



Bosgroepen



probos

Revitalisering Noord- Brabantse bossen

Bosgroep Zuid Nederland
Stichting Probos

Colofon

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant
Titel: Revitalisering Noord-Brabantse bossen
Status: Definitief
Datum: Maart 2024
Auteur(s): Etiënne Thomassen, Joyce Penninkhof, Eric Schippers
Met bijdragen van: Leon van den Berg, Jan Rots en Johan Arts
Kaartmateriaal: Copyright © 2024, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn
Projectnummer: 23.01.5180

© Coöperatie Bosgroep Zuid Nederland u.a.

Huisvenneweg 14

5591 VD Heeze

t (040) 206 6360

e zuidnederland@bosgroepen.nl

www.bosgroepen.nl

Opgesteld in afstemming met Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Brabants Landschap en Brabants Particulier Grondbezit

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Doel	7
1.3	Afbakening	7
2	Beleidsopgaven en programma's rakend aan bosrevitalisering	8
2.1	Geplande Natura 2000-maatregelen	8
2.2	Landelijk Programma Natuur	9
2.3	Kaderrichtlijn Water	10
2.4	Grondwaterconvenant Brabant	10
2.5	Brabantse Ontwikkelaanpak Stikstof	10
3	Bosvitaliteit	11
3.1	Definitie	11
3.2	Drukfactoren	12
3.2.1	Klimaatverandering	12
3.2.2	Stikstofdepositie en bodem	14
3.2.3	Hydrologie	17
3.2.4	Bossamenstelling	18
3.2.5	Wilddruk	18
3.3	Visie Brabantse terreineigenaren op bosvitaliteit	19
4	Data-analyse	20
4.1	Gebruikte kaarten en bronnen bosvitaliteit	20
4.2	Methode	22
4.2.1	Bosareaal en bossenkaart	22
4.2.2	Analyse bosstructuur	22
4.2.3	Bodemcondities	24
4.2.4	Hydrologie	25
4.3	Bepalen revitaliseringsnoodzaak	26
4.3.1	Databronnen	26
4.3.2	Resultaat bosgroeiplaats	27
4.4	CO ₂ -vastlegging	29
5	Huidige staat Noord-Brabantse bossen	31
5.1	Ligging en beheertypen	31
5.2	Bosgroeiplaatsen	33
5.3	Menging	35
5.3.1	Aandeel inheemse soorten en invasieve exoten	36
5.3.2	Rijkstrooisel	37
5.3.3	Droogtetolerantie	37
5.4	Bosstructuur	39
5.5	Bosverjonging	40
5.6	Bodem	43

5.7	Samenvatting	44
6	Revitaliseringsopgave	45
6.1	Revitaliseringsmaatregelen	45
6.1.1	Herstel van hydrologie	45
6.1.2	Aandeel rijkstrooisel vergroten	46
6.1.3	Vergroten menging	48
6.1.4	Toepassen bufferende stoffen tegen verzuring	48
6.1.5	Versterken structuur en stimuleren bosverjonging	49
6.1.6	Bestrijden (invasieve) exoten	49
6.1.7	Netwerk oude, aftakelende en dode bomen (OAD-netwerk)	49
6.1.8	Wildstand aanpassen en wildbescherming	50
6.2	Revitaliseringsopgave per bosgroeiplaats	53
6.2.1	Hydrologie	56
6.2.2	Aandeel rijkstrooisel vergroten	56
6.2.3	Toepassen bufferende stoffen tegen verzuring	57
6.2.4	Versterken bosstructuur en menging	57
6.2.5	Samenvatting revitaliseringsopgave in Noord-Brabant	60
7	Prioritering	62
8	CO₂-vastlegging	65
	Bibliografie	67
<i>bijlage 1</i>	Gebruikte gegevensbronnen en kaartmaterialen	69
<i>bijlage 2</i>	Inheemse, uitheemse en invasieve boomsoorten	71
<i>bijlage 3</i>	Rijkstrooiselsoorten	73
<i>bijlage 4</i>	Beoordeling van bosbodems op zandgrond	75
<i>bijlage 5</i>	Lijst kwalificerende boom—en struiksoorten SNL	76
<i>bijlage 6</i>	Flowchart GIS-model	77
<i>bijlage 7</i>	Grondwaterafhankelijke bodemtypen	78
<i>bijlage 8</i>	Inbreng Brabantse terreineigenaren	80

Samenvatting

In de Brabantse Bossenstrategie heeft de Provincie Noord-Brabant de ambitie gesteld om tot en met 2030 20.000 ha en tot en met 2050 60.000 ha bos te revitaliseren. Revitalisering van de bossen is belangrijk om ervoor te zorgen dat deze bossen de veranderingen door onder andere klimaatverandering, verdroging en overmatige depositie van stikstofverbindingen op kunnen vangen en hiermee het voortbestaan van de bossen in Brabant met al hun functies te waarborgen. Dit rapport maakt de huidige staat van de Brabantse bossen inzichtelijk en welke maatregelen nodig zijn om de bossen te revitaliseren. Dit gebruikt de provincie voor het Brabantse Programma Landelijk Gebied (BPLG) en als input voor het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG).

Binnen het onderzoek is er een data-analyse en -interpretatie uitgevoerd, gebaseerd op beschikbare data en literatuur. Ook zijn twee bijeenkomsten georganiseerd met de grootste terreinbeheerders in de provincie om de conceptresultaten te bespreken, welke maatregelen men nodig acht om toe te werken naar vitaal bos (revitalisering) en de gewenste prioritering.

Samenvattend kan gesteld worden dat gemiddeld slechts 10 à 15% van alle Brabantse bossen voldoende gemengd is en zo'n 40% van de bossen voldoende gelaagd is. In alle bossen op de arme, regenwatergevoede zandgronden (zowel droog als vochtig & nat) en de rijke, regenwatergevoede zandgronden is het aandeel van neutraal- en rijkstrooiselsoorten lager dan de ondergrens voor een aantoonbaar positief effect op de bodem. Gemiddeld genomen is de basenverzadiging in 57,3 % van de Brabantse bosgroeiplaatsen slecht. De gemiddelde pH_{NaCl} ligt in een groot deel van de bossen rond of beneden het omslagpunt waarbij aluminium in oplossing komt.

