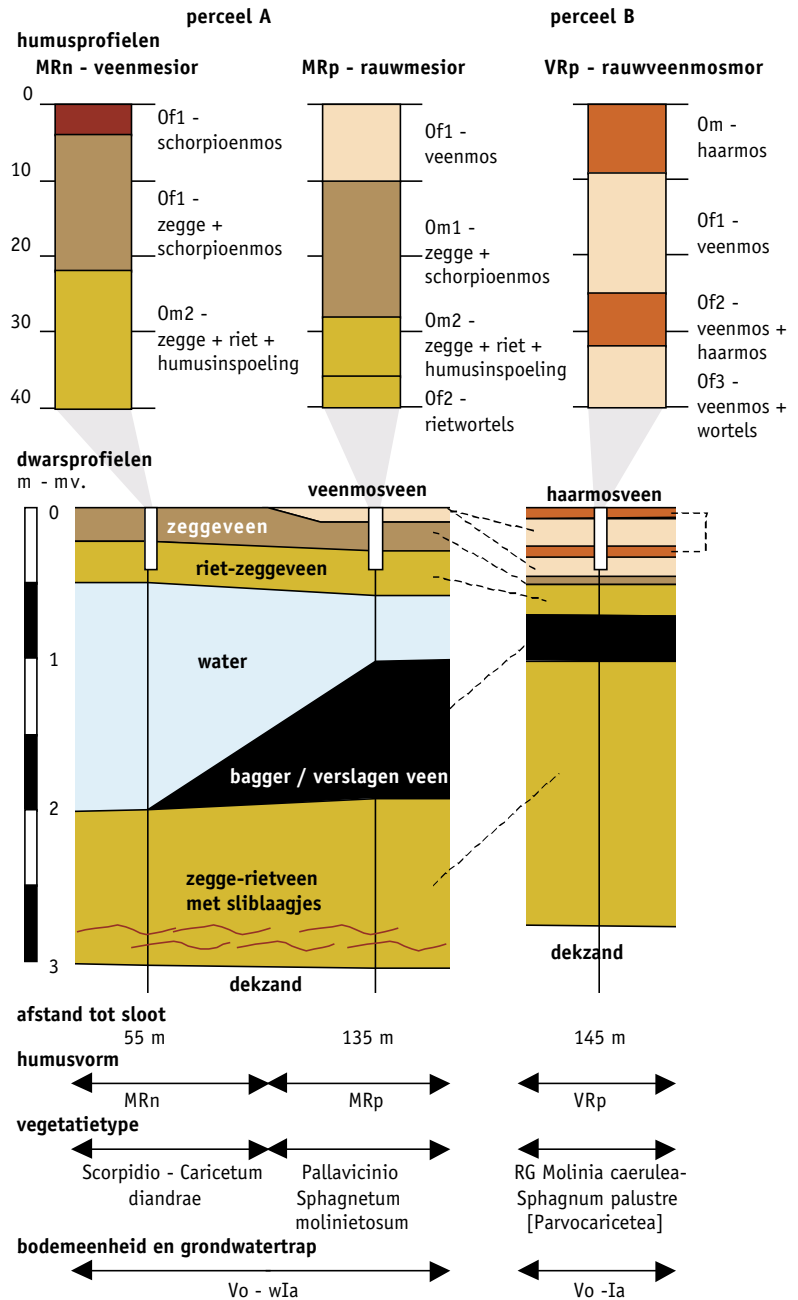
dinaten 195180, 533160; Schouwenberg en Van Wirdum 1997). In het verleden stond het gebied onder invloed van regionale kwel. Door het lage peil in de omringende polders vindt echter een sterke wegzijging plaats (Van Wirdum, 1991). De basenminnende trilveenvegetaties in de petgaten worden gevoed door aanvoer van basenrijk oppervlaktewater via een slotenstelsel. De invloed van dit slootwater in de kragge neemt af met de afstand tot de sloot en de dikte van de kragge die 40 tot cm 70 bedraagt. Hier neemt het aandeel regenwater toe, waardoor verzuring van de kragge op treedt. De profielen in figuur 4 liggen op een toenemende afstand van de sloot in twee verschillende percelen, gescheiden door een zetwal. Hierdoor neemt de slootwaterinvloed af in de drie profielen. Ze vertegenwoordigen daarom een verzuringsreeks.

