



Bodemkartering van een deel van Landgoed Twickel

Kartering bodem en grondwatertrappen met beoordeling bosbouwgeschiktheid en
natuurpotentie

S.P.J. van Delft, W.G.M. De Groot en G.J. Maas



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bodemkartering van een deel van Landgoed Twickel

Kartering bodem en grondwatertrappen met beoordeling bosbouwgeschiktheid en
natuurpotentie

S.P.J. van Delft, W.G.M. De Groot en G.J. Maas

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (Alterra) in opdracht van
Stichting Twickel

Wageningen Environmental Research
Wageningen, december 2017

Rapport 2857
ISSN 1566-7197


S.P.J. van Delft, W.G.M. De Groot en G.J. Maas, 2017. *Bodemkartering van een deel van Landgoed Twickel; Kartering bodem en grondwatertrappen met beoordeling bosbouwgeschiktheid en natuurlandpotentie*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2857. 110 blz.; 54 fig.; 24 tab.; 53 ref.

In een deel van Landgoed Twickel (288 ha) is een gedetailleerd bodem- en grondwatertrappenkartering uitgevoerd (schaal 1 : 10.000), met speciale aandacht voor de complexe geologische ondergrond. Deze kaarten zijn gebruikt om de bodemgeschiktheid voor bosbouw te beoordelen en de potenties voor (half)natuurlijke vegetaties in te schatten. Voor veertien boomsoorten zijn kaarten met groeiverwachtingen gemaakt en de overeenkomst van de op de potentieel voorkomende vegetatietypen met de SNL-beheertypen is bepaald. Om deze beoordeling uit te voeren, is de detailbodemkaart gebruikt om de geomorfologische kaart van het gebied en de omgeving te actualiseren en landschappelijke bodemkaarten af te leiden volgens de landschapsecologische indeling van 'De Landschapsleutel' die als directe basis dienen voor de geschiktheidsbeoordelingen.

In a part of Estate Twickel (288 ha) a detailed soilsurvey was carried out, soil and watertable were mapped at scale 1 : 10.000. These maps were used to determine the suitability of soils for forestry. Growth expectations for 14 tree species were mapped and potential occurrence of semi-natural vegetation types was determined. To be able to perform these suitability-analyses, the soil map was translated to an updated geomorphological map of the area and surroundings and so called 'Landscape-Ecological soil maps' were produced, using the classification of the 'Landschapsleutel'. These maps were the input for the suitability maps.

Trefwoorden: Twickel, bodem, geomorfologie, landschapsecologie, Landschapsleutel, bosbouw, beheertypen

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/432048> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

 2017 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research Rapport 2857 | ISSN 1566-7197


Foto omslag: Vanwege de lage ligging van delen van het gebied en het ondiep voorkomen van oude kleilagen is ontwatering met greppels en rabatten een karakteristiek element in Landgoed Twickel. (Deze en alle foto's in het rapport: Bas van Delft).


Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	13
	1.1 Achtergrond	13
	1.2 Studiegebied	14
	1.3 Onderzoeksvragen en werkwijze	15
	1.3.1 Onderzoeksvragen	15
	1.3.2 Landschapsecologische systeemanalyse	16
	1.3.3 Aanpak volgens Landschapsleutel	17
2	Gebiedsbeschrijving	19
	2.1 Begrenzing	19
	2.2 Beheervisie	19
	2.3 Geologie en geomorfologie	20
	2.3.1 Geologie	20
	2.3.2 Geomorfologie	28
	2.4 Hydrologie	30
	2.4.1 Peilbuisgegevens	31
	2.5 Landschap	32
	2.6 Vegetatie	33
3	Bodemkartering	34
	3.1 Methode	34
	3.2 Bodemkaart	34
	3.2.1 Bodemeenheden	35
	3.3 Toevoegingen ondergrond	38
	3.4 Vergraven gronden	39
	3.5 Humusprofielen	40
	3.6 pH-profielen	45
	3.7 Grondwatertrappenkaart	48
4	Landschapsecologische positie	49
	4.1 Fysisch-Geografische secties en -series	49
	4.2 Fysisch-Geografische typen	51
	4.3 Fysiotopen	53
5	Bodemgeschiktheid voor bosbouw	54
	5.1 Methode	54
	5.2 Variatie op basis van reliëf	55
	5.3 Beoordelingsfactoren	60
	5.3.1 Ontwateringstoestand	60
	5.3.2 Vochtleverend vermogen	62
	5.3.3 Voedingstoestand	65
	5.3.4 Zuurgraad	66
	5.4 Relatie tussen boomgroei en beoordelingsfactoren	67
	5.5 Bodemgeschiktheidskaart voor bosbouw	70


6	Natuurpotenties	72
6.1	Natuurbeheerplan Provincie Overijssel	73
6.2	Potentiële vegetaties	77
6.3	Affiniteit van beheertypen met Fysisch-Geografische eenheden	78
6.4	Abiotische randvoorwaarden beheertypen	81
6.5	Realisatiekansen en Knelpunten beheertypen	83
6.5.1	Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG)	83
6.5.2	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)	84
6.5.3	Droogtestress	85
6.5.4	Zuurgraad	86
6.5.5	Conclusies bij affiniteitrealisatiekansen en knelpunten	86
6.6	Andere mogelijkheden	87
6.7	Sturen met boomsoortkeuze	89
	Literatuur	93
	Bijlage 1 Humusprofielen	96
	Bijlage 2 pH-profielen	99
	Bijlage 3 Plantengemeenschappen binnen doeltypen	100
	Bijlage 4 Potentiële vegetaties binnen Fysisch-Geografische eenheden	105


Kaarten, in bijgevoegd pdf-bestand:


Kaart 1 Boorpuntenkaart 


Kaart 2 Bodemkaart 


Kaart 3 Toevoegingen ondergrond 


Kaart 4 Vergravingen 


Kaart 5 Grondwatertrappen 


Kaart 6 Geomorfologie 


Kaart 7 Fysiotopen naar vochtklasse 

Kaart 8 Ontwateringstoestand Mediaan 


Kaart 9 Vochtleverend vermogen Mediaan 

Kaart 10 Voedingstoestand 

Kaart 11 Zuurgraad 

Kaart 12 Geschiktheidsbeoordeling voor bosbouw 

Kaart 13_1 t/m 13_10 Groeiverwachting voor boomsoorten 

Kaart 14 Affiniteit beheertypen met Fysisch-geografische typen 

Kaart 15 Kansen verbetering zuurgraad 

Woord vooraf

Na een periode van verminderde nadruk op de houtteelt is de laatste jaren de belangstelling hiervoor weer toegenomen. Om het beheer gericht op houtteelt te kunnen verbeteren, maar ook om een optimale invulling aan de natuurfuncties te geven, is inzicht in de mogelijkheden van de bodem essentieel. Om die reden heeft Stichting Twickel door Wageningen Environmental Research (Alterra) bij wijze van pilot een bodemkartering laten uitvoeren, met een beoordeling van de bodemgeschiktheid voor bosbouw en natuur. Bij de uitvoering van deze kartering en de interpretatie van de resultaten is gewerkt volgens de door WEnR ontwikkelde methode van 'De Landschapsleutel'. Dankzij een bijdrage van TKI-Water kon in een parallel project gewerkt worden aan de ontwikkeling van nieuwe tools en concepten om deze methode te verbeteren en efficiënter te maken. Daarmee kunnen vergelijkbare karteringen in de toekomst efficiënter uitgevoerd worden. Ook hopen wij in de nabije toekomst de methode nog verder door te kunnen ontwikkelen en de geïntroduceerde concepten verder te verbeteren en te onderbouwen.

Wij danken Stichting Twickel voor het in ons gestelde vertrouwen en hopen dat de resultaten zullen bijdragen aan een verdere optimalisatie van het prachtige landgoed. In het bijzonder danken we de heren H. Gierveld, G.J. Roelofs en R. Schuurman voor de begeleiding, adviezen en het geduld. Collega Rienk-Jan Bijlsma (WEnR) zijn wij zeer erkentelijk voor het kritisch doornemen van het conceptrapport waardoor een aantal aspecten duidelijker verwoord en beter onderbouwd konden worden.

Wageningen, december 2017

Bas van Delft
Willy de Groot
Gilbert Maas

Samenvatting

Achtergrond en werkwijze

Om de bedrijfsvoering van het Landgoed Twickel bij Delden (Overijssel) te kunnen optimaliseren, is behoefte aan gedetailleerde informatie over de bodemgeschiktheid voor bosbouw en natuur. Om daar inzicht in te krijgen, is door Wageningen Environmental Research (Alterra) in een pilot een bodemkartering uitgevoerd op 288 ha rondom de kern van het landgoed. De bevindingen zijn vastgelegd op een bodemkaart en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10.000, en een daarvan afgeleide geomorfologische kaart waarin het reliëf en de afzettingen in relatie tot de geologische genese zijn samengevat. Voor de interpretatie van de verzamelde gegevens is gewerkt volgens een Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) waarbij de aanpak van de 'Landschapsleutel' is gehanteerd. Dit houdt in dat de geomorfologische kaart en de bodemkaart zijn vertaald naar Fysisch-Geografische eenheden waarbinnen de bodemkenmerken die van belang zijn voor de boomgroei en/of de ontwikkeling van natuurlijke vegetatie homogeen zijn. Binnen deze eenheden zijn de bodemgeschiktheid voor bosbouw en de natuurpotenties beoordeeld.

Geologie, geomorfologie en bodem

De geologische opbouw van het gebied is complex. In de ondergrond komen tertiaire kleien voor die zeer lokaal ook aan maaiveld gevonden worden. De landijsbedekking tijdens het Saalien is sterk bepalend geweest voor de huidige geomorfologie en bodem. Door het landijs zijn stuwwallen opgedrukt (o.a. de stuwwal van Delden) en is onder het ijs keileem afgezet. Smeltwater heeft voor sterke erosie gezorgd, waarbij o.a. een diep 'tunneldal' is uitgesleten ter hoogte van het huidige beekdal van de Oelerbeek/Azelerbeek. Ook zijn delen van de keileempakketten en tertiaire kleien weggespoeld door dit smeltwater. Tijdens de laatste ijstijd is veel zand, grind en leem lokaal verplaatst door sneeuwsmelwater en wind, waardoor de door het landijs gevormde geulen en dalen weer deels zijn opgevuld en lokaal ook ruggen in het landschap zijn ontstaan.

Het door deze krachten gevormde reliëf en de geologische opbouw bepalen de grondwaterstanden en -stromingen in het gebied. Omdat vrijwel overal voor water slecht doorlatende lagen van tertiaire klei en keileem binnen enkele meters onder maaiveld, of zelfs aan maaiveld, beginnen, zakt het water niet snel naar de ondergrond. Door het stagneren van water op deze ondoorlatende lagen kwamen oorspronkelijk zeer natte gronden voor, die door het graven van diepe greppels en sloten en het aanleggen van rabatten nu sterker ontwaterd zijn. Van de hogere delen in het landschap stroomt het water over de leemlagen naar de lagere delen, waar het onder natuurlijke omstandigheden als (lokale) kwel weer aan maaiveld komt. Ook hier is door maatregelen de ontwatering sterk toegenomen waardoor zeer natte gronden niet veel meer voorkomen en kwelwater voornamelijk door sloten wordt afgevoerd. Alleen in het Bornse Veld en Bokdammerveld komen nog zeer natte gronden voor.

Om de bodem te karteren, zijn 167 grondboringen verricht tot ca. 1,8 m en een maximale diepte van 2,45 m. Hierbij zijn het bodemprofiel en het humusprofiel beschreven en is een inschatting gemaakt van het grondwaterstandverloop. Bij 40 profielen is ook het verloop van de zuurgraad met de diepte opgenomen (pH-profiel). Bij elke boorlocatie is een korte beschrijving gemaakt van de voorkomende vegetatie. Op basis van de profielbeschrijvingen, het reliëf en andere veldkenmerken is de verbreiding van bodemtypen (kaart 2) en grondwatertrappen (kaart 5) in kaart gebracht. Het grootste deel van het gekarteerde gebied bestaat uit kalkloze zandgronden (136 ha) die deels onder invloed van kwel in de lagere delen zijn ontstaan (beekeerdgronden en beekvaaggronden) of waar een meer laterale grondwaterstroming over de keileem of de tertiaire klei heeft plaatsgevonden (gooreerdgronden en vlakvaaggronden). Ook de podzolgronden hebben een groot aandeel (110 ha). Deze zijn gevormd onder invloed van infiltrerend neerslagwater op de hogere terreindelen. Op 20 ha komen oude kleigronden voor waar de keileem of de tertiaire klei ondieper dan 40 cm begint. Rondom deze oude kleigronden komen deze afzettingen meestal binnen 120 cm of iets dieper voor, wat met een toevoeging op de bodemkaart is weergegeven. Door bodemophoging tijdens de aanleg van het

landgoed of als gevolg van potstalbemesting zijn op 13 ha dikke eerdgronden ontstaan. Verder komen op 4,3 ha stuifzandgronden en op 2 ha moerige gronden voor met een dunne, venige bovengrond. Afwijkende lagen in de ondergrond zijn met toevoegingen aangegeven op de bodemkaart en daarnaast op een aparte kaart (3) aangegeven. Naast de het hiervoor genoemde keileem en oude klei gaat het om grof zand en om kalkrijke leem die is afgezet op de bodem van smeltwatermeren. Deze afwijkende lagen zijn van belang voor de grondwaterstroming en bewortelingsmogelijkheden en in het geval van de kalkrijke leem ook voor het zuurbufferend vermogen van de bodem.

Waterhuishouding

Een deel van de gronden is bij bosaanleg diep vergraven en er zijn rabatten aangelegd om de ontwatering te bevorderen. Beide maatregelen zijn van invloed op de bewortelingsmogelijkheden en daarmee ook op de geschiktheid van de bodem voor bosbouw. Op kaart 4 is aangegeven waar vergraven gronden voorkomen.

Op basis van de pH-profielen is beoordeeld waar kwel kan voorkomen en of deze de wortelzone bereikt. Dat blijkt niet het geval. Door ontwatering komen in alle voormalige kwelgevoede bodems neerslaglenzen voor. Het grootste deel van het gekarteerde gebied omvat dan ook infiltratieprofielen met een tendens tot (verdere) verzuring.

Het grondwaterstandverloop is in de boringen geschat als Gemiddeld Hoogste en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GHG en GLG). Op basis daarvan zijn grondwatertrappen toegekend. De verbreiding van de grondwatertrappen is gekarteerd met hulp van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) en weergegeven op kaart 5. Vanwege de slecht doorlatende ondergrond komt grondwatertrap V (Vao, Vbo) het meest voor. Hierbij kunnen door stagnatie ondiepe grondwaterstanden in de winter voorkomen, maar kan, als het stagnatiewater verdwenen is, in de zomer een veel diepere grondwaterstand voorkomen. In de lagere delen komen vooral grondwatertrap III en in mindere mate II en I voor, waarbij in de natste delen water tijdelijk boven maaiveld kan staan. Op hogere delen en de dekzandruggen komen grondwatertrap VI en VII voor.

Landschapsecologische positie

De landschapsecologische positie van de gronden is volgens de indeling van de Landschapsleutel bepaald aan de hand van geomorfologische kaart (6) en de bodemkaart (2). Op het niveau van Fysisch-Geografische secties zijn vooral de 'Glaciale gebieden' (HzG), 'Dekzandgebieden' (HzD) en 'Beekdalen' (HzB) van belang, daarnaast de 'Stuifzandgebieden' (HzS) en 'Oude bouwlanden' (HzO). Op de lagere niveaus komen hierbinnen dertien Fysisch-Geografische series voor die de ontstaanswijze en het reliëf van het landschap beschrijven, wat de basis is voor de hydrologische positie tijdens de bodemvorming. Deze door hydrologie bepaalde bodemvorming (podzolering, kwelinvloed) komt tot uiting in het laagste niveau: de Fysisch-Geografische typen. Omdat de FG-typen zijn gebaseerd op de hydrologische positie tijdens de bodemvorming, en deze veranderd kan zijn door bijvoorbeeld ontwatering, is een nadere onderverdeling gemaakt in Fysiotopen op basis van klassen in de actuele ontwateringstoestand binnen de grondwatertrappen en verder op basis van rabatten en leemarme of grofzandige bodems waarin het vochtleverend vermogen beperkt is. Hierdoor wordt een groot aantal fysiotopen onderscheiden waarbinnen de geschiktheidsbeoordelingen zijn uitgevoerd. Een selectie van deze fysiotopen is weergegeven in kaart 7.

Bodemgeschiktheid voor de bosbouw

De bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw is gebaseerd op een methode die in de jaren 1970-1980 door de Stichting voor Bodemkartering is ontwikkeld (De Stiboka-methode). Deze methode maakt gebruik van beoordelingsfactoren (ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, voedingstoestand en zuurgraad) die afgeleid worden uit bodemeigenschappen, het grondwaterstandverloop en de natuurlijke vegetatie. Voor verschillende combinaties van deze beoordelingsfactoren wordt de groeiverwachting voor veertien boomsoorten ingeschat in drie klassen (goede groei, normale groei of matige groei). Deze groeiverwachtingen worden vervolgens weer samengevat in geschiktheidsklassen op basis van het aantal boomsoorten met een goede of normale groei.

Voor deze kartering is de methode op onderdelen verder doorontwikkeld en deels geautomatiseerd. Met name door het gebruik van GIS-technieken en de beschikbaarheid van gedetailleerde hoogtekarten (AHN) is het mogelijk verschillen binnen kaartvlakken te beoordelen. Voor het beoordelen van de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen is de variatie in het reliëf binnen de kaartvlakken gebruikt om de waarden in het boorpunt te extrapoleren.

De ontwateringstoestand geeft aan de hand van de GHG aan hoe diep de bodem ontwaterd is; hierbij worden vijf gradaties onderscheiden: van zeer diep ($\text{GHG} \geq 80 \text{ cm} - \text{mv.}$) tot zeer ondiep ($\text{GHG} < 15 \text{ cm} - \text{mv.}$). Op kaart 8 is de ontwateringstoestand weergegeven, waarbij per kaartvlak de mediane gradatie is opgenomen, dat wil zeggen de gradatie die hoort bij de GHG-waarde waarvoor geldt dat de helft van het vlak droger is en de andere helft natter. Binnen de meeste kaartvlakken komen ook nattere en drogere delen voor die tot een andere gradatie voor de ontwateringstoestand gerekend moeten worden. Dat is opgenomen in het onderliggende GIS-bestand dat aan de opdrachtgever geleverd is en wordt weergegeven door cirkeldiagrammen bij elk boorpunt. De kleurintensiteit van het kaartvlak geeft aan wat het relatieve aandeel van de mediane gradatie is binnen het kaartvlak. De dekzandruggen zonder slecht doorlatende lagen hebben een zeer diepe of vrij diepe ontwateringstoestand. In de lagere delen en de vlakken waar ondiep klei of leem voor komt hangt de ontwateringstoestand sterk af van het voorkomen van greppels en rabatten. Hierdoor hebben veel oorspronkelijk natte gronden toch een matig diepe tot zeer diepe ontwateringstoestand. De delen met een natuurfunctie in Bornse Veld en Bokdammerveld hebben een zeer ondiepe of vrij ondiepe ontwateringstoestand.

Het vochtleverend vermogen is zowel afhankelijk van de grondwaterstanden tijdens het groeiseizoen als van de profielopbouw (bewortelbare diepte, textuur, vochthoudend vermogen, capillaire eigenschappen). Ook hierbij worden vijf gradaties onderscheiden: van zeer groot ($\geq 200 \text{ mm}$ vocht tijdens het groeiseizoen) tot zeer gering ($< 50 \text{ mm}$). Voor het inschatten van het vochtleverend vermogen is gebruikgemaakt van landelijk beschikbare bodemfysische metingen in een groot aantal typen ondergronden en bovengronden (bouwstenen). Met behulp van een computerprogramma zijn alle profielbeschrijvingen vertaald naar bodemfysische bouwstenen en is berekend hoeveel vocht elk profiel kan leveren gedurende het groeiseizoen van 1 april tot 1 september. Omdat binnen een kaartvlak hogere (drogere) en lagere (nattere) delen voor kunnen komen, zal – net als bij de ontwateringstoestand – het vochtleverend vermogen binnen een vlak variëren. Ook hierbij is het AHN gebruikt om de variatie in vochtleverend vermogen binnen het kaartvlak te berekenen. Op dezelfde wijze als bij de ontwateringstoestand is op kaart 9 het vochtleverend vermogen aangegeven. De kleur van het vlak geeft de mediane gradatie aan, waarbij de intensiteit van de kleur laat zien hoe groot het aandeel daarvan is. De variatie over de gradaties binnen het kaartvlak is opgenomen in het GIS-bestand en weergegeven met de cirkeldiagrammen bij de boringen. Vanwege de goede doorwortelbaarheid, de overwegend lemige bodems en ondiepe grondwaterstanden heeft het grootste deel van het gekarteerde gebied een zeer groot of vrij groot vochtleverend vermogen. Alleen leemarme of grofzandige bodems met een diepere grondwaterstand hebben een matig of vrij gering vochtleverend vermogen.

In de Stiboka-methode wordt een vegetatiekartering gebruikt om, in combinatie met de bodemkaart, een inschatting te maken van de voedingstoestand. Hier worden vijf gradaties onderscheiden, van zeer hoog tot zeer laag. In dit project is geen vegetatiekartering uitgevoerd en een reeds beschikbare vegetatiekaart bleek niet te vertalen te zijn naar de voor deze methode gebruikelijk indeling volgens Bannink et al. (1973). Om toch een uitspraak te kunnen doen over de voedingstoestand, is bij de boorpunten een korte beschrijving gemaakt van de vegetatie. Hiermee is achteraf per boorpunt het vegetatietype volgens Bannink (et al.) afgeleid en, in combinatie met de bodemkaart, vertaald naar een gradatie voor de voedingstoestand op de boorlocatie. Met behulp van de fysiotopen is dit geëxtrapoleerd naar kaartvlakken waarna nog een handmatige correctie is toegepast (kaart 10). Het grootste deel van het gekarteerde gebied heeft een vrij lage voedingstoestand. Dat is vooral het geval in de podzolgronden waar de bodem verarmd is door uitspoeling. In mineralogisch wat rijker materiaal en binnen de beekerdgronden en beekvaaggronden, waar met kwelwater juist mineralen zijn aangevoerd, is de voedingstoestand matig tot vrij hoog. Op de hei en enkele aangrenzende dennenbossen is de voedingstoestand zeer laag.

De zuurgraad is op kaart 11 beoordeeld aan de hand van de pH-profielen waarbij de op 25 cm diepte als maatgevend is genomen. Alle zandgronden en moerige gronden binnen het gekarteerde gebied zijn sterk zuur of zelfs zeer sterk zuur. Alleen de kalkhoudende leembodem in het zuiden van Strampenveld heeft een neutrale zuurgraad.

Per kaartvlak van de fysiotopenkaart zijn de gradaties van de beoordelingsfactoren gecombineerd om de groeiverwachting voor de boomsoorten af te kunnen leiden. Omdat de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen variatie vertonen binnen de kaartvlakken, wordt ook een variatie in de groeiverwachtingen gevonden. Op kaart 12 en 13 is dat aangegeven door verschillen in kleurintensiteit binnen elke klasse. Kaart 12 geeft de samengestelde geschiktheidsklassen weer, in kaart 13.1 t/m 13.10 is voor de individuele boomsoorten, of een combinatie van boomsoorten met gelijke beoordeling, de groeiverwachting weergegeven, waarbij ook weer per boorpunt de variatie binnen het vlak is aangegeven met een cirkeldiagram. Op 62% van de oppervlakte zijn beperkte mogelijkheden; gronden met ruime mogelijkheden (vooral in de beekdalen) en gronden met weinig mogelijkheden (vooral in Bornse Veld en Bokdammerveld) omvatten beide 19%.

Natuurpotenties

Onder natuurpotenties worden kansen verstaan voor ontwikkeling of herstel van (half)natuurlijke vegetaties die passen bij de landschapsecologische positie en afhankelijk van het gebruik van het perceel als bos, heide, grasland of bouwland, in het verleden hebben kunnen voorkomen. De huidige abiotische toestand kan door verdroging, verzuring, stikstofdepositie of voormalig agrarisch gebruik sterk afwijken van de situatie in een referentieperiode, vóór de veranderingen die tot deze toestand hebben geleid. Hierdoor kunnen de realisatiekansen (potenties) voor deze vegetaties sterk verlaagd zijn. Door middel van een knelpuntenanalyse kan bepaald worden welke standplaatsfactoren (vochttoestand, voedselrijkdom, zuurgraad) niet aan de randvoorwaarden voldoen en welke maatregelen nodig zijn om hier verbetering in aan te brengen.

De natuurpotenties van de gekarteerde bodems zijn bepaald in relatie tot de SNL-beheertypen die in het provinciaal Natuurbeheerplan zijn vastgesteld. Dit betreft vooral N16.01 'Droog bos met productie', waarbij zowel natuurwaarden als houtproductie een rol spelen. In het Bornse Veld en Bokdammerveld zijn ook N06.04 'Vochtige heide' en N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos' aanwezig waarin de natuurfunctie dominant is. Om de potenties voor natuur te beoordelen, is eerst de 'affiniteit' van het beheertype met de fysisch-geografische eenheid waarbinnen het voorkomt, bepaald. Daarvoor is het aantal plantengemeenschappen dat zowel kenmerkend is voor het beheertype als hoort bij de potentiële vegetaties voor het Fysisch-Geografische type, vergeleken met het aantal gemeenschappen binnen deze potentiële vegetaties en binnen de kenmerkende vegetaties voor het beheertype. Dit levert een affiniteitsindex op (tussen 0 en 1) die de affiniteit van het beheertype met een FG-type aanduidt. Deze affiniteit is weergegeven op kaart 14, waarbij de intensiteit van de kleur bepaald wordt door de hoogte van de index voor het geldende beheertype. Deze affiniteitsindex geeft weer in welke mate de kenmerkende vegetatietypen van het beheertype passen bij de potenties vanuit de bodem. Of het beheertype verder tot ontwikkeling kan komen of duurzaam in stand kan blijven, hangt af van de mate waarin voldaan wordt aan de abiotische randvoorwaarden die de plantengemeenschappen binnen het beheertype stellen aan bijvoorbeeld grondwaterstanden en zuurgraad. Dit is voor de belangrijkste beheertypen beoordeeld, waarbij voor het hele gebied randvoorwaarden zijn beoordeeld binnen de voorkomende grondwatertrappen en gradaties voor de zuurgraad. Voor N06.04 'Vochtige heide' corresponderen de grondwaterstanden en zuurgraad binnen de percelen waar dit beheertype is aangegeven vrij goed met de randvoorwaarden. Voor N15.02 'Dennen- eiken- en beukenbos' zijn de gronden aan de natte kant waardoor vooral de natste varianten van dit beheertype voorkomen. Buiten de aangewezen percelen zijn de bodems in het grootste deel van het gekarteerde gebied potentieel geschikt voor N06.04, hoewel door ontwatering de grondwaterstanden vaak te laag zullen zijn. Voor N15.02 is ook het grootste deel geschikt, met uitzondering van de beekdalen waar de mogelijkheden voor N14.01 'Rivier- en beekbegeleidend Bos' in potentie goed zijn, maar de realisatiekansen zijn ook hier laag door de diepe grondwaterstanden. Voor de kalkrijke leemgrond in het zuiden van Strampenveld zou omvorming naar nat schraalland overwogen kunnen worden. N17.01 'Vochtig hakhout en middenbos' past goed bij de gronden met stagnatie op keileem in de Ruwe Braak en in mindere mate in de beekdalen aan de randen van het gebied.

Behalve door het wegvallen van kwel in de voorheen door kwel beïnvloede bodems in beekdalen en aan de rand van het hoger gelegen centrale deel, zijn veel van de bosbodems vrij sterk verzuurd door het strooisel van eik, beuk en naaldhout. Ook buiten de (voormalige) kwelinvloed zijn bodems die oorspronkelijk nog een redelijke zuurbuffer hadden, verzuurd. In een deel van het gebied zijn mogelijkheden om deze verzuring te mitigeren door de aanplant van boomsoorten met goed verteerbaar strooisel die in staat zijn basen (zuurbuffer) uit de ondergrond op te nemen en via het strooisel in de bovengrond te brengen, het 'Linde-effect'. Op kaart 15 is aangegeven waar deze aanpak ingezet kan worden.

1 Inleiding

Landgoed Twickel (provincie Overijssel, gemeente Hof van Twente) wil de bodem van haar terreinen in kaart brengen om de geschiktheid voor bosbouw en de potenties voor natuur in beeld te krijgen. Om de bruikbaarheid van de door Alterra gebruikte methoden te verkennen, is bij wijze van pilot een deel van het landgoed in kaart gebracht en beoordeeld.

1.1 Achtergrond

Om de bedrijfsvoering van het landgoed te optimaliseren, is behoefte aan meer inzicht in de bosbouwkundige mogelijkheden van de gronden, gericht op de groeiverwachting van diverse boomsoorten. Voor de gronden met een functie 'natuur' is inzicht gewenst in de potenties voor het optimaliseren van het beheer, waardoor relatief dure beheermaatregelen – zoals 'maaien en afvoeren' of een omvormingsbeheer van bos – ingezet kunnen worden op percelen waar goede potenties liggen voor hoogwaardige natuur en bij minder kansrijke percelen volstaan kan worden met minder kostbaar beheer. Zowel de bosbouwgeschiktheid als de natuurlpotenties worden voor een groot deel bepaald door de bodemkundige en hydrologische eigenschappen van het terrein. Daarom is een gedetailleerde kartering van bodem en grondwatertrappen (schaal 1 : 10.000) uitgevoerd en is de bodemgeschiktheid voor bosbouw beoordeeld en een inschatting gemaakt van de natuurlpotentie in een deel van het Landgoed Twickel¹.

Bodemgeschiktheid voor bosbouw

In de periode van 1977 t/m 1989 werd door de Stichting voor Bodemkartering en haar opvolger DLO-Staring Centrum bij boswachterijkarteringen voor Staatsbosbeheer gebruikgemaakt van een systeem voor bodemgeschiktheidsbeoordeling dat is gebaseerd op een aantal bodemfactoren of beoordelingsfactoren (Waenink & Van Lynden 1988, 1989; Van Delft & Maas 1988; Ten Cate et al. 1995D). Daarnaast is het systeem ook voor andere toepassingen ingezet, bijvoorbeeld bij het beoordelen van droogteschade door waterwinningen (o.a. Van Delft 1991; Vroon 2001; CDG 2002, Nierop 2010). Eind jaren tachtig verschoof de puur houtteeltkundige functie naar meervoudige functies van het bos en de daaruit voortvloeiende doelstelling van de bosbouw, waardoor de vraag naar dit type karteringen afnam. Recentelijk is echter de belangstelling voor houtteelt weer toegenomen, vanuit de vraag naar biomassa, trends in de richting van vergroening van de economie en het duurzaam toepassen van hout en vezels in vele nieuwe toepassingen (Nabuurs et al. 2016). Voor dit onderzoek is de methode deels gemoderniseerd door het toepassen van digitale technieken en de mogelijkheden van een GIS (Geografisch Informatie Systeem) die in de jaren tachtig nog niet beschikbaar waren. Ook de methoden voor het bepalen van het vochtleverend vermogen en ontwateringstoestand zijn verbeterd door de beschikbaarheid van het AHN (Algemeen Hoogtebestand Nederland) en meer bodemfysische gegevens en -rekenmethoden (zie hoofdstuk 5).

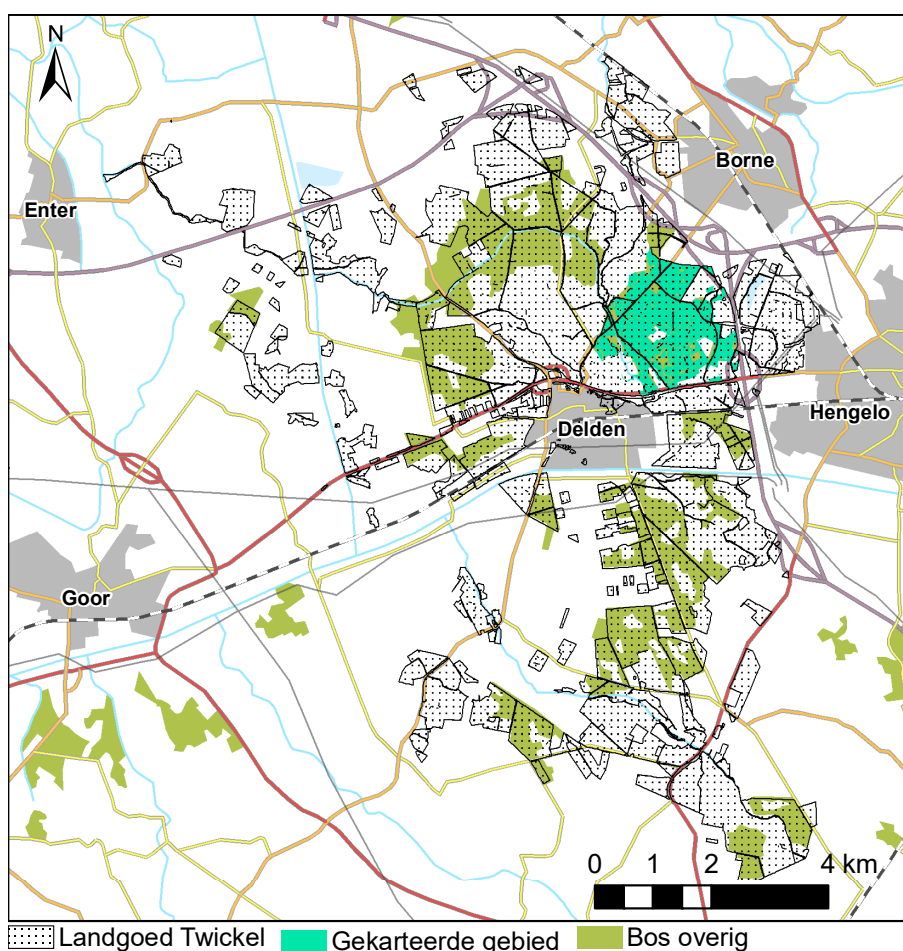
In het bodemgeschiktheidssysteem voor bosbouw wordt niet alleen gebruikgemaakt van bodemkaarten en grondwatertrappenkaarten, maar tevens van een vegetatiekaart volgens de indeling van Bannink et al. (1973). Wegens het ontbreken van een dergelijke kaart is in deze kartering gezocht naar andere oplossingen om de beoordelingsfactoren 'voedingstoestand' en 'zuurgraad' in te schatten (§ 2.6).

¹ Parallel aan deze kartering en geschiktheidsbeoordeling loopt een project waarin gewerkt wordt aan toepassing van de Landschapsleutel voor bosbouw en natuur. In het kader daarvan is een aantal tools in ontwikkeling waarmee de geschiktheidsbeoordeling beter en efficiënter uitgevoerd kan worden. Voor de ontwikkeling daarvan zijn de gegevens van deze kartering gebruikt. De resultaten zijn opgenomen in dit rapport. <https://www.wur.nl/nl/project/Toepassing-Landschapsleutel-bosbouw-en-natuur.htm>.

Natuurpotenties

Voor het bepalen van de natuurpotenties is door Alterra en een aantal partners een 'Leidraad voor natuurontwikkeling', 'De Landschapsleutel' ontwikkeld (Kemmers et al. 2011; Van Delft et al. 2015). Met deze methode wordt op basis van geomorfologie en bodemkaart de landschapsecologische positie van een terrein bepaald. Hiermee kan een 'Landschappelijke bodemkaart' opgesteld worden. Op het laagste niveau worden daarbij 'Fysisch-Geografische typen' onderscheiden. De detailbodemkaart en geomorfologische kaart van het landgoed zijn gebruikt om deze eenheden gedetailleerd in kaart te brengen. Per Fysisch-Geografisch type is een aantal 'potentiële vegetaties' te onderscheiden die karakteristiek zijn voor het FG-type. Door het vergelijken van de abiotische randvoorwaarden (grondwaterstanden, zuurgraad, voedselrijkdom) van deze vegetaties met de actuele situatie kan aangegeven worden welke typen bij de huidige situatie kunnen voorkomen en wat mogelijke knelpunten zijn voor het beheer van de huidige beheertypen volgens de provinciale SNL-beheertypenkaart (hoofdstuk 6) en voor de ontwikkeling van meer ambitieuze natuurdoelen. Deze werkwijze wordt kort toegelicht in § 1.3.2.

1.2 Studiegebied



Figuur 1.1 Ligging van Landgoed Twickel en het gekarteerde gebied.

Het studiegebied omvat een deel van het Landgoed Twickel (ca. 288 ha) ten noordoosten van het kasteel en omvat voornamelijk bos en enkele heidegebieden (Figuur 1.1).

1.3 Onderzoeksvragen en werkwijze

1.3.1 Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen staan centraal in het onderzoek:

Vraag 1: Wat is de plaats van het gebied in het regionale landschap en hoe is dit landschap ontstaan (Landschapsecologische identificatie)?

Volgens de werkwijze in figuur 1.3 worden voor deze vraag het te bestuderen gebied en de omgeving allereerst ingedeeld in een aantal Fysisch-Geografische eenheden (hoofdstuk 5). Voor de identificatie van deze eenheden wordt een hiërarchische indeling gehanteerd met vier niveaus: 6 Fysisch-Geografische regio's, 21 FG-secties, 67 FG-series en 128 FG-typen. De indeling is gebaseerd op geo(morfo)logie, hydrologische positie (ten tijde van de bodemvorming), bodem en antropogene beïnvloeding. Het relatieve belang van deze factoren verschilt per niveau van de indeling. Dat komt tot uiting in de vorm en grootte van de oranje blokken in figuur 1.3. Op het laagste niveau (FG-typen) geeft deze indeling een beschrijving van de landschapsecologische positie ten tijde van de bodemvorming (dus vóór eventuele ontwatering, ontginning etc.). Dat kan min of meer beschouwd worden als de 'natuurlijke uitgangssituatie', maar als gevolg van een aantal irreversibele veranderingen, zoals het verdwijnen van (hoog)veen is dat niet overal mogelijk. Daarom wordt daar het bodemtype dat na de vervening overbleef als uitgangssituatie genomen en worden ook antropogeen beïnvloede typen, zoals oude bouwlanden, onderscheiden. Bij ingerichte terreinen waar een belangrijk deel van de bovengrond is verwijderd (natuurontwikkeling), is de bodemopbouw zo sterk veranderd dat een ander bodemtype is ontstaan (bijvoorbeeld vlakvaaggronden) waarbij ook andere potenties horen.

De plaats van het gebied in het regionale landschap en het ontstaan van dat landschap wordt behandeld in hoofdstuk 4 met een beschrijving van het gekarteerde gebied en de omgeving tot het niveau van Fysisch-Geografische serie en meer in detail voor het gekarteerde deel van Landgoed Twickel zelf tot het niveau van Fysisch-Geografische typen en Fysiotopen in § 4.3.

Vraag 2: Welke abiotische condities gelden als voorwaarde voor een goede bijgroei van boomsoorten en het gunstig functioneren van vegetaties en hoe worden deze condities bepaald door kenmerken van bodem en waterhuishouding binnen landschappelijk-bodemkundige eenheden?

De abiotische randvoorwaarden voor een optimale bijgroei van boomsoorten worden in de methode aangeduid als 'beoordelingsfactoren'. Deze worden besproken in § 5.3.

De Fysisch-Geografische typen vormen het laagste niveau in de indeling van de Landschapsleutel, omdat dit het niveau is waarop de primaire factoren homogeen zijn (zie § 1.3.1). Voor het bepalen van de natuurpotenties zijn in de Landschapsleutel per FG-type een aantal potentiële vegetaties aangegeven op het niveau van associaties en soms subassociaties, die afhankelijk van de actuele abiotische situatie zouden kunnen voorkomen in verschillende structuurtypen of successiestadia (pioniervegetaties, graslanden, struweel of bos). De potentiële vegetaties worden besproken in § 6.2. Welke structuurtypen en bijbehorende plantengemeenschappen kunnen voorkomen, hangt af van het beheer. Voor dit onderzoek is uitgegaan van de vegetatietypen die horen bij de SNL-beheertypen binnen het gekarteerde deel van Landgoed Twickel. In § 6.4 is aangegeven welke abiotische randvoorwaarden gelden voor deze doeltypen.

Vraag 3: Wat zijn de actuele abiotische condities en hoe verhouden deze zich tot de randvoorwaarden voor een goede bijgroei voor boomsoorten en het gunstig functioneren van (gewenste) vegetaties of vegetatieontwikkelingen (niveau Fysiotop)?

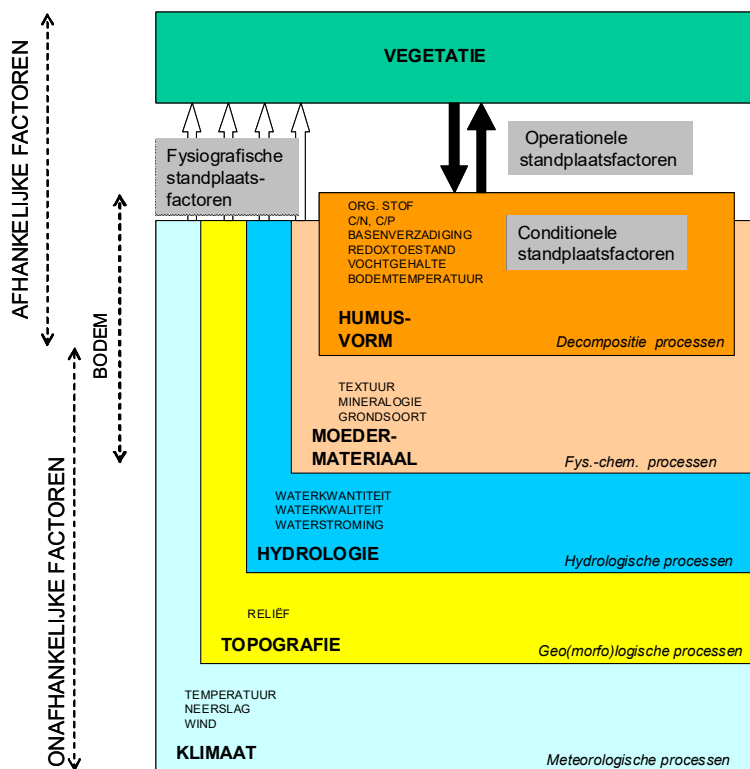
Het antwoord op deze vraag wordt voor de bijgroei van boomsoorten (bodemgeschiktheid voor bosbouw) behandeld in hoofdstuk 5 en voor de natuurpotenties in hoofdstuk 6. Bij de beoordeling van de actuele situatie is gebruikgemaakt van een onderverdeling van de FG-typen op basis van o.a. grondwatertrappen. Dit is een ad-hoc-indeling die als 'Fysiotopen' is aangeduid (§ 4.3). Deze beoordeling volgens de methode van de Landschapsleutel wordt normaal uitgevoerd binnen een perceel of een deel daarvan. In dit onderzoek hebben wij de beoordeling gedaan binnen fysiotopen. Deze benadering is eerder gevolgd bij de een ecohydrologische systeemanalyse in 'Liefstingsbroek'

(Van Delft et al. 2017a), is nieuw ten opzichte van de oorspronkelijke versie van de Landschapsleutel en moet gezien worden als een operationalisering van de methode bij karteringen.

1.3.2 Landschapsecologische systeemanalyse

Om te komen tot een beoordeling van de bodemgeschiktheid voor bosbouw en de potenties voor natuur, is een goed en gedetailleerd inzicht nodig van de abiotische (en biotische) gesteldheid van het gebied. Hiervoor is een Landschapsecologische SysteemAnalyse (LESA, Van der Molen et al. 2010, Kemmers et al. 2011) uitgevoerd, deels op basis van beschikbare (literatuur)gegevens en op basis van de uitgevoerde detailbodempkartering en overige veldwaarnemingen. In deze paragraaf wordt het principe van de LESA in algemene zin toegelicht. De aanpak volgens de Landschapsleutel, zoals in dit onderzoek is toegepast, is beschreven in § 1.3.3.

Een LESA brengt het krachtenveld in kaart van alle relevante ecosysteemvormende factoren voor vegetatieontwikkeling. Als het ecosysteem als een apparaat zou worden beschouwd, dan is een vegetatietype het product (of de dienst) dat het apparaat geacht wordt te leveren (vgl. ecosysteemdienst). Een systeemanalyse verschaft inzicht in de structuur en werking van het apparaat en het krachtenveld dat nodig is om het apparaat te laten werken en het vegetatietype te produceren. Dezelfde principes gelden ook voor de (bodem)geschiktheid voor bosbouw, omdat hier ook voornamelijk natuurlijke processen en krachtenvelden bepalend zijn voor de mogelijkheden die een groeiplaats biedt.



Figuur 1.2 Overzicht van het hiërarchisch stelsel van ecosysteemfactoren in relatie tot de vegetatieontwikkeling. Zowel primaire factoren als secundaire factoren beïnvloeden de ontwikkeling van de vegetatie. De primaire factoren worden niet door de zich ontwikkelende vegetatie beïnvloed en zijn daarom onafhankelijk. Secundaire factoren zijn wel afhankelijk van de vegetatieontwikkeling en veranderen daardoor tijdens de vegetatieontwikkeling.

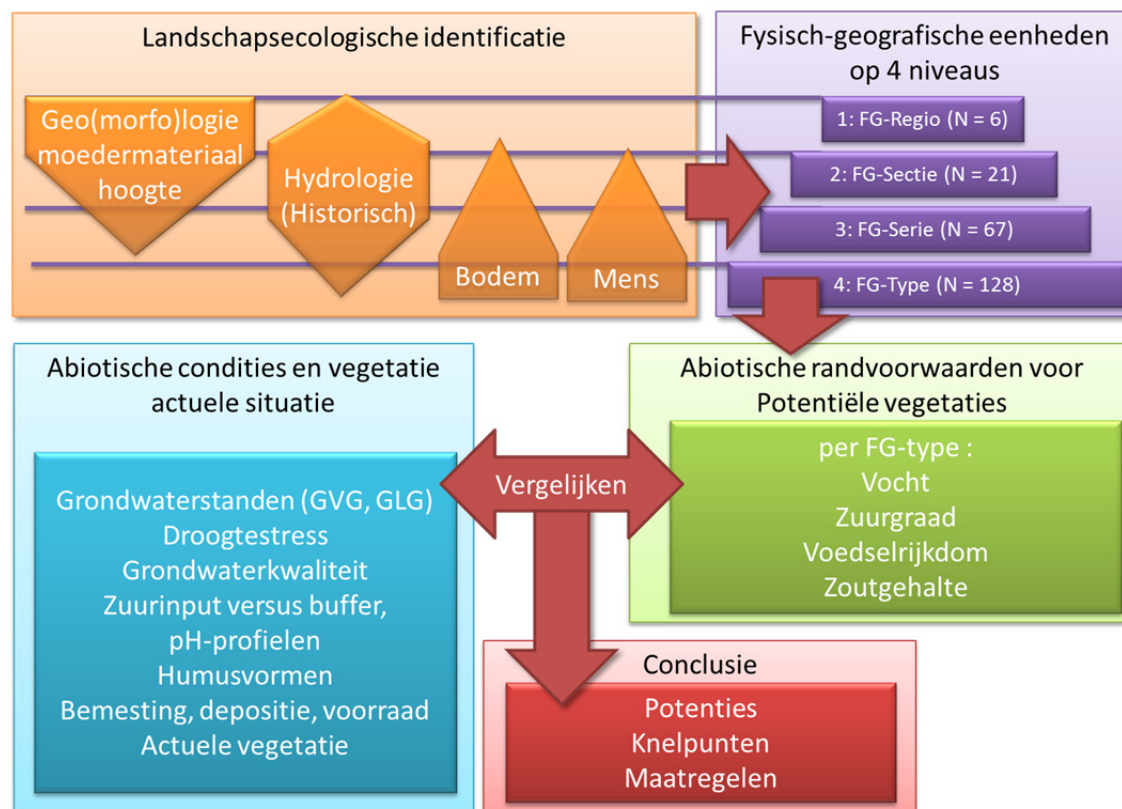
Een Landschapsecologische systeemanalyse is doorgaans gebaseerd op de ecosysteemtheorie van Jenny (1980). Daarbij wordt de ecosysteemontwikkeling verondersteld afhankelijk te zijn van de zgn. onafhankelijke of primaire ecosysteemfactoren klimaat, moedermateriaal, reliëf en hydrologie, biologisch potentieel en leeftijd. Moedermateriaal, reliëf en hydrologie zijn op de schaal van het

Nederlandse landschap het belangrijkste. Fysisch-Geografische typen (zie § 1.3.2) worden gekenmerkt door verschillende combinaties van deze primaire factoren.

Bodemvorming en vegetatieontwikkeling zijn afhankelijk van de primaire factoren. Bodem- en vegetatie-eigenschappen worden daarom secundaire factoren genoemd. Onder bodemvorming verstaan we de ontwikkeling van (veranderlijke) bodemeigenschappen onder invloed van de primaire factoren en de vegetatie. Zo kan via afgestorven plantendelen de organische stofvoorraad in de bodem toenemen. De bij afbraak van organische stof vrijkomende mineralen kunnen uitspoelen, waardoor de bodem zuurder wordt. Het beheer van de vegetatie (graslandbeheer, bosbeheer) speelt daarbij een belangrijke rol. De vegetatieontwikkeling is dus afhankelijk van ecosysteefactoren die via een hiërarchisch stelsel van processen op elkaar inwerken (Figuur 1.2).

