



Bosgroepen



Biodiversiteit van Brabants Bialowieza

Fase 2 onderdeel A
referentiebosbeelden

Bosgroep Zuid Nederland



Colofon

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant
Titel: Biodiversiteit van Brabants Bialowieza – Fase 2 onderdeel A referentiebosbeelden
Status: definitief
Datum: Maart 2024
Auteur(s): Leon van den Berg, Rob van der Burg, Maaïke de Graaf, Petra Schmitz, Jaap Bouwman
Foto's: Zie onderschriften
Foto voorzijde: Leembos in Denemarken, foto Leon van den Berg
Kaartmateriaal: Copyright © 2021, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn
Projectnummer: 19355180

© Coöperatie Bosgroep Zuid Nederland u.a.
5591 VD, Heeze
t (040) 20 66 360
www.bosgroepen.nl



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	3
1.1	ONDERZOEK NAAR REFERENTIEBEELDEN	3
1.2	LEESWIJZER	3
2	METHODEN	4
2.1	BESCHRIJVINGEN HYDROLOGIE EN BIODIVERSITEIT LEEMBOSSEN EN HOOGVEENBOS	4
2.1.1	<i>Fauna biodiversiteit en functionaliteit</i>	5
2.1.2	<i>Vegetatie</i>	5
2.1.3	<i>Grondwaterstanden</i>	5
2.1.4	<i>Humusprofielen</i>	5
2.1.5	<i>Bodembemonstering</i>	5
2.1.6	<i>Chemische analyse</i>	6
3	RESULTATEN VELDONDERZOEK	7
3.1	DRAVED SKOV (DENEMARKEN)	7
3.1.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	7
3.1.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	9
3.1.3	<i>Bodem, Bodemchemie en humusvorm</i>	10
3.1.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	11
3.2	HASBRUCHER URWALD (DUITSLAND)	14
3.2.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	15
3.2.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	16
3.2.3	<i>Bodem, bodemchemie en humusvorm</i>	19
3.2.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	20
3.3	SAMERROTT (DUITSLAND)	22
3.3.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	22
3.3.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	23
3.3.3	<i>Bodem, bodemchemie en humusvorm</i>	25
3.3.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	25
3.4	MAABLER LINDENWALD (DUITSLAND)	27
3.4.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	27
3.4.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	28
3.4.3	<i>Bodem, bodemchemie en humusvorm</i>	30
3.4.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	31
3.5	DE DOORT (NEDERLAND)	32
3.5.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	32
3.5.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	33
3.5.3	<i>Bodem, bodemchemie en humusvorm</i>	34
3.5.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	35
3.6	IJZERENBOS (NEDERLAND)	36
3.6.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	37
3.6.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	37
3.6.3	<i>Bodem, bodemchemie en humusvorm</i>	38
3.6.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	39



4	SYNTHESE LEEMBOSSEN.....	40
4.1	VEGETATIE EN STRUCTUUR	40
4.2	BODEMCHEMIE	42
4.3	HYDROLOGIE	44
4.4	CONCLUSIES LEEMBOSSEN	45
5	HOOGVEENBOS.....	46
5.1	HOOGVEENBOSSEN KROONDOMEIN (NEDERLAND)	46
5.1.1	<i>Beschrijvingen boslocaties</i>	<i>46</i>
5.1.2	<i>Hydrologie en Reliëf</i>	<i>47</i>
5.1.3	<i>Bodem en humusvorm</i>	<i>48</i>
5.1.4	<i>Vegetatie en structuur</i>	<i>48</i>
5.2	SYNTHESE HOOGVEENBOS.....	49
6	REFERENTIE VAN EEN OUDE HEIDEBEBOSSING	50
6.1	SYNTHESE OUDE HEIDEBEBOSSING.....	51
7	VERFIJNING VAN MAATREGELEN.....	53
7.1	INTENSITEIT VAN AANPLANT AFHANKELIJK VAN DOEL.....	53
7.2	AANDEEL RIJK-STROOISELSOORTEN VERHOGEN IN DE STRUIKLAAG	53
7.3	OP ARME ZANDGRONDEN STEENMEEL OVERWEGEN.....	54
7.4	HERINTRODUCTIE OUSBOSPLANTEN OVERWEGEN	55
	LITERATUUR EN WEBSITES	56

1 Inleiding

In het onderzoek van Fase 2 is gekozen voor het beschrijven van ontwikkelingsfasen van goede referenties voor bossen en habitat dat niet in Fase 1 is onderzocht. Aan de hand van de beschrijving van goede referentiebeelden voor de Noord-Brabantse kan worden ingeschat in welke mate de maatregelen effect sorteren. Uit de beschrijvingen van de historische referenties kan ook lering getrokken worden over de mate van degradatie en de kansen voor herstel.

De kennisleemtes die in Fase 2 werden onderzocht zijn onder te verdelen in twee studies:

- A. Een studie naar de potenties en het hydrologisch functioneren van referentiebossen op leem en de zeer natte hoogveenbossen op zandgrond. Een beschrijving van de biodiversiteit en functioneren van bossen op leem of hoogveenbosjes op zand ontbreekt grotendeels waardoor maatregelen niet gericht op de maximale potenties van deze bossen kunnen worden ingezet.
- B. Een studie naar de historische referentie (het bosbeeld van Noord-Brabant ten tijde van het Mesolithicum of vroeg Neolithicum?) op zandgrond. Vanwege de onduidelijkheid van dit bosbeeld is het niet goed bekend wat, historisch gezien, Noord-Brabantse bosreferenties op zandgrond zijn.

Het hier voorliggende rapport betreft onderdeel A van dit onderzoek

1.1 Onderzoek naar referentiebeelden

In het huidige bosbeheer wordt vaak gevraagd naar referentiebeelden. De vraag is dan vaak: waar kunnen we met maatregelen naar toe? Of, hoever staan we van een optimale situatie af? Referentiebeelden geven nuttige informatie over een toestand van een bossysteem en zijn vaak ontleend aan een vroegere, ongestoorde situatie. Een goede reconstructie van deze referentiebeelden voor de Noord-Brabantse bossen is noodzakelijk voor een goede beeldvorming en ook onderbouwing van de huidige bosmaatregelen. Voor de leembossen en de hoogveenbossen ontbraken echter zulke referentiebeelden. Dit onderzoek is een eerste poging om een realistisch beeld van optimaal werkende leembossen en hoogveenbossen te genereren. Aanvullend is ook een oude heidebebossing beschreven. Door ongestoorde en goed ontwikkelde bossen in binnen- en buitenland te bestuderen is het mogelijk een referentiebeeld voor deze bostypen op te stellen.

Het doel van de beschrijving van deze referentie is:

- 1. het geven van inzicht over de hydrologie, de bosbodemchemie en de flora van de bostypen die representatief zijn voor de Brabantse leem- en zandgronden.
- 2. het bepalen in hoeverre de Brabantse situatie afwijkt van goed ontwikkelde (buitenlandse) referenties.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de methodiek beschreven. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van het leembossenonderzoek waarna hoofdstuk 4 een synthese beschrijft van de leembossen. Hoofdstuk 5 en 6 behandelen vervolgens hoogveenbossen en een oude heidebebossing. Maatregelen worden besproken in hoofdstuk 7.



2 Methoden

2.1 Beschrijvingen hydrologie en biodiversiteit leembossen en hoogveenbos

Het is op dit moment grotendeels onbekend wat de mogelijkheden voor bosontwikkeling zijn van vochtige en natte bossen op leem. De meeste potentieel vochtige en natte bossen in Noord-Brabant en de rest van Nederland zijn ontwaterd en daardoor vaak geen goede referentie voor het hydrologisch functioneren van leembossen (van der Burg et al., 2016, van der Burg et al., 2016, Brouwer et al., 2022). In verschillende studies is inmiddels aangetoond welke hydrologische maatregelen genomen kunnen worden om het hydrologisch systeem te herstellen en dat daarmee ook de abiotische (basen- en vochtvoorziening) en biotische (activiteit van bodemleven en strooiselomzetting) verbetering (van der Burg et al., 2016). Het is echter nog niet duidelijk wat voor bos op termijn kan gaan ontstaan. Deze bossen zullen rijker en gevarieerder zijn dan droge bossen op zandgronden en zich ook sneller ontwikkelen. Door het ontbreken van goede referenties zijn maatregelen voor deze typen bos niet goed te implementeren. Daarnaast is het niet geheel duidelijk in hoeverre de Noord-Brabantse leembossen afwijken/overeenkomen met goede referentiebossen. Voor de beschrijving van deze goede referenties op leemgrond en hoogveenbos zijn bossen bezocht in Denemarken, Duitsland en Nederland. Daarnaast is er gebruik gemaakt van recent ontwikkelde kennis vanuit een OBN onderzoek naar nutriëntkringlopen in leembossen (Brouwer et al., 2022). Tabel 1 geeft de boslocaties die zijn meegenomen in deze studie. Voor deze genoemde bossen is de bodemchemie verzameld en in deze studie geanalyseerd. Voor de bossen die onderzocht zijn in deze studie (laatste kolom tabel 1) zijn de beschrijvingen in deze rapportage te vinden. Overige beschrijvingen kunnen gevonden worden in de respectievelijke studies.

Tabel 1 Locaties van leem- of hoogveenbos ter referentie en vergelijking van de Noord-Brabantse bossen

Naam locatie	land	Type bos	Onderzoek uitgevoerd via
Draved Skov	Denemarken	Leem	Deze studie
Hasbrucher Urwald	Duitsland	Leem	Deze studie
Samerrotte	Duitsland	Leem	Deze studie
Maaßeler Lindenwald	Duitsland	Leem	Deze studie
De Doort	Nederland	Leem	Levendige bossen (leefgebieden NBr) en Deze studie
IJzerenbos	Nederland	Leem	Deze studie
Wijboschbroek	Nederland	Leem	Herintroductie knikkend nagelkruid (leefgebieden NBr)
Ulvenhoutse bos	Nederland	Leem	Herintroductie knikkend nagelkruid (N2000 NBr)
Hasenburg	Duitsland	Leem	Herintroductie knikkend nagelkruid (N2000 NBr)
Kohkamp	Duitsland	Leem	Herintroductie knikkend nagelkruid (N2000 NBr)
Smoddebos	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen
Snoeyingsbeek	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen
Achter de Voort	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen
Willinks Weust	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen



Geelders	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen
Scheeken	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen
Collse bos	Nederland	Leem	OBN studie vochtige bossen
Kroondomein	Nederland	Hoogveenbos	Deze studie

Gegevens van het Hasbrucher Urwald, Samerrotte in Duitsland en Draved Skov op Jutland zijn goed beschreven in termen van structuur en biodiversiteit (Koop 1981, 1993, Hommel et al., 2003) maar een koppeling met hydrologie en bodemchemie ontbreekt hierin. In enkele gevallen is dat vanwege het ontbreken van gegevens zoals bodemchemie of de benodigde hoogtekaarten in relatie tot hydrologie, in enkele gevallen zijn dergelijke studies eenvoudigweg niet uitgevoerd.

Op alle bezochte boslocaties (deze studie) zijn de volgende gegevens gemeten, verzameld of beschreven:

- Vegetatie en wanneer beschikbaar ook Fauna
- Grondwaterstanden (GLG)
- Humusopbouw en bodemopbouw (zie bijlage 1)
- Bodemchemie op meerdere diepten

2.1.1 Fauna biodiversiteit en functionaliteit

Soortenlijsten zijn voor enkele bossen aanwezig maar ontbreken ook voor andere belangrijke referentiebossen. Navraag leert dat men wel gegevens heeft maar dat deze moeilijker te ontsluiten zijn (pers. mededeling boswachter Maessler Lindenwald). De soortendata is gebruikt om de bossen te selecteren voor verder onderzoek. In fase 1 van het onderzoek staan de soorten beschreven.

2.1.2 Vegetatie

Vegetatieopnames zijn op elke locatie gemaakt in vlakken van 10x10 meter. De vegetatie (hogere planten en mossen) werd genoteerd aan de hand van de Nederlandse flora en bedekking werd geschat volgens Braun-Blanquet.

2.1.3 Grondwaterstanden

Grondwaterstanden werden gemeten wanneer deze zichtbaar waren. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) werd tijdens de bodemkartering vastgesteld op basis van reductiekenmerken in het bodemprofiel. Wanneer ijzerhoudende bodems in de nazomer droogvallen kleurt het moedermateriaal door oxidatie (roestvorming) bruinrood. Op de diepten waar deze droogval niet meer plaatsvindt (de GLG) is deze verkleuring niet meer zichtbaar en is de bodem egaal grijs.

2.1.4 Humusprofielen

Humusbeschrijvingen werden uitgevoerd op basis van 3 monsterpunten per locatie. De monsterpunten werden gestoken met een scherpe schop tot een diepte van 20cm, ruim in de minerale bodem. De classificatie is gebaseerd op de Europese humusclassificatie (European reference base (Zanella et al., 2011, 2011)).

2.1.5 Bodembemonstering

Bodemmonsters werden genomen met een edelmanboor. In elke plot werden ten minste twee mengmonsters gemaakt bestaande uit 5 boringen, respectievelijk voor de diepte 0–10cm en 20–30cm. De ecto-organische laag (OL,OF,OH) werd telkens verwijderd alvorens de monsters te



nemen. Bodembeschrijvingen werden uitgevoerd voor elke site aan de hand van een diepe boring met een edelmanboor en vervolgens beschreven aan de hand van de *FAO guidelines for soil auger description*. Er werd voor elke site een bodemstaal van de C-horizont uit de boring genomen.

2.1.6 Chemische analyse

Om een beeld te vormen van de variatie tussen de verschillende onderzoeksterreinen werden op onderzoeklocaties bodemonsters verzameld. Alle chemische analyses zijn uitgevoerd door het bodemlab van Wageningen universiteit. De bio-beschikbaarheidsgegevens zijn voornamelijk gebruikt voor vergelijkingen in de A en B horizonten.

Per bodemonster werden de volgende variabelen bepaald:

- Vochtpercentage, organische stofconcentratie (d.m.v. Loss on Ignition) en bodemdichtheid;
- pH-zout;
- NO_3^- , NH_4^+ , Al en Fe, alsmede de hoeveelheid P en kationen (Ca, Mg, K, Mn) door middel van een zoutextractie;
- CEC en basenverzadiging;

De vergelijkbaarheid van locaties werd bepaald aan de hand van alle elementen. In deze rapportage worden echter alleen de belangrijkste besproken. We bespreken als maat voor buffering: de totale hoeveelheid beschikbare basische kationen en de CEC. Als maat voor verzuring, de pH en het aluminium gehalte, als maat voor trofie het fosfor gehalte en daarnaast ter vergelijking van moedermateriaal werd gekeken naar zwavel en silicium omdat deze elementen gekoppeld zijn aan het kleigehalte en mogelijke mariene afkomsten.

Voor de vergelijking van bodemchemie uit andere studies (zie tabel 1) werd gebruik gemaakt van de ruwe data van deze studies.

3 Resultaten veldonderzoek

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de veldbezoeken per bos beschreven. Voor de gegevens van de bodemchemie, humusprofielen en vegetatie zijn de belangrijkste parameters samengevat.

3.1 Draved Skov (Denemarken)

Draved skov is een van Denemarken's oudste bosgebieden. Draved skov ligt net ten zuiden van Løgumkloster en bevat grote delen met oorspronkelijk bos. Om historische redenen is Draved Skov een van de meest natuurlijke bossen in Denemarken. Het bos zelf is gedurende lange perioden omringd door moerassen, waardoor het hakken van hout moeilijk en onrendabel was. Het bos is ongeveer 250 ha en ligt in het zuidwesten van Denemarken. Geologisch gezien ligt het op een bodem van zwarte, kalkloze keileem (35–70%; pH 5,0), bedekt met een dunne laag fluvioglaciaal zand (zie figuur 1).

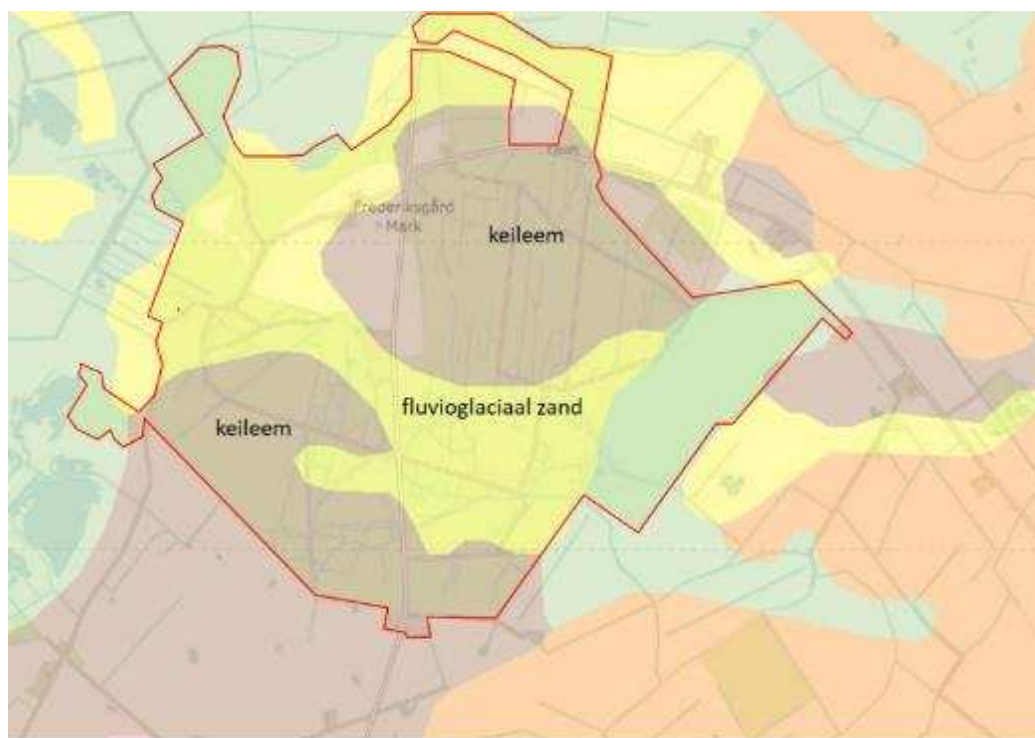
Het bos bestaat voor een groot deel uit winterlinde (*Tilia cordata*) en zomereik (*Quercus robur*). Recenter neemt echter het aandeel eik en beuk toe door ook menselijke invloeden (Aaby 1983, Bradshaw et al., 2005). Het oorspronkelijk bostype met veel winterlinde komt nu alleen in het meest zuidwestelijke en natste deel van het bos voor.

Draved skov is geen echt "natuurlijk" bos en kent een lange invloed van mens (Bradshaw et al., 2005). Bosbegrazing en hakhoutbeheer zijn hier voorbeelden van. Deze invloeden waren echter minimalistisch vanwege het natte bos en de moeilijke bereikbaarheid. De bodem in Draved is door het extensieve gebruik redelijk onaantast. Ondanks de geringe menselijke invloeden kan men voor een groot deel van het bos spreken van een natuurlijke ontwikkeling. Twee delen van het bos zijn al sinds lange tijd (sinds 1900) beschermd en afgeschermd geweest tegen begrazing: het Carlsberg compartiment en het Lime compartiment. Deze bescherming was niet strikt en de rasters zijn in 1999 verwijderd. Deze compartimenten werden en worden echter niet beheerd (geen zaag/kapwerkzaamheden) waardoor ze een zeer natuurlijke ontwikkeling tonen. Sinds 2000 is het hele bos onaantast en is het een van de grootste aaneengesloten gebieden met ongerepte bossen in Denemarken.