Gebaseerd op de analyse van de huidige staat van de Brabantse bossen, is per revitaliseringsmaatregel uitgerekend op hoeveel hectare de betreffende maatregel nodig is om vitaal bos te kunnen laten ontwikkelen (zie Tabel 0). *NB: op één hectare kunnen meerdere maatregelen nodig zijn.* Hieruit blijkt dat op ruim 20.000 hectare hydrologisch herstel nodig is, zowel op lokale schaal als op landschapsschaal. Op 48.132 ha zal het inbrengen van kwartiermakers en/of rijkstrooiselsoorten bijdragen aan de verbetering van de bodemkwaliteit. Daarnaast is op 45.218 ha waarschijnlijk sprake van een gebrek aan basen en wordt toepassing van bufferende stoffen voorgesteld. Als laatste dient in alle bosgebied gewerkt te worden aan de bosstructuur en een OAD-netwerk ingericht te worden. Lokaal is nader zorgvuldig vooronderzoek nodig op basis waarvan de bouseigenaren in combinatie met hun eigen vak- en gebiedskennis de concrete maatregelen set samenstellen. Aanbevolen wordt om een goede langjarige monitoring op te zetten waarbij de effecten van de ingezette maatregelen gevolgd worden. De resultaten van de monitoring kunnen zowel gebruikt worden voor het lokaal bijsturen van revitaliseringsmaatregelen, als voor het evalueren en leren op grotere schaal.

Tabel 0 Aandeel van de bosgroeiplaats die niet voldoet aan de voorwaarden voor vitaal en veerkrachtig bos en daarmee revitalisering nodig heeft

Bosgroeiplaats	Aandeel bos dat <i>niet</i> voldoet aan vitaliteitsparameter			
	Menging ¹	Strooisel ²	Bodem ³	Hydrologie ⁴
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	88%	78%	91%	14 %
arme, regenwatergev. zandgr. (vochtig & nat)	85%	63%	94%	62 %
beekdalgronden	87%	31%	80%	100 %
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	85%	54%	0%	100 %
overig	82%	27%	0%	23 %
rijke, regenwatergevoede zandgronden	87%	68%	81%	29 %
rivier- en zeekleigronden	86%	9%	0%	9 %
stagnerende leem- en kleigronden	84%	41%	0%	59 %
veen	94%	19%	0%	91 %

¹ voldoende gemengd als het aandeel van de hoofdboomsoort <50% en drie of meer soorten

² voldoende rijkstrooisel als het aandeel rijk- en neutraal strooisel > 30%

³ voldoende als de basenverzadiging de classificatie goed krijgt (zie rapport)

⁴ oppervlakteaandeel geïdentificeerd als kansrijk voor hydrologisch herstel (zie rapport)



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2020 werd –in navolging van de Landelijke Bossenstrategie– de Brabantse Bossenstrategie opgesteld en in 2022 het bijbehorende Actieplan Brabantse Bomen. Ambitie van de provincie is om tot en met 2030 20.000 ha en tot en met 2050 60.000 ha bos te revitaliseren. Gerevitaliseerd bos is gezonder en meer divers en daardoor veerkrachtiger. Veerkracht is nodig zodat de bossen ook in de toekomst al hun functies kunnen blijven vervullen, ondanks bedreigingen zoals klimaatverandering, verdroging en overmatige depositie van stikstofverbindingen. Door de versnelde klimaatverandering en daaruit voortkomende klimaatstress en grote weersextremen, is het revitaliseren van de bossen nog urgenter geworden. Het is van groot belang dat aan het terugdringen van deze externe drukfactoren, die grote impact hebben op de bossen, gewerkt wordt om de effecten te minimaliseren. Anders blijft het dweilen met de kraan open. Vanuit de provincie en waterschappen wordt inmiddels aan de externe drukfactoren gewerkt. Tegelijkertijd zijn ook interne maatregelen (in het bos) hard nodig, om ervoor te zorgen dat de bossen de veranderingen op kunnen vangen en hiermee het voortbestaan van de bossen in Brabant met al hun functies te waarborgen. In dit rapport maken Bosgroep Zuid Nederland en Stichting Probos in opdracht van de Provincie Noord-Brabant de huidige staat van de Brabantse bossen inzichtelijk en welke maatregelen nodig zijn om de bossen te revitaliseren. Dit gebruikt de provincie voor het Brabants Programma Landelijk Gebied (BPLG).

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is het verder aanscherpen van de revitaliseringsopgave in provincie Noord-Brabant. Wat is de huidige vitaliteit van de Brabantse bossen en welke maatregelen zijn nodig om tot veerkrachtige vitale bossen te komen? Onderverdeeld naar verschillende bostypen wordt de revitaliseringsnoodzaak in beeld gebracht en een maatregelenset voorgesteld. Van de revitaliseringsopgave is een prioritering opgesteld voor de periode tot 2030 en de periode 2030–2050. Dit rapport geeft richting aan de revitaliseringsopgave binnen de provincie.

1.3 Afbakening

Dit rapport geeft een beeld van de revitaliseringsnoodzaak op provinciale schaal op basis van beschikbare data. Om op gebiedsniveau te bepalen welke maatregelen nodig zijn, is aanvullend onderzoek nodig om lokaal en regionaal maatwerk te kunnen leveren.



2 Beleidsopgaven en programma's rakend aan bosrevitalisering

Naast het NPLG waar dit rapport input voor levert, zijn er andere programma's (zoals N2000, het Landelijk Programma Natuur en het grondwaterconvenant) waarin gewerkt wordt aan versterken en verbeteren van natuur en aan voorwaarden voor veerkrachtige natuur. Een aantal programma's bieden bosbeheerders zelf handvatten om de bossen te revitaliseren. Maar er zijn ook grotere, bredere drukfactoren van buiten het bos die grote impact op de bossen hebben. De effecten die drukfactoren al op de bossen hebben, kunnen boscijgenaren slechts ten dele verminderen. Belangrijk voor toekomstbestendigheid is het wegnemen van deze externe drukfactoren, met als belangrijkste factoren het verbeteren van hydrologie, reduceren van stikstofdepositie en de klimaatopgave. Hiervoor zijn de boscijgenaren afhankelijk van anderen. Binnen de provincie Noord-Brabant zijn er verschillende programma's die zich op genoemde externe drukfactoren richten.

Dit kan twee kanten op werken: als deze programma's voortvarend verlopen en de doelen binnen de gestelde termijnen gehaald worden, is dit ondersteunend voor de boscijgenaren. De revitaliseringsmaatregelen die zij in de bossen nemen, zullen door het oplossen van de externe drukfactoren een groter en blijvender effect hebben. Maar als deze programma's vertraagd uitgevoerd worden, worden de externe drukfactoren op het bos dus niet tijdig weggenomen en blijven de revitaliseringsmaatregelen symptoombestrijding. En nemen de problemen in de bossen verder toe. Ofwel: zowel het wegnemen van de externe drukfactoren als revitaliseringsmaatregelen zijn noodzakelijk voor het creëren van een gezonde bosomgeving.

In onderstaande paragrafen worden de belangrijkste opgaven en programma's kort beschreven en hoe deze aan bosrevitalisering en het BPLG raken. En wordt een overzicht gegeven welke maatregelen in de boshabitattypen in de N2000-gebieden gepland staan, die een positieve bijdrage leveren aan het revitaliseren van deze boshabitattypen.