Voor het uitvoeren van de LESA voor het gekarteerde gebied en omgeving is eerst een gebiedsbeschrijving gemaakt (hoofdstuk 2) waarin beschikbare geologische, geomorfologische en (geo)hydrologische informatie is verzameld. De beschrijvingen in dat hoofdstuk zijn aangevuld met veldwaarnemingen tijdens de bodemkartering. In dit hoofdstuk worden ook het landschap (§ 2.5) en de vegetatie (§ 2.6) besproken op basis van beschikbare gegevens en eigen waarnemingen. Voor een meer gedetailleerde analyse van het gekarteerde gebied zelf is een bodem- en grondwatertrappenkartering uitgevoerd op schaal 1 : 10.000 (hoofdstuk 3 en § 3.7). Hierbij is ook aanvullende informatie over geologie, geomorfologie en hydrologie verzameld en zijn eenvoudige vegetatiebeschrijvingen gemaakt bij de boorpunten. Met de gedetailleerde geomorfologische kaart en bodemkaart in het gekarteerde gebied en de landelijke kaarten daarbuiten is een landschappelijke bodemkaart gemaakt volgens de hiërarchische indeling in Fysisch-Geografische eenheden van de Landschapsleutel (hoofdstuk 5, zie ook § 1.3.2) die als basis dient voor de beoordeling van de bodemgeschiktheid voor bosbouw (hoofdstuk 5) en de natuurpotenties (hoofdstuk 6).

1.3.3 Aanpak volgens Landschapsleutel



Figuur 1.3 Schematische weergave van de analyse volgens de methode van de Landschapsleutel. In dit schema is de analyse voor natuurlijke vegetaties weergegeven, bij de geschiktheid voor bosbouw wordt een vergelijkbare procedure gevolgd, waarbij de actuele condities vergeleken worden met de abiotische randvoorwaarden die boomsoorten stellen voor een goede bijgroei.

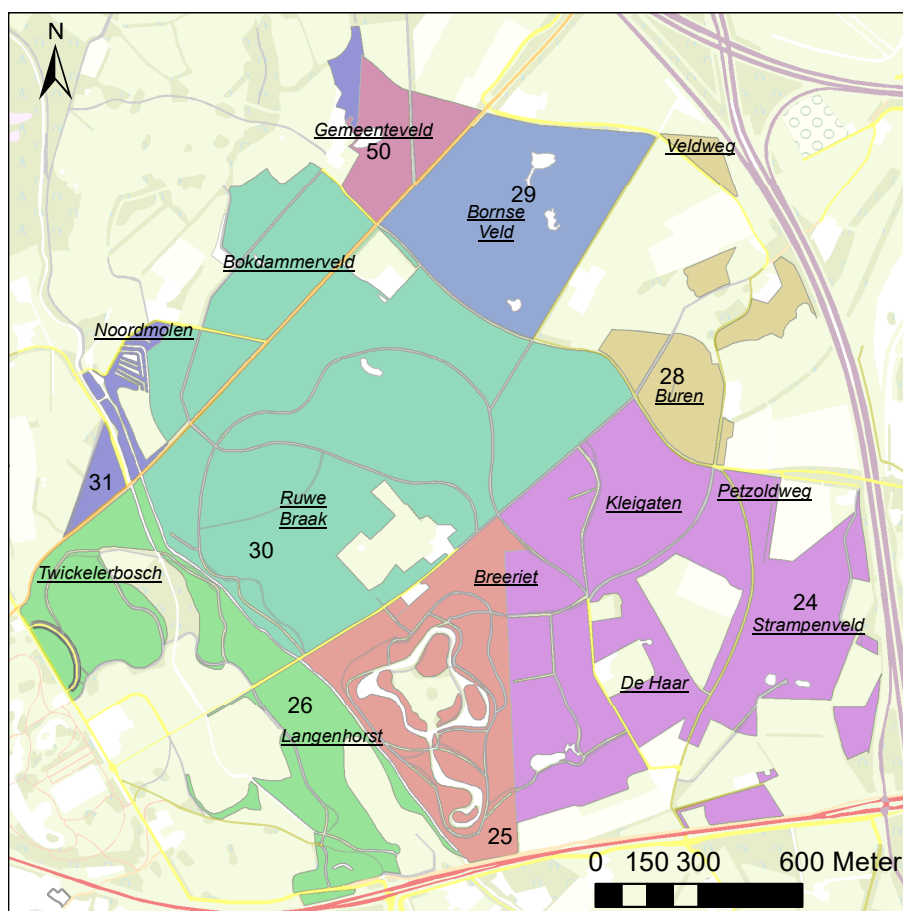
Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, is de aanpak van de Landschapsleutel gevolgd. De Landschapsleutel is een methode die door Alterra (Nu Wageningen Environmental Research) – in samenwerking met een aantal partners – is ontwikkeld om vragen over inrichting en beheer van natuurterreinen op een gestructureerde manier te kunnen beantwoorden (Kemmers et al. 2011; Van Delft et al. 2015). De werkwijze is schematisch weergegeven in figuur 1.3. Centraal staat een LandschapsEcologische SysteemAnalyse (LESA) waarin de abiotische en biotische uitgangssituaties worden beschreven en vergeleken met de ecologische potenties van de standplaatsen in het gebied (§ 1.3.1). Er staan drie vragen centraal waarbij vanuit de regionale landschapsontwikkeling wordt ingezoomd op de actuele lokale situatie. Hieronder worden deze vragen behandeld.

Omdat de methode is ontwikkeld voor de beoordeling van kansen voor natuurontwikkeling of -herstel, zijn de vragen vooral gericht op de realisatiekansen en knelpunten voor (half)natuurlijke vegetaties. In dit onderzoek is de methode ook verweven met de methode voor bodemgeschiktheid voor bosbouw. Hiervoor is dezelfde landschapsecologische indeling gebruikt en zijn eveneens actuele abiotische condities vergeleken met vereisten voor de boomsoorten. Bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw is op het niveau van de fysiotopen beoordeeld wat de gradaties zijn voor beoordelingsfactoren, waarbij rekening gehouden is met variatie binnen kaartvlakken als gevolg van reliëf (zie § 5.2 en 5.3). Bij de beoordeling van de natuurpotenties is hier volstaan met de beoordeling van de mate van overeenkomst in de potentiële vegetaties binnen Fysisch-Geografische eenheden en een meer algemene beoordeling van de overeenkomst van de actuele abiotiek met de randvoorwaarden op het niveau van Fysiotopen. De benadering voor bodemgeschiktheid voor de bosbouw en voor natuurpotenties is dus sterk vergelijkbaar, hoewel de doelen verschillend zijn. Voor bosbouw wordt gestreefd naar de optimalisatie van de productiedoelen door houtsoortkeuze en bijvoorbeeld het vergroten van de ontwatering, terwijl voor natuur verbetering van de (veranderbare) abiotische condities voor de plantengemeenschappen die passen bij de bodem centraal staat. Deze doelen kunnen dus ook conflicterend zijn: een diepere ontwatering die gunstig is voor de bosbouw is funest voor veel natuurdoelen. Dit zal in de betreffende paragrafen worden toegelicht.

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Begrenzing

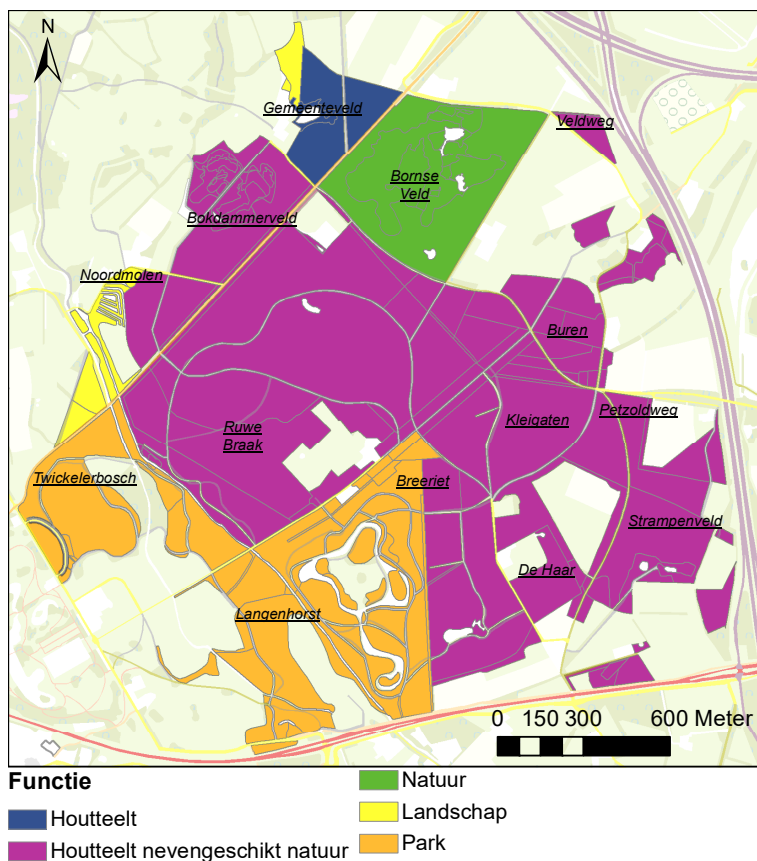
De ligging van het gekarteerde gebied is weergegeven in figuur 1.1. In figuur 2.1 is de begrenzing op grotere schaal weergegeven, met de indeling in vakken en de in de tekst gebruikte veldnamen. De in de bosbeheervisie (Twickel 2014) gebruikte namen voor de vakken komt niet altijd precies overeen met de toponiemen. Zo wordt vak 25 aangeduid als Breeriet, terwijl dit deelgebied ook een deel van vak 24 omvat. In de kaarten (schaal 1 : 10.000) bij dit rapport zijn ook de nummers van de afdelingen aangegeven.



Figuur 2.1 Vakindeling (kleuren en nummers) van het gekarteerde deel van Landgoed Twickel met in de tekst gebruikte toponiemen.

2.2 Beheervisie

In 2014 is de 'Bosbeheervisie Twickel 2014' verschenen (Twickel 2014) waarin per deelgebied is aangegeven wat de beheerdoelstellingen zijn en de achtergronden daarvan. Om hier vorm aan te geven, is het landgoed ingedeeld in planeenheden met verschillende functies, variërend van 'houtproductie' (H), 'houtproductie en natuur gelijkwaardig' (H-N) tot Natuur (N). Daarnaast worden eenheden met de functies 'Landschap' (L) en 'Park' (P). Voor het gekarteerde gebied zijn deze functies weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2 Functies van de percelen in het gekarteerde gebied volgens het bosbeheerplan (Twickel 2014). De begrenzing is gebaseerd op de terreintypenkaart (GIS-bestand) en wijkt iets af van de functiekaart in het bosbeheerplan.

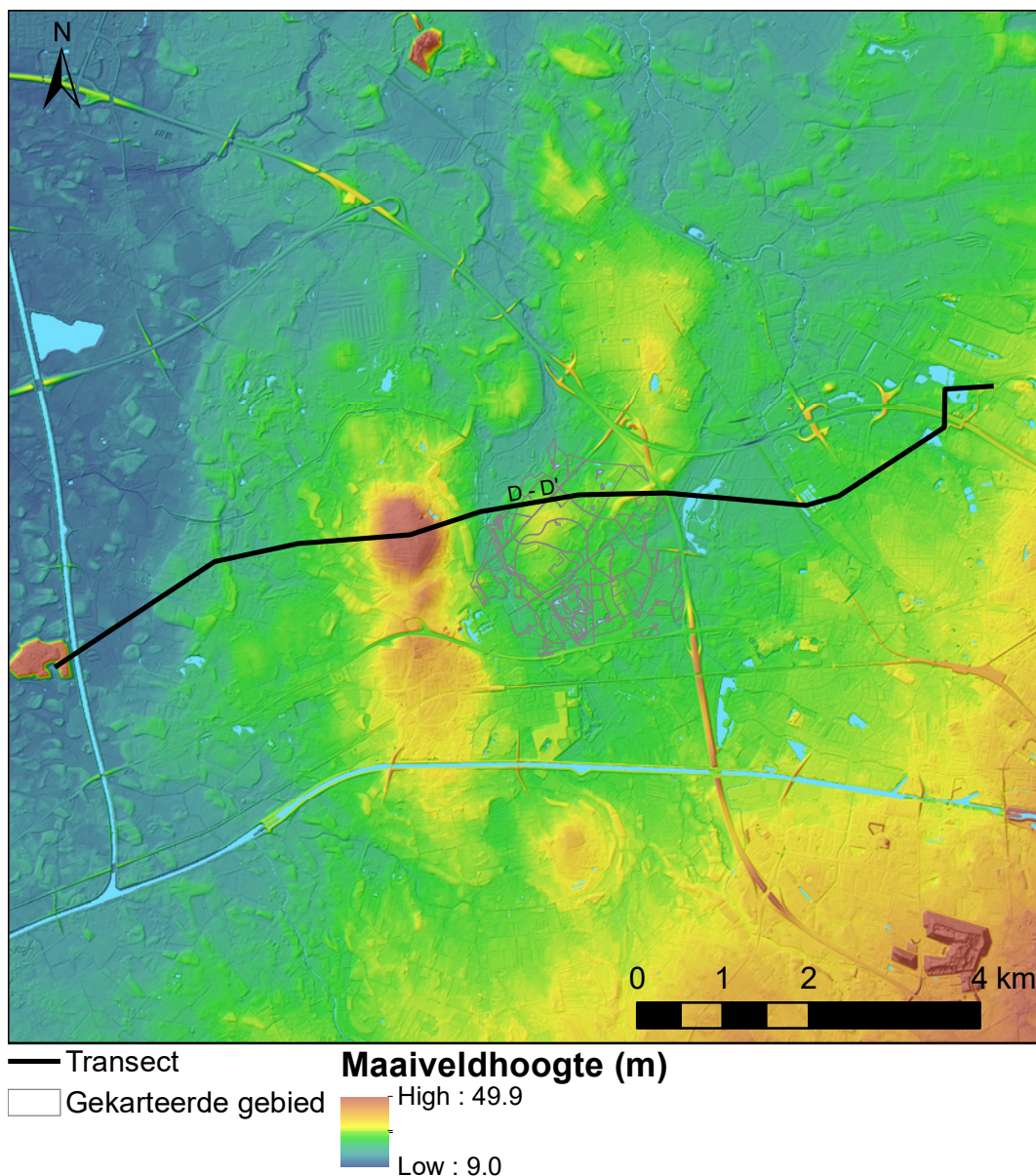
De hoofddoelstelling voor het terreinbeheer in Landgoed Twickel is geformuleerd als: 'Het duurzaam in stand houden van het landgoed als één geheel in een zo gaaf mogelijk complex van zeer gedifferentieerde bos- en natuurterreinen, in voor Twentse landgoederen karakteristieke harmonie met landbouwgronden, overige terreinen en opstallen. Voorop staan hierbij de instandhouding en eventuele ontwikkeling van cultuurhistorische en landschappelijke waarden. Hiernaast dienen ook de natuurwetenschappelijke, bosbouwkundige, landbouwkundige, recreatieve waarden alsmede het faunabeheer in acht genomen te worden, daarbij lettend op een gezond financieel beheer.' Dit betekent dat bij de verschillende functies in de plangebieden vaak sprake is van een combinatie van waarden, maar dat de nadruk op bijvoorbeeld houtteelt of natuur kan verschillen.

2.3 Geologie en geomorfologie

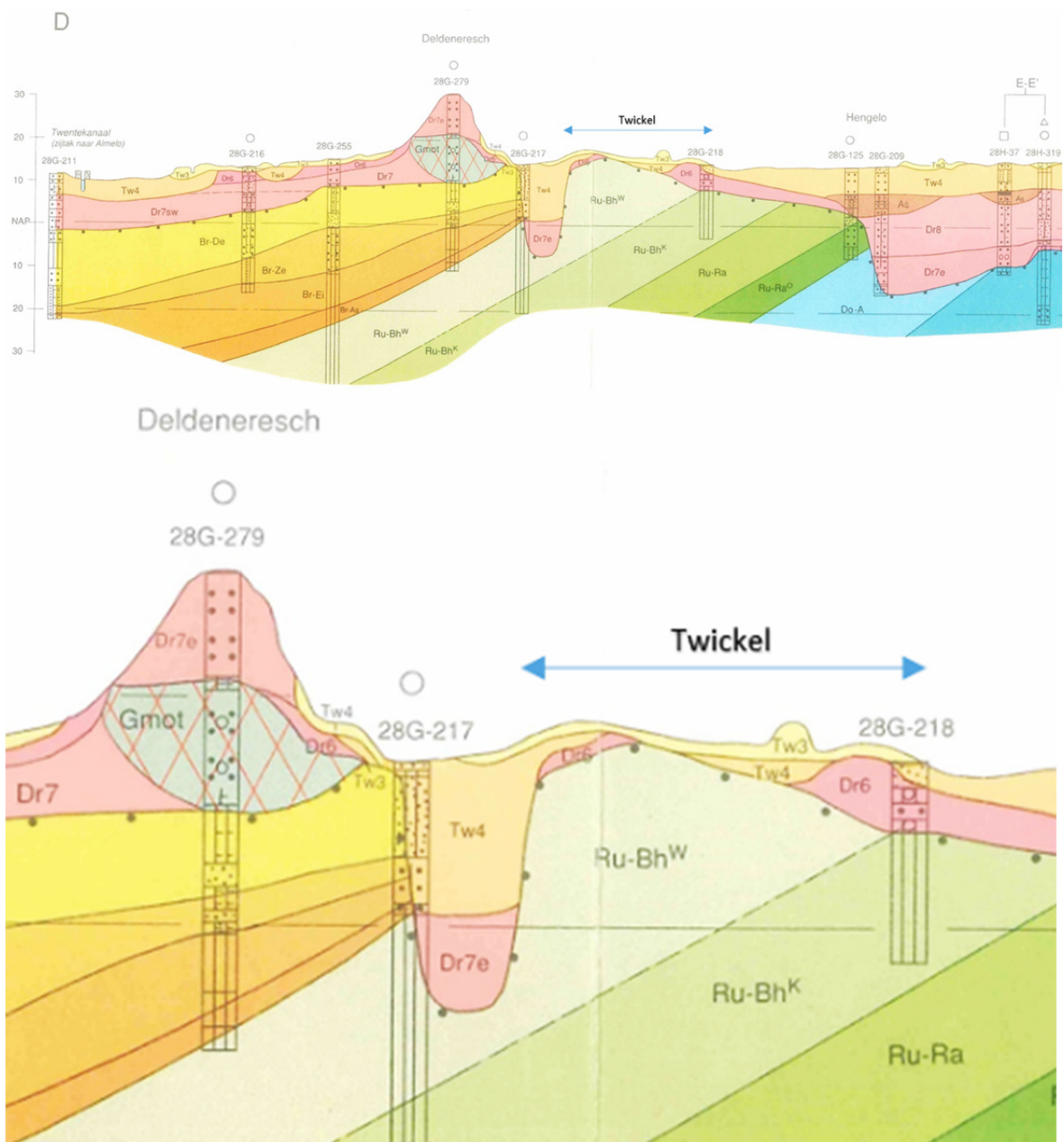
2.3.1 Geologie

Het deel van Twente waarin Twickel ligt, wordt gekenmerkt door een relatief complexe geologie, waarbij de bovenste pakketten grotendeels dateren uit het Kwartair (Pleistoceen), maar ook tertiaire afzettingen (Oligoceen) komen ondiep en plaatselijk aan maaiveld voor. Het reliëf in het gebied is bepaald door processen die met name in het Midden-Pleistoceen hebben plaatsgevonden onder invloed van de toenmalige landsbedekking. In figuur 2.3 is een hoogtekarte opgenomen van het gekarteerde gebied en de directe omgeving, gebaseerd op het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN). Hierop is duidelijk de stuwwal bij Deldener Esch te zien en de grondmorenerug onder Ruwe Braak. Daarnaast is een aantal dekzandruggen (met bouwlanddek), de beekdalen en de vijvers in het landgoed herkenbaar. In § 2.3.2 wordt nader ingegaan op de geomorfologie van het gebied. In figuur 2.4 is een geologisch dwarsprofiel getekend tot een diepte van ca. 30 meter - NAP. Dit is een deel van geologisch dwarsprofiel D-D' uit de Geologische Kaart van Nederland, kaartblad Almelo

Oost/Denekamp (Van den Berg en Den Otter, 1993). De ligging van het profiel is als zwarte lijn opgenomen in figuur 2.3 en doorsnijdt het noordelijk deel van het gekarteerde gebied van de Noordmolen via Bokdammerveld, het noordelijk deel van Ruwe Braak, Bornse Veld en ten noorden van Buren. De belangrijkste afzettingen worden hieronder kort besproken, de chronostratigrafie (de geologische perioden waarin de afzettingen zijn gevormd) en het type afzetting (Marien, Glaciaal etc.) zijn samengevat in tabel 2.1. Het transect is voor de Formatie van Twente gebaseerd op verouderde nomenclatuur van de geologische afzettingen, die niet geheel overeenkomt met de namen in de tabel. Deze afzettingen worden nu, samen met een aantal Holocene afzettingen, gerekend tot de Formatie Boxtel (Mulder et al. 2003). In de tekst wordt aangegeven tot welke afzettingen deze nu gerekend worden. De oudere afzettingen worden meestal afgedekt door een pakket dekzanden en fluvioperiglaciaal afzettingen uit het Pleistoceen, maar in het karteringsgebied zijn deze vrij dun, waardoor oudere afzettingen binnen boorbereik werden aangetroffen. Dit is in de kaarten aangegeven door middel van toevoegingen (zie kaart 3 en § 3.3).



Figuur 2.3 Hoogtekaart van het gekarteerde gebied en omgeving, met ligging van het geologisch transect in figuur 2.4 (bron: AHN).



Figuur 2.4 Geologische dwarsdoorsnede door de omgeving van Twickel, boven van het Twentekanaal tot Hengelo, onder de directe omgeving van Twickel. (Bron: Van den Berg & Den Otter 1993.) De ligging van het transect staat in figuur 2.3. Het gekarteerde gebied ligt onder de blauwe pijl. De codes en de benaming volgens de huidige nomenclatuur worden voor de relevante eenheden besproken in de tekst.

2.3.1.1 Rupel Formatie (Ru-Ra, Ru-Bh)

De oudste geologische afzetting die van belang is binnen het gekarteerde gebied is de Rupel Formatie uit het Midden-Oligoceen (Tabel 2.1). Het betreft ondiep-mariene afzettingen die in Oost-Nederland vaak worden aangeduid als 'tertiaire kleien', maar er kunnen ook zandige lagen in voorkomen (De Lang & Ebbing 2003). Het materiaal kan glauconiet en pyriet bevatten. In figuur 2.4 is te zien dat dit pakket door tektoniek enigszins scheef gesteld is en in zuidwestelijke richting wegduikt onder jongere afzettingen van de formatie van Breda (Br-Aa, Br-Ei, Br-Ze en Br-De). In het gekarteerde gebied komt de formatie van Breda niet meer voor. De Rupel Formatie omvat de onderliggende Afzetting van Ratum (Ru-Ra) die uit zand en kleig zand bestaat, daarboven wordt de Afzetting van Brinkheurne (Ru-Bh) onderscheiden waarvan het bovenste deel aangeduid wordt als 'Klei van Woold' (Ru-BhW). Deze bestaat uit donker groengrijze, donkerbruine tot bijna zwarte, zware harde kleien (Van den Berg & Den Otter, 1993). De donkere kleuren worden veroorzaakt door een hoger gehalte aan fijn verdeeld plantaardig materiaal. Door de scheefstelling worden de jongste delen van de Rupel Formatie in het westen gevonden, bij de insnijding van het tunneldal, en neemt de ouderdom in oostelijke richting toe.

Tabel 2.1 Lithostratigrafische eenheden van de ondiepe ondergrond (bron <https://www.dinoloket.nl>).

Chrono-stratigrafie		Lithostratigrafische eenheden op formatieniveau						
		Marien	Fluviaal				Glaciaal	Overig
			Oostelijke rivieren	Rijn	Maas	Belgische rivieren		
Kwartair	Holoceen	Formatie van Naaldwijk		Formatie van Echteld		Kreekrak Formatie		Formatie van Nieuwkoop
				Formatie van Kreftenheye		Formatie van Koewacht	Formatie van Drente	Woudenberg
		Eem Formatie		Formatie van Urk			Formatie van Peelo	Formatie van Drachten
	Pleistocene		Formatie van Appelscha	Formatie van Sterksel	Formatie van Beegden			
			Formatie van Peize	Formatie van Waalre		Formatie van Stramproy		
	"Midden"							
	"Vroeg"	Formatie van Maassluis						
Neogeen	Pliocene	Formatie van Oosterhout		Kiezelooliet Formatie				
	Mioceen	Formatie van Breda		Formatie van Inden				
	Oligoceen	Fm. v. Veldhoven						
		Rupel Formatie						
	Eocene	Fm. v. Tongeren						
		Formatie van Dongen						
	Paleoceen	Formatie van Landen						



Figuur 2.5 Links: Boorkernen uit de Rupel Formatie in boring 2010 van 120 cm – mv. tot 200 cm – mv. De boorkernen zijn per 10 cm uitgelegd van rechtsboven naar linksonder. De groene kleur wordt veroorzaakt door het mineraal glauconiet. Rechts: Boorkernen van boring 2004 van 0 (rechtsboven) tot 120 cm – mv. (linksonder). Linksonder is de donkergrijze oude bovengrond te zien, de lagen erboven zijn opgebracht waarbij de bovenste 45 cm is geoxideerd.

De klei van Woold komt binnen het gekarteerde gebied plaatselijk zeer ondiep voor (zie figuur 2.4) en is in de bodemkartering aangetroffen op de overgangen naar het dal van de Oelerbeek, dat in het glaciaal tunneldal ligt in het noorden en westen van het gekarteerde gebied en aan de randen van de keileem voorkomens in Ruwe Braak en bij Buren, waar het onder de keileem is aangeboord

(bodemeenheid KT en toevoegingen A en a op kaart 2 en 3). In één vlak (bij boring 2010, zie figuur 2.5 links) komt deze afzetting vanaf 40 cm – mv. voor, bedekt door een dunne laag keileem. In het noorden van het Gemeenteveld bij boring 2021 is de klei kalkrijk (toevoeging A+). Door Van den Bosch (1984) wordt het kalkloze bovenste deel (westelijk in figuur 2.4) als Woold A aangeduid en het onderste kalkhoudende deel Woold B. Omdat Woold B in Twente weinig kalk bevat, wordt het door Van den Berg & Den Otter niet onderscheiden, maar het voorkomen van kalkrijke tertiaire klei in de ondergrond bij boring 2021 zou hiermee overeen kunnen komen.

In het vergraven stuk bij de Noordmolen (boring 2004) bestaat het profiel in de dijkjes over de gehele diepte uit deze klei, hoewel een deel is opgebracht. Onduidelijk is of de dijkjes zijn opgehoogd met materiaal van elders, bijvoorbeeld uit de Twickeler Vaart, of dat het restanten zijn van een opduiking van de Klei van Woold die deels is afgegraven voor een steenbakkerij waardoor de tussenliggende plassen (tichelgaten) ontstaan zijn. Onbekend is of in de omgeving een steenbakkerij gestaan heeft, de tertiaire kleien werden in het verleden wel voor dit doel gebruikt (Staring, 1845). In profiel 2004 is op 110 cm diepte een begraven bovengrond (Ahb) aangetroffen waaronder het profiel geheel uit niet verstoorte tertiaire klei bestaat. Het bovenste deel van het profiel is opgebracht, waarschijnlijk met materiaal uit de afgraving.

2.3.1.2 Formatie van Breda

Miocene siltige klei van de Formatie van Breda ligt vrij ondiep in de omgeving Borne-Delden, o.a. in het talud van de Twickeler Vaart bij de Waninkbrug (Ebbers & Van het Loo 1992). In figuur 2.4 zijn deze afzettingen aangegeven ten westen van het glaciale tunneldal, in de kartering zijn deze niet aangetroffen.

2.3.1.3 Formatie van Drente

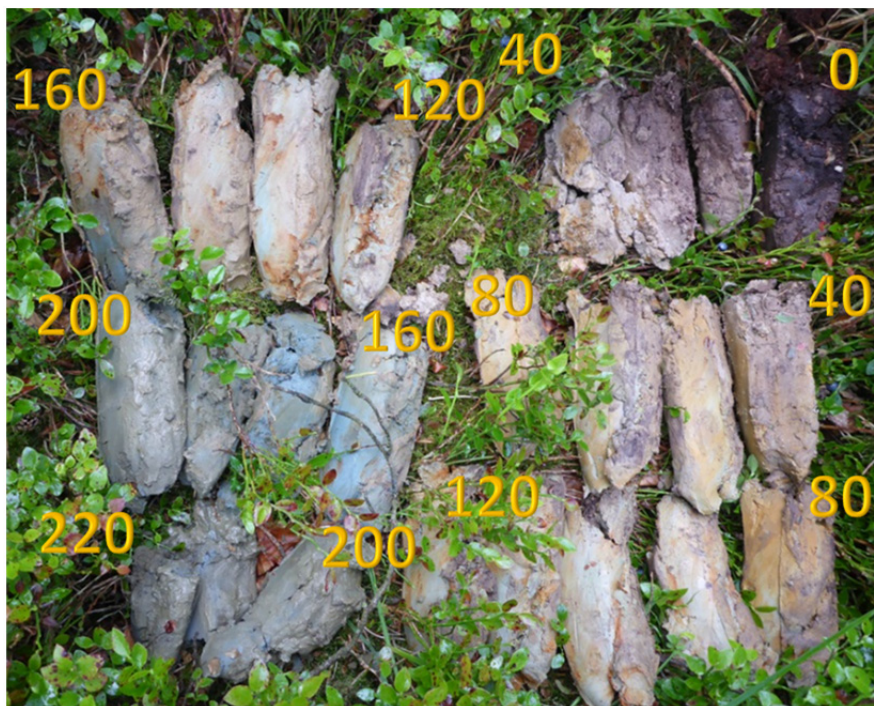
De geologie en geomorfologie van Twente is zeer sterk beïnvloed door de landijsbedekking waardoor, naast de gestuwde formaties en uitgesleten dal, ook materiaal is afgezet onder het ijs op door smeltwater. Tot de Formatie van Drente worden de afzettingen gerekend die wat betreft hun genese direct of vrijwel direct samenhangen met de Saalien-landijsbedekking (Van den Berg & Den Otter, 1993). De daarbij ontstane landvormen worden besproken in § 2.3.2. Binnen de Formatie van Drente worden in figuur 2.4 drie eenheden onderscheiden:

- Laagpakket van Gieten – Dr6 - Morene-afzettingen: klei en leem, veelal met grind en stenen (keileem en keizand);
- Laagpakket van Schaarsbergen – Dr7 - Fluvioglaciale afzettingen: zand, overwegend grof en grindhoudend, maar soms ook fijn;
- Laagpakket van Uitdam – Dr8 - Lacustroglaciale afzettingen: klei en silt, afgewisseld met fijn en grof zand.

Laagpakket van Gieten

Keileem (Dr6 – Laagpakket van Gieten) is afgezet onder de gletsjer, op het glijvlak met de ondergrond, in het gekarteerde gebied is dat overal de tertiaire klei van de Rupel Formatie (Klei van Woold). De keileem is vooral aangetroffen onder de Ruwe Braak, waar het ook op een vrij grote oppervlakte aan maaiveld voorkomt (Bodemeenheid KX op Kaart 2 en 3, figuur 2.6). Hier is de dikte over het algemeen meer dan 2,5 m (de maximale boordiepte). Naar de randen ligt het dieper en is ook de dikte minder (toevoeging ..X en ..x. In de overgangszone, waar de keileem tussen 40 en 120 cm – mv. begint, is vaak ook de onderliggende tertiaire klei aangeboord (toevoeging Xa). Dat is het geval in Ruwe Braak en in de keileemopduiking bij Buren. Op de overgang van de keileem naar bovenliggende jongere afzettingen komt plaatselijk ook keizand (Laag van Gasselte) voor, dat wordt geïnterpreteerd als verweringsresidu van keileem (Mulder et al. 2003).

Tussen de keileemvoorkomens bij Ruwe Braak en Buren ontbreekt de keileem binnen boorbereik, dat komt ook overeen met de verbreiding in de dwarsdoorsnede van figuur 2.4. Hier is de keileem waarschijnlijk door erosie verdwenen.



Figuur 2.6 Keileemprofiel in boring 3035. De boorkernen zijn per 10 cm uitgelegd van rechtsboven naar linksonder in twee groepen, rechts van 0 tot 120 cm – mv., links van 120 tot 220 cm – mv. De blauwe en grijze kleuren vanaf ongeveer 150 cm worden veroorzaakt door reductie van het aanwezige ijzer onder permanent verzadigde omstandigheden.



Figuur 2.7 Bosbeeld en bodemprofiel met grof zand in boring 2009. De boorkernen zijn per 10 cm uitgelegd van rechtsboven naar linksonder.

Laagpakket van Schaarsbergen

Fluvioglaciale afzettingen (Dr7 – Laagpakket van Schaarsbergen) komen volgens de geologische doorsnede in figuur 2.4 binnen het gekarteerde gebied alleen voor in de onderste opvulling van het tunneldal ter hoogte van de Oelerbeek (Dr7e). Ten westen van de Deldeneresch en ten oosten van Hengelo vormen zij de basis van de Formatie van Drente. In de kartering zijn wel grove zanden aangetroffen op de flank van het tunneldal, onder Bokdammerveld, Gemeenteveld en in Ruwe Braak langs de Bornsestraat waar zij deels op de keileem en tertiaire klei liggen (bodemeenheid tZn72 en toevoeging ..G op kaart 2 en 3, figuur 2.7).

Laagpakket van Uitdam

Volgens de doorsnede in figuur 2.4 komen binnen het gekarteerde gebied geen Lacustroglaciale afzettingen (Dr8 – Laagpakket van Uitdam) voor, wel in het bekken van Hengelo, ten oosten van het gebied.

2.3.1.4 Gestuwde afzettingen

In het gekarteerde gebied komen geen gestuwde afzettingen voor, wel ten westen ervan onder de Deldeneresch. Hierin zijn tertiaire kleien van het Laagpakket van Ratum aangetroffen die erop wijzen dat het materiaal zeker 4 km in westelijke richting is verschoven (Van den Berg & Den Otter, 1993).

2.3.1.5 Formatie van Boxtel

De formatie van Boxtel omvat diverse afzettingen van lokaal en regionaal materiaal dat verplaatst is door wind of kleine rivieren. De ouderdom varieert van het laatste deel van het Midden-Pleistoceen tot en met het Holoceen (Mulder et al. 2003). In deze Formatie zijn de voormalige Formatie van Twente en een aantal Holocene formaties opgenomen (Schokker et al. 2003). De Fluvioperiglaciale afzettingen (Tw4) die als opvulling in het tunneldal en andere depressies in de oudere afzettingen zichtbaar zijn in figuur 2.4 bestaan grotendeels uit lokaal verspoeld zand en grind en worden in de nieuwe indeling, met uitzondering van de lemige lagen in dit pakket, tot de Formatie van Boxtel (ongedifferentieerd) gerekend. Voor de kartering van Twickel zijn daarnaast de volgende laagpakketten van belang:

- Laagpakket van Tilligte (lemige meerafzettingen)
- Laagpakket van Wierden (dekzanden)
- Laagpakket van Kootwijk (stuifzanden)
- Laagpakket van Singraven (beekafzettingen)

Laagpakket van Tilligte

Het laagpakket van Tilligte bestaat uit zwak tot sterk zandige leem die zwak tot sterk humeus kan zijn (Mulder et al. 2003). Plaatselijk komen zwak tot sterk kleiige amorfe veenlaagjes voor. De afzettingen zijn ontstaan in relatief ondiepe meren of kleine riviersystemen en dateren uit het Midden-Weichselien. De eenheid wordt alleen onderscheiden in de glaciële bekkens van Oost-Nederland en bevindt zich in de onderste helft van de formatie van Boxtel (Weerts et al. 2000; Schokker et al. 2003). In de geologische doorsnede in figuur 2.4 worden deze afzettingen gerekend tot de Fluvioperiglaciale afzettingen (Tw4), die overwegend de afdekkende laag op de oudere formatie van Drente en de Rupel Formatie vormen. Daarbinnen komen ook meer zandige en grindhoudende afzettingen van lokale herkomst voor.



Figuur 2.8 Elzenbroek op een kalkrijke leembodem (Ln5A) bij boring 6023. Rechtsboven het uitgeboorde profiel, rechtsonder detail van de gelaagde afzettingen van het Laagpakket van Tilligte.

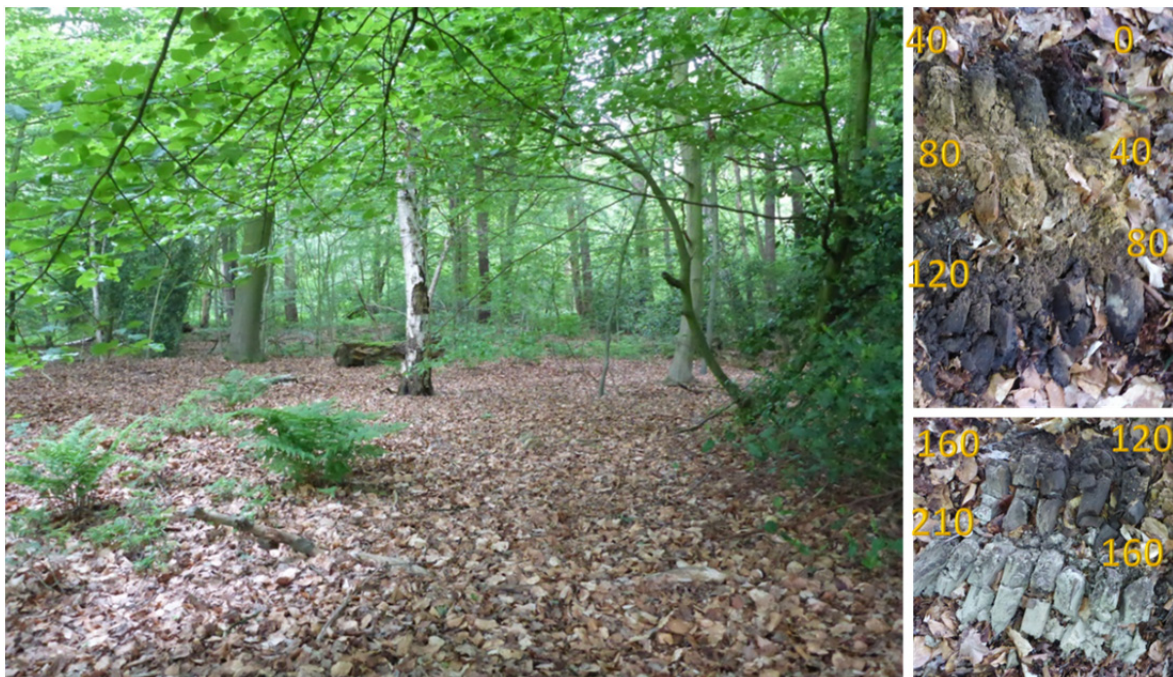
In een ontsluiting bij Borne werd een sterk horizontaal gelaagde afzetting beschreven van silt en fijn zand, met een naar boven toe afnemend gehalte aan fijn, verspoeld humeus materiaal (Van den Berg & Den Otter, 1993). De ligging komt min of meer overeen met het begin van het bekken van Hengelo, ten oosten van boring 28G-218 in figuur 2.4. Deze laag is geïnterpreteerd als meerafzetting, mogelijk ontstaan doordat het drainagesysteem het aanbod aan water niet kon verwerken en de afvoer van water in het bekken stagneerde. De gelaagdheid zou verklaard kunnen worden uit seizoensfluctuaties in het aanbod van meer organisch of mineraal sediment. De laag is gedateerd op 37.000 tot 33.000 BP, tijdens het Pleniglaciaal. Ook verder naar het oosten, ten noorden van Hengelo, is deze laag nog aangetroffen. In de bodemkartering is in Strampenveld, de omgeving van de Petzoldweg en De Haar, een sterk gelaagde humeuze en kalkrijke leemlaag aangetroffen die waarschijnlijk tot dezelfde laag gerekend moet worden (Bodemeenheid Ln5A en toevoeging t+ op kaart 2 en 3, zie figuur 2.8). De verbreiding komt overeen met de westelijke begrenzing van het bekken van Hengelo en loopt globaal op tegen de keileemopduiking bij Buren. Het kleiig materiaal is mogelijk afkomstig van erosie van de keileem en de tertiaire klei die onder het gekarteerde gebied voorkomen.

Laagpakket van Wierden

In het grootste deel van het gebied wordt de toplaag gevormd door dekzanden die tot het laagpakket van Wierden gerekend worden. In figuur 2.4 zijn deze aangeduid als TW3. De dikte varieert van enkele decimeters tot hooguit enkele meters in dekzandruggen.

Laagpakket van Kootwijk

In de omgeving van de Noordmolen komen op beperkte schaal stuifzandgronden voor die gerekend worden tot het laagpakket van Kootwijk (bodemtype cZ31z en cZ51p op kaart 2, figuur 2.9). Het zand is mogelijk in perioden met schaarse begroeiing opgewaaid uit het dal van de Oelerbeek. Onduidelijk is wanneer dat gebeurd is. Er zijn geen actieve verstuingen meer en in de bodems is een begin van bodemvorming waarneembaar.



Figuur 2.9 Bos op stuifzand bij boring 2003. Het profiel is rechts weergegeven en bestaat tot 75 cm uit stuifzand (laagpakket van Kootwijk), waaronder een overstoven podzolprofiel voorkomt dat gevormd is in matig fijn zand van smeltwaterafzettingen. In het bovenste deel van het stuifzand heeft alweer bodemvorming plaatsgevonden (micropodzol), wat een aanwijzing is dat het stuifzand al langer geleden is vastgelegd.

Laagpakket van Singraven

In de beekdalen van Oelerbeek/Azelerbeek en Woolderbeek komen Holocene kleidekken voor die gerekend worden tot het laagpakket van Singraven (toevoeging k.. op kaart 2). In de kartering zijn deze aangetroffen ten westen van de Oelerbeek bij Noordmolen.

2.3.2 Geomorfologie

De geomorfologie beschrijft de vormen in het landschap die verband houden met de geologische wordingsgeschiedenis. Omdat hier zowel reliëf als geologische afzettingen een rol bij spelen, is dit ook erg bepalend voor de hydrologie en daarmee het ecohydrologisch functioneren van het gebied. Ook voor het begrip van het landschap en de ontstaanswijze is kennis van de geomorfologie belangrijk (zie § 1.3.1 en hoofdstuk 4). Op basis van de gegevens uit de bodemkartering is in kaart 6 de bestaande Geomorfologische Kaart van Nederland (GKN) voor de omgeving van het gekarteerde gebied aangepast. Hiervoor is gebruikgemaakt van de vernieuwde legenda voor de geomorfologische kaart. Deze legenda is te raadplegen op de website <http://legendageomorfologie.wur.nl/>. De hieronder volgende beschrijving overlapt deels met de beschrijving van de geologie in § 2.3.1, maar gaat dieper in op de landschapsvormen en de ontstaanswijze.

Het reliëf van het landschap rondom Landgoed Twickel wordt gekarakteriseerd door stuwwallen, grondmoreneruggen en -heuvels, erosiedalen en smeltwaterafzettingen, gevormd door het Saalien-landijs gedurende de voorlaatste ijstijd. In de daaropvolgende ijstijd, het Weichselien, waarin het landijs ons land niet bereikte, is het glaciële reliëf genivelleerd door sneeuwsmeeltwaterafzettingen en de afzetting van dekzand.

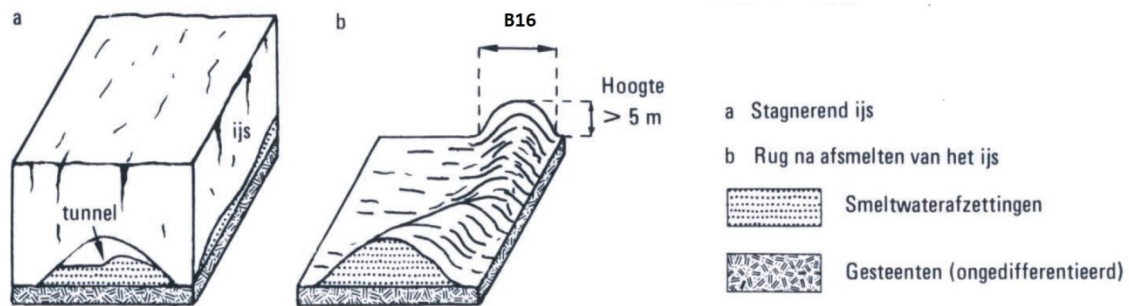
Het glaciële landschap is gedurende verschillende fasen in de landijsbedekking gevormd. Tijdens het binnendringen van het landijs zijn voor het ijsfront stuwwallen gevormd. De stromingsrichting van het landijs in deze regio was in grote lijnen noord-zuid, maar aan de randen van het ijsfront breidde het landijs zich soms waaivormig uit. De rug waarop Delden is gelegen is een stuwwal (B11). Stuwwallen kenmerken zich door een complexe interne structuur van scheef gestelde lagen door de druk van het landijs op de ondergrond. Tijdens de aanleg van de rondweg om Delden werden scheefstaande lagen, tertiaire mariene afzettingen en fluviatiele zanden uit de Formatie van Appelscha, met een duidelijk noord-zuid strekkingsrichting, vastgesteld (Van den Berg & Den Otter, 1993). De stuwwal van Delden vormt hier de westelijke begrenzing van het glaciële bekken van Hengelo.

In een volgende fase van de landijsbedekking zijn de stuwwallen aan het ijsfront door het landijs overreden. De stuwwallen zijn daarbij vervormd tot 'drumlins', langgerekte, afgeronde rugen in de stromingsrichting van het landijs. Onder het schuivende landijs werd op de grens van ijs en ondergrond een laag grondmorene afgezet. Grondmorene of keileem bestaat meestal uit kleiige of lemige afzettingen met ongesorteerd grind en stenen, maar kan ook uit ongesorteerd grof zand bestaan. In dat laatste geval spreken we van keizand. De keileem in het gebied varieert sterk in dikte en vorm. Landgoed Twickel ligt op een van de zeven lage keileemruggen (B13) binnen het studiegebied. De grondmorene is hier afgezet over de dagzomende Formatie van Rupel, kleiige afzettingen die waarschijnlijk als glijvlak voor het landijs hebben gediend. Naast de keileem in ruggen treffen we ook lagergelegen keileemwelingen (L11) en -vlakten (M11) en glooiingen (H12) aan in het gebied. Deze terreinvormen zijn meestal bedekt met dekzand (d). Door het proces van 'overrijding' door het landijs is ook de stuwwal van Delden met keileem bedekt.

Naast de landvormen die door het oprukkende landijs zijn gevormd, treffen we ook vormen in het landschap aan die door afsmeltend landijs zijn gevormd. Rondom Landgoed Twickel zijn dit het tunneldalsysteem tussen Delden en Borne, het huidige dal van de Oelerbeek/Azelerbeek (R42), en het eskersysteem aan weerszijden van dit dal. Beide systemen zijn gevormd door smeltwater onder het landijs. Bij de vorming van tunneldalen is door smeltwater een diep dal in de ondergrond geërodeerd. Deze tunneldalen zijn later opgevuld met (sneeuw)smeltwaterafzetting en holocene beekafzettingen.

Eskers zijn ontstaan door smeltwaterstromen in het landijs, waarbij grove fluvioglaciële zanden zijn afgezet. Na afsmelten van het landijs blijven deze afzettingen als smeltwaterruggen (B16) in het landschap achter (zie figuur 2.10). Borne ligt op een smeltwaterrug die deel uitmaakt van het eskersysteem Langeveen-Geesteren. De grofzandige smeltwaterafzettingen (x) worden ook aangetroffen op de Deldeneresch, boven op de gestuwde afzettingen en grondmorene. De kenmerkende afgeronde landvorm van de Deldeneresch noemen we, in tegenstelling tot de langgerekte eskers, 'kame'.

Grofzandige fluvioglaciale afzettingen treffen we ook aan op de oostflank van het dal van de Azelerbeek in het noorden van Landgoed Twickel in de vorm van een smeltwaterterras (E11) en een smeltwaterglooiing met resten van grondmorene (H13).



Figuur 2.10 Genese van een esker of smeltwaterrug.

Tijdens het Weichselien zijn de glaciale bekkens en tunneldalen verder opgevuld met fluvioperiglaciale afzettingen. Deze afzettingen vinden we terug in het beekdal van de Azelerbeek en het dal van de Woolderbeek ten oosten van Borne (R42). In het relatief vlakke dal van de Woolderbeek is onder lacustriene omstandigheden (afzettingen in meren) een laag leem afgezet (Laagpakket van Tilligte). In de vlakke delen grenzend aan het beekdal, die als beek(dal)overstromingsvlakten (M44) zijn gekarteerd, treffen we deze leemlaag ook aan. Zowel het dal van de Azelerbeek als de Woolderbeek en de beek(dal)overstromingsvlakten zijn in het Holoceen lokaal bedekt met een dunne laag beekklei of leem. Ten zuiden van de spoorlijn Zutphen-Hengelo ligt op de westoever van de Oelerbeek een lage rug die als oeverwal (B45) gekarteerd. Deze landvorm, ontstaan door het buiten-haar-oevers-treden van de Oelerbeek, wigt uit over de beekklei op de aangrenzende beek(dal)overstromingsvlakte.



Figuur 2.11 Gordeldekzandrug met een oud-bouwendek ten westen van de Deldeneresch.

Onder arctische omstandigheden gedurende het Weichselien is, naast de opvulling van de beekdalen door smeltwater, door de wind dekzand in diverse vormen over het glaciale landschap afgezet. Rondom de stuwwallen en grondmoreneruggen komen in dit deel van Oost-Nederland dekzandruggen voor die als een gordel deze hogere ruggen omsluiten. Patroon en richting van deze landvormen lijkt niet zozeer bepaald door de heersende windrichting (zuidwest-noordoost), maar veel meer door de terreinvormen waaromheen deze vormen gesitueerd liggen. We noemen deze markante dekzandvormen

'gordeldekzandruggen' (B56). Gordeldekzandruggen (Figuur 2.11) zijn relatief hoge ruggen, steken tot 5 m boven de directe omgeving uit en zijn door eeuwenoud gebruik als bouwland veelal voorzien van een oud-bouwlanddek (c). Tussen de stuwwal of morenerug en de gordeldekzandrug treffen we vaak een vlakker terreindeel aan dat op de kaart als gordeldekzandvlakte (M52) is weergegeven. Het parkachtige Breeriet in Landgoed Twickel ligt op een gordeldekzandvlakte, van het beekdal afgescheiden door een reeks gordeldekzandruggen. Naast ruggen en vlakten treffen we aan de westzijde van de stuwwal van Delden gordeldekzandglooiingen aan (H51) met ondiepe dalvormige laagten (R23). Gordeldekzandvormen met een licht golvend reliëf zijn weergegeven als gordeldekzandwelvingen (L52).