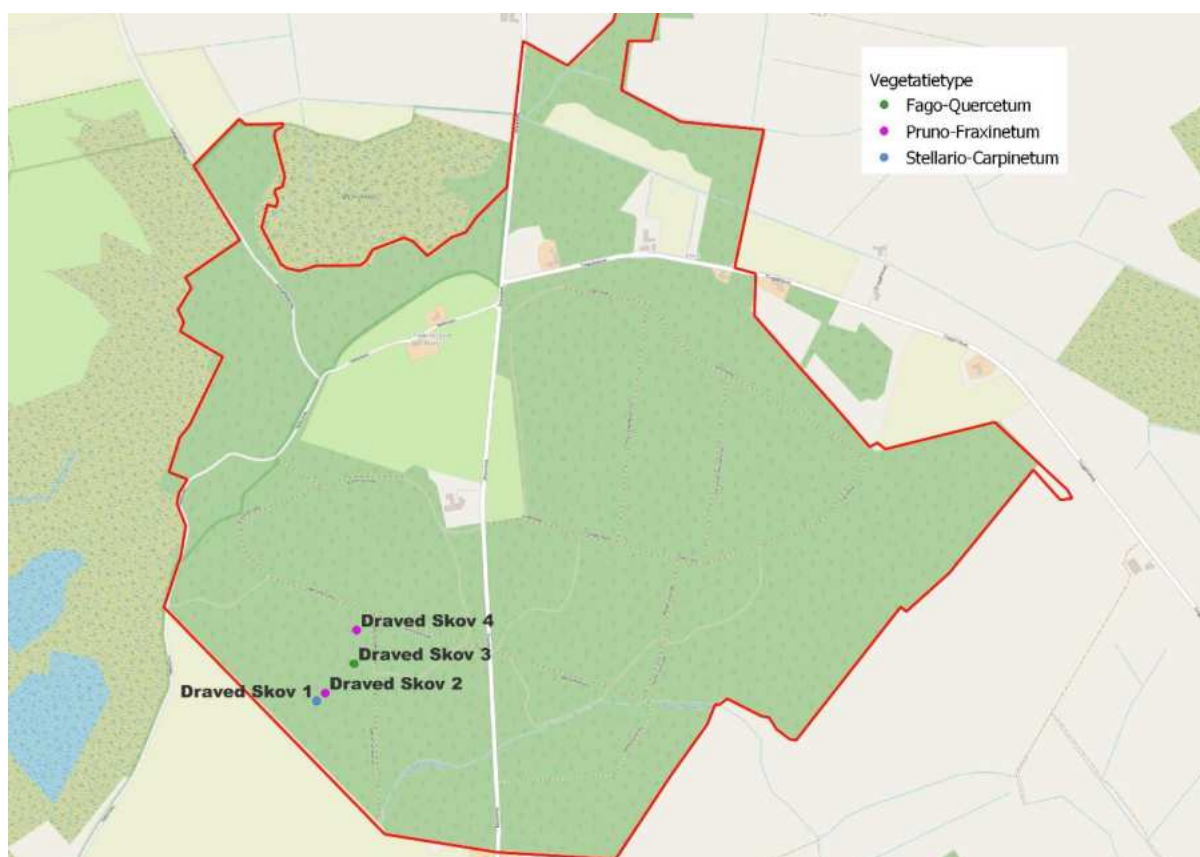
Het compartiment waar het onderzoek heeft plaatsgevonden is het 'Lime compartiment', gelegen op keileem (figuur 1).

3.1.1 Beschrijvingen boslocaties

In het gebied zijn in 2 locaties bemonsterd voor bodemchemie en 4 vegetatieopnamen gemaakt (figuur 2). De bodemchemie is gemeten op locaties waar eik en linde (locatie 3) en . Op deze locaties zijn ook vegetatie opnamen gemaakt. Tevens zijn er vegetatieopnamen gemaakt in een vochtige slenk ter karakterisering van de hier voorkomende nat–droog gradiënten en op een natte referentielocatie voor de kenmerkende soort Knikkend nagelkruid.



Figuur 1. Ligging van het natuurgebied Draved Skov (rode omlijning) in relatie tot de geologie.



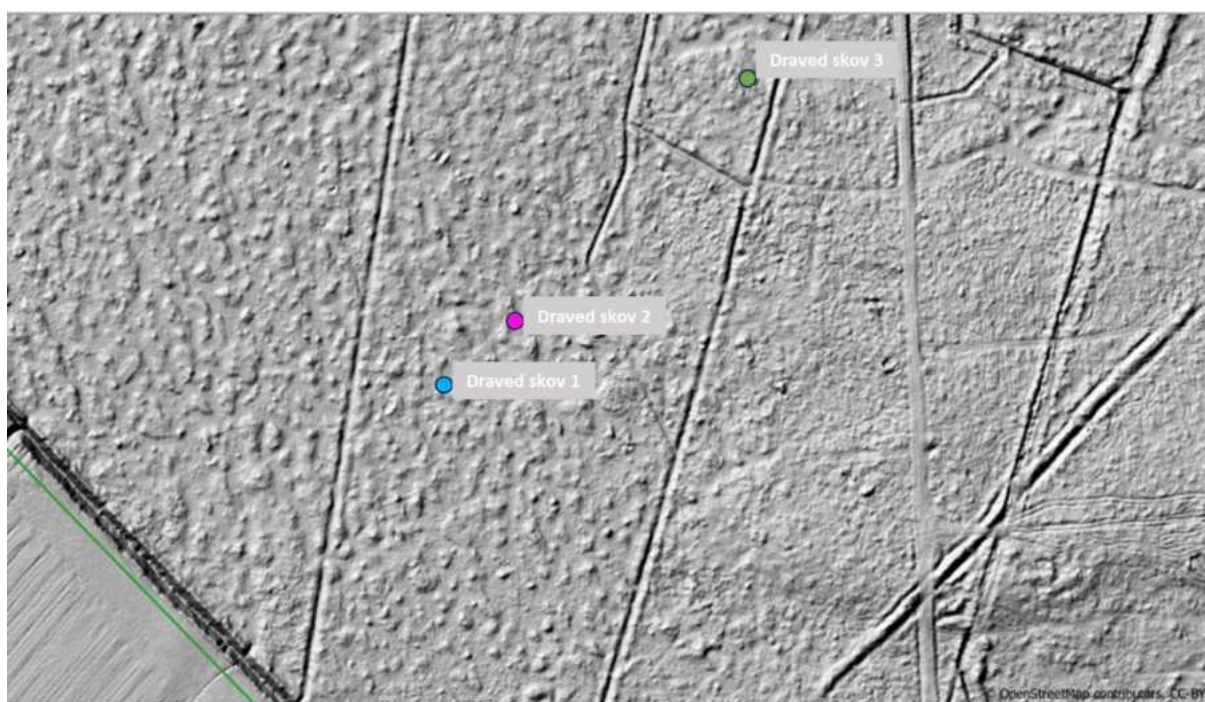
Figuur 2. Ligging monsterlocaties in natuurgebied Draved Skov. Bodemonsters zijn genomen in locatie 1 en 3

3.1.2 Hydrologie en Reliëf

Greppels en sloten zijn sinds 1800 al veelvuldig aanwezig in het gebied. Deze zijn voor een groot deel in 1999–2000 gedempt. In de compartimenten zijn ze echter sinds de bescherming in 1900 niet meer onderhouden en hebben deze zich voor een groot deel zelf al (deels) gevuld (Moeller 1987) (figuur 3a en 3b). Door de hydrologische maatregelen is het bos natter geworden, wat op sommige plaatsen heeft geleid tot het ontstaan van plassen en mooie nat–droog gradiënten (figuur 4 en 5).



Figuur 3a. Ligging monsterlocaties in natuurgebied Draved Skov met op achtergrondkaart een hillshade kaart waardoor greppels en rabatten goed te zien zijn.



Figuur 3b. Drogere delen op korte afstanden van laag gelegen slenkjes in Draved Skov.



De keileem is grotendeels waterkerend waardoor het grondwater voor lange tijd van het jaar binnen de 35 cm onder maaiveld bevindt. De bosbodem kenmerkt zich door een sterk micro-reliëf. Water staat in greppels en stroomt over maaiveld naar lagere delen. Tussen de slenkjes en natte greppels bevinden zich natuurlijke hoger gelegen drogere delen waarbij de hoogteverschillen vaak minimaal (30–50cm zijn). Veel van deze greppels zijn door uitblijven van onderhoud ondieper geworden. Droge delen, plas–dras situaties en permanent vochtige delen vinden we daarmee op korte afstanden in mozaïek (figuur 3 en 4). Linde en eik groeit in Draved Skov vooral op de drogere delen; in de lageregelegen delen staat ook els en wilg.

3.1.3 Bodem, Bodemchemie en humusvorm

De bodems in de lage delen van Draved Skov staan onder invloed van grondwater en worden getypeerd als leemrijke eerdgrond (leekeerd of beেকেerd). De humusvorm is een mull of mullmoder (zie tabel 2) met veld pH-waardes tussen 5 en 5.5. Daar waar eik domineert resulteert dit in een hogere accumulatie van strooisel en mullmoder ten opzichte van de linde opstanden waar geen strooisel accumuleert (mull). In alle opstanden zijn sporen van (veel) bodemleven en een goede bioturbatie.

Tabel 2. Resultaten humusbeschrijvingen Draved Skov.

plot	Type	Humusklasse	Zand/leem	Dikte humuslaag (cm)
1	Linde	Mull	Leem	0
2	Linde in slenk	Mull	Leem	0
3	Eik	Mullmoder	Leem	0.5–1.5
4	Linde, kers met Knikkend nagelkruid	Mull	Leem	0

De bemonsterde bodems zijn matig rijk aan basische kationen (met name calcium, tabel 3). De toplaag is echter sterk verzuurd. Mogelijk door de invloed van eik of een oppervlakkige verdroging. Dit uit zich in een lagere pH in de 0–10cm laag en een relatief hoge aluminiumbeschikbaarheid. De basenverzadiging is op deze locaties dan ook lager dan men mag verwachten. In de diepere lagen en zeker wanneer men zware leem aantreft (rijke lagen) zien we een hoge basenverzadiging veroorzaakt door een hoog aandeel aan magnesium en calcium. De pH is in deze lagen ook hoger.

In het algemeen kan gezegd worden dat Draved Skov geen uitgesproken rijk (biochemisch) gebied is. De voedselrijkdom (N en P) zijn gemiddeld en ook niet uitgesproken hoog. De verhouding tussen ammonium en nitraat is rond de 1 (vaak lager dan 1) wat aangeeft dat nitrificatie en de omzettingen van stikstof nog plaatsvinden ondanks de relatief lage pH.

Tabel 3. Resultaten zoutextractie (plant beschikbare deel) van de bodemchemie van 2 monsterlocaties in Draved Skov.

Draved Skov	Diepte cm -mv	Organische stof (%)	pH (zout)	NO ₃ _NaCl $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ _NaCl $\mu\text{mol/l}$	Al_NaCl $\mu\text{mol/l}$	Basische kationen $\mu\text{eq/l}$	Basenverzadiging %	CEC $\mu\text{eq/l}$
Eiken-Haagbeukenbos, Draved Skov 1	0-10	17.8	2.7	318.1	351.4	269.3	30287.2	66.8	8053.5
	35-45	1.0	4.2	26.7	42.4	48.1	23014.4	90.2	3791.5
	rijke laag	1.4	5.2	3.0	25.7	3.7	60163.3	98.7	11229.2
Beuken-Eikenbos, Draved Skov 3	0-10	30.3	2.6	287.3	190.6	969.3	13846.2	32.0	5669.0
	20-30	2.1	3.6	56.7	17.4	2610.1	3476.9	17.3	3425.5
	rijke laag	2.1	4.5	49.2	40.0	171.8	81430.2	96.3	17542.5

3.1.4 Vegetatie en structuur

De ondergroei van het gemengde linde bos bestaat voornamelijk uit oud-bosplanten zoals witte klaverzuring, bosanemoon en grote muur. Op de droge delen vinden we dalkruid, bosgierstgras en groot heksenkruid. Waar oude linden zonder bijmenging zeer dicht opeen groeien bleek de ondergroei minder goed ontwikkeld (zie ook Hommel et al., 2003).



Figuur 4. Microrelief in Draved Skov. Hierdoor zien we op korte afstand zowel stagnerend water, doorstromend water in slenkjes en drogere hogere plekken.



Figuur 5. Drogere delen op korte afstanden van laag gelegen slenkjes in Draved Skov.

In Draved Skov zijn 4 vegetatieopnamen gemaakt, zie tabel 4. De opnamen in DS-1 en DS-2 laten een overgang zien van een hoger gelegen typisch eiken haagbeukenbos met linde in de boomlaag. Hier typeren speenkruid, witte klaverzuring en bosanemoon het voorjaarsaspect. Op korte afstand (zie figuur 3b, figuur 4) hiervan vinden we de vochtigere slenken zoals in opname DS-2, waar soorten als moerasstreepzaad, boswederik en paarbladig goudveil voorkomen. In sommige slenken zien we ook soorten van beter gebufferde milieus zoals knikkend nagelkruid (opname DS-4, figuur 6).



Figuur 6. Vochtige vogelkers essenbos met Knikkend nagelkruid (links, DS-4) en eiken haagbeukenbos met bosanemoon (rechts, DS-1) in Draved Skov.

Tabel 4. Aangetroffen vegetatietypen op de onderzoeklocaties in Draved Skov.

Locatie	rVVN	vegetatie	type
1	r46Ab03	Een soortenrijk eiken haagbeuken bostype met linde in de boomlaag en veel bosanemoon, witte klaverzuring en ruwe smele. Gelegen op een hogere bult. Schedegeelster komt vlakbij voor (niet in de opname)	Stellario-Carpinetum
2	r46Aa05	Een lagergelegen slenkje door Linde gedomineerd. Zeer soortenrijk met paarbladig goudveil, bosanemoon, boswederik en gulden boterbloem	Pruno-Fraxinetum
3	r45Aa04c	Een droger, hoog gelegen en door eiken gedomineerde bult. Kamperfoelie, dalkruid en witte klaverzuring zijn aspect bepalend	Fago-Quercetum convallarietosum
4	r46Aa05	Een vochtige en zeer soortenrijke slenk met knikkend nagelkruid.	Pruno-Fraxinetum



Op de meeste locaties zijn 2 boomlagen aanwezig en een struiklaag (figuur 7). De struiklaag is soortenrijk en vrij open door de dicht kroonlagen. De hoge boomlaag is hierbij vaak erg hoog, tekenend voor een rijke bodem en een goede vochtvoorziening. Door het uitblijven van beheer is er ook een grote hoeveelheid dood hout.



Figuur 7. Structuur in Draved Skov.

3.2 Hasbrucher Urwald (Duitsland)

Het Hasbrucher urwald is een zeer oud bos op leem gelegen ten westen van Bremen in de deelstaat Nedersaksen (figuur 8).



Figuur 8. Ligging Hasbrucher Urwald nabij Delmenhorst.

Het bos werd tot laat in de 19e eeuw gebruikt als een zogenaamd hudenwald; een bos waarin begrazing door lokaal vee een gebruik was. Door intensieve houtoogst (en gedocumenteerde houtroof) had het bos een open karakter. Vooral ten oosten van het huidige bos behoorden nog grote gebieden die nu in particulier bezit zijn tot dit landschap. Vanaf ongeveer 1830 werd het bos stelselmatig omgevormd tot een hoog opgaand bos en werd een eiken- haagbeukenbos aangeplant. Uit deze tijd stamt ook een systematische (maar redelijk ondiepe) afwatering. De 180–200 jaar oude eikenstammen uit deze periode.

Officieel vanaf 1889, maar eigenlijk langer, werden er geen bosbouwkundige ingrepen uitgevoerd. Er wordt nu aangenomen dat er in dit gebied al zo'n 150 jaar geen bosbouwkundige ingrepen zijn uitgevoerd. In 1938 werd 29 hectare in het kerngebied van het bos als natuurbeschermingsgebied "Urwald Hasbruch" aangewezen. Bijna de helft van dit gebied werd echter in de jaren veertig, als gevolg van de noodzaak om brandhout te kappen tijdens de 2^e wereldoorlog, alsnog gekapt. In de bosdorpen "Heuenbusch" en "Gruppenbührer Seite" bleven 2 deelgebieden gespaard van in totaal 16,8 ha. De na de oorlog overgebleven deelgebieden "oerbos" en enkele tussenliggende bosdelen in het gebied van de beekdalen Brook- en Hohlbäke werden in 1989 samengevoegd tot een natuurgebied van 55,5 hectare. Hierin wordt 39,3 ha volledig aan zichzelf overgelaten als natuurlijk bos waarin geen ingrepen plaatsvinden.

Hasbruch staat in heel Europa bekend om zijn eeuwenoude eiken en haagbeuken. Sommige eiken zijn vernoemd naar Oldenburgse prinsessen, zoals de Friederikeneiche, Amalieneiche en Charlotteneiche. De ouderdom van de Friederikeneiche wordt geschat op 1100–1200 jaar (figuur

9). Het gebied is zeer soortenrijk, tot nu toe zijn er in Hasbruch meer dan 1500 dier- en plantensoorten gevonden. Onder de vele soorten bevinden zich de juchtleerkever, de vuursalamander en de vinpootsalamander en onder de vogelsoorten de zwarte specht, middelste bonte specht en kleinste bonte specht.



Figuur 9. Friederikeneiche in Hasbruch.

3.2.1 Beschrijvingen boslocaties

In het gebied zijn in 3 locaties bemonsterd voor bodemchemie en vegetatieopnamen (figuur 10). De opnamen zijn gemaakt ter karakterisering van de soortenrijke natte locaties en ter vergelijking is een hoger gelegen bultje opgenomen (locatie 3). Locatie 1 is gelegen op de beekdalrand; een overgang van het beekdal naar hogere gronden. In natte perioden staat dit gebied onder invloed van uittredend grondwater en afstroming van water over maaiveld. Ook locatie 2 is vochtig en ligt, ca 50m van een zijbeekje. De opname is gemaakt in een ondiep slenkje met lage rabatten. Locatie 3 ligt op hogere gronden, ca 20m van een zijbeekje en verschillende sloten en greppels. Deze opname is beduidend hoger en droger, gelegen op een laag ruggetje.

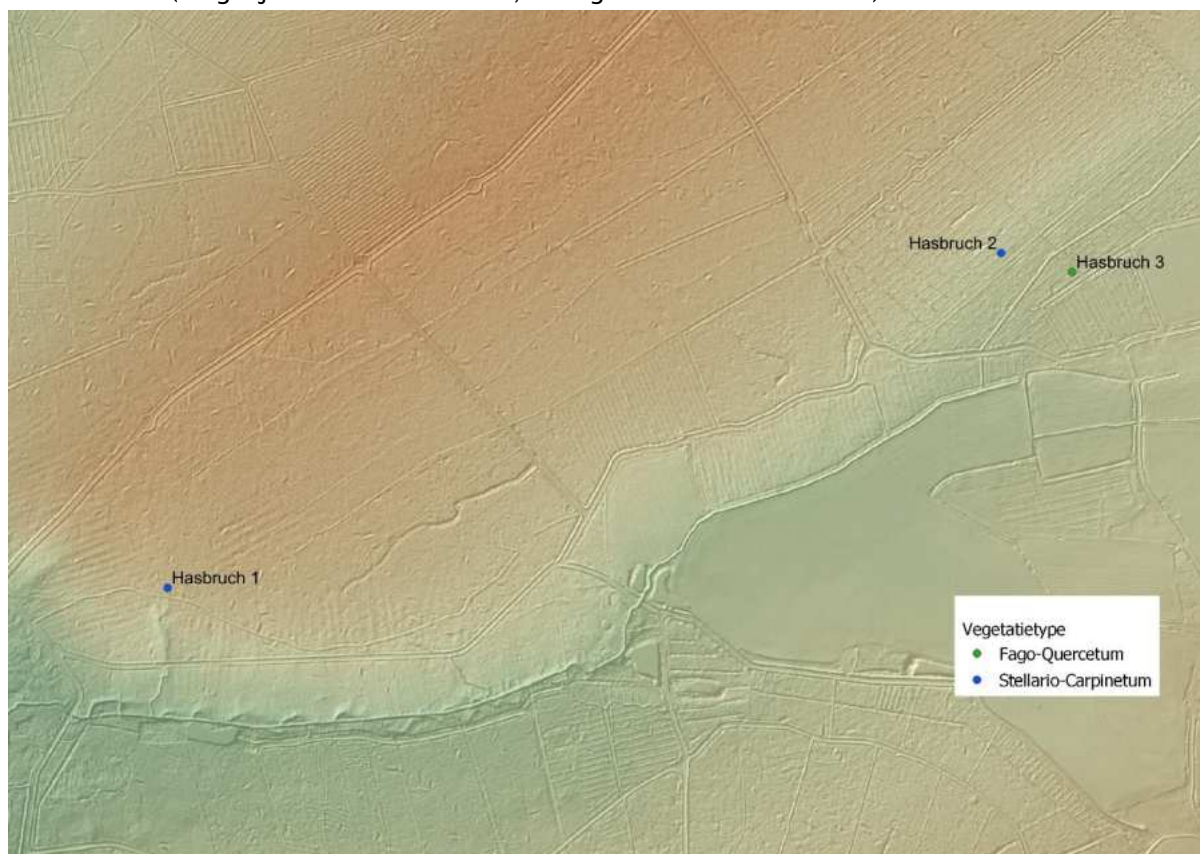


Figuur 10. Monsterlocaties in Hasbruch.

