

32/446(592)

2^e ed

De uitgangstoestand van bodemvariabelen in Norgerholt en Tongerense hei

Basisprogramma bosreservaten

R.H. Kemmers

P. Mekking

R.W. De Waal

Rapport 592

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1998

BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen

g 53396

REFERAAT

Kemmers, R.H., P. Mekking & R.W. De Waal. *De uitgangstoestand van bodemvariabelen in Norgerholt en Tongerense hei; Basisprogramma bosreservaten*, 1998. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 592. 40 blz. 12 fig.; 9 tab.; 5 ref.

In de bosreservaten Norgerholt en Tongerense hei is langs een transect het humusprofiel beschreven en bemonsterd. Naast gemiddelde waarden en standaardafwijkingen van horizontdikten, nutriëntengehalten, -voorraden en pH werd in het kader van langjarige monitoring ook de ruimtelijke variabiliteit geanalyseerd. Zowel gehalten als voorraden zijn in het Norgerholt hoger dan in Tongerense hei. De humusprofielen in Norgerholt worden gekenmerkt door een hogere biologische activiteit dan in Tongerense hei. Kenmerkend voor de ruimtelijke variabiliteit van beide bosreservaten is het cyclische karakter van de variantie, waarin de dichtheid van de boom- of struikopstand wordt weerspiegeld. Het cyclische karakter herhaalt zich met een golflengte van 6 m resp. 15-20 m in Norgerholt en Tongerense hei.

Trefwoorden: Monitoring, humusprofiel, elementgehalten, -voorraden, semi-variogram

ISSN 0927-4499

© 1998 DLO Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO),
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en methoden	13
2.1 Terreinbeschrijving	13
2.2 Methoden	13
2.2.1 Inventarisatie en bemonstering	13
2.2.2 Bodemchemische analyse	14
2.2.3 Geostatistische analyse	14
3 Resultaten en discussie	17
3.1 Inventarisatie	17
3.2 Bodemchemische analyses	19
3.3 Ruimtelijke variabiliteit	22
4 Conclusies	29
Literatuur	31
Aanhangsels	
1 Inventarisatiegegevens van de humusprofielen	33
2 Bodemchemische analyseresultaten	37

Woord vooraf

In het kader van het basisprogramma Bosreservaten heeft DLO-Staring Centrum de uitgangstoestand van een aantal bodemvariabelen geanalyseerd. Via herhaalde analyse zullen eventuele veranderingen als gevolg van natuurlijke processen kunnen worden vastgesteld. Het onderzoek werd uitgevoerd langs een transsect in de kernvlakte van de bosreservaten Norgerholt en Tongerense hei. Naast gemiddelde waarden en standaardafwijkingen van nutriëntengehalten, -voorraden en pH werd ook de ruimtelijke variabiliteit geanalyseerd. Het veldwerk werd uitgevoerd in april en mei 1997. De chemische analyses zijn in 1997 uitgevoerd door het bureau Giessen en Geurts. Het project werd uitgevoerd in opdracht van IBN-DLO in het kader van programma 328. Het IBN-DLO stelde financiële middelen voor het onderzoek beschikbaar.

Het project werd uitgevoerd door P. Mekking , R. De Waal en R.H Kemmers. De projectleiding had R. H. Kemmers.

Samenvatting

In het kader van het basisprogramma bosreservaten is langs twee transecten in de bosreservaten Norgerholt en Tongerense hei het humusprofiel geïnventariseerd en bemonsterd. Dit onderzoek maakt deel uit van een langjarig monitoringprogramma dat op de lange termijn inzicht moet verstrekken in de natuurlijke processen die zich bij bosontwikkeling voordoen. Voor de korte termijn had het onderzoek tot doel de uitgangstoestand vast te leggen van de veldkenmerken van het humusprofiel en de daarin aanwezige voorraden koolstof, stikstof en fosfor en de pH. Van deze variabelen diende ook de ruimtelijke variabiliteit, als drager van biodiversiteit, te worden vastgelegd.

Norgerholt is karakteristiek voor een droog wintereiken-beukenbos, terwijl in de Tongerense hei het berken-zomereikenbos typerend is. In beide reservaten werd een transect uitgezet over een lengte van 100 m parallel aan de hoofdas van de kernvlakte. Met onderlinge afstanden van 1 m werd het humusprofiel langs het transect beschreven. Van het humusprofiel werden vervolgens de L+F1, de F2 +H en de Ah (0-5 cm) kwantitatief bemonsterd. Per vier opeenvolgende monsterpunten werd per horizont een mengmonster samengesteld dat na drogen en wegen werd geanalyseerd op organische stofgehalte, totaalstikstofgehalte, totaalfosforgehalte en zuurgraad. De gehalten van de mengmonsters werden omgerekend naar voorraden per monsterpunt. Van alle variabelen werd een semivariogrammodel berekend om een aantal kengetallen (range, sill) van de ruimtelijke variabiliteit te kunnen bepalen.

De humusprofielen in Norgerholt kunnen worden getypeerd als holtmormoders, met een L+F1 horizont van gem. 35 mm en F2+H horizon van gem. 72 mm met veel zoëgene activiteit. Dergelijke profielen zijn kenmerkend voor betrekkelijk zure mineraalrijke gronden. De analyseresultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Gemiddelde en standaarddeviatie van de bodemchemische variabelen in verschillende horizonten van het humusprofiel in Norgerholt

Variabele	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)
L+F				F+H			Ah		
pH	2,80	0,16	6	2,18	0,12	5	2,6	0,07	3
OS (g.g ⁻¹)	80,1	9,65	12	51,6	11,13	21	8,94	2,80	31
N-tot (mg.g ⁻¹)	2365	247,0	10	1713	390	22	318	119,3	37
P-tot (mg.g ⁻¹)	96,58	12,5	5,7	55,7	10,7	19,2	30,12	6,1	20
C/N	16,9	1,11	7	15,1	1,5	10	14,5	2,2	15
C-vrd(kg.m ⁻²)	1,20	0,43	35	5,95	2,63	44	2,38	0,38	16
N-vrd(g.m ⁻²)	71,3	25,9	36	397	170	43	168	40	24
P-vrd (g.m ⁻²)	2,88	1,0	34	13,6	4,75	35	16,69	4,49	27

In de Tongerense hei kunne de humusprofielen getypeerd worden als humusmormoder met een L+F1 horizont van gem. 22 mm en een F2+H horizont van gem. 43 mm. De zoëgene activiteit is minder dan in Norgerholt. De analyse resultaten zijn weergegeven in de volgende tabel.

Gemiddelde en standaarddeviatie van de bodemchemische variabelen in verschillende horizonten van het humusprofiel in Tongerense hei.

Variabele	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	
L+F	L+F			F+H	F+H			Ah	Ah	
pH	2,84	0,19	7	2,15	0,08	4	2,64	0,06	2	
OS (g.g ⁻¹)	87,7	5,4	6	72,1	10,07	14	7,4	1,51	20	
N-tot (mg.g ⁻¹)	1876	274,5	14	1618	240,6	15	137,7	49,92	36	
P-tot (mg.g ⁻¹)	77,99	18,4	23	56,7	13,33	23	11,4	4,03	35	
C/N	24,0	4,1	17	22,6	3,7	16	29,4	9,35	32	
C-vrd(kg.m ⁻²)	1,33	0,63	47	3,87	1,49	38	2,43	0,40	17	
N-vrd (g.m ⁻²)	57,1	29,9	52	171,7	63,97	37	89,1	24,96	28	
P-vrd (g.m ⁻²)	2,37	1,29	55	5,91	2,25	38	7,59	2,87	38	

Uit de analyseresultaten blijkt dat het humusprofiel in Norgerholt over het algemeen hogere elementgehalten en grotere elementvoorraden heeft dan Tongerense hei.

Naarmate twee punten verder van elkaar zijn afgelegen zullen ze minder op elkaar gaan lijken. De variantie neemt toe als de afstand groter wordt tot er een maximale waarde wordt bereikt. Dit maximale niveau van de variantie wordt de sill genoemd. De afstand waarop de sill wordt bereikt wordt de range genoemd. Als twee punten op een afstand groter dan de range van elkaar zijn gelegen dan zijn ze ruimtelijk onafhankelijk van elkaar geworden. Zowel sill als range zijn kengetallen voor de ruimtelijke variabiliteit.

Bij de geostatistische analyse bleek dat in beide terreinen voor vrijwel alle variabelen de sill een golvend patroon heeft. Dit impliceert dat bij groter wordende afstand de variantie eerst toeneemt en daarna weer afneemt. Dit verschijnsel (wave-effect) doet zich voor als er lenzen voorkomen in een terrein waarbinnen de waarde van een variabele sterk afwijkt van die welke buiten de lens wordt gemeten. De golflengte bleek voor de dikte- en de voorraadvariabelen per terrein een karakteristieke maat te hebben. In de Tongerense hei komt een repeterend patroon voor met een herhalingslengte van 15 tot 20 m en in Norgerholt met een herhalingslengte van 6 m. Als meest voor de hand liggende verklaring voor de verschillen kan worden genoemd dat de herhalingslengte van het variogram in de Tongerense hei en Norgerholt een weerspiegeling is van de dichtheid van de boom- resp. struiklaag. In Norgerholt komt een dichte struiklaag voor terwijl in Tongerense hei de bosstructuur opener is. De conclusie is dat de bosstructuur wordt weerspiegeld in de variabiliteit van diktevariabelen en elementvoorraden. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat ook primaire factoren zoals de diepte van keileem bepalend zijn voor eigenschappen van het humusprofiel.

Er ontstaan kennelijk abiotische ruimtelijke patronen in ecosystemen die samenhangen met de biotische structuur van het systeem zelf. De bosstructuur zou aldus een matrijs vormen voor de abiotische en daaruit volgende biotische diversiteit. Het is duidelijk dat in dit opzicht maatregelen in het bosbeheer grote invloed op de biodiversiteit kunnen hebben.

1 Inleiding

In 1987 is door de Minister van Landbouw en Visserij officieel besloten tot de instelling van bosreservaten om het inzicht te verdiepen in natuurlijke processen bij de bosontwikkeling. In het onderzoekprogramma bosreservaten wordt onderscheid gemaakt tussen een start- en een basisprogramma. Voor het bodemkundige deel loopt het startprogramma inmiddels ca. tien jaar. In 1997 is het basisprogramma voor het bodemkundig onderzoek van start gegaan. Het basisprogramma (Broekmeyer, 1995) voorziet in de mogelijkheid om een aantal bodemchemische variabelen te monitoren met een herhalingsfrequentie van 10 jaar. In 1997 is in de bosreservaten Norgerholt en Tongerense hei de uitgangstoestand vastgelegd ten dienste van deze monitoring.