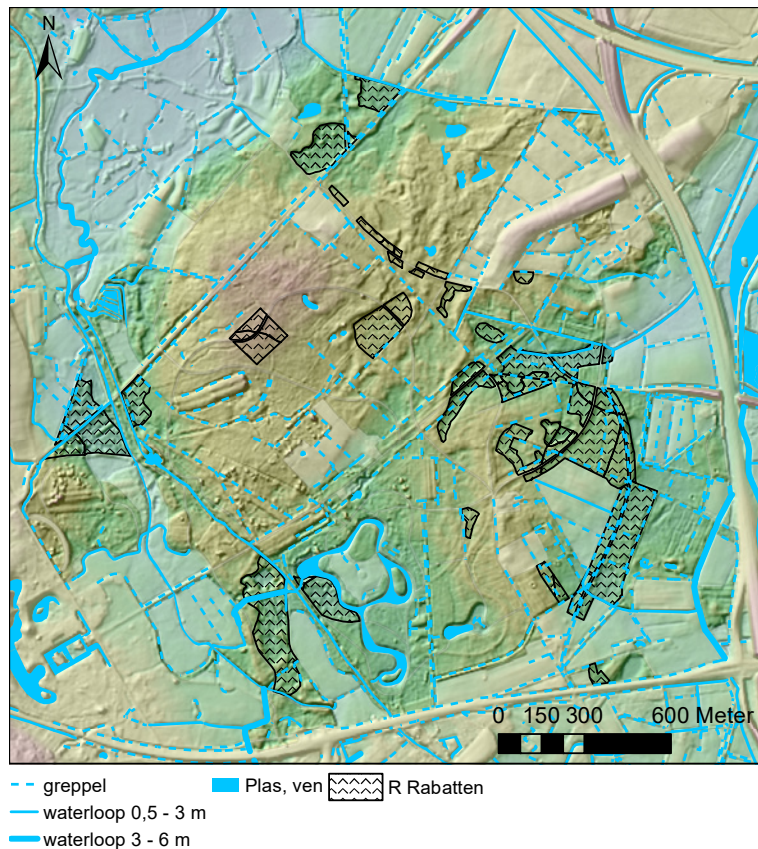
Dekzandruggen en -welvingen met een zuidwest-noordoost oriëntatie zijn weergegeven als 'gewone' dekzandvormen (B53, L51).

Binnen het (gordel)dekzandlandschap komt een aantal geïsoleerde, min of meer cirkelvormig tot ovale, laagten voor. Deze laagten zijn ontstaan door uitblazing van dekzand (N51). Lokaal zijn deze terreindepressies opgevuld met veen of moerig materiaal.

Op de oostflank van de Azelerbeek komen ter hoogte van Landgoed Twickel kleine gebiedjes met landduinen met bijbehorende vlakten en laagten (L54) voor. Deze stuifzandduinvormen zijn ontstaan door verstuiving van dekzand in het Holoceen.

2.4 Hydrologie

Het centrale deel van het gekarteerde gebied, rondom Ruwe Braak en Bokdammerveld fungeert als inzijsgebied waarbij stagnatie van neerslagwater op de slecht doorlatende ondergrond (keileem, tertiaire kleien) een grote rol speelt. Hierdoor zullen in het verleden plaatselijk zeer natte omstandigheden voorgekomen zijn. De diepe greppels in dit deel van het landgoed zijn daar een duidelijke aanwijzing voor (Figuur 2.12). Lokaal zijn hier ook rabatten aangelegd.

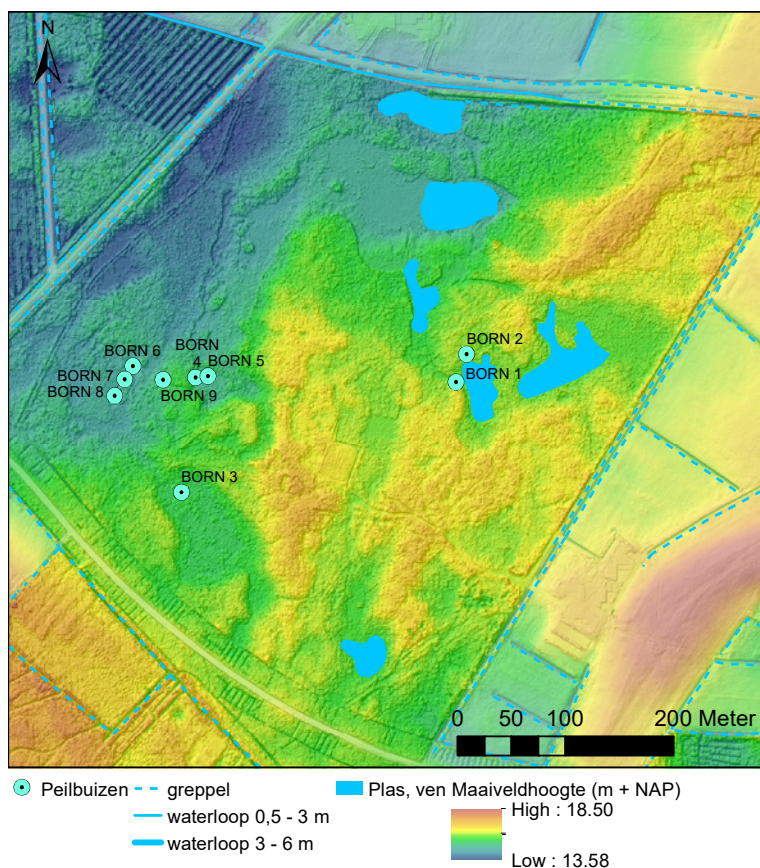


Figuur 2.12 Ontwateringsmiddelen in en rond het gekarteerde gebied. (Bron: waterlopen greppels en plassen Top10NL; Rabatten op basis van deze kartering.)

Ook in de wat hoger gelegen dekzandruggen overheerst infiltratie, hier is geen sprake van stagnatie en ontbreken dus ook de greppels. In Bornse Veld en Bokdammerveld zijn geen diepe greppels aangelegd en komen plaatselijk zeer natte omstandigheden voor waardoor vennen en moerassen ontstaan zijn.

Kwel komt (oorspronkelijk) vooral voor in de beekdalen van Oelerbeek en Woolderbeek en in de dalvormige laagten rondom het centrale deel. Het betreft over het algemeen vrij lokale kwel (Jansen & Hoogendoorn 1993). Omdat de Oelerbeek door het voormalige tunneldal stroomt dat is opgevuld met zandige afzettingen, komt hier ook wat meer regionale kwel voor. In de beekdalen is het grondwaterpeil gedaald door diepere ontwatering en in een stuk van de nattere delen zijn rabatten aangelegd om de ontwatering te verbeteren.

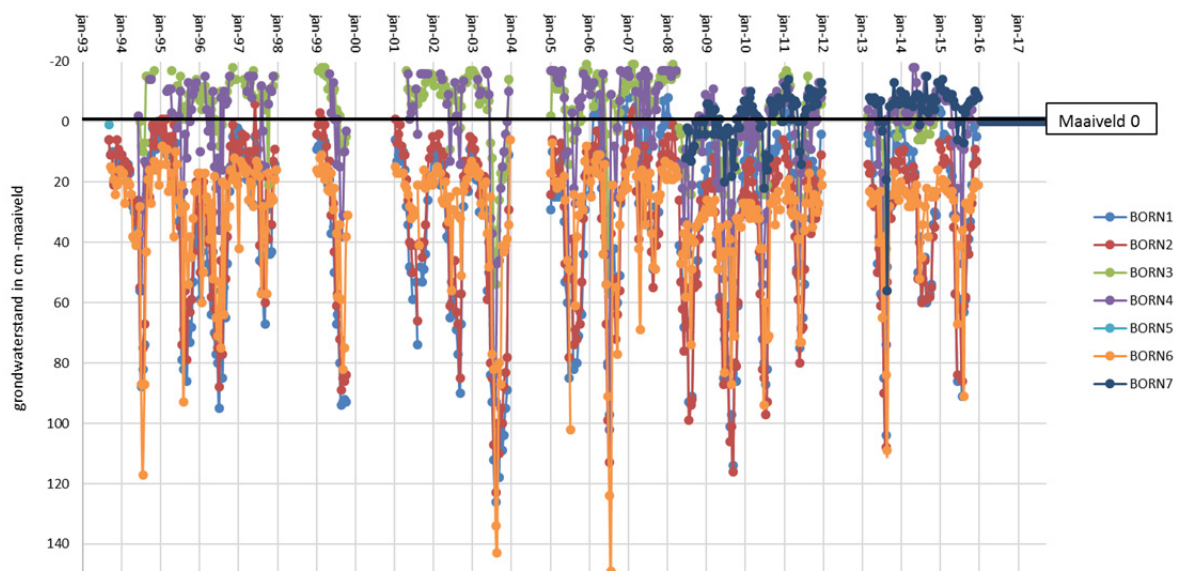
2.4.1 Peilbuisgegevens



Figuur 2.13 Gedetailleerde hoogtekarte met de locatie van de peilbuizen in het Bornse Veld. De maaiveldhoogte is gebaseerd op het 0,5 m grid van het AHN, waardoor greppels, rabatten en plagplekken duidelijk zichtbaar worden.

In het Bornse Veld staan negen peilbuizen die hier deels in 1993 geplaatst zijn ten behoeve van een hydro-ecologisch onderzoek en nog steeds door de beheerder opgenomen worden (Jansen & Hoogendoorn, 1993; Reimink et al. 2016). In figuur 2.14 is het grondwaterstandverloop van de peilbuizen weergegeven tot januari 2016. In 2008 zijn de buizen herplaatst en opnieuw ingemeten. Daardoor lijken de standen vanaf 2008 dieper dan ervoor. Het is niet waarschijnlijk dat deze verandering in standen het gevolg is van veranderde hydrologie.

Er is geen tijdreeksanalyse uitgevoerd op de peilbuizen, maar de grafiek geeft wel een goede indruk van het grondwaterstandverloop. De meeste buizen hebben in de winter en het voorjaar standen dicht bij of zelfs boven maaiveld, de zomerstanden variëren van ca. 40 cm – mv. bij BORN 3 en BORN 5 tot ca. 120 cm – mv. bij BORN 9. In het rietmoeras bij BORN 7 staat het water het jaarrond aan maaiveld. Deze peilbuisgegevens zijn gebruikt bij het maken van de grondwatertrappenkaart (Kaart 5).



Figuur 2.14 Grondwaterstandverloop in buis 1 t/m 7 in Bornse Veld, van 1993 tot 2016 (Gegevens Landgoed Twickel, Reimink et al. 2016).

2.5 Landschap

In de 17^e en 18^e eeuw was er nog maar weinig bos aanwezig in het gebied, afgezien van het Twickelerbosch en enkele kleinere bossen bij een aantal havezaten en boerderijen (Twickel 2014). De rest van de grond is woeste grond (heide, moeras) en cultuurgrond, bouwland op de wat hoger gelegen gronden bij de dorpen en boerderijen, hooiland in de beekdalen. De Topografisch Militaire Kaart uit het midden van de 19^e eeuw geeft nog hetzelfde beeld (Figuur 2.15). Na de markeverdeling rond 1850 zijn steeds meer gronden bebost en zijn heidevelden dichtgegroeid met Berk en Grove den (Figuur 2.16).



Figuur 2.15 Uitsnede van de Topografisch Militaire Kaart (TMK) uit ca. 1850.

3 Bodemkartering

3.1 Methode

De Bodemkartering is uitgevoerd in de periode mei-oktober 2016. Er zijn 167 boringen verricht tot ca. 1,8 m diepte, met een maximum van 2,45 m (zie boorpuntenkaart, kaart 1). Daarnaast zijn 97 tussenboringen of andere aanvullende waarnemingen (bijvoorbeeld over kwelverschijnselen in sloten) gedaan om grenzen tussen kaartvlakken vast te stellen. Hiermee is 287,5 ha in kaart gebracht, wat overeenkomt met 1 boring per 1,7 ha. De boringen zijn in een veldcomputer beschreven waarbij de volgende waarnemingen gedaan zijn:

- Bodemprofielbeschrijving met beschrijving van de lagen:
 - Horizonttype
 - Dieptes
 - Organische stofgehalte
 - Textuur (klei- en leemgehalte, zandgrofheid)
 - Geologische afzetting
- In het profiel zijn geschat: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en bewortelbare diepte.
- Het bodemtype en de grondwatertrap zijn bepaald volgens de indeling van de bodemclassificatie voor Nederland (De bakker & Schelling 1989; Ten Cate et al. 1995).
- Aanvullend zijn de strooiselhorizonten globaal beschreven volgens de Nederlandse Humusvormclassificatie (Van Delft et al. 2006). Hiermee kan een indruk gekregen worden van de snelheid van de organischestofkringloop en accumulatie van organisch materiaal.
- Op locaties waar mogelijk kwel kan voorkomen, is bij een deel van de profielbeschrijvingen (40) het pH-profiel bepaald door op ca. 9 dieptes de zuurgraad te bepalen met pH-strookjes. Dat geeft een indruk van de mate waarin kwelwater van invloed is in de bodem.
- Bij elk boorpunt is een korte beschrijving gemaakt van de vegetatie, om bij de geschiktheidsbeoordeling een inschatting te kunnen maken van de voedselrijkdom van de bodem.

De profielbeschrijvingen zijn als GIS-bestand aan de opdrachtgever geleverd. Op basis van deze profielbeschrijvingen is een bodemkaart gemaakt volgens de indeling van de bodemclassificatie voor Nederland (De bakker & Schelling 1989; Ten Cate et al 1995). Deze kaart is direct in het veld getekend in de veldcomputer en later gecontroleerd en gecorrigeerd. Bij het afgrenzen van kaartvlakken is veel gebruikgemaakt van hulpinformatie zoals het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN), luchtfoto's en historische kaarten en natuurlijk van veldwaarnemingen van landschap en vegetatie. De resultaten van de bodemkartering zijn samengevat in de kaarten 2 – Bodemkaart (zie § 3.2); 3 – Toevoegingen ondergrond (§ 3.3), 4 – Vergravingen (§ 3.4) en 5 – Grondwatertrappen (§ 3.7). Daarnaast is de informatie over geologie, die in de profielbeschrijvingen is opgenomen en in kaart 3 verwerkt is, gebruikt om de geomorfologische kaart voor het gebied aan te passen in kaart 6 – Geomorfologie (§ 2.3.2). Deze geomorfologische kaart en de bodemkaart dienen als basis voor de landschapsecologische indeling waarop de geschiktheidsbeoordelingen zijn gebaseerd (§ 1.3.2 en hoofdstuk 4).

3.2 Bodemkaart

De bodemkaart (kaart 3) geeft de verbreiding van de bodemeenheden weer op schaal 1 : 10.000. De legenda is gebaseerd op de indeling van de bodemclassificatie voor Nederland (De bakker & Schelling 1989; Ten Cate et al 1995). Doorgaans bestaat de code uit een letterdeel en een cijferdeel. Het letterdeel bestaat uit twee of meer letters die vooral informatie geven over de grondsoort en de bodemvorming, het cijferdeel geeft aanvullende informatie over de textuur van minerale gronden. Aanvullend wordt informatie over afwijkende bovengronden weergegeven met een letter vóór de code

en voor afwijkende lagen in de ondergrond met één of meer letters achter de code. Deze toevoegingen voor de bovengrond worden in deze paragraaf besproken, de toevoegingen voor de ondergrond in § 3.3.

In de code voor de bodemeenheid is onderscheid gemaakt naar:

- Bodemvorming – Veranderingen die optreden in de bodem, vooral door beweging van water door de bodem, maar ook door menselijke invloed of erosie. Deels zijn deze kenmerken ‘fossiel’ omdat de hydrologie veranderd is.
 - Venige of moerige bovengrond op natte plekken zonder afvoer – vWz (op zand) en Wg (op klei)
 - Podzolering – verplaatsing organisch materiaal en ijzer- en aluminium hydroxiden door infiltrerend neerslagwater – Hn.. en cHn..
 - Aanvoer van ijzer en zuurbuffer (calciumionen) onder invloed van kwelwater (vaak niet meer actueel) – Beekeerdgronden tZg.. en cZg..
 - Geen infiltratie of kwel, vaak wel horizontale grondwaterstroming – Gooreerdgronden tZn.. en cZn..
 - ‘Potstal-bemesting’ en ophoging – Dikke Eerdgronden .EZ..
 - Verstuiving op voormalige heide – Stuifzandgronden cZ31z en cZ51p
- Textuur (leem- en lutumgehalte):
 - Leemarm zand – $< 10\% < 50 \mu\text{m}$, textuurcode 31, 51
 - Zwak lemig zand – $10\% - 17,5\% \mu\text{m}$ textuurcode 53
 - Sterk lemig zand – $17,5\% - 32,5\% \mu\text{m}$ (inclusief $32,5\% - 50\%$) textuurcode 35, 45 of 55
 - Leem en klei – $> 50\% < 50 \mu\text{m}$ (leem) of $> 8\% < 2 \mu\text{m}$ (klei), Bodemtype KX (keileem), KT (Tertiaire klei) en Ln5A (Leem)
- Textuur (Zandgrofheid)
 - Zeer fijn zand – M50 105 – $150 \mu\text{m}$, textuurcode 35
 - Matig fijn zand – M50 150 – $210 \mu\text{m}$, textuurcode 51, 53, 54, 55
 - Matig grof zand – M50 210 – $420 \mu\text{m}$, textuurcode 72
- Kalkrijkdom van de ondergrond – Ln5A
- Toevoegingen in de bovengrond (letter vóór de code)
 - f – IJzerrijke bovengrond, meestal het gevolg van ijzerrijke kwel
 - k – Kleidek 0 – 40 cm, in beekdalen
 - s – Stuifzanddek < 40 cm, in de omgeving van stuifzandgronden

De textuur is vooral belangrijk voor het vermogen van de bodem om vocht vast te houden en via capillaire opstijging uit het grondwater vocht na te leveren (§ 5.3.2 en 6.5.3). Het vochtleverend vermogen van leemarme bodems (textuurcode ..31 of ..51) is over het algemeen beperkt, terwijl dat bij sterk lemige bodems (..35, ..55) veel groter is. Dat vertaalt zich ook in een hogere groeiverwachting voor bomen. Bodemvorming is o.a. van invloed op de bewortelingsmogelijkheden voor de bomen. Bij podzolering kan vaak een moeilijk doorwortelbare laag ontstaan in de B-horizont, terwijl dat bij de beekeerd- en gooreerdgronden niet het geval is. Een beperkte bewortelingsdiepte heeft een negatief effect op het vochtleverend vermogen van de bodem. Daarnaast heeft de bodemvorming effect op de voedingstoestand en de zuurgraad van de bodem. Bij podzolering spoelen nutriënten en basische kationen (vooral calcium) uit, waardoor de standplaats verarmt en verzuurt. Door kwel worden, onder natuurlijke hydrologische omstandigheden, basische kationen aangevoerd waardoor de bodem gebufferd wordt tegen verzuring. Daarom hebben beekeerdgronden een hogere pH dan podzolgronden.

Bemesting heeft uiteraard invloed op de voedselrijkdom van de bodem, wat ook na lange tijd ‘onder bos’ nog steeds zichtbaar is.

3.2.1 Bodemeenheden

De oppervlakte van bodemtypen per groep is opgenomen in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Oppervlakte van de bodemeenheden per groep en met de toevoegingen voor de bovengrond.

	Oppervlakte (ha)				
	Groep	Eenheid	Toevoeging		
			f	k	s
Moerige gronden	2.00				
vWz Moerige eerdgrond met een moerige bovengrond op zand		1.71			
Wg Broekeerdgrond op gerijpte zavel of klei		0.29			
Podzolgronden	110.46				
Hn51 Veldpodzolgrond in matig fijn leemarm zand		29.07			
Hn45 Veldpodzolgrond in zeer en matig fijn, sterk lemig zand		27.03			
Hn53 Veldpodzolgrond in matig fijn zwak lemig zand		49.47	0.61		1.99
cHn54 Laarpodzolgrond in matig fijn, zwak en sterk lemig zand		4.89			
Dikke eerdgronden	12.57				
EZg55 Lage enkeerdgrond in matig fijn sterk lemig zand		0.14			
zEZ53 Zwarte enkeerdgrond in matig fijn zwak lemig zand		9.23			
bEZ45 Bruine enkeerdgrond in zeer en matig fijn, sterk lemig zand		3.20			
Kalkloze zandgronden	136.27				
tZg53 Beekeerdgrond in matig fijn zwak lemig zand		12.70		2.95	
cZg55 Beekeerdgrond met matig dikke bovengrond in matig fijn sterk lemig zand		2.14	2.14		
tZn35 Gooreerdgrond in zeer fijn sterk lemig zand		6.60			
tZn55 Gooreerdgrond in matig fijn sterk lemig zand		10.01			
tZn72 Gooreerdgrond in matig grof leemarm en zwak lemig zand		2.68			
cZn45 Gooreerdgrond met matig dikke bovengrond in zeer en matig fijn sterk lemig zand		2.15			
Zg35 Beekvaaggrond in zeer fijn sterk lemig zand		18.08			
Zg53 Beekvaaggrond in matig fijn zwak lemig zand		8.32			
Zg55 Beekvaaggrond in matig fijn sterk lemig zand		18.12			
Zn35 Vlakvaaggrond in zeer fijn sterk lemig zand					
Zn53 Vlakvaaggrond in matig fijn zwak lemig zand		41.54			
Zn55 Vlakvaaggrond in matig fijn sterk lemig zand		11.38			
Stuifzandgronden	4.27				
cZ31z Matig humusarm en matig humeus stuifzand op zand zonder podzolprofiel		1.19			
cZ51p Matig humusarm en matig humeus stuifzand op zand met podzolprofiel		3.08			
Oude kleigronden	19.87				
KX Keileemgronden		16.99			
KT Tertiaire kleigronden		1.49			0.82
Ln5A Poldervaaggrond in kalkrijke zandige leem		1.39			
Overige onderscheidingen	2.94				
Water		0.85			
Moeras		0.56			
Gronddepot		1.53			
Totaal	288.37		2.76	2.95	2.81

Kalkloze zandgronden

De grootste oppervlakte (136 ha) wordt ingenomen door de 'Kalkloze zandgronden'. Op basis van de dikte van de bovengrond zijn deze onderverdeeld in 'Eerdgronden', bovengrond 15 – 30 cm (t..) en 'Vaaggronden' < 15 cm zonder letter. Eerdgronden met een matig dikke bovengrond van 30 – 50 cm beginnen met de letter c.. Daarnaast zijn op basis van de aanwezigheid van roestvlekken in de bovengrond 'Beekeerdgronden' (tZg., cZg..) en 'Beekvaaggronden' (Zg..) onderscheiden, waarbij de aanwezigheid van ijzer in de bovengrond een aanwijzing is voor kwelinvloed ten tijde van de bodemvorming. Met het kwelwater worden mineralen (vooral calcium en ijzer) die op de hoger gelegen podzolgronden zijn uitgespoeld, aangevoerd. Door de neerslag van mineralen in de bovengronden hebben beekeerd- en beekvaaggronden een betere zuurbuffer en is de natuurlijke voedselrijkdom wat hoger dan bij podzolgronden. Door veranderingen in de waterhuishouding, met

name de verbeterde ontwatering in de lage delen, komt deze kwelinvloed nu meestal niet meer voor. In bos liggen veel van deze gronden ook op rabatten. Deze kwelgevoede zandgronden worden vooral gevonden in de beekdalen en dalvormige laagtes in het dekzandgebied. In het dal van de Oelerbeek komt langs de Bornsestraat plaatselijk een kleidek (toevoeging k..) voor en in Twickelerbosch een vlak met een ijzerrijke bovengrond (toevoeging f..).

Bij de 'Gooreerdgronden' (bovengrond 15 – 30 cm tZn., 30 – 50 cm. cZn.) en 'Vlakvaaggronden' (bovengrond < 15 cm.) ontbreken de roestvlekken en is waarschijnlijk sprake geweest van een meer horizontale (laterale) grondwaterstroming. Qua zuurbuffer en voedselrijkdom nemen zij een tussenpositie in ten opzichte van de hiervoor besproken 'kwelgevoede zandgronden' en de podzolgronden. Ze worden vooral aangetroffen in een strook van zuid (Breeriet) naar noord (Bornse Veld) en langs de randen van het centrale keileemplateau in Ruwe Braak en Bokdammerveld. Het betreft oorspronkelijk (zeer) natte plekken waar water vaak stagneert op onderliggende keileem of tertiaire klei.

De kalkloze zandgronden zijn vrijwel allemaal ontwikkeld in zeer en matig fijn, zwak tot sterk lemig zand. Meestal is dat dekzand of fluvioperiglaciaal zand (§ 2.3.1.6), maar het kan ook keizand of fluvioglaciaal verspoeld zand zijn (§ 2.3.1.4 en § 2.3.1.5). In enkele kleine vlakken in Ruwe Braak en Bokdammerveld zijn gooreerdgronden ontwikkeld in matig grof fluvioglaciaal zand (tZn72, figuur 2.7).

Podzolgronden

Eveneens op een zeer groot areaal (110 ha) komen de podzolgronden voor. Omdat echt droge gronden in Twickel niet voorkomen, betreft het overal 'Veldpodzolgronden' (Hn.. - bovengrond < 30 cm) of 'Laarpodzolgronden' (cHn.. - bovengrond 30 – 50 cm.). Deze bodems zijn onder invloed van infiltrerend neerslagwater ontstaan onder heide en bos, waarbij onder zure omstandigheden amorfe organische stof uit de bovengrond is uitgespoeld om dieper in het profiel weer afgezet te worden. Hierbij is tevens een deel van de mineralen in de bovengrond 'uitgelooft' waardoor met name calcium, ijzer en aluminium zijn uitgespoeld. Hierdoor zijn deze gronden armer aan mineralen dan de gooreerd- en beekerdgronden. Een deel van het ijzer en aluminium is, samen met de organische stof, dieper in het profiel weer neergeslagen in de zogenaamde 'B-horizont'. Calcium en een deel van het ijzer worden echter ook via grondwaterstromen getransporteerd naar lagere delen waar het in de natuurlijke situatie als kwelwater weer aan het oppervlak komt in de zone waar beekerd- en beekvaaggronden zijn gekarteerd. Podzolgronden zijn vooral gekarteerd op de relatief hooggelegen dekzandruggen en -welingen waar de ondoorlatende keileem of tertiaire klei dieper begint of ontbreekt.

Oude kleigronden

De 'Oude kleigronden' (20 ha) bestaan vooral uit 'Keileemgronden' (KX) en kleine oppervlakten 'Tertiaire kleigronden' (KT) en 'Kalkrijke zandige leem' (Ln5A). In alle gevallen begint de oude klei binnen 40 cm – mv., hierop kan een dunne laag dekzand of stuifzand voorkomen (Figuur 2.5 en figuur 2.6). Bij keileemgronden kan de zandige bovengrond ook bestaan uit keizand, een residu van keileem waar de fijnste delen zijn 'uitgewassen' door smeltwater dat over het oppervlak stroomt. De keileemgronden komen voor in het centrale en tevens hoogste deel van Ruwe Braak, waar op de tertiaire klei een pakket keileem van enkele meters ligt. Tertiaire kleigronden komen in twee vlakken in Bokdammerveld en bij de Noordmolen voor, Kalkrijke leem is ondiep aangetroffen in het zuiden van Strampenveld.

Dikke eerdgronden

Bij 'Dikke eerdgronden' (12.6 ha) is de eerdlaag dikker dan 50 cm en ontstaan door ophoging van de bestaande bodem. Dat kan geleidelijk gedaan zijn, door 'potstalbemesting', maar ook ophoging door grondverzet komt voor. Op dekzandruggen (deels buiten de kartering) heeft de ophoging vaak door bemesting plaatsgevonden. Dicht bij het kasteel en met name in het park (niet gekarteerd) en in Twickelerbosch is in het kader van de aanleg van het landgoed ook veel grond verzet. Het langwerpige vlak met de eenheid bEZ45 in Ruwe Braak is waarschijnlijk ook bewust opgehoogd om als kwekerij dienst te doen (zie § 2.5).

Stuifzandgronden

Op kleine schaal (4.3 ha) zijn stuifzandgronden aangetroffen in de omgeving van de Noordmolen (§ 2.3.1.6). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen gronden waar het oorspronkelijk podzolprofiel is 'overstoven' (cZ51p, figuur 2.9) en waar eerst een deel van het profiel is weggestoven en later een pakket stuifzand is afgezet over het resterende kale zand (cZ31z). In beide gevallen is het stuifzand tamelijk humeus, wat tot uiting komt in de letter c.. in de code. Door de losse pakking van het stuifzand is de doorworteling vaak goed, hetgeen gunstig is voor het vochtleverend vermogen (§ 5.3.2).

Moerige gronden

De 'Moerige gronden' omvatten met 2 ha de kleinste groep bodemeenheden in het gekarteerde gebied. Het betreft dunne (< 40 cm) veenpakketten in afvoerloze laagten op het Bornse Veld. Onder het moerige materiaal komt meestal zand voor (vWz), maar omdat de grondwaterstanden hier erg hoog zijn, blijven deze laagten permanent nat en kan veenvorming ontstaan. Bij één vlak (Wg) in het westen van Bornse Veld komt keileem direct onder het veen voor waarop het water stagneert. Waarschijnlijk is hier ook sprake van een lokale kwelstroom over de keileem, getuige het Riet dat in deze laagte groeit en de wat hogere EGV-waarden die er gemeten zijn door Jansen & Hoogendoorn (1993, zie figuur 3.1). In de zeer natte delen van de heide op met name Bornse Veld en Bokdammerveld zal in het verleden de verbreiding van venige lagen groter geweest zijn, maar is dit door vervening verdwenen.



Figuur 3.1 Heide in westelijk deel van het Bornse Veld, met in de achtergrond de natte laagte met Riet en Veenmos waar water over de keileem naartoe stroomt.

3.3 Toevoegingen ondergrond

Het Landgoed Twickel ligt in een interessant, maar ingewikkeld geologisch gebied. Hier komen oude mariene afzettingen uit het Tertiair voor (tertiaire kleien) en diverse afzettingen die te maken hebben met de gletsjers in de voorlaatste ijstijd ondiep voor (zie ook § 2.3.1). Zo zijn er (deels kalkrijke) leemafzettingen gevonden en grofzandige smeltwaterafzettingen en op vrij grote schaal keileem. De diepte waarop deze afzettingen zijn aangetroffen, is weergegeven als toevoeging bij de bodemeenheden op kaart 2 en apart in beeld gebracht op kaart 3. In tabel 3.2 zijn de oppervlakten aangegeven van de eenheden op kaart 3. Omdat sommige van deze afzettingen ook samen voorkomen in een profiel (boven elkaar), is de verbreiding per afzetting ook gesommeerd.

Tabel 3.2 Oppervlakte van grof zand en oude kleien, per eenheid op kaart 3 en gesommeerd per afzetting.

	Per eenheid	Oppervlakte (ha)			
		Per afzetting			
		Grof zand	Keileem	Kalkrijke leem	Tertiaire klei
Begindiepte Grof zand en/of grind		13.69			
tZn72 < 40 cm - mv.	2.68				
G 40-120 cm - mv.	4.05				
Gx 40-120 cm - mv. op Keileem < 120 cm - mv.	3.92		3.92		
GA 40-120 cm - mv. op Tertiaire klei < 120 cm - mv.	3.04				3.04
Begindiepte Keileem			75.22		
KX < 40 cm - mv.	16.06				
KXa < 40 cm - mv. op Tertiaire klei < 120 cm - mv.	0.93				0.93
X 40-120 cm - mv.	10.42				
Xa 40-120 cm - mv op Tertiaire klei	20.56				20.56
x > 120 cm - mv	27.25				
Begindiepte Kalkrijke Leem				23.50	
Ln5A < 40 cm - mv. Kalkrijk	1.39				
t+ t > 120 cm - mv. Kalkrijk	22.11				
Begindiepte Tertiaire klei					14.37
KT < 40 cm - mv.	1.49				
A 40-120 cm - mv.	3.12				
A+ 40-120 cm - mv. Kalkrijk	1.58				
a > 120 cm - mv.	8.19				
Geen afwijkende lagen					
Geen toevoeging	161.59				
Totaal	288.37	13.69	79.13	23.50	38.90

Het voorkomen van deze afzettingen is van grote invloed op de hydrologische eigenschappen van de bodem en op de doorwortelbaarheid. De kleien en lemen zijn slecht doorlatend voor water, waardoor infiltrerend neerslagwater kan stagneren en in de winter en het voorjaar voor zeer natte omstandigheden kan zorgen. Waar deze lagen dieper zitten, vertraagt het ook de wegzijging, waardoor er langer vocht beschikbaar blijft, maar bij ondiep voorkomen kan in de zomer juist verdroging optreden, omdat de voorraad water in het zandpakket boven de leem opdraakt.

De leem van het Laagpakket van Tilligte en een vlak met tertiaire klei in de ondergrond in het noorden van Gemeenteveld is kalkrijk (t+, A+). Dat heeft niet altijd direct invloed op de zuurgraad van de bovengrond, maar kan, door aanplant van sommige boomsoorten (bijvoorbeeld Linde), wel benut worden om de zuurbuffer van de bovengrond te vergroten (zie § 6.7).

3.4 Vergraven gronden

Bij de bosaanleg is een deel van de gronden vergraven. Dat is aangegeven op kaart 4. Vanwege de slechte bewortelingsmogelijkheden in podzolgronden is een groot deel van de bodems in het landgoedbos 40 tot 80 cm diep vergraven (code F) waardoor de bewortelbare diepte verbeterd is. Dat heeft een positief gevolg voor het vochtleverend vermogen van de bodem en daarmee op de boomgroei.

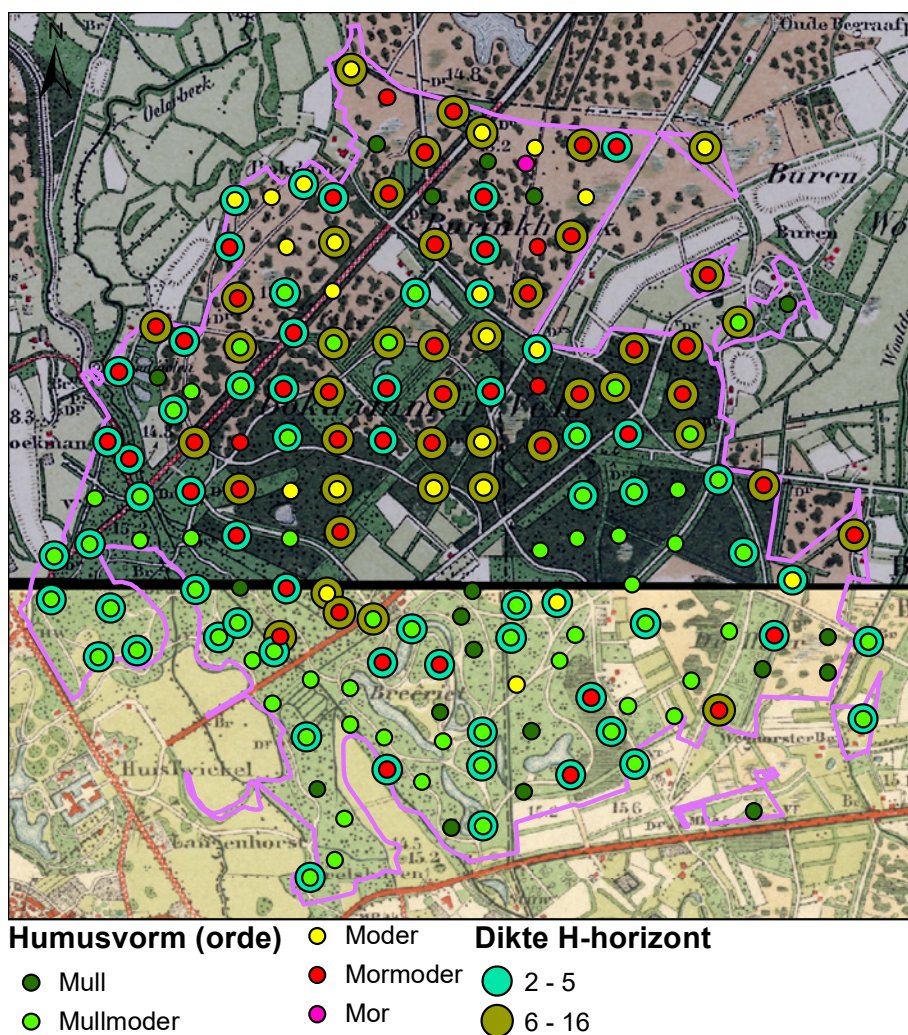
Ook is een vrij groot deel van het bos aangelegd op rabatten (code R). Dat is gedaan in lagere delen die oorspronkelijk te nat waren voor bos, of bij het ondiep voorkomen van keileem. Door het graven van parallelle greppels waarbij de vrijkomende grond op de tussenliggende ruggen werd gebracht, werd zowel de ontwatering verbeterd en de bodem opgehoogd waardoor de standplaats hoger boven

het grondwater is komen te liggen. Dit heeft een gunstig effect op zowel de ontwateringstoestand als het vochtleverend vermogen waardoor de groeimogelijkheden voor het bos sterk verbeterd zijn.

Daarnaast zijn er kleinere oppervlakten opgehoogd (code H) of afgegraven (code G).

3.5 Humusprofielen

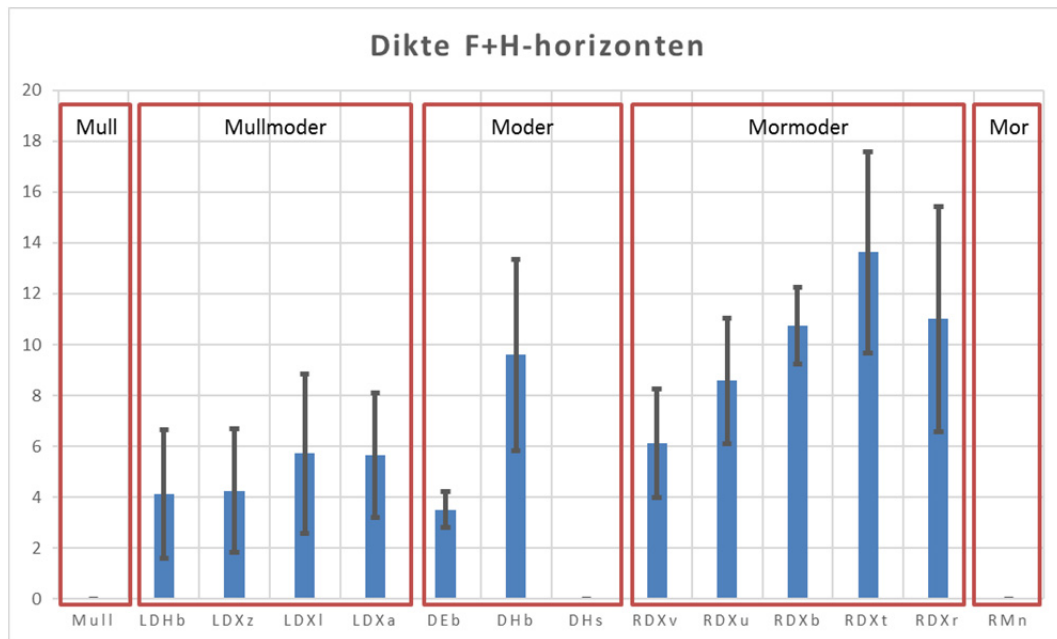
Bij de profielbeschrijvingen is een eenvoudige beschrijving van het humusprofiel opgenomen. Hierbij zijn alleen het horizonttype en de dikte genoteerd. Ook kon in de meeste gevallen niet goed beoordeeld worden wat de dominante biologische processen zijn voor de strooiselafbraak in de F-horizont. In de meeste gevallen zijn F-horizonten beschreven als Fa-horizont, waarin zowel schimmels als mesofauna (mijten, springstaarten) actief zijn, maar het is ook zeer goed mogelijk dat in een deel van deze profielen mesofauna dominant is en eigenlijk Fz-horizonten beschreven hadden moeten worden. Zonder loop is dat echter lastig vast te stellen.



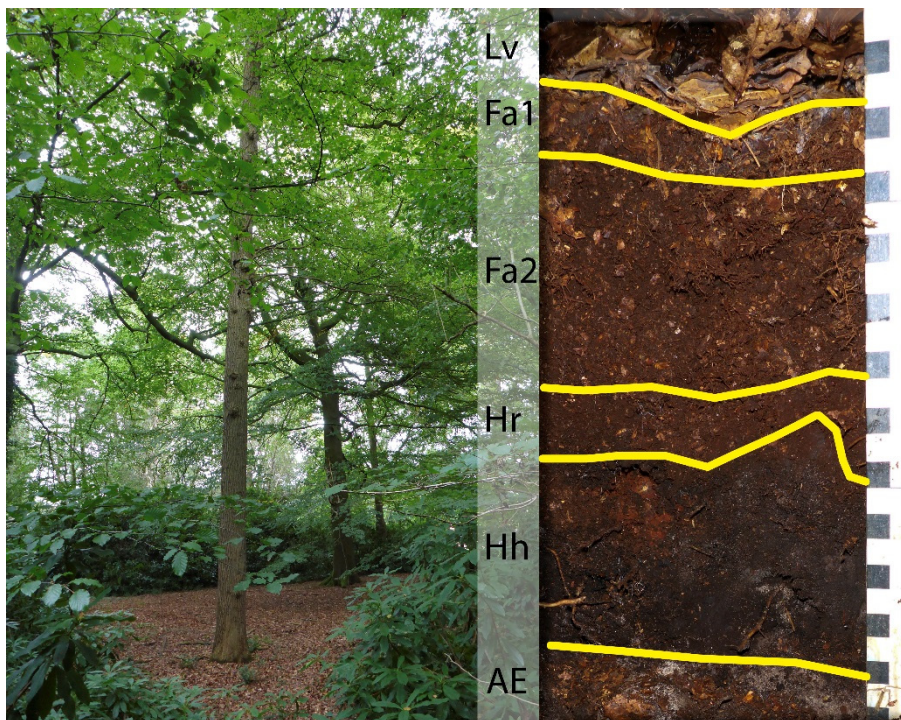
Figuur 3.2 Verbreiding van de humusvormen, op het niveau van orde en de dikte van de H-horizont in vergelijking met de topografie rond 1910 (Bonne-kaart, zie figuur 2.16).

De profielen zijn volgens de Nederlandse humusvormclassificatie toegekend aan humusvormen (Van Delft et al. 2006). De humusprofielen en de toekenning aan humusvormen zijn opgenomen in Bijlage 1. In figuur 3.2 is de verbreiding van de humusvormen weergegeven op het niveau van de orde. Zoals hieronder uiteengezet zal worden, is de dikte van de H-horizonten sterk gecorreleerd aan de ouderdom van de bosgroeiplaats (De Waal et al. 2011; Van Delft et al. 2017a). Daarom zijn de

humusvormen met de dikte van de H-horizont uitgezet tegen de topografie van rond 1910, waarmee een indruk gekregen wordt van de ouderdom van de groeiplaats. Waar toen bos was, is de groeiplaats dus minstens 100 jaar oud. Humusprofielen met een dikke H-horizont lijken inderdaad veel voor te komen binnen de delen die al lang met bos begroeid zijn, maar ook de vochttoestand en de voedselrijkdom spelen hier een rol bij.



Figuur 3.3 Gemiddelde dikte van de F+H-horizonten per humusvorm. De Mull humusvormen zijn samengenomen, DHs en RMn zijn semiterrestrische humusvormen die gekenmerkt worden door een wortelmat (M-horizont), F en H ontbreken hier.



Figuur 3.4 Humusprofiel op een oude bosgroeiplaats bij Buren (boring 4014). De humusvorm is een RDXt Holtzeromormoder met dikke H-horizonten.

Het humusprofiel, als opeenvolging van strooisellagen van verschillende dikte en mate van omzetting, is het resultaat van enerzijds aanvoer van ruw organisch materiaal (strooisel, wortels) en anderzijds de omzetting ervan door bodemleven als wormen, insecten, schimmels en bacteriën. Dit betekent dat bij een actief bodemleven het organisch materiaal en de bijbehorende nutriënten in de bodem opgenomen worden (mullprofielen) en dat bij minder actief bodemleven organisch materiaal zal ophopen op het profiel in strooisellagen of wortelmatten. Afhankelijk van de dikte en aard van de verschillende humushorizonten ontstaan dan mullmoder-, moder-, mormoder- of morprofielen met afnemende mate van omzetting. Dikte en kwaliteit van de strooisellagen zijn bepalend voor de voorraad nutriënten (stikstof, fosfor) en koolstof die in de bodem opgeslagen zijn. Een grote voorraad nutriënten in de strooisellaag duidt daarbij niet automatisch op een voedselrijke groeiplaats omdat deze voorraad juist veroorzaakt is door een trage omzetting. De verschillen in omzettingssnelheid zijn dus ook van invloed op de beschikbaarheid van nutriënten en daarmee op de voedingstoestand van de standplaats. Wel kan bij verstoring van de groeiplaats, bijvoorbeeld bij kaalkap de afbraak van organisch materiaal en daarmee de mineralisatie van nutriënten sterk toenemen. Dat geldt vooral voor profielen met een dikke F-horizont waarin het strooisel slechts gedeeltelijk is verweerd. In een H-horizont is het strooisel al sterk gehumificeerd en minder gevoelig voor verdere afbraak. In oude bossen, zoals in Twickel vrij veel voorkomen, wordt vaak een dikke H-horizont aangetroffen (Figuur 3.4).

Uit het voorgaande blijkt dat er een relatie is tussen de humusvormen en de voedingstoestand van de groeiplaats in verband met de geschiktheidsbeoordeling voor bosbouw. Dit werd ook al onderkend door Bannink et al. (1973). Door het ontbreken van een geschikte humusvormclassificatie en omdat het beoordelen van de vegetatie voldoende geacht werd, is dat toen niet uitgewerkt. In tabel 3.3 is de relatie beschreven tussen de verschillende humusvormen en de gradatie voor de voedingstoestand zoals die aan de punten is toegekend op basis van vegetatie en het bodemtype ter plekke (§ 5.3.3). Omdat de beoordeling van de voedingstoestand bij een vegetatietype afhankelijk is van het bodemtype waarbij armere en rijkere bodems onderscheiden worden, is dat in deze vergelijking ook betrokken. Zo wordt bij de geschiktheidsbeoordeling aan het vegetatietype R2 op een veldpodzolgrond gradatie 2.4 toegekend en op een beekerdgrond gradatie 2.3. Dat komt ook tot uiting in tabel 3.3, bijvoorbeeld bij de eenheden LDXz en DHb. Als rekening gehouden wordt met het bodemtype blijkt dus dat, binnen de hier besproken profielen, de humusvorm een redelijke indicatie lijkt te geven voor de gradatie voor de voedingstoestand. Omdat bodemchemische gegevens ontbreken, is dit verder niet gekwantificeerd.

Mull

De mull-humusvormen worden gekenmerkt door het (vrijwel) ontbreken van een strooisellaag, waardoor zij een geheel mineraal profiel hebben. Hiervoor kunnen verschillende redenen zijn:

- De organische stof wordt door bodemleven snel afgebroken en opgenomen in de bodem. Dat is vooral het geval bij de Beekhydromull (LHf) in de kalkrijke leembodem bij boring 6023 en in enkele profielen met een Zure wormmull (LWz) op beekerdgronden in Buren en Strampenveld. Hier wordt ook een hoge voedingstoestand aangegeven (2.2-2.3). Eveneens een hoge voedingstoestand (2.3) wordt aangegeven bij twee punten met een Radeakkermull (LAr) waarbij de voedselrijkdom deels een gevolg is van vroegere bemesting.
- Ook bij de Zure zandmull (LZz) in Breeriet en de Heidezandmull (LZh) speelt afbraak door bodemleven een rol, maar is de voedingstoestand toch vrij laag.
- De strooisellagen zijn door verstoring verdwenen, zoals bij de Zandhydromull (LHz) op plagplekken in Bornse Veld en Gemeenteveld en een kapvlakte in Breeriet (5028).

Tabel 3.3 Relatie tussen de humusvormen (Van Delft et al. 2006) in de boorpunten en de voedingstoestand zoals deze is afgeleid uit de vegetatie en bodem (§ 5.3.3). De getallen geven het aantal boorpunten per combinatie van humusvorm en voedingstoestand, uitgesplitst naar relatief arme en rijke bodemtypen. De kleur geeft voor elke combinatie aan wat het relatieve aandeel is voor alle boorpunten met de betreffende humusvorm op een arme of rijke bodem.