2.1 Geplande Natura 2000-maatregelen

Provincie Noord-Brabant wil 'een sterke en veerkrachtige natuur, met een klimaatbestendig en robuust water- en bodemsysteem' (Provincie Noord-Brabant, 2023). Daarvoor worden verschillende maatregelen voorgesteld voor de boshabitattypen in de Natura 2000-gebieden. Van de totaal 70.600 hectare bos in Brabant ligt 14.208 hectare binnen N2000 gebieden. Daarvan is een klein deel aangewezen als habitatype waar extra maatregelen worden genomen om deze in stand te houden. Dat zijn veelal maatregelen die ook in dit rapport worden aangewezen als revitaliseringsmaatregelen.

- Hydrologie: in 2027 wil de provincie de hydrologische condities in N2000-gebieden op orde hebben. Daartoe wordt de verdroging van 50.000 hectare bijzonder, grondwaterafhankelijke natuur aangepakt. Dit aantal hectares omvat niet alleen N2000 gebieden, maar ook daarbuiten gelegen natte natuurplek. Er wordt meer ruimte gezocht voor vasthouden van water, waterberging en worden afspraken gemaakt over maximale hoeveelheden grondwater die jaarlijks onttrokken mogen worden. Hierdoor kan meer water infiltreren en zal de grondwaterstand verhogen. Op



de hoge zandgronden worden bijvoorbeeld de waterpeilen verhoogd en beekdalen hersteld. Deze afspraken zijn ook vastgelegd in het Grondwaterconvenant (zie 2.4). Door deze maatregelen zal in die gebieden grondwater beter beschikbaar zijn voor bossen en kunnen door herstel van kwelstromen nutriënten beter beschikbaar gemaakt worden.

- Boomsoorten en soortensamenstelling: in een aantal N2000-gebieden wordt ingezet op omvorming van naaldbos naar loofbos. Door deze omvorming kan het bos diverser worden in soortensamenstelling en daarmee resistenter tegen ziekten, plagen en effecten van klimaatverandering. Daarnaast zal de strooiselsamenstelling veranderen, met name bij aanplant van rijkstrooiselsoorten, en kunnen nutriënten en mineralen via het goed verteerbare en minder zure blad weer in de bovenste bodemlaag terecht komen. Ook wordt ingezet op sturing in de boomsoortensamenstelling, waardoor het bos diverser kan worden.
- Toepassen bufferende stoffen: als aanvullende maatregel wordt onder andere in Natuurdoelanalyses genoemd om steenmeel toe te passen (na zorgvuldig vooronderzoek) om de bodemchemie en standplaatscondities te verbeteren.
- Vergroten connectiviteit: tussen bijvoorbeeld oude eikenbossen wordt voorgesteld verbindingen te realiseren om migratie tussen deze kernen met oude eikenbossen mogelijk te maken.
- Bestrijden exoten: invasieve exoten hebben een negatieve impact op biodiversiteit. Door bestrijding van deze soorten, kan afname in oppervlakte en kwaliteit van habitattypen en soorten afgeremd of zelfs gestopt worden. Hierdoor krijgen inheemse soorten weer de kans en kan een structuurrijk en soortendivers bos ontwikkeld worden wat robuust is.

Bovengenoemde maatregelen worden uitgevoerd, of voorgesteld om uit te voeren, in verschillende boshabitattypen in de N2000-gebieden. Een aantal van deze maatregelen hebben een gebiedsoverschrijdend effect en zullen ook naastgelegen bosgebieden positief beïnvloeden, zoals hydrologische herstelmaatregelen en de reductie in stikstofdepositie. Andere maatregelen, zoals het toepassen van bufferende stoffen en het sturen in boomsoortensamenstelling hebben een veel meer lokaal effect.

2.2 Landelijk Programma Natuur

De Rijksoverheid heeft het Landelijk Programma Natuur opgezet om samen met de provincies kwetsbare natuurgebieden in Nederland te behouden en verbeteren. Daarvoor heeft de Rijksoverheid voor de komende 10 jaar in totaal € 3 miljard gereserveerd. De provincies moeten op provinciaal niveau invulling geven aan dit programma. Het programma streeft ernaar dat in 2030 70% van de beschermde habitats en soorten onder de VHR condities voor een gunstige instandhouding kennen. Daarnaast wordt gestreefd naar een goede basiskwaliteit van natuur, zowel binnen als buiten de natuurgebieden (N2000 en NNN). Aanpak van stikstofemissie bij de bron en hydrologische maatregelen worden als cruciale maatregelen genoemd en de samenhang tussen de aanpak van stikstofreductie, de klimaatopgave, de landbouwtransitie en het Programma Natuur worden ook benoemd (Provincie Noord-Brabant, 2022).



2.3 Kaderrichtlijn Water

De Kaderrichtlijn Water is opgesteld om de waterkwaliteit in Europa te verbeteren. Alle wateren die onder deze kaderrichtlijn vallen, moeten beschermd worden en verontreiniging teruggedrongen. De doelstellingen en maatregelen zijn vastgelegd in een stroomgebiedbeheerplan. Dit zijn onder andere het aanpassen van het peilbeheer en streefpeilen en verbreden van watergangen en – systemen. Hierdoor kan de waterbeschikbaarheid in bossen toenemen en verdere verdroging tegen gegaan worden.

2.4 Grondwaterconvenant Brabant

De grondwatervoorraad in Brabant staat onder druk. In drogere periodes is er steeds meer tekort aan water, dalen grondwaterstanden en vallen beeksystemen droog in de zomer. Verschillende partijen¹ zien de urgentie om samen aan het herstel van de grondwaterbalans te werken. In het Grondwaterconvenant 2021–2027 hebben deze partijen afspraken gemaakt over het vasthouden van meer water in watersystemen, minder grondwater te gebruiken, ruimtelijke aspecten om dit te bereiken, stimuleren van innovaties en governance.

In het convenant hebben de partijen afgesproken dat in 2027 de GVG 10 cm hoger is ten opzichte van 2022 in de lagere, soms al nattere delen van Brabant en 35 cm hoger in de hogere infiltratiegebieden. Hierdoor zal ook in bossen de beschikbaarheid van grondwater toenemen en zullen kwelsystemen en beekdalsystemen zich kunnen herstellen, inclusief de bossen die hiervan afhankelijk zijn. Ook door minder grondwateronttrekking en het vergroten van de grondwatervoorraad zal de waterbeschikbaarheid voor bomen en bossen vergroten. In het convenant wordt expliciet de link gelegd met de Bossenstrategie waarin afspraken zijn gemaakt over revitalisering van bossen, reductie van verdamping en vasthouden van water. Ook hebben in het convenant de natuurbeheerders afgesproken om samen met gebiedspartners te verkennen waar klimaatbuffers als watervoorziening in de zomer aangelegd kunnen worden en hoe deze ingezet kunnen worden voor aangrenzende gebruikers (landbouw). Ook door deze afspraken en daaruit voortvloeiende plannen zal de waterbeschikbaarheid in bossen toenemen en leiden tot een betere vitaliteit van bossen (Grondwaterconvenant 2021–2027, 2021).