In figuur 4 is de ontwikkeling van de standplaats in de tijd af te lezen. In het begin van de veenvorming is sprake geweest van een dynamisch milieu. In de onderste veenlagen hebben we zandbijnemenging gevonden. Het milieu moet toen ook voedselrijk geweest zijn, hetgeen blijkt uit het voorkomen van zegge-rietveen met sliblaagjes. Dit wijst op periodieke overstromingen met slibhoudend water. Na de vervening in de 19<sup>e</sup> eeuw bleef open water over, waarin humusdeeltjes en resten turf bezonken in een laag bagger. Het water in de petgaten had een mesotroof, basenrijk karakter, waardoor ze met kraggen zijn dichtgegroeid. Het onderste deel van de kragge bestaat uit een netwerk van rietwortels dat de kragge bij elkaar houdt. Hiertussen gingen zeggen groeien, waardoor riet-zeggeveen is ontstaan. Door anaërobe afbraak van het veen in de kragge zijn in deze laag humusdeeltjes ingespoeld. In de bovenste helft van de kragge komt vooral zeggeveen voor, met veel schorpioenmos. In het eerste profiel bestaat de bovenste 4 cm uit schorpioenmos. De humusvorm is een mesimor (MR), omdat binnen 40 cm een Of- of Om-horizont in mesotroof veen dominant is (zie tabel 2).



Op subgroepniveau wordt het een *veenmesimor* (MRn), omdat het geheel uit mesotroof veen bestaat.

Het vegetatietype dat bij de hiervoor geschetste standplaatsontwikkeling hoort is het *Scorpidio-Caricetum diandrae*. Dit vegetatietype is gebonden aan een subtiele balans tussen invloed van regenwater en van gebufferd oppervlaktewater (Schaminée et al., 1995). Het gaat onder invloed van verzuring over in *Pallavicinio-Sphagnetum molinietosum*. Dit is goed zichtbaar in het tweede profiel, dat zo'n 80 meter verder van de sloot ligt, en daarom een grotere regenwaterinvloed kent. Hier is een 10 cm dikke veenmoslaag gevormd. Aan de pH-waarden van het veen is deze beginnende verzuring ook duidelijk af te lezen (zie tabel 4). De monsters zijn genomen in het zeggeveen en in het riet-zeggeveen onderin de kragge. Ondanks het vrije water onder de kragge is de zuurgraad duidelijk lager dan in het eerste profiel. Ook hier is de humusvorm een mesimor, maar vanwege de veenmoslaag wordt het een *rauwmesimor* (MRp). Het laatste profiel is het sterkst verzuurd. Omdat het perceel smaller is, en minder diep verveend, is de invloed van het slootwater zeer beperkt. Uit het voorkomen van een laag riet-zeggeveen onderin de kragge, kan worden afgeleid dat het slootwater in het verleden wel tot hier is doorgedrongen. Thans is de standplaats geïsoleerd komen liggen en wordt vrijwel alleen gevoed door regenwater. Het profiel bestaat tot 45 cm - mv. uit veenmosveen met lagen haarmos. Dominantie van haarmos moet toegeschreven worden aan sterke schommelingen in het waterpeil (Schaminée et al., 1995). Tussen 25 en 32 cm - mv. komt een laag haarmos voor die waarschijnlijk is ontstaan in de jaren zestig van de vorige eeuw, in een periode met sterke ontwatering (m.m. G. van Wirdum). Daarna is als gevolg van waterconserving weer veenmosgroei op gang gekomen, maar uiteindelijk is dit toch weer verdrongen door haarmos, getuige de bovenste 9 cm die geheel uit haarmosveen bestaat. Omdat in dit profiel binnen 40 cm Of-



**Figuur 4** Humusprofielen en standplaatskenmerken in een verzuringsreeks in een kragge in De Stobbenribben.

**Figure 4** Changing humus profiles and site characteristics as related to hydrological conditions in a base-rich floating rich-fen in 'De Stobbenribben'.