Er bestaat onvoldoende inzicht in de veranderingen van bodemeigenschappen en de daaraan ten grondslag liggende processen tijdens de spontane bosontwikkeling. Meer inzicht in het effect van spontane processen kan worden verkregen via monitoring. Inzicht in deze processen kan een belangrijke richting geven aan inrichtings- en beheersmaatregelen bij het bosbeheer. Hiertoe dienen de resultaten van het bodemkundig onderzoek in verband te worden gebracht met het vegetatiekundig en bosbouwkundig onderzoek. Het betreft onderzoek naar eigenschappen en processen die van belang zijn voor de vegetatiesuccessie, zoals de voedingsstoffen- en zuurhuishouding. Veranderingen doen zich voor op verschillende tijdschalen. Het onderzoek zal zich richten op die bodemeigenschappen die naar verwachting op een termijn van een decennium tot enkele decennia meetbaar zullen veranderen. Dit houdt in dat de aandacht geconcentreerd dient te worden op relatief dynamische bodemkenmerken die in het humusprofiel van de bodem aanwezig zijn.

Het basisonderzoek kent een doelstelling voor de korte en de lange termijn. Op de lange termijn dient het onderzoek antwoord te geven op de volgende vragen:

- Veranderen strooiselomzettingsprocessen en daarmee samenhangende bodemeigenschappen in de loop der tijd onder invloed van spontane processen zoals verjonging, N-depositie, verdroging, verzuring etc. en zo ja hoe uit zich dit in de voedingsstoffen- en zuurhuishouding van het bos?
- In welke mate verandert tijdens de bosontwikkeling de ruimtelijke bodemvariabiliteit als drager voor biodiversiteit van bossen?

Op de korte termijn is de doelstelling van het onderzoek:

- Vastleggen van de huidige veldkenmerken van het humusprofiel en de daarin aanwezige voorraden koolstof, stikstof en fosfor en de pH;
- Bepaling van de huidige ruimtelijke variabiliteit van enkele variabelen van het humusprofiel.

Het rapport heeft de volgende opzet. Hoofdstuk 2 geeft een korte beschrijving van de onderzochte terreinen, de ligging van de transecten en de methoden van bodeminventarisatie en analyse. In hoofdstuk 3 worden per terrein de resultaten gepresenteerd van de inventarisatie, van het bodemchemisch onderzoek en van het

variabiliteitsonderzoek. Tevens worden in dit hoofdstuk de resultaten bediscussieerd. In het laatste hoofdstuk worden de conclusies getrokken.

2 Materiaal en methoden

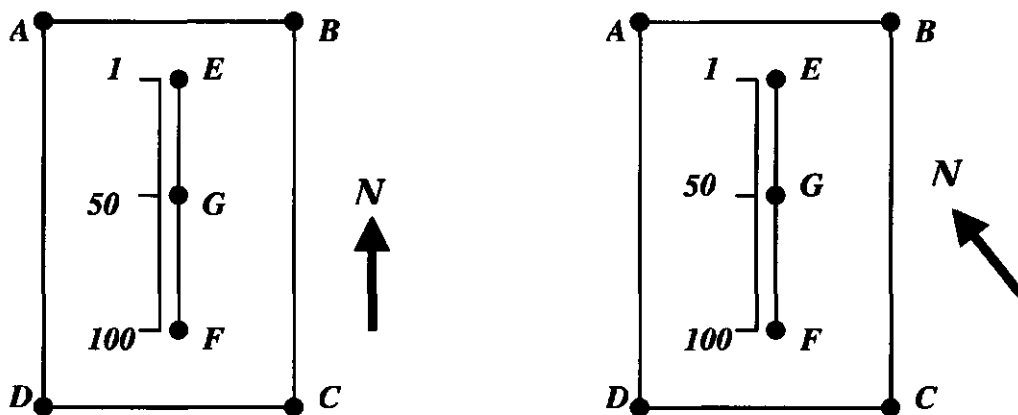
2.1 Terreinbeschrijving

Norgerholt

Het bosreservaat Norgerholt ligt ten zuiden van Norg in de provincie Drente. Het gebied is eigendom van de Vereniging Natuurmonumenten. De oppervlakte van het bosreservaat bedraagt 25 ha. De begroeiing bestaat uit zomereik met hulst in de struiklaag. In de korte vegetatie komen plekken voor met adelaarsvaren, bramen en stekelvaren. In de struiklaag komen hazelaar, sporkehout en wilde lijsterbes voor. Het bosreservaat is karakteristiek voor een droog wintereiken-beukenbos en wordt als floristisch karakteristiek beschouwd. In de kernvlakte is een transect van 100 m lengte uitgezet op 5 m vanuit de as van de kernvlakte (figuur 1).

Tongerense hei

Het bosreservaat Tongerense hei ligt in de boswachterij Vierhouten in de provincie Gelderland. Het gebied is eigendom van Het Gelders Landschap. De oppervlakte van het bosreservaat bedraagt 40 ha. De begroeiing bestaat uit grove den met in de korte vegetatie veel rode en blauwe bosbes en enkele plekken pijpestrootje. Het bosreservaat is karakteristiek voor een droog Berken-Zomereikenbos en wordt als floristisch karakteristiek beschouwd. In de kernvlakte is op 5 m vanaf de centrale as een transect van 100 m lengte uitgezet (figuur 1).



Figuur 1 Ligging van de transecten in de kernvlaktes van Tongerense hei (links) en Norgerholt (rechts)

2.2 Methoden

2.2.1 Inventarisatie en bemonstering

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek zijn in elk transect op gelijke intervallen van 1 meter de opbouw en samenstelling van het humusprofiel beschreven. Van elke horizont van het humusprofiel werd de dikte, de aard van het materiaal, de mate van afbraak door zoogene of mycogene activiteit, de wortelintensiteit en de vochttoestand

vastgesteld (zie o.a. Mekking, 1996 voor uitgebreidere informatie over inventarisatie).

Per 4 meetpunten werden drie opeenvolgende horizonten (L+F1-, F2+H- en de Ah-horizont afzonderlijk bemonsterd en tot een mengmonster per horizont verwerkt. Aldus werden van het transect per horizont 25 monsters verzameld voor chemische analyse. De ecto-organische horizonten werden volledig verzameld, terwijl van de Ah-horizont slechts de bovenste 5 cm werd bemonsterd.

De verzamelde monsters werden na 2 dagen drogen bij 70 °C (organisch materiaal) resp. 105 °C (mineraal materiaal) gewogen. Van de mengmonsters werd vervolgens het drooggewicht per horizontcentimeter berekend door het drooggewicht van het mengmonster te delen door de gesommeerde horizontdikte van de verzamelde deelmonsters. Hierdoor kon aan elk meetpunt op basis van gemeten horizontdikten een gewicht per horizont worden toegekend. Door vermenigvuldiging van het horizontgewicht met de elementgehalten van het mengmonster werd van elk meetpunt de elementvoorraden per horizont berekend. De monsters werden gestoken met een humushapper met een vast oppervlak, zodat de elementvoorraden konden worden uitgedrukt per oppervlakteenheid.

2.2.2 Bodemchemische analyse

De gedroogde monsters werden geanalyseerd op de volgende variabelen (Giesen & Geurts, 1998):

- Organischestofgehalte (Gloeiverlies bij 350 °C);
- Totaalfosforgehalte (Kjeldahldestructie en PO₄³⁻ bepaling met -molybdeenblauw);
- Totaalstikstofgehalte (Kjeldahldestructie en NH₄⁺ bepaling volgens Berthelot);
- Zuurgraad (1 M KCl)

De digitale bestanden van de analyseresultaten zijn in beheer bij het DLO-Staring Centrum.

2.2.3 Geostatistische analyse

Om een antwoord te krijgen op de vraag in hoeverre de spreiding van de variabelen een gevolg is van ruimtelijke verschillen of van andere (toevallige) factoren worden semi-variogrammen berekend. Uit het semi-variogram kunnen een aantal kengetallen voor de ruimtelijke variabiliteit worden afgeleid. Omdat de ruimtelijke variabiliteit kan worden beschouwd als een van de dragers van biodiversiteit verstrekken deze kengetallen binnen het monitoringprogramma informatie over ontwikkelingen in de biodiversiteit tijdens de bosontwikkeling. Daarnaast kan op basis van het inzicht in de ruimtelijke variabiliteit de dichtheid van het bemonsteringsnetwerk worden geoptimaliseerd.

Semi-variogram

Een semi-variogram geeft het verband weer tussen de variantie van gemeten variabelen en de afstand die tussen de bemonsterde punten is gelegen (o.a. Isaaks en Mohan Srivastava, 1989). De variantie neemt in de regel toe naarmate de afstand tussen bemonsterde punten toeneemt. Bij een bepaalde afstand neemt de variantie niet verder toe. Deze afstand wordt de range genoemd en de bereikte (maximale) variantie wordt de sill-waarde genoemd. Punten die door een grotere afstand dan de range van elkaar zijn verwijderd zijn ruimtelijk onafhankelijk van elkaar. Dergelijke punten behoren tot verschillende 'populaties'. Punten die op een afstand kleiner dan de range van elkaar zijn gelegen zijn ruimtelijk van elkaar afhankelijk. De range vormt een indicatie voor de dichtheid van het meetnet voor monitoring om rekening te kunnen houden met de ruimtelijke variabiliteit.

Ruimtelijke variabiliteit

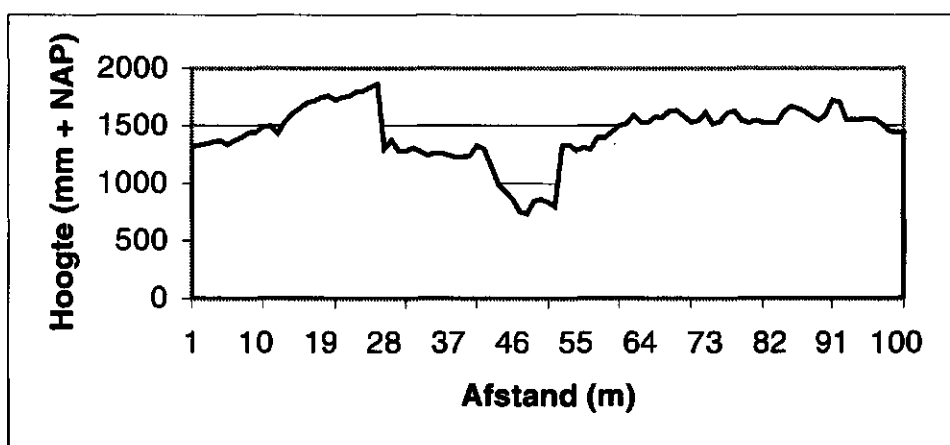
Met het programma GENSTAT (Lane et al.,1987) is de variantie van de variabelen berekend voor elke afstandsklasse (lag) tussen 1 m en 70 m (minimale afstand 1 m tot maximaal 70 m met een stapgrootte van 1 m). Hoewel het transsect een lengte heeft van 100 m komen in de afstandsklasse boven de 70 m te weinig puntenparen voor om betrouwbare varianties te schatten. Door de gevonden relatie tussen (semi)variantie en afstand kan een curve gefit worden. Veel voorkomende curves vertonen een exponentieel, een sferisch of een gaussisch verband.