Orde	Subgroep Bodem	Voedingstoestand				Eindtotaal
		2.2	2.3	2.4	2.5	
Mull		3	5	7	4	19
LHz Zandhydromull						
Arm					3	3
Rijk			1			1
LHf Beekhydromull						
Rijk		1				1
LAr Radeakkermull						
Arm			1			1
Rijk			1			1
LZh Heidezandmull						
Arm			1	2	1	4
LZz Zurezandmull						
Arm				5		5
LWz Zurewormmull						
Rijk		2	1			3
Mullmoder		5	20	42	1	68
LDHb Boshydromullmoder						
Arm			1	2	1	4
Rijk		1	4			5
LDXz Zandxeromullmoder						
Arm			3	25		28
Rijk		2	6			8
LDXI Leemxeromullmoder						
Arm			2	9		11
Rijk		1	2			3
LDXa Akkerxeromullmoder						
Arm			1	6		7
Rijk		1	1			2
Moder		1	5	13	4	23
DEb Boseerdmoder						
Arm				1	1	2
DHb Boshydromoder						
Arm			1	11		12
Rijk		1	4			5
DHs Schraalhydromoder						
Arm				1	3	4
Mormoder		4	7	44	1	56
RDXv Vaagxeromormoder						
Arm			2	12		14
Rijk		2				2
RDXu Humusxeromormoder						
Arm			1	10	1	12
Rijk		1	1			2
RDXb Bosxeromormoder						
Arm				4		4
RDXt Holtxeromormoder						
Arm			2	13		15
Rijk			1			1
RDXr Ruwxeromormoder						
Arm				5		5
Rijk		1				1
Mor					1	1
RMn Veenmesimor						
Arm					1	1
Eindtotaal		13	37	106	11	167

Mullmoder

Bij de mullmoders heeft wel stapeling van organische stof plaatsgevonden, maar komt ook een A-horizont voor die dikker is dan de totale F- en H-horizonten. Dit betekent dat er in elk geval enige menging van organisch materiaal door de bodem heeft plaatsgevonden waardoor een A-horizont is gevormd. Of dat nog actueel is, is de vraag, gezien het voorkomen van ectorganische horizonten. De activiteit van het bodemleven is in elk geval lager dan bij de mull. Dit komt ook tot uiting in een wat lagere gradatie voor de voedingstoestand die doorgaans vrij laag (2.4) of matig (2.3) is. Binnen deze orde zijn wel wat verschillen:

- De semiterrestrische Boshydromullmoder LDHb komt wat vaker op rijke bodems voor en heeft dan ook een wat hogere voedingstoestand.
- De grootste groepen binnen deze orde vormen de Zandxeromullmoder (LDXz) en de Leemxeromullmoder (LDXI), die vooral verschillen in lemigheid van het minerale deel van het profiel; qua indicatie voor de voedingstoestand is er weinig verschil en is deze sterk gerelateerd aan de bodem: 2.4 op arme bodems en 2.3 op de rijke.
- Akkermullmoders (LDXa) komen voor op voormalige landbouwgronden of opgehoogde bodems (met een Aa-horizont) die al langere tijd onder bos liggen, onder andere in Twickelerbosch, maar ook in Strampenveld en De Haar. Voor zover zij op arme bodems voorkomen, blijkt ook de voedingstoestand niet meer beïnvloed te worden door het vroegere gebruik, deze is meestal vrij laag (2.4).
- Binnen de mullmoders komen vrij veel matig dikke H-horizonten (2-5 cm) voor. Vanwege de (dikkere) A-horizont zijn deze profielen tot de mullmoders gerekend; zonder deze A-horizont zouden deze profielen tot de moders gerekend zijn, waarnaar zij de overgang vormen. Overigens is voor de moders een Fz-horizont kenmerkend, waarbij het strooisel voornamelijk door mesofauna (mijten, springstaarten) wordt afgebroken, maar omdat in deze kartering geen uitgebreide humusprofiel-beschrijving gemaakt is, kon het onderscheid tussen verschillende afbraakvormen moeilijk vastgesteld worden en is meestal een Fa-horizont (afbraak door zowel fauna als schimmels) onderscheiden.

Moder

Omdat voor terrestrische moders de Fz-horizont kenmerkend is en deze niet apart is onderscheiden, zijn er geen terrestrische moders (Xeromoder) gekarteerd. Waarschijnlijk behoort een deel van de mormoders eigenlijk tot de moders. Binnen de semiterrestrische moders ligt de nadruk voor de voedingstoestand nog wat verder op de gradaties vrij laag (2.4) en zeer laag (2.5), met uitzondering van de Boshydromoder (DHb) op rijkere bodem.

- De Boseerdmoder (DEb) komt voor op natte plekken waar een dunne veenlaag voor komt. Het voorkomen van een strooisellaag op deze veenlaag duidt op verdroging.
- Onder Boshydromoder (DHb) worden allerlei semiterrestrische minerale profielen verstaan die gemeen hebben dat zij een ectorganische strooisellaag hebben. Deze kan in dikte en samenstelling verschillen, maar is altijd dikker dan 2 cm en dikker dan een eventuele A-horizont. Omdat op vochtige standplaatsen de afbraak van organische stof doorgaans goed verloopt, is de strooiselaccumulatie hier vaak een teken voor oppervlakkige verzuring door ontwatering (zie § 3.6). De voedingstoestand is hierbij vrij laag (2.4), behalve op rijke bodems waar deze matig (2.3) of vrij hoog (2.2) is.
- De Schraalhydromoder (DHs) heeft geen ectorganische strooisellaag, maar wel een wortelmat (M-horizont) die dikker is dan 2 cm en dikker dan een eventuele A-horizont. Doorgaans is deze humusvorm gebonden aan korte vegetaties, zoals op de heide in Bokdammerveld en Bornse Veld waar het wordt gevonden langs de randen van vennen. De voedingstoestand is hier zeer laag (2.5). De humusvorm is ook gevonden in een open dennenbos op Ruwe Braak (boring 3028) waar door stagnatie op de keileem hoge grondwaterstanden voorkomen.

Mormoder

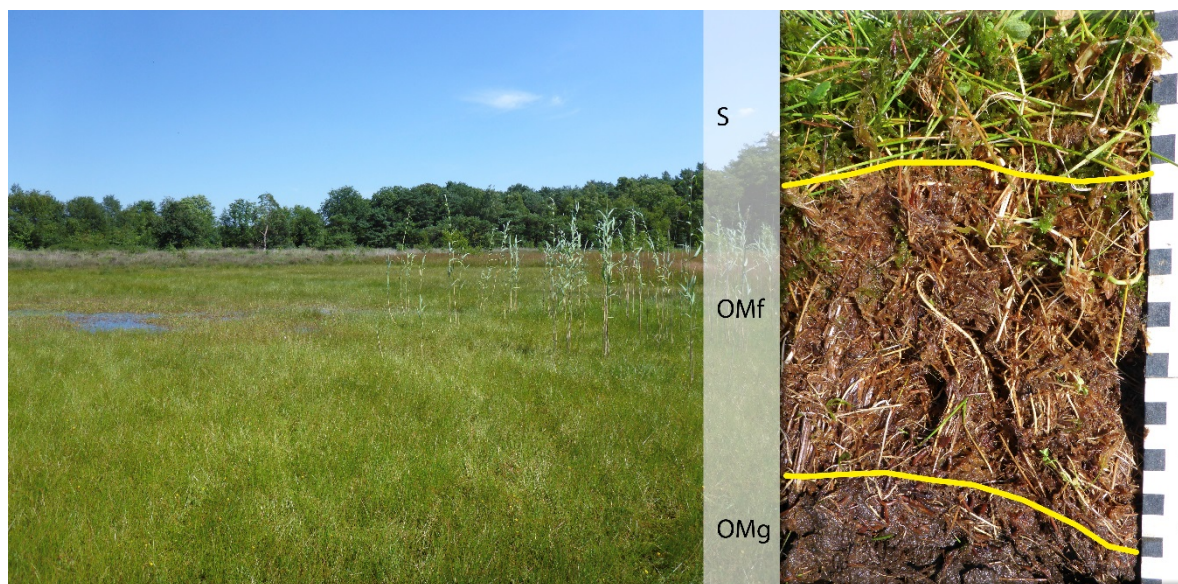
De meeste strooiselaccumulatie, met de dikste ectorganische lagen, wordt gevonden in deze orde (Figuur 3.3) waarbij ook vrijwel altijd sprake is van een matig dikke of dikke H-horizont (Figuur 3.2).

- De dikste pakketten worden gevonden bij de Holtxeromormoders (RDXt) die tevens de dikste H-horizonten hebben en voornamelijk lijken voor te komen in de oudste bosgroeiplaatsen.
- De gemiddelde dikten van de F+H nemen verder af in de volgorde
 - Ruwxeromormoder (RDXr) – vooral dikke F-horizont, op wat jongere groeiplaatsen;
 - Bosxeromormoder (RDXb) – matig dikke H-horizont, op oudere spontane bossen op de heide;
 - Humusxeromormoder (RDXu) – vergelijkbaar, met overwegend wat dunnere H-horizont;

- Vaagxeromormoder (RDXv) – met doorgaans relatief dunne F- en H-horizont, verspreid door het gebied.
- Het grootste deel van de mormoders heeft een vrij lage voedingstoestand (2.4), met enkele uitzonderingen op rijkere bodems die een matige (2.3) of vrij hoge (2.2) voedingstoestand hebben.

Mor

Mor humusvormen worden gekenmerkt door de grootste accumulatie van ruw (weinig verteerd) organisch materiaal. In de onderzochte profielen is dat slechts bij één semiterrestrisch profiel aan de rand van een ven in Bornse Veld het geval (Figuur 3.5). In dit profiel vindt veenvorming plaats en bestaan de bovenste decimeters uit een venige wortelmat met veenmos. De humusvorm is een Veenmesimor (RMn) en de voedingstoestand zeer laag (2.5).



Figuur 3.5 Verlandend ven in Bornse Veld (boring 2035). Het jonge veen bestaat voor een groot deel uit een venige wortelmat (OMf), de humusvorm is Veenmesimor (RMn).

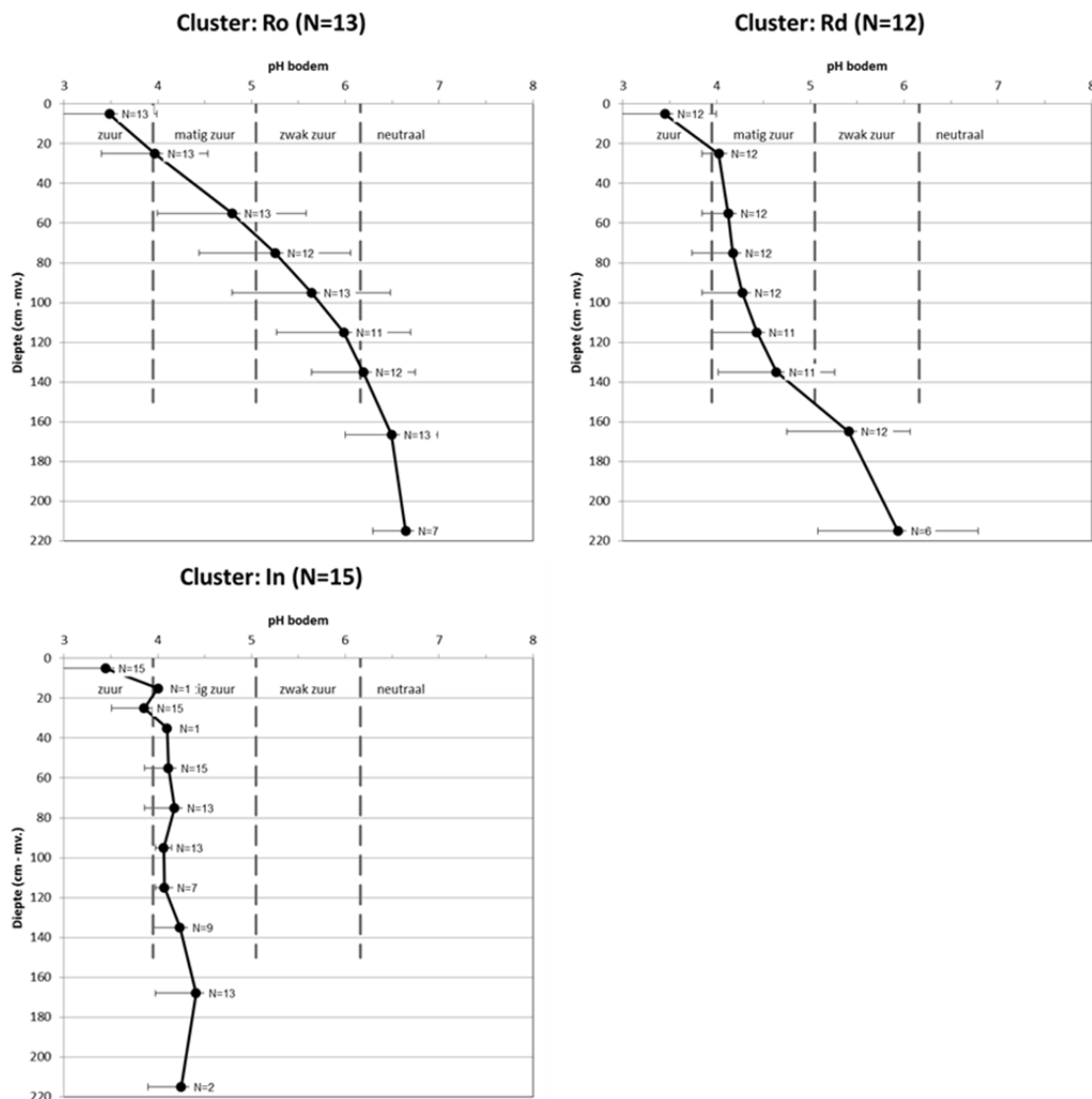
3.6 pH-profielen

Bij de profielbeschrijvingen is bij 40 boorpunten ook het pH-profiel opgenomen door op 7 à 10 dieptes (5, 25, 55, 75, 95, 115, 135 cm en eventueel tot 215 cm – mv.) de pH van het bodemmateriaal te bepalen met indicatorstrookjes (Bijlage 2). In totaal zijn 337 pH-bepalingen gedaan. Deze informatie is gebruikt om te bepalen of eventuele kwel ook van invloed is in de wortelzone, omdat in kalkloze bodems bij aanwezigheid van kwel de zuurgraad gebufferd wordt en hogere pH-waarden gevonden worden. De metingen zijn bij voorkeur uitgevoerd op locaties waar kwel mogelijk aan de orde is, gezien het bodemprofiel en de landschappelijke ligging. De aan de bodem gemeten pH is representatief voor de bodemmatrix en daardoor vrijwel niet seizoensafhankelijk, in tegenstelling tot de pH van het bodemwater.

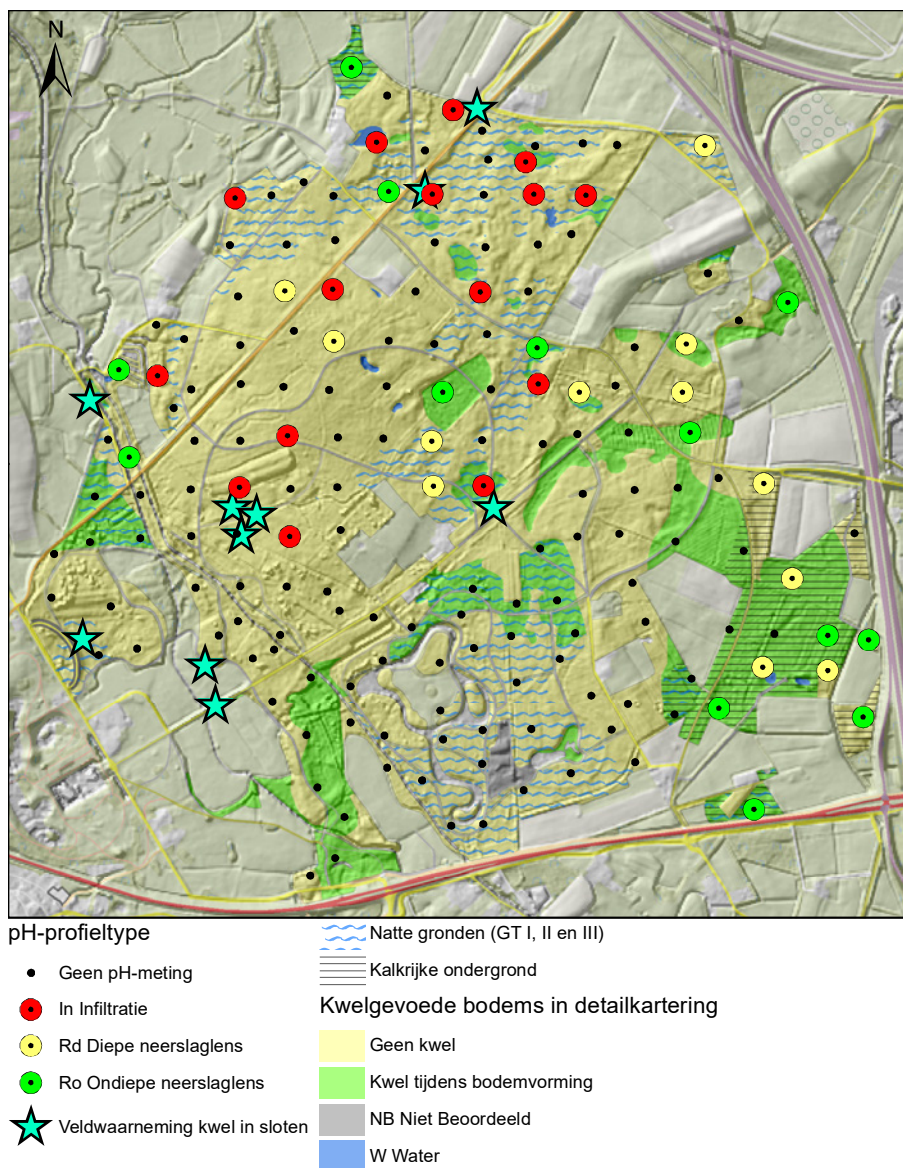
Tabel 3.4 Criteria voor het bepalen van pH-profieltypen op basis van het pH-verloop met de diepte.

Maximale pH in dieptetraject			pH-profieltype	
>20 cm	20 cm - GLG	0 – 20 cm	Code	Omschrijving
≥ 5,5	≥ 5,5	≥ 5,0	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
		< 5,0	Ro	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
	< 5,5		Rd	Kwelinvloed aanwezig, diepe regenwaterlens
< 5,5	≥ 5,0		Lo	Mogelijk lokaal kwelwater, zwak gebufferd
	4,5 – 5,0		InA	Basenarm infiltratieprofiel
	< 4,5		InZ	Zuur infiltratieprofiel

De pH-profielen geven een indicatie voor het voorkomen van kwel in de wortelzone. Hiervoor is een sleutel afgeleid waarmee op basis van de pH-waarden op verschillende diepten bepaald wordt of kwel voorkomt en van invloed is in het profiel (Tabel 3.4). De 40 boringen waar pH-metingen gedaan zijn, zijn volgens deze sleutel ingedeeld bij pH-profieltypen, variërend van 'Kwelinvloed in de wortelzone' tot een 'Zuur infiltratieprofiel'. Nergens is kwel tot in maaiveld gevonden, bij 13 profielen komt een ondiepe neerslaglens voor, bij 12 profielen een diepe (Bijlage 2). De overige 15 beoordeelde boringen hebben allemaal een infiltratieprofiel. De verbreiding van de verschillende pH-profieltypen in het gekarteerde gebied is weergegeven in figuur 3.7, waarbij ook veldwaarnemingen van kwel in sloten en greppels (Kwelfilm, ijzerneerslag, Waterviolier, figuur 3.8) zijn toegevoegd en een inschatting van de kans op voorkomen van kwel volgens de detailbodemkaart (kaart 2). De veldwaarnemingen betreffen incidentele waarnemingen, de verbreiding van kwelverschijnselen is niet systematisch opgenomen. Kwel in de wortelzone is alleen te verwachten bij natte gronden, daarom zijn de gronden met een grondwatertrap I, II of III met een arcering aangegeven (zie kaart 5). Tevens is het voorkomen van kalkrijk materiaal (kaart 3) in de ondergrond aangegeven omdat dit, afhankelijk van de grondwaterstanden en -bewegingen, van invloed kan zijn op de zuurgraad in de bovengrond.



Figuur 3.6 Gemiddeld pH-verloop met de diepte in drie clusters van pH-profieltypen: Ro = Ondiepe neerslaglens, Rd = Diepe neerslaglens, In = Infiltratieprofiel. Het getal N geeft het aantal waarnemingen waarop het gemiddelde is gebaseerd, de horizontale lijntjes de spreiding (standaardafwijking) rond het gemiddelde per diepte.



Figuur 3.7 pH-profieltypen, veldwaarnemingen kwel en kwelindicaties op basis van de detailbodemkaart.



Figuur 3.8 Greppel met kwelverschijnselen in de noordwestrand van Bornse Veld.

3.7 Grondwatertrappenkaart

Bij de profielbeschrijvingen zijn schattingen gedaan van het grondwaterstandverloop (§ 3.1). Op basis van profielkenmerken (roest, reductie), grondwaterstanden in de boorgaten en peilen in nabijgelegen sloten, is een inschatting gemaakt van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Daarnaast zijn voor het Bornse Veld peilbuisgegevens beschikbaar (§ 2.4.1). Op basis van deze schattingen is per boring een grondwatertrap bepaald (zie tabel 3.5). In de kartering is, met behulp van het AHN, de verbreiding van de grondwatertrappen in kaart gebracht. De begrenzing loopt deels samen met de begrenzing van vlakken van de bodemkaart, maar kan ook bodemvlakken opdelen in een natter en droger deel.

Op de grondwatertrappenkaart (kaart 5) is het grondwaterstandverloop aangegeven met de grondwatertrappen die elk een bereik hebben voor GHG en GLG. Daarnaast is in een aantal vlakken een toevoeging (w..) gebruikt voor lage delen waar geruime tijd water boven maaiveld voorkomt. Natte gronden komen voor in de lagere delen langs de randen van het gebied. In het centrale deel komen veel grondwatertrappen V (Vao, Vad, Vbo, Vbd) voor waar relatief ondiep keileem of tertiaire klei voorkomt waar water tijdelijk op stagneert, maar in de zomer dieper wegzakt. In delen met rabatten komen vaak relatief droge grondwatertrappen voor op voormalig natte bodems.

Tabel 3.5 Indeling gekarteerde grondwatertrappen en de oppervlakte waarop deze voorkomen.

Code	GHG (cm - mv)	GLG (cm - mv.)	Toevoeging	Opp. (ha)
wIa	< 25	< 50	Periodiek water boven maaiveld	2.26
wIIa	< 25	50-80	Periodiek water boven maaiveld	1.36
IIa	< 25	50-80		4.59
IIb	25-40	50-80		0.06
wIIIa	< 25	80-120	Periodiek water boven maaiveld	1.74
IIIa	< 25	80-120		41.06
IIIb	25-40	80-120		26.62
IVc	40-80	80-120		0.17
Vao	< 25	120-180		29.86
Vad	< 25	>180		1.19
Vbo	25-40	120-180		85.50
Vbd	25-40	>180		3.87
VIo	40-80	120-180		40.43
VIId	40-80	>180		16.09
VIIo	80-140	120-180		27.73
VIIId	80-140	>180		2.88
W			Open water	0.12
NB			Niet beoordeeld	2.82
				288.37

4 Landschapsecologische positie

De geschiktheidsbeoordeling voor bosbouw (hoofdstuk 5) en de natuurpotenties (hoofdstuk 6) zijn gebaseerd op een landschapsecologische indeling volgens de Landschapsleutel (§ 1.3.2). Op basis van deze indeling zijn landschappelijke bodemkaarten gemaakt als vertaling van de geomorfologische kaart en de detailbodemkaart². Het gekarteerde gebied valt in zijn geheel binnen de 'Hogere zandgronden' (Hz). In § 4.1 en 4.2 worden deze kaarten besproken op het niveau van Fysisch-Geografische secties, -series en -typen. Deze eenheden geven de bodemkundig-hydrologische situatie weer ten tijde van de bodemvorming³. Inmiddels is er het nodige veranderd aan de hydrologie en heeft op een deel van de bodems bemesting plaatsgevonden. De uiteindelijke beoordeling is gedaan op het niveau van fysiotopen (§ 1.3.2, § 4.3, kaart 7).

4.1 Fysisch-Geografische secties en -series

De Fysisch-Geografische secties en -series zijn vooral gebaseerd op de geomorfologische kaart en geven daarmee informatie over de ontstaanswijze landschap en over het reliëf, wat bepalend is voor de hydrologische positie tijdens de bodemvorming. Deze eenheden zijn weergegeven in figuur 4.1. De basis van het landschap in Twickel wordt gevormd door de glaciële vorming. Binnen de FG-sectie 'Glaciële gebieden' (HzG) zijn deze vormen nog goed herkenbaar. Door latere geologische invloeden van wind en water zijn de 'Dekzandgebieden' (HzD) en 'Beekdalen' (HzB) ontstaan die de glaciële vormen deels afdekken of hebben vervangen. Onder invloed van de mens zijn tot slot de 'Stuifzandgebieden' (HzS) en 'Oude bouwlanden' (HzO) ontstaan.

HzG Glaciële gebieden

In de kern van Ruwe Braak en Breeriet komt de grootste verbreiding van de '(Kei)leemopduikingen' (HzGK) voor, waar de keileem ondieper dan 40 cm – mv. begint. Dit is tevens het hoogstgelegen deel van het gekarteerde gebied. De keileem, die oorspronkelijk een veel grotere verbreiding heeft gehad, is elders door erosie verdwenen of bedekt met jongere afzettingen. Ook de ondiep voorkomende tertiaire kleien in Bokdammerveld en bij de Noordmolen horen bij deze eenheid. De leemhoudende zanden in de omgeving van HzGK bestaan deels uit keizand of lemige smeltwaterafzettingen en worden tot de 'Leemhoudende stuwwallen' (HzGL) gerekend. Ook deze liggen op de hoogste delen. Vanuit deze hogere delen stroomt ondiep grondwater over de keileem en tertiaire kleien naar de lagere delen rondom de centrale hoogte.

Aan de flanken van deze centrale hoogte liggen de 'Puinwaaiers en leemarme stuwwallen' (HzGP) waar de moreneafzettingen sterker geërodeerd zijn. Ook verder naar het oosten, in de omgeving van Buren, komen deze afzettingen voor. Voor het grondwater zijn dit overwegend de zones waar water lateraal doorheen stroomt of als lokale kwel naar boven komt.

² Deze kaarten zijn gebaseerd op de huidige Geomorfologisch Kaart Nederland en een interpretatie van de detailbodemkaart naar geomorfologische eenheden. In een later stadium is de geomorfologische kaart (kaart 6) aangepast aan de nieuwe Legenda van de GKN en is ook de kaart op een aantal punten aangepast. Dit is wel verwerkt in kaart 6 en de toelichting in § 2.3.2, maar niet in de landschappelijke bodemkaarten die hier besproken worden.

³ Voor meer informatie over de indeling en algemene beschrijvingen van de eenheden wordt verwezen naar de website van de Landschapsleutel: <http://landschapsleutel.wur.nl/> Op de startpagina bevindt zich onderaan een icoon waarop geklikt kan worden voor een overzicht van alle eenheden.

HzB Beekdalen

In de laagste delen van het gekarteerde gebied, vooral aan de randen, komen de beekdalen voor die ontstaan zijn in de laagtes die door erosie in het glaciaire landschap zijn ontstaan. Het dal van de Oelerbeek/Azelerbeek volgt het tunneldal dat in de tertiaire ondergrond is uitgesleten en ontvangt daardoor als enige min of meer regionale kwel (§ 2.3.2). Het dal van de Woolderbeek in het oosten is ontstaan in het glaciaire bekken van Hengelo waar vrij ondiep kalkrijke lemen van het laagpakket van Tilligte voorkomen (§ 2.3.1.6). Kwel is hier meer lokaal, maar wel kalkrijk.

De meeste beekdalen zijn relatief vlakgelegen en worden gerekend tot 'Natte en verdroogde beekdalen, inclusief droogdalen' (HzBN). Hiertoe zijn ook enkele min of meer dalvormige laagtes gerekend die vanaf het centrale deel in de richting van de beekdalen lopen. Enkele van deze laagten die oorspronkelijk zeer nat waren, zijn als 'Brongebieden' (HzBB) aangeduid. In het dal van de Oelerbeek, ter hoogte van de Bornsestraat, komen 'Benedenlopen en lemige beekdalvlakten' (HzBV) voor waar een kleidek is afgezet.

HzO Oude bouwlanden

De oude bouwlanden zijn volledig antropogeen (door toedoen van de mens) ontstaan. Het zijn de eerdgronden die door ophoging met humushoudend zand zijn ontstaan. Dat kan een geleidelijk proces zijn geweest door potstalbemesting, voornamelijk op dekzandruggen of een snel proces bij ophoging ineens, bijvoorbeeld bij de parkaanleg in Twickelerbosch. Naar de aard van de organische stof worden 'Zwarte eerdgronden' (HzOZ) en 'Bruine eerdgronden' (HzOB) onderscheiden. De tweede categorie heeft wat voedselrijkere humus en vaak ook wat meer leem of zelfs een beetje lutum. Daardoor wordt de voedingstoestand in dit FG-type hoger ingeschat dan bij HzOZ (§ 5.3.3). De 'Lage eerdgronden' (HzOL) zijn ontstaan door ophoging van natte plekken in een beekdal om deze geschikt te kunnen maken voor landbouw. In het gekarteerde gebied komen zij alleen voor in een smalle strook langs de Twickeler Vaart bij de Noordmolen.

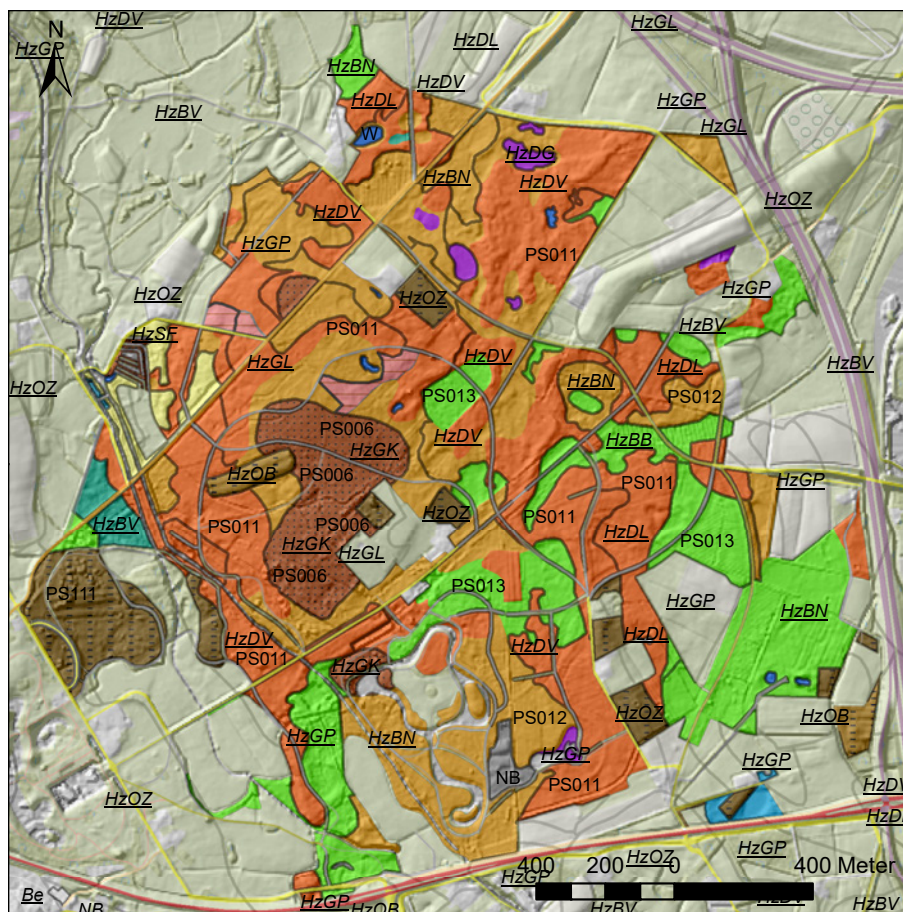
HzS Stuifzandgebieden

De stuifzandgronden in de omgeving van de Noordmolen behoren geheel tot 'Forten en overstoven laagten' (HzSF), omdat uitgestoven laagten hier niet zijn aangetroffen.

4.2 Fysisch-Geografische typen

Op het niveau van Fysisch-Geografische typen worden de FG-series verder onderverdeeld op basis van bodemkenmerken die gerelateerd zijn aan de hydrologische positie tijdens de bodemvorming. In figuur 4.2 is de verbreiding van de FG-typen weergegeven, waarbij de begrenzing van de FG-series waarbinnen zij voorkomen, aangegeven is met een grijze lijn en een cursieve code (zie ook figuur 4.1). De oppervlakte van de FG-typen per FG-serie is samengevat in tabel 4.1.

Een deel van de FG-typen is specifiek gebonden aan één enkele FG-serie: dat is het geval voor PS002, PS006, PS014, PS022 en de eerdgronden PS111 t/m PS113. Dat zijn dan ook de enige FG-typen die binnen de betreffende FG-serie voorkomen. PS010 t/m PS013 vertegenwoordigen een hydrologische reeks van stagnatie van grondwater op keileem (PS010) via infiltratie (PS011) en laterale grondwaterstroming (PS012) naar kwel (PS013). Deze hydrologische gradiënt kan in verschillende FG-series voorkomen, zowel binnen de glaciaire gebieden (HzG) als de dekzandgebieden (HzD) en de beekdalen (HzB). Hetzelfde geldt voor natte laagten waar onder invloed van (lokale) kwel veenvorming kan optreden (PS016).



Fysisch-Geografische Typen in detailkartering

- PS002 Initiële vochthoudende basenarme zandgronden
- PS006 Wisselvochtige mineraalrijke keileemgronden (met schijnspiegels)
- PS010 Atmotrofe basenarme zandgrond met stagnerend regenwater en schijnspiegels
- PS011 Atmotrofe vochtige zandgronden
- PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater
- PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel

- PS014 Beek- of rivierkleien gevoed door lokale zwakke kwel
- PS016 Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel
- PS022 Laaggelegen leemgronden
- PS111 Hoge zandgronden met een zwart bouwlanddek
- PS112 Hoge zandgronden met een bruin bouwlanddek
- PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- NB Niet Beoordeeld
- W Water
- Begrenzing FG-series

Figuur 4.2 Fysisch-Geografische typen in het gekarteerde gebied.

Tabel 4.1 Oppervlakte van de Fysisch-Geografische typen binnen de FG-series.

Fysisch-Geografische serie																
FG-type	HzGL	HzGP	HzGK	HzSF	HzDL	HzDV	HzDG	HzBB	HzBN	HzBV	HzOZ	HzOB	HzOL	NB	W	Totaal
PS002			18.5	4.3												4.3
PS006																18.5
PS010	0.6	2.0														2.6
PS011	5.9	18.1			15.2	56.0			7.6							102.9
PS012	8.5	21.1				13.1			31.9							74.6
PS013		7.9				8.5		6.0	31.9							54.3
PS014										3.0						3.1
PS016		0.6					1.6		0.4							2.6
PS022									1.4							1.4
PS111											18.4					18.4
PS112												3.2				3.2
PS113													0.1			0.1
NB														1.5		1.5
W															0.9	0.9
Totaal	15.0	49.7	18.5	4.3	15.2	77.8	1.6	6.0	73.3	2.9	18.4	3.2	0.1	1.5	0.9	288.4

4.3 Fysiotopen

De hierboven beschreven landschapsecologische indeling Fysisch-Geografische eenheden dient vooral om de structuur van het landschap en hydrologische positie in een referentiesituatie (tijdens de bodemvorming, vóór de ontwatering) te begrijpen en van daaruit de potenties voor natuurlijke vegetaties te kunnen beoordelen (§ 1.3.2 en hoofdstuk 6). Voor de geschiktheidsbeoordeling voor bosbouw (hoofdstuk 5) en het bepalen van realisatiekansen voor natuur (hoofdstuk 6) is informatie over actuele hydrologie (grondwaterstandverloop) noodzakelijk en in een aantal gevallen een onderverdeling van FG-typen op basis van textuur of kalkgehalte. Daarom zijn de FG-typen binnen de FG-series verder onderverdeeld in Fysiotopen die als basis dienen voor de geschiktheidsbeoordelingen.

De basis van de onderverdeling is de gradatie voor de ontwateringstoestand die per grondwatertrap kan worden toegekend (Tabel 5.1). Bij de geschiktheidsbeoordeling is de uiteindelijke beoordeling van de ontwateringstoestand gebaseerd op de GHG in de boring en het reliëf binnen het kaartvlak (§ 5.3.1). Vervolgens is een verdere onderverdeling gemaakt naar textuur, voor zover dat van belang is voor het vochtleverend vermogen. Bij drogere gronden zijn bodems met leemarm of grof zand onderscheiden, omdat de vochthoudendheid daarvan geringer is. Vanwege de grote invloed op de ontwatering, maar ook op de bewortelingsdiepte, zijn percelen met rabatten gescheiden van de overige percelen. Tot slot is ook onderscheid gemaakt naar gronden met een kalkrijke ondergrond.

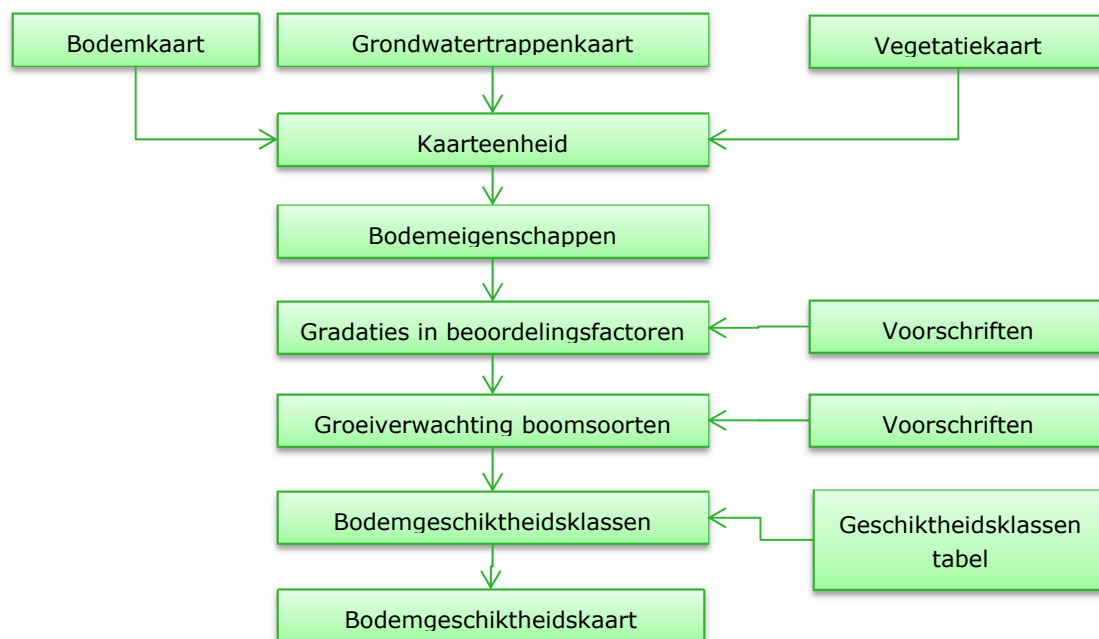
Deze onderverdeling in fysiotopen levert een groot aantal combinaties op van eenheden die beoordeeld moeten worden voor de geschiktheid voor bosbouw of natuur. Voor de geautomatiseerde verwerking is dat geen probleem, de procedures zijn beschreven in hoofdstuk 5 en 6. Weergave op een kaart waarop al deze variaties tot hun recht moeten komen is niet mogelijk, omdat dit een onleesbare kaart zou opleveren. In kaart 7 is wel de begrenzing van de kaartvlakken weergegeven met de vochtklasse, gebaseerd op de ontwateringstoestand per grondwatertrap en de aanduidingen voor grof en leemarm zand en kalkrijke ondergrond.

5 Bodemgeschiktheid voor bosbouw

5.1 Methode

Zoals in de inleiding (Hoofdstuk 1) is beschreven, gaat de oorsprong van de gebruikte methode voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw terug naar de jaren 70 en 80 van de 20^e eeuw. Dat betekent dat de methode, in elk geval op onderdelen, verbeterd kan worden en waar mogelijk is dat ook gedaan. Behalve de duidelijke voordelen die verwerking in een Geografisch Informatie Systeem (GIS) en andere digitale verwerkingsmethoden bieden, is nadrukkelijk gezocht naar manieren om om te gaan met de variatie in maaiveldhoogte en de daaruit voortvloeiende verschillen in grondwaterregime binnen kaartvlakken (zie § 5.2, 5.3.1 en 5.3.2). De uitgangspunten zijn wel nog steeds van kracht en bruikbaar bij het inschatten van de houtaanwas van bos. De werkwijze van de geschiktheidsbeoordeling en het vaststellen van de beoordelingsfactoren worden in de onderstaande paragrafen toegelicht. De teksten in deze paragrafen zijn grotendeels letterlijk overgenomen uit de *'Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik'* (Ten Cate et al. 1995D) en aangevuld met nieuw ontwikkelde kennis en methoden.

Het doel van de bodemgeschiktheidsbeoordeling is: uitgaande van de bodemkaart, de grondwatertrappenkaart en de vegetatiekaart, door interpretatie vast te stellen in welke mate de verschillende gronden geschikt zijn voor bosbouw (Figuur 5.1).



Figuur 5.1 Schema van de interpretatieprocedure bij de beoordeling van de bodemgeschiktheid voor bosbouw (naar Waenink & Van Lynden 1988).

Geschiktheidsbeoordelingen gaan ervan uit dat een grond geschikter is naarmate er meer boomsoorten op kunnen groeien en hun groei beter is. De geschiktheid van een grond voor bosbouw is dus afhankelijk van de groeimogelijkheden van de verschillende boomsoorten op die grond. Om de gronden op hun geschiktheid te beoordelen, wordt van elke combinatie van bodemeenheid, grondwatertrap en vegetatietype het niveau of de grootte vastgesteld van vier beoordelingsfactoren (zie ook § 5.3.1 t/m 5.3.4):

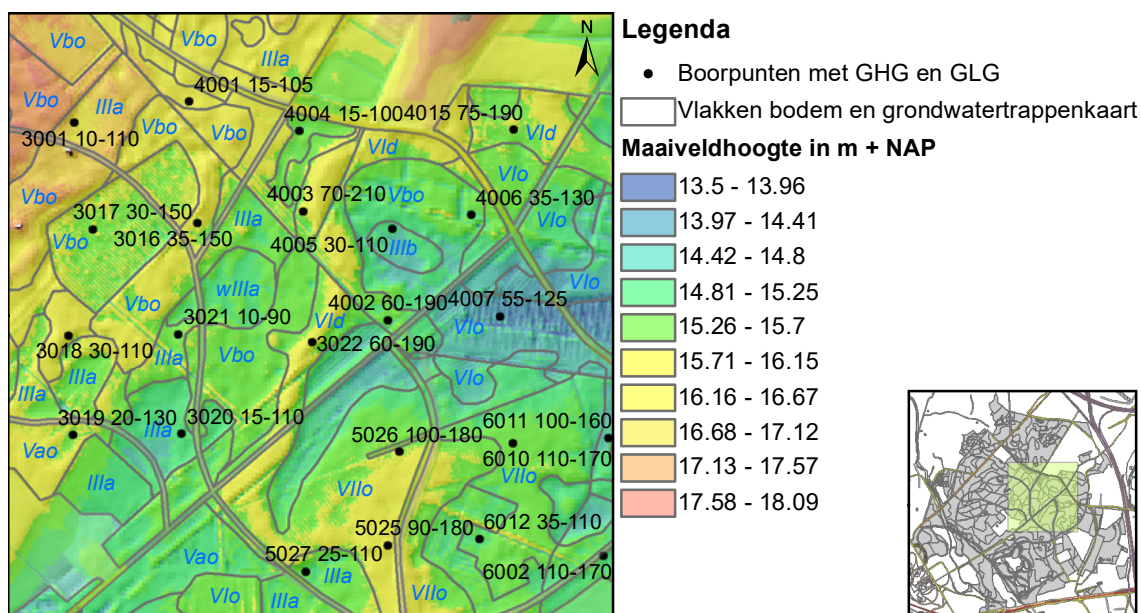
- De ontwateringstoestand
- Het vochtleverend vermogen
- De voedingstoestand
- De zuurgraad

Een beoordelingsfactor is een met de grond samenhangende factor die een voor het bodemgebruik belangrijk proces, een gedragsaspect van de grond of een groeiplaatsomstandigheid karakteriseert met een bepaald niveau (Van Soesbergen et al. 1986). Soms worden er ook niet-bodemkundige factoren in betrokken. De beoordelingsfactor vochtleverend vermogen wordt bijvoorbeeld bepaald door de bodemeigenschappen textuur van boven- en ondergrond, humusgehalte, bewortelbare diepte, grondwaterstandverloop en door de klimaatfactoren neerslag en verdamping. Het niveau of de grootte van een door een beoordelingsfactor aangeduid proces of gedragsaspect van de grond wordt aangegeven met een waarderingscijfer (gradatie). De genoemde combinaties van bodemeenheid, grondwatertrap en vegetatietype worden via een sleutel toegekend aan geschiktheidsklassen (§ 5.4).

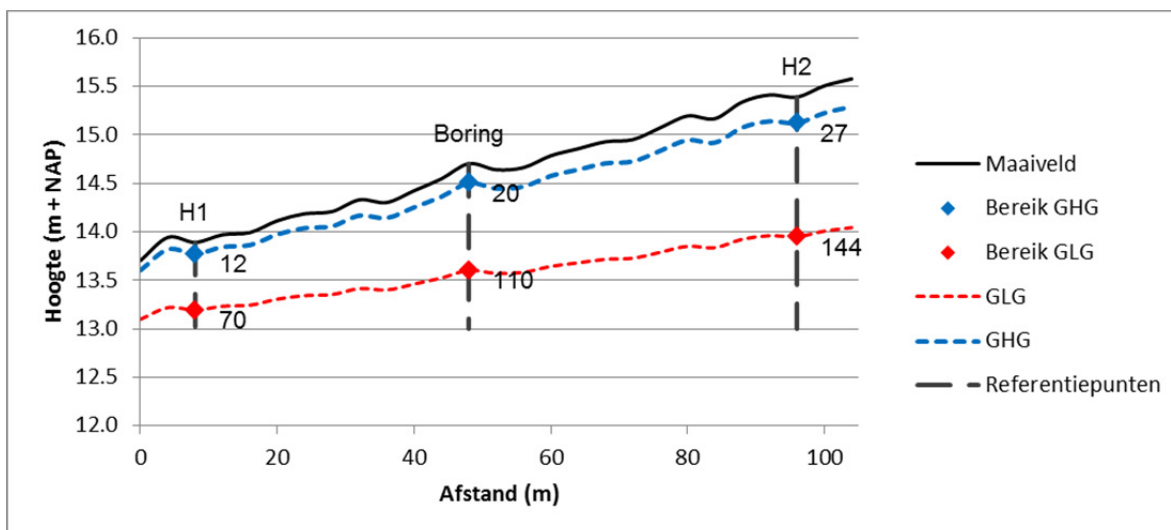
5.2 Variatie op basis van reliëf

Volgens de oorspronkelijke methode voor bodemgeschiktheidsbeoordeling wordt voor elk kaartvlak één gradatie voor elke beoordelingsfactor toegekend en wordt op basis daarvan een geschiktheidsklasse vastgesteld. Omdat nu gedetailleerde hoogtegegevens beschikbaar zijn in het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN), is het mogelijk een inschatting te maken van de variatie in beoordelingsfactoren en bodemgeschiktheid binnen een kaartvlak.

Op de grondwatertrappenkaart (kaart 5) zijn vlakken gekarteerd waarbinnen het grondwaterstandverloop voor GHG en GLG binnen bepaalde marges verondersteld wordt voor te komen (zie tabel 3.5). De gekarteerde grondwatertrap is gebaseerd op de schattingen van de GHG en GLG in de boring(en) binnen het kaartvlak. Vanwege het aanwezige reliëf binnen een kaartvlak zullen drogere en nattere delen voorkomen binnen een kaartvlak (zie figuur 5.2). Tot op zekere hoogte wordt daar rekening mee gehouden door voor GHG en GLG een bereik aan te geven waarbinnen deze voorkomen bij de gekarteerde grondwatertrap. In de lagere delen zijn de rabatten goed zichtbaar door de hoge resolutie (0,5 m) van de hoogtekaart.



Figuur 5.2 Uitsnede van de gedetailleerde hoogtekaart (AHN, 0,5 m grid) van een deel van het gekarteerde gebied, de groene rechthoek in het overzichtskaartje rechtsonder. Bij de boringen is de boorpuntcode aangegeven en de veldschatting van GHG en GLG in cm – mv. Binnen de vlakken van de bodem- en grondwatertrappenkaart is de gekarteerde grondwatertrap in blauw aangegeven.