2.5 Brabantse Ontwikkelaanpak Stikstof

Het streven volgens de Brabantse Ontwikkelaanpak Stikstof is dat in 2030 minimaal de helft van de hectares natuur in de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden op een aanvaardbaar stikstofniveau is. De huidige oppervlakte stikstofgevoelige natuur is 12.415 hectare en in 13 van de 15 N2000-gebieden is stikstof een knelpunt (Provincie Noord-Brabant, 2023). Door het verminderen van input en het creëren van bufferzones, zal de stikstofdepositie in N2000-gebieden verminderen en daarmee vermistening en verzuring van de bosbodems verminderen en daarmee de effecten op het hele ecosysteem (zie paragraaf 3.2.2).

¹ Waterschappen, ZLTO, natuurbeherende organisaties, drinkwaterbedrijven, Brabantse Milieufederatie en Provincie Noord-Brabant



3 Bosvitaliteit

Het Nederlandse bos vervult een veelheid aan maatschappelijke waarden en functies: klimaatmitigatie en –adaptatie, biodiversiteit, een prettige leefomgeving, de circulaire grondstof hout, etc. De ambitie uit de landelijke bossenstrategie is om vitaal bos met al deze functies door te geven aan toekomstige generaties. Maar het bos staat in toenemende mate onder druk als gevolg van onder andere klimaatverandering, stikstofdepositie, verzuring, verdroging en versnippering. Om die veranderingen op te kunnen vangen, moeten de bossen vitaal zijn. Hierbij gaat het enerzijds om de huidige kwaliteit én anderzijds om de mate waarin de huidige bossen weerbaar zijn tegen de effecten van klimaatverandering en de effecten van andere externe drukfactoren.

3.1 Definitie

Vitaal bos wordt als volgt gedefinieerd: “Een vitaal bos is een bosesysteem dat, nu en in de toekomst, verstoringen en milieuveranderingen kan ondervangen en zich hieraan aanpast waardoor de aan het bos gebonden biodiversiteit en diensten zich kunnen handhaven en ontwikkelen.” Deze definitie is overgenomen uit het project “Onderzoek naar kleinschalig en klimaatslim bosbeheer” dat onderdeel uitmaakt van het MMIP Bomen, Bos en Natuur dat Stichting Probos, Bosgroepen en Wageningen UR uitvoeren.

De definitie van vitaal bos in het rapport *Revitalisering Nederlandse bossen* (Thomassen et al., 2020) wordt verder toegelicht. Vitaal bos wil zeggen dat:

- 1 Dat de bossen weerbaar zijn tegen extreme omstandigheden (zoals droogte, storm, nieuwe boomziekten of massaal voorkomen van plaaginsecten).
- 2 De bossen in staat zijn te herstellen na het plaatsvinden van catastrofes (bijvoorbeeld uitvallen van boomsoorten, bosbrand of (lokaal) verdwijnen van soorten)
- 3 De bossen in staat zijn zich aan te passen aan onzekere toekomstige omstandigheden (bijvoorbeeld minder neerslag en hogere temperatuur, vestiging van nieuwe soorten, toename van ziektes en plagen)
- 4 Dat bossen, in het geval dat het beheer gestaakt wordt, zich onder het veranderende klimaat ontwikkelen naar zelfregulerende bossen.

De meest relevante aspecten van vitaal, veerkrachtig bos zijn:

- Gezonde bodems met voldoende bodemleven, buffercapaciteit en beschikbaarheid van nutriënten
- Gezonde waterhuishouding en vochtleverend vermogen van de bodem
- Boomsoortenmenging, diversiteit aan boomsoorten
- Boomsoortensamenstelling die past bij de groeiplaats, ook bij klimaatverandering
- Gevarieerde bosstructuur, zowel horizontaal als verticaal
- Functionele soortengroepen van flora en fauna aanwezig
- Voldoende aanwezigheid van habitats voor bosgebonden soorten
- Passende wildstand
- Genetische kwaliteit en diversiteit

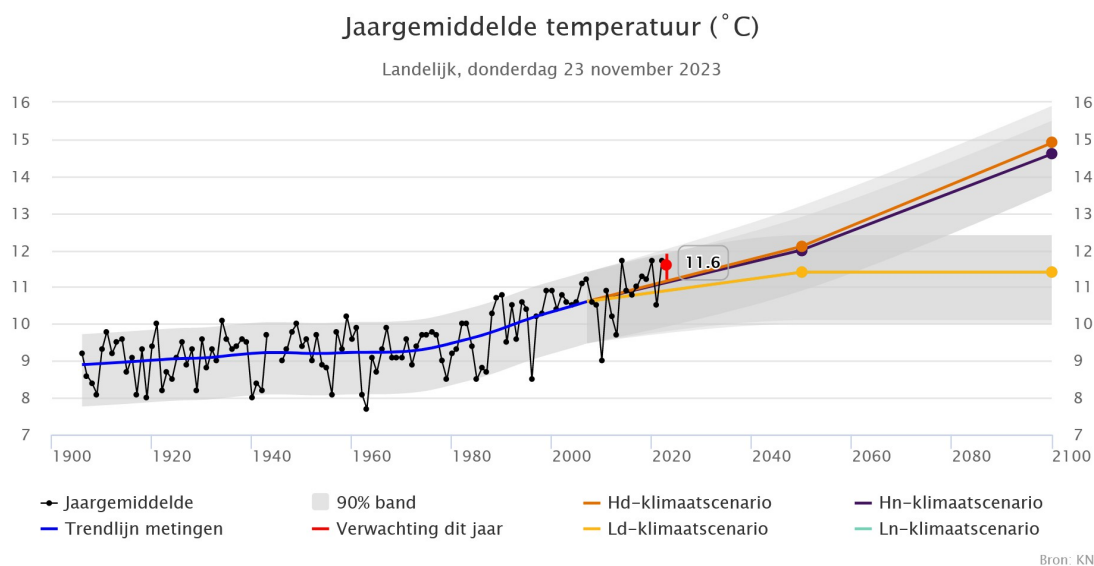


3.2 Drukfactoren

Er zijn verschillende variabelen en drukfactoren die van invloed zijn op de vitaliteit van bossen:

3.2.1 Klimaatverandering

De KNMI heeft dit jaar bijgewerkte klimaatscenario's gepubliceerd. Hier worden kort een paar gegevens uit deze publicatie samengevat. In Nederland is de temperatuur sinds 1906 met ruim twee graden gestegen. Daarmee is de temperatuur in Nederland bijna twee keer zo snel gestegen als het wereldgemiddelde (1,2 graden stijging). De grootste opwarming heeft in de laatste 30 jaar plaatsgevonden (KNMI, sd).