3 Resultaten en discussie

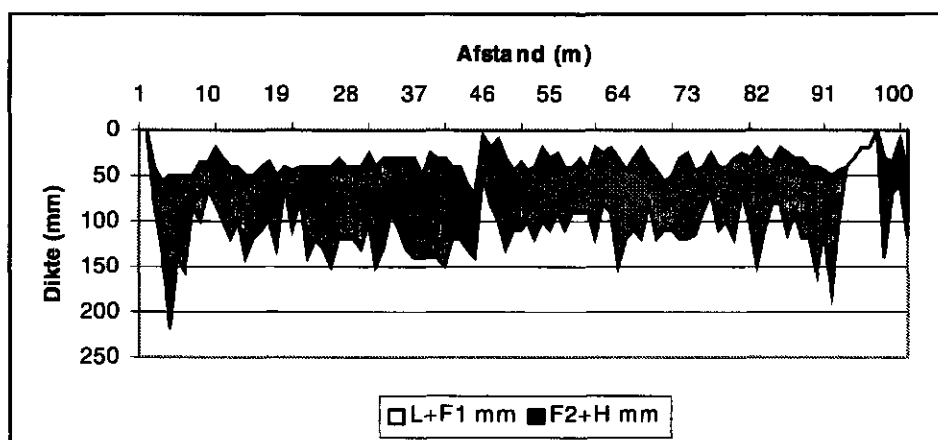
3.1 Inventarisatie

Norgerholt

De resultaten van de inventarisatie zijn als aanhangsel 1 opgenomen in het rapport. In figuur 2 is het verloop van de maaiveldhoogte langs het transsect in het Norgerholt aangegeven. In het middengedeelte van het transsect komt een dalvormige laagte voor. Figuur 3 laat het dikteverloop van de horizonten van de humusprofielen langs het transsect zien. Over het algemeen is sprake van een F2-+ H horizont die dikker (72 mm) is dan de L- + F1 horizont (35 mm). In de F2 horizont is vooral sprake van zoögene activiteit. Dergelijke profielen worden vanwege deze verhouding en een dikte van de F2-+H horizont > 50 mm holtmormoders genoemd. Deze profielen zijn kenmerkend voor betrekkelijke zure mineraalrijke gronden.



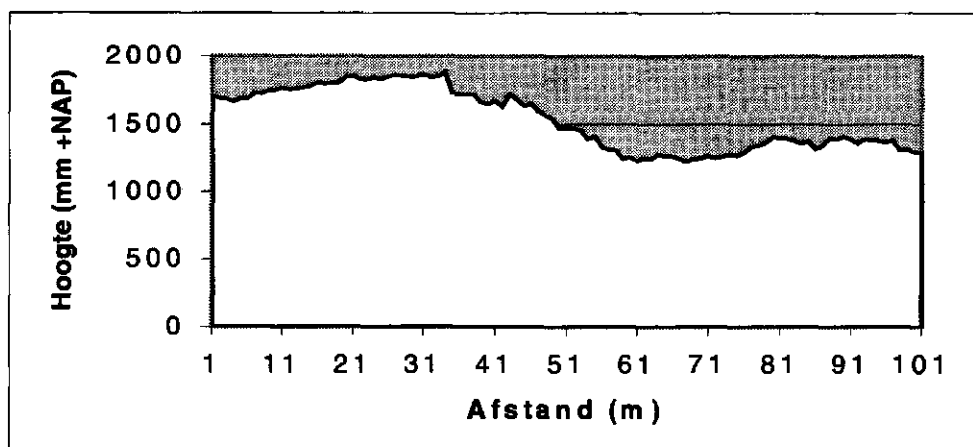
Figuur 2 Verloop van de maaiveldhoogte langs het transsect in het bosreservaat Norgerholt



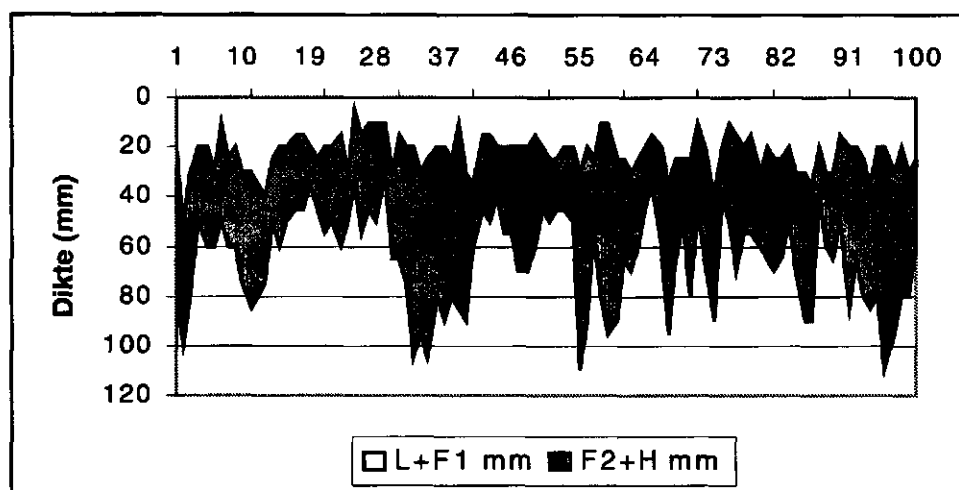
Figuur 3 Diktes van horizonten in het humusprofiel langs het transsect in het bosreservaat Norgerholt

Tongerense hei

De resultaten van de inventarisatie zijn als aanhangsel 1 opgenomen in het rapport. In figuur 4 is het verloop van de maaiveldhoogte langs het transsect in het Norgerholt aangegeven. In het middelste deel van het transsect daalt het maaiveld van 1700 mm naar ca. 1300 mm. Figuur 5 laat het dikteverloop van de horizonten van de humusprofielen langs het transsect zien. Ook in de Tongerense hei is de F2+H horizont relatief dik (43 mm) ten opzichte van de L+F1 horizont (22 mm). In de F2 horizont is geen duidelijk zoëgene activiteit aanwezig. Dergelijke profielen worden humusmormoder genoemd.



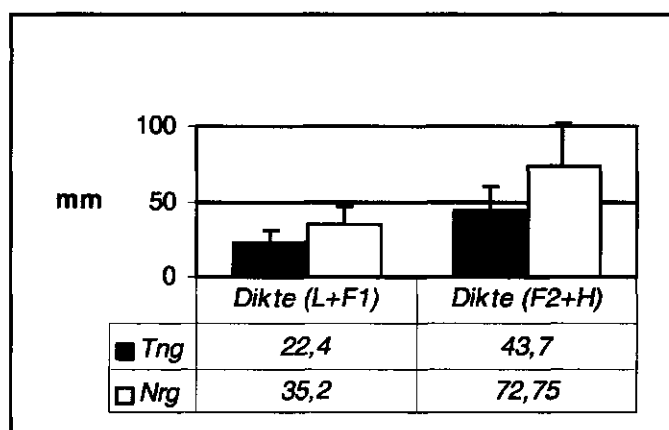
Figuur 4 Verloop van de maaiveldhoogte langs het transsect in het bosreservaat Tongerense hei



Figuur 5 Diktes van horizonten van het humusprofiel langs het transsect in het bosreservaat Tongerense hei

Vergelijking Norgerholt en Tongerense hei

In figuur 6 is de dikte verhouding tussen de F- en H-horizont voor de beide reservaten weergegeven.



Figuur 6 Gemiddelde dikte met standaardafwijking van horizonten in Norgerholt en Tongerense hei

3.2 Bodemchemische analyses

Norgerholt

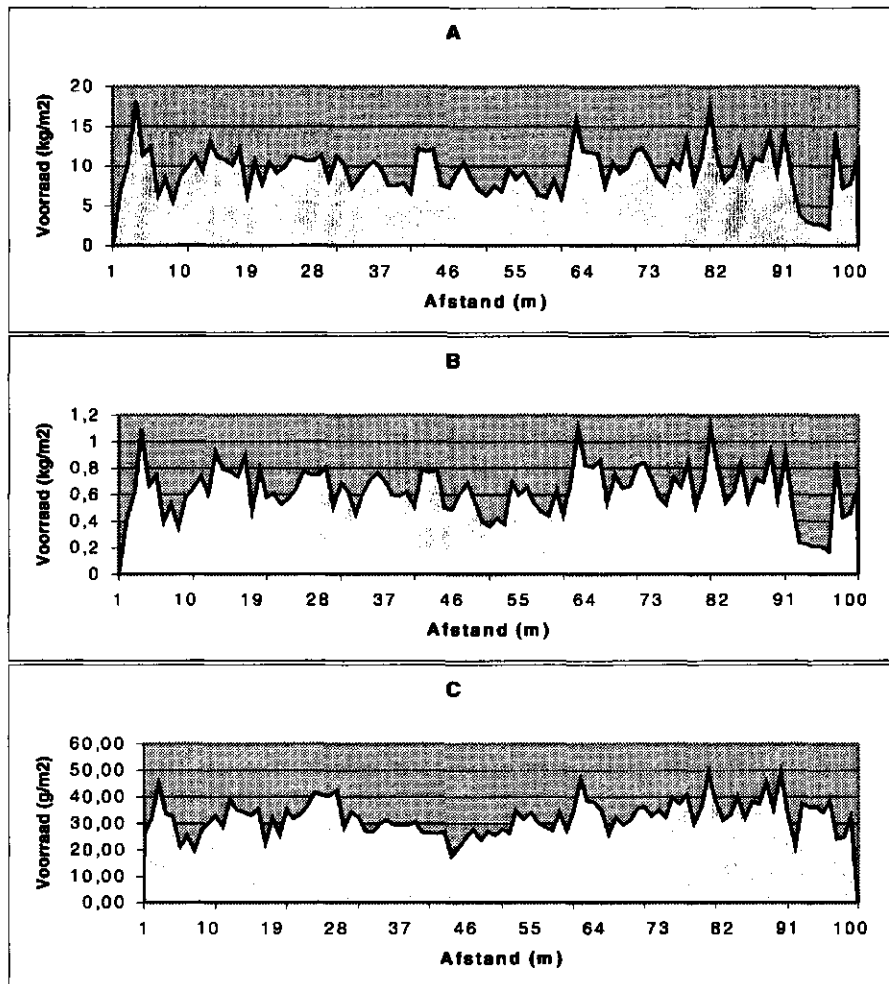
De resultaten van de bodemchemische analyses zijn als aanhangsel 2 opgenomen in het rapport. In tabel 1 zijn van de verschillende bodemchemische variabelen de gemiddelde waarden met standaardafwijking per horizont weergegeven.

Tabel 1 Gemiddelde en standaarddeviatie van de bodemchemische variabelen in verschillende horizonten van het humusprofiel in Norgerholt.