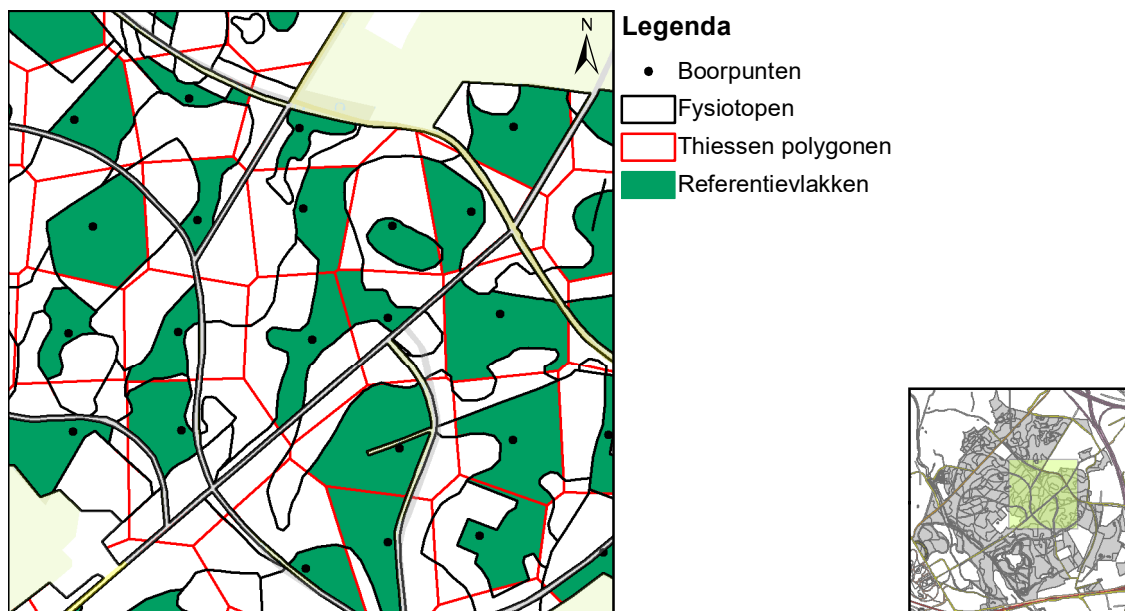
Figuur 5.3 Schematische weergave van het verloop van maaiveld en grondwaterstanden langs een denkbeeldige raai door een kaartvlak. H1 en H2 stellen een laag en een hoog punt binnen het kaartvlak voor, waarbij 10% van het kaartvlak lager ligt dan H1 en 10% hoger dan H2. In de boring zijn GHG en GLG geschat, in H1 en H2 is een inschatting gemaakt, gebaseerd op de aanname dat grondwaterpeilen deels het maaiveld volgen (opbolling), maar ook deels een vlak verloop kunnen hebben (uitzakken). Voor grondwaterstanden dicht bij maaiveld is verondersteld dat deze meer het maaiveld volgen, diepere grondwaterstanden zullen een vlakker verloop hebben. De waarden voor GHG en GLG (in cm – mv.) staan naast de boring en de punten H1 en H2 weergegeven. Op de locatie van de boring en het grootste deel van het kaartvlak komt grondwatertrap IIIa voor, maar in het nattere deel bij H1 is dat IIa en in het drogere deel bij H2 Vbo.

Binnen een kaartvlak kunnen ook delen voorkomen waar GHG of GLG niet binnen deze marges vallen en dus droger of natter zijn dan op basis van de gekarteerde grondwatertrap verwacht mag worden. Zo geldt in de boring en het grootste deel van het kaartvlak in figuur 5.3 grondwatertrap IIIa, maar komen ook nattere en drogere grondwatertrappen voor. Dergelijke 'kaartonzuiverheden' worden geaccepteerd, omdat bij een gegeven kaartschaal en boringdichtheid niet alle variatie in kaart gebracht kan worden. Omdat de voorkomende variatie wel tot verschillen in bodemgeschiktheid aanleiding kan geven, is hier toch rekening mee gehouden, zonder de ruimtelijke verbreiding in kaart te brengen. Voor het bepalen van de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw (§ 5.3) is daarom gekeken naar de variatie in GHG en GLG binnen een kaartvlak om te bepalen welke variatie voor deze beoordelingsfactoren te verwachten is, rekening houdend met het reliëf. In figuur 5.3 is schematisch weergegeven hoe de variatie in grondwaterstanden is ingeschat. Hierbij zijn de volgende stappen gevolgd:

1. Begrenzen bereik boringen;
2. Bepalen variatie maaiveldhoogte binnen referentievlakken;
3. Bepalen grondwaterstandverloop binnen referentievlakken;
4. Bepalen variatie in beoordelingsfactoren binnen referentievlakken;
5. Extrapolatie beoordelingsfactoren naar overige kaartvlakken;
6. Geschiktheidsbeoordeling per kaartvlak.

Ad. 1. Begrenzen bereik boringen

Figuur 5.2 laat zien dat er een aanzienlijke spreiding kan zijn in de maaiveldhoogte binnen een kaartvlak, wat zich ook zou kunnen vertalen in een grote spreiding in grondwaterstanden en daarmee in gradaties voor de beoordelingsfactoren. Omdat de maaiveldspreiding voor een heel kaartvlak een overschatting kan geven van de werkelijke spreiding van het grondwaterstandverloop, is ervoor gekozen om de spreiding rondom een boring te beoordelen binnen zogenaamde 'referentievlakken'. Daarvoor is een combinatie gemaakt van 'Thiessen-polygonen' en 'Fysiotopen' (zie § 4.3) rondom de boringen (zie figuur 5.4).

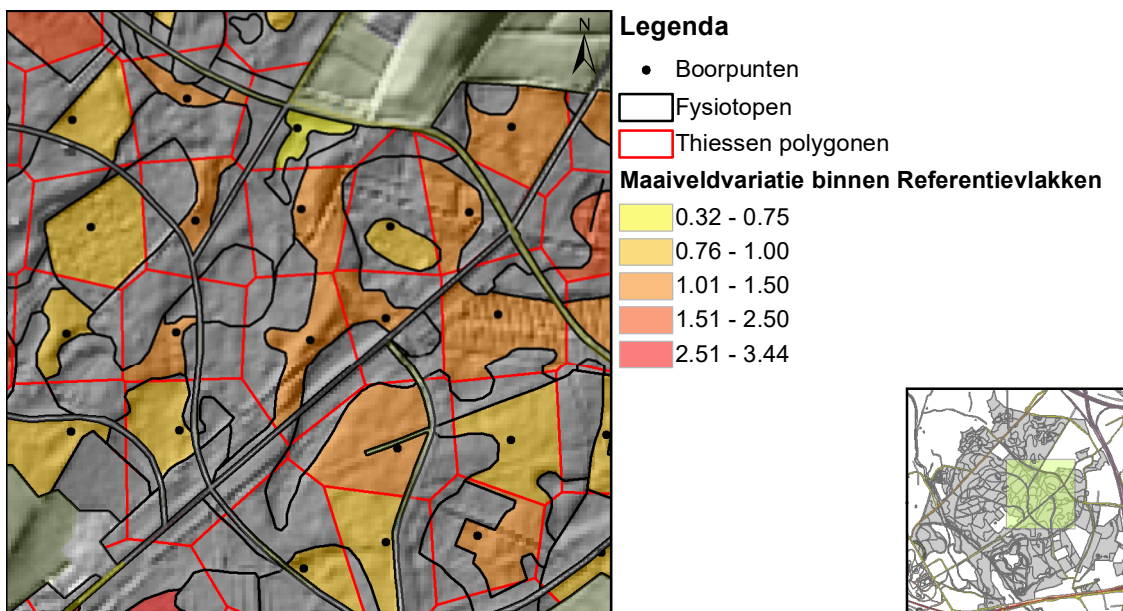


Figuur 5.4 Begrenzing van de referentievlakken waarbinnen de variatie in maaiveldhoogte en, grondwaterstandverloop en beoordelingsfactoren is bepaald voor een deel van het gekarteerde gebied, de groene rechthoek in het overzichtskaartje rechtsonder.

Eerst zijn rondom de boorpunten zogenaamde 'Thiessen-polygonen' bepaald. Dit zijn kaartvlakken waarbinnen de afstand tot het betreffende boorpunt altijd korter is dan de afstand tot andere boorpunten. Hiermee wordt het bereik van het boorpunt schematisch bepaald. Omdat de maaiveldhoogte, het grondwaterstandverloop, maar ook bodemeigenschappen binnen zo'n Thiessen-polygoon niet overal overeen zullen komen met de situatie rond het boorpunt, zijn binnen deze polygonen vlakken afgegrensd waar verondersteld mag worden dat deze factoren wél overeen komen met de situatie rond het boorpunt, omdat zij tot dezelfde fysiotop behoren of andere bodemkundige overeenkomsten hebben. Deze vlakken worden 'referentievlakken' genoemd. Hiervoor zijn de Thiessen-polygonen gecombineerd met de fysiotopenkaart (zie § 4.3). Voor een uitsnede van het gekarteerde gebied is dit weergegeven in figuur 5.4.

Ad. 2. Bepalen variatie maaiveldhoogte binnen referentievlakken

Voor de referentievlakken is de variatie in maaiveldhoogte bepaald op basis van het AHN (5 m grid). Voor de verdere bewerking zijn de minimale en maximale waarden binnen het vlak gebruikt om het bereik voor de grondwaterstanden af te leiden. Daarbij zijn het laagste deel (de laagste 10% van het vlak) en het hoogste deel (de hoogste 10% van het vlak) genegeerd, omdat anders 'oneffenheden' als greppels en walletjes te zwaar mee zouden tellen. Om dezelfde reden is het 5 meter grid van het AHN gebruikt in plaats van het gedetailleerde 0,5 meter grid. Bij het gedetailleerde grid worden ook de greppels tussen de rabatten meegenomen en die zijn niet relevant als bosgroeiplaats.



Figuur 5.5 Variatie in maaiveldhoogte (m) binnen de referentievlakken.

In figuur 5.5 is voor een uitsnede uit het gekarteerde gebied de maaiveldvariatie binnen de referentievlakken aangegeven. Deze blijkt aanzienlijk te kunnen zijn. Een groot deel van de referentievlakken heeft een maaiveldvariatie tussen 0,75 en 1,50 m. Dat is al aanzienlijk meer dan het bereik van de GHG en GLG binnen een grondwatertrap (zie tabel 3.5).

Ad. 3. Bepalen grondwaterstandverloop binnen referentievlakken

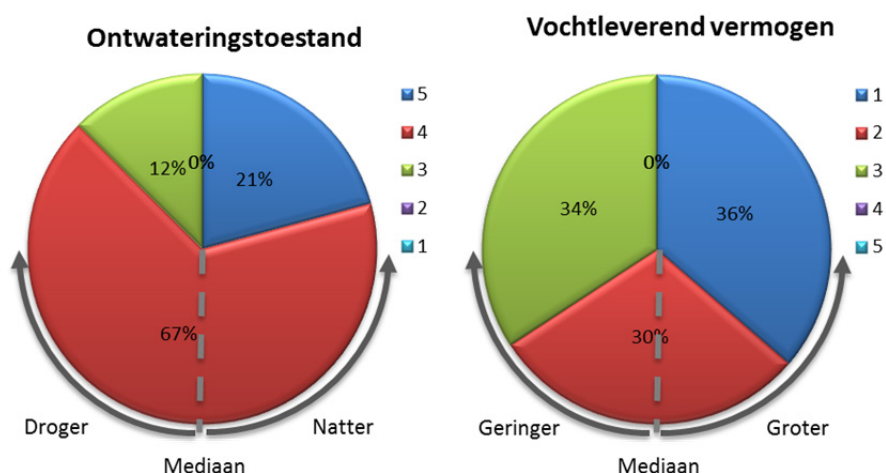
Om de variatie in het grondwaterstandverloop binnen de referentievlakken te bepalen, is uitgegaan van de principes zoals in figuur 5.3 zijn weergegeven. Hierbij zijn per referentievlak H1 en H2 bepaald uit de minimale hoogte binnen het vlak, vermeerderd met 10% van het bereik en de maximale hoogte verminderd met 10% van het bereik. Door interpolatie van de maaiveldhoogte in het boorpunt ten opzichte van H1 en H2 is per referentievlak bepaald wat GHG en GLG zijn bij H1 en H2. Zoals in de toelichting bij figuur 5.3 is beschreven, is hierbij rekening gehouden met opbolling (naar het maaiveld) bij ondiepere grondwaterstanden en uitzakking bij diepere grondwaterstanden.

Ad. 4. Bepalen variatie in beoordelingsfactoren binnen referentievlakken

De beoordelingsfactoren 'Ontwateringstoestand' en 'Vochtleverend vermogen' zijn beide gekoppeld aan het grondwaterstandverloop. Daarom is voor deze twee beoordelingsfactoren de spreiding in grondwaterstandverloop binnen de referentievlakken gebruikt om een spreiding aan te geven voor de gradaties van deze beoordelingsfactoren. Voor de ontwateringstoestand kan dit direct afgeleid worden uit de GHG (zie § 5.3.1), voor het vochtleverend vermogen heeft eerst een beoordeling van het vochtleverend vermogen bij H1 en H2 plaatsgevonden waarna vervolgens de verdeling over de gradaties heeft plaatsgevonden (zie § 5.3.2).

In beide gevallen is een interpolatie uitgevoerd tussen H1 en H2 om te bepalen welk deel van het referentievlak bij elke gradatie hoort. Dit is uitgedrukt als de fractie (van 0 tot 1) van het vlak dat tot elke gradatie gerekend kan worden. Hiermee is de spreiding over de gradaties bepaald. Voor weergave van het vlak op de kaart (kaart 11 en 12) is de 'mediane gradatie' bepaald. Dat is de gradatie die hoort bij het deel van het vlak dat qua hoogte in het midden ligt, de helft is lager en natter, de andere helft is hoger en droger. Voor een kaartvlak met de maaiveldvariatie en grondwaterstandverloop als in figuur 5.3 is de verdeling over gradaties voor de ontwateringstoestand uitgewerkt in het linker taartdiagram van figuur 5.6. In kaart 11 en 12 zijn de kaartvlakken ingekleurd volgens de mediane gradatie, waarbij de omvang van de fractie ervan binnen het kaartvlak tot uiting komt in de intensiteit van de kleur. In het voorbeeld van figuur 5.6 betekent dit dat het bijbehorende kaartvlak voor ontwateringstoestand (kaart 11) een dekking heeft van 67% en voor vochtleverend vermogen 30% op kaart 12. In het GIS-bestand waarop de kaart is gebaseerd, zijn de fracties van de overige gradaties (in

dit geval 3 en 5 voor ontwateringstoestand, links) ook opgenomen. Voor de referentievlakken (waarin de boringen liggen) is deze verdeling opgenomen met vergelijkbare taartdiagrammen.



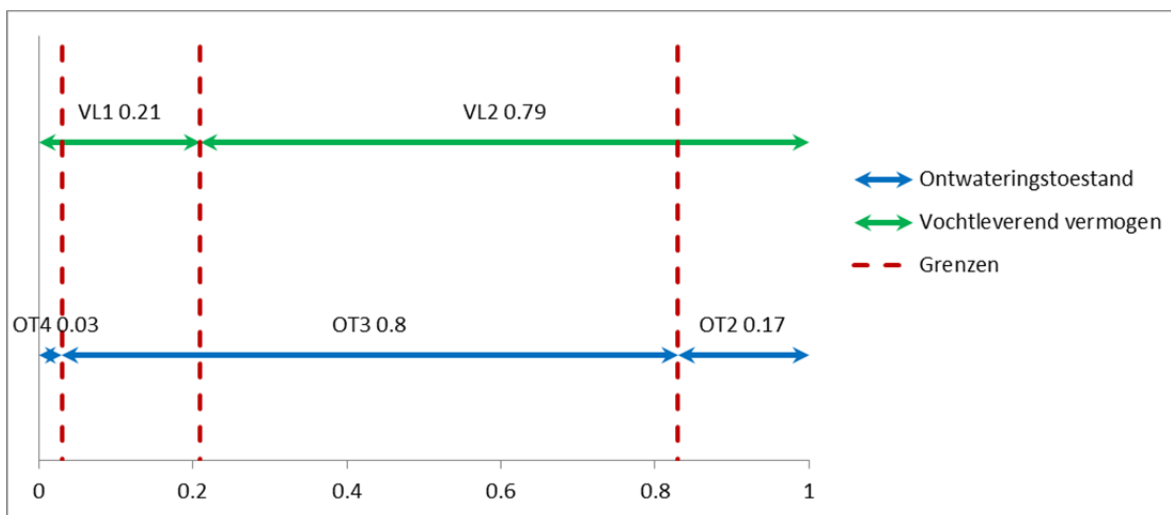
Figuur 5.6 Links: Verdeling van de gradaties voor de ontwateringstoestand in een kaartvlak met de variatie en GXG-waarden als in figuur 5.3. Bij de boring en in 2/3 van het kaartvlak geldt gradatie 4 (vrij ondiep), maar er zijn ook delen met gradatie 5 (zeer ondiep) en 3 (matig diep). In het deel van het kaartvlak met een mediane hoogte (de helft is lager en natter, de andere helft is hoger en droger) geldt ook gradatie 4. Rechts: Verdeling van de gradaties voor het vochtleverend vermogen (in een ander vlak) waarbij de mediane gradatie 2 (vrij groot) is. Dat is niet per se de grootste fractie: de fracties voor gradatie 3 (matig) en 1 (zeer groot) zijn groter.

Ad. 5. Extrapolatie beoordelingsfactoren naar overige kaartvlakken

Voor de geschiktheidsbeoordeling zijn de gradaties van de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen in de referentievlakken toegekend zoals in de vorige alinea is beschreven. Voor de overige kaartvlakken, waarin geen boring ligt waarvan de kenmerken overgenomen kunnen worden, zijn de gemiddelde waarden genomen van referentievlakken waarmee de overeenkomst zo groot mogelijk is. Eerst is per gradatie (1 t/m 5) de gemiddelde waarde berekend van de fractie binnen de referentiekaartvlakken en is de mediane gradatie bepaald. Deze gemiddelde waarden en mediane gradatie zijn toegekend aan de overige kaartvlakken met hetzelfde fysiotoop. Omdat niet binnen elk fysiotoop één of meer boringen liggen, is vervolgens gekeken of een toekenning wel mogelijk is bij het verder vereenvoudigen van de fysiopenindeling. In de tweede stap is dan de Fysisch-Geografische serie weggelaten en is alleen naar de gemiddelden binnen Fysisch-Geografische typen gekeken. Voor de kaartvlakken waar ook dat niet mogelijk was, is het gemiddelde per vochtklasse genomen. De uitwerking per beoordelingsfactor wordt beschreven in § 5.3.1 en § 5.3.2.

Ad. 6. Geschiktheidsbeoordeling per kaartvlak

Voor de geschiktheidsbeoordeling worden per kaartvlak de beoordelingsfactoren gecombineerd (zie § 5.4). Omdat voor ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen per kaartvlak meerdere gradaties voor kunnen komen – zoals geïllustreerd in figuur 5.6 – zal dat ook leiden tot meerdere verschillende gradaties voor de groeiverwachting van boomsoorten en klassen voor de geschiktheidsbeoordeling. In figuur 5.7 is schematisch weergegeven hoe de gradaties gecombineerd zijn. Van nat (links) naar droog (rechts) neemt de gradatie voor ontwateringstoestand af en die voor vochtleverend vermogen toe. Zo worden voor de geschiktheidsbeoordeling in dit kaartvlak 4 fracties onderscheiden met verschillende combinaties voor ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen, die in theorie ook tot 4 verschillende geschiktheidsbeoordelingen binnen het vlak kunnen leiden. Omdat meerdere combinaties van beoordelingsfactoren tot dezelfde geschiktheidsbeoordeling kunnen leiden, is de variatie uiteindelijk minder groot.



Figuur 5.7 Voorbeeld van de combinatie van gradaties voor ontwateringstoestand (OT) en vochtleverend vermogen (VL) binnen een kaartvlak. Van nat (links) naar droog (rechts) een fractie 0.03 met OT4 en VL1, 0.18 met OT3 en VL1, 0.59 met OT3 en VL2 en aan de droge kant 0.17 met OT2 en VL2.

5.3 Beoordelingsfactoren

5.3.1 Ontwateringstoestand

De ontwateringstoestand is niet alleen een aanduiding voor de ontwatering, maar ook voor de luchthuishouding van een grond. De ontwateringstoestand geeft daardoor ook informatie over de zuurstofvoorziening van de plantenwortels en over de wijzigingen die zich hierin voordoen in de loop van het jaar onder invloed van neerslag, verdamping en afvoer. Het gaat vooral om de bovenste 50 tot 100 cm van de grond, waarin zich de meeste plantenwortels bevinden en waarin zich het bodemleven afspeelt. De grondwaterstand bepaalt in belangrijke mate het lucht- en watergehalte van de grond. Ook de poriënfractie en de poriëngrootteverdeling zijn van invloed.

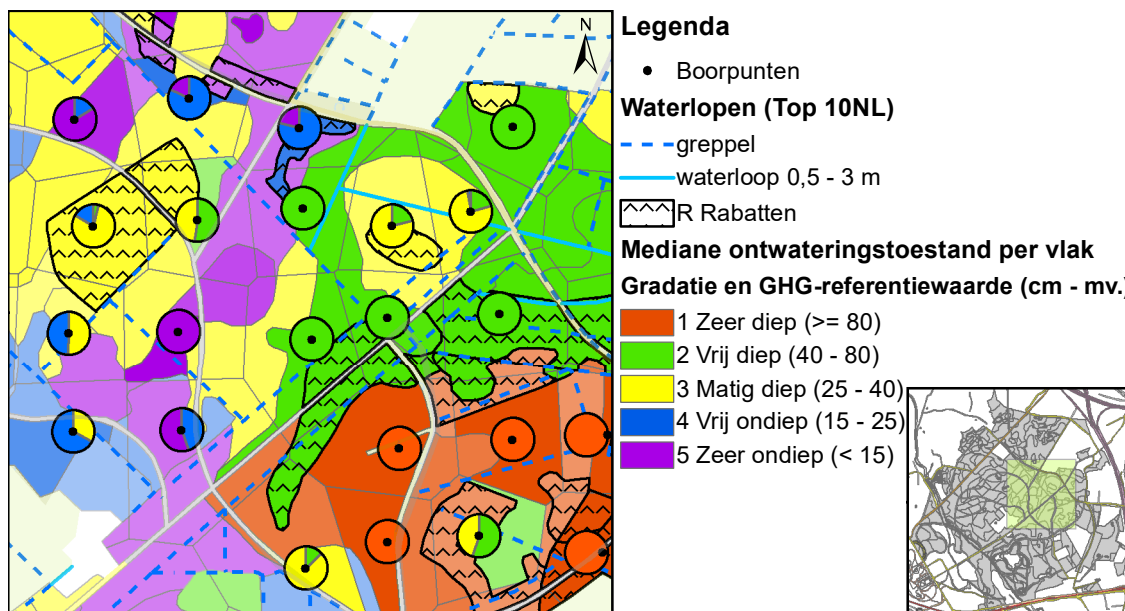
Er worden vijf gradaties van ontwatering onderscheiden (Tabel 5.1). Als richtlijn voor de vaststelling van de gradaties fungeert de gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) als referentiewaarde.

Tabel 5.1 Gradaties in ontwateringstoestand zoals afhankelijk van de grondwatertrap (Ten Cate et al. 1995D).

Code	Benaming	Grondwatertrap	GHG-referentiewaarde
1	zeer diep	IVc, VII, VIII	≥80
2	vrij diep	IIC, IV, VI	40- 80
3	matig diep	IIB, IIb, Vb	25- 40
4	vrij ondiep	II, III, V, soms I	15- 25
5	zeer ondiep	I, soms II	<15

Uitwerking

Omdat een inschatting gemaakt is van de variatie in grondwaterstanden als gevolg van reliëf binnen kaartvlakken, kunnen meerdere gradaties van de ontwateringstoestand voorkomen binnen een kaartvlak (zie § 5.2). Dit is weergegeven in kaart 11 en figuur 5.8.



Figuur 5.8 Ontwateringstoestand in een deel van het gekarteerde gebied. In de kaartvlakken is de mediane gradatie weergegeven met een kleur waarbij de intensiteit van de kleur een maat is voor de fractie van die gradatie binnen het kaartvlak. Bij de boorpunten is de verdeling van de gradaties in het bijbehorende referentievlak met een taartdiagram weergegeven.

Tabel 5.2 Oppervlakte (ha) van de kaartvlakken waar een gradatie voor de ontwateringstoestand aan toegekend kon worden op basis van respectievelijk: Boorpunt (de referentiekaartvlakken), overeenkomstig Fysiotop, Fysisch-Geografisch type of Vochtklasse.

Gradatie	Boorpunt	Fysiotop	FG-Type	Vochtklasse	Eindtotaal
1	12.1	17.4	0.2	0.6	30.2
2	39.2	23.2	0.5		62.8
3	47.1	53.6	1.3		102.0
4	28.6	17.6	0.6	1.3	48.0
5	17.9	22.7	2.1	0.2	42.9
Eindtotaal	144.8	134.4	4.7	2.1	286.0

De verdeling van de gradaties voor ontwateringstoestand op kaart 11 is eerst bepaald voor de referentievlakken waarin de boringen liggen. Daarmee kon voor 145 ha, ongeveer de helft van de oppervlakte, de variatie beschreven worden (Tabel 5.2). Bij de overige vlakken, waar geen boring in ligt kon bij 134 ha (47%) op basis van de gemiddelde waarden per fysiotop een inschatting gemaakt worden; de overige 2,4% kon toegekend worden op basis van Fysisch-Geografisch type of Vochtklasse.

In de ontwateringstoestand komen duidelijk de maaiveldhoogte, de (kei)leemlagen in de ondergrond en de ontwateringsmiddelen zoals greppels en rabatten tot uiting. Relatief laaggelegen delen als Bokdammerveld en Bornse Veld zijn van nature nat en hebben over het algemeen een zeer ondiepe ontwateringstoestand. Door het ondiep voorkomen van keileem is dat lokaal ook het geval in Ruwe Braak, waar door stagnatie van water op keileem plaatselijk zeer natte omstandigheden voor kunnen komen. In het grootste deel van dit centrale deel en in Breeriet, de omgeving van de Noordmolen en in Strampenveld, is de ontwateringstoestand vrij ondiep tot matig diep, deels als gevolg van de ontwatering met diepe greppels en sloten. Bij Kleigaten, Buren, Twickelerbosch en Lange Horst en langs de Petzoldweg is de ontwateringstoestand meestal vrij diep tot zeer diep, deels door de daar aanwezige rabatten.

De variatie in de ontwateringstoestand binnen de kaartvlakken kan aanzienlijk zijn. Dat geldt met name voor de kaartvlakken waar de mediane gradatie 'matig diep' (3) of 'vrij ondiep' (4) is. Daar is

vaak een deel van het kaartvlak natter of droger. In een beperkt deel van de kaartvlakken komen drie gradaties voor, waarbij meestal zowel een droger als een natter deel onderscheiden kan worden. Bij enkele vlakken waar de mediane gradatie 'zeer ondiep' (5) is, komen delen voor met gradatie 'vrij ondiep' (4) en 'matig diep' (3). Waar de mediane gradatie 'vrij diep' (4) of 'zeer diep' (1) voorkomt, is het aandeel van nattere gradaties meestal beperkt.

5.3.2 Vochtleverend vermogen

Onder vochtleverend vermogen van de grond wordt de hoeveelheid vocht verstaan die in een groeiseizoen van 150 dagen (1 april tot 1 september) en in een droog jaar (een zgn. 10% droog jaar) aan de plantenwortel kan worden geleverd. In een droog jaar overtreft de potentiële verdamping tijdens het groeiseizoen de neerslag met meer dan 200 mm (Tabel 5.3).

Tabel 5.3 Gemiddeld neerslagtekort (mm) vanaf 1 april in een groeiseizoen van 150 dagen in een zgn. 10% droog jaar (Buishand 1982).

Periode	Neerslagtekort
1 april-1 mei	20
1 april-1 juni	65
1 april-1 juli	115
1 april-1 augustus	165
1 april-1 september	200

Deze situatie doet zich statistisch eens in de tien jaar voor, uitgaande van gegevens van het KNMI-station De Bilt die gelden voor een fictief gewas (bij benadering gras)⁴. Er worden vijf gradaties onderscheiden (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Gradatie in vochtleverend vermogen als afhankelijke van de hoeveelheid vocht. De millimeters vocht achter iedere gradatie duiden de orde van grootte van het vochtleverend vermogen aan.

Gradatie		Hoeveelheid vocht in mm
code	benaming	
1	zeer groot	≥200
2	vrij groot	150-200
3	matig	100-150
4	vrij gering	50-100
5	zeer gering	< 50

Het vochtleverend vermogen van de grond is afhankelijk van:

- De aard en opbouw van het bodemprofiel; belangrijk zijn vooral de dikte en het vochthoudend vermogen van de wortelzone en het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond (kritieke z-afstand).
- Het grondwaterstandverloop; hiervan zijn vooral de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand in een 10% droog jaar (LG3) van betekenis.

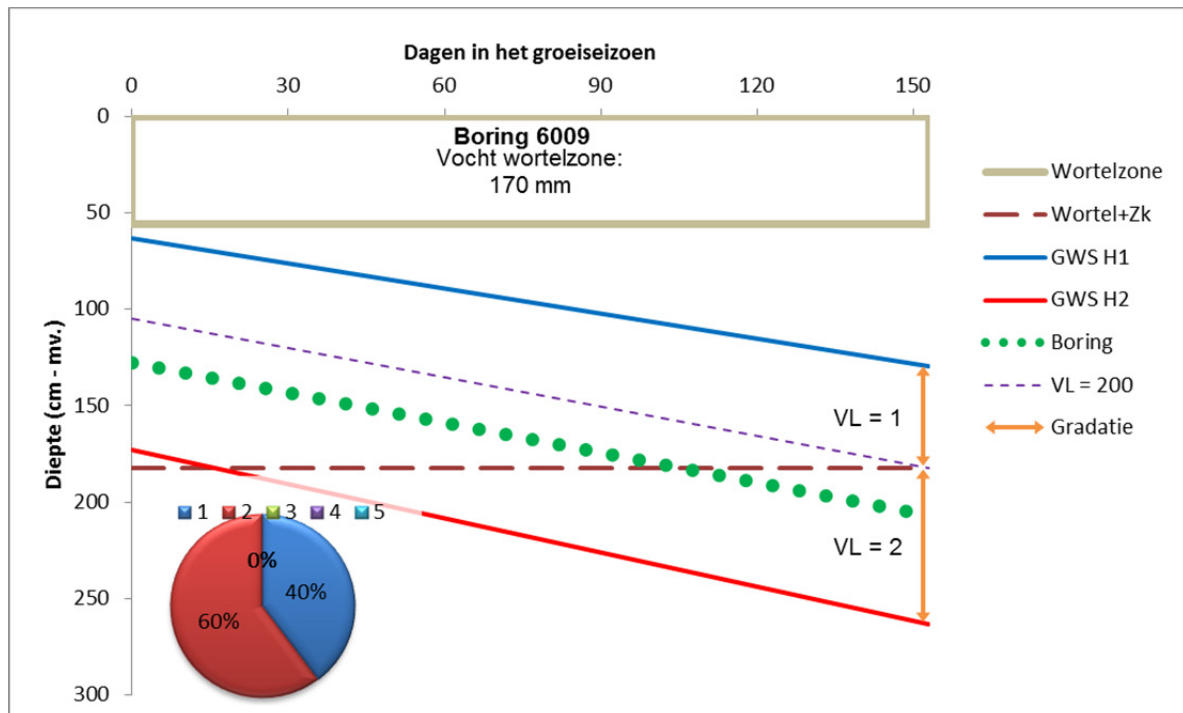
Voor de inschatting van het vochtleverend vermogen wordt onderscheid gemaakt tussen:

- 'Hangwaterprofielen' waarbij reeds op 1 april geen capillaire nalevering meer plaatsvindt omdat de afstand tussen de wortelzone en de GVG groter is dan de kritieke z-afstand. Het vochtleverend vermogen is geheel bepaald door de vochtvoorraad in de wortelzone;

⁴ Deze gegevens zijn gebaseerd op de situatie in de jaren 80 van de twintigste eeuw. Door klimaatverandering is zowel neerslag als verdamping toegenomen. Het is nog niet duidelijk wat dat betekent voor de vochtbehoefte van de bomen en het vochtleverend vermogen van de bodem.

- 'Grondwaterprofielen', waarbij gedurende het gehele groeiseizoen voldoende nalevering plaatsvindt, omdat de LG3 ondieper is dan de wortelzone plus de kritieke z-afstand;
- 'Tijdelijke grondwaterprofielen' waarbij gedurende een deel van het groeiseizoen voldoende nalevering plaatsvindt, maar op enig moment de grondwaterstand zo diep is weggezakt dat de kritieke z-afstand onvoldoende is om de afstand tot de wortelzone te overbruggen. Het vochtleverend vermogen wordt dan bepaald door de vochtvoorraad in de wortelzone en de duur van de periode waarin nalevering plaats kan vinden.

De methoden om deze verschillende aspecten te bepalen en de gradatie voor het vochtleverend vermogen te bepalen, worden uitgebreid beschreven in de *Handleiding voor bodemgeografisch onderzoek* (Ten Cate *et al.* 1995D) en worden hier niet in detail beschreven; in de volgende alinea's wordt wel toegelicht hoe op basis van de nu beschikbare kennis en methoden een inschatting van het vochtleverend vermogen en de spreiding daarvan binnen de kaartvlakken is gemaakt.



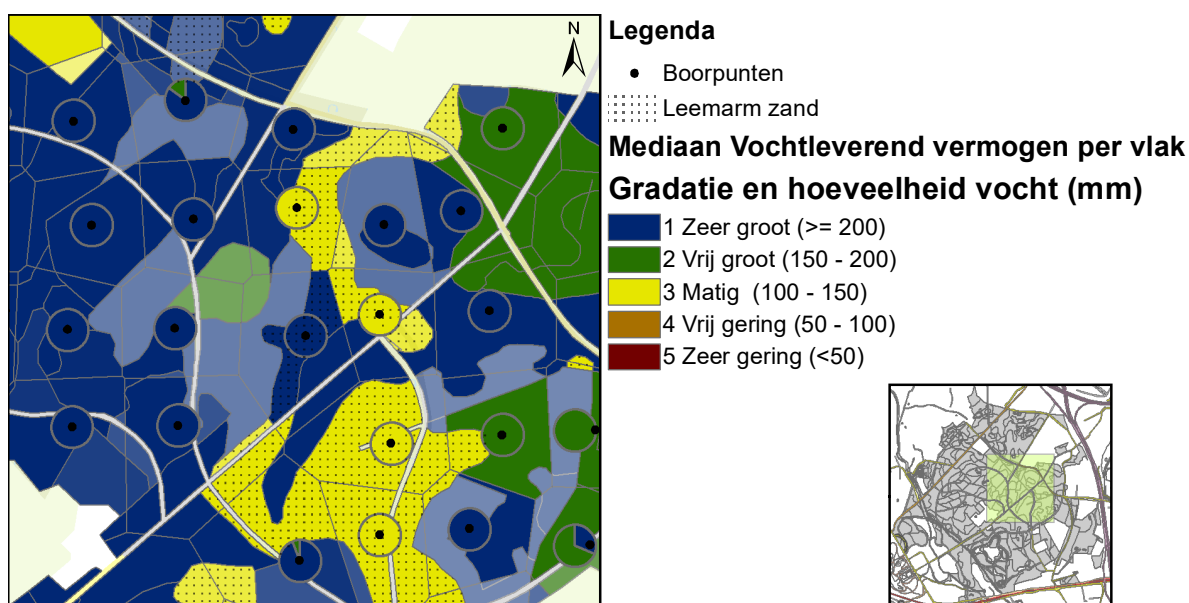
Figuur 5.9 Voorbeeld van de bepaling van de variatie in vochtleverend vermogen in het referentieveld bij boring 6009. Voor de procedure wordt verwezen naar Ten Cate *et al.* 1995D. In de wortelzone is 170 mm vocht beschikbaar, genoeg voor gradatie 2 (150 – 200 mm). De diagonale lijnen stellen het grondwaterstandverloop voor tussen GVG (rond 1 april) en LG3 (rond 1 september) voor verschillende locaties in het vlak. Als deze dieper is dan de wortelzone plus de kritieke z-afstand (de bruine streepjeslijn op 183 cm – mv.), vindt geen nalevering uit het grondwater meer plaats. Als dit vóór 1 april het geval is (niet in dit voorbeeld), is sprake van een hangwaterprofiel. Zowel op de locatie van de boring (groene stippels) als in het hoogste deel van het vlak (H2, rode lijn) is sprake van een tijdelijk grondwaterprofiel waarbij de nalevering in de loop van het groeiseizoen stopt (snijpunt met de bruine streepjeslijn). De oranje verticale pijlen en het taartdiagram linksonder geven de verdeling aan van gradaties voor het vochtleverend vermogen. Dat is hier 2 (vrij groot) in 60% van het vlak. In de overige 40% (het lagere deel met H1) is LG3 ondieper dan 183 cm en is sprake van een grondwaterprofiel met gradatie 1.

Uitwerking

Om een inschatting te kunnen maken van het vochthoudend vermogen van de wortelzone en de kritieke z-afstand, zijn deze parameters per boring bepaald op basis van de profielbeschrijvingen. In deze profielbeschrijvingen zijn kenmerken als organische stofgehalte, textuur en geologische oorsprong van alle bodemlagen (horizonten) vastgelegd. Ook is daarbij een inschatting gemaakt van de bewortelbare diepte (voor bodem) en het grondwaterstandverloop (GHG en GLG). Maatgevend voor de dikte van de wortelzone is de 'effectieve bewortelingsdiepte' waarvoor uitgegaan is van 80%

van de bewortelbare diepte. Uit de GHG en GLG zijn GVG en LG3 afgeleid volgens vergelijkingen in Ten Cate et al. (1995D). Met behulp van het 'Titanen pakket' (Wesseling et al., in voorbereiding) zijn vochthoudend vermogen en kritieke z-afstand per boring berekend. Daarbij zijn actuele bodemfysische metingen gebruikt uit de 'Priapus'-database. Hiermee kan voor de boring het vochtleverend vermogen afgeleid worden. Bij de berekening zijn ook de strooiselhorizonten 'F' en 'H' betrokken. In deze horizonten worden vaak wortels aangetroffen en zij spelen een rol bij het vasthouden van neerslagwater. De L-horizont is buiten beschouwing gelaten, omdat deze uit losse naalden en bladeren bestaat waarin geen wortels voorkomen en weinig water wordt vastgehouden⁵.

Om de variatie van het vochtleverend vermogen binnen kaartvlakken vast te kunnen stellen, is voor het laagste (H1) en hoogste (H2) deel van de referentiekaartvlakken het vochtleverend vermogen berekend met het vochthoudend vermogen van de bovengrond en de kritieke z-afstand in de profielbeschrijving en de GVG en LG3 die afgeleid zijn voor H1 en H2 (zie § 5.2). Daarbij is voor de klassegrenzen van de gradaties van het vochtleverend vermogen berekend bij welke GVG en LG3 deze grenzen voorkomen (gegeven de profielopbouw in het referentievlak). Door vergelijking van deze grenswaarden met de GVG en LG3 bij H1 en H2 kon vervolgens bepaald worden welk deel van het vlak bij een gradatie voor het vochtleverend vermogen gerekend kan worden (zie figuur 5.9).



Figuur 5.10 Vochtleverend vermogen in een deel van het gekarteerde gebied. In de kaartvlakken is de mediane gradatie weergegeven met een kleur waarbij de intensiteit van de kleur een maat is voor de fractie van die gradatie binnen het kaartvlak. Bij de boorpunten is de verdeling van de gradaties in het bijbehorende referentievlak met een taartdiagram weergegeven.

Tabel 5.5 Oppervlakte (ha) van de kaartvlakken waar een gradatie voor het vochtleverend vermogen aan toegekend kon worden op basis van respectievelijk: Boorpunt (de referentiekaartvlakken), overeenkomstig Fysiotoop, Fysisch-Geografisch type of Vochtklasse, waarbij voor Fysiotoop en FG-type tevens onderscheid gemaakt is naar het leemgehalte bij drogere bodems.

Gradatie	Boorpunt	Fysiotoop en leemarm of grof zand	FG-Type en leemarm of grof zand	Vocht	Eindtotaal
1	101.2	104.0	3.9	1.5	210.7
2	26.1	17.5	1.4		45.0
3	16.5	10.0	1.1	1.8	29.4
4	0.9				0.9
Eindtotaal	144.8	131.5	7.9	3.3	286.0

⁵ De strooiselhorizonten werden in de jaren 70/80 (van de twintigste eeuw) niet betrokken bij de bepaling van het vochtleverend vermogen.

Het vochtleverend vermogen is weergegeven op kaart 12 en in figuur 5.10. De verdeling van de gradaties voor het vochtleverend vermogen is eerst bepaald voor de referentievlakken waarin de boringen liggen. Daarmee kon voor 145 ha, ongeveer de helft van de oppervlakte, de variatie beschreven worden (Tabel 5.5). Bij de overige vlakken, waar geen boring in ligt, kon bij 132 ha (46%) op basis van de gemiddelde waarden per fysiotoop, gecombineerd met het onderscheid naar leemgehalte van de bodem bij drogere standplaatsen, een inschatting gemaakt worden; de overige 3,9% kon toegekend worden op basis van Fysisch-Geografisch type (eveneens met onderscheid naar lemigheid) of Vochtklasse. Het onderscheid naar lemigheid bij de Fysiotopen en FG-typen is gebaseerd op de aanname dat bij leemarm zand (textuurcode 31 of 51 op de bodemkaart) of bij grof zand (textuurcode 72 en/of toevoeging ..G) zowel het vochthoudend vermogen van de wortelzone als de kritieke z-afstand geringer is dan bij meer leemhoudende bodems. Het blijkt ook dat de gradaties 3 'Matig' en 4 'Vrij gering' voor het vochtleverend vermogen vrijwel alleen voorkomen bij bodems met leemarm of grof zand. Bij de overige bodems is het vochtleverend vermogen vrijwel overal 'zeer groot' (gradatie 1) of 'vrij groot' (gradatie 2). Dat kan verklaard worden uit de lemige bodems met een groot vochthoudend vermogen en grote kritieke z-afstand, de relatief grote bewortelingsdiepte (deels als gevolg van grondbewerking) en in delen van het gebied een relatief ondiepe GLG.

5.3.3 Voedingstoestand

De voedingstoestand duidt de vruchtbaarheid van een grond aan (gehalte aan voor de boomgroei noodzakelijke voedingsstoffen), die voorkomt wanneer deze grond ten minste de laatste 10 à 15 jaar met bos of met een halfnatuurlijke vegetatie is begroeid en in die periode niet (meer) is bekalkt of bemest. Er zijn vijf gradaties (Tabel 5.6). Afhankelijk van de grondsoort wordt hierbij ook nog onderscheid gemaakt in 'legendagroepen' tussen veengronden (code 1.1 t/m 1.5); zand-, leem- en zavelgronden (code 2.1 t/m 2.5) en kleigronden (code 3.1 t/m 3.5).

Tabel 5.6 Code en benaming van de gradaties in de voedingstoestand

Code	Benaming
1	zeer hoog
2	vrij hoog
3	matig
4	vrij laag
5	zeer laag

De voedingstoestand wordt afgeleid uit de bodem en het bodemgebruik en eventueel de spontane vegetatie. Op gronden met agrarisch bodemgebruik zijn vrijwel alle boomsoorten ruimschoots van de nodige voedingsstoffen voorzien. Deze gronden krijgen dan ook een zeer hoge of vrij hoge gradatie in voedingstoestand (1 of 2).

Gronden in natuurterreinen en onder bos hebben een onderverdeling naar spontane vegetatie. Dergelijke gronden, behorend tot dezelfde legenda-eenheid op de bodemkaart, hebben namelijk niet overal dezelfde voedingstoestand. Deze blijkt samen te hangen met de verschillen in vegetatietype in de kruidlaag. Deze relatie is onderzocht in naaldboutbossen (Bannink et al. 1973; Waenink 1974; Vis 1974). De samenhang tussen vegetatietype en voedingstoestand wordt echter ook verondersteld aanwezig te zijn in andere bossen en natuurterreinen. Uit de resultaten van bovengenoemd onderzoek is gebleken dat op dezelfde grond bij aanwezigheid van een 'arm' vegetatietype een geringere boomgroei voorkomt dan bij een 'rijker' vegetatietype. Met deze kennis kan een redelijke voorspelling van de boomgroei worden gegeven als naast gegevens over de grond het vegetatietype bekend is.

Uitwerking

In dit project is geen vegetatiekartering uitgevoerd en de beschikbare vegetatiekaart bleek niet geschikt om een inschatting van de voedingstoestand te maken (§ 2.6). Om toch een indruk te krijgen, is bij de locaties van de profielbeschrijvingen een beperkte beschrijving van de voorkomende

vegetatie gemaakt⁶. Deze is beoordeeld volgens de indeling in Socio-ecologische groepen van plantensoorten en vertaald naar een vegetatietype volgens Bannink, Leijs en Zonneveld (1973) op deze locatie. In combinatie met het bodemtype is vervolgens de gradatie voor de voedingstoestand bepaald (Ten Cate et al. 1995D). Per Fysisch-Geografisch type is bepaald wat de dominante gradatie voor de voedingstoestand is, op basis waarvan een eerste versie van de kaart voor de voedingstoestand is gemaakt. Vervolgens zijn de inschattingen per boorpunt gebruikt om voor een aantal kaartvlakken deze kaart bij te stellen. Hierbij is gebruikgemaakt van de beschrijvingen bij de boorpunten, veldkennis en luchtfoto's. In kaart 13 is het resultaat weergegeven. Dit moet gezien worden als beste inschatting bij gebrek aan een bruikbare vegetatiekaart.

Het grootste deel van het gekarteerde gebied heeft gradatie 2.4 'vrij laag' voor de voedingstoestand. Dit betreft overwegend de Glaciale gebieden (FG-sectie HzG) en Dekzandgebieden (FG-sectie HzD). In de natte heiden en delen van de bossen in Bokdammerveld en Bornse Veld is de voedingstoestand 'zeer laag' (gradatie 5). Binnen de Beekdalen (FG-sectie HzB) en een deel van de Oude bouwlanden (FG-sectie HzO) is de voedingstoestand 'matig' (gradatie 2.3) of 'vrij hoog' (gradatie 2.2).

5.3.4 Zuurgraad

De beoordelingsfactor zuurgraad geeft een aanduiding over de zuurgraad in de bewortelbare zone van een grond die optreedt wanneer deze grond ten minste de laatste 10 à 15 jaar met bos of met een halfnatuurlijke vegetatie is begroeid en in die periode niet (meer) is bekalkt of bemest.

De zuurgraad is van betekenis voor de groei van bomen. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat bij naaldboomsoorten (met uitzondering van *Pinus nigra*) op gronden met pH-KCl > 4,5 à 5 storingen in de voedingsstoffenhuishouding optreden die op den duur hun weerslag hebben op de groei. Op sterk zure gronden (pH-KCl < circa 3,5) kan de groei van loofboomsoorten, vooral van populier en es, ernstig worden belemmerd. Er zijn drie gradaties (Tabel 5.7).

Tabel 5.7 Gradatie in zuurgraad als afhankelijke van de pH-KCl

Gradatie		pH-KCl
code	Benaming	
1	neutraal	≥6,5
2	zwak zuur	4,5-6,5
3	sterk zuur	<4,5

In het algemeen geldt dat kalkrijke gronden gradatie 1 hebben. Kalkloze (voor zover geen kateklei) en kalkarme zeeklei- en rivierkleigronden en een deel van de beekerdgronden, leemgronden en oude kleigronden hebben gradatie 2. De overige gronden, de kalkloze pleistocene zandgronden en veel veengronden (zonder zavel- of kleidek), hebben gradatie 3. Hoewel het niet is voorgeschreven, kan het nuttig zijn gronden met pH-KCl <3,5 te signaleren.

Uitwerking

Voor het vaststellen van de beoordelingsfactor 'zuurgraad' in kaart 14, is in eerste instantie uitgegaan van de algemene aannamen zoals deze in de vorige alinea zijn beschreven en kan ervan uitgegaan worden dat het grootste deel van het gekarteerde gebied sterk zuur is (gradatie 3). Omdat bij een deel van de boringen ook het pH-profiel is opgenomen (§ 3.6), kon bevestigd worden dat dit

⁶ Bij de profielbeschrijvingen is ook een beperkte beschrijving van het humusprofiel gemaakt (§ 3.5). Omdat het humusprofiel bepaald wordt door de organischestofkringloop, kan het indicatief zijn voor de beschikbaarheid van nutriënten. Omdat er nog geen goede vertaling mogelijk is van humusvormen naar voedingstoestand is dit niet betrokken in de beoordeling van de voedingstoestand.

inderdaad een terechte aanname is. In de meeste boringen is de bovengrond (0-25 cm) sterk zuur en in een aantal gevallen zelfs zeer sterk zuur (zie kaart 14). Alleen in het zuiden van Strampenveld (afdeling 24010) komen ondiep kalkrijke afzettingen voor en is de zuurgraad 'neutraal' (gradatie 1).

5.4 Relatie tussen boomgroei en beoordelingsfactoren

De bodemgeschiktheidsclassificatie groepeerd gronden naar hun geschiktheid voor een bepaald bodemgebruik in een beperkt aantal geschiktheidsklassen. Elke vorm van bodemgebruik heeft een eigen bodemgeschiktheidsclassificatie. Deze bestaat uit drie hoofdklassen, met elk een klein aantal, gewoonlijk twee tot vier, klassen. Voor de bosbouw worden drie klassen onderscheiden. Gronden met klasse 1 hebben ruime mogelijkheden voor bosbouw, met klasse 2 beperkte en met klasse 3 weinig mogelijkheden.

De bodemgeschiktheid van de grond is de mate waarin die grond voldoet aan de eisen van een bepaald bodemgebruik. Of de met de bodemgeschiktheidsklasse aangegeven mogelijkheden voor het bodemgebruik ook werkelijk verwezenlijkt kunnen worden, hangt niet alleen van de bodemgesteldheid af. Factoren als landinrichtingssituatie, bedrijfsinrichting, bedrijfsvoering en graad van mechanisatie zijn mede van groot belang voor de te behalen resultaten. Voor bosbouw moet daarbij gedacht worden aan de kwaliteit van het plantmateriaal, (plantgat)bemesting bij aanleg of het optreden van ziekten en plagen. Deze 'niet-bodemfactoren' worden niet in de geschiktheidsbeoordeling betrokken, maar zijn wel van invloed op de actuele aanwas van een opstand. De beoordeling geldt voor bos dat goed wordt beheerd en dat bestaat uit ongemengde, gelijkjarige opstanden. In de huidige bosbouw worden ook veel meer gemengde opstanden aangetroffen, zowel qua soortensamenstelling als qua leeftijd en structuur.

Tabel 5.8 Sleutel voor de vaststelling van hoofdklassen en klassen van de bodemgeschiktheid voor bosbouw.