3.2.2 Hydrologie en Reliëf

Locatie 1 is vrij vochtig met een geschatte GLG van 120cm –mv. Grondwaterstand ten tijde van bemonstering was 35cm –mv. Deze locatie ligt op de flanken van een beekdal en is relatief vrij

van rabatten (vergelijk met locatie 2 en 3, zie figuur 11 en detail in 12).



Figuur 11. Monsterlocaties in Hasbruch met hoogtekkaart en shading weergegeven.



Figuur 12. Detail van hoogtekkaart en shading voor monsterlocatie 1 in Hasbruch.

Voor locatie 2 geldt dat de geschatte GLG ongeveer 180 –mv is met een grondwaterstand ten tijde van de bemonstering van 20cm –mv. Locatie 3 heeft een actuele grondwaterstand ten tijde



van opname van 80cm -mv en de geschatte GLG is hier meer dan 120cm -mv. De detailkaart (figuur 13) toont dat deze locaties meer zijn omgeven door rabatten (oude raatakkers).



Figuur 13. Detail van hoogtekaart en shading voor monsterlocaties 2 en 3 in Hasbruch.

Ondanks de begreppeling is het door het uitblijven van onderhoud aan deze greppels erg nat in de lage delen van het bos. Hierdoor staan er delen plas-dras en vinden we op korte afstanden nat-droog gradiënten (figuur 14).



Figuur 14. Nat-droog gradienten op microschaal in Hasbruch.

3.2.3 Bodem, bodemchemie en humusvorm

De bodem in het Hasbrucher Urwald is leemrijk tot leemhoudend met een fijne zandfractie. De bodems zijn beekeerdgronden en op de vochtige plekken is de strooiselaccumulatie minimaal. Dit resulteert in een Mull humusprofiel met zeer geringe strooiseldiktes (tabel 5). Alleen in de drogere zandige kopjes vinden we strooiselaccumulatie en kwalificeren de bodems als veldpodzol.

Tabel 5. Resultaten humusbeschrijvingen Hasbruch.

plot	Type	Humusklasse	Zand/leem	Dikte humuslaag (cm)
1	Eik	Mull	Leem met fijn zand	0–0.5
2	Eik, haagbeuk	Mull	Leem met fijn zand	0.5–1
3	Eik	Moder	Lemig zand	3–4.5

De bodem is rijk aan basische kationen (veel rijker dan bijvoorbeeld Draved Skov) wat zicht vertaalt in een hogere pH in de toplaag en de diepere bodemlagen (tabel 6). Alleen waar eiken domineren op de zandige koppen (opname 3) zien we een lagere pH en een veel lager gehalte aan basische kationen. De basenverzadiging van de leembossen is hoger dan 90% en aluminiumconcentraties zijn laag. Op de zandige kopjes is dit anders omdat er meer verzuring



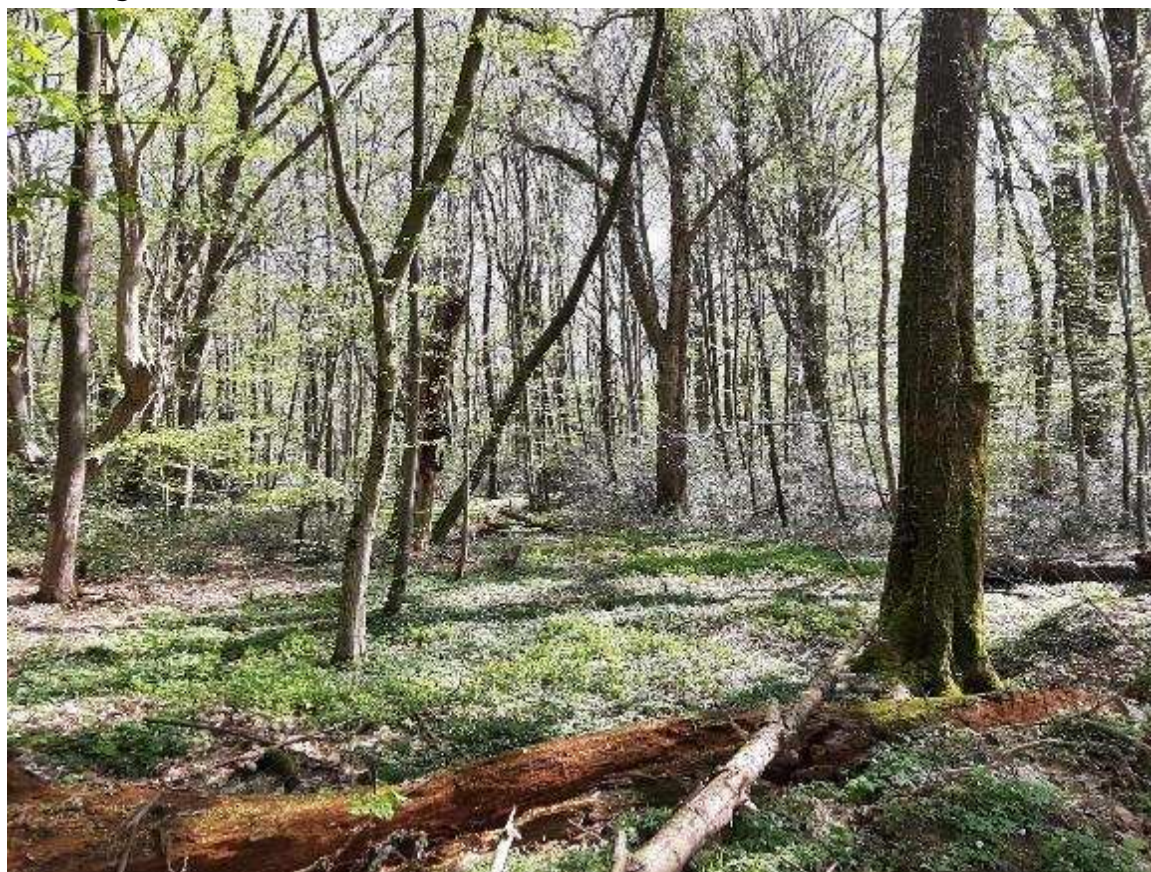
en minder basische kationen aanrijking plaatsvindt. Hier vinden we juist een lagere basenverzadiging van 34% en hoge aluminiumconcentraties.

Leembodems hebben doorgaans een CEC van gemiddeld 12000 $\mu\text{eq/l}$. Dit vinden we op locaties 1 en 2 ook terug. Alleen locatie 3 zit daar beduidend onder (5500–5900 $\mu\text{eq/l}$) wat ook aangeeft dat dit zandige bodems zijn met een lagere capaciteit om kationen te binden.

Tabel 6. Resultaten zoutextractie (plant beschikbare deel) van de bodemchemie van 3 monsterlocaties in Hasbruch.

Hasbruch	Diepte cm -mv	Organische stof (%)	pH (zout)	NO ₃ _NaCl $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ _NaCl $\mu\text{mol/l}$	Al_NaCl $\mu\text{mol/l}$	Basische kationen $\mu\text{eq/l}$	Basenverzadiging %	CEC $\mu\text{eq/l}$
Eiken-Haagbeukenbos, Hasbruch 1	0-10	6.0	4.7	94.5	33.7	105.1	47758.9	92.0	10768.0
	35-45	2.2	5.4	114.1	24.4	10.6	47812.5	96.7	14728.5
Eiken-Haagbeukenbos, Hasbruch 2	0-10	7.9	5.1	18.7	34.2	72.7	42989.0	85.4	12104.3
	35-45	1.8	5.1	110.3	33.9	88.1	57403.3	98.6	11926.6
Beuken-Eikenbos, Hasbruch 3	0-10	13.0	3.2	1545.3	61.1	1209.8	12780.1	34.4	5898.6
	30-40	5.3	3.7	376.4	16.2	2247.9	5237.7	20.0	5496.5

3.2.4 Vegetatie en structuur



Figuur 15. Beeld van vegetatie in Hasbruch.

Een bijzonder kenmerk van het natuurlijke bos "Hasbruch" is het grote aandeel dood hout. In het Hudewald ligt ongeveer 60 m³ dood hout per hectare. Op de vochtige tot natte leemgrond, ca 50m van een zijbeekje is vegetatieopname 1 opgenomen (Tabel 7). Hier vinden we zeer soortenrijke vegetatie met goudveil en schedegeelster. In een ondiep slenkje met lage rabatten is opname 2 opgenomen. Hier vinden we grote eiken, haagbeuk, es, esdoorn en een ondergroei van met name bosanemoon.



Tabel 7. Aangetroffen vegetatietypen op de onderzoeklocaties in Hasbrucher Urwald.

Locatie	rVFN	vegetatie	type
1	r46Ab03	Een soortenrijk eiken haagbeuken bostype met eik en haagbeuk. Ondergroei van bosanemoon, verspreidbladig goudveil, schedegeelster, smal longkruid	Stellario-Carpinetum
2	r46Ab03	Een soortenrijk eiken haagbeuken bostype met eik, beuk en haagbeuk. Ondergroei van bosanemoon, eenbes, smal longkruid, witte klaverzuring	Stellario-Carpinetum
3	r45Aa04c	Een droger, hoog gelegen en door eik en haagbeuk gedomineerd type. Ondergroei met dalkruid, bosanemoon, wijfjesvaren en klimop	Fago-Quercetum convallarietosum

Locatie 3 is een bos met zomereik, haagbeuk en beuk op hogere grond (een laag ruggetje). Het is in feite een zandkopje in een leemgebied. De flora valt hier pleksgewijs weg; bv geen bosanemoon meer. Dit heeft te maken met een combinatie van een permanent aanwezige strooisellaag en zuurdere omstandigheden (moder), waardoor kieming van soorten bemoeilijkt wordt.

3.3 Samerrott (Duitsland)

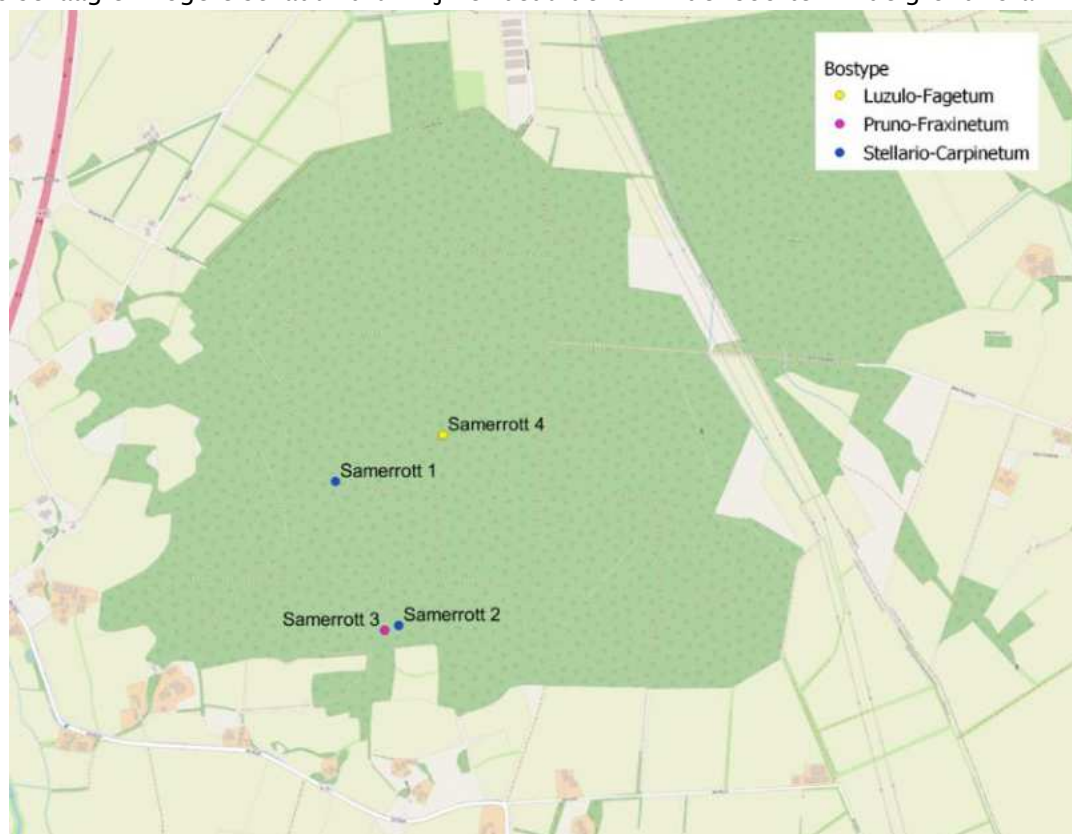
Het Samerrott is 266 hectare groot en ligt in de gemeente Samern in Nedersaksen en is een van de oudste bossen in het graafschap Bentheim en wordt al omstreeks 1100 als bos omschreven (Burggraaff 1993). Het centrum van het bos is wat hoger gelegen met veel eiken en beuken, aan de rand is het bos lager en vochtig. Aan de randen komt eiken–haagbeukenbos voor. Het bos wordt, tot op de dag van vandaag al honderden jaren beheerd als een markebos. De eigenaar is het "Realverband Forstgenossenschaft Samerrott"; bospercelen zijn echter persoonlijk en vrij verhandelbaar. Houtoogst is in sommige bospercelen een belangrijk doel. Het Samerrott ligt op keileem waardoor de leemfractie erg hoog is.

3.3.1 Beschrijvingen boslocaties

In het bos zijn 4 locaties beschreven (figuur 16). Locatie 1 kenmerkt zich door zware leem/kleibodem in een vrij open bos met eiken, haagbeuken (+ veel zaailingen), esdoorn (+ veel zaailingen). Het bos heeft op deze locaties, ondanks de vele zaailingen, weinig boom- en struiksoorten in de struiklaag. Mogelijk door hoge wilddruk. Op plekken waar braamopslag is komt wel verjonging van de grond. Overmatige verstoring (windworp, beheer, groepenkap) resulteert hier overduidelijk in veel licht op de bodem waardoor er kans is op verbraming en het opkomen van brandnetel.

Op locatie 2 en 3 zijn vegetatieopnamen gemaakt ter karakterisering van een gradiënt naar een slenkje. Locatie 2 ligt ongeveer 30–40cm hoger dan locatie 3. Het bos kenmerkt zich door een dominantie van haagbeuk, eik en veldesdoorn. Beuk is aanwezig in de nabijheid.

De 4^e locatie is een drogere locatie in een eiken–beukenbos. Door de dikkere verzurende strooisellaag en hogere schaduwdruk zijn er beduidend minder soorten in de grondflora.

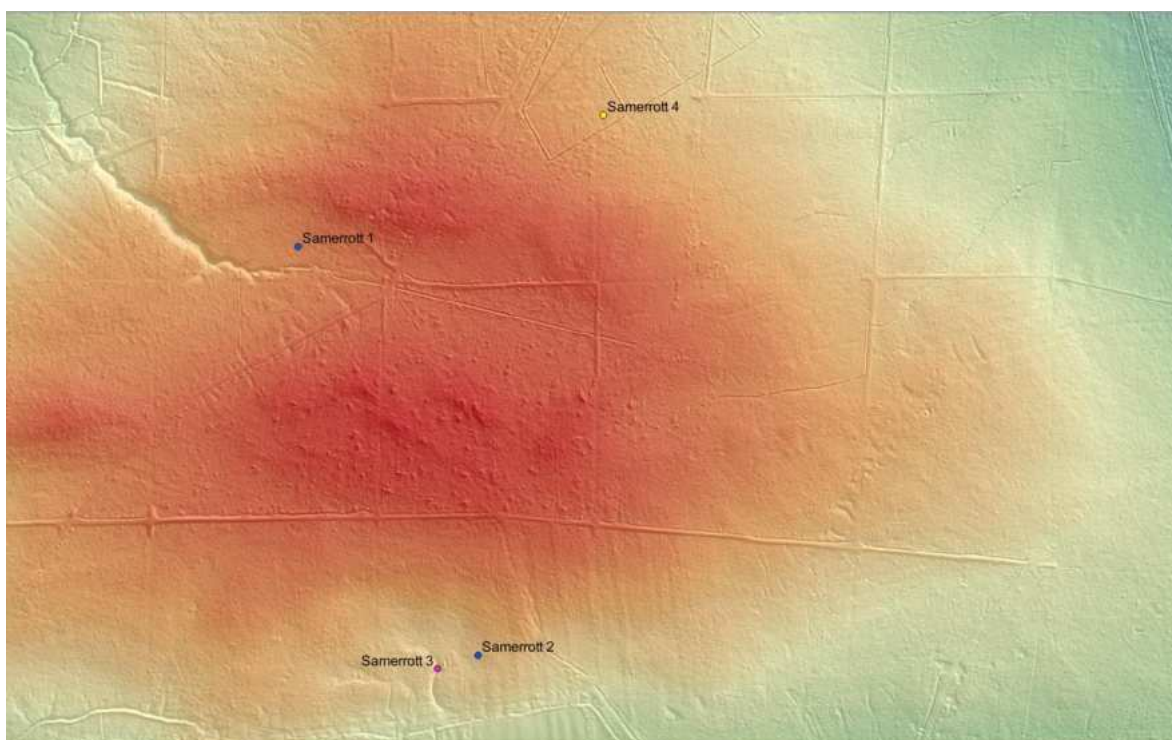


Figuur 16. Monsterlocaties in het Samerrott.

3.3.2 Hydrologie en Reliëf

Het Samerrott ligt hoog in het landschap (figuur 17, 18, 19). Locaties 1 en 2 staan hier model voor het eikenhaagbeukenbos op deze zware leembodems. Bij dergelijke hoge leem-/kleigehalten is er veel capillaire werking. Dit betekent over lange perioden van het jaar veel vocht in de bodem. De grondwaterstanden tijdens de opnamen zijn laag, echter 's winters stijgt de grondwaterstand wel tot 30cm -mv en op sommige locaties plas-dras. De geschatte GLG op locatie 1 is >120 cm -mv. Op locatie 2 (hoger gelegen opname naast het slenkje) is de geschatte GLG >120cm -mv. Dit geldt ook voor het slenkje (opname 3) al ligt dit slenkje ongeveer 30cm lager.

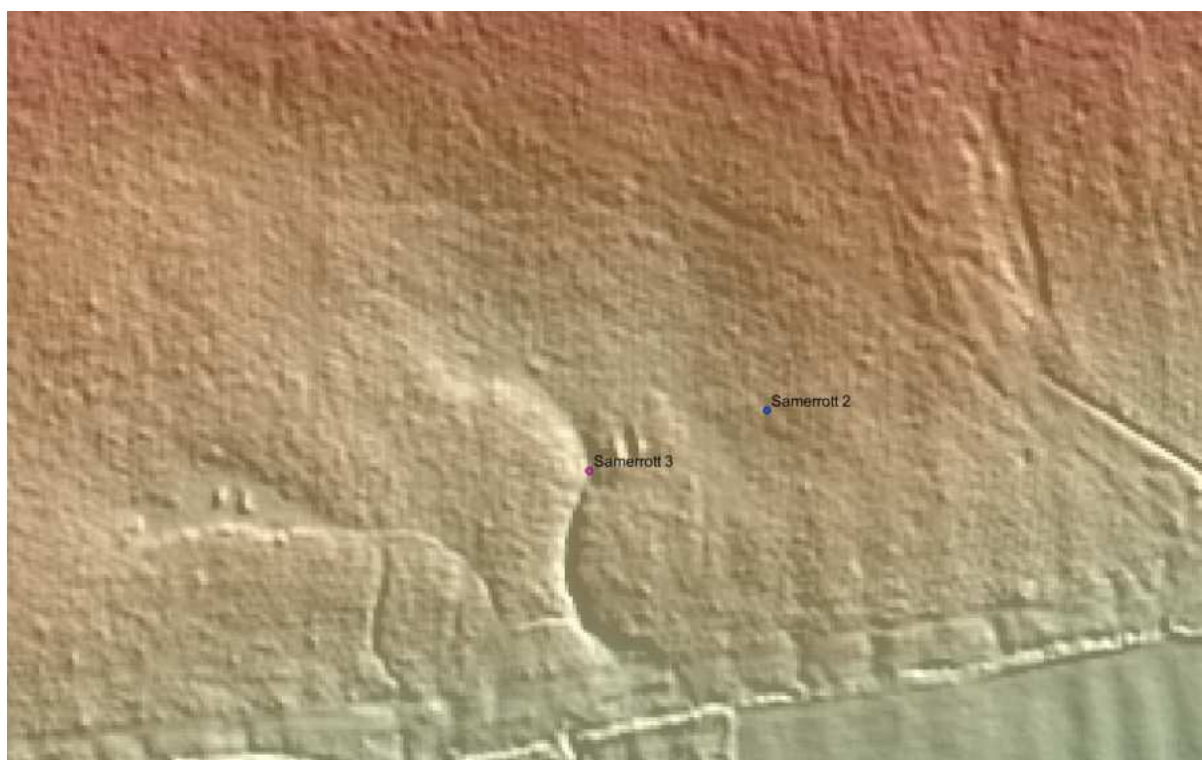
Op de wat hoger gelegen zandigere bodems van locatie 4 zakt grondwater ook diep weg (GLG >120cm -mv). Hier vinden we ook ontwatering direct in de nabijheid van de opname.