Variabele	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	n	
L+F				F+H				Ah			
pH	2,80	0,16	6	2,18	0,12	5	2,6	0,07	3	25	
OS (g.g ⁻¹)	80,1	9,65	12	51,6	11,13	21	8,94	2,80	31	25	
N-tot (mg.g ⁻¹)	2365	247	10	1713	390	22	318	119,3	37	25	
P-tot (mg.g ⁻¹)	96,58	12,48	13	55,7	10,7	19	30,1	6,16	20	25	
C/N	16,9	1,11	7	15,1	1,5	10	14,5	2,2	15	25	
C-vrd(kg.m ⁻²)	1,20	0,43	35	5,95	2,63	44	2,38	0,38	16	100	
N-vrd(g.m ⁻²)	71,3	25,9	36	397	170	43	168	40	24	100	
P-vrd (g.m ⁻²)	2,88	1,0	34	13,6	4,75	35	16,69	4,49	27	100	

Opvallend is dat de standaardafwijking van de gehalten, uitgedrukt als percentage van het gemiddelde, toeneemt van L+F, via F+H naar Ah-horizont. Bij de voorraden en de zuurgraad treedt juist een afname op in de richting van de Ah-horizont. Naarmate het ecosysteem ouder wordt (weerspiegeld in de horizontsequentie L, F, H, Ah) treedt kennelijk een sterke differentiatie op in gehalten, terwijl de differentiatie in voorraden en zuurgraad afneemt.

In figuur 7 zijn de over het gehele profiel gesommeerde elementvoorraden langs het transect weergegeven.



Figuur 7 Voorraden koolstof (A), stikstof (B) en fosfor (C) in het humusprofiel langs het transect in Norgerholt

Tongerense hei

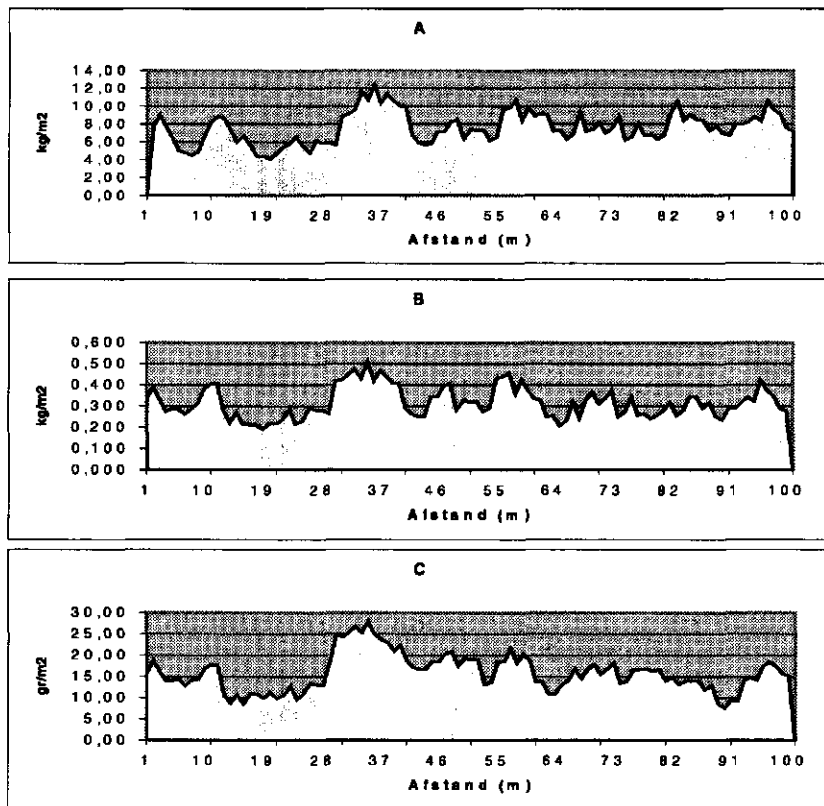
De resultaten van de bodemchemische analyses zijn als aanhangsel 2 opgenomen in het rapport. In tabel 2 zijn van de verschillende bodemchemische variabelen de gemiddelde waarden met standaardafwijking per horizont weergegeven.

Tabel 2 Gemiddelde en standaarddeviatie van de bodemchemische variabelen in verschillende horizonten van het humusprofiel in Tongerense hei

Variabele	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	Gem	Sd	Sd(%)	n
	L+F			F+H			Ah			
PH	2,84	0,19	7	2,15	0,08	4	2,64	0,06	2	25
OS (g.g ⁻¹)	87,7	5,4	6	72,1	10,07	14	7,4	1,51	20	25
N-tot (mg.g ⁻¹)	1876	274,5	14	1618	240,6	15	137,7	49,92	36	25
P-tot (mg.g ⁻¹)	77,99	18,39	23	56,7	13,33	23	11,4	4,09	35	25
C/N	24,0	4,1	17	22,6	3,7	16	29,4	9,35	32	25
C-vrd(kg.m ⁻²)	1,33	0,63	47	3,87	1,49	38	2,43	0,40	17	100
N-vrd (g.m ⁻²)	57,1	29,9	52	171,7	63,97	37	89,1	24,96	28	100
P-vrd (g.m ⁻²)	2,37	1,29	55	5,91	2,25	38	7,59	2,87	38	100

Ook hier is sprake van een toename van de standaardafwijking bij de gehalten en een afname bij de zuurgraad en de voorraden gaande van L via F naar Ah horizont.

In figuur 8 zijn de over het gehele profiel gesommeerde elementvoorraden langs het transect weergegeven.



Figuur 8 Voorraden koolstof (A), stikstof (B) en fosfor (C) in het humusprofiel langs het transect in Tongerense hei

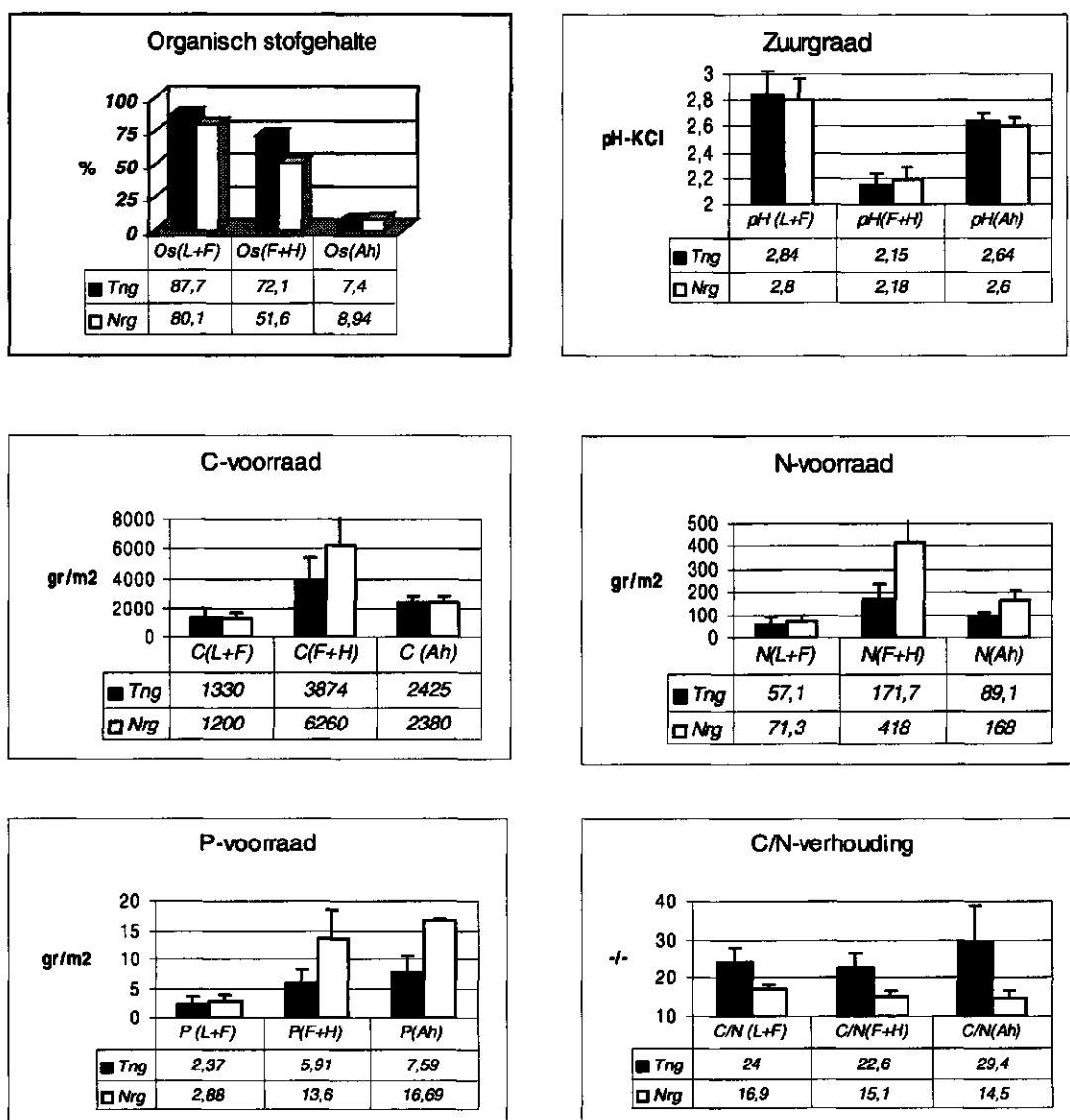
Vergelijking Norgerholt en Tongerense hei

In figuur 9 zijn de verschillen in enkele bodemchemische variabelen van de beide bosreservaten weergegeven.

Het organisch stofgehalte is met name in de FH horizont van Norgerholt lager dan in die van de Tongerense hei, terwijl in de Ah horizont juist iets hogere gehalten voorkomen. Dit wijst op een hogere biologische activiteit in de bodem van Norgerholt, waardoor bijmenging van minerale delen in de FH horizont door bioturbatie is opgetreden. Dit stemt overeen met het eerder gesignaleerde mineralogisch rijke karakter van de bodem (holtpodzolen) in Norgerholt.

De zuurgraad ligt in beide terreinen op een vergelijkbaar laag niveau. Ondanks het lagere gehalte organische stof zijn de voorraden koolstof, stikstof en fosfor in de FH horizont van Norgerholt opmerkelijk hoger dan in Tongerense hei. Dit is het gevolg van de grote dikte van deze horizont in combinatie met hogere gehalten stikstof en

fosfor (zie ook aanhangsel 2). Het rijke karakter van de bodem in Norgerholt komt tenslotte ook tot uiting in de lage waarden van de C/N verhouding van de organische stof.