**Tabel 4** Waarden van pH-H<sub>2</sub>O in bodemonsters in De Stobberibben (bron: Schouwenberg & Van Wirdum, 1997).

**Table 4** Values of pH-H<sub>2</sub>O in soil samples from 'De Stobberibben' (from: Schouwenberg & Van Wirdum, 1997).

Humusvorm	Diepte (cm)	pH-H <sub>2</sub> O
MRn - veenmesimor	10 - 15	5,8
	30 - 35	5,9
MRp - rauwmesimor	10 - 20	5,0
	35 - 45	5,3
VRp - rauwveenmosmor	10 - 20	4,0
	35 - 45	4,4

**Figuur 5** Mogelijke ontwikkelingsrichtingen van het humusprofiel als standplaatsindicator na afplaggen van een verdroogd, verzuurd profiel. (Naar De Waal & Kemmers, 2000).

**Figure 5** Possible development of a humusprofile as indicator of ecosystem conditions after sod-cutting. (After De Waal & Kemmers, 2000).

horizonten in oligotroof veen dominant zijn, is de humusvorm een *veenmosmor* (VR, zie tabel 2). Vanwege het ontbreken van enige vorm van veraarding wordt op subgroepniveau een *rauwveenmosmor* (VRp) onderscheiden.

De hier besproken profielen zijn beschreven in 1992, vóór de uitgevoerde herstelmaatregelen in het kader van de OBN-regeling. Uit monitoring blijkt dat de invloed van het slotwater in perceel A is toegenomen, en waarschijnlijk ook bovenin de kragge waarneembaar is (Van Wirdum & Schouwenberg, 2001). In de vegetatie zijn nog geen veranderingen waargenomen. In 1998 zijn het eerste en het laatste profiel opnieuw beschreven (Kemmers et al.,

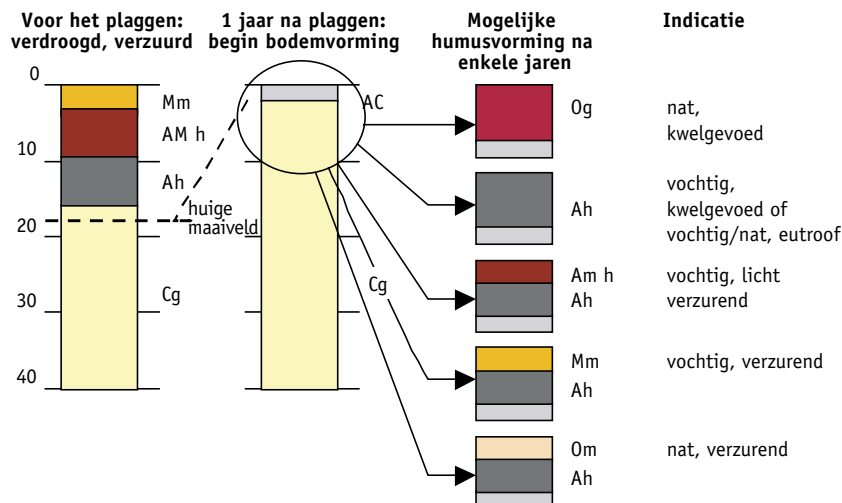
2000). Het lijkt er op dat in het eerste profiel iets meer anaërobie veraarding heeft plaats gevonden. Vanaf 13 cm kwam een Om-horizont voor, met vrij veel gyttja. Deze horizon ontwikkelt zich in de richting van een Og-horizont (zie tabel 1). In het derde profiel lijkt de dominantie van haarmos wat teruggedrongen te zijn, hoewel dat bij de monitoring niet tot uiting is gekomen (Van Wirdum & Schouwenberg, 2001). In de bovenste 5 cm van de haarmoslaag is weer veenmos gaan groeien.

De humusvormen geven in dit geval veel meer informatie dan de bodemkaart. Volgens de bodemclassificatie komen hier alleen *vlietveengronden* (Vo) voor. Dit zijn initiële veengronden waarbij binnen 20 cm ongerijpt materiaal voor komt. Ook de grondwatertrappen zijn niet onderscheidend. Bij de drie profielen lijken de humusvormen goed overeen te komen met de vegetatieontwikkeling, hetgeen niet verwonderlijk is omdat de samenstelling van het veen een afspiegeling is van de vegetatieontwikkeling. Dit geeft de humusvorm wel een extra dimensie, omdat niet alleen de huidige vegetatie, maar ook eerdere fasen in het humusprofiel te herkennen zijn. Hiermee verschaft de humusvorm een historische referentie voor de standplaats en informatie over de mate van degeneratie. Daarbij kan deze informatie ook behulpzaam zijn voor het bepalen van perspectieven voor herstel.