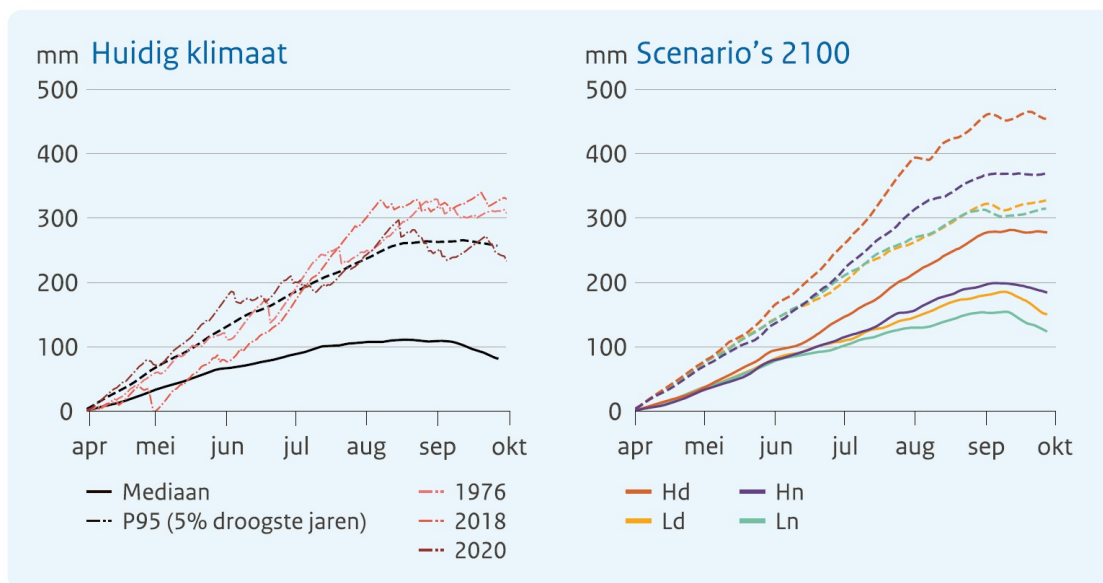
Figuur 3 – 1. Landelijk jaargemiddelde temperatuur van Nederland vanaf begin 1900 tot nu, met daarin afgebeeld de vier KNMI klimaatscenario's. De Hoge uitstootscenario's (H) gaan uit van een scenario waarbij de uitstoot blijft toenemen tot 2080 en daarna afvlakt. De wereldwijde opwarming komt dan naar schatting uit op 4,9 graden. Het Lage uitstootscenario (L) gaat uit van snelle vermindering van uitstoot en verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer waarbij temperatuurstijging wordt beperkt tot 1,7 graden in 2100. Het natte scenario (n) gaat uit van een sterk winters die sterk vernatten en zomers die licht verdrogen. Het droge scenario (d) gaat uit van winters die licht vernatten en zomers die sterk verdrogen (<https://www.knmi.nl/klimaat>).

Voor de toekomst wordt een verdere opwarming verwacht die het sterkst is in de lente- en zomerperiode. De verwachting is dat de opwarming het hoogst zal zijn op de warmste zomerdagen en de koudste winterdagen. In de winter wordt een aanzienlijke afname van het aantal ijsdagen verwacht, terwijl voor de zomer een aanzienlijke stijging van het aantal zomerse dagen (+25 °C) wordt voorspeld. Nu zijn er 28 zomerse dagen, terwijl dat er in het hoge scenario 49 dagen zouden worden in 2050 en 89 in 2100. In de lage scenario's komen er 40 zomerse dagen voor. Een temperatuur van 40 graden hebben we in Nederland nog maar 1 keer meegemaakt sinds het begin van de metingen, maar komt in de hoge scenario's bijna ieder jaar voor.

In de zomer gaat het minder regenen en gaat meer vocht verloren door verdamping. Daardoor zal de droogte en dus het neerslagtekort toenemen. In het meest hoge en droge scenario van de KNMI zal het gemiddelde jaarlijkse neerslagtekort gaan lijken op de droogste jaren die er tot nu toe zijn geweest (Figuur 3-2) (KNMI, sd).

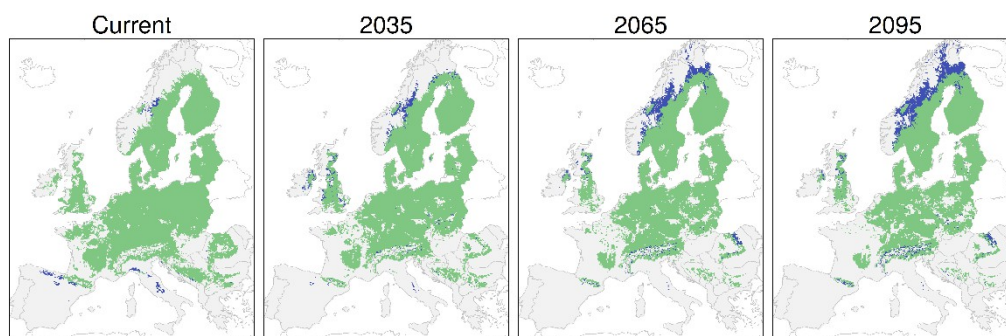
Neerslagtekort nu en rond 2100

Neerslagtekort neemt toe



Figuur 3 -2. Neerslagtekort nu en rond 2100. In het Hoge en droge scenario zou een neerslagtekort als in 2018 en 2020 als een normaal jaar gezien kunnen worden (KNMI'23 Klimaatscenario's).

Nu al zag je in de droge en hete zomers van 2018, '19 en '20 dat bomen te lijden hebben van die weersomstandigheden. De verwachting is dat de klimaatverandering zich uiteindelijk ook gaat vertalen in de verbreiding van boomsoorten. In een internationaal onderzoek zijn voorspellingen voor veranderingen in de verspreidingsgebieden van verschillende boomsoorten berekend aan de hand van een klimaatscenario (RCP4.5). Figuur 3 -3 laat als voorbeeld de voorspelling voor de verbreiding van ruwe berk zien waarbij volgens het model het veranderend klimaat zal leiden tot een verminderd voorkomen van de boomsoort in Nederland. Of en in welke mate het potentiële verspreidingsgebied verandert, verschilt per boomsoort.