Figuur 9 Verschillen tussen Norgerholt en Tongerense heiden aanzien van enkele bodemchemische variabelen

3.3 Ruimtelijke variabiliteit

Bij de geostatistische analyse van de variabelen uit de beide bosreservaten viel het op dat het semivariogram zelden een afgeplat plateau te zien geeft (de sill), maar dat op het niveau van de sill een golvend patroon aanwezig is. Dit impliceert dat bij afstanden groter dan de range de variantie niet constant blijft, maar dat bij groter wordende afstand de variantie eerst toeneemt en daarna weer afneemt. De punten gaan dus bij toenemende afstand weer meer op elkaar lijken. Dit patroon herhaalt

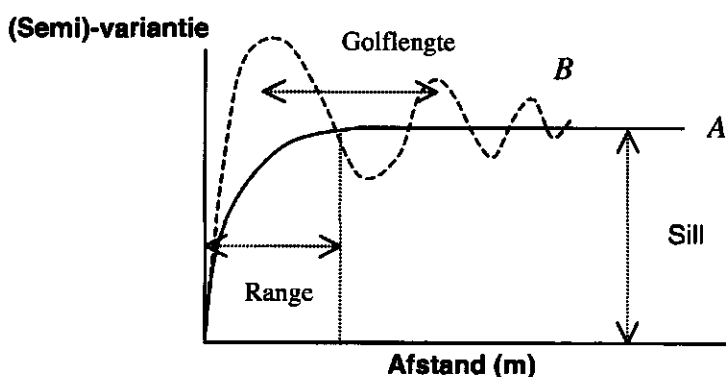
zich, waardoor een golvende sill ontstaat. Dit wordt in de geostatistiek een wave-effect genoemd. Dit doet zich voor indien in een terrein 'lenzen' voorkomen waarbinnen variabelen sterk op elkaar lijken en waarbuiten punten minder gelijkenis vertonen. Van alle variabelen is een wave-model gefit door de punten. Het wave-model wordt door de volgende formule beschreven:

$$\text{Variantie} = a (1 - b/\text{Lag} \times \sin(\text{Lag}/b))$$

waarin:

a	=	sill
b	=	golflengte/2π
Lag	=	afstandklasse

Figuur 10 geeft een voorbeeld van enkele semi-variogrammen



Figuur 10 Voorbeeld van twee (semi-)variogrammen volgens een sferisch model (A) en een wave model (B)

In tabel 3 en 4 zijn de waarden voor de sill en b vermeld. Uit de b waarden kan de golflengte van de golvende sill worden herleid. In de tabel is met R^2 aangegeven hoe goed de curves passen bij de berekende waarden. De figuren 11 en 12 geven een voorbeeld van de afgeleide variogrammen voor elementvoorraden in Norgerholt en Tongerense hei.

De relatie tussen de variantie en de afstand vertoont over het algemeen een onregelmatig golfpatroon met wisselende golflengtes en amplitudes, terwijl het te fitten wave-model een regelmatig patroon met vaste golflengte en een dempende golf verondersteld. Door deze discrepantie zijn de waarden voor R^2 daarom over het algemeen vrij laag. Bij het parametriseren van het wave model is echter vooral geprobeerd te fitten op de golflengte. De b-waarden variëren per variabele en per terrein. Op hoofdlijnen is er echter wel een patroon te herkennen als van de b-waarden per cluster van variabelen ranges worden weergegeven. In tabel 5 zijn de b-waarden per terrein geclusterd over de diktevariabelen (L, F, H etc), de gehaltevariabelen (Org. stof, N-tot, P-tot, C/N) en de voorraadvariabelen (C-voorraad, N-voorraad, P-voorraad).

Tabel 3 Het gefitte model, waarden voor sill en b en de verklaarde variantie van het gefitte model voor de verschillende variabelen in Norgerholt

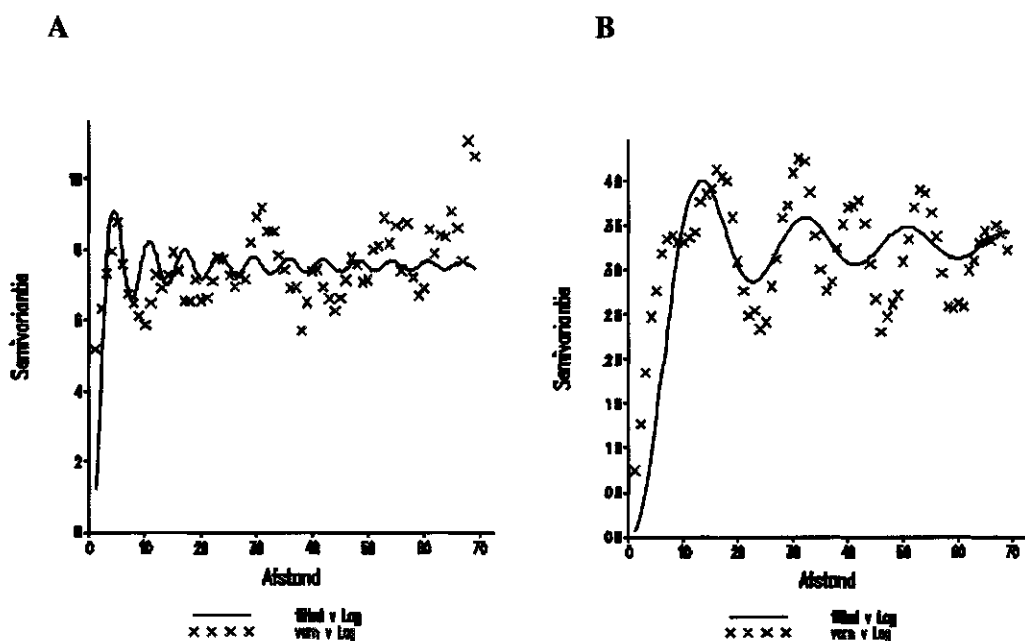
Variabele	Model	Sill	b	R ²
Dikte				
L+F1	Wave	150	0,96	8,8
F2+H	Wave	750	1,08	0,8
F	Wave	375	1,00	9,6
H	Wave	571	1,11	1,9
F/H	Wave	1,2	0,96	4,5
L+F				
pH	Wave	0,022	2,80	16,1
OS	Wave	75	2,12	14,6
N-tot	Wave	51320	1,40	11,8
P-tot	Wave	155	2,68	21,3
C/N	Wave	11,6	1,65	16,3
C-vrd	Wave	0,175	0,63	-
N-vrd	Wave	0,64	0,95	-
P-vrd	Wave	0,94	0,96	-
F+H				
pH	Wavy/hole	0,015	2,01	8,3
OS	Wavy/hole	91,0	1,08	7,6
N-tot	Wavy/hole	1,3,105	1,10	9,2
P-tot	Hole	127	1,10	12,2
C/N	Wavy/hole	22,7	1,06	17,7
C-vrd	Wavy/hole	5,5	0,93	-
N-vrd	Wavy/hole	0,022	0,93	-
P-vrd	Wavy/hole	-	0,93	-
Ah				
pH	Wave	0,0062	0,98	10,7
OS	Wave	7,6	1,20	16,6
N-tot	Wave	134500	1,80	22,8
P-tot	Wavy/hole	38	1,03	21,2
C/N	Wave	12	1,02	16,5
C-vrd	Wave	0,14	1,10	30,7
N-vrd	Wave	0,0017	1,02	15,4
P-vrd	Wavy/hole	19,5	1,06	15,5
Endoecto				
C-vrd	Wave	7,5	0,99	-
N-vrd	Wave	0,03	0,99	-
P-vrd	Wave	39,5	1,01	-
Hoogte				
NAP	Hole	10500	7,4	36,6

Tabel 4 Het gefitte model, waarden voor sill en b en de verklaarde variantie van het gefitte model van de diverse variabelen in de Tongerense hei

Variabele	Model	Sill	b	R ²
Dikte				
L+F1	Wave	55	2,15	-
F2+H	Wave	238	2,80	-
F	Wave	242	3,30	-
H	Wave	306	-	-
F/H	Wave	26	1,8	7,2
L+F				
pH	Wave	0,038	2,20	15,5
OS	Wave	29	2,70	-
N-tot	Wave	64900	2,30	13,0
P-tot	Wave	280	2,37	7,2
C/N	Wave	14	2,30	6,9
C-vrd	Wave	36000	1,35-	-
N-vrd	Wave	800	1,34	-
P-vrd	Wave	1,6	1,34	-
F+H				
pH	Wave	0,0062	3,74	34,7
OS	Wave	85	1,10	-
N-tot	Wave	51100	2,44	25,1
P-tot	Wave	197	2,67	17,4
C/N	Wave	13	2,16	14,7
C-vrd	Wave	22900	2,99	34,2
N-vrd	Wave	4130	1,70	22,2
P-vrd	Wave	5	1,76	19,1
Ah				
pH	Wavy/hole	0,0029	4,00	54,5
OS	Wave	2,04	2,65	20,4
N-tot	Wave	2030	1,88	20,6
P-tot	Wave	15	1,88	19,8
C/N	Wave	77	1,89	24,9
C-vrd	Wave	15500	2,80	34,1
N-vrd	Wave	540	1,60	24,5
P-vrd	Wave	8,2	1,89	22,8
Endoecto				
C-vrd	Wave	3,05	2,94	22,5
N-vrd	Wave	0,0049	2,98	11,5
P-vrd	Wave	18,6	2,52	33,5
Hoogte				
NAP	Hole	10900	14,9	99,8

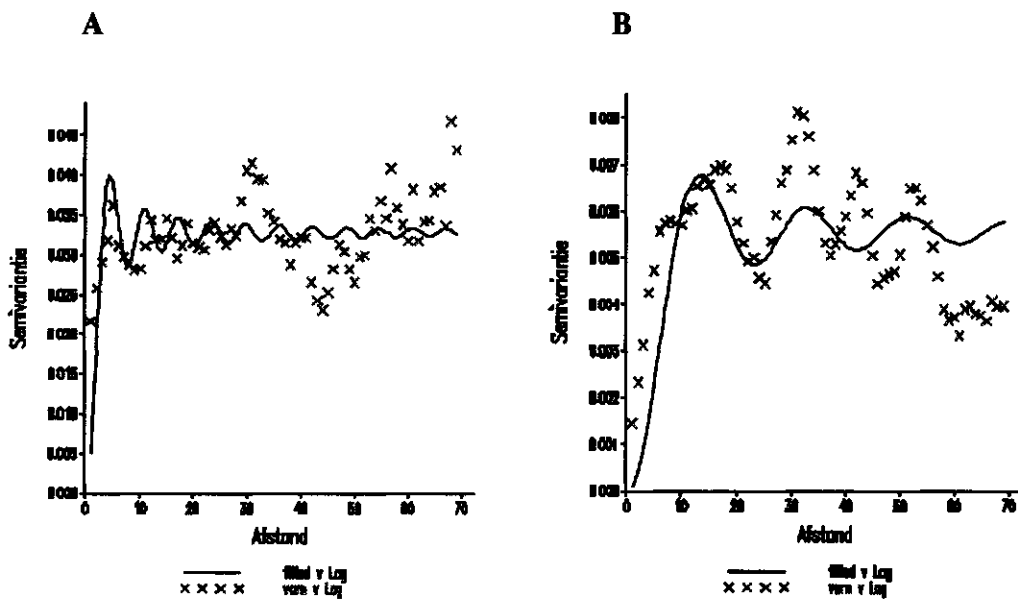
Tabel 5 Waarden voor de parameter b per cluster van variabelen en per terrein

Horizont	Norgerholt	Tongerense hei
Dikten		
Alle	1	2 - 3,5
Gehalten		
LF	1 - 2,8	2,2 - 2,7
FH	1 - 2	1 - 3,8
Ah	1 - 1,8	1,9 - 4
Voorraden		
LF	0,6 - 1	1,4
FH	0,9	1,7 - 3
Ah	1	1,6 - 2,8
Endo + ecto	1	2,5 - 3



Figuur 11 Berekende waarden van de variantie en best passende wave-model voor de voorraad koolstof in het humusprofiel van het bosreservaat Norgerholt (A) en Tongerense hei (B)

Wat opvalt in tabel 5 is dat er tussen de terreinen geen wezenlijke verschillen zijn in de b-waarden van de gehalten. De orde van grootte is hetzelfde. Zowel de b-waarden van de dikten als de voorraden zijn in de Tongerense hei echter van een andere grootteorde dan in het Norgerholt. In de Tongerense hei komt een repeterend patroon in dikte- en voorraadvariabelen voor met een herhalingslengte (=golflengte) van 15 tot 20 meter en in het Norgerholt met een herhalingslengte van 6 meter (zie figuur 11 en 12).