Figuur 17. Monsterlocaties in het Samerrott met de hoogtekaart op de achtergrond.



Figuur 18. Detailkaart van monsterlocaties 1 en 4 in het Samerrott met een hillshade op de achtergrond ter verduidelijking van de greppelstructuur.



Figuur 19. Detailkaart van monsterlocaties 2 en 3 in het Samerrott met een hillshade op de achtergrond ter verduidelijking van de greppelstructuur. Het slenkje op locatie 3 is goed zichtbaar.



3.3.3 Bodem, bodemchemie en humusvorm

De bodems kunnen het best beschreven worden als beekeerdgronden. De zware klei zorgt hier voor een zeer dunne tot afwezige inspoelingslaag (B horizont). Ook de Ah horizont is soms zeer dun. Er is weinig neerwaartse beweging van regenwater. Zware klei/leem vinden we op locatie 1 al vrij dicht aan het oppervlak (5cm –mv). Deze klei is kalkloos (gemeten ahv zuurtest). Roest vinden we hier nog tot 120 cm –mv.

Locatie 2 en 3 liggen op moerige eerdgronden waarbij veel organische stof in de slenk accumuleert. Ook hier is de leemlaag erg zwaar (klei) waardoor inspoelingslagen niet of nauwelijks vormen. De opname op de hoger gelegen horst is wat zandiger en hier vormt zich een dunne B horizont. De 4^{de} locatie is een droger en hoger gelegen zandiger deel. Hier ligt een holtpodzol waarbij zich al enige uitspoeling (uitloging) aan het vormen is.

Strooiselafbraak is op de leemgronden zeer snel, ook van eik. Hierdoor vinden we overwegend mull humusprofielen (tabel 8). Alleen op de zandige bodems van locatie 4 waar zware eiken en beuken domineren vinden we veel strooiselaccumulatie en een moder humus.

Tabel 8. Resultaten humusbeschrijvingen Samerrott.

plot	Type	Humusklasse	Zand/leem	Dikte humuslaag (cm)
1	Eik, haagbeuk	Mull	Zware klei/Leem	0–2
2	Eik, haagbeuk	Mull	Kleiige leem	0.5–1
3	Eik, haagbeuk	Mull	Zandig leem	0.5–1
4	Eik	Moder	Lemig zand	6–25

De bodem ter plekke van de opname is rijk aan stikstof. Nitraat is erg hoog hetgeen duidt op een sterke nitrificatie. De buffering is gemiddeld tot hoog met een basenverzadiging van >60% in de toplaag. Dieper is de bodem zuurder en de basenverzadiging ook een stuk lager. Hier lijkt de bodemchemie veel meer op een matig rijke zandbodem (tabel 9).

Tabel 9. Resultaten zoutextracten van monsterlocatie Samerrott 1.

Samerrott	Diepte cm -mv	Organische stof (%)	pH (zout)	NO ₃ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	Al-NaCl $\mu\text{mol/l}$	Basische kationen $\mu\text{eq/l}$	Basenverzadiging %	CEC $\mu\text{eq/l}$
Eiken-Haagbeukenbos, Samerrott 1	0-10	11.4	4.0	4389.2	596.1	725.6	45046.8	66.0	13725.0
	30-40	8.7	3.8	1647.6	442.7	3455.3	31442.1	39.3	17824.5

3.3.4 Vegetatie en structuur

De ondergroei op locatie 1 bestaat uit gele dovenetel, witte klaverzuring, bosanemoon, slanke sleutelbloem.

Op locatie 2 en 3 zijn vegetatieopnamen gemaakt van 5x5 m ter karakterisering van een gradiënt van een slenkje (30–40cm diep). Het betreft hier een bostype met haagbeuk, een enkele beuk, eik en veldesdoorn. In de slenk treffen we aan: ijle zegge slanke sleutelbloem en boszegge. Net iets hoger op de gradiënt groeit meer bosanemoon, witte klaverzuring, bosgierstgras, grote muur, donkersporig bosviooltje en gele dovenetel. Gewoon speenkruid, groot heksenkruid en gevlekte aronskelk kwamen op beide locaties in vergelijkbare aantallen voor.

Op locatie 4 is een armere zuurdere boslocatie opgenomen ter vergelijking van een eiken-beukenbos en haagbeuken-eikenbos. Het Eikenbeukenbos op locatie 4 kenmerkt zich door



beduidend minder flora in de ondergroei mede veroorzaakt door een dikkere verzurende strooisellaag & meer schaduwdruk.

Samerrott is mycologisch beschreven door Veerkamp (Veerkamp 2003). Gedurende vier jaar werden 181 soorten waaronder 51 mycorrhizasoorten per 1000m² bos geteld, hetgeen zeer hoog is. Onder de mycorrhizasoorten waren de soorten van voedselrijke goed gebufferde bodems met een hoge pH het meest vertegenwoordigd (Veerkamp 2003). Veel soorten zijn soorten van weinig strooisel. De paddenstoelengemeenschap bleek veel overeenkomsten te hebben met laan op landgoederen en bermen met eik en beuk in het rivierengebied in Nederland.

3.4 Maaßeler Lindenwald (Duitsland)

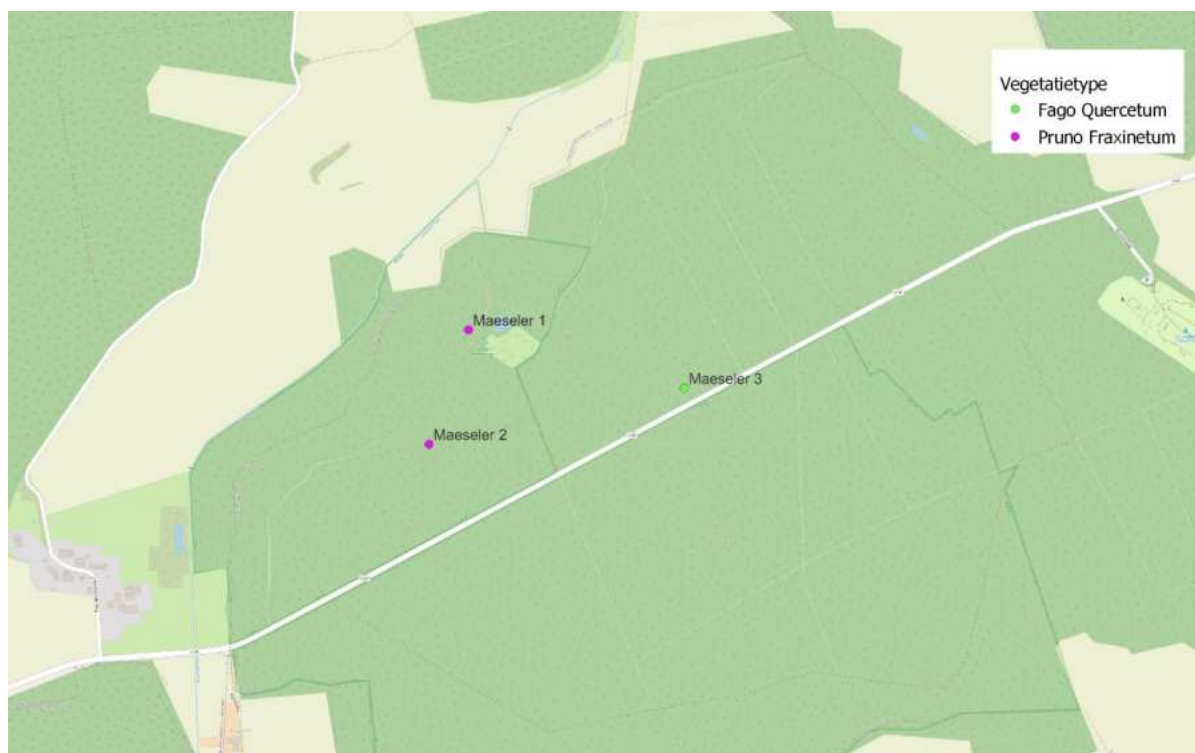
Het "Maaßeler Lindenwald" is ongeveer 60 hectare groot en ligt ten zuidwesten van Gifhorn. Het is onderdeel van het natuurgebied Maaßel wat 192 hectare groot is. Het is een historisch oud bosgebied op een grondmorene (keileem, figuur 20). Het gebied wordt gedomineerd door eiken- en haagbeukenbos op vochtige tot natte bodem. Lager langs de flanken van de grondmorene vinden we ook alluviale bossen langs de Vollbütteler Riede. In het natuurlijke bosreservaat komen zeer oude exemplaren eik, haagbeuk, es en winterlinde voor (sommige meer dan 100 jaar oud zijn, en sommige eiken zijn meer dan 200 jaar oud). Opvallend waren ook enkel exemplaren van de wilde peer die tot hoog in het kronendak met de andere bomen meegroeit (>20 m hoog)



Figuur 20. Kaart van 1923 van het Maesseler lindenwald.

3.4.1 Beschrijvingen boslocaties

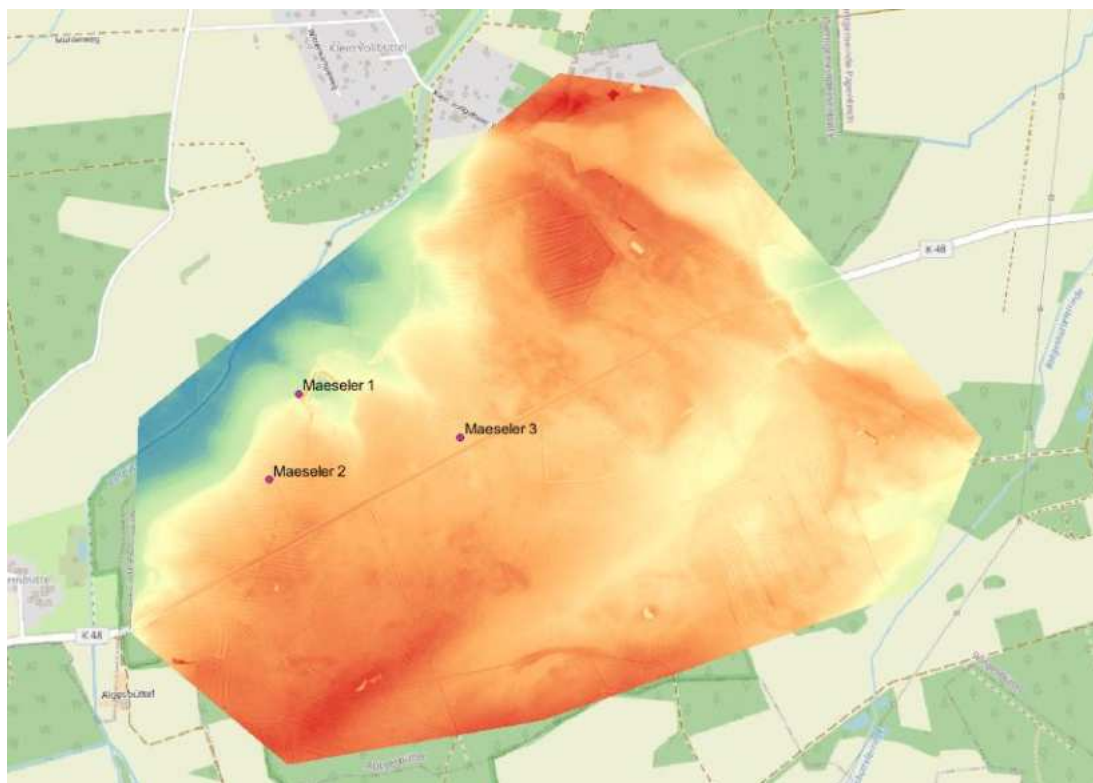
In het bos zijn 3 locaties opgenomen (figuur 21). Locatie 1 ligt op de flank van de grondmorene en kenmerkt zich door zware leem/kleibodem in een vrij open bos met eiken, haagbeuken (+ veel zaailingen), esdoorn (+ veel zaailingen). Het bos heeft op deze locaties, ondanks de vele zaailingen, weinig boom- en struiksoorten in de struiklaag. Mogelijk door hoge wilddruk. Op plekken waar braamopslag is komt wel verjonging van de grond. Overmatige verstoring (windworp, beheer, groepenkap) resulteert hier overduidelijk in veel licht op de bodem waardoor er kans is op verbraming en het opkomen van brandnetel. Het bos kenmerkt zich door een dominantie van haagbeuk, eik en veldesdoorn. Beuk staat niet in de opname maar is aanwezig in de directe nabijheid.



Figuur 21. Monsterlocaties in het Maesseler lindenwald.

3.4.2 Hydrologie en Reliëf

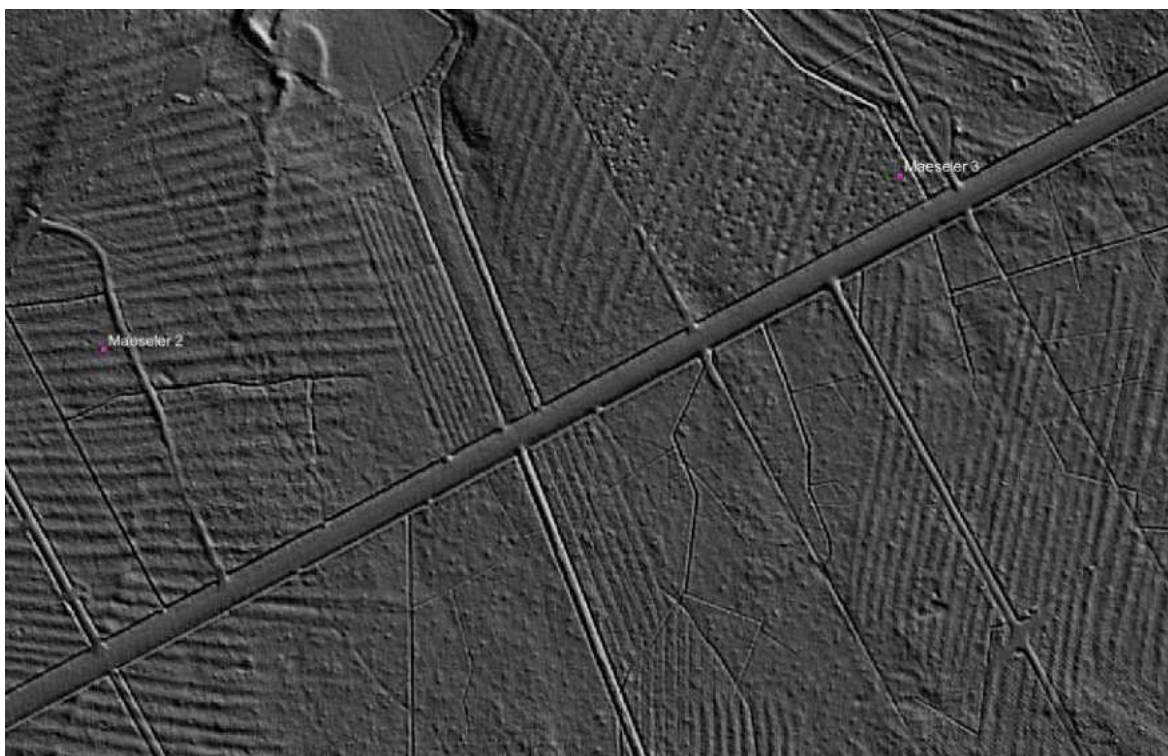
De onderzochte locaties in het Maesseler lindenwald liggen op de flanken van een hooggelegen morene gebied in Nedersaksen (figuur 22, 23, 24). Locatie 1 ligt op de flanken van het gebied nabij een leemgroeve. Microreliëf is hier aanwezig maar grote drainerende sloten of greppels ontbreken. Ijzersporen vinden we al op 35–40cm (figuur 25). De GHG is echter zeer waarschijnlijk op maaiveld. Bij locatie 2 en 3 (hoger gelegen op het leemplateau) vinden we rabatten (vrij ver uit elkaar) en diepere greppels om het regenwater af te voeren. De grondwaterstanden tijdens de opnamen zijn ongeveer 50cm, echter 's winters stijgt de grondwaterstand wel tot aan maaiveld. De geschatte GLG op locatie 1 is >120 cm –mv. Op locatie 2 en 3 (hoger gelegen) is de geschatte GLG ongeveer 100cm –mv.



Figuur 22. Monsterlocaties in het Maesseler lindenwald met hoogtekaart op de achtergrond.



Figuur 23. Monsterlocatie nr 1 in het Maesseler lindenwald ligt nabij een oude leemgroeve.



Figuur 24. Monsterlocaties nr 2 en 3 in het Maesseler lindenwald met hillshade kaart op de achtergrond.

3.4.3 Bodem, bodemchemie en humusvorm

De bodem in het Maesseler lindenwald is voornamelijk fijn lemig zand. In de ondergrond vinden we lemig zand en dieper vinden we klei of zware leem. Door de goede strooiselafbraak, ook onder Amerikaanse eik (locatie 3) vinden we nauwelijks strooiselaccumulatie en dus Mull humusprofielen (tabel 10).

De Bodem is goed gebufferd (tabel 11) met een hoge basenverzadiging van vaak meer dan 88%. Organische stof gehalte is laag in de bodem en alleen in de toplaag van de eerdgrond enigszins verhoogd tot ongeveer 7% (tabel 11). De goede buffering en relatief hoge pH resulteren in een hoge nitrificatie en daardoor weinig ammonium in de bodem. Alleen waar Els aanwezig is (locatie 1) vinden we verhoogde NO_3^- concentraties door de fixatie van stikstof door Els (een stikstoffixeerder) en de daaropvolgende nitrificatie. Deze verhoogde fixatie en vervolgens nitrificatie werd eerder in Belgische leembossen geduid als oorzaak voor oppervlakkige lokale verzuring. Dit proces hangt echter sterk af van de mate van verdroging van een bos (De Schrijver et al., 2012). In het geval van het Maesseler lindenwald is de hydrologische situatie gunstig waardoor droogval en oxidatie niet op grote schaal en in niet diep in de bodem plaatsvindt. Hierdoor is de verzuring als gevolg van nitrificatie niet waarneembaar.

Tabel 10. Resultaten humusbeschrijvingen Maesseler lindenwald.

plot	Type	Humusklasse	Zand/leem	Dikte humuslaag (cm)
1	Eik, Els	Mull	Fijn lemig zand	0–0.5
2	Eik, Linde	Mull	Fijn lemig zand	0–0.5
3	Am Eik, haagbeuk	Mull	Fijn lemig zand	0.5–1

Tabel 11. Resultaten zoutextracten van de monsterlocaties.

Maesseler Lindenwald	Diepte cm -mv	Organische stof (%)	pH (zout)	NO ₃ _NaCl μmol/l	NH ₄ _NaCl μmol/l	Al_NaCl μmol/l	Basische kationen μeq/l	Basenverzadiging %	CEC μeq/l
Vogelkers-Essenbos, Maesseler lindenwald 1	0-10	6.9	5.7	686.3	21.6	77.1	45145.1	88.7	13500.0
	35-45	2.0	6.0	3.6	17.7	27.7	55650.1	100.0	11200.0
Vogelkers-Essenbos, Maesseler lindenwald 2	0-10	5.4	5.5	77.7	104.2	34.8	50493.3	92.5	10800.0
	35-45	2.1	5.8	10.9	25.3	0.0	61999.8	92.2	12600.0



Figuur 4.25. Bodemprofiel locatie 1 (links) en 3 (rechts).