Figuur 3 –3. Voorspelde verbreiding van ruwe berk in Europa onder klimaatscenario RCP4.5; een klimaat dat gezien wordt als een realistisch scenario voor de toekomst. Mauri A., Girardello M., Strona G., Beck P. S. A., Forzieri G., Caudullo G., Manca F. & Cescatti A., 2022. EU-Trees4F, a dataset on the future distribution of European tree species. Scientific Data 9, 37. DOI: [10.1038/s41597-022-01128-5](https://doi.org/10.1038/s41597-022-01128-5) Groen: mogelijk geschikt verspreidingsgebied. Blauw: potentieel verspreidingsgebied waar ruwe berk nog niet voorkomt vanwege dispersiebeperkingen.

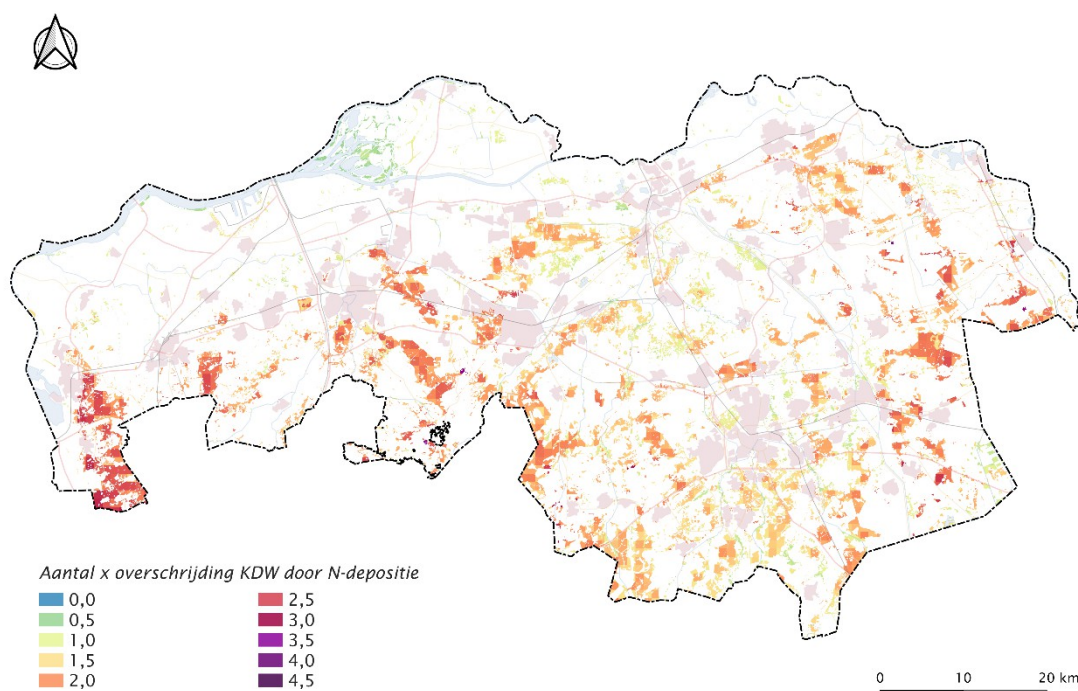
3.2.2 Stikstofdepositie en bodem

Een groot deel van de Brabantse bossen groeit op gronden die te lijden hebben van verdroging, vermesting en verzuring (zie paragraaf 5.2). Veel bos staat op de voormalige woeste gronden waar door eeuwenlang intensief gebruik zoals (over-)begrazing, houtoogst en plaggen relatief weinig mineralen beschikbaar zijn en het organische stofgehalte laag is. Naast de negatieve effecten op bodemvruchtbaarheid en vochtbeschikbaarheid, heeft dit gebruik ook negatieve effecten op het bodemleven. Dit zorgt ervoor dat bossen gevoelig zijn voor droogte en verdere verzuring.

Tegelijkertijd overschrijdt in een groot deel van de Brabantse bossen de stikstofdepositie de Kritische Depositiewaarde (KDW), zie Tabel 3 –1 en Figuur 3 –4. Deze overmaat heeft zowel directe als indirecte negatieve gevolgen, zoals eutrofiëring door een overmaat van N-beschikbaarheid, verzuring van bodem en water, uitspoeling en verminderde beschikbaarheid van essentiële nutriënten en directe toxiciteit door verhoogde aluminium beschikbaarheid. Maar de overmaat heeft ook indirecte gevolgen voor hele ecosystemen: door verschuivingen in de chemische samenstelling van planten verandert daarmee de samenstelling van hun bladeren die gegeten worden door bijvoorbeeld insecten, die op hun beurt gegeten worden door organismen hoger in de voedselketen. In dit rapport wordt de staat van de Brabantse bosbodems verkennend gekwantificeerd in paragraaf 5.6 Bodem.

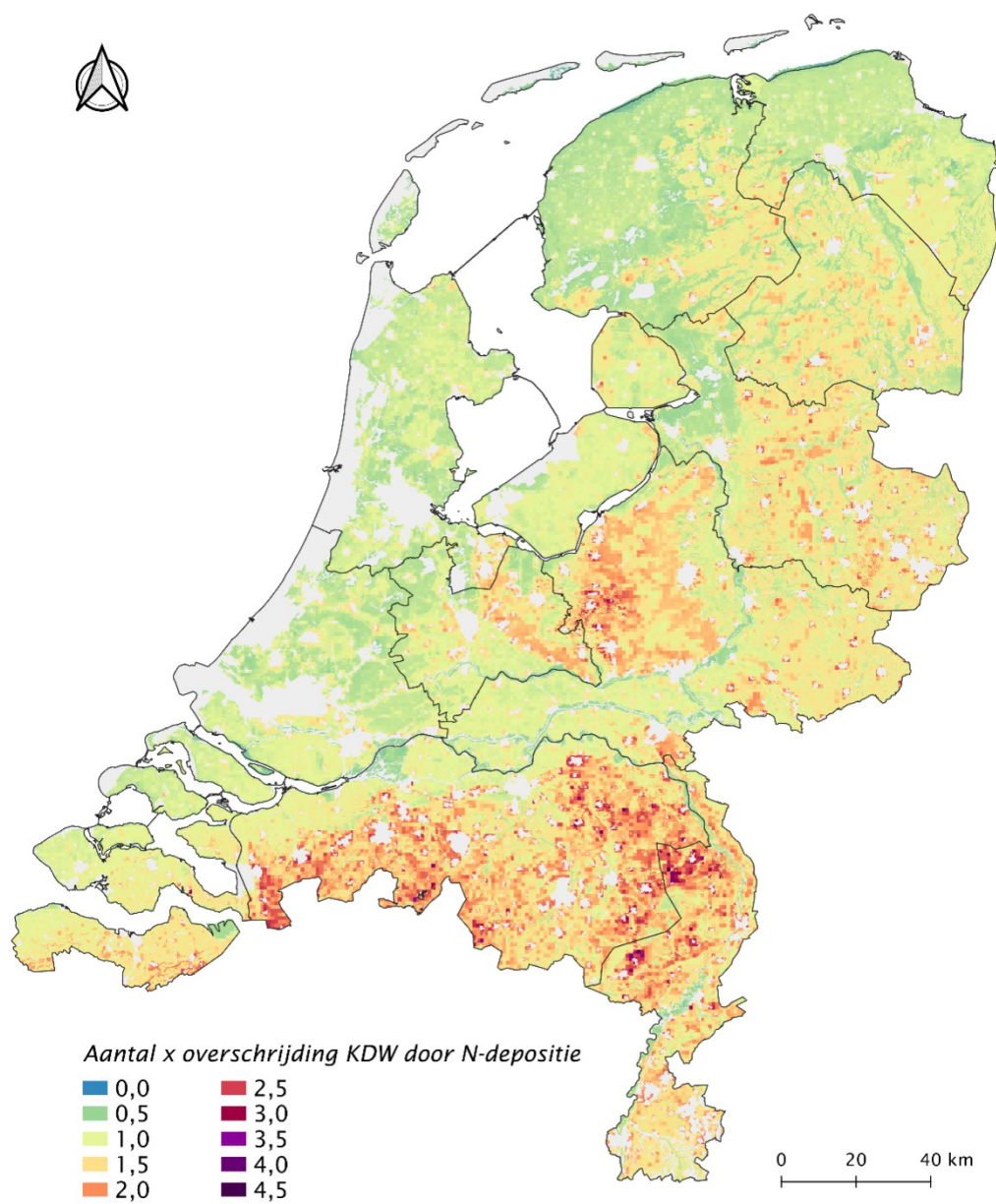
Tabel 3 –1 Oppervlakteaandeel van de mate waarin de Kritische Depositiewaarde (KDW) voor stikstof in de Brabantse bossen wordt overschreden. Zie Figuur 3 –4 voor de methode hoe deze klassen zijn bepaald