Figuur 12 Berekende waarden van de variantie en best passende wave-model voor de voorraad stikstof het humusprofiel van het bosreservaat Norgerholt (A) en Tongerense hei (B).

Als mogelijke verklaring van dit verschil kan gelden dat de de bosstructuur in de Tongerense hei open is terwijl in het Norgerholt een dichte struiklaag (hulst) aanwezig is. Ervanuit gaande dat bomen en struiken een belangrijke bron van strooisel vormen lijkt de variatie in de dikte en voorraadvariabelen een weerspiegeling te zijn van de boom- en struikdichtheid. Onder de bomen valt meer strooisel dan buiten het kronendak. Bovendien is de lichtinval tussen de bomen groter, waardoor meer mineralisatie optreedt. Omdat het Norgerholt een dichte struikstructuur heeft is de herhalingslengte gering; uit de herhalingslengte zou afgeleid kunnen worden dat de struiken op een gemiddelde afstand van 6 meter van elkaar voorkomen.

In het Norgerholt komt in de ondergrond keileem voor. In het transect komt tussen de 25 en 50 m een dal voor. Op deze plaatsen komt dit keileem betrekkelijk dicht aan de oppervlakte en wellicht binnen het bereik van de boomwortels. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het gesignaleerde hole-effect in met name de variabelen van de FH-horizont van Norgerholt. De b-waarde van deze variabelen schommelt rond de 8, wat overeenkomt met een herhalingslengte van ca. 50 meter. Dezelfde herhalingslengte is berekend voor de NAP-hoogte van het maaiveld in Norgerholt.

De ontdekking van het golfkarakter van de sillwaarde kan belangrijke consequenties hebben voor het ecosysteemonderzoek. Enerzijds betekent dit dat er niet zozeer sprake is van ruis als een sill waarde geen continue verloop heeft, maar dat er sprake is van een impliciete ecosysteemeigenschap. Er ontstaan kennelijk ruimtelijke patronen in ecosystemen die samenhangen met de biotische structuur van het systeem zelf. Zoals volgens de ecosysteemtheorie van Jenny het moedermateriaal als een

onafhankelijke factor bepalend kan zijn voor de vegetatie, zo blijkt de vegetatie in latere fasen van de ecosysteemontwikkeling als een sturende factor voor de bodemontwikkeling te kunnen optreden. De bosstructuur zou aldus een matrijs vormen voor de abiotische en daaruit volgende biotische diversiteit. Het is duidelijk dat in dit opzicht maatregelen in het bosbeheer grote invloed op de biodiversiteit kunnen hebben.

4 Conclusies

Uit het onderzoek kunnen een aantal conclusies worden getrokken.

- Transectstudies lenen zich goed voor inventarisatie van humusprofiel eigenschappen;
- Transectstudies geven een goed inzicht in de ruimtelijke variabiliteit van ecosystemen;
- Via kwantitatieve bemonstering kunnen elementvoorraden goed worden vastgesteld;
- Onderscheid tussen horizonten bij bemonstering is zinvol omdat belangrijke bodemchemische verschillen tussen de horizonten voorkomen;
- Het rijke karakter van de bodems in Norgerholt (moderpodzolen) komt tot uiting in hoge elementgehalten en lage C/N waarden van het humusprofiel;
- Het arme karakter van de bodems in Tongerense hei (humuspodzolen) komt tot uiting in lage elementgehalten en hoge C/N waarden;
- De abiotische ruimtelijke variabiliteit van het humusprofiel is een weerspiegeling van de opstandsstructuur;
- De bosstructuur zou aldus een matrijs vormen voor de abiotische en daaruit volgende biotische diversiteit;
- Maatregelen in het bosbeheer hebben grote invloed op de biodiversiteit van het bos;
- Naast de opstandsstructuur hebben ook primaire factoren als diepte van keileem invloed op de ruimtelijke variabiliteit van het humusprofiel;
- Nader onderzoek naar de mechanismen die verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van de ruimtelijke variabiliteit kan belangrijke inzichten opleveren in processen tijdens de ecosysteemontwikkeling.

Literatuur

Broekmeyer, M.E.A.,1995. *Bosreservaten in Nederland*. Wageningen, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. IBN-rapport 133.

Giesen en Geurts, 1998. Analyse van LF-, FH- en Ah horizonten in de bosreservaten Norgerholt en Tongerense hei. Ulf.Giesen & Geurts Biologische Projekten.

Isaaks E.H en R. Mohan Srivastava, 1989. *Applied geostatistics*. Oxford university press New York, Oxford.

Lane P., N. Galwey en N. Alvey, 1987. *Genstat 5 An introduction*. Clarendon press. Oxford.

Mekkink, P. 1996. De bodemgesteldheid van bosreservaten in Nederland; deel 19 bosreservaat Tongerense hei. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 98.19.

Aanhangsel 1 Inventarisatiegegevens van de humusprofielen

Tabel 1 Inventarisatiegegevens van het humusprofiel in bosreservaat Norgerholt

Nummer	L	F1	F2	Hr	Hd	F1+F2	Hr+Hd	F/H
	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1	20	20	15		25	35,00	25,00	1,40
2	25	30	40		35	70,00	35,00	2,00
3	20	30	65	55	50	95,00	105,00	0,90
4	20	30	35	35	20	65,00	55,00	1,18
5	20	30	45	25	35	75,00	60,00	1,25
6	20	30	20		15	50,00	15,00	3,33
7	20	15	45		20	60,00	20,00	3,00
8	20	15	15		15	30,00	15,00	2,00
9	10	10	30		30	40,00	30,00	1,33
10	15	15	30		40	45,00	40,00	1,13
11	20	20	35		45	55,00	45,00	1,22
12	20	20	5	20	35	25,00	55,00	0,45
13	20	30	0	40	50	30,00	90,00	0,33
14	20	30	20		50	50,00	50,00	1,00
15	25	15	25		45	40,00	45,00	0,89
16	15	20	25	20	20	45,00	40,00	1,13
17	20	30	20		60	50,00	60,00	0,83
18	15	25	20		0	45,00	0,00	4,50
19	20	25	30		35	55,00	35,00	1,57
20	20	20	10		25	30,00	25,00	1,20
21	20	20	30		70	50,00	70,00	0,71
22	20	20	40		40	60,00	40,00	1,50
23	20	20	20		70	40,00	70,00	0,57
24	20	20	40	20	50	60,00	70,00	0,86
25	10	20	60		30	80,00	30,00	2,67
26	20	20	45		35	65,00	35,00	1,86
27	20	20	30		50	50,00	50,00	1,00
28	20	20	45		45	65,00	45,00	1,44
29	15	10	35		40	45,00	40,00	1,13
30	20	20	35	25	50	55,00	75,00	0,73
31	10	20	50	30	20	70,00	50,00	1,40
32	10	20	40		20	60,00	20,00	3,00
33	10	20	40		40	60,00	40,00	1,50
34	10	20	40		60	60,00	60,00	1,00
35	10	20	50		60	70,00	60,00	1,17
36	50	0	40	25	25	40,00	50,00	0,80
37	0	25	35		80	60,00	80,00	0,75
38	0	30	45		65	75,00	65,00	1,15
39	15	15	40		80	55,00	80,00	0,69
40	10	30	20		60	50,00	60,00	0,83
41	10	30	30		50	60,00	50,00	1,20
42	10	50	35		35	85,00	35,00	2,43
43	10	60	50		20	110,00	20,00	5,50
44	5	0	0		45	0,00	45,00	0,00
45	0	20	20		40	40,00	40,00	1,00
46	5	5	35		55	40,00	55,00	0,73
47	10	20	10		90	30,00	90,00	0,33
48	10	35	30		35	65,00	35,00	1,86
49	10	25	20		55	45,00	55,00	0,82
50	20	25	10		45	35,00	45,00	0,78
51	20	20	30		50	50,00	50,00	1,00
52	10	10	35		45	45,00	45,00	1,00
53	15	15	20		60	35,00	60,00	0,58
54	25	0	25		40	25,00	40,00	0,63
55	10	30	30		40	60,00	40,00	1,50
56	10	30	35		15	65,00	15,00	4,33
57	10	20	20		40	40,00	40,00	1,00
58	10	35	20		25	55,00	25,00	2,20
59	10	10	35		65	45,00	65,00	0,69
60	10	15	20		35	35,00	35,00	1,00
61	10	10	25		45	35,00	45,00	0,78
62	15	15	45		75	60,00	75,00	0,80

Nummer	L Mm	F1 mm	F2 mm	Hr mm	Hd mm	F1+F2 mm	Hr+Hd mm	F/H
63	10	35	25		50	60,00	50,00	1,20
64	20	10	20		60	30,00	60,00	0,50
65	10	10	40		60	50,00	60,00	0,83
66	10	25	10		35	35,00	35,00	1,00
67	10	35	30		45	65,00	45,00	1,44
68	15	40	20		35	60,00	35,00	1,71
69	10	40	25		35	65,00	35,00	1,86
70	10	20	45		45	65,00	45,00	1,44
71	10	15	35		60	50,00	60,00	0,83
72	15	30	40		30	70,00	30,00	2,33
73	10	30	25		25	55,00	25,00	2,20
74	5	20	15		30	35,00	30,00	1,17
75	10	30	30		40	60,00	40,00	1,50
76	10	30	35		25	65,00	25,00	2,60
77	10	20	35		55	55,00	55,00	1,00
78	5	20	20		25	40,00	25,00	1,60
79	10	20	20		50	40,00	50,00	0,80
80	10	10	40		90	50,00	90,00	0,56
81	10	20	30		50	50,00	50,00	1,00
82	10	25	20		25	45,00	25,00	1,80
83	10	10	35		25	45,00	25,00	1,80
84	10	15	35		55	50,00	55,00	0,91
85	5	25	25		35	50,00	35,00	1,43
86	10	20	25		65	45,00	65,00	0,69
87	10	30	25		55	55,00	55,00	1,00
88	15	25	55		65	80,00	65,00	1,23
89	10	35	35		30	70,00	30,00	2,33
90	20	30	95		35	125,00	35,00	3,57
91	15	30	25		30	55,00	30,00	1,83
92	5	35	0			35,00	0,00	3,50
93	10	20	0			20,00	0,00	2,00
94	10	10	0			10,00	0,00	1,00
95	10	10	0			10,00	0,00	1,00
96	0	0	0		75	0,00	0,00	0,00
97	10	20	35			55,00	75,00	0,73
98	10	25	15		20	40,00	20,00	2,00
99	10	0	30		20	30,00	20,00	1,50
100	15	35	30		40	65,00	40,00	1,63
Gemiddelde	13,35	21,90	29,15	29,50	42,79	51,05	43,60	1,41
St. afwijking	6,82	10,22	15,11	11,17	17,71	19,34	21,31	0,92