3.4.4 Vegetatie en structuur

De matig ontwikkelde struiklaag wordt gevormd door jonge boomopslag, hazelaar en wilde kamperfoelie. Op enkele plekken lijkt de graasdruk erg hoog en ontbreekt het aan een struiklaag. In de kruidlaag vinden we bosanemoon, stinkende gouwe, gele dovennetel, slanke sleutelbloem, grote muur, groot heksenkruid, lievevrouwebedstro, boszegge en gevlekte aronskelk. Op locatie 1 zien we onder oude eiken en oude hoge elzen enkele jonge lindes en esdoorn. De ondergroei bestaat hier uit veel daslook, bosanemoon, verspreidbladig goudveil en grote muur. Een naastgelegen laagte bevat veel moeraszegge. Op locatie 2 vinden we onder hoge lindes een ondergroei met bosanemoon, veel slanke sleutelbloem en pinksterbloem. Op locatie 3 vinden we een donkerder bos met haagbeuk en Amerikaanse eik. Hier vinden we beduidend minder grondflora: naast jonge linde, muskuskruid, meidoorn en bosanemoon.

3.5 De Doort (Nederland)

De Doort (eigendom van SBB) is een natuurgebied gelegen tussen de plaatsen Echt, Susteren en Dieteren in Limburg. Het gebied bestaat uit droge en vochtige bossen, weilanden, akkers en moerassen. Door het gebied stroomt de Middelsgraaf, een in de 13^e/14^e eeuw gegraven ontwateringssloot. In de jaren 1950 is de Middelsgraaf genormaliseerd. Aan de noordkant loopt de Kanjelbeek, een klein beekje dat in de zomer meestal droog staat. De Kanjelbeek mondt uit in de Middelsgraaf.

De naam (De Doort) is afgeleid van “dorenbosch”, een gebied met doornachtige struiken en heesters (eifelnatur.de). Men gaat ervan uit dat het gebied altijd bebost is geweest en sinds de 2^e helft van de 19^e eeuw gebruikt is als een middenbos (figuur 26). In deze tijd zijn ook de rabatten aangelegd. Na de Tweede Wereldoorlog is dit gebruik afgenomen en verdween het middenbos en hakhout-karakter. De bossen groeiden daarna uit tot hoog opgaand bos. Ook werd een aantal tussen de bossen gelegen weilanden met populieren beplant.



Figuur 26. De Doort omstreeks 1850 (bron Topotijdrijds.nl).

3.5.1 Beschrijvingen boslocaties

In de Doort zijn twee kenmerkende locaties beschreven en bemonsterd (locatie 1 en 3 in figuur 27). In beide gevallen betreft het hier goed ontwikkelde vormen van het eiken–haagbeuken bos met een rijke ondergroei (voorjaarsflora). Daarnaast is er van 2 additionele locaties de vegetatie opgenomen. Locatie nr. 2 is wat droger en is opgenomen omdat hier donkersporig bosvioletje voorkomt.

De bodemonsters en de vegetatie is opgenomen in het voorjaar van 2023. Het betreft in alle gevallen een hoog opgaand bos met enkele oude essen waar essentaksterfte zichtbaar is. In de eerste opname staan ook aangeplante populieren. De struiklaag is goed ontwikkeld en hoog, voornamelijk door hazelaar gevormd.



Figuur 27. Monsterlocaties in De Doort.

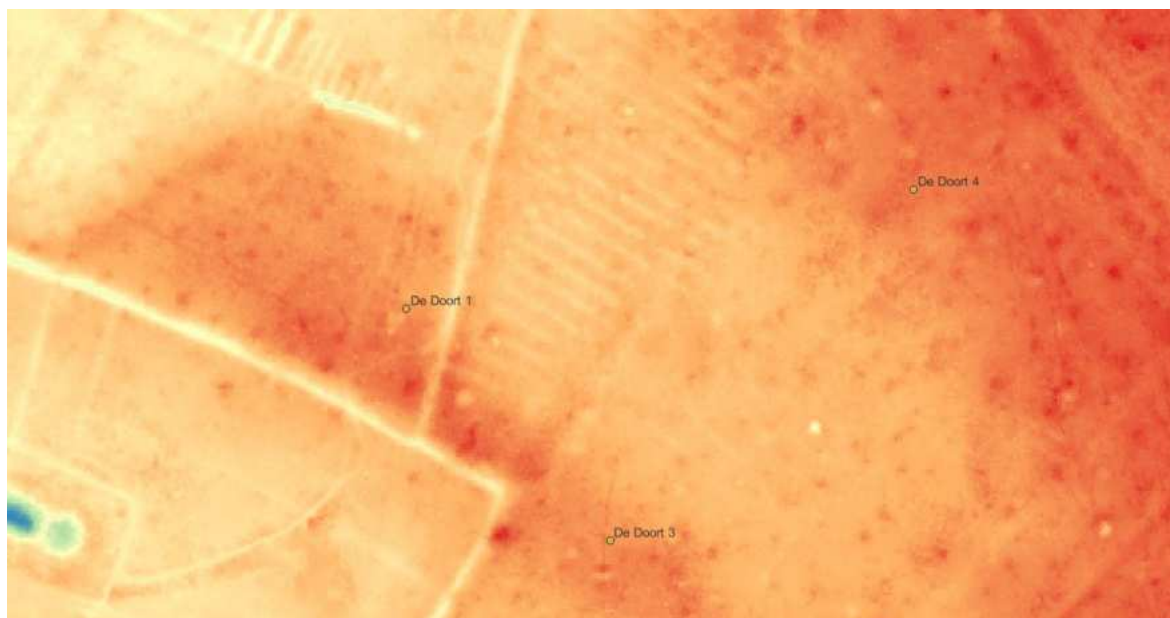


Figuur 28. Monsterlocatie nummer 1 in De Doort.

3.5.2 Hydrologie en Reliëf

De Doort is voor een deel gerabatteerd. En afwateringssloten naar de Middelsgraaf lopen vlak bij de opnamepunten (zie figuur 29). De grondwaterstanden zijn echter ten tijde van de opname nog

relatief hoog (ongeveer 30cm onder maaiveld). Een nabijgelegen peilbuis (B60A1748, dinoloket.nl) toont dat de hoogste grondwaterstanden dicht of aan maaiveld komen en dat gedurende de zomer het grondwater tot 1.30 gemiddeld en in de zeer droge jaren tot meer dan 2 meter onder maaiveld kan wegzakken.



Figuur 29. Hoogtekaart (AHN 4) van deel van de Doort met monsterlocaties 1,3 en 4

3.5.3 Bodem, bodemchemie en humusvorm

De Doort ligt op een gedeeltelijk verlande Maasbedding in de centrale slenk. Het vochtige bos ligt op een dik leempakket (3 meter) wat behoort tot de formatie van Boxtel. Onder het leempakket bevindt zich zand en grind. De leemlaag is basenrijk zowel in de toplaag als in de diepere bodemlaag (tabel 12b). Het organische stof gehalte is in de toplaag vrij hoog hetgeen kenmerkend is voor een goede bioturbatie en menging van humus in de minerale laag. De zuurgraad (pH) is hoger op locatie 3, dicht bij de Middelsgraaf. Op beide bemonsterde locaties is de zuurgraad in de toplaag >5 in een zoutextract hetgeen indicatief is voor een hoge buffering. Aluminium is als gevolg van de goede buffering laag en het stikstof wordt door de hoge nitrificatie grotendeels omgezet tot nitraat. Nitraat is daardoor hoog en ammonium is gemiddeld tot laag.

Tabel 12a. Resultaten humusbeschrijvingen De Doort.

plot	Type	Humusklasse	Zand/leem	Dikte humuslaag (cm)
1	Eik haagbeuk	Mull	Fijn lemig zand	0.5–1
2	Es, populier	Mull	Fijn lemig zand	0–0.5
3	Es, Eik, populier	Mull	Fijn lemig zand	0.5–1



Tabel 12b. Resultaten zoutextracten van de monsterlocaties.

De Doort	Diepte	Organische stof (%)	pH (zout)	NO ₃ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	Al ₃ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	Basische kationen $\mu\text{eq/l}$	Basenverzadiging %	CEC $\mu\text{eq/l}$
Eiken-Haagbeukenbos De Doort 1	0-10	7.8	5.2	937.2	138.8	63.7	70577.3	99.5	nb
	20-30		4.6	573.8	69.3	317.6	72993.2	99.3	nb
Vogelkers-essenbos De Doort 2 + 3	0-10	10.3	5.6	1866.1	509.9	84.7	82967.3	98.2	nb
	20-30	6.0	5.1	344.7	42.0	119.6	84018.8	99.0	nb

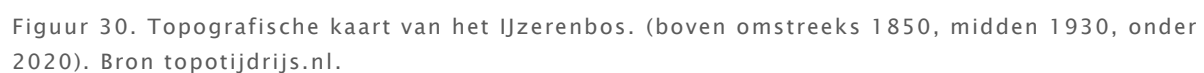
De goede doormenging van humus in de minerale laag wordt veroorzaakt door een hoge activiteit van het bodemleven. Het strooisel van voornamelijk es, populier en eik wordt daardoor grotendeels elk jaar afgebroken waardoor er zich geen organische F laag kan vormen. We spreken dan ook in alle gevallen van een Mull humusprofiel (tabel 12a).

3.5.4 Vegetatie en structuur

De bossen van de Doort worden gedomineerd door es, zomereik, populier en zoete kers. De bostypen die hier voorkomen behoren tot het vogelkers-essenbos en het eiken-haagbeukenbos. De bomen zijn hoog (30m) vooral door de rijke leembodems. In de struiklaag staat vooral rode kornoelje, hazelaar, lijsterbes, eenstijlige meidoorn, sporkehout en gewone vlier. De kruidlaag is opvallend rijk met bosanemoon, speenkruid, gele dovenetel, muskuskruid, groot heksenkruid, bosgierstgras, slanke sleutelbloem en gewone aronskelk. In 1 en 3 is de bedekking met nitrofielen grote brandnetel, hondsdrif en kleeftkruid aanmerkelijk hoger dan op de andere twee locaties en ook groot heksenkruid, klimop en grote gele dovenetel komen hier meer voor. Op locatie 2 komt donkersporig bosviooltje voor.



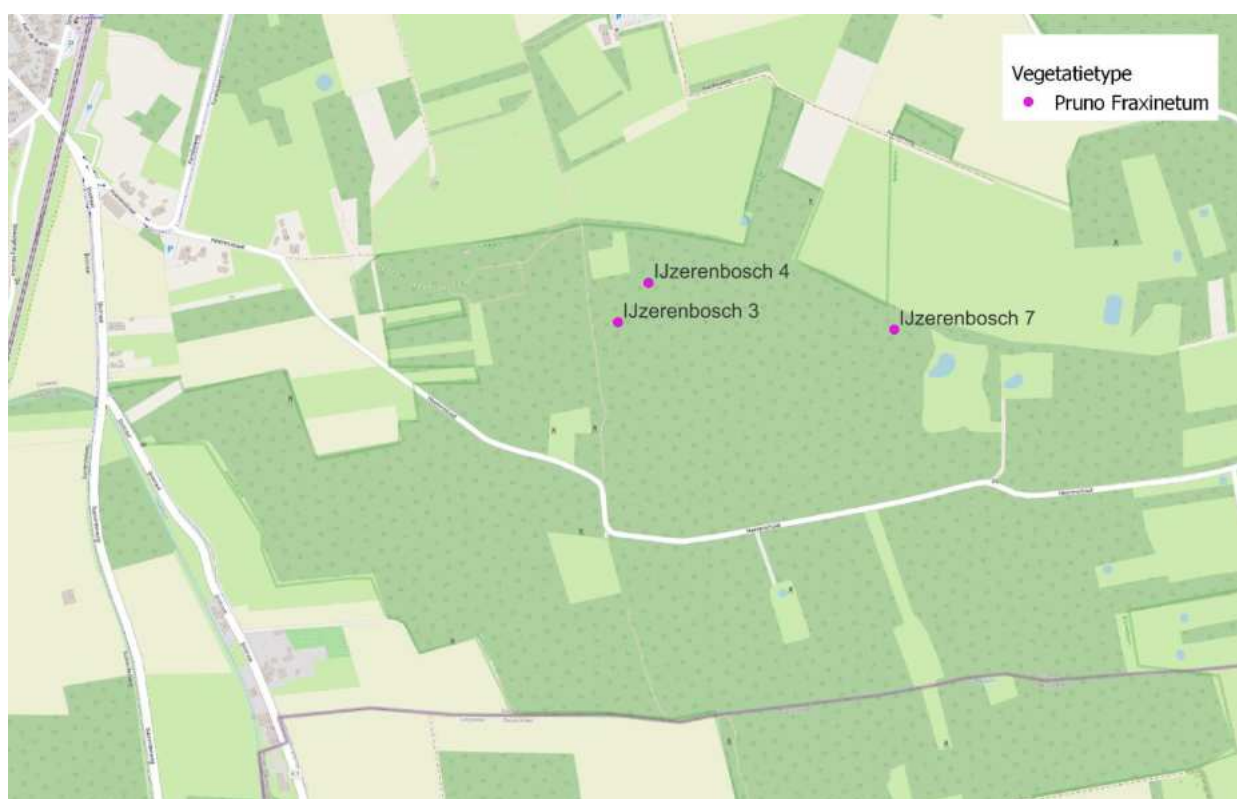
Het IJzerenbos is ruim 60 hectare en ligt ten zuidoosten van Susteren. Het gebied is van Natuurmonumenten en vormt samen met de bossen 't Hout en De Doort een smalle boszone op het smalste deel van Limburg.



Het gebied vormt als het ware de noordelijke grens van het Zuid-Limburgse leemgebied. De bossen van het IJzerenbos zijn gelegen op oude rivierklei en in de bovenlaag vinden we de fijne leem en lemig zand. Het gebied wordt doorkruist door 2 wegen en een beek (zie figuur 4.30). Delen van het bos (met name het zuidelijke deel) zijn zeer oude bosgroeiplaatsen. De noordelijke delen (waar ook dit onderzoek heeft plaatsgevonden) zijn vroeger deels ontwikkeld vanuit grasland/hooiland situaties, zie figuur 30.

3.6.1 Beschrijvingen boslocaties

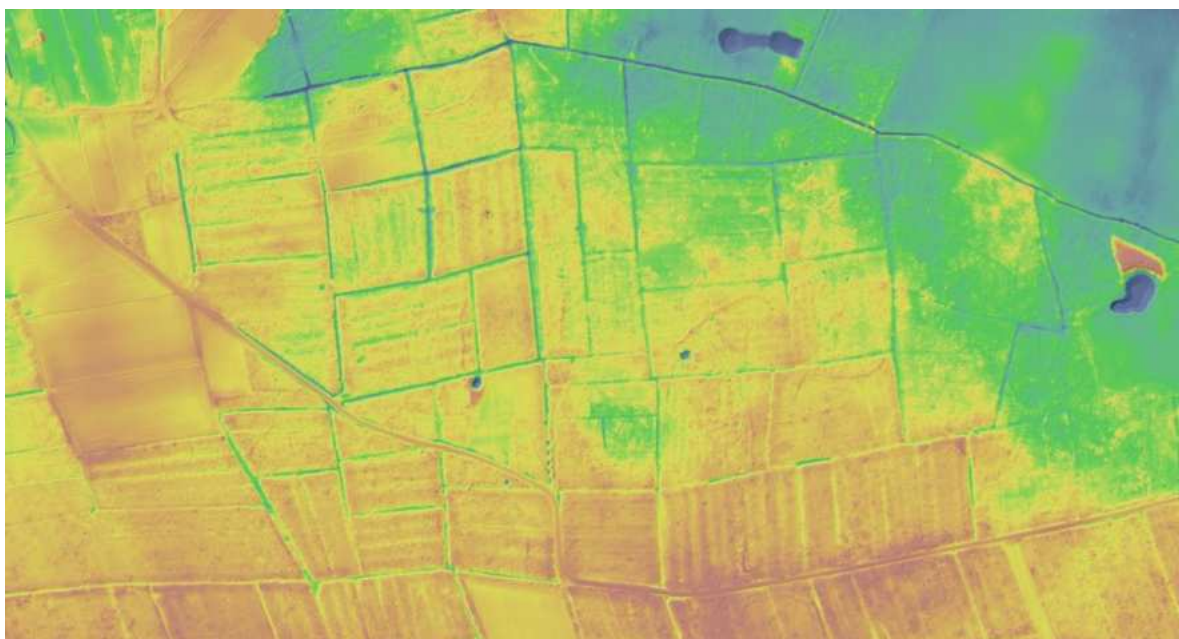
In het IJzerenbos zijn 3 locaties bemonsterd en is de vegetatie opgenomen. De bodembemonstering werd gedaan in het kader van een uitgebreider onderzoek naar de standplaatsfactoren van slanke sleutelbloem. Voor het hier beschreven referentieonderzoek werden de monsterlocaties 3, 4 en 7 geschikt geacht (figuur 31).



Figuur 31. Monsterlocaties IJzerenbos

3.6.2 Hydrologie en Reliëf

Er zijn veel greppels en sloten aangelegd om het natte IJzerenbos droog/droger te leggen. Aan de oost –noordoost zijde zorgt de IJzerenbos- en Nelisgraaf en de Middelsgraaf voor afvoer van het water. Aan de westzijde stroomt de Roode beek. De bossen bestaan, door het oude hooilandegebruik uit kleine percelen die omringd zijn door greppels en rabatten (zie figuur 32).



Figuur 32. Hoogtekaart van het noordelijke gebied met de monsterlocaties in het IJzerenbos

De bodems zijn poldervaaggronden en op de lagere delen beekeerdgronden. In het IJzerenbos komt in deze poldervaaggronden grondwatertrap 5b voor. In de lagere moerige beekeerdgronden vinden we grondwatertrap 3b. Tot de zestiger jaren bereikte het grondwater vrijwel overal een hogere stand: voor de kleigronden en moerige gronden wordt op de oude bodemkaartgrondwatertrap 3 vermeld (STIBOKA, 1970).

Uit gegevens van zes aanwezige grondwaterbuizen blijkt dat er in de periode 1993–2011 geen duidelijk dalende of stijgende trends aanwezig zijn. De meeste buizen vertonen elk jaar schommelingen tussen de hoogste en laagste grondwaterstanden van één tot ruim anderhalve meter. De gemiddelde hoogste en gemiddelde laagste grondwaterstanden (GHG, GLG) liggen in het IJzerenbos op 0,65 en 1,68 –m.v. (van Buggenum 2014). Deze wisselvochtige waterstanden zijn typerend voor goed ontwikkelde eiken–haagbeukenbossen op leemgronden (Bijlsma et al 2019).

3.6.3 Bodem, bodemchemie en humusvorm

De bodem bestaat uit leem en kleigronden en is goed verzadigd met bufferende kationen (zie tabel 13, basenverzadiging >95%). We meten in alle locaties een pH (zout) van ongeveer 4 in de toplaag van de bodem. Dit is vergelijkbaar met een pH van 5–5,1 in een waterextract). De buffering en gunstige pH maakt dat aluminium laag is in deze bodems.

Door de gunstige omstandigheden voor nitrificatie (de omzetting van ammonium naar nitraat door bacteriën) zien we hoge nitraatconcentraties en relatief lage ammoniumconcentraties.

Door de gunstige buffering en de hoge mate van afbraak is de strooisellaag dun en spreken we in locatie 3 en 4 van een mull humusvorm. Op locatie 7 is de bodem droger en de invloed van grondwater minder. Hier vinden we een mull–moder humusvorm, mede veroorzaakt door meer eiken in de boomlaag.



Tabel 13. Resultaten zoutextracten van de monsterlocaties.

IJzerenbos	Diepte	Organische stof (%)	pH (zout)	NO ₃ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	Al ₃ -NaCl $\mu\text{mol/l}$	Basische kationen $\mu\text{eq/l}$	Basenverzadiging %	CEC $\mu\text{eq/l}$
Vogelkers-essenbos, IJzerenbos 3	0-10	10.7	4.0	2000.3	95.5	218.0	68965.4	98.2	nb
Vogelkers-essenbos, IJzerenbos 4	0-10	8.3	4.0	798.9	93.2	205.2	63466.6	98.0	nb
Vogelkers-essenbos, IJzerenbos 7	0-10	8.0	4.1	1090.9	80.6	135.7	48137.5	99.0	nb

3.6.4 Vegetatie en structuur

Van oorsprong komen in dit gebied het vogelkers-essenbos met in de natte delen elzenbroekbossen en op drogere delen eiken-haagbeukenbos en beuken-eikenbossen voor. Door de ontwatering, de aanplant van populieren en mogelijk ook bodembewerking en verstoring hebben de struik- en kruidlagen zijn in sommige delen van het bos verruigd en vinden we door grote brandnetel en braam-gedomineerde bossen met slechts weinig kensoorten van het vogelkers-essenbos of eiken-haagbeukenbos.