Ont-wa- te- rin- gs- toe- stand	Vocht- le- ve- ren- de- ver- mo- gen	Legendagroep																			
		2					1 of 2										3				
		1					Zuurgraad										2				
		Voedingstoestand																			
		1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5
1	1	1.3			1.3				1.1		2.1			1.3			1.3			1.3	
	2		2.1			2.1								2.1				2.1			3.1
	3																				
	4				3.1							2.2				3.1				3.2	
	5							3.2												3.2	
2	1	1.3			1.3				1.1		2.1			1.3			1.3			1.3	
	2		2.1			2.1								2.1				2.1			3.1
	3																				
	4				3.1							2.2				3.1				3.2	
	5							3.2												3.2	
3	1	1.3			1.3				1.1	1.2	2.1			1.3			1.3			1.3	
	2		2.1			2.1			1.2					2.1			2.1			2.1	
	3																				
	4				3.1							2.2				3.1				2.2	
	5							3.2												3.2	
4	1								2.1					2.3			2.3				
	2	2.3			2.3																
	3				3.1																
	4											3.1									
	5																				
5	1, 2 of 3																				
	4 en 5								3.1												

Daarnaast zijn er veranderingen op het gebied van klimaat, stikstofdepositie en beheer die van invloed kunnen zijn op de bosgroei. De invloed van klimaatverandering (temperatuur, neerslagverdeling en CO₂-concentraties) op boomgroei is nog volop in studie. In vergelijking met de jaren 70 en 80 van de vorige

eeuw heeft ook de toegenomen stikstofdepositie invloed op de boomgroei: enerzijds door toegenomen stikstofbeschikbaarheid, anderzijds door verzuring (Leeters et al. 2007). Ook veranderingen in het vegetatiebeheer (begrazing) zullen geleid hebben tot veranderingen in de samenstelling van de vegetatie, maar wellicht ook in de nutriëntenbeschikbaarheid (Kemmers et al. 1996). Hierbij moet zeker opgemerkt worden dat juist het achterlaten van dood hout in het bos in de laatste decennia tot een toename van de nutriëntenvoorraden en vochthoudend vermogen van de strooisellaag in het bos heeft geleid. Voor de sterke toename van stekelvarens in bossen op arme zandgronden werd gevonden dat deze vooral is opgetreden op plekken waar dood hout is blijven liggen, waarbij de vestiging van stekelvarens vooral aan de vochthoudendheid van het verterende hout wordt toegeschreven en niet aan de stikstofdepositie (De Waal et al. 2001). Met de huidige kennis is het niet goed mogelijk het precieze effect van deze veranderingen in de geschiktheidsbeoordeling te betrekken. Voor de toepassing in dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat de principes van de geschiktheidsbeoordeling nog steeds geldig zijn. Dat blijkt ook uit de ervaringen in de bosschadestudies (Vroon 2001; Nierop 2010).

Het toekennen van de geschiktheid aan de kaartenheden gebeurt met behulp van een sleutel (Tabel 5.8) aan de hand van de ontwateringstoestand, het vochtleverend vermogen, de legendagroep (op basis van grondsoort, zie § 5.3.3), de zuurgraad en de voedingstoestand. Een aantal combinaties van beoordelingsfactoren komt in de praktijk niet voor. Voor de uniformiteit worden aan dergelijke combinaties wel geschiktheidsklassen toegekend.

De indeling in geschiktheidsklassen berust op de boomgroei en het assortiment boomsoorten. Voor de classificatie zijn zeven boomsoorten gebruikt die in de Nederlandse bosbouw veel voorkomen: Populier, Zomereik, Beuk, Grove den, Douglasspar, Japanse lariks en Fijnspar. Met deze zogenaamde 'gidsboomsoorten' kan voldoende onderscheid worden gemaakt tussen gronden die meer of minder geschikt zijn voor de bosbouw. In tabel 5.9 staat wat onder goede, normale en slechte groei van deze boomsoorten in termen van gemiddelde jaarlijkse aanwas per ha wordt verstaan. Deze tabel is indertijd opgesteld in nauw overleg met IBN-DLO (voorheen De Dorschkamp, nu opgegaan in WEnR) en het Staatsbosbeheer. Er zijn aanwijzingen dat deze cijfers niet meer geheel actueel zijn en dat de aanwas bij respectievelijk slechte normale of goede groei hoger is dan in tabel 5.9 zijn weergegeven (Bonten et al. 2015). Hiervoor kan een aantal mogelijke oorzaken genoemd worden, zoals de hogere leeftijd van bosgroeiplaatsen (en bijbehorend humusprofiel), veranderend beheer, klimaatverandering en veranderende luchtkwaliteit. Het is echter niet duidelijk of en in welke mate deze factoren de waargenomen afwijkingen kunnen verklaren. Voor de bodemgeschiktheid voor bosbouw gaan wij ervan uit dat het onderscheid tussen gronden met een goede, respectievelijk normale of slechte groei voor deze boomsoorten nog steeds onderscheiden kunnen worden, maar dat de bijbehorende aanwascijfers wellicht hoger zullen zijn dan in tabel 5.9 wordt aangenomen.

Tabel 5.9 Gemiddelde aanwas bij goede, normale en slechte groei van gidsboomsoorten zoals gehanteerd bij de boswachterijkaracteringen in de jaren 70 en 80 van de vorige eeuw (o.a. Van Delft & Leeters, 1989).

Boomsoort	Indeling per groeiklasse naar						Opbrengsttabellen	
	S-waarde (m)			Culminatie-waarde van de gemiddelde aanwas (m³/(ha.j))				
	1	2	3	1	2	3		
Populier (Robusta)	≥40	32-40	<32	≥17,0	12,5-17,0	<12,5	Robustapopulier,	"De Dorschkamp", 1975a)
Wilg	≥32	24-32	<24	≥13,0	8,0-13,0	< 8,0	Marilandicapopulier,	"De Dorschkamp", 1975a)
Zwarte els	≥22	16-22	<16	-	-	-	Opbrengsttabel ontbreekt	
Es en Esdoorn	≥25	20-25	<20	≥ 7,2	4,0- 7,2	< 4,0	Es,	"De Dorschkamp", 1971b)
Zomereik	≥30	22-30	<22	≥ 6,5	3,5- 6,5	< 3,5	Eik,	"De Dorschkamp", 1974b)
Beuk	≥30	22-30	<22	≥ 6,8	3,4- 6,8	< 3,4	Beuk,	"De Dorschkamp", 1974b)
Amerikaanse eik	≥28	23-28	<23	≥ 8,4	5,5- 8,4	< 5,5	Am. eik,	"De Dorschkamp", 1971
Grove den	≥27	21-27	<21	≥ 6,6	4,2- 6,6	< 4,2	Grove den,	"De Dorschkamp", 1977c)
Douglas	≥37	29-37	<29	≥13,5	8,8-13,5	< 8,8	Douglas,	"De Dorschkamp", 1971
Japanse larix	≥26	20-26	<20	≥11,9	7,2-11,9	< 7,2	Jap. larix,	"De Dorschkamp", 1977d)
Fijnspar en Sitkaspar	≥36	28-36	<28	≥12,3	7,6-12,3	< 7,6	Fijnspar,	"De Dorschkamp", 1971
Corsicaanse den (binnenland)	≥35	26-35	<26	≥12,4	7,4-12,4	< 7,4	Cors. den (binnenland),	"De Dorschkamp", 1971
Corsicaanse den (kustgebied)	≥26	17-26	<17	≥ 8,9	4,0- 8,9	< 4,0	Cors. den (kustgebied),	"De Dorschkamp", 1971
Oostenrijkse den (binnenland)	≥26	20-26	<20	≥ 8,5	5,4- 8,5	< 5,4	Oost. den (binnenland),	"De Dorschkamp", 1971
Oostenrijkse den (kustgebied)	≥21	16-21	<16	≥ 6,9	4,2- 6,9	< 4,2	Oost. den (kustgebied),	"De Dorschkamp", 1971

1 = goede groei
2 = normale groei
3 = slechte groei

a) aanwas in m³/(ha.j) bij plantverband 4 x 4 m
b) aangepaste Britse tabel van 1966
c) aangepaste tabel Grandjean en Stoffels 1955
d) herziene hoogtegroeigegevens van tabel 1971

Naast de sleutel voor het vaststellen van de bodemgeschiktheidsklassen voor de bosbouw (Tabel 5.8) bestaat er een sleutel voor detailkarteringen met dezelfde ingangen, waarin de verwachte groei van de zeven gidsboomsoorten uit tabel 5.9 en zeven aanvullende boomsoorten wordt aangegeven. Deze sleutel bestaat uit drie delen voor de beoordeling van respectievelijk de veengronden, de zand-, leem- en zavelgronden en de kleigronden. In tabel 5.10 is de sleutel voor zand- leem- en zavelgronden opgenomen. Voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw in het gekarteerde gebied is deze sleutel gehanteerd.

Tabel 5.10 Groeiverwachting voor 14 boomsoorten en geschiktheidsklassen voor de zand-, leem- en zavelgronden als afhankelijke van de gradaties in ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, zuurgraad en voedingstoestand.

Ontwaterings- toestand	Vochtleverend vermogen	Gradaties in de voedingstoestand														
		1					2					3				
		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
1	1	11111-01000 1.3.3.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	11111-01000 1.3.3.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	11111-11111 1.1.2.4	11111-11111 1.1.2.4	22111-11111 2.1.2.4	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	2	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	11111-11111 1.1.2.4	22111-11111 2.1.2.4	33211-11111 3.1.2.4	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	3	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	22111-11111 2.1.2.4	33211-11111 3.1.2.4	33222-11222 3.1.0.2	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	4	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2
	5	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0
2	1	11111-01000 1.3.3.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	11111-01000 1.3.3.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	11111-11111 1.1.2.4	11111-11111 1.1.2.4	22111-11111 2.1.2.4	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	2	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	11111-11111 1.1.2.4	22111-11111 2.1.2.4	33211-11111 3.1.2.4	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	3	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	22111-11111 2.1.2.4	33211-11111 3.1.2.4	33222-11222 3.1.0.2	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	4	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2
	5	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0
3	1	11111-01000 1.3.3.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	11111-01000 1.3.3.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	11111-11211 1.1.2.3	11111-11211 1.1.2.3	22111-11211 2.1.2.3	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	2	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	11111-01000 1.3.3.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	11111-11211 1.1.2.3	22111-11211 2.1.2.3	33211-11211 3.1.2.3	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	3	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	22111-01000 2.1.2.0	33211-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	33222-01000 3.1.2.0	22111-11211 2.1.2.3	33211-11211 3.1.2.3	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1	33222-11222 3.1.0.1
	4	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 2.2.2.4	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2	33222-22222 3.1.0.2
	5	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.0
4	1	21222-02000 2.3.3.0	21222-02000 2.3.3.0	33222-02000 3.1.2.0	21222-02000 2.3.3.0	21222-02000 2.3.3.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	21222-22321 2.1.0.1	21222-22321 2.1.0.1	21222-22321 2.1.0.1	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3
	2	21222-02000 2.3.3.0	21222-02000 2.3.3.0	33222-02000 3.1.2.0	21222-02000 2.3.3.0	21222-02000 2.3.3.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	21222-22321 2.1.0.1	21222-22321 2.1.0.1	21222-22321 2.1.0.1	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3
	3	21222-02000 2.3.3.0	21222-02000 2.3.3.0	33222-02000 3.1.2.0	21222-02000 2.3.3.0	21222-02000 2.3.3.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	21222-22321 2.1.0.1	21222-22321 2.1.0.1	21222-22321 2.1.0.1	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3
	4	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-02000 3.1.2.0	33222-22321 2.1.0.3	33222-22321 2.1.0.3	33222-22321 2.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3	33222-22321 3.1.0.3
	5	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3
5	1	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3
	2	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3
	3	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-03000 3.2.0.0	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3	33222-33222 3.2.0.3

Verklaring van de cijfers in 11111-02000

1.3.3.0

De bovenste reeks van tien cijfers geeft de groei van de boomsoorten aan. De volgende is:

1e cijfer populier, wilg en es; 2e cijfer els;

3e cijfer esdoorn; 4e cijfer eik;

5e cijfer beuk;

6e cijfer grove den;

7e cijfer Corsic. en Oostenrijkse den; 8e cijfer douglasspar; 9e cijfer Japanse lariks; 10e cijfer fijnspar en sitkaspar

De cijfers betekenen:

1 = goede groei; 2 = normale groei; 3 = slechte groei; 0 = geen groeibeoordeling

De onderste vier cijfers vormen de code van de geschiktheidsklasse

5.5 Bodemgeschiktheidskaart voor bosbouw

Om tot de geschiktheidsbeoordeling te komen, zijn de beoordelingsfactoren 'ontwateringstoestand', 'vochtleverend vermogen', 'voedingstoestand' en 'zuurgraad' uit kaart 11 t/m 14 gecombineerd. Omdat voor de eerste twee beoordelingsfactoren meerdere gradaties per kaartvlak voor kunnen komen, zijn meerdere combinaties per kaartvlak beoordeeld (zie § 5.2 en figuur 5.7). De beoordeling is weergegeven in kaart 15 waarin de geschiktheidsklassen volgens de indeling in tabel 5.8 zijn samengevat. Hierbij wordt de kleur bepaald door de dominante klasse met de grootste fractie binnen het kaartvlak. De intensiteit van de kleur wordt bepaald door de fractie van het kaartvlak waarin deze klasse voorkomt. In tabel 5.11 is de oppervlakteverdeling weergegeven voor de dominante klassen en de bijbehorende geschiktheden. Het grootste deel (ca. 62%) van het gekarteerde gebied valt onder klasse 2 'gronden met beperkte mogelijkheden' met een goede groei voor één naaldboomsoort (Grove den) of een normale groei voor 3 naaldboomsoorten. De andere hoofdklassen, 1 voor gronden met ruime mogelijkheden en 3 voor gronden met weinig mogelijkheden, komen beide voor bij ongeveer 19% van de oppervlakte.

Tabel 5.11 Oppervlakteverdeling van de dominante geschiktheidsklassen.

Hoofdklasse	Klasse	Geschiktheid	Oppervlakte (ha)	Percentage
1 Gronden met ruime mogelijkheden				
1.1 Goede groei van 6 à 7 gidsboomsoorten				
	1.1.3.4	3 loofboomsoorten, 4 naaldboomsoorten	7.9	2.8
	1.1.3.3	3 loofboomsoorten, 3 naaldboomsoorten	6.4	2.3
	1.1.2.4	2 loofboomsoorten, 4 naaldboomsoorten	20.2	7.1
1.2 Goede groei voor 4 à 5 gidsboomsoorten				
	1.2.1.3	1 loofboomsoort, 3 naaldboomsoorten	17.8	6.2
1.3 Goede groei van 3 gidsboomsoorten				
	1.3.3.0	3 loofboomsoorten, 0 naaldboomsoorten	1.4	0.5
2 Gronden met beperkte mogelijkheden				
2.1 Goede groei van 1 à 2 gidsboomsoorten				
	2.1.0.2	0 loofboomsoorten, 2 naaldboomsoorten	1.1	0.4
	2.1.0.1	0 loofboomsoorten, 1 naaldboomsoort	153.8	53.8
2.3 Normale groei van 3 à 4 gidsboomsoorten				
	2.3.1.3	1 loofboomsoort, 3 naaldboomsoorten	1.0	0.3
	2.3.0.3	0 loofboomsoorten, 3 naaldboomsoorten	21.2	7.4
3 Gronden met weinig mogelijkheden				
3.1 Normale groei van 1 à 2 gidsboomsoorten				
	3.1.0.2	0 loofboomsoorten, 2 naaldboomsoorten	1.7	0.6
	3.1.0.1	0 loofboomsoorten, 1 naaldboomsoort	18.2	6.4
3.2 Slechte groei van alle gidsboomsoorten				
	3.2.0.0	0 loofboomsoorten, 0 naaldboomsoorten	35.1	12.3
Eindtotaal			285.8	100.0

De geschiktheidsbeoordeling is verder uitgewerkt in kaart 16 waarbij de groeiverwachting per (groep van) boomsoort(en) is weergegeven in drie klassen: goede groei, normale groei en slechte groei. Ook hierbij wordt de intensiteit van de kleur bepaald door de grootte van de fractie van de dominante klasse. De verdeling over de klassen binnen een kaartvlak wordt in deze kaarten weergegeven door een taartdiagram. Goede groeiverwachtingen worden vooral gevonden voor de dennen (Grove den, Coriscaanse en Oostenrijkse den). Fijnspar en Sitkaspar hebben vooral een goede groeiverwachting in de lagere natte delen met een matige voedingstoestand; in de rest van het gebied, met uitzondering van de zeer natte en voedselarme delen, wordt een normale groei verwacht. Het beeld voor Japanse lariks is vergelijkbaar, maar het areaal met een slechte groeiverwachting is wat groter. Douglasspar is de meest kritische naaldboomsoort en geeft alleen in een deel van de beekdalen en oude bouwlanden een goede groeiverwachting; in ongeveer een derde van het gebied is de groeiverwachting slecht. Bij

de loofboomsoorten is vooral voor Eik een normale of goede groei te verwachten in een behoorlijk deel van het gekarteerde gebied. Voor Beuk is dat al wat minder en de groeiverwachting voor de overige loofboomsoorten (Populier, Wilg, Es, Els en Esdoorn) is alleen in de lagere delen normaal of goed.

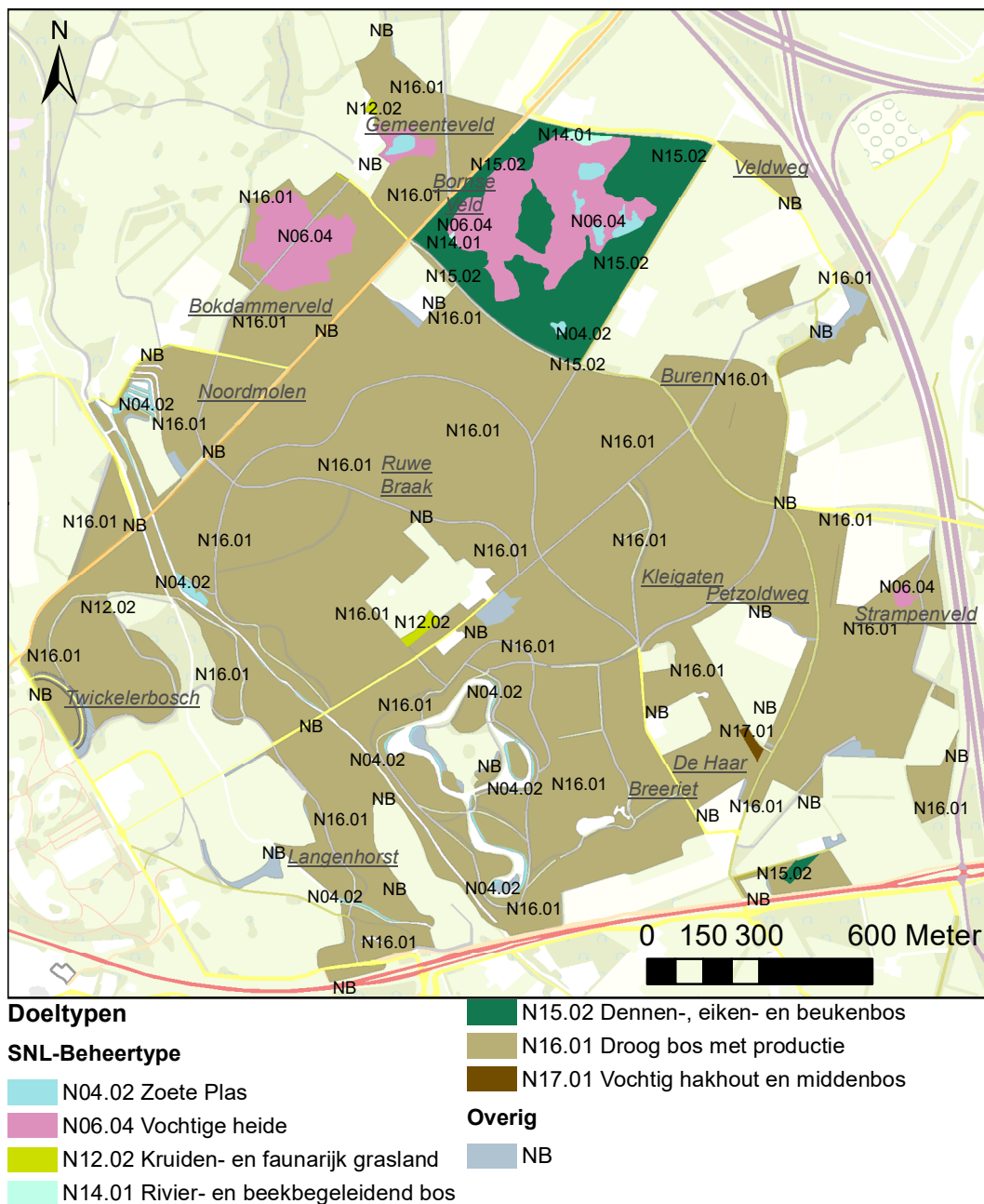
6 Natuurpotenties

Onder natuurpotenties worden kansen verstaan voor ontwikkeling of herstel van (half)natuurlijke vegetaties die passen bij de landschapsecologische positie (zie hoofdstuk 4) en die, afhankelijk van het gebruik van het perceel als bos, heide, grasland of bouwland, in het verleden hebben kunnen voorkomen. De huidige abiotische toestand kan door verdroging, verzuring, stikstofdepositie of voormalig agrarisch gebruik sterk afwijken van de situatie in een referentieperiode, vóór de veranderingen die tot deze toestand hebben geleid. Hierdoor kunnen de realisatiekansen (potenties) voor deze vegetaties sterk verlaagd zijn. Door middel van een knelpuntenanalyse kan bepaald worden welke standplaatsfactoren (vochttoestand, voedselrijkdom, zuurgraad) niet aan de randvoorwaarden voldoen en welke maatregelen nodig zijn om hier verbetering in aan te brengen (zie § 1.3.3).

Binnen een Fysisch-Geografische type (zie § 4.2) kunnen in potentie, afhankelijk van beheer en de abiotische toestand, verschillende plantengemeenschappen voorkomen (potentiële vegetaties, zie § 6.2). In een referentiesituatie, met een grondwaterstandverloop dat past binnen de eenheid, komen gradiënten voor waardoor op verschillende locaties, bij gelijk beheer, verschillende plantengemeenschappen voor zullen komen. In een nat beekdal met FG-type PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' kan bij een maaibeheer een Blauwgrasland tot ontwikkeling komen met op de hogere delen overgangen naar Heischraal grasland, terwijl bij het uitblijven daarvan een ontwikkeling ingezet kan worden richting Elzenbroekbos met overgangen naar bijvoorbeeld Vogelkers-Essenbos op de drogere delen. Abiotische omstandigheden (grondwaterstandverloop, kwel/infiltratie, voedselrijkdom en zuurgraad) in de referentiesituatie waarbij de plantengemeenschappen optimaal voorkomen, zijn in o.a. Waternood (Runhaar & Hennekens 2014) vastgelegd als abiotische randvoorwaarden. De mate waarin in de actuele situatie voldaan wordt aan deze randvoorwaarden bepaalt de realisatiekans voor de potentiële vegetaties en daarmee de natuurpotentie. Als in het genoemde beekdal de grondwaterstanden verlaagd zijn en de kwel is verdwenen door ontwatering nemen de realisatiekansen en dus de natuurpotentie af. Door de verdroging wordt niet meer voldaan aan de randvoorwaarden voor vocht, maar ook niet meer voor zuurgraad, omdat het wegvallen van kwel gepaard gaat met verzuring.

De natuurpotenties hangen dus af van de landschapsecologische positie (Fysisch-Geografisch type) en de actuele abiotische omstandigheden. De richting waarin de vegetatie zich zal ontwikkelen, wordt daarbinnen bepaald door het beheer, wat ook weer invloed heeft op de abiotische omstandigheden: maaifrequentie en -tijdstip zijn van invloed op de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem; bos verdampt meer water dan korte vegetaties en beïnvloedt daarmee de grondwaterstanden; via de houtsoort en het daarbij horende strooisel worden zowel nutriëntenbeschikbaarheid als zuurgraad van de bodem beïnvloed. Hierdoor hangen de natuurpotenties dus ook af van de doelen die door de beheerder en/of de overheid zijn gesteld en de keuzes die daarbij gemaakt worden voor te behouden of ontwikkelen plantengemeenschappen. In Natura 2000-gebieden zijn dat bijvoorbeeld de Habitattypen die aangewezen zijn voor het gebied. Binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN), buiten Natura 2000, gelden de SNL-beheertypen op basis waarvan eventuele beheersubsidies kunnen worden toegekend. Gebieden waar het beleid gericht is op het verbeteren van de natuurkwaliteit zijn op de ambitiekaart aangegeven (Provincie Overijssel, 2017). De beheertypenkaart beschrijft de bestaande natuur en met de beheersubsidies die aan de beheertypen gekoppeld zijn, stimuleert de provincie de instandhouding van de op die kaart aangegeven en begrensde beheertypen. De gestelde doelen (doeltypen) kunnen meer of minder goed passen bij de potentiële vegetaties die horen bij het FG-type. Hiervoor worden de term 'affiniteit' van het doeltype met het FG-type en de bijbehorende affiniteitsindex geïntroduceerd (zie § 6.3).

6.1 Natuurbeheerplan Provincie Overijssel



Figuur 6.1 Binnen de kartering voorkomende SNL-beheertypen volgens Natuurbeheerplan 2018 van provincie Overijssel (Provincie Overijssel 2017).

In het gekarteerde gebied komen geen Natura 2000-doelen voor en ook de ambitiekaart van de provincie Overijssel geeft geen uitbreidingsdoelstelling aan. De natuurpotenties van de gekarteerde bodems zijn daarom bepaald in relatie tot de SNL-beheertypen die in het provinciaal Natuurbeheerplan zijn vastgesteld (zie figuur 6.1 en tabel 6.1). Uitgangspunt hierbij zijn de huidige abiotische condities. Herstel van de waterhuishouding door aanpassing van de ontwateringsmiddelen (vergelijk Figuur 2.12) zou leiden tot de ontwikkeling van 'nattere beheertypen' ten koste van de droge typen en tot een ander perspectief voor natuurpotenties (vergelijk Den Ouden et al. 1997). Ook met randvoorwaarden aan minimumgrootte, zoals minimum structuurareaal voor bosgemeenschappen (o.a. Koop & Van der Werf 1995), is geen rekening gehouden. Bij bossen is evenmin de leeftijd van de bosgroeiplaats (historische continuïteit) betrokken.

Verreweg het grootste deel van het gekarteerde gebied heeft als beheertype N16.01 'Droog bos met productie'. In het Bornse Veld en Bokdammerveld zijn ook N06.04 'Vochtige heide' en N15.02

'Dennen-, eiken- en beukenbos' aangewezen, daarnaast verspreid door het gebied enkele andere beheertypen op kleine oppervlakten. Beheersubsidies kunnen aangevraagd worden voor de in die percelen geldende beheertypen. Vanwege de verwachte houtopbrengsten kan voor N16.01 geen beheersubsidie aangevraagd worden, maar voor de meer natuurlijke variant van hetzelfde bostype N15.02 wel (zie <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/subsidiestelsel-natuur-en-landschap/subsidiestelsel-natuur-en-landschap/tarieven/>). Door de potenties voor deze beheertypen in beeld te brengen en te beoordelen in hoeverre aan abiotische randvoorwaarden voldaan wordt, kan nagegaan worden waar gericht beheer het kansrijkst is voor het behalen van de kwaliteitsdoelen.

Tabel 6.1 Oppervlakteverdeling van binnen de kartering voorkomende SNL-beheertypen volgens Natuurbeheerplan 2018 van provincie Overijssel (Provincie Overijssel 2017).

Doeltype	Naam	Opp. (ha)
N04.02	Zoete plas	2.61
N06.04	Vochtige heide	16.46
N12.02	Kruiden- en faunarijk grasland	0.43
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	0.3
N15.02	Dennen-, eiken- en beukenbos	17.16
N16.01	Droog bos met productie	246.85
N17.01	Vochtig hakhout en middenbos	0.23
NB	Niet beoordeeld	4.32
Totaal		288.36



Figuur 6.2 Enkele voorbeelden van N16.01 'Droog bos met productie': links structuurrijk bos met jonge aanplant eik en dood hout (boring 3031); midden productiebos met Fijnspar (boring 4003); rechts beukenbos met ondergroei van Rododendron (boring 1002).

In het 'Droog bos met productie' (N16.01) spelen zowel natuurwaarden als houtproductie een rol en beïnvloeden deze functies elkaar (Schipper & Siebel, 2017). Het beheer van de bosopstand is gericht op (toekomstige) houtoogst en de bossen hebben daardoor een eenvoudigere structuur dan natuurbossen. Ze zijn wel gevarieerder qua soorten, leeftijdsopbouw en structuur dan pure productiebossen die door gewijzigd beheer niet veel meer voorkomen. De ondergroei wordt niet direct beheerd, maar wel sterk beïnvloed door de structuur van het bos en de boomsoorten, bijvoorbeeld door schaduwsoorten of via het strooisel dat een grote invloed heeft op de zuurgraad van de bodem (Hommel et al. 2007; zie ook § 6.6). Met name in de oudere bossen van Twickelerbosch, Ruwe Braak en langs de Petzoldweg komen plaatselijk zeer dichte struwelen van Rododendron voor waardoor overige ondergroei en verjonging vrijwel ontbreken. Lokaal wordt deze soort om die reden gerooid.

Het beheertype N16.01 is het belangrijkste beheertype voor de houtproductie en is de productievariant van N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos' dat een natuurfunctie heeft. Spontane ontwikkelingen (zonder ingrepen) leiden naar een dichter, vrij eenvormig bos met natuurlijke verjonging van beperkte samenstelling en matige productiepotentie. Schipper en Siebel geven aan dat vaak menselijk beheer, zoals kap, begrazingsbeheer en inbreng van strooisel verrijkende soorten (zie Droge bos variant zonder productie; 15.02), nodig is om dynamiek, variatie en vestigingsmilieus te bevorderen. Hiermee kan tegelijkertijd gestuurd worden op verjonging die voldoende potentie heeft om de productie in kwalitatieve en kwantitatieve zin te waarborgen.



Figuur 6.3 Enkele voorbeelden van N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos' in het Bornse Veld, bestaande uit Grove den en Ruwe berk met een struiklaag van vooral Ruwe berk en Sporkehout, in de kruidlaag domineren Pijpenstrootje en Blauwe en Rode bosbes en wat Dophei. Van links naar rechts: boring 2036, 2038 en 2025.

Het beheertype N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos' behoort bij het natuurtype N15 'Droge bossen' met een natuurfunctie waarbij een geringe mate van houtoogst mogelijk is. Het is in Twickel aanwezig rondom N06.04 'Vochtige heide' in Bornse Veld en een klein stukje in het zuiden van Strampenveld. Omdat de bosesystemen over het algemeen betrekkelijk jong zijn, zijn ze vaak structuurarm. Deze bossen zijn ontstaan uit productiebos en ontwikkelen zich door successie tot natuurlijkere bossen. In enkele gevallen, bijvoorbeeld aan de rand van droge heide, zijn deze bossen spontaan ontstaan. In het Bornse Veld, waar hoge grondwaterstanden voorkomen, behoren deze bossen meestal tot de vochtigere variant met Pijpenstrootje (Figuur 6.3).

Vochtige heide (N06.04) behoort tot het natuurtype N06 'Voedselarme venen en vochtige heiden' dat natte, voedselarme, open gebieden met lage begroeiingen die voor een groot deel de neiging hebben tot veenvorming omvat (Schipper & Siebel 2017). Binnen N06.04 kunnen heiden, struwelen, grazige vegetaties, veenmosplekken, kleine stilstaande watertjes en kale bodem op zandige tot venige plaatsen naast elkaar voorkomen. Variatie in begroeiing en structuur is van groot belang voor karakteristieke faunasoorten. Negentig procent van het nog bestaande oppervlak heide in het landgoed Twickel is vochtige heide, die vaak behoort tot het natte, veenmosrijke type (Provincie Overijssel 2017, zie ook figuur 6.4). Op het landgoed is de afgelopen twintig jaar veel heide geplagd, wat geleid heeft tot het ontstaan van een grote oppervlakte Snavelbies-Kleine zonnedaauw vegetaties (Figuur 6.5). In de heide liggen verspreid zowel zure als ook zwak gebufferde vennen met een eigen unieke flora en fauna.



Figuur 6.4 Aspecten van N06.04 'Vochtige heide' in Bornse Veld. Van linksboven naar rechtsonder: Relatief droge heide met Jeneverbes tussen boring 2033 en 2034; galestruweel in slenk tussen boring 2024 en 2025; Zwak gebufferd ven bij boring 2035 en aan de noordrand langs de Veldweg.

In Bijlage 1 is per beheertype aangegeven welke plantengemeenschappen kenmerkend zijn. Dit is gebaseerd op soortenlijsten in Waternood (Runhaar & Hennekens 2014) en voor een aantal beheertypen uitgebreid in het kader van een studie naar de verdroging in Nederland (Van Delft et al. 2017b). De lijst komt in grote lijnen overeen met de lijst van kenmerkende vegetatietypen per beheertype in Bijlage 4 van de Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS (Van Beek et al. 2014). In deze kartering zijn de lijsten uit Waternood gebruikt, omdat daarin gewichten zijn toegekend aan plantengemeenschappen op basis waarvan de randvoorwaarden per beheertype gemiddeld worden. Voor het beoordelen van de natuurbelangen is in § 6.3 allereerst de affiniteit van het beheertype met het Fysisch-Geografisch type bepaald door een vergelijking tussen de kenmerkende plantengemeenschappen die horen bij deze beheertypen en de potentiële vegetaties die volgens de Landschapsleutel voor kunnen komen bij de fysisch-geografische eenheden (zie ook § 1.3.2 en 4.2). Dit geeft een affiniteitsindex die een maat is voor de affiniteit van een beheertype met het Fysisch-Geografische type. Per plantengemeenschap wordt in Waternood een set van abiotische randvoorwaarden gegeven, waaraan de actuele standplaatsfactoren getoetst kunnen worden (Runhaar & Hennekens 2014). Deze randvoorwaarden kunnen ook voor groepen plantengemeenschappen, zoals binnen SNL-beheertypen, gemiddeld worden (zie § 6.4). Voor het bepalen van realisatiekansen en de knelpuntenanalyse worden de actuele standplaatsfactoren vergeleken met deze gemiddelden (§ 6.5). Tot slot is in § 6.6 aandacht besteed aan andere mogelijkheden om natuurbelangen te benutten.



Figuur 6.5 Boven en linksonder plagplekken met Witte snavelbies, Kleine zonnedaauw, Veenpluis en Moeraswolfsklauw; rechtsonder Beenbreek bij een hoogveentje ten noordoosten van boring 2036.

6.2 Potentiële vegetaties

Ongerepte natuur bestaat in Nederland nauwelijks. Veel hooggewaardeerde vormen van natuur (soortenrijke graslanden en heiden, maar zelfs veel bostypen) zijn ontstaan door agrarisch gebruik in het verleden, wat nu wordt voortgezet als natuurbeheer. Maar ook nietsdoen kan gezien worden als een vorm van beheer wanneer het een bewuste keuze is. Dat is dan niet hetzelfde als het uitblijven van beheer. Het voorkomen van (half)natuurlijke vegetaties wordt, behalve door het beheer, in belangrijke mate bepaald door de bodemkundige uitgangssituatie, gecombineerd met de actuele hydrologie. Om een inschatting te kunnen maken van de typen natuurlijke vegetaties die voor kunnen komen, zijn de gekarteerde bodemtypen volgens de indeling van de Landschapsleutel (Kemmers et al. 2011; Van Delft et al. 2015) vertaald naar fysisch-geografische eenheden (Hoofdstuk 4). Per Fysisch-Geografisch type, het laagste niveau in de gehanteerde indeling, geeft de Landschapsleutel een aantal 'potentiële vegetaties' aan die voor kunnen komen. Het daadwerkelijk voorkomen van deze plantengemeenschappen is afhankelijk van de toestand van de actuele standplaatsfactoren, zoals voedselrijkdom, zuurgraad en vochttoestand en van het beheer. Deze plantengemeenschappen zijn gegroepeerd naar structuurtype of successiefase (pionier-, grasland-, struweel- en bosvegetaties), hetgeen in belangrijke mate bepaald wordt door het beheer. De potentiële vegetaties per Fysisch-Geografisch type zijn opgenomen in Bijlage 4. Ten opzichte van de oorspronkelijke versie van de Landschapsleutel is hier het aantal potentiële vegetaties per FG-eenheid uitgebreid, omdat in eerste instantie vooral de plantengemeenschappen waren opgenomen die het beste pasten bij de eenheid. Daarmee ontbrak een aantal meer algemene plantengemeenschappen, waardoor bijvoorbeeld beheertype N12.02 'Kruiden- en faunairijk grasland' bij FG-eenheden ontbrak, terwijl dit soms het meest logische beheertype is op voormalige landbouwgronden. In een aantal gevallen is dit in de nieuwe versie uitgesplitst naar Fysisch-Geografische serie, omdat sommige plantengemeenschappen gebonden zijn aan specifieke delen van het landschap (FG-series) waarbinnen een FG-type voor kan

komen⁷. Zo komt een aantal gemeenschappen uit het Dwergbiezen-verbond (28AA) niet voor binnen pionierfasen van de FG-typen PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' en PS014 'Beek- of rivierkleien gevoed door lokale zwakke kwel' binnen de Fysisch-Geografische serie HzDV 'Vochtige dekzandlaagten', maar wel in andere FG-series.

6.3 Affiniteit van beheertypen met Fysisch-Geografische eenheden

Voor het bepalen van de natuurpotenties is in deze kartering allereerst een vergelijking gemaakt van de potentiële vegetaties, horend bij de Fysisch-Geografische eenheden (zie Bijlage 4) met de kenmerkende plantengemeenschappen die horen bij de SNL-beheertypen die voor de betreffende percelen gelden (Figuur 6.1 en Bijlage 1), om te beoordelen hoe goed het beheertype past bij de bodem. Daarvoor is hier de term 'affiniteit' van het beheertype met de Fysisch-Geografische eenheid geïntroduceerd. Per beheertype is volgens onderstaande formule een affiniteitsindex bepaald die aangeeft welk deel van de potentiële plantengemeenschappen (volgens de Landschapsleutel) overeenkomt met de plantengemeenschappen voor dat beheertype (zie tabel 6.2).

$$Af = (\frac{NOG}{NPOT} + \frac{NOG}{NKBT})/2$$

Waarin: Af = Affiniteit beheertype met FG-eenheid; NOG = Aantal overeenkomstige gemeenschappen; NPOT = Aantal potentiële gemeenschappen in FG_ eenheid; NKBT = Aantal kenmerkende gemeenschappen in beheertype.

In deze formule wordt dus het aandeel overeenkomstige plantengemeenschappen beoordeeld ten opzichte van het aantal potentiële gemeenschappen in de Fysisch-Geografische eenheid én ten opzichte van het aantal kenmerkende gemeenschappen binnen het beheertype.

De maximale waarde van deze affiniteitsindex (theoretisch tussen 0 en 1, hier niet hoger dan 0,5) kan tussen beheertypen sterk verschillen. In een aantal gevallen klopt dat ook, omdat het beheertype niet goed past in het (semi)terrestrische deel van het onderzochte gebied. Zo omvat N04.01 'Zoete plas' (affiniteitsindex maximaal 0.05) vooral aquatische plantengemeenschappen die in de landschapsecologische indeling van de Landschapsleutel niet meegenomen zijn (zie de beschrijving per beheertype hieronder). Voor een deel komt het ook door onevenwichtigheid in het aantal potentiële plantengemeenschappen per FG-eenheid en het aantal kenmerkende plantengemeenschappen per beheertype. Zo worden in de Landschapsleutel bij sommige fysisch-geografische eenheden veel subassociaties genoemd en wordt bij sommige beheertypen een groot aantal kenmerkende plantengemeenschappen genoemd waarvan er in de FG-eenheid slechts een klein deel voorkomt als potentiële vegetatie. Dit levert een relatief geringe overlap en daarmee lagere index op, terwijl de affiniteit van het beheertype met de FG-eenheid niet per se geringer is. De index moet daarom vooral indicatief geïnterpreteerd worden om de verschillende affiniteit van een beheertype met meerdere FG-eenheden te vergelijken.

⁷ Dit is nieuw ten opzichte van de eerdere versies van de Landschapsleutel waarbij het voorkomen van potentiële vegetaties alleen op het niveau van Fysisch-Geografische typen (Primaire standplaatsen) werd aangegeven. In de onderliggende tabellen waarop de indeling was gebaseerd, werd het onderscheid wel genoemd, maar het werd nog niet doorgevoerd. In de huidige versie wordt hier wel rekening mee gehouden.

Tabel 6.2 Affiniteit van het beheertype per Fysisch-Geografische eenheid. De maximale affiniteit kan per beheertype sterk verschillen. De meeste indexen zijn berekend per Fysisch-Geografisch type, PS011, PS012, PS013 en PS014 zijn uitgesplitst naar Fysisch-Geografische serie. In de kolom 'Niveau' is aangegeven of de index is berekend op het niveau van FG-type (T) of uitgesplitst naar FG-serie (S).

Fysisch-Geografische eenheid	Niveau	Affiniteit per beheertype							Opp. (ha)
		N04.02	N06.04	N12.02	N14.01	N15.02	N16.01	N17.01	
PS002	T		0.18	0.03		0.39	0.21		4.27
PS006	T		0.20	0.02	0.06	0.27	0.12	0.11	18.47
PS010	T		0.17	0.02	0.04	0.29	0.12	0.11	2.64
HZBN PS011	S		0.17	0.04		0.49	0.25		7.64
HZDL HZDV PS011	S		0.17	0.05		0.47	0.25		71.29
HZGL PS011	S		0.18	0.02		0.48	0.25		5.90
HZGP PS011	S		0.17	0.02		0.50	0.25		18.10
HZBN HZDV PS012	S		0.24	0.07	0.05	0.20	0.06		45.04
HZGL HZGP PS012	S		0.25	0.05	0.05	0.20	0.06		29.55
HZBB PS013	S	0.02	0.14	0.05	0.26	0.05		0.05	5.98
HZBN PS013	S	0.02	0.14	0.08	0.24	0.05		0.05	31.92
HZDV PS013	S	0.03	0.13	0.08	0.26	0.05			8.49
HZGP PS013	S	0.03	0.15	0.06	0.25	0.05			7.87
HZBV PS014	S	0.05	0.14	0.04	0.14			0.11	2.95
HZDV PS014	S	0.05	0.12	0.04	0.15			0.06	0.15
PS016	T	0.03	0.15	0.04	0.25				2.56
PS022	T	0.03	0.27	0.02	0.13			0.06	1.39
PS111	T			0.10		0.29	0.18		18.41
PS112	T			0.12		0.24	0.08		3.20
PS113	T		0.03	0.12	0.19				0.14
NB	NB								2.38
Max Potentie:		0.05	0.27	0.12	0.26	0.50	0.25	0.11	
Totaal opp.:									288.34

Conclusies per beheertype:

- De laagste affiniteiten worden gevonden voor beheertype N04.02 'Zoete plas'. Hier wordt de pioniervegetatie 28AA02 'Associatie van Borstelbies en Moerasmuur' als overeenkomende plantengemeenschap gevonden bij enkele FG-typen. Dit is een oevergemeenschap die in verband gebracht wordt met open, vochtige, gewoonlijk door de mens gecreëerde standplaatsen (Schaminée et al. 1998). Bij PS014 'Beek- of rivierkleien gevoed door lokale zwakke kwel' komt ook de pioniergemeenschap 29AA04 'Slijkgroen-associatie' overeen met het beheertype. Deze gemeenschap is gebonden aan basische en voedselrijke standplaatsen die langdurig onder water staan (Schaminée et al. 1998). De meest kenmerkende gemeenschappen van N04.02 behoren tot de Kranswieren-klasse (04) en de Fonteinkruid-klasse (05). Dat zijn allemaal aquatische gemeenschappen die buiten het bereik van de Landschapsleutel vallen, die namelijk gericht is op (semi)terrestrische standplaatsen. Bij het beheertype horen enkele gemeenschappen van de Oeverkruid-klasse (06) die wel als semiterrestrisch beschouwd kunnen worden, maar deze horen niet bij de FG-typen in het gekarteerde gebied. Tegenover dit geringe aantal overeenkomstige gemeenschappen staat een relatief groot aantal potentiële vegetaties bij de betrokken FG-typen.
- De hoogste affiniteitsindex voor N06.04 'Vochtige heide' wordt gevonden op de vochtige Fysisch-Geografische typen PS012 'Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater' (0.24/0.25) en PS022 'Laaggelegen leemgronden' (0.27). Voor PS022 is dat niet logisch, omdat het in Twickel de kalkhoudende variant ervan betreft. Deze hoge index zal alleen in de kalkloze varianten terecht zijn. Ook bij PS006 'Wisselvochtige mineraalrijke keileemgronden (met schijnspiegels)' en PS002 'Initiële vochthoudende basenarme zandgronden' worden relatief hoge indexen gevonden (0.20 en 0.18). De gradiënt naar droge heide komt tot uiting in een wat lagere affiniteitsindex bij PS011 'Atmotrofe vochtige zandgronden' (0.17). De gradiënt naar wat voedselrijkere, kwelgevoede systemen komt tot uiting in lage index voor PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel', PS014 'Beek- of rivierkleien gevoed door lokale zwakke kwel'

en PS016 'Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel'; deze varieert hier, afhankelijk van de Fysisch-Geografische serie, van 0.12 tot 0.15.

- Tot beheertype N12.02 'Kruiden- en faunarijk grasland' worden algemene graslandtypen gerekend als 16BC01 'Kamgrasweide' en 16RG02 'Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem' die op een groot aantal bodems voor kunnen komen (Schaminée et al. 1996; Schipper & Siebel, 2017; Van Beek et al. 2014). In de oorspronkelijke versie van de Landschapsleutel (Kemmers et al. 2011) zijn per FG-type alleen de plantengemeenschappen die typisch zijn voor die bodem opgenomen als potentiële vegetatie. Omdat dit een weinig realistisch beeld geeft van de mogelijkheden voor dit beheertype dat vaak aan voormalige landbouwgronden wordt toegekend, is in deze kartering het aantal Fysisch-Geografische typen, waarbij potentiële vegetaties horen die overeenkomen met beheertype N12.02, fors uitgebreid. Hierdoor wordt voor elke FG-eenheid in de kartering een affiniteitsindex berekend voor dit beheertype. Deze zijn wel vrij laag, variërend van 0.02 tot 0.12, dat is mede het gevolg van het feit dat de standplaatsen van deze graslanden zeer divers kunnen zijn en daarmee ook de kenmerkende plantengemeenschappen. Het aandeel overeenkomstig gemeenschappen is dan vaak gering. Hierbinnen worden de hoogste indexen gevonden op de oude bouwlanden PS111 t/m PS113. Binnen de overige FG-eenheden, zonder agrarische voorgeschiedenis, is de index relatief hoog in de relatief rijkere FG-typen PS012 en PS013.
- Beheertype N14.01 'Rivier- en beekbegeleidend bos' heeft een vrij hoge affiniteitsindex binnen PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' en varieert licht tussen de verschillende Fysisch-Geografische series (0.24 – 0.26) en bij PS016 'Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel' (0.25). Ook bij PS014 'Beek- of rivierkleien gevoed door lokale zwakke kwel' en PS022 'Laaggelegen leemgronden' (0.13 - 0.15) is de affiniteit nog redelijk. Hogerop de vochtgradiënt worden standplaatsen droger en neemt de (potentiële) kwelinvloed af met lage affiniteit voor PS006 'Wisselvochtige mineraalrijke keileemgronden (met schijnspiegels)', PS010 'Atmotrofe basenarme zandgrond met stagnerend regenwater en schijnspiegels' en PS012 'Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater' (0.04 – 0.06). Binnen de oude bouwlanden is de affiniteit met PS113 'Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)' vrij groot (0.19). Dit zijn veelal opgehoogde natte gronden in beekdalen.
- Voor N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos' worden de hoogste waarden gevonden voor de affiniteitsindex (tot 0.5). In dit beheertype komen relatief veel kenmerkende plantengemeenschappen voor die ook als potentiële vegetaties genoemd worden voor het Fysisch-Geografische type PS011 'Atmotrofe vochtige zandgronden', waarvoor de index varieert van 0.47 tot 0.50, afhankelijk van de Fysisch-Geografische serie. Deze eenheden komen vrij goed overeen met de groeiplaatsen voor deze droge bossen. Van daaruit is er binnen de 'natuurlijke' bodems sprake van een gradiënt met afnemende affiniteit naar meer vochthoudende standplaatsen: PS002 'Initiële vochthoudende basenarme zandgronden' (0.39) > PS006 'Wisselvochtige mineraalrijke keileemgronden (met schijnspiegels)' en PS010 'Atmotrofe basenarme zandgrond met stagnerend regenwater en schijnspiegels' (0.27, 0.29) > PS012 'Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater' (0.20) > PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' (0.05). Binnen PS111 en PS112 'Hoge zandgronden met een zwart, respectievelijk bruin bouwlanddek' is de affiniteit ook vrij hoog (0.29, 0.24). Dit zijn ook wat drogere standplaatsen waar een deel van de plantengemeenschappen van N15.02 voor kan komen, naarmate de bodem langer uit agrarisch gebruik is.
- Het beheertype N16.01 'Droog bos met productie' is qua areaal in het gekarteerde gebied het grootste (247 ha). Hierbij wordt een vergelijkbaar beeld gevonden als bij N15.02, hoewel de affiniteitsindexen overal lager zijn vanwege het gering aantal kenmerkende gemeenschappen in het beheertype. Voor dit beheertype gelden geen kenmerkende vegetatietypen binnen Waternood en bij de 'Werkwijze monitoring en beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS' (Runhaar & Hennekens 2014; Van Beek et al. 2014). Bij het onderzoek naar verdroging in de Nederlandse natuur is een beperkt aantal bosgemeenschappen van droge gronden tot dit beheertype gerekend om toch een beoordeling mogelijk te maken (Van Delft et al. 2017b):
 - 41AA02 'Korstmossen-Dennenbos'
 - 41AA03 'Kussentjesmos-Dennenbos'
 - 42AA01 'Berken-Eikenbos'
 - 42AA03 'Bochtige smeale-Beukenbos'

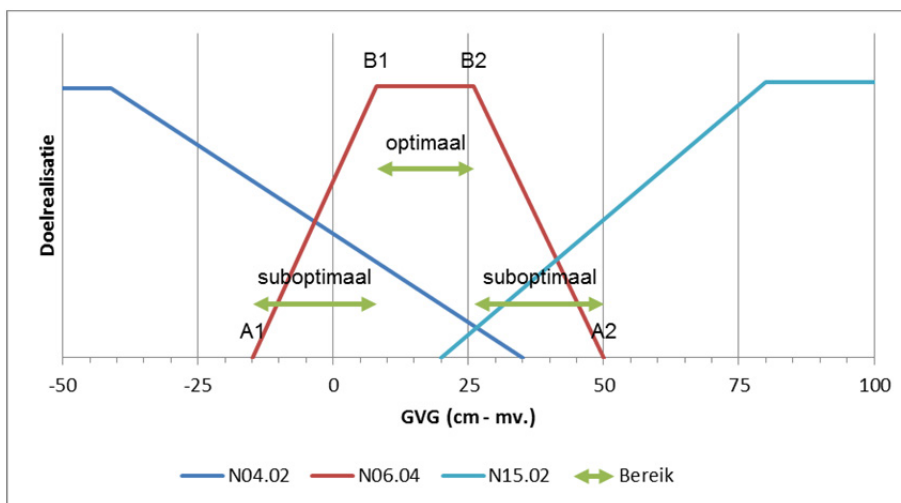
Deze zijn ook voor deze kartering toegevoegd bij de kenmerkende vegetaties voor dit beheertype. Ook hier lijkt PS011 optimaal (0.25) met een afnemende trend via PS002 (0.21) > PS006/PS010 (0.12) > PS012 (0.05) en ook geschiktheid binnen PS111 en PS112 (0.29, 0.24).