Depositie van stikstofverbindingen	Oppervlakteaandeel provincie Noord-Brabant
Minder dan 1 keer de KDW	6,77 %
Van 1 tot 2 keer de KDW	70,65 %
Van 2 tot 3 keer de KDW	22,49 %
Van 3 tot 4 keer de KDW	0,08 %
Vier keer de KDW en meer	0,02 %



Figuur 3 –4 Mate van onder-/overschrijding van de Kritische Depositiewaarde KDW van Ntot depositie in Noord-Brabant. Aan elk groeiplaatstype is een habitatype gekoppeld uit Wamelink et al. (2023) waarvan bijbehorende KDW is genomen. Vervolgens is de RIVM depositiekaart Ntotaal 2021 samengebracht met de Nederlandse bosgroeiplaatsenkaart. De kaart geeft daarmee een kwantificering van de mate van onder- of overschrijding van de KDW per bosgroeiplaatstype. De gele en rode kleuren tonen de bosgebieden waar de N-depositie de KDW overschrijdt. De blauw, groen en geelgroen tonen de bosgebieden waar de N-depositie onder de KDW voor bos blijft. Bossen vangen meer stikstof in dan andere terreintypen door het grote bladoppervlak en ruwe kronendak van bossen, waardoor de gebruikte Ntotaal gegevens een onderschatting zullen zijn.

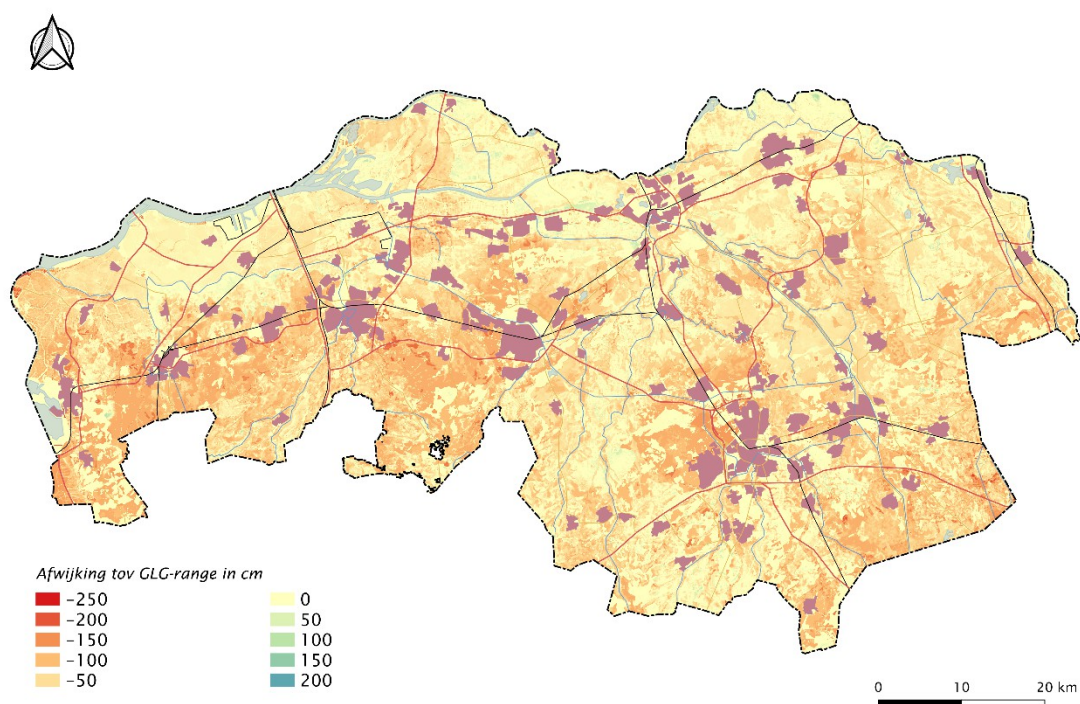
Dit probleem speelt natuurlijk ook in andere provincies, maar zoals in Figuur 3 –5 te zien valt, is Brabant één van de provincies waar de KDW het meest overschreden wordt. Dit komt zowel door de hoge depositie zelf, als de aanwezige bodemtypes in Brabant die heel gevoelig zijn voor een overmaat aan stikstofverbindingen.