Delen van het IJzerenbos hebben zich spontaan uit grasland als eiken-haagbeukenbos/vogelkers essenbos ontwikkeld met soorten als slanke sleutelbloem en bosanemoon omdat ze in de nabijheid van oude bosrelicten lagen en nog goed (wissel)vochtig zijn gebleven (Bijlsma et al., 2019). In deze gebieden zijn de referentielocaties gekozen.

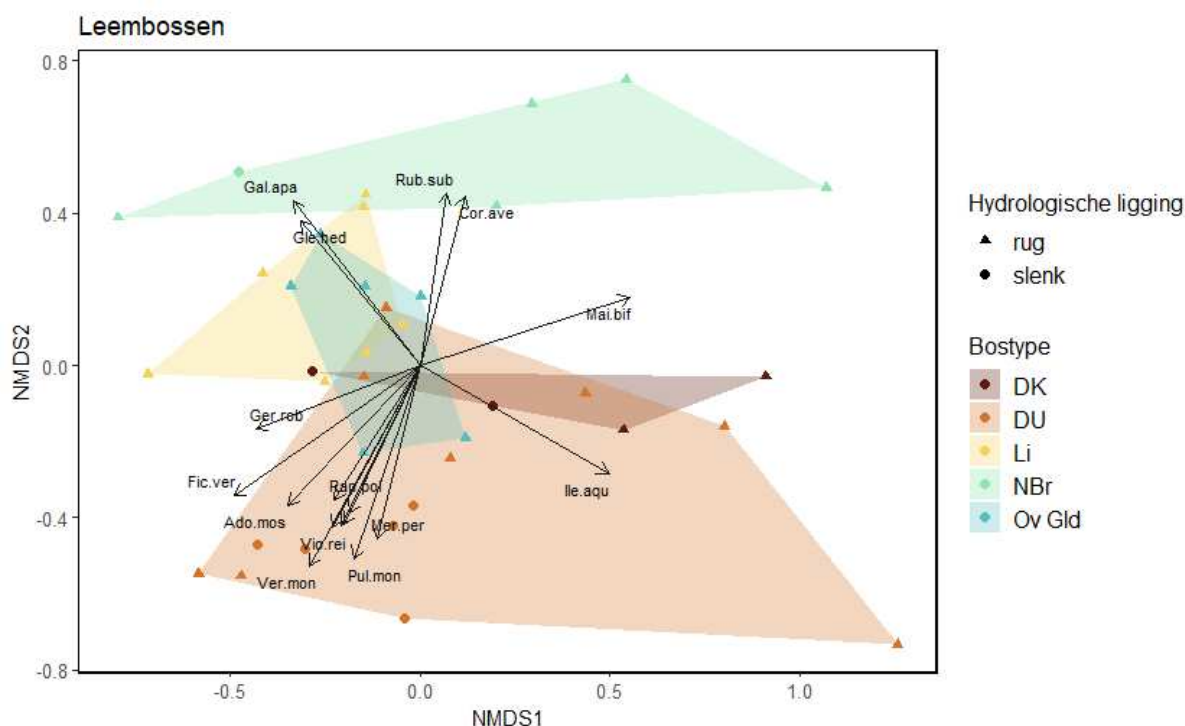
In de nattere gedeelten van het bosgebied groeien moerasplanten, waaronder plaatselijk veel Moeraszegge, grote Wederik en Kale Jonker. In de drogere delen vinden we Slanke Sleutelbloem Bosanemoon en bleeksporig bosviooltje. De opnamelocaties wijzen alle drie op vogelkers-essenbos met soorten van basenarmere omstandigheden (bosanemoon, bosgierstgras, grote muur), of basenrijker (muskuskruid en slanke sleutelbloem), vochtiger (wifjesvaren en ruwe smele) en juist weer voedselrijker (kleefkruid, hondsdrif grote brandnetel).

4 Synthese leembossen

Uit de veldbezoeken van de referentiebezoeken zijn een aantal generieke situaties en processen te extraheren die in goed ontwikkelde leembossen voorkomen. In onderstaande tekst worden deze kort beschreven en worden de verschillen met de Noord-Brabantse leembossen beschreven.

4.1 Vegetatie en Structuur

In de referentielocaties vinden we een soortenrijke kruidlaag. Wanneer we deze data van de referentielocaties willen vergelijken met die van de Noord-Brabantse leembossen dan kunnen we een ordinatie uitvoeren. In dit geval, vanwege het voorkomen van een zogenaamd boog effect is er gekozen voor een niet-metrische MultiDimensional Scaling (NMDS). NMDS is een indirecte gradiëntanalyse die een ordening oplevert op basis van een afstands- of ongelijkheidsmatrix. Deze ordinatie wordt gebruikt om de verschillen tussen de locaties (opnamen) te visualiseren. Om de NMDS nog inzichtelijker te maken werden de opnamen onderverdeeld in de groepen: Duitsland (DU), Denemarken (DK), Limburg (Li), Overijssel en Gelderland (Ov Gld) en Noord-Brabant (Nbr). Onderstaande figuur 33 geeft de NMDS weer met in kleuren de verschillende groepen. De arceringen (hulls) geven de gebieden aan langs de eerste 2 assen waarbinnen de locaties van een betreffende groep voorkomt.



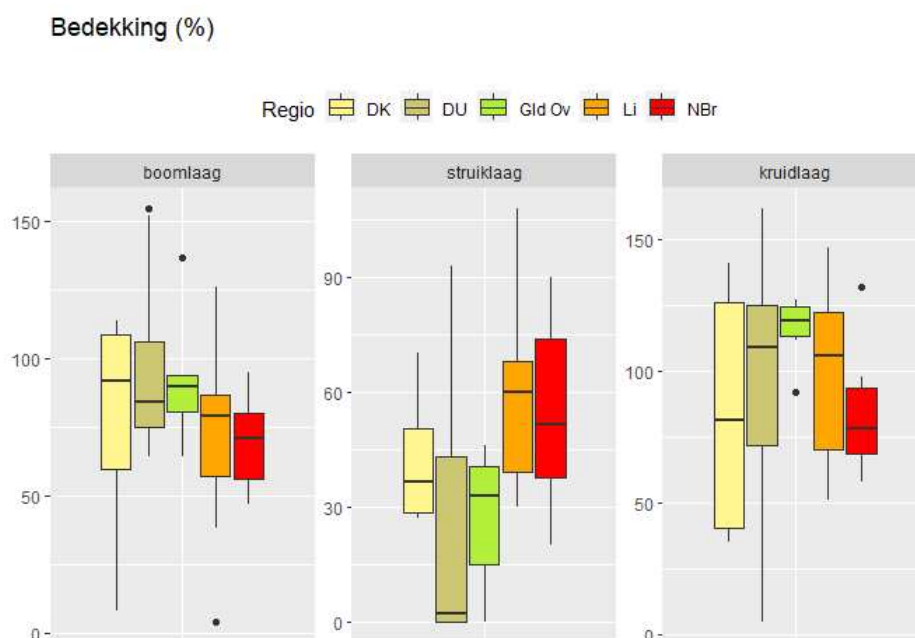
Figuur 33. NMDS van de soorten uit de kruidlaag van alle leembossen. Analyse is gedaan op de gemiddelde bedekkingspercentages van alle soorten in de opnamen en alleen van soorten die in 3 of meer locaties voorkwamen.

Uit figuur 33 valt op te maken dat de Noord-Brabantse leembossen een andere vegetatie hebben dan de buitenlandse referenties en zelfs ook (maar in mindere mate) dan de overige Nederlandse locaties. In de figuur zijn soorten weergegeven met pijlen en alleen significant verschillende



soorten zijn weergegeven. Hierbij moeten we voorzichtig zijn in de interpretatie omdat zeer zeldzame soorten die weinig voorkomen (minder dan 3x in onze dataset) niet zijn meegenomen in deze analyse. In Noord-Brabant komen meer soorten voor van voedselrijkere omstandigheden zoals braam, kleeftkruid, hondsdrif of drogere omstandigheden zoals hazelaar. In de referentiebossen nemen juist, ten opzichte van de Noord-Brabantse bossen, soorten toe als muskuskruid, bosereprijs, bosviooltje en bosbingelkruid. Smal longkruid (*Pulmonaria montana*) staat ook in de figuur maar deze soort is alleen in de Duitse bossen gevonden.

Wat betreft vegetatie ontbreken vaak de zeer zeldzame soorten van de leembossen in Noord-Brabant of komen in veel mindere bedekkingspercentages voor. Deze zeldzame soorten zijn vaak veel kritischer wat betreft bodemcondities en de omstandigheden in de Brabantse bossen zijn niet optimaal om ze te laten floreren. De analyse laat zien dat we in Brabant te maken hebben met meer drainage en vaak dus ook hogere mate van afbraak van organische stof. Daarmee neemt het P en N gehalte van de bodem toe in Brabant en is de competitie met hoog competitieve soorten wat hoger dan in referentiebossen in het buitenland (zie ook figuur 35). Dit zijn vaak ook de soorten met een moeilijke verbreiding, zogenaamd oudbosplanten. Oudbosplanten zijn vaak beperkt in hun capaciteit om zich te verbreiden en zo jonge of recent herstellende bossen te bereiken (Peterken & Game 1984, Honnay et al., 1999). Deze beperkte verbreiding heeft verschillende redenen. Bosplanten vertonen vaak een beperkte zaadproductie, onder meer omdat ze zich voornamelijk generatief vermenigvuldigen (zaadlimitatie). Daarnaast is de afstand waarover ze zich kunnen verplaatsen doorgaans gelimiteerd, met afstanden van minder dan 1 meter per 10 jaar. Tenslotte is ook de zogenaamde 'verbreiding in de tijd' beperkt, omdat vele bosplantensoorten geen of slechts een kortlevende zaadbank vormen. Ze kunnen dus slechts voor een beperkte tijd na ontbossing terug koloniseren vanuit een zaadbank (Hermý et al., 1999).

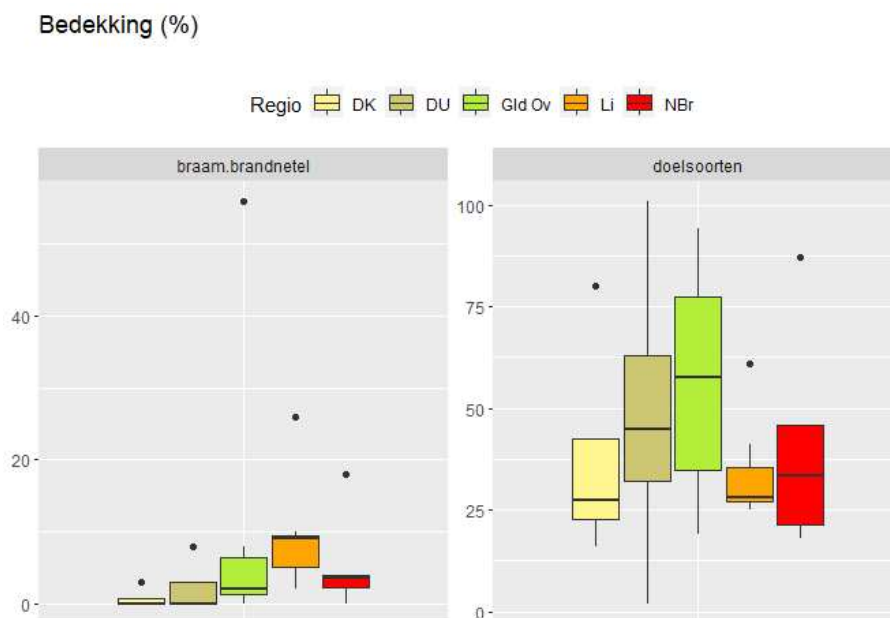


Figuur 34. Bedekking (in percentage) van boomlaag, struiklaag en kruidlaag op basis van de Braun Blanquet opnamen.

In de Nederlandse bossen blijkt de structuur met name door een relatief hoge bedekking van de struiklaag te worden gevormd (figuur 34) en blijft de bedekking van de boomlaag achter op de

buitenlandse referentie locaties. De bedekking van de kruidlaag is met name in Noord-Brabant laag ten opzichte van de referenties (figuur 34).

Een hoge bedekking van braam en brandnetel vinden we in de Nederlandse leembossen (Figuur 35) terwijl de bedekking van doelsoorten (in procenten) vergelijkbaar is als die van de Deense bossen maar met minder soorten.



Figuur 35. Bedekking (in percentage) van Braam en Brandnetel (links) en doelsoorten (rechts) in procenten in de leembossen.

4.2 Bodemchemie

De bodem pH en de basenverzadiging is met gemiddeld 5 matig hoog in de Nederlandse leembossen (figuur 36). De buitenlandse leembossen hebben een hoge variatie, hier komen bossen op zuurdere bodems voor maar ook bossen met kalkrijkere substraten. In vergelijking met de buitenlandse referentiebossen zien we dat calciumgehalte in de toplaag relatief laag is. Het ijzer en aluminium gehalte is echter ook laag hetgeen aangeeft dat er geen vrij aluminium en ijzer als gevolg van verzuring in de toplaag is.

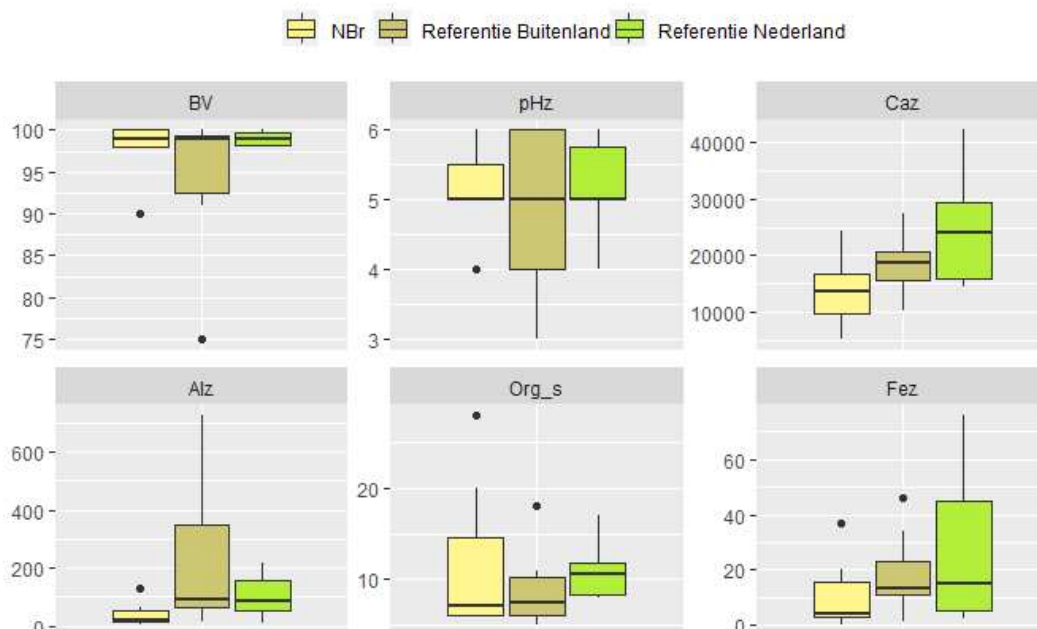
Het organische stof gehalte en het ammonium gehalte (figuur 37) zijn vergelijkbaar tussen de Nederlandse en buitenlandse referentiebossen en de Noord-Brabantse leembossen. Alleen het nitraatgehalte in de toplaag van de Nederlandse referentie locaties is beduidend hoger, mogelijk is dit een gevolg van toestroom van een lichte landbouwvervuiling. Dit is echter niet op basis van deze gegevens vast te stellen.

In het algemeen kan worden gesteld dat de bodemchemie vergelijkbaar is tussen de Noord-Brabantse en de referentielocaties (mogelijk met uitzondering van het calciumgehalte). In de diepere bodemlagen zien we vergelijkbare patronen, echter hier zien we dat de bodem pH hoger is voor alle bossen en met name in Noord-Brabant vinden we dan een pH van rond de 6 (NaCl) vergelijkbaar met die van referentielocaties in het buitenland. Het verschil tussen de pH van 5 in de toplaag (0–10cm) van de bodem en een pH van 6 in de bodemlaag daaronder (20–30cm) laat zien dat er verschillen kunnen ontstaan die ook in referentiebossen van nature voorkomen. Deze



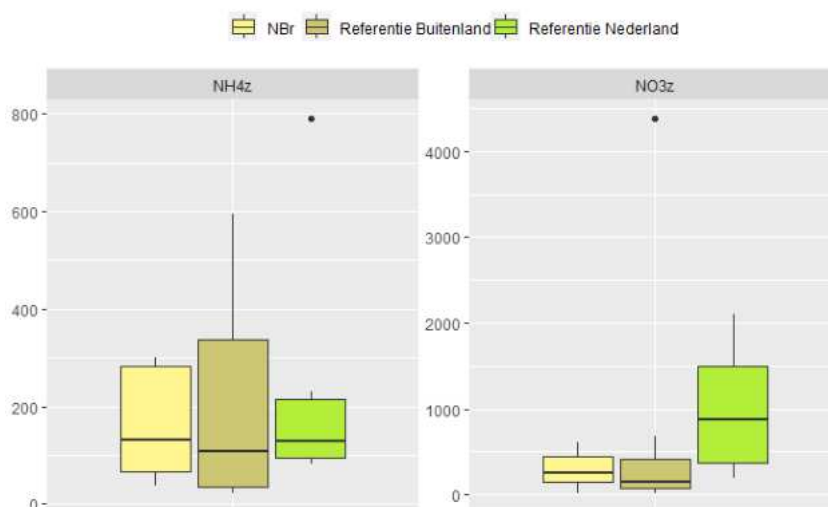
verzuring in de toplaag kan worden veroorzaakt door de vaak dominante aanwezigheid van eik maar ook door een geringe aanrijking van gebufferd grondwater wat wel nog in de 20–30cm –mv bodemlaag kan komen.

Bodemchemie toplaag (0-10cm)



Figuur 36. Bodemchemie van de toplaag van de leembossen na zoutextractie. BV = basenverzadiging in %, pHz = pH na zoutextractie, Caz = Calcium, Alz = Aluminium, Org_S = organische stofgehalte (in %) en Fez= ijzer. Alle elementen gemeten in zoutextractie in $\mu\text{mol/L}$ bodem

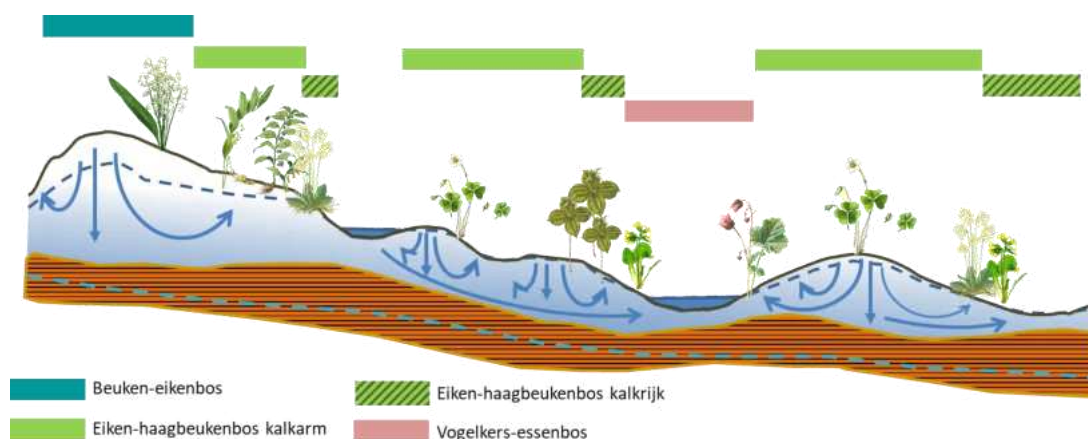
Bodemchemie toplaag (0-10cm)



Figuur 37. Ammonium- (NH_4) en nitraatgehalte (NO_3) in de toplaag van de leembossen na zoutextractie. Gemeten in zoutextractie en weergegeven in $\mu\text{mol/L}$ bodem

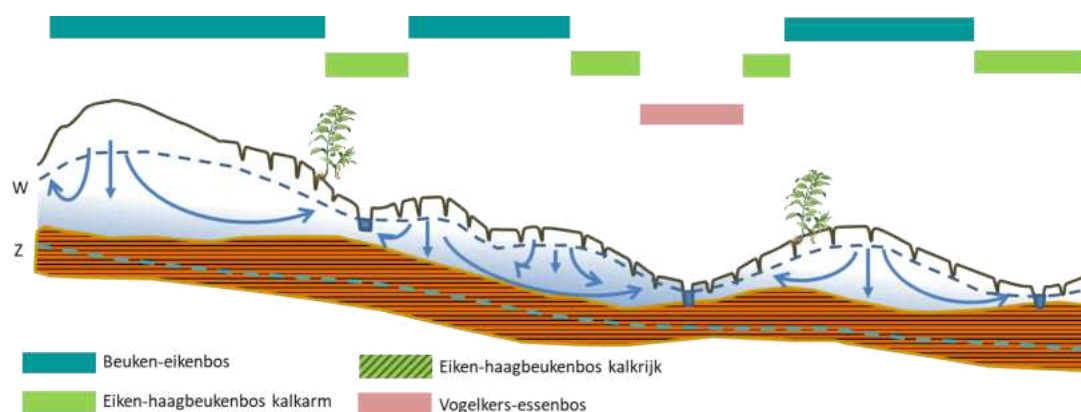
4.3 Hydrologie

In goed ontwikkelde leembossen komt het grondwater in de winter tot aan maaiveld. In de buitenlandse onbegreppelde situaties werd oppervlakkige afstroming van water geconstateerd in natte perioden. Vaak bleek er ook een natuurlijke mozaïek van zeer ondiepe slenkjes en bulten/ruggen waardoor overtollig water oppervlakkig via de slenkjes en laagtes zeer traag wordt afgevoerd. Dit natuurlijke reliëf in de bodem resulteert in het voorkomen verschillend habitat (hydrologisch en ook biochemisch) op korte afstanden van elkaar. In de slenkjes is het langer nat en zien we een natte vorm van het vogelkers-essenbos terwijl we op de ruggen al eerder in het seizoen drogere situaties zien en de daarbij behorende vegetaties van het eiken-haagbeukenbos of zelfs (bij hogere ruggen) beuken-eikenbos. Op de flanken van de slenkjes vinden we vaak kwelindicatoren als gevolg van de lokale kwel vanuit de ruggen (zie figuur 38). In de dwarsdoorsnede van figuur 38 wordt dit bestaan van de diverse milieus goed weergegeven (Franssen et al., 2022).