- Beheertype N17.01 'Vochtig hakhout en middenbos' omvat vooral verschillende subassociaties van het Eiken-haagbeukenbos. De kenmerkende plantengemeenschappen vertonen een redelijke affiniteit met Fysisch-Geografische typen waar stagnatie van neerslagwater op keileem een rol speelt: PS006 'Wisselvochtige mineraalrijke keileemgronden (met schijnspiegels)' en PS010 'Atmotrofe basenarme zandgrond met stagnerend regenwater en schijnspiegels' (0.11) en met kleigronden in beekdalen: PS014 'Beek- of rivierkleien gevoed door lokale zwakke kwel' binnen FG-serie HzBV 'Benedenlopen en lemige beekvlakten' (0.11). Een vrij lage affiniteit wordt gevonden met PS014 in FG-serie HzDV 'Vochtige dekzandlaagten', PS022 'Laaggelegen leemgronden' en PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' binnen de beekdalen, FG-sectie HzB 'Beekdalen' (0.05 – 0,06). De reden dat de affiniteitsindex voor dit beheertype overal aan de lage kant is, ook in de typische groeiplaatsen voor eiken-Haagbeukenbos, is dat op de betrokken FG-typen het aantal potentiële plantengemeenschappen vrij hoog is en er alleen overlap is met twee subassociaties van 43AB01 'Eiken-Haagbeukenbos': de typische subassociatie 43AB01C en de subassociatie met Witte klaverzuring 43AB01F.

6.4 Abiotische randvoorwaarden beheertypen

Voor de beheertypen zijn abiotische randvoorwaarden bepaald volgens de methode zoals die in Waternood wordt gehanteerd (Runhaar & Hennekens 2014; Van Delft et al. 2017b). Hierbij zijn gewogen gemiddelden berekend voor de samenstellende plantengemeenschappen volgens de gewichten in Bijlage 1. De rekenregels zijn beschreven in de handleiding bij Waternood.

In deze methode wordt gebruikgemaakt van 'doelrealisatiefuncties' waarvan enkele voorbeelden zijn opgenomen in figuur 6.6. Voor elke standplaatsfactor, in dit geval GVG, kan per plantengemeenschap of beheertype een bereik aangegeven worden waarbij dit type optimaal kan voorkomen. Voor N06.04 'Vochtige heide' is dat hier weergegeven tussen de punten B1 en B2. Daarnaast kan er zowel aan de natte kant (tussen A1 en B1) als aan de droge kant (tussen B2 en A2) een bereik worden aangegeven waarbij het type nog wel kan voorkomen, maar waarbij het doorgaans minder goed ontwikkeld is. Dat is het suboptimale bereik. Links van A1 is de standplaats te nat en rechts van A2 te droog, zodat het type niet meer voor kan komen. Voor N06.04 geldt dat het zowel links (nat) als rechts (droog) begrensd is. Voor andere typen kan gelden dat het alleen links begrensd is zoals N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos', omdat alleen te natte omstandigheden nadelig zijn en het type prima bij diepere grondwaterstanden kan voorkomen. Hetzelfde geldt voor alleen rechts begrensde typen zoals N04.02 'Zoete plas' dat slechts suboptimaal kan voorkomen bij GVG tussen -41 en 35 cm – mv., maar voor een optimale ontwikkeling nattere omstandigheden nodig heeft. De grenswaarden voor de GVG bij de verschillende beheertypen zijn opgenomen in tabel 6.3, voor andere standplaatsfactoren in tabel 6.4 en tabel 6.5.



Figuur 6.6 Voorbeeld van doelrealisatiefuncties voor de GVG van drie beheertypen die voorkomen in het gekarteerde gebied. De betekenis van de figuur wordt toegelicht in de tekst.

Tabel 6.3 Abiotische randvoorwaarden voor de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) voor de in het gekarteerde gebied voorkomende SNL-beheertypen. Een waarde -999 betekent dat de standen aan de natte kant niet begrensd zijn, een waarde 999 betekent dat de standen aan de droge kant niet begrensd zijn.

Type	Naam	GVG (cm - mv.)			
		A1	B1	B2	A2
N04.02	Zoete plas	-999	-999	-41	35
N06.04	Vochtige heide	-15	8	26	50
N12.02	Kruiden- en faunarijk grasland	0	55	999	999
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	-30	18	999	999
N15.02	Dennen-, eiken- en beukenbos	20	80	999	999
N16.01	Droog bos met productie	20	79	999	999
N17.01	Vochtig hakhout en middenbos	-30	35	999	999

Tabel 6.4 Abiotische randvoorwaarden voor de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en droogtestress voor de in het gekarteerde gebied voorkomende SNL-beheertypen. Een waarde -999 betekent dat de standen aan de natte kant niet begrensd zijn, een waarde 999 betekent dat de standen aan de droge kant niet begrensd zijn. Omdat droogtestress gecorreleerd is aan de GLG, is meestal voor slechts één van beide standplaatsfactoren een doelrealisatiefunctie bepaald.

Type	Naam	GLG (cm - mv.)				Droogtestress (dagen)			
		A1	B1	B2	A2	A1	B1	B2	A2
N04.02	Zoete plas	-999	-999	-21	50	NB	NB	NB	NB
N06.04	Vochtige heide	NB	NB	NB	NB	-999	-999	11	30
N12.02	Kruiden- en faunarijk grasland	10	30	999	999	-999	-999	15	35
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	NB	NB	NB	NB	-999	-999	16	35
N15.02	Dennen-, eiken- en beukenbos	NB	NB	NB	NB	2	18	999	999
N16.01	Droog bos met productie	NB	NB	NB	NB	2	18	999	999
N17.01	Vochtig hakhout en middenbos	50	78	999	999	-999	-999	15	35

De randvoorwaarden voor GVG geven aan wat de grondwaterstanden in het voorjaar zouden moeten zijn voor de optimale ontwikkeling van de beheertypen; voor de zomersituatie is dit gerelateerd aan de GLG of het aantal dagen met droogtestress. Droogtestress wordt gedefinieerd als het aantal dagen dat de vochtspanning in de bovengrond dicht bij of op het verwelkingspunt ligt (Runhaar & Hennekens, 2014; Jansen & Runhaar 2001). Dit wordt bepaald door de GLG en de bodemfysische

eigenschappen van het bodemprofiel. In potentieel veenvormende systemen worden directe eisen gesteld aan de GLG, omdat hier te diepe grondwaterstanden kunnen leiden tot veraarding van het veen met eutrofiering als gevolg. In die gevallen wordt geen randvoorwaarde voor droogtestress gegeven, omdat deze gecorreleerd is aan de GLG.

In Waternood wordt de zuurgraad 'ordinale' variabele gegeven in klassen van 'basisch' tot 'zuur'. Voor deze klassen zijn wel grenswaarden voor de pH gegeven (Runhaar et al. 2009). Hiermee zijn de grenswaarden voor pH-KCl voor de beheertypen in tabel 6.5 afgeleid van de grenswaarden voor de samenstellende plantengemeenschappen, analoog aan de manier waarop de gemiddelden voor de hydrologische randvoorwaarden zijn afgeleid.

Tabel 6.5 Abiotische randvoorwaarden voor de Zuurgraad voor de in het gekarteerde gebied voorkomende SNL-beheertypen.

Type	Naam	Zuurgraad (pH-KCl)			
		A1	B1	B2	A2
N04.02	Zoete plas	2.8	6.5	8	8
N06.04	Vochtige heide	2	2.6	4.3	6.8
N12.02	Kruiden- en faunarijk grasland	3.5	5.4	7.8	8
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	2	4.7	7.6	8
N15.02	Dennen-, eiken- en beukenbos	2	2.5	3.8	5.5
N16.01	Droog bos met productie	2	2.3	3.8	5.5
N17.01	Vochtig hakhout en middenbos	2.8	3.5	7.3	8

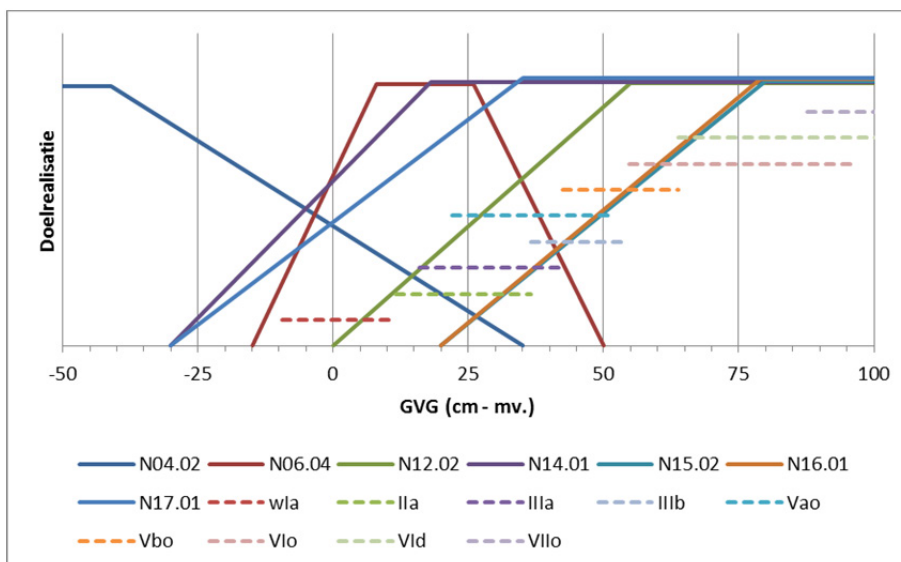
Ook voedselrijkdom van de standplaats wordt in Waternood als ordinale variabele aangegeven, omdat objectieve criteria ontbreken. In dit rapport wordt de voedselrijkdom niet geëvalueerd, omdat voor de meeste standplaatsen geldt dat de voedselrijkdom een natuurlijk niveau heeft en over het algemeen wel zal voldoen aan de randvoorwaarden voor de beheertypen.

6.5 Realisatiekansen en Knelpunten beheertypen

Door de actuele abiotische condities in percelen met een doeltype te vergelijken met de abiotische randvoorwaarden voor dat type, kunnen realisatiekansen voor dat type bepaald worden en eventuele knelpunten aan het licht gebracht worden. Dat is hier in algemene zin gedaan voor de beheertypen in het gekarteerde gebied. Er zijn geen kaarten van gemaakt.

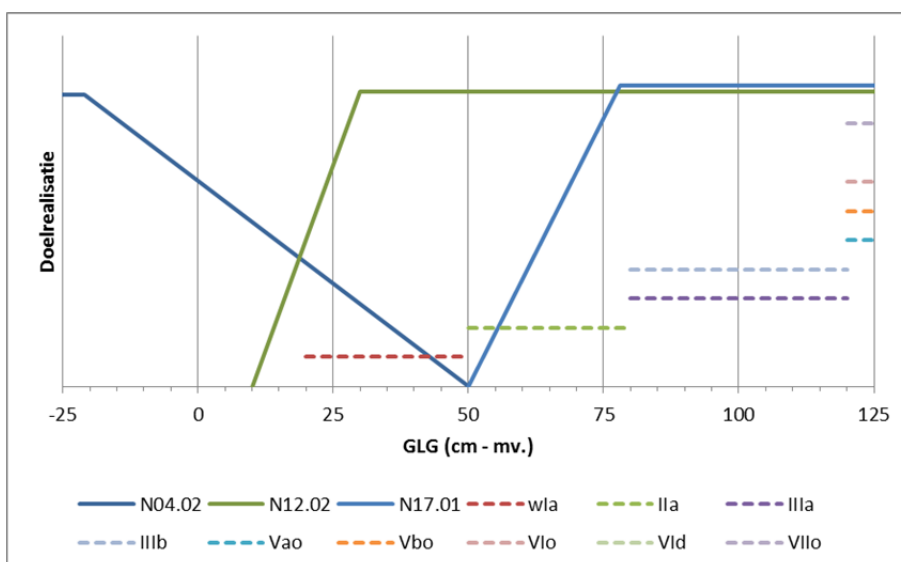
6.5.1 Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG)

In figuur 6.7 is het bereik van de GVG voor de in het gekarteerde gebied voorkomende grondwatertrappen vergeleken met de abiotische randvoorwaarden voor de hier geldende beheertypen. Het optimale bereik voor N06.04 'Vochtige heide' valt deels samen met de GVG-waarden voor grondwatertrap wIa, IIa, IIIa en het natte deel van Vao. Het natte deel van wIa valt binnen het suboptimale bereik aan de natte kant. Het suboptimale bereik aan de droge kant valt grotendeels samen met Vao en IIIb en deels het droge deel van IIa en IIa en het natte deel van Vbo. Voor N12.02 'Kruiden- en faunarijk grasland' zijn VIo, VIId en VIIo optimaal, alle andere grondwatertrappen vallen in het suboptimale traject aan de natte kant. N15.02 'Dennen- eiken en beukenbos' en N16.01 'Droog bos met productie' hebben gelijke randvoorwaarden voor GVG. Deze is optimaal bij grondwatertrap VIIo en het drogere deel van VIo en VIId, suboptimaal aan de natte kant voor IIIb, Vao, Vbo en het drogere deel van IIa en IIIa.



Figuur 6.7 Vergelijking van het bereik van de GVG in de meest voorkomende grondwatertrappen in het gekarteerde gebied, met de abiotische randvoorwaarden van de voorkomende beheertypen.

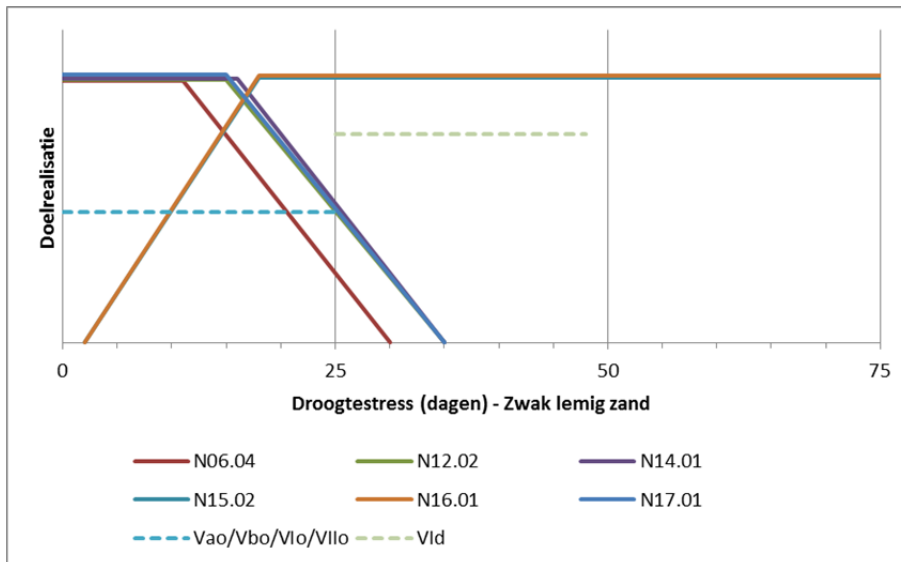
6.5.2 Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)



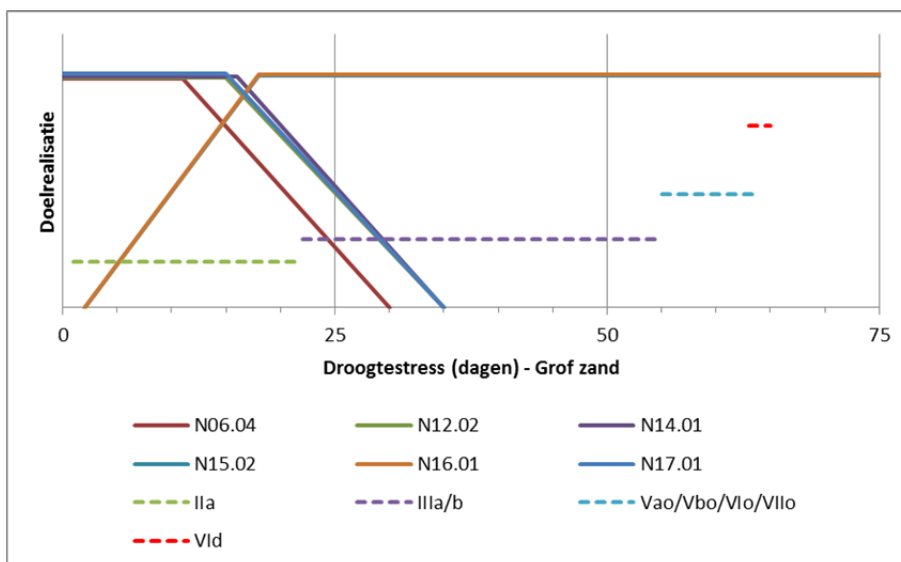
Figuur 6.8 Vergelijking van het bereik van de GLG in de meest voorkomende grondwatertrappen in het gekarteerde gebied, met de abiotische randvoorwaarden van de voorkomende beheertypen.

De vergelijking van het bereik van de GLG binnen de meest voorkomende grondwatertrappen met de randvoorwaarden voor GLG in de beheertypen is gegeven in figuur 6.8. Slechts voor drie van de zeven beheertypen zijn randvoorwaarden voor GLG geformuleerd, voor de overige beheertypen zijn wel randvoorwaarden voor droogtestress gegeven (§ 6.5.3). Afgezien van grondwatertrap wIa vallen alle grondwatertrappen geheel in het optimale bereik voor N12.02 'Kruiden- en faunarijk grasland', wIa valt gedeeltelijk in het suboptimale bereik aan de natte kant. Deze grondwatertrap is ongeschikt voor N17.01 'Vochtig hakhout en middenbos', IIa is suboptimaal aan de natte kant en de overige grondwatertrappen vallen allemaal in het optimale bereik.

6.5.3 Droogtestress



Figuur 6.9 Vergelijking van het bereik van de droogtestress in bodems met zwak lemig zand in de meest voorkomende grondwatertrappen in het gekarteerde gebied, met de abiotische randvoorwaarden van de voorkomende beheertypen.

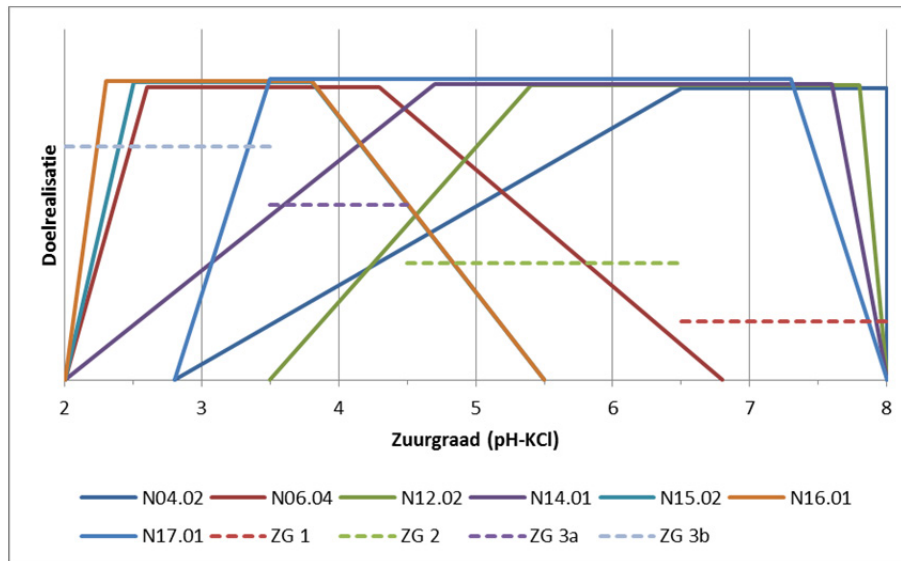


Figuur 6.10 Vergelijking van het bereik van de droogtestress in bodems met grof zand in de meest voorkomende grondwatertrappen in het gekarteerde gebied, met de abiotische randvoorwaarden van de voorkomende beheertypen.

Voor de beheertypen waarvoor randvoorwaarden voor droogtestress zijn aangegeven, is in figuur 6.9 en figuur 6.10 een vergelijking gemaakt met het aantal dagen droogtestress bij veel voorkomende grondwatertrappen in bodems met zwak lemig zand en met grof zand. Hiervoor is het aantal dagen droogtestress berekend met een model op basis van GLG en bodemtype (Jansen & Runhaar 2001) waarbij het bereik voor GLG per grondwatertrap is ingevoerd. In de figuren zijn alleen de grondwatertrappen aangegeven waarvoor het model minimaal 1 dag droogtestress berekent. Bij de zwak lemige bodems (textuurcode 53 op de bodemkaart, zie § 3.2 en kaart 2) komt droogtestress alleen voor bij V, VI en VII, bij Gt V, VIo en VIIo valt het drogere deel in het suboptimale bereik aan de droge kant voor de meeste beheertypen, met uitzondering van de droge bossen N15.02 en N16.01, het nattere deel van deze grondwatertrappen komt overeen met het optimale bereik. Grondwatertrap VId is te droog, of hooguit suboptimaal voor N06.04, N12.02, N14.01 en N17.01, terwijl het aantal dagen droogtestress bij deze grondwatertrap juist optimaal is voor de droge bossen N15.02 en N16.01.

Voor de bodems met grof zand (textuurcode 72) treedt ook bij nattere grondwatertrappen (IIa, IIa/b) droogtestress op (Figuur 6.10). In deze bodems is grondwatertrap IIa optimaal voor de vochtminnende beheertypen en suboptimaal aan de natte kant voor de droge bossen, het natte deel van IIIa/b is hier nog suboptimaal aan de droge kant voor de vochtige typen. Voor de droge bossen zijn alle grondwatertrappen behalve IIa (en wIa) optimaal.

6.5.4 Zuurgraad



Figuur 6.11 Vergelijking van het bereik van de zuurgraad in het gekarteerde gebied, met de abiotische randvoorwaarden van de voorkomende beheertypen.

Verreweg het grootste deel van het gekarteerde gebied heeft gradatie 3 voor de zuurgraad (zie § 5.3.4 en kaart 14) en valt daarmee grotendeels in het optimale bereik voor N06.04 'Vochtige heide' en (gedeeltelijk) de droge bossen N15.02 en N16.01. De kleine oppervlakte met gradatie 1 in het zuiden van Strampenveld komt overeen met het optimale bereik voor o.a. N12.02 'Kruiden- en faunarijk grasland' en N14.01 'Rivier- en beekbegeleidend bos'. De pH is hier te hoog voor het hier geldende beheertype N16.01.

6.5.5 Conclusies bij affiniteitrealisatiekansen en knelpunten

Door combinatie van de vergelijking van de affiniteit van de beheertypen met de Fysisch-Geografische typen met actuele situatie met de abiotische randvoorwaarden voor de beheertypen in de voorgaande paragrafen, kunnen in grote lijnen conclusies getrokken worden voor enkele van de meest relevante beheertypen.

N06.04 Vochtige heide

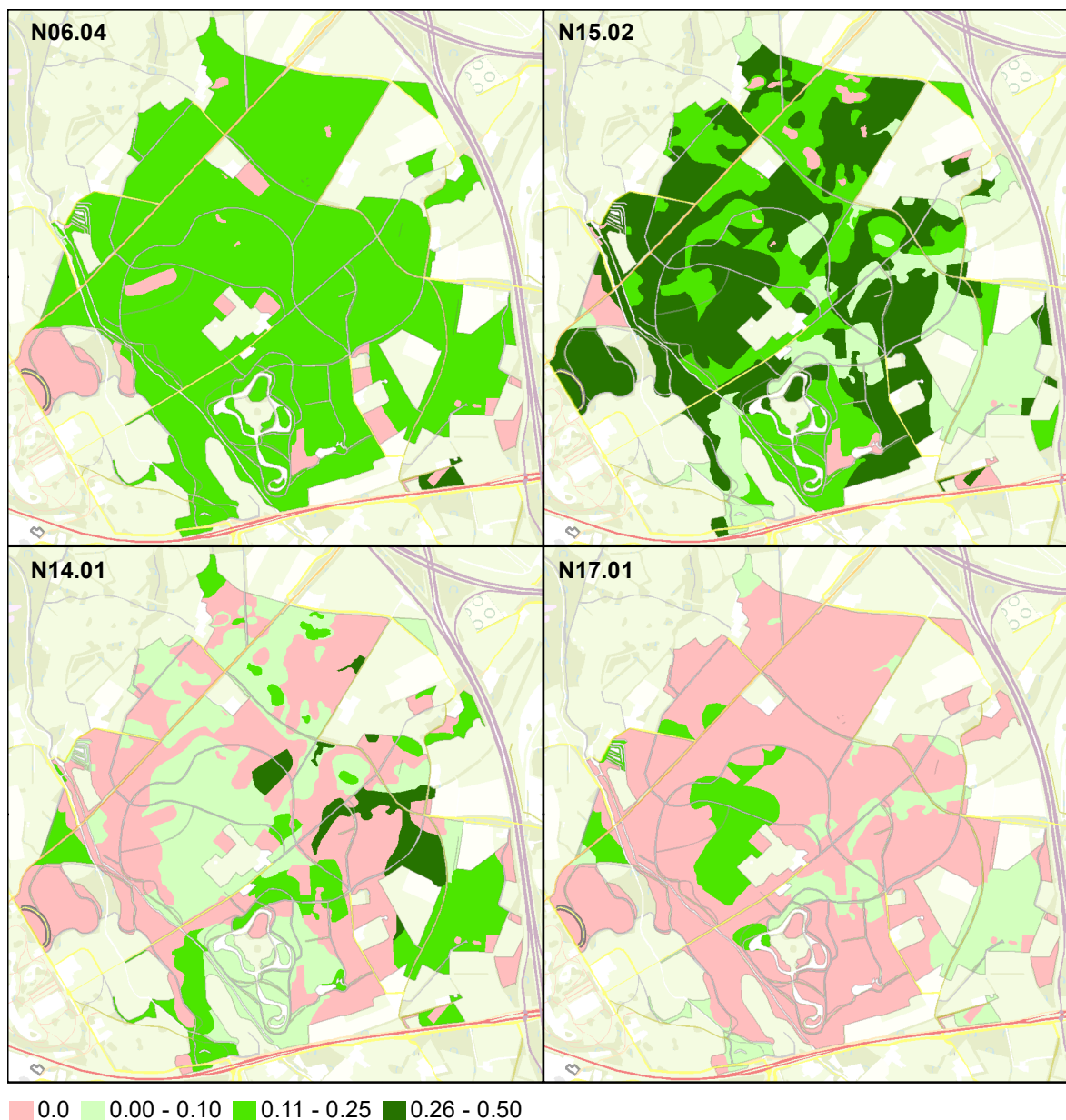
De affiniteit van dit beheertype met de FG-typen is vrij groot in de percelen waar dit type is vastgesteld (zie kaart 17). Dat geldt vooral voor PS012 'Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater' en in mindere mate in PS011 'Atmotrofe vochtige zandgronden' en PS016 'Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel' waar de affiniteit voor N06.04 geringer is (zie tabel 6.2). De hydrologische situatie lijkt over het algemeen goed aan te sluiten bij het optimale bereik voor de randvoorwaarden (GVG en droogtestress), hoewel bij GVG delen van de grondwatertrappen IIIa, IIIb en Vao in het suboptimale bereik vallen, daar komen dan ook de drogere varianten voor die de gradiënt binnen het beheertype vertegenwoordigen. De zuurgraad past goed bij het bereik voor dit beheertype.

N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos

Ook voor dit beheertype lijkt de affiniteit met de Fysisch-Geografische typen in het Bornse Veld waarbinnen het voorkomt goed overeen te komen. De affiniteit van dit beheertype voor PS011 is

hoger dan voor PS012, hetgeen illustratief is voor de hydrologische gradiënt binnen het beheertype. Wat de GVG betreft, is dit gebied wel vaak te nat voor dit beheertype. De grondwatertrappen die hier voorkomen, wIa t/m Vao, hebben alle een GVG die buiten het optimale bereik en voor een deel ook buiten het suboptimale bereik liggen. Hier komt dan ook vrijwel alleen de variant met Pijpenstrootje voor (zie figuur 6.3), overeenkomend met plantengemeenschap 42AA01D 'Berken-Eikenbos; subass. met Pijpenstrootje'. Het optimale bereik voor GVG van deze gemeenschap is 32-58 cm – mv., wat al beter aansluit bij het bereik voor grondwatertrap IIIb en Vao. Hoewel het grootste deel van het Bornse Veld eigenlijk te nat is voor dit beheertype, is er geen bostype dat beter aansluit bij de abiotische omstandigheden in dit deelgebied. Beheertypen voor bossen op natte groeiplaatsen zijn N14.01 'Rivier- en beekbegeleidend bos' gebonden aan periodiek overstroomde gronden of uittredend gebufferd grondwater en N14.02 'Hoog- en laagveenbos', horend bij veengebieden (Schipper & Siebel, 2017). Beide situaties zijn niet van toepassing op het Bornse Veld.

6.6 Andere mogelijkheden



Figuur 6.12 Affiniteitsindex voor vier beheertypen, gebaseerd op de potentiële vegetaties bij de Fysisch-Geografische eenheden in het gekarteerde gebied (zie § 6.3).

In § 6.3 is berekend wat de affiniteitsindex is voor de beheertypen binnen de Fysisch-Geografische eenheden, waarbij de verhouding is berekend tussen het aantal overeenkomstige plantengemeenschappen en het aantal plantengemeenschappen dat als potentiële vegetatie geldt binnen de FG-eenheden en de verhouding tussen de overeenkomstige gemeenschappen en het aantal kenmerkende gemeenschappen in het beheertype (zie tabel 6.2 en kaart 17). In § 6.5.5 zijn deze indexen in combinatie met de abiotische kenmerken beoordeeld binnen de percelen waarvoor de beheertypen zijn aangewezen. Door onevenwichtigheid in de aantallen plantengemeenschappen binnen verschillende eenheden kan de maximale waarde van de indexen soms sterk verschillen tussen beheertypen, waardoor deze vooral als indicatief beoordeeld moeten worden. In figuur 6.12 is voor een viertal beheertypen de affiniteitsindex weergegeven voor het hele gekarteerde gebied om aan te geven waar deze typen eventueel nog meer tot ontwikkeling zouden kunnen komen, eventueel na wijziging van inrichting (ontwatering) en het beheer. Hierbij is geen toetsing van de abiotische randvoorwaarden uitgevoerd zoals in § 6.5. Voor de beheertypen die passen bij natte bodems, zoals N06.04 'Vochtige heide' en N14.01 'Rivier- en beekbegeleidend bos', geldt dat grote delen van de potentieel geschikte percelen door ontwatering veel te droog zijn.

De oude boskernen in Twickel behoren tot het Wintereiken-Beukenbos met Hulst (Provincie Overijssel 2017) en passen daarmee bij beheertype N15.02 'Dennen-, eiken- en beukenbos'. Het verschil met N16.01 'Droog bos met productie' betreft vooral het beheer van het bos, waarbij in het eerste geval meer nadruk ligt op natuur en in het tweede geval meer op productie. Gezien de functie (Figuur 2.2) van deze bossen, 'Houtteelt nevens geschikt natuur' en 'Park', zou het beheertype N15.02 hier wellicht meer voor de hand liggen dan N16.01. Dat zou overigens voor meer bostypen binnen deze functiecategorie kunnen gelden. Zo lijken de keileemgronden in Ruwe Braak en in mindere mate de gronden in beekdalen in Strampenveld, Kleigaten en Breeriet goed te passen bij N17.01 'Vochtig hakhout en middenbos'. In delen van Buren, Kleigaten, Strampenveld en Breeriet lijken er ook goede mogelijkheden te zijn voor N14.01 'Rivier- en beekbegeleidend bos', maar de realisatiekansen zullen in veel gevallen beperkt zijn, omdat deze bodems vaak door het aanleggen van rabatten sterk ontwaterd zijn.



Figuur 6.13 Elzenhakhout in afdeling 24010 (boring 6023) op kalkrijke natte leemgrond. In de kruidlaag komen onder andere Kamperfoelie, Gele lis, Melkeppe, Kale jonker, Koninginnekruid, Wolfspoot en Ruwe smele voor.

In Strampenveld en de omgeving van de Petzoldweg komen kalkrijke lemen voor in de ondergrond (kaart 3), in afdeling 24010 komt deze leem zelfs aan maaiveld voor (Bodemeenheid Ln5A, Fysisch-Geografisch type PS022). In dit laaggelegen perceel zijn goede mogelijkheden om het bestaande elzenhakhout om te vormen naar beheertype N10.01 'Nat schraalland' (Figuur 6.13). In het

6.7 Sturen met boomsoortkeuze

De bovengronden in het gekarteerde gebied zijn over het algemeen sterk zuur (zie kaart 14). Voor een deel is dat een gevolg van de strooiselkwaliteit van boomsoorten als Eik, Beuk en naaldbomen waardoor de bodem verder uitgeloozd is, omdat basische kationen (vooral calcium) zijn uitgespoeld en de zuurbuffer is uitgeput. Dit proces wordt nog versterkt door de stikstofdepositie en het wegvallen van kwel in de sterk ontwaterde beekdalen en andere voormalige kwelgebieden. Op bodems waar in de ondergrond nog voldoende zuurbuffer aanwezig is, kan door gerichte boomsoortkeuze de zuurbuffer in de bovengrond verbeterd worden en de verzuring tegengegaan (Hommel et al. 2007). Met name Linde, maar ook andere boomsoorten als Es, Iep, Hazelaar en Esdoorn hebben goed afbreekbaar strooisel en zijn in staat om basen (met name calcium) uit de ondergrond op te nemen en terug in de bovengrond te brengen. Hierdoor kan de zuurbuffer weer aangevuld worden en de verzuring deels hersteld worden. Dat heeft een gunstig effect op het bodemleven en de organischestofkringloop en op de vitaliteit van het bos. Daarnaast kan de biodiversiteit van het bos herstellen met voorjaarsbloeiërs en andere karakteristieke bosplanten. Hommel et al. noemen o.a. de volgende typische bosplanten die deels ook in het gekarteerde gebied voorkomen (zie ook figuur 6.14 en figuur 6.15):

- In oude arme bossen: Blauwe bosbes, Dalkruid, Adelaarsvaren;
- Op de overgang van arm naar rijk: Gewone salomonszegel;
- In rijkere bossen: Witte klaverzuring, Bosanemoon, Lelietje-van-dalen, Grote muur, Gele dovenetel, Groot heksenkruid;
- In kalkrijke bossen: Wilde hyacinth; hier wel aangetroffen maar niet op kalkrijke bodem.

In het boek *Terug naar het Lindenwoud; strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer* (Hommel et al. 2007) wordt beschreven hoe het aandeel van deze boomsoorten vergroot kan worden en waar dat het kansrijkst is:

- Per Fysisch-Geografische serie is aangegeven wat de geschiktheid is van standplaatsen voor Winterlinde en Zomerlinde (zie tabel 6.6).
- Voor grondwaterstanden geven zij aan dat standplaatsen droger moeten zijn dan grondwatertrap III. Linde verdraagt wel periodieke stagnatie (bijvoorbeeld op keileem).
- Daarnaast zijn standplaatsen met een kalkrijke ondergrond gunstig, of een ondergrond die in elk geval niet sterk is uitgeloozd, om de 'calciumpomp' te laten functioneren.
- Vegetatietypen die kunnen wijzen op een kansrijke situatie zijn o.a. de rijkere vormen van het Wintereiken-beukenbos met Adelaarsvaren of Lelietje-vandalen. Daarnaast worden de volgende indicatorsoorten genoemd: Adelaarsvaren, diverse oud-bossoorten (zie boven), Hulst, Taxus, Hazelaar en spontane verjonging van Gewone esdoorn.



Figuur 6.14 In het gekarteerde gebied komen diverse 'Oud bossoorten' voor die bevoordeeld kunnen worden door een aangepaste boomsoortkeuze. Van linksboven naar rechtsonder: Dalkruid, Adelaarsvaren, Gewone salomonszegel, Witte klaverzuring, Gewoon heksenkruid en Wilde hyacinth met Gele dovenetel. De waarnemingen van deze soorten staan in figuur 6.15.

Op kaart 15 is aangegeven waar kansen liggen om de zuurgraad van de bodem te verbeteren door aanplant van Linde of andere boomsoorten met goed verteerbaar strooisel. Als basis is de geschiktheid van de standplaats voor Winterlinde genomen (zie tabel 6.6). Daaroverheen zijn afwijkende ondergronden weergegeven (zie § 3.3) omdat standplaatsen met leemarm of grof zand minder geschikt zijn vanwege een beperkt vochtleverend vermogen en standplaatsen met een kalkrijke ondergrond juist wel gunstig zijn, omdat hier veel calcium uit de ondergrond naar boven verplaatst kan worden. Met een blauw golfpatroon zijn de natte gronden met grondwatertrap III en natter aangegeven, omdat deze te nat zijn voor Linde. Voor andere boomsoorten zijn deze gronden eventueel wel geschikt (Els, Es).

Tabel 6.6 Geschiktheid van Fysisch-Geografische series voor Winterlinde en Zomerlinde (bron: Hommel et al. 2007). 0: Ongeschikt; 1: Weinig geschikt; 2: Matig geschikt; 3: Zeer geschikt.

Fysisch-Geografische serie		Winterlinde	Zomerlinde	Opp. (ha)
HzBB	Brongebieden	1	1	5.98
HzBN	Natte en verdroogde beekdalen, inclusief droogdalen	2	1	85.61
HzBV	Benedenlopen en lemige beekvlakten	3	1	2.95
HzDG	Grondwater gevoede vennen	0	0	1.58
HzDL	Lemige dekzandgebieden en dekzand op leem	3	1	15.24
HzDV	Vochtige dekzandlaagten	2	0	112.62
HzGK	(Kei)leemopduikingen	3	2	18.47
HzGL	Leemhoudende stuwwallen	2	1	15.68
HzGP	Puinwaaiers en leemarme stuwwallen	1	0	52.22
HzOB	Bruine eerdgronden	3	1	3.20
HzOL	Lage eerdgronden	3	1	0.14
HzOZ	Zwarte eerdgronden	3	1	18.41
HzSF	Forten en Overstoven laagten	0	0	4.27
NB	Niet beoordeeld	NB	NB	1.53
W	Water	NB	NB	0.85

Voor de boringen waar het pH-profiel is opgenomen (zie § 3.6), is op kaart 15 ook het pH-profieltype aangegeven. De boringen met een infiltratieprofiel zijn waarschijnlijk te ver uitgelooft om nog veel basen naar de bovengrond te verplaatsen. Bij zowel de ondiepe als de diepe neerslagprofielen is dat wel goed mogelijk. Hierbij moet worden opgemerkt dat in een groot deel van de potentieel geschikte locaties geen pH-profiel is opgenomen, omdat pH-profielen in eerste instantie zijn opgenomen binnen bodems waar mogelijk sprake zou kunnen zijn van kwel. Dat is voor deze vraag niet relevant.

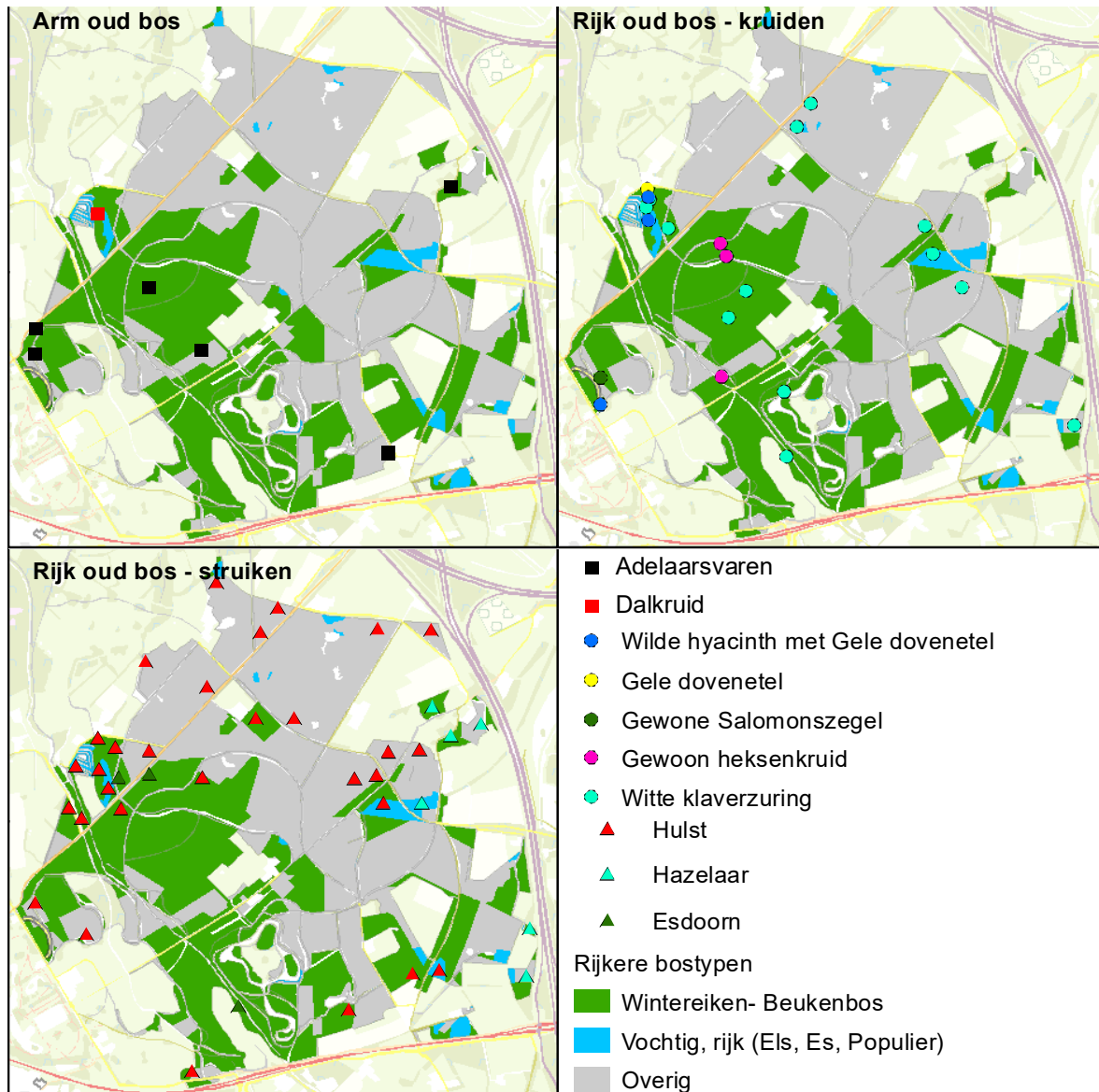
De indicatie die de huidige vegetatie geeft, is weergegeven in figuur 6.15 en met stersymbolen op kaart 15. De rijkere bostypen uit de vegetatiekartering van Van der Veen & Hazelhorst (1997) komen overeen met de door Hommel et al. genoemde vegetatietypen. Deze kaart is twintig jaar oud, maar op hoofdlijnen zal hier niet veel aan veranderd zijn. Daarnaast zijn de hierboven genoemde soorten van oude bossen aangegeven voor zover deze zijn waargenomen tijdens het bodemkundig veldwerk (zie § 2.6). Omdat de vegetatie niet is gekarteerd, is het beeld zeker niet volledig. In grote lijnen komt het overeen met de kansrijke situaties op kaart 15. Opvallend is het voorkomen van Witte klaverzuring op een paar plekken in Bornse Veld. In de omgeving van de Noordmolen komen vrij veel soorten van rijke bossen voor (o.a. Witte klaverzuring, Gele dovenetel en Wilde hyacinth) op bodems die volgens de Fysisch-Geografische serie (Forten en overstoven laagten) niet geschikt zouden zijn (zie tabel 6.6). Dit betreft echter vrij rijk stuifzand aan de rand van het beekdal. Deze zijn deels wel geschikt voor Els en Es (zie kaart 13.1 en 13.2).

Ook andere boomsoorten dan Linde komen in aanmerking om de bodemkwaliteit te verbeteren. Door Hommel et al. (2007) worden de volgende groepen van boomsoorten genoemd:

- **Berk** – alleen op de meest voedselarme en zure gronden, **Haagbeuk** – toepasbaar op lemiger gronden, strooiselkwaliteit beter dan van eik en Beuk, onvoldoende om verschuivingen in de ondergroei te krijgen en **Zoete kers** – Sterk afhankelijk van de bodem;
- **Iep** – Uitstekende bodemverbeteraar alleen voor iepziekte resistente klonen, **Es** – idem, maar problematisch vanwege essentaksterfte, **Hazelaar** – Uitstekende bodemverbeteraar en **Zwarte els** – Waarschijnlijk geschikt, maar weinig bekend over strooiselkwaliteit;
- **Populieren** – Strooiselkwaliteit Ratelpopulier onbekend, uitheemse soorten en cultivars minder gewenst, **Abeel** – goed afbreekbaar strooisel, bij voorkeur op kalkhoudende bodems maar ook op verzuurde lössleem. In beide gevallen combineren met donkere struiklaag (Hazelaar) om verruiging tegen te gaan;
- **Esdoorn** – In principe prima strooisel, maar neiging tot dominantie en stapeling blad waardoor afbraak door bodemdieren belemmerd wordt. In moeilijk doorwortelbare bodem te ondiep wortelend. Daarom alleen in menging gebruiken op goed doorwortelbare bodems.

Dit is een algemene, landelijke opsomming, niet al deze soorten passen ook binnen het landschap van Twickel en ook daarbinnen zijn er verschillen tussen de deelgebieden. De kaarten met

groeiverwachtingen per boomsoort geven voor Populier, Es, Els en Esdoorn (kaart 13.1 t/m 13.3) aan waar geschikte groeiplaatsen voor deze boomsoorten te vinden zijn.



Figuur 6.15 Tijdens het bodemkundig veldwerk waargenomen (oude) bosplanten en de rijkere bostypen volgens de vegetatiekartering van Van der Veen & Hazelhorst (1997). NB De plantensoorten zijn niet systematisch gekarteerd, het betreft waarnemingen bij boorpunten en een aantal aanvullende waarnemingen. Blauwe bosbes wordt ook tot de oude bossoorten gerekend en komt zeer veel voor in het gekarteerde gebied maar is hier niet aangegeven, omdat deze soort bij de arme oude bossen hoort op een zure bodem.