Tabel 2 Inventarisatiegegevens van de humusprofielen in het bosreservaat Tongerense hei

Nummer	F1 Mm	F2 mm	Hr mm	Hd mm	L+F Mm	F+H mm	F mm	H mm	F/H
1	20	60			20	60	80	0	8
2	50	40	10		50	50	90	10	9
3	30	40	10		30	50	70	10	7
4	20	30		10	20	30	50	10	5
5	20	40			20	40	60	0	6
6	30	20	10		30	30	50	10	5
7	10	40			10	40	50	0	5
8	25	30	5		25	35	55	5	11
9	20	35	5		20	40	55	5	11
10	30	45		5	30	45	75	5	15
11	30	55		5	30	55	85	5	17
12	35	45		5	35	45	80	5	16
13	40	35		5	40	35	75	5	15
14	25	25		5	25	25	50	5	10
15	20	40		5	20	40	60	5	12
16	20	30			20	30	50	0	5
17	15	30		10	15	30	45	10	4,5
18	15	20	10	10	15	30	35	20	1,75
19	20	15		5	20	15	35	5	7

Nummer	L mm	F1 mm	F2 mm	Hr mm	Hd mm	F1+F2 mm	Hr+Hd mm	F/H	
20	25	20		15	25	20	45	15	3
21	20	35			20	35	55	0	5
22	20	10	20	10	20	30	30	30	1
23	15	25	20	10	15	45	40	30	1,3333
24	30	20		10	30	20	50	10	5
25	5	20	10	10	5	30	25	20	1,25
26	15	15	25	10	15	40	30	35	0,8571
27	10	35		15	10	35	45	15	3
28	10	30	10	10	10	40	40	20	2
29	10	15	7	8	10	22	25	15	1,6667
30	30	35		10	30	35	65	10	6,5
31	15	50		15	15	50	65	15	4,3333
32	20	20	35	10	20	55	40	45	0,8889
33	20	65	20	5	20	85	85	25	3,4
34	30	65		5	30	65	95	5	19
35	25	60	20	15	25	80	85	35	2,4286
36	20	60		15	20	60	80	15	5,3333
37	20	55	15	20	20	70	75	35	2,1429
38	25	55		20	25	55	80	20	4
39	10	75		10	10	75	85	10	8,5
40	30	45	15	0	30	60	75	15	5
41	35	25		15	35	25	60	15	4
42	15	30		20	15	30	45	20	2,25
43	15	35		10	15	35	50	10	5
44	20	20		20	20	20	40	20	2
45	20	20	15	15	20	35	40	30	1,3333
46	20	25	10	15	20	35	45	25	1,8
47	20	40	10	15	20	50	60	25	2,4
48	20	50		20	20	50	70	20	3,5
49	15	35	10	0	15	45	50	10	5
50	20	25		30	20	25	45	30	1,5
51	25	25		25	25	25	50	25	2
52	25	20		30	25	20	45	30	1,5
53	20	25		15	20	25	45	15	3
54	20	20	10	15	20	30	40	25	1,6
55	30	55	25	0	30	80	85	25	3,4
56	20	40	30	20	20	70	60	50	1,2
57	25	30		35	25	30	55	35	1,5714
58	10	40	30	0	10	70	50	30	1,6667
59	10	50	35	5	10	85	60	40	1,5
60	25	45	20	0	25	65	70	20	3,5
61	25	15	25	25	25	40	40	50	0,8
62	30	25	15	20	30	40	55	35	1,5714
63	25	35		5	25	35	60	5	12
64	20	25		20	20	25	45	20	2,25
65	15	20		15	15	20	35	15	2,3333
66	20	35	5	0	20	40	55	5	11
67	35	35	25	0	35	60	70	25	2,8
68	25	25	15	0	25	40	50	15	3,3333
69	25	25		20	25	25	50	20	2,5
70	25	25	30	0	25	55	50	30	1,6667
71	10	35		15	10	35	45	15	3
72	20	20	26	4	20	46	40	30	1,3333
73	40	20	30		40	50	60	30	2
74	20	20		10	20	20	40	10	4
75	10	15	25	0	10	40	25	25	1
76	15	25	30	0	15	55	40	30	1,3333
77	20	20	15	15	20	35	40	30	1,3333
78	15	25	15	15	15	40	40	30	1,3333
79	30	20	10	10	30	30	50	20	2,5
80	20	25	20	5	20	45	45	25	1,8
81	25	30	15	10	25	45	55	25	2,2
82	25	40		30	25	40	65	30	2,1667
83	20	30		20	20	30	50	20	2,5
84	30	30	10	10	30	40	60	20	3
85	30	35	25	10	30	60	65	35	1,8571
86	35	30	25	10	35	55	65	35	1,8571

Nummer	L mm	F1 mm	F2 mm	Hr mm	Hd mm	F1+F2 mm	Hr+Hd mm	F/H	
87	20	20		40	20	20	40	1	
88	30	30		30	30	30	60	2	
89	30	20	15	15	30	35	50	1,6667	
90	15	25	10	20	15	35	40	1,3333	
91	20	45	20	5	20	65	65	2,6	
92	20	45		25	20	45	65	2,6	
93	25	15	40	0	25	55	40	1	
94	35	25	25	5	35	50	60	2	
95	20	20	40	0	20	60	40	1	
96	20	40	50	0	20	90	60	1,2	
97	30	35	30	15	30	65	65	1,4444	
98	20	20	40	20	20	60	40	0,6667	
99	30	30	20	0	30	50	60	3	
100	25	35		15	25	35	60	4	
Gem	22,4	32,3	19,873	11,82	22,4	43,23	54,7	21,45	4,0459
St dev	7,67	13,189	10,323	8,9475	7,67	16,664	15,551	12,955	3,9011

Aanhangsel 2 Bodemchemische analyseresultaten

Tabel 1 Analyseresultaten Norgerholt en Tongerense hei

Gebied	SC Nummer	horizont	Transsect nummers	pH KCl	Org. stof %	N	P
						totaal mg/100 g	totaal
Norgerholt	NH 1.1	L+F	1t/m4	3,1	84,9	2356,5	95,7
Norgerholt	NH 2.1	L+F	5t/m8	3,0	77,1	2248,8	87,5
Norgerholt	NH 3.1	L+F	9t/m12	2,9	87,8	2294,8	89,0
Norgerholt	NH 4.1	L+F	13t/m16	3,0	89,3	2518,8	102,4
Norgerholt	NH 5.1	L+F	17t/m20	2,7	75,6	2315,1	94,1
Norgerholt	NH 6.1	L+F	21t/m24	2,8	84,2	2396,9	91,0
Norgerholt	NH 7.1	L+F	25t/m28	3,0	85,3	2616,0	107,5
Norgerholt	NH 8.1	L+F	29t/m32	2,8	83,5	2597,6	98,0
Norgerholt	NH 9.1	L+F	33t/m36	2,7	78,8	2412,2	116,4
Norgerholt	NH10.1	L+F	37t/m40	2,5	80,6	2393,5	97,5
Norgerholt	NH11.1	L+F1	41t/m44	2,7	82,7	2525,0	100,9
Norgerholt	NH12.1	L+F1	45t/m48	2,8	81,2	2352,1	92,2
Norgerholt	NH13.1	L+F1	49t/m52	3,1	87,6	2632,7	101,2
Norgerholt	NH14.1	L+F1	53t/m56	3,0	89,0	2154,6	123,2
Norgerholt	NH15.1	L+F1	57t/m60	2,8	77,0	2333,1	92,0
Norgerholt	NH16.1	L+F1	61t/m64	2,8	60,6	2082,2	73,7
Norgerholt	NH17.1	L+F1	65t/m68	2,8	87,5	2551,3	91,7
Norgerholt	NH18.1	L+F1	69t/m72	2,9	86,6	2597,1	96,2
Norgerholt	NH19.1	L+F1	73t/m76	2,8	79,0	2412,7	130,4
Norgerholt	NH20.1	L+F1	77t/m80	2,6	85,9	2594,9	91,2
Norgerholt	NH21.1	L+F1	81t/m84	2,9	79,6	2349,2	96,5
Norgerholt	NH22.1	L+F1	85t/m88	2,6	82,2	2529,0	90,5
Norgerholt	NH23.1	L+F1	89t/m92	2,6	66,2	2008,5	79,7
Norgerholt	NH24.1	L+F1	93t/m96	2,9	46,7	1482,9	83,0
Norgerholt	NH25.1	L+F1	97t/m100	2,7	81,6	2377,5	95,1
Norgerholt	NH 1.2	F2+H	1t/m4	2,1	52,1	1625,1	43,5
Norgerholt	NH 2.2	F+H	5t/m8	2,2	53,5	1534,4	50,2
Norgerholt	NH 3.2	F+H	9t/m12	2,1	59,9	1988,8	62,5
Norgerholt	NH 4.2	F+H	13t/m16	2,2	60,1	1961,4	60,4
Norgerholt	NH 5.2	F+H	17t/m20	2,2	57,0	2040,5	62,3
Norgerholt	Nh 6.2	F+H	21t/m24	2,2	41,9	1255,3	51,9
Norgerholt	NH 7.2	F2+H	25t/m28	2,2	47,2	1708,8	55,4
Norgerholt	NH 8.2	F+H	29t/m32	2,2	44,2	1300,0	40,6
Norgerholt	NH 9.2	F2+H	33t/m36	2,2	42,0	1432,0	45,3
Norgerholt	NH10.2	F+H	37t/m40	2,5	24,0	955,6	35,5
Norgerholt	NH11.2	F2+H	41t/m44	2,0	63,4	2040,9	54,2
Norgerholt	NH12.2	F2+H	45t/m48	2,1	44,5	1418,6	46,5
Norgerholt	NH13.2	F2+H	49t/m52	2,4	33,9	896,8	36,1
Norgerholt	NH14.2	F2+H	53t/m56	2,4	47,1	1778,8	57,3
Norgerholt	NH15.2	F2+H	57t/m60	2,4	34,3	1321,1	49,1
Norgerholt	NH16.2	F2+H	61t/m64	2,2	62,8	2208,3	68,3
Norgerholt	NH17.2	F2+H	65t/m68	2,1	52,0	1962,1	55,3
Norgerholt	NH18.2	F2+H	69t/m72	2,2	59,4	2063,3	62,7
Norgerholt	NH19.2	F2+H	73t/m76	2,1	65,0	2221,5	75,2
Norgerholt	NH20.2	F2+H	77t/m80	2,0	69,2	2178,3	70,8
Norgerholt	NH21.2	F2+H	81t/m84	2,1	61,1	2179,5	66,1
Norgerholt	NH22.2	F2+H	85t/m88	2,1	51,3	1760,6	63,4
Norgerholt	NH23.2	F2+H	89t/m92	2,1	47,9	1530,5	63,8
Norgerholt	NH25.2	F2+H	97t/m100	2,2	59,0	1768,8	60,3
Norgerholt	NH 1.3	0-5cm	1t/m4	2,7	8,8	218,9	32,6
Norgerholt	NH 2.3	0-5cm	5t/m8	2,7	7,9	297,4	24,7
Norgerholt	NH 3.3	0-5cm	9t/m12	2,6	9,5	333,6	30,6
Norgerholt	NH 4.3	0-5cm	13t/m16	2,6	10,9	513,2	34,7
Norgerholt	NH 5.3	0-5cm	17t/m20	2,6	14,1	575,4	32,2
Norgerholt	NH 6.3	0-5cm	21t/m24	2,6	8,8	234,4	28,1
Norgerholt	NH 7.3	0-5cm	25t/m28	2,5	11,2	389,6	39,9
Norgerholt	NH 8.3	0-5cm	29t/m32	2,6	7,6	258,4	30,7
Norgerholt	NH 9.3	0-5cm	33t/m36	2,6	10,8	464,0	28,6
Norgerholt	NH10.3	0-5cm	37t/m40	2,7	9,0	372,9	27,5
Norgerholt	NH11.3	0-5cm	41t/m44	2,5	18,8	639,0	31,1
Norgerholt	NH12.3	0-5cm	45t/m48	2,6	9,6	361,5	22,2