Figuur 38. Schematische weergaven van dwarsdoorsnede referentiesituatie leembos. Met leemlaag in oranje-bruin en grondwaterstanden en stromingen als blauwe stippellijn en pijlen.

In de Noord-Brabantse situatie maar ook in het geval van De Doort en IJzerenbosch vinden we veel greppels in het bos en soms een, vanuit oud gebruik, geëgaliseerde bosbodem. Microreliëf en mozaïeken van slenkjes en ruggen ontbreken nagenoeg altijd (figuur 39 geeft deze situatie schematisch weer (Franssen et al., 2022).



Figuur 39. Schematische weergaven van dwarsdoorsnede gedraineerd en begreppeld leembos. Met leemlaag in oranje-bruin en grondwaterstanden en stromingen als blauwe stippellijn en pijlen.

4.4 Conclusies Leembossen

- In de Noord Brabantse leembossen vinden we een bodemchemie die redelijk goed overeenkomt met die van referentielocaties. Hierbij moeten we wel zeggen dat dit geldt voor de goed ontwikkelde Noord-Brabantse leembossen zoals Wijboschbroek, Ulvenhoutse bos en de Geelders. In verdroogde bossen zijn de concentraties N en P veel te hoog als gevolg van afbraak organische stof.
- In de Noord-Brabantse leembossen vinden we een zeer hoge mate van ontwatering met veel greppels en rabatten en tegelijkertijd op de vlakkere delen een gebrek aan natuurlijk microreliëf (slenken en ruggen).
- In de Noord Brabantse leembossen ontbreken enkele soorten van leembossen en de zeldzame soorten die er voorkomen staan in kleine, geïsoleerde populaties

Maatregelen voor herstel van de leembossen zullen zich moeten concentreren op het (lokale) herstel van de hydrologie en het leggen van verbindingen voor migratie van soorten. Tevens zullen versterkingen van zeldzame soorten en herintroducties sterk overwogen moeten worden.

5 Hoogveenbos

Hoogveenbossen zijn bossen op zeer natte standplaatsen waardoor veenvorming in de bodem plaatsvindt. Ook hoger gelegen in het zandlandschap kunnen deze bossen voorkomen op plekken bijvoorbeeld waar waterafvoer beperkt is en waar waterkerende lagen de wegzijging verhinderen. Het zijn dan bijna per definitie altijd kleine plekken in een verder overwegend droger inzigtgebied.

Boomsoorten als zwarte els, zachte berk en grauwe wilg kunnen hier domineren. In de ondergroei vinden we veenmossen en dwergstruiken.

5.1 Hoogveenbossen Kroondomein (Nederland)

Op het Kroondomein komen enkele natte, afvoerloze laagtes voor op zand. Deze kleine bosjes kunnen mogelijk gezien worden als referentie van de hoogveenbossen op zandgronden in Noord-Brabant. De voorkomende hoogveenbossen op het Kroondomein liggen in de Motketel.

5.1.1 Beschrijvingen boslocaties

De Motketel (opname Motketel 1 en Motketel 2, figuur 40) is een naam voor een gebied met vochtig tot nat bos gelegen op de flanken van de Veluwe tussen Niersen en Vaassen. Motketel betekent 'luchtbel van grondwater'. In dit deel treedt kwelwater uit het Veluwemassief uit en wordt afgevoerd via sprengen naar de Geelmolensche beek. Het gebied is in eigendom van Kroondomein Het Loo.

Het is een apart stukje bos temidden van een droger bos; met een oude els (70–100jaar), eiken, pitrus, pijpenstrootje, zwarte zegge (indicator stagnerend regenwater, zuur, figuur 41). De hoogveenbossen van de Motketel worden niet beheerd.



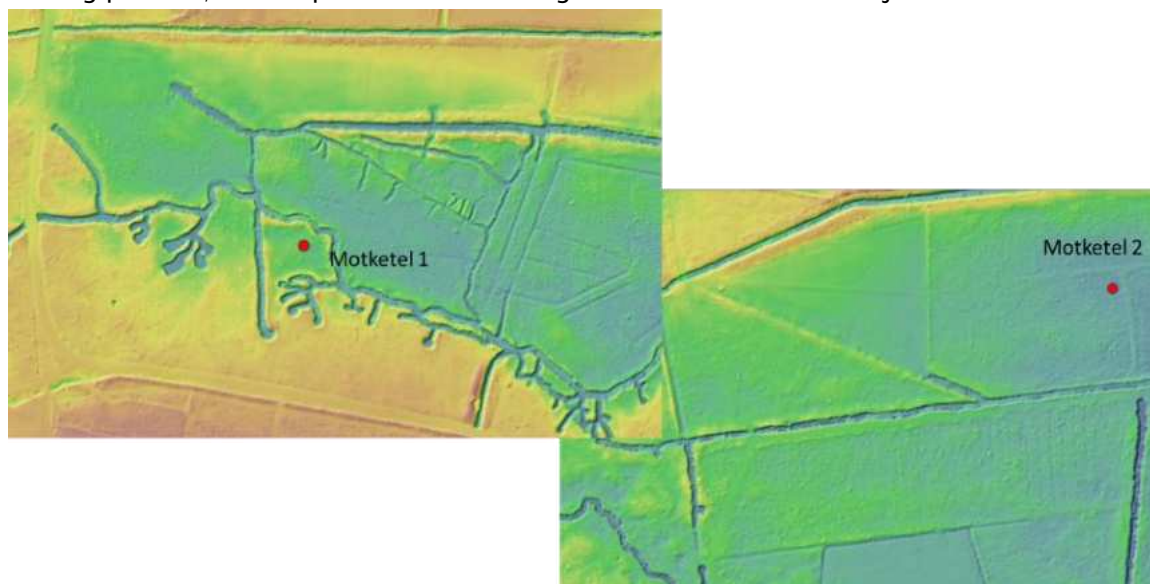
Figuur 40. Ligging van Motketel 1 en 2 de twee opnamen van hoogveenbossen op het Kroondomein



Figuur 41. Bosbeeld van Motketel 1. Berkenbroekbos.

5.1.2 Hydrologie en Reliëf

De Motketel is gelegen in een gebied dat ontwaterd wordt door diep gegraven sprenge (figuur 42). De sprenge en sprengekoppen hebben een cultuurhistorische waarde en zijn dus nog intact, evenals hun ontwaterende functie. Echter door een ondoorlatende leemlaag onder deze locatie is het hier, ondanks omliggende ontwatering, vochtig tot nat met natte plekken aan maaiveld. Deze vochtig plekken/modderpoelen worden ook gebruikt door de wilde zwijnen om te 'zoelen'.



Figuur 42. Hoogtekaart van Motketel 1 en Motketel 2. De sprengestructuur is duidelijk zichtbaar.

5.1.3 Bodem en humusvorm

De bodem van Motketel 1 bestaat uit een venige laag van ongeveer 8cm op zand dat weer is afgezet (fluviaal) op een venige bodem die start op ongeveer 45cm –mv (zie figuur 43). De rijtjes op de foto representeren 40cm bodemdpte dus er is totaal 80cm uitgelegd op foto 6.4. De motketel is een van oorsprong afvoerloze laagte en in deze laagte is veen ontstaan, bovenop het zand. Daarna is er van buiten weer materiaal ingespoeld en dit is venig geworden. Het is een goed gebufferde diepe bodem met een veld pH van 4 tot 4,5 in het veen en pH 5 in de minerale bodem. Ook Motketel 2 heeft veenvorming in de toplaag (met veld pH van 4) en is redelijk goed gebufferd in de minerale bodem (pH 4,5–5). Op Motketel 2 ligt veen op een zandige laag dat weer op een 2^e veenlaag ligt.

De verschillende afzettingen (veen–mineraal, fluviaal zand – veen– zand) tonen dat het historisch een dynamisch gebied is met overstromingen afgewisseld met langdurige afvoerloze natte omstandigheden.

Bodemchemie in de Motketel is niet bepaald.



Figuur 43. Bodemprofiel uit boring van Motketel 1. Verspoelt zand op een veenlaag.

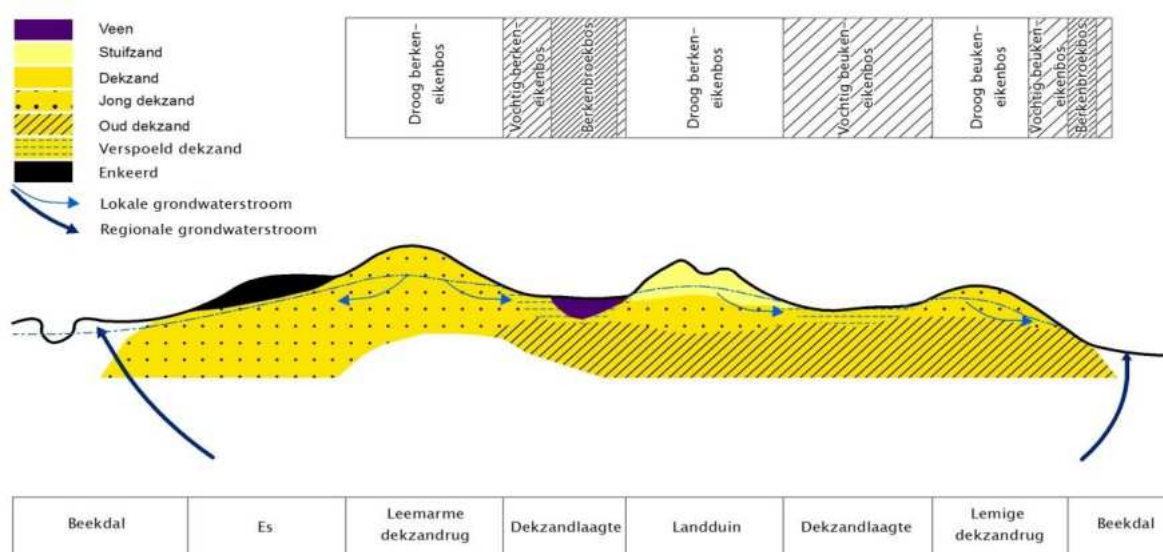
5.1.4 Vegetatie en structuur

De twee onderzochte locaties van Motketel bestaan uit een gemengd bos van zachte berk, zwarte els en zomereik en een struiklaag met grauwe wilg en vuilboom. De vegetatie wordt gedomineerd door verschillende soorten berkenbroekbossen; zwarte zegge, snavelzegge, pijpenstrootje en gewimperd veenmos. Daarnaast komen er enkele soorten voor van beuken–eikenbos/berken–eikenbos, zoals blauwe bosbes, hulst en wilde kamperfoelie. De combinatie van soorten duidt erop dat de bossen nog verdroogd zijn en de waterstanden nog te sterk fluctueren als gevolg van het netwerk van sprengkoppen rondom de onderzocht locaties.

5.2 Synthese Hoogveenbos

In bossen op zandgronden kunnen vochtige tot natte delen voorkomen die niet per se op leem of klei liggen. Ook afvoerloze laagtes met een organische onderlaag (venig) kunnen resulteren in stagnatie van water en veenvorming. Veelal zijn dit dus kleine en lokale systemen.

Een derde van de Nederlandse bossen op zandgronden liggen op voorheen natte tot vochtige groeiplaatsen. Vaak zijn deze locaties in het zandlandschap goed te herkennen aan vochtige omstandigheden en de aanwezigheid van greppels (en rabatten) in het bos. In deze situaties is herstel van de hydrologie op lokale schaal als redelijk makkelijk te realiseren. Vernatting biedt hier een uitgelezen mogelijkheid om ook lokale buffering van de bodem te herstellen (zie ook figuur 44).



Figuur 44. Voorbeeld hoe de waterhuishouding resulteert in verschillen in standplaatscondities. uit van der Burg et al. (2016).

Bij hydrologisch herstel van deze vochtige tot natte locaties in het zandlandschap kunnen processen als veenvorming mogelijk weer optreden. Hoogveenbossen zijn unieke bossystemen die passen in het zandlandschap. Vaak zijn deze bos-ecosystemen klein maar door hun unieke karakter voegen ze veel waarde toe aan het gehele landschap. Unieke soorten zoals veenmossen maar ook fauna zoals spechten profiteren van herstel van dit bostype.

6 Referentie van een oude heidebebossing

Heideontginningsbossen komen veelvuldig voor in Noord-Brabant. Vaak betreft het bossen van zomereik of grove den op een arme, geplagde bodem. Het beheer van deze bossen is sinds de aanplanten (vaak vanaf omstreeks 1900) gericht op houtproductie. In de nationale bossenstrategie wordt gestreefd naar de versterking van de bosstructuur en –samenstelling van de Nederlandse bossen. Vaak zijn het monotone aanplanten van grove den waar men middels wijzigingen in bosstructuur en het inbrengen van loofhoutsoorten wil streven naar meer zelfregulerend natuurbos op lange termijn. De vraag die hierbij terecht kan worden gesteld is: wat gebeurt er als we een oude heidebebossing niet beheren. Om een beeld te geven van een onbeheerde heidebebossing is een klein bosreservaat genaamd De Duddel (Eiken dennen berkenbos op Kroondomein Het Loo) bezocht (figuur 45).

Op oude kaarten is te zien dat de heidevelden van Het Loo op grote schaal zijn bebost met grove den in de 19de eeuw. De Duddel is echter niet aangeplant maar spontaan, vanuit een struweel- en bosfase ontwikkeld naar een grove dennen-eikenbos. Het is daarbij gedurende deze periode (zeker sinds 1900) onaangetast gebleven.



Figuur 45. Locatie De Duddel op Kroondomein het Loo

Doordat het bos niet beheerd wordt is het zeer structuurrijk (zie figuur 46). Het bos kenmerkt zich als een eiken-dennenbos met inmiddels ook (recente ontwikkeling) opslag van enkele beuken. In het bos staan soorten als jeneverbes, lijsterbes en rode – en blauwe bosbes. Het bos staat op een zandige veldpodzol (Figuur 47). Aangezien dit bos uit een struweelrijke heidefase met veel opslag van bomen is doorontwikkeld naar wat het nu is, is het geen goede referentie voor een ontwikkeling vanuit een monotone grove dennen aanplant maar het geeft wel een goed beeld van een bos op droge zandige bodem met slechts een paar boomsoorten.



Figuur 46. Structuurrijk bos in De Duddel



Figuur 47. Bodemprofiel van 0–80cm van De Duddel

6.1 Synthese oude heidebebossing

Het achterwege laten van beheer in een heidebebossing resulteert in een hoge mate van horizontale en verticale structuur. Wat betreft soortenaantallen zien we geen noemenswaardige toename van soorten in de moslaag of kruidlaag ten opzichte van de directe omgeving van de Duddel. Wel zien we dat de ouderdom en het uitblijven van beheer leidt tot meer dood hout en dit zal ongetwijfeld ook zijn effect sorteren op de aantallen insecten en soorten afhankelijk van (oud) dood hout (deze worden hoger). Dit is echter niet onderzocht.



Het aanwijzen van bosvakken waar deze ontwikkeling wordt voorgestaan is onderdeel van de bosstrategie en valt onder de noemer OAD (oude en aftakelende en dode bomen). Bij het instellen van een OAD maatregel worden individuele bomen, boomgroepen en gehele bosvakken aangewezen waar geen beheer meer wordt uitgevoerd. Hierdoor ontstaat een netwerk van oude boomgroepen en vakken waardoor de ontwikkeling zoals die wordt gezien in de Duddel zich kan ontplooien. Vegetatiekundig ontwikkelen dergelijke bossen zich tot eiken-beukenbossen. Afhankelijk van de startfase zullen hier al snel beuken kunnen domineren als deze reeds aanwezig zijn of in de nabijheid staan. In dat geval verwachten we een lange periode (want de beuken en de bodem zijn vaak nog jong) van relatief soortenarme bosontwikkeling.

7 Verfijning van maatregelen

De maatregelen die in de Noord-Brabantse bossen op zandgronden worden genomen beogen de bos-biodiversiteit te herstellen en te versterken middels kortstondige ingrepen met duurzame doorwerking.

Het voorliggende onderzoek poogt inzichtelijk te maken wat de meerwaarde is van de maatregelen voor de biodiversiteit en welke (prioritaire) soorten ervan profiteren. De resultaten moeten bijdragen aan het scheppen van een referentiebeeld en daarmee een bewustwording van de potenties en de effecten op zandgrond. De resultaten moeten ook leiden tot een verfijning van de huidige maatregelen waar dit blijkt dat dit nodig is. In onderstaande paragrafen wordt een verfijning gegeven van enkele maatregelen op basis van de huidige kennis.