Literatuur

- Bakker, H. d. & J. Schelling, 1989. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Wageningen, Pudoc.
- Bannink, J. F., H. N. Leijs & I. S. Zonneveld, 1973. Vegetatie, groeiplaats en boniteit van Nederlandse naaldhoutbossen. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Bodemkundige Studies 9.
- Beek, J. G. v., R. F. v. Rosmalen, B. F. v. Tooren & P. C. v. d. Molen, 2014. Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS. Utrecht, BIJ12.
- Berg, M.W. van den en C. den Otter, 1993. Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland, 1:50000, blad Almelo Oost/Denekamp (280/29). Haarlem, Rijks Geologische Dienst.
- Bonten, L. T. C., R. J. Bijlsma, S. P. J. v. Delft, J. J. d. Jong, J. H. Spijker & W. d. Vries, 2015. Houtoogst en bodemvruchtbaarheid; Een modelstudie naar duurzaamheid van houtoogst op Nederlandse bosgroeiplaatsen. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2618.
- Bosch, M. van den, 1984. Lithostratigraphy of the Brinkheurne Formation (Oligocene, Rupelian) in the eastern part of The Netherlands. Meded. Werkgroep Kwartair geologie, Vol. 21(2), 93-113.
- Bruijn, O. d. & G.-J. Roelofs (2003). "Het Vörgersveld op het landgoed Twickel, een bijzonder stukje EHS." *De Levende Natuur* 104(6): 280-285.
- Buishand, T. A. (1982). "Het verloop van het potentiële neerslagoverschot in een zomerhalfjaar van een bepaalde droogtegraad." *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 22: 11-19.
- Cate, J. A. M. t., A. F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995A. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel A: Bodem. Wageningen, SC-DLO. Technisch document 19A.
- Cate, J. A. M. t., A. F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995D. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Wageningen, SC-DLO. Technisch document 19D.
- CDG, 2002. Rapport bosschade De Belten & Pinetum. Utrecht, Commissie van Deskundige Grondwaterwet. CDG 02.2000/3.
- Delft, S. P. J. v. & G. J. Maas, 1988. De bodemgeschiktheid voor bosbouw van de boswachterij "Leersum": een bodemgeografisch en vegetatiekundig onderzoek naar de invloed van de bodemgesteldheid en bodemvruchtbaarheid op de groeiverwachting voor 14 boomsoorten. Wageningen, Stiboka Stiboka rapport 1973.
- Delft, S. P. J. v., 1991. Invloed van grondwaterstandsval op de houtbijgroei van bos rond het pompstation Vessem. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport DLO-Staring Centrum 87
- Delft, B. v., R. d. Waal, R. Kemmers, P. Mekking & J. Sevink, 2006. Field guide Humus Forms; Description and classification of humus forms for ecological applications. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v., G. J. Maas & R. W. d. Waal. (2015). "De Landschapsleutel OnLine." 2015, <http://landschapsleutel.wur.nl/>. Wageningen, Alterra - WageningenUR.
- Delft, S. P. J. v., R. W. d. Waal, P. C. Jansen, R. J. Bijlsma & R. Wegman, 2017a. Ecohydrologische systeemanalyse Liefstinghsbroek. Wageningen, Wageningen Environmental Research. WENR-rapport 2790.
- Delft, S. P. J. v., T. Hoogland, W. M. L. Meijninger & G. J. Roerink, 2017b. Verdrogingsinformatie voor de Nederlandse natuur; Een vergelijking tussen de actuele en gewenste grondwatersituatie. Wageningen, Wageningen Environmental Research. WEnR-rapport 2792.
- Hommel, P., R. Waal, B. Muys, J. d. Ouden & T. Spek, 2007. Terug naar het Lindewoud; Strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. Zeist, KNNV.
- Jansen, A. J. M. & J. H. Hoogendoorn, 1993. Hydro-ecologie van vijf NB-wet-terreinen op het landgoed Twickel (Overijssel). Nieuwegein, KIWA N.V. Afdeling Onderzoek en Advies. SWO 93.214.
- Jansen, P. C. & J. R. Runhaar, 2001. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 367.
- Jenny, H., 1980. *The Soil Resource. Origin and Behavior*. New-York, Springer-Verlag. Ecological Studies 37.

- Kemmers, R.H., P. Mekking & A. Smit (1996) Effecten van bosbegrazing op het humusprofiel van arme zandgronden onder naaldbos. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport / DLO - Staring Centrum 294.
- Kemmers, R. H., S. P. J. v. Delft, M. C. v. Riel, P. W. F. M. Hommel, A. J. M. Jansen, B. Klaver, R. Loeb, J. Runhaar & H. Smeenge, 2011. Landschapsleutel; Leidraad voor natuurontwikkeling. Wageningen, Alterra, onderdeel van Wageningen UR. Alterra-rapport 2140.
- Koop, H. & S. van Werf, 1995. Natuurlijke bosgemeenschappen A-locaties en boscomplexen. Achtergronddocument bij de Ecosysteemvisie Bos. IBN-rapport 162. IBN-DLO. Wageningen.
- Lang, F. D. d. & J. H. J. Ebbing. (2003). "Lithostratigrafische Nomenclator Ondiepe Ondergrond; Rupel Formatie." 2003, www.nitg.tno.nl. Utrecht, NITG-TNO.
- Leeters, E. E. J. M., W. d. Vries, T. Hoogland, B. v. Delft, R. Wieggers, D. J. Brus, A. F. M. Olsthoorn, H. F. v. Dobben & A. Bleeker, 2007. What happened to our forests in the last decades? Results of more than ten years of forest ecosystem monitoring in the Netherlands. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1528.
- Molen, P. C. v. d., G. J. Baaijens, A. Grootjans & A. Jansen, 2010. LESA, Landschapsecologische Systeemanalyse. Utrecht, Dienst Landelijk Gebied-SOI.
- Mulder, E. F. J. d., M. C. Geluk, I. Ritsema, W. E. Westerhoff & T. E. Wong, 2003. De Ondergrond van Nederland. Geologie van Nederland. Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.
- Nabuurs, G. J., M. J. Schelhaas, J. Oldenburger, A. d. Jong, R. Schrijver, W. G. & S. H., 2016. Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie; Scenario's tot 2030 in een internationaal bio-economie perspectief. Wageningen, Wageningen Environmental Research / Probos. WEnR-rapport 2747.
- Nierop, L., 2010. Schadebepaling voor particulier bosbezit bij vernatting van Natte Natuurparels in Brabant. Riethoven, Bureau van Nierop. Rapport Concept 2.
- Ouden, J.B. den, M.E.A. Broekmeijer & H.G.J.M. Koop, 1997. A-locatie bossen in Overijssel. Kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relictten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Overijssel. IBN-rapport 272. IBN-DLO. Wageningen.
- Overijssel, P., 2017. Natuurbeheerplan provincie Overijssel; Plantekst behorende bij GS-besluit 04 april 2017. Zwolle, Provincie Overijssel.
- Reimink, E. R., G.-J. Roelofs & K. Hanhart, 2016. Excel bestand Peilbuizen Landgoed Twickel. Delden, Twickel/Eelerwoude.
- Rijksmonumenten. (2014). "Twickel: historische park- en tuinaanleg in Ambt Delden." 2017, <http://rijksmonumenten.nl/monument/507546/twickel:-historische-park--en-tuinanleg/ambt-delden/>.
- Runhaar, J., M. H. Jalink, H. Hunneman, J. P. M. Witte & S. M. Hennekens, 2009. Ecologische vereisten habitattypen. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute. KWR 09.018.
- Runhaar, H. & S. Hennekens, 2014. 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' Versie 3; Gebruikershandleiding. Wageningen, Nieuwegein, Utrecht, Alterra Wageningen UR, KWR Watercycle Research Institute, STOWA.
- Schaminée, J. H. J., A. H. F. Stortelder & E. J. Weeda, 1996. De Vegetatie van Nederland; Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Schaminée, J. H. J., E. J. Weeda & V. Westhof, 1998. De Vegetatie van Nederland; Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Schipper, P. & H. Siebel, 2017. Index Natuur en Landschap Onderdeel natuurbeheertypen; Versie 0.5. Driebergen, Terreinbeheerders, IPO en LNV.
- Schokker, J., F. D. d. Lang, H. J. T. Weerts & C. d. Otter. (2003). "Lithostratigrafische Nomenclator Ondiepe Ondergrond; Formatie van Bortel." 2003, www.nitg.tno.nl. Utrecht, NITG-TNO.
- Soesbergen, G. A. v., C. v. Wallenburg, K. R. v. Lynden & H. A. J. v. Lanen, 1986. De interpretatie van bodemkundige gegevens; systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Stiboka-rapport 1967.
- Staring, W. C. H. (1845). "De Aardkunde van Twente; eene voorlezing door Dr. W.C.H. Staring. Uitgegeven door de Overijsselsche Vereeniging tot ontwikkeling van de Provinciale Welvaart." Grondboor en Hamer 1(2001).

-
- Twickel, 2014. Bosbeheervisie Twickel 2014. Delden, Stichting Twickel.
- Veen, K. van der & H. Hazelhorst, 1997. Het ecologisch onderzoek op het landgoed Twickel; een onderzoek aan flora, vegetatie, dagvlinders en amfibieën.
- Vis, T. (1974). "Veldbodemkundig onderzoek naar het verband tussen bos en bodem op humuspodzolgronden." *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 46(5): 94-111.
- Vroon, H. R. J., 2001. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek op het bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel. Wageningen, ALTERRA - Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 270.
- Waal, R.W. de, R.J. Bijlsma, E.M. Dijkman & M.M. van der Werff (2001) Stekelvarendominantie in bossen op arme bodems. *De Levende Natuur* 102(3): 118-122.
- Waal, R.W. de, F. Brouwer, S. P. J. v. Delft, P. W. F. M. Hommel & P. C. Jansen, 2011. Bodemkundig vooronderzoek Mantingerbos en -weide. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 2265.
- Waenink, A. W. (1974). "Bodemvegetatie als hulpmiddel bij de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor de Japanse lariks." *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 46(4): 63-78.
- Waenink, A. W. & K. R. v. Lynden (1988). "Een systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor bos; deel 1: Opbouw en uitgangspunten." *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 60(1): 12-22.
- Waenink, A. W. & K. R. v. Lynden (1989). "Een systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor bos; deel 2: Verificatie en toepassing." *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 61(3): 81-87.
- Wesseling, J. G., H. R. J. Vroon & F. Brouwer, in voorbereiding. Het Titanen project; Een set software-tools voor het verwerken van veld- en labgegevens. Wageningen, Wageningen Environmental Research. WEnR-rapport
- Weerts, H. J. T., P. Cleveringa, J. H. J. Ebbing, F. D. De Lang & W. E. Westerhoff, 2000. De lithostratigrafische indeling van Nederland – Formaties uit het Tertiair en Kwartair. Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. TNO-Rapport NITG 2000-95-A.

Bijlage 1 Humusprofielen

In onderstaande tabel zijn per boorpunt de diktes opgenomen van de ectorganische horizonten (strooisel) en de endorganische horizonten tot 40 cm – mv. Op basis hiervan is de humusvorm vastgesteld (§ 3.5).

Boorpunt	Ectorganisch									Endorganisch < 40 cm					Humusvorm
	L	Fa1	Fa2	Fm	Fz	Hr	Hh	H _z	Totaal	Ah	Aa	E	B	C	
1001	5	5					5		15	10	30				LDXa Akkerxeromullmoder
1002	3	3					4		10		40				LDXa Akkerxeromullmoder
1003	2	3					5		10		25		15		LDXz Zandxeromullmoder
1004	2	4					4		10		40				LDXa Akkerxeromullmoder
1005	2	1					1		4	5				35	LDHb Boshydromullmoder
1006	4	4					4		12	3			12	25	RDXu Humusxeromormoder
1007	2	2					2		6	8			12	20	LDXz Zandxeromullmoder
1008	9	2					4		15	15	25				LDXz Zandxeromullmoder
1009	6	2					2		10	32.5				7.5	LDXz Zandxeromullmoder
1010	1			1			1		3	15				25	LDHb Boshydromullmoder
1011	4	3					3		10	20	12			8	LDXz Zandxeromullmoder
1012	4	2					2		8		40				LDXa Akkerxeromullmoder
1013	2	2					2		6	20.8			9.6	9.6	LDXz Zandxeromullmoder
1014	1				2		1		4	28			9	3	LDXz Zandxeromullmoder
1015	4	3					3		10		40				LDXa Akkerxeromullmoder
1016	2	2					1		5	5				35	LDXz Zandxeromullmoder
1017	3	1					1		5	33				7	LDXz Zandxeromullmoder
1018	3	2					3		8	3				37	RDXu Humusxeromormoder
1019	1	1					1		3	16				24	LDXz Zandxeromullmoder
1020	2						1		3		40				LAr Radeakkermull
1021	2	2					1		5	24				16	LDXz Zandxeromullmoder
1022	4	3					3		10	10			10	20	LDXI Leemxeromullmoder
1023	2	1					1		4	10			25	5	LDHb Boshydromullmoder
1024	5	3						2	10	10			20	10	LDXI Leemxeromullmoder
2001	2	2					1		5	40					LDHb Boshydromullmoder
2002	1	2					3	1	7			20	20		RDXv Vaagxeromormoder
2003	3	2	4				3	3	15	10				30	RDXt Holtxeromormoder
2004	1	1					4	1	7	20				20	RDXv Vaagxeromormoder
2005	1	2					3	2	8	5			10	25	RDXu Humusxeromormoder
2006	3	4					3		10	20			20		LDXI Leemxeromullmoder
2007	1				1				2	15		5	5	15	LZh Heidezandmull
2008	1	2					6	4	13	15		10	15		LDXz Zandxeromullmoder
2009	1	2					9	2	14	10		10	20		RDXu Humusxeromormoder
2010		5					4		9	20				20	LDHb Boshydromullmoder
2011	2	3					3		8	10			30		RDXu Humusxeromormoder
2012	3	3	2				2	3	13	5		10	25		DHb Boshydromoder
2013									0	5				35	DHs Schraalhydromoder
2014	2	2					4	4	12				10	30	DHb Boshydromoder
2015	2	2					3	2	9	25			15		RDXu Humusxeromormoder
2016									0	8			32		DHs Schraalhydromoder
2017	1	1					3	1	6	10			30		DHb Boshydromoder
2018	1	1					3	4	9	10				30	RDXu Humusxeromormoder
2019									0				10	30	LHz Zandhydromull
2020	2	10					1		13	10			30		RDXr Ruwxeromormoder
2021	2	2					7	4	15	25				15	DHb Boshydromoder
2022	1	2					7	3	13	3		10		27	RDXu Humusxeromormoder
2023	1	2					8	2	13	10			30		RDXu Humusxeromormoder
2024									0	5		10	25		LZh Heidezandmull

Boorpunt	Ectorganisch									Endorganisch < 40 cm					Humusvorm
	L	Fa1	Fa2	Fm	Fz	Hr	Hh	H _z	Totaal	Ah	Aa	E	B	C	
2025		2				4	1		7	5			20	15	RDXv Vaagxeromormoder
2026									0	20				20	LHz Zandhydromull
2027	1	1				5	1		8	5				35	DHb Boshydromoder
2028									0	15				25	DHs Schraalhydromoder
2029	1	2				7	1		11	10			30		RDXv Vaagxeromormoder
2030		4	4			3	1		12	10			30		RDXb Bosxeromormoder
2031				4					4	7			13	20	DEb Boseerdmoder
2032	2	2	4			6			14	10			30		RDXb Bosxeromormoder
2033	3	8	2						13	10			30		RDXb Bosxeromormoder
2034									0	10				30	LHz Zandhydromull
2035	5								5	7				33	RMn Veenmesimor
2036	2	9	2				5		18	30				10	DHb Boshydromoder
2037		5				5	1		11			5	25	10	RDXr Ruwxeromormoder
2038		10					3		13	10			30		RDXr Ruwxeromormoder
2039	2	7	3			2	6		20	10			30		RDXt Holtxeromormoder
3001	2	2	2			2	4		12	5			35		RDXt Holtxeromormoder
3002	2	2				4			8		30		10		LDXa Akkerxeromullmoder
3003		3							3	30				10	DEb Boseerdmoder
3004	2	4				4	1		11	10			30		RDXv Vaagxeromormoder
3005						4	2		6	20				20	LDHb Boshydromullmoder
3006	2	2	3			3	3		13	16			24		LDXz Zandxeromullmoder
3007	1	4					4		9	30				10	RDXu Humusxeromormoder
3008	1	1	4			2	3		11	40					LDXI Leemxeromullmoder
3009	2	3	6			2	4		17	4			16	20	RDXt Holtxeromormoder
3010	3	2							5	20			20		RDXv Vaagxeromormoder
3011	1	1	3				5		10	25				15	LDXI Leemxeromullmoder
3012		2	2			3	3		10	25				15	RDXt Holtxeromormoder
3013	1	2	4			2	2		11	30				10	RDXt Holtxeromormoder
3014	1	2	5			2			10	8			32		RDXb Bosxeromormoder
3015	2	3	2			3	5		15	4			20	16	RDXt Holtxeromormoder
3016						4			4	10			30		RDXv Vaagxeromormoder
3017	2	2				5	3		12	11			15	14	RDXu Humusxeromormoder
3018	3	9					11		23	10				30	RDXt Holtxeromormoder
3019	2	4				4	4		14	40					DHb Boshydromoder
3020		2				3	5		10	20				20	DHb Boshydromoder
3021	3	3				3	4		13			5		35	DHb Boshydromoder
3022	1	4					6		11			15	25		RDXt Holtxeromormoder
3023	3	5				3			11	8			32		RDXr Ruwxeromormoder
3024	1	4							5	8		16	16		LDXz Zandxeromullmoder
3025	1	2	3			5	2		13	40					RDXt Holtxeromormoder
3026	2	3	2			3	2		12	14.5			4.5	21	RDXt Holtxeromormoder
3027	1	1							2	8		8	24		LZh Heidezandmull
3028									0	10		10	20		DHs Schraalhydromoder
3029		4					1		5	8				32	LDHb Boshydromullmoder
3030	2	4				1	3		10	4			20	16	RDXu Humusxeromormoder
3031						7	3		10	8			16	16	RDXu Humusxeromormoder
3032	1	4					8		13	30			10		RDXt Holtxeromormoder
3033	1	2				3	7		13	20				20	DHb Boshydromoder
3034	1	1				10	5		17					40	RDXt Holtxeromormoder
3035		4				5	5		14	30				10	DHb Boshydromoder
4001	2	5				3	4		14	5			10	25	DHb Boshydromoder
4002	1	4				3			8	12		28			LDXz Zandxeromullmoder
4003	1	5							6	10		15	15		RDXr Ruwxeromormoder
4004	1	2				4	1		8				15	25	DHb Boshydromoder
4005		3	5			4	3		15	5			15	20	RDXt Holtxeromormoder
4006		3				3	4		10	16				24	LDXI Leemxeromullmoder
4007	2	2				2			6	30				10	RDXv Vaagxeromormoder
4008	1					6	1		8	30				10	LDXI Leemxeromullmoder
4009						6			6	30				10	RDXv Vaagxeromormoder
4010		8				6	4		18	13				27	RDXr Ruwxeromormoder

Boorpunt	Ectorganisch									Endorganisch < 40 cm					Humusvorm
	L	Fa1	Fa2	Fm	Fz	Hr	Hh	Hz	Totaal	Ah	Aa	E	B	C	
4011						10			10	15		15	10		LDXI Leemxeromullmoder
4012	1								1	24				16	LWz Zurewormmull
4013	1	2					10		13	5				35	DHb Boshydromoder
4014	3	2	5			4	12		26	2			38		RDXt Holtxeromormoder
4015	1	4				3	5		13	15			25		RDXt Holtxeromormoder
5001	2	1						1	4	5				35	LDXI Leemxeromullmoder
5002	2	2						1	5	10				30	LDXI Leemxeromullmoder
5003	1	1						1	3	5			10	25	LDXz Zandxeromullmoder
5004	4	3						1	8	5			15	20	LDXz Zandxeromullmoder
5005									0	8			2	30	LZz Zurezandmull
5006							5		5	10				30	LDXz Zandxeromullmoder
5007							5		5	12				28	LDXz Zandxeromullmoder
5008								4	4	8			12	20	LDXz Zandxeromullmoder
5009							2		2	16			12	12	LDXz Zandxeromullmoder
5010	7	1						7	15	40					LDXz Zandxeromullmoder
5011	3	2						5	10	25				15	RDXv Vaagxeromormoder
5012	3	2						3	8	5			15	20	RDXv Vaagxeromormoder
5013									0	15				25	LZz Zurezandmull
5014									0	8			8	24	LZz Zurezandmull
5015									0	4				36	LZz Zurezandmull
5016	2	2						1	5	3				37	DHb Boshydromoder
5017								3	3	15.5			7	17.5	LDXz Zandxeromullmoder
5018								3	3				10	30	DHb Boshydromoder
5019	2	2						1	5	5			35		LDXz Zandxeromullmoder
5020	3	4						3	10	10			30		RDXv Vaagxeromormoder
5021	2							3	5	5			25	10	LDXz Zandxeromullmoder
5022	2	1						1	4	12				28	LDXz Zandxeromullmoder
5023								3	3	5			10.5	24.5	RDXv Vaagxeromormoder
5024								5	5	8			16	16	LDXz Zandxeromullmoder
5025	2	2						1	5	8			22	10	LDXz Zandxeromullmoder
5026	2	1						2	5	8			16	16	LDXz Zandxeromullmoder
5027	2	2						1	5	5				35	LDXz Zandxeromullmoder
5028									0	5				35	LHz Zandhydromull
5029		2					4		6	22.5				17.5	LDHb Boshydromullmoder
5030									0	10			15	15	LZh Heidezandmull
5031									0	20				20	LZz Zurezandmull
6001	2	2						1	5	5			30	5	LDXI Leemxeromullmoder
6002	2	2						1	5	12				28	LDXz Zandxeromullmoder
6003	2	1					2		5	8			4	28	LDXI Leemxeromullmoder
6004	2	1					2		5	12				28	LDXI Leemxeromullmoder
6005	1	1					1		3	8				32	LDXI Leemxeromullmoder
6006	3	2					3		8	12			8	20	LDXz Zandxeromullmoder
6007	1	1					1		3	10				30	LDHb Boshydromullmoder
6008	1	1					1		3	8				32	LDXz Zandxeromullmoder
6009	1	1					1		3	40					LDXa Akkerxeromullmoder
6010	5	2					3		10	8			8	24	LDXz Zandxeromullmoder
6011	1	1					1		3	7				33	LDXz Zandxeromullmoder
6012	1	1					1		3	8			8	24	LDXz Zandxeromullmoder
6013						8			8	30				10	RDXv Vaagxeromormoder
6014	1	3					4		8	10				30	DHb Boshydromoder
6015	1	1				5	1		8			10	30		RDXv Vaagxeromormoder
6016	1	1				3			5	24				16	LDXa Akkerxeromullmoder
6017	2								2	30				10	LWz Zurewormmull
6018	1	2				1	3		7	30				10	RDXu Humusxeromormoder
6019									0	30				10	LWz Zurewormmull
6020									0	10	30				LAr Radeakkermull
6021	1	1				3			5	40					LDXa Akkerxeromullmoder
6022	1	1				5	1		8	10			10	20	RDXv Vaagxeromormoder
6023									0	10				30	LHf Beekhydromull

Bijlage 2 pH-profielen

Boorpunt	Diepte (cm - mv)													pH-Profieltype
	5	15	25	35	55	75	95	115	135	155	175	195	215	
2004	3.6		3.9		6	6	5.5		6	6.5	6.3			Ro
2005	4		4		4.2	4.2	4.3	5.1	5.5	5.6	6.5			Ro
2007	3.5		3.7		4	4	4	4	4	4	4.5			In
2010	3.6		4		4	4	4.2	4.3	5.2	5.5	5			Rd
2012	3		3.5		4	4	4	4	4.2	4	4			In
2018	3		4.3		5.6	6.5	6.6	6.3	6.5	6.5	6.5			Ro
2019	4		4		4	4	4				4.8			In
2021	4		4		4.2	5.5	6	7	7	7	7			Ro
2022	3.2		3.5		4		4.2		4.6		4.6			In
2024	4.2		4.2		4.2		4		4.2		5			In
2031	3.9	4	4	4.1	4.5	4.7				5.1				In
2034	3.7		4		4	4	4.1			4				In
2035	3.5		4		4.8	5								In
2036	4		4		4.1	4.1	4	4			4			In
3003	3.5		4		4	4.2	4.2	4.1						In
3005	3.3		4		4	4	4		5.5		5.5			Rd
3011	2.8		3.5		4	4	4.2		4.2		4.2			In
3017	3		3		4.8		5.5		5.8		6.2			Ro
3018	3		4.2		4.1	4	4.1	4.3	5	5.7	5.5			Rd
3019	3		4		4	4	4	4.5	4.9	5	5.8			Rd
3020	3		4		4	4.2	4	4.2	4.8	5				In
3025	3		4.1		4.2	4	4		3.9		4		4.5	In
3029	3.6		4.3		4.2	4.2	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4			In
4003	2.8		3		3.7	3.9	4	4	4		4		4	In
4004	3		3.8		4.5	5.2	5.5	5.6		6				Ro
4005	3.5		3.7		4	4.4	4.4	4.6		5.9				Rd
4008	3		3.5		4.2	5.8	6.5	6.5	6.5	6.4	7	7	7	Ro
4009	3		3.8		4.2	4.2	4	4	4	4	4.6		5.5	Rd
4010	3		4		3.8	3.7	4	4	4	4	5.5		5.6	Rd
4012	3.5		4.2		5.2	4.5	5.1	5.8	5.5	5.5	5.2		6	Ro
4013	2.8		4		3.8	3.6	4	4	4.2	5	5.8			Rd
6013	3.5		4		4	4.2	4	4	4.2	4.7	6		7	Rd
6014	4.2		4		4.7	5	5.2	5.3	5.6	7	7		7	Rd
6016	3.2		3.8		4.2	5	6.5	6.5	6.5	6.6	7		6.8	Ro
6017	3.9		4		4.4	4.5	4.7	5.5	6	6.8	7		6.5	Ro
6019	4		4.2		4.4	4	4.3	4.5	4.4	5	6		5	Rd
6020	4.5		4.4		4.5	5	5.1	5.2	4	4.4	5.5		5.5	Rd
6021	3.6		4		4.5	4.4	4.6	5	5.5	6.8	7.2		6.7	Ro
6022	3		3.6		4	4.9	5.5	5.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	Ro
6023	4.5		5.5		6.5	6.5	7	7	7	7	6.8		7	Ro

Bijlage 3 Plantengemeenschappen binnen doeltypen

In onderstaande tabel zijn de plantengemeenschappen aangegeven die kenmerkend zijn voor de in het gebied voorkomende doeltypen (SNL-beheertypen). De samenstellende plantengemeenschappen zijn ontleend aan Waternood (Runhaar & Hennekens 2014). Bij elk beheertype is met een cijfer aangegeven welke plantengemeenschappen bij dat type horen. Het cijfer drukt een gewicht uit dat gebruikt wordt bij het berekenen van gemiddelde waarden voor de abiotische randvoorwaarden per doeltyp (Runhaar & Hennekens, 2014; Van Delft et al. 2017b). De lijst komt in grote lijnen overeen met de lijst van kenmerkende vegetatietypen per beheertype in Bijlage 4 van de Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS (Van Beek et al. 2014).

Gemeenschap		Beheertype						
		N04.02	N06.04	N12.02	N14.01	N15.02	N16.01	N17.01
04BA01	Associatie van Sterkranswier	2						
04BA02	Associatie van Stekelharig kransblad	2						
04BA03	Associatie van Ruw kransblad	2						
04BB01	Associatie van Gewoon kransblad	2						
04BB02	Associatie van Kleinhoofdig glanswier	2						
04BB03	Associatie van Groot boomglanswier	2						
04RG01	Rompgemeenschap van Breekbaar kransblad			0				
05AA01	Associatie van Fijn hoornblad	2						
05AA02	Associatie van Zilte waterranonkel	0						
05AA03A	Associatie van Groot nimfkruid; subass. met Zannichellia			0				
05AA03B	Associatie van Groot nimfkruid; subass. met Sterkranswier	4	0	0	0	0	2	1
05BA01	Associatie van Doorgroeid fonteinkruid	2						
05BA02	Associatie van Glanzig fonteinkruid	4						
05BA03	Associatie van Witte waterlelie en Gele plomp	4						
05BA04	Watergentiaan-associatie	2						
05BB01	Krabbescheer-associatie	4						
05BB02	Associatie van Groot blaasjeskruid	4						
05BC01	Associatie van Klein fonteinkruid	2						
05BC02	Associatie van Paarbladig fonteinkruid	2						
05BC03	Associatie van Stijve waterranonkel	4						
05BC04	Associatie van Stomp fonteinkruid	4						
05BC05	Associatie van Waterviolier en Kransvederkruid	4						
05CA01	Associatie van Waterviolier en Sterrekroos			0				
05CA02	Associatie van Klimopwaterranonkel			0				
05CA03	Associatie van Teer vederkruid			0				
05RG01	Rompgemeenschap van Aarvederkruid	0						
05RG02	Rompgemeenschap van Gekroesd fonteinkruid	0						
05RG05	Rompgemeenschap van Tenger fonteinkruid en Smalle waterpest	2						
05RG06	Rompgemeenschap van Brede waterpest	0						
05RG07	Rompgemeenschap van Haarfonteinkruid	2						
05RG08	Rompgemeenschap van Gewoon sterrekroos	0						
06AB01	Associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid	2						
06AB02	Associatie van Kleinste egelskop	2						
06AC01	Pilvaren-associatie		0					
06AC02	Associatie van Vlottende bies		0					
06AC03	Associatie van Veelstengelige waterbies		0					
06AD01	Naaldwaterbies-associatie	2						
06RG01	Rompgemeenschap van Oeverkruid		0					
06RG02	Rompgemeenschap van Duizenknoopfonteidkruid		0					
06RG03	Rompgemeenschap van Veelstengelige waterbies en Veenmos		0					

Gemeenschap		Beheertype						
		N04.02	N06.04	N12.02	N14.01	N15.02	N16.01	N17.01
06RG04	Rompgemeenschap van Knolrus en Veenmos	0						
07AA02A	Ass. van Paarbladig goudveil; arme subass.			0				
07AA02B	Ass. van Paarbladig goudveil; subass. met Gewone pellia			0				
07AA02C	Ass. van Paarbladig goudveil; subass. met Gewoon diknerfmos			0				
07AA03	Kegelmos-associatie			0				
07AA03A	Kegelmos-ass.; subass. met Gewone pellia			0				
07AA03B	Kegelmos-ass.; subass. met Rood sterremos			0				
07AA03C	Kegelmos-ass.; arme subass.			0				
08AA01	Lidsteng-associatie	0						
08AA02	Associatie van Blauwe waterereprijs en Waterpeper	0						
08AA03	Associatie van Groot moerasscherm			0				
08AA04	Associatie van Stomp vlotgras			0				
08AB02	Associatie van Egelskop en Pijlkruid	2						
08BA02A	Ass. van Waterscheerling en Hoge cyperzegge; typische subass.	0						
08BB01	Mattenbies-associatie	2						
08BB01A	Mattenbies-ass.; typische subass.	2						
08BB01B	Mattenbies-ass.; subass. met Waterzuring	2						
08BB02	Associatie van Ruwe bies			0				
08BB03B	Ass. van Heen en Grote waterweegbree; subass. met Spindotterbloem			0				
08BB03C	Ass. van Heen en Grote waterweegbree; subass. met Waterzuring			0				
08BB03D	Ass. van Heen en Grote waterweegbree; arme subass.			0				
08BB04A	Riet-ass.; subass. met Kleine lisodde	2						
08BB04B	Riet-ass.; subass. met Dotterbloem	0						
08BB04C	Riet-ass.; typische subass.	0						
08BB04D	Riet-ass.; subass. met Moerasvaren	0						
08RG06	Rompgemeenschap van Holpijp	0						
09AA03	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge		0					
09AA03A	Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge; typische subass.		0					
09RG02	Rompgemeenschap van Zwarte zegge en Moerasstruisgras		0					
09RG03	Rompgemeenschap van Hennegrass		0					
09RG04	Rompgemeenschap van Wilde gagel		0					
10AA01A	Waterveenmos-ass.; typische subass.		0					
10AA01B	Waterveenmos-ass.; subass. met Drijvende egelskop		0					
10AA02A	Ass. van Veenmos en Snavelbies; subass. met Waterveenmos		2					
10AA02B	Ass. van Veenmos en Snavelbies; subass. met Slankveenmos		2					
10AB01	Associatie van Draadzegge en Veenpluis		0					
10DG02	Derivaatgemeenschap van Witte waterlelie		0					
10RG01	Rompgemeenschap van Waterveenmos		0					
10RG02	Rompgemeenschap van Snavelzegge		0					
10RG03	Rompgemeenschap van Venpluis en Veenmos		0					
10RG04	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje en Veenmos		0					
11AA01	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies		4					
11AA02A	Ass. van Gewone dophei; subass. met Veenmos		4					
11AA02B	Ass. van Gewone dophei; subass. met Bosbes		2					
11AA02C	Ass. van Gewone dophei; typische subass.		4					
11AA02D	Ass. van Gewone dophei; subass. met korstmossen		2					
11AA02E	Ass. van Gewone dophei; subass. met Gevlekte orchis		4					
11AA03B	Ass. van Kraaihei en Gewone dophei; subass. met Broedkelkje		0					
11BA01	Associatie van Gewone dophei en Veenmos		0					
11BA01A	Ass. van Gewone dophei en Veenmos; typische subass.		0					
11BA01B	Ass. van Gewone dophei en Veenmos; subass. met Kraaihei		0					
11RG01	Rompgemeenschap van Eenarig wollegras		0					
11RG03	Rompgemeenschap van Wilde gagel		0					
12AA02C	Ass. van Varkenskers en Schijfkamille; subass. met Muizestaart			0				
12BA01A	Ass. van Geknikte vossestaart; subass. met Akkerkers			2				
12BA01B	Ass. van Geknikte vossestaart; typische subass.			2				

Gemeenschap		Beheertype						
		N04.02	N06.04	N12.02	N14.01	N15.02	N16.01	N17.01
12BA01C	Ass. van Geknikte vossestaart; subass. met Lidrus			2				
12BA02A	Ass. van Moeraszoutgras en Fioringras; subass. met Pinksterbloem			2				
12BA02B	Ass. van Moeraszoutgras en Fioringras; subass. met Slanke waterkers			2				
12BA02C	Ass. van Moeraszoutgras en Fioringras; subass. met Zilte rus			2				
12BA03A	Ass. van Aardbeiklaver en Fioringras; subass. met Engels raaigras			2				
12RG05	Rompgemeenschap van Moerasstruisgras en Kruipende boterbloem			2				
14RG03	Rompgemeenschap van Gewoon gaffeltandmos			0				
14RG04	Rompgemeenschap van Cipreswolfsmelk			0				
14RG06	Rompgemeenschap van Gewoon struisgras en Gewoon biggekruid			2				
16AA01	Blauwgrasland	0						
16AA01A	Blauwgrasland; subass. met Borstelgras	0						
16AB03A	Ass. van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi; typische subass.			0				
16BB01B	Glanshaver-ass.; subass. met Rietzwenkgras			2				
16BC01A	Kamgrasweide; typische subass.			2				
16BC01B	Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver			2				
16BC01C	Kamgrasweide; subass. met Veldgerst			0				
16BC01D	Kamgrasweide; subass. met Ruige weegbree			0				
16BC02	Associatie van Ruige weegbree en Aarddistel			0				
16RG02	Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem			2				
16RG03	Rompgemeenschap van Rood zwenkgras en Moerasrolklaver			2				
16RG05	Rompgemeenschap van Blauwe zegge en Blauwe knoop	0						
16RG06	Rompgemeenschap van Tweerijige zegge			0				
16RG07	Rompgemeenschap van Weidegeelster			4				
16RG08	Rompgemeenschap van Grote vossestaart en Echte koekoeksbloem			2				
16RG10	Rompgemeenschap van Grote vossestaart en Veldgerst			0				
17AA01A	Ass. van Dauwbraam en Marjolein; typische subass.			2				
17AA01B	Ass. van Dauwbraam en Marjolein; subass. met Rietzwenkgras			2				
18AA01	Associatie van Hengel en Gladde witbol	0						
18AA02	Associatie van Boshavikskruid en Gladde witbol	0						
18RG01	Rompgemeenschap van Adelaarsvaren	0						
19AA01	Associatie van Liggend walstro en Schapegras	0						
19AA02	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras	4						
19AA03	Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem	2						
19RG01	Rompgemeenschap van Borstelgras	0						
20AA01A	Ass. van Struikhei en Stekelbrem; subass. met korstmossen	0						
20AA01B	Ass. van Struikhei en Stekelbrem; typische subass.	0						
20AA01C	Ass. van Struikhei en Stekelbrem; Mosrijke subass.	0						
20AA01D	Ass. van Struikhei en Stekelbrem; subass. met Tandjesgras	0						
20AA02	Associatie van Struikhei en Bosbes	0						
20RG01	Rompgemeenschap van Brem					0		
28AA01A	Draadgentiaan-ass.; subass. met Dwergbloem	0						
28AA01B	Draadgentiaan-ass.; subass. met Knolrus	0						
28AA02	Associatie van Borstelbies en Moerasmuur	0						
28AA03	Associatie van Dwergbloem en Hauwmos	0						
28AA04A	Grondster-ass.; subass. met Glad vingergras	0						
28AA04B	Grondster-ass.; subass. met Waterpostelein	0						
29AA04	Slijkgroen-associatie	0						
31AB03	Associatie van Ballote en andere Netels			0				
31BA01	Slangekruid-associatie			0				
31CA02	Kweekdravik-associatie			0				
32AA01	Associatie van Moeraspirea en Echte Valeriaan			0				
32BA01	Rivierkruid-associatie				0			
33AA03	Kruisbladwalstro-associatie				2			
33AA06	Kruidvlier-associatie			0				
35AA02	Associatie van Witte bosbraam					4		

Gemeenschap		Beheertype						
		N04.02	N06.04	N12.02	N14.01	N15.02	N16.01	N17.01
35AA03	Associatie van Sierlijke woudbraam					4		
36AA01	Associatie van Geoorde wilg	0						
36RG02	Rompgemeenschap van Wilde gagel	0						
37AA01	Associatie van Fluweelbraam en Sleedoorn				2			
37AB01A	Ass. van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn; typische subass.			2				
37AB01B	Ass. van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn; subass. met Koebraam			0				
37AB01C	Ass. van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn; subass. met Gelderse roos			0				
37AB01D	Ass. van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn; subass. met Bosrank			0				
37AC05	Associatie van Hazelaar en Purperorchis							1
38AA01A	Bijvoet-ooibos; subass. met Zwarte populier				4			
38AA01B	Bijvoet-ooibos; subass. met Fioringras				2			
38AA02A	Lissen-ooibos; subass. met Watermunt				4			
38AA02B	Lissen-ooibos; subass. met Grote vossestaart				2			
38AA03A	Veldkers-ooibos; subass. met Fluitekruid				2			
38AA03B	Veldkers-ooibos; subass. met Grote waterweegbree				4			
38AA03C	Veldkers-ooibos; subass. met Grote brandnetel				2			
38AA03D	Veldkers-ooibos; arme subass.				2			
38DG01	Derivaatgemeenschap van Reuzenbalsemien				2			
38RG01	Rompgemeenschap van Grote brandnetel				2			
39AA01A	Moerasvaren-elzenbroek; typische subass.				0			
39AA01C	Moerasvaren-elzenbroek; subass. met Oeverzegge				2			
39AA02A	Elzenzegge-Elzenbroek; typische subass.				4			
39AA02B	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Bittere veldkers				4			
39AA02C	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zwarte bes				4			
39AA02D	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Framboos				2			
39AA02E	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zompzegge				4			
39RG01	Rompgemeenschap van Hennegras				2			
39RG02	Rompgemeenschap van Gewone braam				2			
39RG03	Rompgemeenschap van Moeraszegge				4			
39RG04	Rompgemeenschap van Grote brandnetel				2			
40AA01C	Dophei-Berkenbroek; arme subass.	0						
40AA02A	Zompzegge-Berkenbroek; subass. met Melkeppe				0			
40AA02B	Zompzegge-Berkenbroek; typische subass.				0			
40RG01	Rompgemeenschap van Gagelstruwelen	0						
40RG02	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje	0						
41AA02	Korstmossen-Dennenbos						2	
41AA02A	Korstmossen-dennenbos; subass. met Cladonia-soorten					2		
41AA02B	Korstmossen-dennenbos; subass. met Gerimpeld gaffeltandmos					2		
41AA03	Kussentjesmos-Dennenbos						2	
41AA03A	Kussentjesmos-dennenbos; subass. met Bochtige smele					4		
41AA03B	Kussentjesmos-dennenbos; subass. met Bosbessen					4		
41AA03C	Kussentjesmos-dennenbos; subass. met Kraaiheide					4		
41AA03D	Kussentjesmos-dennenbos; subass. met Pijpenstrootje					4		
41DG01	Derivaatgemeenschap van Amerikaanse vogelkers					0		
41DG02	Derivaatgemeenschap van Gewone braam					2		
41DG03	Derivaatgemeenschap van Zandzegge					0		
41RG01	Rompgemeenschap van Bronsmos en Haarmos					2		
41RG02	Rompgemeenschap van Fijn en Groot laddermos					2		
41RG03	Rompgemeenschap van Zandzegge					2		
42AA01	Berken-Eikenbos						2	
42AA01A	Berken-Eikenbos; subass. met Cladonia-soorten					4		
42AA01B	Berken-Eikenbos; subass. met Bochtige smele					4		
42AA01C	Berken-Eikenbos; subass. met Bosbessen					4		
42AA01D	Berken-Eikenbos; subass. met Pijpenstrootje					4		
42AA01E	Berken-Eikenbos; subass. met Brede stekelvaren					4		
42AA02A	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Blauwe bosbes					4		

Gemeenschap		Beheertype						
		N04.02	N06.04	N12.02	N14.01	N15.02	N16.01	N17.01
42AA02B	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Adelaarsvaren					4		
42AA02C	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Lelietje-van-dalen					4		
42AA02D	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Pijpenstrootje					4		
42AA02E	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Gladde witbol					4		
42AA03	Bochtige smele-Beukenbos						2	
42AA03A	Bochtige smele-Beukenbos; subass. met Kussentjesmos					4		
42AA03B	Bochtige smele-Beukenbos; typische subass.					4		
42AA03C	Bochtige smele-Beukenbos; subass. met Gewoon pronkmoss					4		
42AB01	Veldbies-Beukenbos					4		
42DG01	Derivaatgemeenschap van Amerikaanse vogelkers					2		
42DG02	Derivaatgemeenschap van Amerikaanse eik					2		
42RG01	Rompgemeenschap van Gladde witbol en Brede stekelvaren					2		
42RG02	Rompgemeenschap van Gewone braam					2		
43AA01A	Abelen-Iepenbos; subass. met Slangelook				4			
43AA01B	Abelen-Iepenbos; Soortenarme subass.				2			
43AA01C	Abelen-Iepenbos; subass. met Wilde hyacint				0			
43AA02A	Essen- Iepenbos; typische subass.				2			
43AA02B	Essen- Iepenbos; subass. met Gewoon sneeuwklokje				0			
43AA04	Goudveil-Essenbos				4			
43AA05	Vogelkers-Essenbos				4			
43AB01B	Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Purperorchis							1
43AB01C	Eiken-Haagbeukenbos; typische subass.							2
43AB01D	Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Daslook							2
43AB01E	Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Smalle stekelvaren							1
43AB01F	Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Witte klaverzuring							2
43RG01	Rompgemeenschap van Fluitekruid				0			
43RG02	Rompgemeenschap van Grote brandnetel				2			
43RG03	Rompgemeenschap van Grote brandnetel				4			

Bijlage 4 Potentiële vegetaties binnen Fysisch-Geografische eenheden

In de Landschapsleutel (Kemmers et al. 2011) is per Fysisch-Geografisch type (Primaire standplaats) een aantal plantengemeenschappen genoemd dat daarbij potentieel kan voorkomen: potentiële vegetaties. Het daadwerkelijk voorkomen van deze plantengemeenschappen hangt af van de mate waarin de actuele abiotische condities overeenkomen met de abiotische randvoorwaarden van deze gemeenschappen. De gemeenschappen zijn geordend per structuurtype/successiefase, hetgeen vooral bepaald wordt door het beheer. Ten opzichte van de oorspronkelijke versie van de Landschapsleutel is hier het aantal potentiële vegetaties per FG-eenheid uitgebreid, omdat in eerste instantie vooral de plantengemeenschappen waren opgenomen die het beste pasten bij de eenheid. Daarmee ontbrak een aantal meer algemene plantengemeenschappen, waardoor bijvoorbeeld beheertype N12.02 'Kruiden- en faunarijk grasland' bij FG-eenheden ontbrak, terwijl dit soms het meest logische beheertype is op voormalige landbouwgronden. In een aantal gevallen wordt in deze nieuwe versie onderscheid gemaakt tussen FG-typen binnen verschillende FG-series. In die gevallen zijn de betreffende FG-series vernoemd vóór het FG-type. Het potentiële voorkomen van een plantengemeenschap bij een FG-eenheid is aangegeven met het cijfer '1'.

[illegible]

Fase	Gemeenschap	Naam	PS002	PS006	PS010	HzBN PS011	HzDL HzDV PS011	HzGL PS011	HzGP PS011	HzBN HzDV PS012	HzGL HzGP PS012	HzBB PS013	HzBN PS013	HzDV PS013	HzGP PS013	HzBV PS014	HzDV PS014	PS016	PS022	PS111	PS112	PS113
	16AA01B	Blauwgrasland; typische subass.										1	1	1	1	1	1	1	1			
	16AA01C	Blauwgrasland; subass. met Melkeppe										1	1	1	1	1	1	1	1			
	16AA01D	Blauwgrasland; subass. met Parnassia										1	1	1	1	1	1	1	1			
	16AB01	Veldrus-associatie																	1			
	16AB04	Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid														1	1					
	16AB04A	Ass. van Boterbloemen en Waterkruiskruid; subass. met Zomprus														1	1					
	16AB04B	Ass. van Boterbloemen en Waterkruiskruid; subass. met Blauwe zegge														1	1					
	16BC01	Kamgrasweide		1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	16BC01A	Kamgrasweide; typische subass.								1	1	1	1	1	1	1	1					
	16BC01B	Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver				1	1			1	1	1	1	1	1	1	1					1
	16RG01	Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Engels raaigras								1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	16RG02	Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	16RG03	Rompgemeenschap van Rood zwenkgras en Moerasrolklaver		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	19AA	Verbond der heischrale graslanden																1				
	19AA01	Associatie van Liggend walstro en Schapegras		1														1				
	19AA02	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras								1	1							1				
	19AA03	Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem																1				
	19AA04	Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel																1				
	19RG_A	Rompgemeenschap van Liggend walstro (toegevoegd)		1																		
	19RG01	Rompgemeenschap van Borstelgras		1																		
	20AA01D	Ass. van Struikhei en Stekelbrem; subass. met Tandjesgras		1																		
	35AA	Brummel-verbond		1																1		
	35AA01	Associatie van Bronskleurige bosbraam		1																1		
	35AA02	Associatie van Witte bosbraam		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1
	35AA03	Associatie van Sierlijke woudbraam		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1
	36AA	Verbond der wilgenbroekstruwelen		1								1	1	1	1	1		1	1			1
	36AA01	Associatie van Geoorde wilg		1								1	1	1	1	1		1	1			1
	36AA02	Associatie van Grauwe wilg		1								1	1	1	1	1		1	1			1
	36RG02	Rompgemeenschap van Wilde gagel																				
	37AB01	Associatie van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn								1	1											
	40AA	Verbond der berkenbroekbossen			1											1	1					

Fase	Gemeenschap	Naam	PS002	PS006	PS010	H2BN PS011	H2DL H2DV PS011	H2GL PS011	H2GP PS011	H2BN H2DV PS012	H2GL H2GP PS012	H2BB PS013	H2BN PS013	H2DV PS013	H2GP PS013	H2BV PS014	H2DV PS014	PS016	PS022	PS111	PS112	PS113
		40AA01			1																	
		40AA01A			1																	
		40AA01B			1																	
		40AA01C			1																	
		40AA02			1																	
		40RG01								1	1											
		42AA01D	1	1	1	1	1	1	1											1		
		39AA																				
		39AA02												1	1	1	1	1				
		39AA02A											1	1	1	1	1	1				
		39AA02B											1	1	1	1	1	1				
		39AA02C											1	1	1	1	1	1				
		39AA02D											1	1	1	1	1	1				
		39AA02E											1	1	1	1	1	1				
		40AA																				
		40AA01		1	1					1	1											
		40AA01A		1	1					1	1											
		40AA01B		1	1					1	1											
		40AA01C		1	1					1	1											
		40AA02		1	1					1	1											
		40AA02A		1	1					1	1											
		40AA02B		1	1					1	1											
		40RG02		1	1					1	1											
		41AA02																				
		41AA02A	1							1	1											
		41AA02B	1							1	1											
		41AA03	1							1	1											
		41AA03A	1							1	1											
		41AA03B	1							1	1											
		41AA03C	1							1	1											
		41AA03D	1							1	1											

Fase	Gemeenschap	Naam	PS002	PS006	PS010	H2BN PS011	H2DL H2DV PS011	H2GL PS011	H2GP PS011	H2BN H2DV PS012	H2GL H2GP PS012	H2BB PS013	H2BN PS013	H2DV PS013	H2GP PS013	H2BV PS014	H2DV PS014	PS016	PS022	PS111	PS112	PS113
	42AA01	Berken-Eikenbos	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1		
	42AA01B	Berken-Eikenbos; subass. met Bochtige smele	1																			
	42AA01C	Berken-Eikenbos; subass. met Bosbessen	1																			
	42AA01D	Berken-Eikenbos; subass. met Pijpestrootje	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	42AA01E	Berken-Eikenbos; subass. met Brede stekelvaren	1																			
	42AA02	Beuken-Zomereikenbos																			1	
	42AA02A	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Blauwe bosbes		1	1	1	1	1	1	1	1											
	42AA02B	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Adelaarsvaren		1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	
	42AA02C	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Lelietje-van-dalen		1	1																1	
	42AA02D	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Pijpestrootje		1	1	1	1	1	1	1	1											
	42AA02E	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Gladde witbol		1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	
	42AA03	Bochtige smele-Beukenbos		1	1	1	1	1	1											1	1	
	42AA03A	Bochtige smele-Beukenbos; subass. met Kussentjesmos				1			1													
	42AA03B	Bochtige smele-Beukenbos; typische subass.		1	1	1	1	1	1													
	42AA03C	Bochtige smele-Beukenbos; subass. met Gewoon pronkmos		1	1	1	1	1	1													
	43AA	Verbond van Els en Vogelkers																				
	43AA01	Abelen-Iepenbos										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA01A	Abelen-Iepenbos; subass. met Slangelook										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA01B	Abelen-Iepenbos; Soortenarme subass.										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA01C	Abelen-Iepenbos; subass. met Wilde hyacint										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA02	Essen- Iepenbos										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA02A	Essen- Iepenbos; typische subass.										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA02B	Essen- Iepenbos; subass. met Gewoon sneeuwklokje										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA03	Meidoorn-Berkenbos										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA03A	Meidoorn-Berkenbos; typische subass.										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA03B	Meidoorn-Berkenbos; subass. met Watermunt										1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AA04	Goudveil-Essenbos										1										
	43AA05	Vogelkers-Essenbos		1								1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	43AB01C	Eiken-Haagbeukenbos; typische subass.		1	1											1	1					
	43AB01F	Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Witte klaverzuring		1	1							1	1			1			1			

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 2857
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2857
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