## Perspectieven

In een profielbeschrijving wordt het humusprofiel in één dimensie (de diepte) beschreven. Bij de interpretatie wordt hier eventueel een tweede dimensie aan toegevoegd, wanneer profielen in een transect beschreven worden (zie de beide voorbeelden). Momenteel wordt door Alterra een proef uitgevoerd met het karteren van humusvormen op de overgang van een vochtige heide naar een broekbos in boswachterij Leende (NBr.).

Een belangrijke toepassing van humusprofielonderzoek





betreft de monitoring van ontwikkelingen in de standplaats. Omdat het humusprofiel op vrij korte termijn reageert op veranderingen, is het geschikt om door herhaalde beschrijving deze veranderingen te volgen. Een voorbeeld is het volgen van de humusprofielontwikkeling na afplaggen van een verdroogde, verzuurde standplaats (zie figuur 5). Reeds na enkele jaren is te zien in welke richting het humusprofiel zich zal ontwikkelen, afhankelijk van de standplaats. In 2002 zal een aantal OBN-locaties waar in 1992 en 1993 profielbeschrijvingen zijn gemaakt (Van Delft, 1995) opnieuw bemonsterd en beschreven worden. Vergelijking van de humusprofielen kan meer infor-

matie geven over de ontwikkeling van het humusprofiel bij veranderde standplaatscondities, of na plaggen.

Uit de voorbeelden blijkt dat het humusprofiel relevante procesinformatie kan geven over de standplaats en hoe deze zich ontwikkelt. Deze informatie beschrijft de interactie tussen bodem, grondwater en vegetatie. Daarom zou een humusprofielbeschrijving als integraal onderdeel van een standplaatsbeschrijving opgenomen moeten worden, om de toestand van de standplaats ten aanzien van bijvoorbeeld verdroging en verzuring te kunnen beschrijven. Op basis van eenvoudige veldkenmerken is zo vrij gemakkelijk procesinformatie te verkrijgen.

---

## Summary

### Ecological soil classification in non-forest ecosystems

Bas van Delft, Rolf Kemmers en Rein de Waal

Landschap 19 (2002).

Ecological soil classification; Humus form; Site description

In a first, preliminary paper by Kemmers *et al.* (2002) a framework for ecological soil classification was introduced. In this approach the humus form is used as an indicator for (changing) ecosystem parameters which can not be recognised by the traditional soil classification. The current paper describes the application of a humus form classification in non-forest ecosystems (e.g. grassland, heath).

The main difference between humus forms in non-forest

ecosystems as compared to forest ecosystems is the input of raw organic matter which consists mainly of dead roots in the soil instead of litter falling on it. Decomposition processes are comparable. Under unfavourable conditions undecomposed organic matter accumulates in situ, forming ectorganic litter horizons in forests and mats of roots (M-horizon) in non-forest ecosystems.

In this paper the humus form classification in non-forest ecosystems is described. Humus forms of two different physiographic districts are discussed and compared to other site characteristics. In both examples it was found that the humus form is more informative with respect to site conditions than soil type, groundwater table or vegetation class. The humus form reflects the interactions between soil, groundwater and vegetation and therefore is an important addition to ecological site descriptions.

---

## Literatuur

**Bakker, H. de & J. Schelling, 1989.** Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Wageningen, Pudoc. Tweede gewijzigde druk.

**Barratt, B.C., 1964.** A Classification of humus forms and micro-fabrics of temperate grasslands. *Journal of Soil Science*, 15, 2:342-356.

**Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2000.** Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities; Fase 1 resultaten inventarisatie 1999 Driebergen/Wageningen Staatsbosbeheer/Alterra.

**Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2001.** Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities; Fase 2 resul-