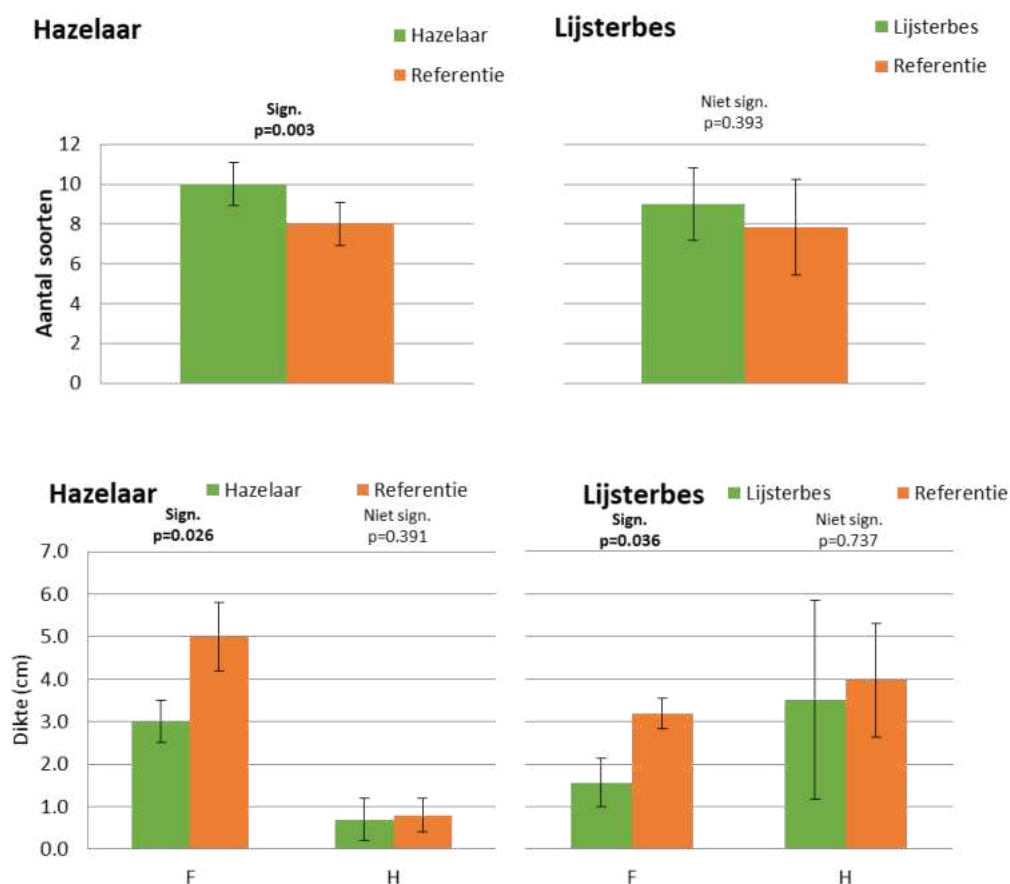
7.1 Intensiteit van aanplant afhankelijk van doel

Bosontwikkeling gaat langzaam, zo ook de overgang van arm-strooiselsoorten naar rijk-strooiselsoorten. Pas wanneer de rijk-strooiselsoorten een substantieel aandeel van het strooisel leveren krijgen zij een waarneembare invloed op de bodemontwikkeling (Landuyt et al., 2020). Meestal wordt deze situatie pas bereikt wanneer de rijk-strooiselsoorten onderdeel van het kronendak uit gaan maken. Deze rijk-strooiselinvloed kan plaatselijk versneld worden door groepen rijk-strooiselsoorten dicht op elkaar aan te planten en ter plekke, vooraf – bij aanplant van licht-behoevende soorten – dan wel achteraf – bij aanplant van schaduwtolerante soorten – de arm-strooiselsoorten uit het kronendak te verwijderen.

Het snel realiseren van de rijk-strooiselimpact kan soms op grotere schaal gewenst zijn. Vooral wanneer nog restpopulaties van oud-bosplanten – die veelal behoefte hebben aan een rijkere bovengrond en dunnere strooisellaag – voorkomen. Vlakdekkende aanplant van rijk-strooisel boom en struiksoorten is dan op zijn plaats waarbij geleidelijk het oorspronkelijke arm-strooiselbestand uitgedund wordt. Behoudt van een bosklimaat (dus vermijden van groepenkap) is voor behoud van oud-bosplanten vaak gewenst waardoor hier met schaduwtolerante rijk-strooiselsoorten gewerkt dient te worden.

7.2 Aandeel rijk-strooiselsoorten verhogen in de struiklaag

Aanplant van rijk-strooiselsoorten heeft een positief effect op de bodembuffering. Naast het aanplanten van rijk-strooiselboomsoorten kunnen ook struiksoorten als hazelaar en lijsterbes in overweging worden genomen. Een onderzoek naar de effecten van oude hazelaar en oude lijsterbes op het aantal plantensoorten en de dikte van de strooisellaag toont dat zowel hazelaar als lijsterbes leiden tot een significant lagere strooiselaccumulatie (F horizont) vergeleken met een eikenreferentie en dat hazelaar ook leidt tot een hoger aantal plantensoorten op de bosbodem (figuur 48). In dit onderzoek werden hazelaar en lijsterbessen onderzocht die zeer groot waren en daarmee een flink aandeel in de totale strooiselininput hadden.



Figuur 48. Effecten van de aanwezigheid van hazelaar ($n=8$) en lijsterbes ($n=6$) in eiken-dennen bossen (eiken en dennen zijn dan de referentie waarmee is vergeleken) op het aantal plantensoorten en de dikte van de strooisellaag en H horizont. Data Bosgroepen (Bosch 2000).

Dit onderzoek bevestigt de bevindingen van Desie et al (2020) dat substantiële verbetering in de basenbeschikbaarheid voor de vegetatie mogelijk is wanneer het aandeel rijk strooisel ten opzichte van de totale strooiselproductie groot is. Wanneer de ontwikkeling van rijkere bosbodems in zandgronden gewenst is dient gestreefd te worden naar een dominantie van boom- en struiksoorten met rijk strooisel, zoals linde, berk, esdoorn, iep, ratelpopulier en hazelaar. Hazelaar en lijsterbes zijn makkelijke struiken welke goed bijgemengd kunnen worden in aanplantstrategieën en waarmee zowel gelaagdheid als bodemverbetering worden bewerkstelligd.

7.3 Op arme zandgronden steenmeel overwegen

Rijk-strooiselsoorten versnellen de kringloop aan nutriënten zodat er bij een gelijke hoeveelheid nutriënten in de bodem per tijdseenheid toch meer nutriënten beschikbaar zijn – ze circuleren sneller. Uit bovenstaand onderzoek en eerder onderzoek in Noord-Brabant blijkt echter ook dat dit effect kleiner is naarmate de zandbodem armer is; er zijn dan minder nutriënten op te nemen door de vegetatie. Op veel zandbodems is het verschil tussen het gehalte aan verweerbaare mineralen in de bovengrond ten opzichte van het moedermateriaal groot. Dit is het gevolg van voormalig grondgebruik en verzurende depositie. Het toevoegen van steenmeel kan op deze



zandgronden noodzakelijk zijn om het aandeel verweerbare mineralen weer op sterkte te brengen zodat ook hier bodemherstel door rijk-strooiselsoorten mogelijk is.

7.4 Herintroductie oudbosplanten overwegen

Vele bosplanten in de kruidlaag zijn op zandgronden sterk afhankelijk van de strooiselkwaliteit. Toch worden deze ook onder rijk strooisel boomsoorten vaak niet waargenomen. Meestal is de reden hiervoor dat er geen bronpopulatie meer aanwezig zijn in de jonge heidebebossingen. Herintroductie van deze soorten kan in situaties waarbij de bodem reeds voldoende hersteld is, de biodiversiteit van het bos een snelle impuls geven. Zeker in geïsoleerd liggende bossen is de kans op spontane vestiging van oud-bosplanten zeer klein en nagenoeg nihil (Baeten et al., 2011).



Literatuur en websites

- Aaby, B., 1983. Forest development, soil genesis and human activity illustrated by pollen and hypha analysis of two neighbouring podzols in Draved Forest, Denmark [*Tilia*, *Quercus*, *Fagus*, *Betula*, *Viscum album*]. Denmarks Geologisk Undersoegelse Raekke 2 (Denmark) no 114.
- Baeten, L., A. De Schrijver & L. De Keersmaeker, 2011. Bosplanten in de tang genomen: landschap en bodem als knelpunten voor de ontwikkeling van soortenrijke jonge bossen. *Bosrevue*(37): 2–5.
- Bosch, W., 2000. Zijn hazelaar, lijsterbes en vuilboom rijk–strooiselsoorten? Onderzoek naar het effect van deze soorten op de vegetatie en bosbodem van bossen op zandgrond Almere: 46.
- Bradshaw, R.H.W., A. Wolf & P. Friis Møller, 2005. Long-term succession in a Danish temperate deciduous forest. *Ecography* 28(2): 157–164.
- Brouwer, E., R.F. van der Burg, M.L. Franssen, G.A. van Duinen, A.J.M. Jansen, J. van Diggelen & W.J. Emsens, 2022. De nutriëntenkringloop tijdens herstel van basenrijke, vochtige bossen. OBN VBNE rapport. Driebergen. 141
- Burggraaff, P., 1993. Historisch–geographisches Gutachten zum Interessentenforst (Markwald) Samerrott und zur angrenzenden Kultur landschaft. *Kulturlandschaft Zeitschrift für Angewandte Historische Geographie* 3(1): 18–22.
- De Schrijver, A., P. Frenne, J. Staelens, G. Verstraeten, B. Muys, L. Vesterdal, K. Wuyts, L. Nevel, S. Schelfhout & S. Neve, 2012. Tree species traits cause divergence in soil acidification during four decades of postagricultural forest development. *Global Change Biology* 18(3): 1127–1140.
- Franssen, M.L., A.J.M. Jansen & R.F. van der Burg, 2022. Herstel van de leembossen in Wijboschbroek, Aanvullend landschapsecologisch onderzoek voor lokale- en mitigerende M.L. Franssen, A.J.M Jansen & R.F. van der Burg maatregelen bij grootschalige herstel. Stichting Bargerveen en Bosgroep Zuid Nederland. 102
- Hermý, M., O. Honnay, L. Firbank, C. Grashof–Bokdam & J.E. Lawesson, 1999. An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation* 91(1): 9–22.
- Hommel, P., R. de Waal & T. Spek, 2003. Oude lindenbossen op Jutland: referentiebeelden voor bosontwikkeling in Nederland? *Nederlands bosbouw tijdschrift* (nl).
- Honnay, O., M. Hermý & P. Coppin, 1999. Impact of habitat quality on forest plant species colonization. *Forest Ecology and Management* 115(2–3): 157–170.
- Koop, H., 1981. Vegetatiestructuur en dynamiek van twee natuurlijke bossen: het Neuenburger en Hasbrucher Urwald. Pudoc Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie. Wageningen.
- Koop, H., 1993. Ecosysteemvisie bos: natuurbosreferenties. *Nederlands Bosbouwkundig Tijdschrift* 65: 227–236.
- Landuyt, D., E. Ampoorter, C.C. Bastias, R. Benavides, S. Müller, M. Scherer–Lorenzen, F. Valladares, S. Wasof & K. Verheyen, 2020. Importance of overstorey attributes for understorey litter production and nutrient cycling in European forests. *Forest Ecosystems* 7(1): 1–11.
- Moeller, P., 1987. [Natural forest surveillance in Draved Skov, North Schleswig]. [Danish]. [Nature Surveillance] Middelfart (Denmark) 9–10 Oct 1986.



- Peterken, G. & M. Game, 1984. Historical factors affecting the number and distribution of vascular plant species in the woodlands of central Lincolnshire. *The Journal of Ecology*: 155–182.
- van der Burg, R.F., R.J. Bijlsma, E. Brouwer & R.W. de Waal, 2016. Vochtige bossen, tussen verdrogen en nat gaan. Driebergen, KNNV Publishing.
- van der Burg, R.F., R.J. Bijlsma, E. Brouwer & R.W.d. Waal, 2016. Vochtige bossen, tussen verdrogen en nat gaan. Driebergen, KNNV Publishing.
- van der Burg, R.F., E. Brouwer, G.J. Van Duinen & A.J.M. Jansen, 2016. Kansen voor biodiversiteit in vochtige dekzandbossen. *Landschap* 33: 104–108.
- Veerkamp, M.T., 2003. Paddestoelen in bosreservaten; eiken–haagbeukenbossen: Smoddebos, Bentheimer Wald en Samerrott. 1566–7197. Alterra. Wageningen. 64
- Zanella, A., B. Jabiol, J.–F. Ponge, G. Sartori, R. De Waal, B. Van Delft, U. Graefe, N. Cools, K. Katzensteiner & H. Hager, 2011. European humus forms reference base.
- Zanella, A., B. Jabiol, J.–F. Ponge, G. Sartori, R. De Waal, B. Van Delft, U. Graefe, N. Cools, K. Katzensteiner & H. Hager, 2011. A European morpho–functional classification of humus forms. *Geoderma* 164(3): 138–145.



Bijlage 1 Bodem en Humusbeschrijvingen

Draved Skov

De bodems in de lage delen van Draved Skov staan onder invloed van grondwater.

Deze bodems vallen onder de leemrijke eerdgronden (leekeerd of beekeerd) in de vochtige delen en onder veldpodzol in de droge delen.

Bodem	Linde 1			Eik 1
	Ah	0-20	Ah	0-5
	E	20-30	E	5-40
	Bh	30-35	Bh	40-60
	Bs (stenen)	35-45	BS	60-85
	BC	45-60	BC	85-105
	C	60>	C	105>

Daar waar eik domineert resulteert dit in een hogere accumulatie van strooisel en mullmoder ten opzichte van de linde opstanden waar geen strooisel accumuleert (mull). In alle opstanden zijn sporen van (veel) bodemleven en een goede bioturbatie.

humusbeschrijvingen Draved Skov.

plot	Type	Humusklasse	Zand/leem	Dikte humuslaag (cm)
1	Linde	Mull	Leem	0
2	Slenk	Mull	Leem	0
3	Eik	Mullmoder	Leem	0.5-1.5
4	Knikkend nagelkruid	Mull	Leem	0

MAASSELER LINDENWALD

Locatie 1

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-15	Lemig zand
B/C	15-35	Inspoeling vervagend in C. lemig fijn en grof zand
C1	35-100	Leming, fijn en grof zand. Veel ijzer en ijzeroer
C2	100-120	Kleiig, kalkhoudend

Bodemtype; (goor/bruine beek) eerdgrond

Humus

Laag	Diepte
L	0-0,5
F discontinu	0-0,5
Mull	

Veld pH

Diepte	pH
5	5
35	5,5
45	6
80	6,5
120	7

Grondwater huidig: 40 -mv

GLG (obv bodemprofiel; roest);-120



Locatie 2

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-8	Lemig, fijn zand
B/C	8-35	Lemig
C	35-210	Lemig, kleig, grijsig, met roest

Humus

Laag	Diepte
L	0-0,5
F	0-(0,5)
mull	

Veld pH

Diepte	pH
5	5
15	5
35	5
50	5,5
140	6

Veldpodzol/gooreerd

Grondwater huidig: 30 cm -mv

GLG (obv bodemprofiel; roest); -210

Locatie 3

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-15	Lemig fijn zand
B/C	15-25	Lemig, fijn zand,
C	25-80	Met roest

Humus

Laag	Diepte
L	0-0,5
F	0-(0,5)
mull	

Veld pH

Diepte	pH
5	4,5
15	4
35	4
60	4,5

veldpodzol

GLG (obv bodemprofiel; roest); 120 -mv

SAMMEROTH

Locatie 1



Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-1	Dunne A (in de A wordt humus gemaakt)
B	1-5	Kleine inspoelingslaag (omdat de kleilaag zo hoog komt, weinig neerwaartse neerslag, vanwege tegendruk)
C	5-120	! zware klei, vlak onder oppervlak. 5-50 lichtgrijs met roest; 50-120 donkergrijs, minder roest, meer reductie
		Geen kalk

Humus

Laag	Diepte
L	0-2 discontinu
F	0—0,5
Mull	Snelle omzetting

Veld pH

Diepte	pH
5	4,5
10	4
65	4,5
100	5

GLG (o.b.v. bodemprofiel; roest); > 120cm

Locatie 2, vergelijking slenk en horst

SLENK

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-15	Moerige laag ingespoeld in de laagte (veel organische stof),
C	15-40	Geen B/inspoelingslaag want geen neerwaarts water. Sterke kleiige leem.
		Moerige eerdgronden

Humus

Laag	Diepte
L	0-0,5
F	0-(0,5)
mull	

Veld pH

Diepte	pH
5	5,5
10	6
35	6,5 (30-40cm kalkhoudend)

BOVENOP DROGER DEEL SLENK

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-1	Minder moerig



B	1-8	Zandige leem, wel inspoelingslaag te zien (omdat grondwater hier wat dieper zit, is er ruimte voor een inspoelingslaag)
C	8-40	Sterk kleig met zandfractie, met roest

Humus

Laag	Diepte
L	0-0,5
F	0-(0,5)
mull	

pH

Diepte	pH
1	4,5
5	5
20	6

Locatie 3

Eikenbeukenbos

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-6	Donkere humus, amorf (omzetting, te zuur voor omzetting door bodemfauna)
B/C	6/30	roest op 30 cm, zandiger dan locatie 1 en 2.
Beekeerd		

Humus

Laag	Diepte
L	2
F	1
moder	

pH op 5 cm= 4

Haagbeuken-eikenbos

Bodem

Laag	Bodemdiepte	Beschrijving
A	0-10	Grijzige humus, donkergrijs. Vertering door bodemfauna
B/C	10-40	Fijn lemig zand

Humus

Laag	Diepte
L	0-2 discontinue
F	0-0,5 discontinue
	mull

Motelketel 1

Dit stuk is gelegen in een gebied dat ontwaterd wordt door diep gegraven sprengen. De sprengen en sprengkoppen hebben een cultuurhistorische waarde en zijn dus nog intact, evenals hun ontwaterende functie. Echter door een ondoorlatende leemlaag onder deze locatie is het hier, ondanks omliggende ontwatering, vochtig tot nat met natte plekken aan maaiveld. Deze vochtig



plekken/modderpoelen worden ook gebruikt door de wilde zwijnen om te 'zoelen'. Het is een apart stukje bos temidden van een droger bos; met een els (70-100jaar), eiken, pitrus, pijpenstrootje, zwarte zegge (indicator stagnant regenwater, zuur). Het stuk wordt niet beheerd. Het is een deel van de celtic fields, de raatakkers, waar van oudsher veel activiteit was.

Bodemopbouw

+1 cm	F; strooisellaag
0-5	Veen, pH 4
5-8	Ah, dichtgespoelde veenlaag, organische laag. pH 4,5
8-20	Grof zand
20-25	Veen pH 5
25-30	Humeuze inspoelingslaag, dichte verkitten laag
30-35	Ac
>35	C, fijn zand, pH 5

Grondwater; Ph 5,5

In de afvoerlose laag is veen ontstaan, bovenop het zand. Daarna is er van buiten weer materiaal ingespoeld, weer venig geworden. Het is een goed gebufferd systeem.

Motelketel 2

Dit is net als Motketel 1 een afvoerlose laagte, buiten invloed van de onttrekking van de sprengen. Een nat bostype temidden van een droger bos Hier is vanaf eind jaren 80 niks gebeurd. Dit is een ander bostype, met meer eentonig berken, pijpenstrootje.

Bodemopbouw

0-5	A1, Veen, pH 4
5-8	Ah1 pH 4
8-25	C1 zand (tussen grof en fijn zand in) pH 4,5
25-30	A2 inspoeling
30-80	Ah2 schoensmeerlaag, veen pH 5 (op 30 en 50cm)

Een oude A laag (A2), veen, waaroverheen later weer materiaal gekomen is met het water, vanuit hoger gelegen delen; waarna er weer veenopbouw is gestart (A1).

Duddel 1

Een gebied van 8 ha in het Kroondomein waar vanaf eind 19^{de} eeuw niet beheerd is. Het resultaat zijn oude (!) grove dennen en beuken, >20m hoog. Ondergroei van oa bosbes, hulst, jeneverbes.

Bodemopbouw

0-4	Ah (laag waar de bessen in wortelen)
4-10	E
10-20	B inspoeling, pH 3,5
>20	C pH 4,5 (hier zitten de boomwortels in)

Een bijna bruin bosbodem; rijke oude podzol.

Humusprofiel

0-2	L, litter, strooisellaag
2-6	F deels verteerde strooisel, pH 3
6-8	H, pH 3,5

De Doort 8 (nummering sluit aan bij bodemchemie data)

Bodemopbouw

0-6	A (zware leem)
6-8	B zware leemE
8-90	C zware leem met ijzersporen



90	C zware leem met kiezels
90-120	C zware leem. Geen grondwater

Een vorstvaaggrond op zware leem

Humusprofiel: MULL

0-0.5	L, strooisellaag discontinue
- (niet aanwezig)	F
- (niet aanwezig)	H

De Doort 4

Bodemopbouw

0-5	A zware leem, verdroogd
5-10	B zware leemE
10-80	C zware leem
80-120	C zware leem met ijzersporen/banden vanaf 80cm

Een vorstvaaggrond op zware leem

Humusprofiel: MULL

0-0.5	L, strooisellaag discontinue
- (niet aanwezig)	F
- (niet aanwezig)	H

IJzerenbos 4

Bodemopbouw

0-10	A leem
10-15	B zandige leemE
15-100	C klei met ijzer banden
100-120	C zand met grind, wel lemig, grondwater op 80cm -mv

Een beekerd op leem

Humusprofiel: MULL

0-0.5	L, strooisellaag discontinue
- (niet aanwezig)	F
- (niet aanwezig)	H

IJzerenbos 8

Bodemopbouw

0-8	A zandig leem
8-10	B zandig leemE
10-100	C zware leem
100-120	C zandig leem met ijzer

Een gooreerd

Humusprofiel: MULLMODER

0-0.5	L, strooisellaag discontinue
0-0.5	F
- (niet aanwezig)	H