Gebied	SC Nummer	horizont	Transsect numbers	pH KCl	Org. stof %	N totaal mg/100 g	P totaal
Norgerholt	NH17.3	0-5cm	65t/m68	2,6	8,6	317,4	27,2
Norgerholt	NH18.3	0-5cm	69t/m72	2,7	6,9	239,3	23,7
Norgerholt	NH19.3	0-5cm	73t/m76	2,7	8,1	294,6	35,1
Norgerholt	NH20.3	0-5cm	77t/m80	2,7	7,1	244,1	30,3
Norgerholt	NH21.3	0-5cm	81t/m84	2,7	7,1	231,3	29,7
Norgerholt	NH22.3	0-5cm	85t/m88	2,7	6,3	178,6	24,2
Norgerholt	NH23.3	0-5cm	89t/m92	2,6	10,1	310,5	37,0
Norgerholt	NH24.3	0-5cm	93t/m96	2,9	6,1	256,7	50,8
Norgerholt	NH25.3	0-5cm	97t/m100	2,6	8,8	261,2	24,6
Tongerense Hei	TH 1.1	L+F1	1t/m4	2,7	91,9	2108,0	94,1
Tongerense Hei	TH 2.1	L+F1	5t/m8	2,8	88,3	2172,2	105,4
Tongerense Hei	TH 3.1	L+F1	9t/m12	2,4	90,4	2111,3	79,4
Tongerense Hei	TH 4.1	L+F1	13t/m16	2,8	90,5	1178,3	25,9
Tongerense Hei	TH 5.1	L+Fa1	17t/m20	2,8	88,2	1548,9	63,0
Tongerense Hei	TH 6.1	L+F1	21t/m24	2,8	82,3	1738,9	67,9
Tongerense Hei	TH 7.1	L+F1	25t/m28	2,8	85,7	1731,0	66,5
Tongerense Hei	TH 8.1	L+F1	29t/m32	2,6	84,8	2103,3	92,3
Tongerense Hei	TH 9.1	L+F1	33t/m36	2,9	92,7	1750,3	66,1
Tongerense Hei	TH10.1	L+F1	37t/m40	2,6	87,6	2153,8	95,6
Tongerense Hei	TH11.1	L+F1	41t/m44	2,7	86,4	1824,9	92,2
Tongerense Hei	TH12.1	L+F1	45t/m48	2,5	75,0	1413,9	51,4
Tongerense Hei	TH13.1	L+F1	49t/m52	2,9	90,5	1525,0	56,3
Tongerense Hei	TH14.1	L+F1	53t/m56	3,0	87,9	2200,0	94,7
Tongerense Hei	TH15.1	L+F1	57t/m60	3,0	93,9	1819,3	70,8
Tongerense Hei	TH16.1	L+F1	61t/m64	3,0	86,0	1983,8	94,6
Tongerense Hei	TH17.1	L+F1	65t/m68	3,2	73,9	1653,2	80,8
Tongerense Hei	TH18.1	F+L1	69t/m72	2,9	91,3	2147,8	97,9
Tongerense Hei	TH19.1	L+F1	73t/m76	2,8	79,4	1752,4	80,2
Tongerense Hei	TH20.1	L+F1	77t/m80	3,1	91,7	1900,3	85,4
Tongerense Hei	TH21.1	L+F1	81t/m84	3,0	93,4	1630,0	55,9
Tongerense Hei	TH22.1	L+F	85t/m88	2,9	87,2	2111,9	85,2
Tongerense Hei	TH23.1	L+F1	89t/m92	3,0	88,6	2126,6	88,2
Tongerense Hei	TH24.1	L+F1	93t/m96	2,9	92,5	1873,6	70,6
Tongerense Hei	TH25.1	L+F1	97t/m100	3,1	94,1	2116,5	89,4
Tongerense Hei	TH 1.2	F2+H	1t/m4	2,0	91,4	2023,3	63,4
Tongerense Hei	TH 2.2	F2+H	5t/m8	2,1	80,0	1735,2	61,3
Tongerense Hei	TH 3.2	F2+H	9t/m12	2,0	89,6	1756,0	63,9
Tongerense Hei	TH 4.2	F2+H	13t/m16	2,3	57,8	1528,4	58,8
Tongerense Hei	TH 5.2	F2+H	17t/m20	2,3	64,9	1805,5	75,7
Tongerense Hei	TH 6.2	F2+H	21t/m24	2,3	62,3	1764,9	76,5
Tongerense Hei	TH 7.2	F2+H	25t/m28	2,3	72,3	1851,5	76,3
Tongerense Hei	TH 8.2	F2+H	29t/m32	2,1	66,9	1492,3	53,5
Tongerense Hei	TH 9.2	F2+H	33t/m36	2,1	74,3	1624,2	56,4
Tongerense Hei	TH10.2	F2+H	37t/m40	2,1	78,8	1777,8	55,0
Tongerense Hei	TH11.2	F2+H	41t/m44	2,1	54,1	1517,1	61,6
Tongerense Hei	TH12.2	F2+H	45t/m48	2,2	80,8	1845,2	69,6
Tongerense Hei	TH13.2	F2+H	49t/m52	2,2	67,3	1566,7	67,4
Tongerense Hei	TH14.2	OF2+H	53t/m56	2,1	84,8	1930,0	63,8
Tongerense Hei	TH15.2	F2+H	57t/m60	2,2	82,2	1932,9	65,1
Tongerense Hei	TH16.2	F2+H	61t/m64	2,2	73,5	1594,8	55,5
Tongerense Hei	TH17.2	F2+H	65t/m68	2,2	73,0	1193,3	26,9
Tongerense Hei	TH18.2	F2+H	69t/m72	2,1	69,9	1623,6	51,3
Tongerense Hei	TH19.2	F2+H	73t/m76	2,1	70,9	1765,1	62,2
Tongerense Hei	TH20.2	F2+H	77t/m80	2,2	52,3	1140,2	39,0
Tongerense Hei	TH21.2	F2+H	81t/m84	2,2	78,8	1134,5	28,6
Tongerense Hei	TH22.2	F2+H	85t/m88	2,1	61,0	1444,2	47,7
Tongerense Hei	TH23.2	F2+H	89t/m92	2,1	74,5	1489,0	40,8
Tongerense Hei	TH24.2	F2+H	93t/m96	2,1	71,6	1524,8	51,7
Tongerense Hei	TH25.2	F2+H	97t/m100	2,1	70,2	1394,5	44,4
Tongerense Hei	TH 1.3	0-5cm	1t/m4	2,6	10,0	200,2	15,0
Tongerense Hei	TH 2.3	0-5cm	5t/m8	2,5	5,4	241,2	14,8
Tongerense Hei	TH 3.3	0-5cm	9t/m12	2,6	8,4	232,1	13,4
Tongerense Hei	TH 4.3	0-5cm	13t/m16	2,7	8,9	136,2	6,5
Tongerense Hei	TH 5.3	0-5cm	17t/m20	2,6	8,9	213,9	12,2
Tongerense Hei	TH 6.3	0-5cm	21t/m24	2,6	8,1	95,5	4,9

Gebied	SC Nummer	horizont	Transsect nummers	pH KCl	Org. stof %	N totaal mg/100 g	P totaal
Tongerense Hei	TH11.3	0-5cm	41u/m44	2,6	8,1	144,4	14,8
Tongerense Hei	TH12.3	0-5cm	45u/m48	2,7	5,0	160,1	13,5
Tongerense Hei	TH13.3	0-5cm	49u/m52	2,7	6,3	146,1	14,2
Tongerense Hei	TH14.3	0-5cm	53u/m56	2,6	8,6	177,2	12,3
Tongerense Hei	TH15.3	0-5cm	57u/m60	2,6	8,8	160,2	14,2
Tongerense Hei	TH16.3	0-5cm	61u/m64	2,6	7,7	77,9	4,6
Tongerense Hei	TH17.3	0-5cm	65u/m68	2,6	9,0	135,8	15,4
Tongerense Hei	TH18.3	0-5cm	69u/m72	2,6	9,6	199,4	15,3
Tongerense Hei	TH19.3	0-5cm	73u/m76	2,6	7,5	114,4	9,5
Tongerense Hei	TH20.3	0-5cm	77u/m80	2,7	6,3	92,4	13,1
Tongerense Hei	TH21.3	0-5cm	81u/m84	2,7	6,8	105,3	11,1
Tongerense Hei	TH22.3	0-5cm	85u/m88	2,8	5,7	66,1	4,6
Tongerense Hei	TH23.3	0-5cm	89u/m92	2,7	7,3	85,8	3,5
Tongerense Hei	TH24.3	0-5cm	93u/m96	2,7	7,8	125,3	8,7
Tongerense Hei	TH25.3	0-5cm	97u/m100	2,7	7,5	123,9	12,5