- taten inventarisatie 2000 Driebergen/Wageningen  
Staatsbosbeheer/Alterra.
- Besse, M., 1996.** Bodemonderzoek in vochtige en natte duinvalleien in de Amsterdamse Waterleidingduinen; Een inventariserend onderzoek naar de relatie tussen grondwater, humusprofiel en vegetatie. Vogelenzang, Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
- Delft, S.P.J. van, 1995.** Humus- en bodemprofielen in natte schraalgraslanden; Resultaten van een bodemkundig onderzoek in 13 referentiegebieden voor het onderzoek naar Effectgerichte Maatregelen tegen verzuring (EGM). Wageningen, DLO-Staring Centrum Rapport 309.
- Delft, S.P.J. van, 1997.** Decomposition of organic matter in grassland ecosystems; effects of litter quality and earthworm activity. Wageningen Agricultural University. Master thesis.
- Delft, S.P.J. van, 2001.** Ecologische typering van bodems; Deel 2 Humusvormtypologie voor korte vegetaties. Wageningen, ALTERRA Rapport nr. 268.
- Delft, S.P.J. van, J.C.Y. Marinissen & W.A.M. Didden, 1999.** Humus profile degradation as influenced by earthworm activity *Pedobiologia* 43, 561-567 (1999) Jena Germany, Urban & Fisher Verlag.
- Hill, M.O., 1979.** TWINSPAN; A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca New York, Cornell University.
- Hoegen, A.C. & B.F. Frielink, 1997.** Vegetatiekartering van het natuurreservaat Allemanskamp 1995. Heesch/Brummen Staatsbosbeheer Regio Rivierenland/Veluwe Achterhoek.
- Hoogerkamp, M., H. Rogaar & H.J.P. Eijsackers, 1983.** Effect of earthworms on grassland on recently reclaimed polder soils in the Netherlands. In *Earthworm Ecology*. J.E. Satchell (ed).
- Jungerius, P.D., H. Koehler, A.M. Kooijman, H.J. Mûcher & U. Graefe, 1995.** Response of vegetation and soil ecosystem to mowing and sod removal in the coastal dunes 'Zwanewater', the Netherlands. *Journal of Coastal Conservation* 1: 3-16.
- Kemmers, R.H., 1996.** Humusprofielen en bodemprocessen; beoordeling van mogelijkheden voor wateraanvoer. *Landschap* 13(3).
- Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, P.C. Jansen & W.C. Knol, 1994.** Effecten van hydrologische maatregelen tegen verzuring en vermeting op vegetatie, bodem en grondwater in Groot-Zandbrink; Evaluatie na twee jaar. Wageningen, DLO-Staring Centrum Rapport 319.
- Kemmers, R.H., P.C. Jansen & S.P.J. van Delft, 2000.** De regulatie van de basentoestand in kwelafhankelijke schraalgraslanden en laagvenen. Wageningen, Expertisecentrum LNV/Alterra, OBN-rapport nr. 8/Alterra-rapport 32.
- Kemmers, R., R. de Waal, B. van Delft & P. Mekking, 2002.** Ecologische typering van bodems; Actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling. *Landschap* 2002(1).
- Kemmers, R.H., R.W. de Waal & S.P.J. van Delft, 2001.** Ecologische typering van bodems; Deel 3 Van typering naar kartering. Wageningen, ALTERRA Rapport nr. 352.
- Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft & P.C. Jansen, Submitted.** Iron as a key factor in restoration ecology of rich fens in discharge areas. *Wetland Ecology and Management*.
- Kooijman, A., 2001.** Sleutelrol voor N of P?; Consequenties van nutriëntenbeschikbaarheid voor regeneratieperspectieven van duinvalleien. *Landschap* 18 (3): 199-210.
- Marinissen J.C.Y., 1995.** Earthworms, soil-aggregates and organic matter decomposition in agro-ecosystems in The Netherlands. PhD Thesis, Wageningen, Department of Soil Science and Geology, Wageningen Agricultural University.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & V. Westhof, 1995.** De Vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Schouwenberg, E.P.A.G. & G. van Wirdum, 1997.** Effectgerichte maatregelen tegen verzuring in De Weerribben; Monitoring van kraggenvenen in de periode 1991-1996. Wageningen, IBN-DLO Rapport 317.
- Waal, R.W. de & R.H. Kemmers, 2000.** Humus als 'early warning' voor verdroging en verzuring. *Vakblad Natuurbeheer*, 2000(5).
- Wirdum, G. van, 1984.** Veen, venen en moerassen en Laagveenmoerassen. In: *Natuurbeheer in Nederland* 1; *Levensgemeenschappen*. Wageningen, Pudoc.
- Wirdum, G. van, 1991.** Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Maastricht, Datawyse. 310 p.
- Wirdum, G. van & E. Schouwenberg, 2001.** Monitoring van verzuringsbestrijding in de Stobbenribben en De Wobbenribben; Tussenrapportage 2000-2001. Delft, NITG-TNO rapport NITG 01-226-B.