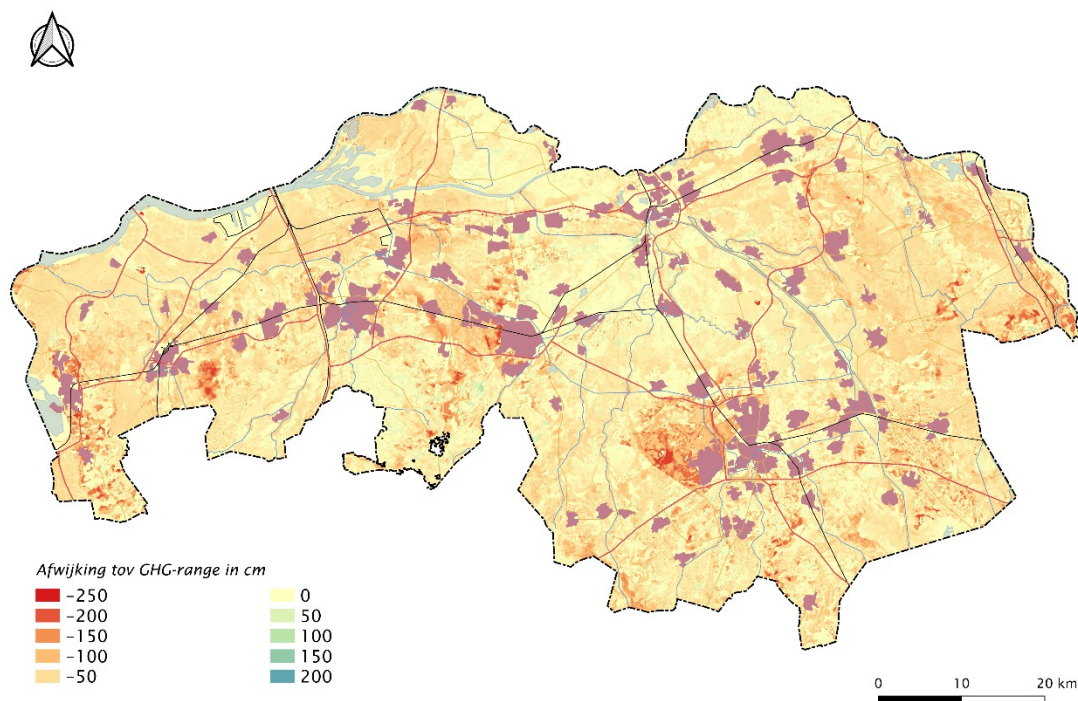
Figuur 3 –5 Mate van onder-/overschrijding van de Kritische Depositiewaarde KDW van Ntot depositie in Nederland. Aangepast uit Thomassen et al. (2020)

3.2.3 Hydrologie

In het verleden waren bodems in Brabant veel minder droog dan ze nu zijn, maar Brabant is op grote schaal verdroogd door ontwatering en grondwateronttrekking. Voor natuur levert dit nu al problemen op die in de toekomst door klimaatverandering versterkt zullen worden. Infiltratie van regenwater en aanvulling van het grondwater is verminderd, waardoor ook kwelstromen naar verder gelegen gebieden wegvallen. Toename van extreem weer en meerdaagse natte perioden kunnen in andere gebieden juist voor vernatting zorgen. Dat kan kansen bieden, maar ook een bedreiging zijn voor gebieden met voedselarme natuur waar dan voedselrijk water kan inunderen. Het Brabantse grondwaterconvenant beoogt de problematiek met de grondwaterbalans terug te dringen. Om een globaal beeld te krijgen van de verdroging van de Brabantse bossen zijn de huidige grondwaterstanden vergeleken met de theoretische natuurlijke grondwaterstanden die passen bij de aanwezige bodemtypen (voor de methode zie 4.2.4). Figuur 3 –6 laat de afwijking van het huidige grondwater ten opzichte voor de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) zien, terwijl Figuur 3 –7 hetzelfde weergeeft voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG).



Figuur 3 –6 De afwijking in cm van de huidige GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand) ten op zichte van de theoretische grondwaterstand behorend bij het aanwezige bodemtype. Rood is droger en blauw is natter ten opzichte van de referentie.



Figuur 3 –7 De afwijking in cm van de huidige GHG (gemiddelde laagste grondwaterstand) ten op zichte van de theoretische grondwaterstand behorend bij het aanwezige bodemtype. Rood is droger en blauw is natter ten opzichte van de referentie.

3.2.4 Bossamenstelling

Veel van onze bossen zijn als monocultuur aangeplant. Inmiddels zijn bossen door spontane ontwikkeling en veranderde inzichten in het bosbeheer gemengder, maar nog altijd betrekkelijk eenzijdig. Dit maakt bossen vatbaar voor soort-specifieke ziekten en plagen. Gerelateerd aan de soortensamenstelling en menging, zijn veel van onze bossen vanuit hun oorsprong structuurarm, zowel horizontaal als verticaal. De afgelopen decennia is hier meer aandacht voor en wordt in het beheer meer ruimte gegeven aan de ontwikkeling van meerdere boomlagen en verschillende ontwikkelingsfasen naast elkaar. Zowel gebrek aan soortendiversiteit als een beperkt ontwikkelde bosstructuur dragen bij aan een verminderde veerkracht van bossen tegen externe drukfactoren (Bosgroep Noord-Oost Nederland en Stichting Probos, 2022).

3.2.5 Wilddruk

Grote grazers zoals edelhert en ree zijn een belangrijk onderdeel van bosecosystemen. De soorten hebben een grote invloed op hun omgeving en faciliteren het voorkomen van verschillende andere soorten. Maar wanneer ze jaarrond in te hoge aantallen voorkomen, wordt door vraat de bosverjonging sterk belemmerd. En kan de soortensamenstelling in het bos door hun voorkeur voor nutriëntenrijke (loof)boomsoorten veranderen. Hoge wilddruk leidt tot een eenvormige soortensamenstelling in de nieuwe generatie en blokkeert daarmee de ontwikkeling van veerkrachtig bos (Reichgelt et al.,



2002). Bij bosrevitaliseringsmaatregelen kan een hoge wilddruk bijdragen aan forse extra kosten voor wilddescherming.

Uitgebreidere informatie over deze drukfactoren is te lezen in Thomassen *et al.* (2020) en Bosgroep Noord-Oost Nederland en Stichting Probos (2022).

3.3 Visie Brabantse terreineigenaren op bosvitaliteit

De Provincie Noord-Brabant heeft de provinciale bossenstrategie samen met terreinbeheerders en andere relevante partijen opgesteld en een daarbij bijbehorend actieplan gemaakt. Ook bij de uitvoering van de bossenstrategie en dus de revitaliseringsopgave, werkt de provincie samen met andere overheden en beheerders van de bossen in Brabant. Daarom zijn deze partijen betrokken bij de totstandkoming van dit rapport. In augustus en november 2023 is tijdens twee bijeenkomsten met vertegenwoordigers van Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Brabants Landschap, Brabants Particulier Grondbezit, Bosgroep Zuid Nederland en Provincie Noord-Brabant gesproken over wat we verstaan onder vitaal bos, welke maatregelen men nodig acht om toe te werken naar vitaal bos (revitalisering) en de gewenste prioritering. Daarnaast hebben deze vertegenwoordigers van genoemde organisaties feedback gegeven op het conceptrapport. Hun input is zo goed mogelijk in dit rapport verwerkt (zie bijlage 8).



4 Data-analyse

4.1 Gebruikte kaarten en bronnen bosvitaliteit

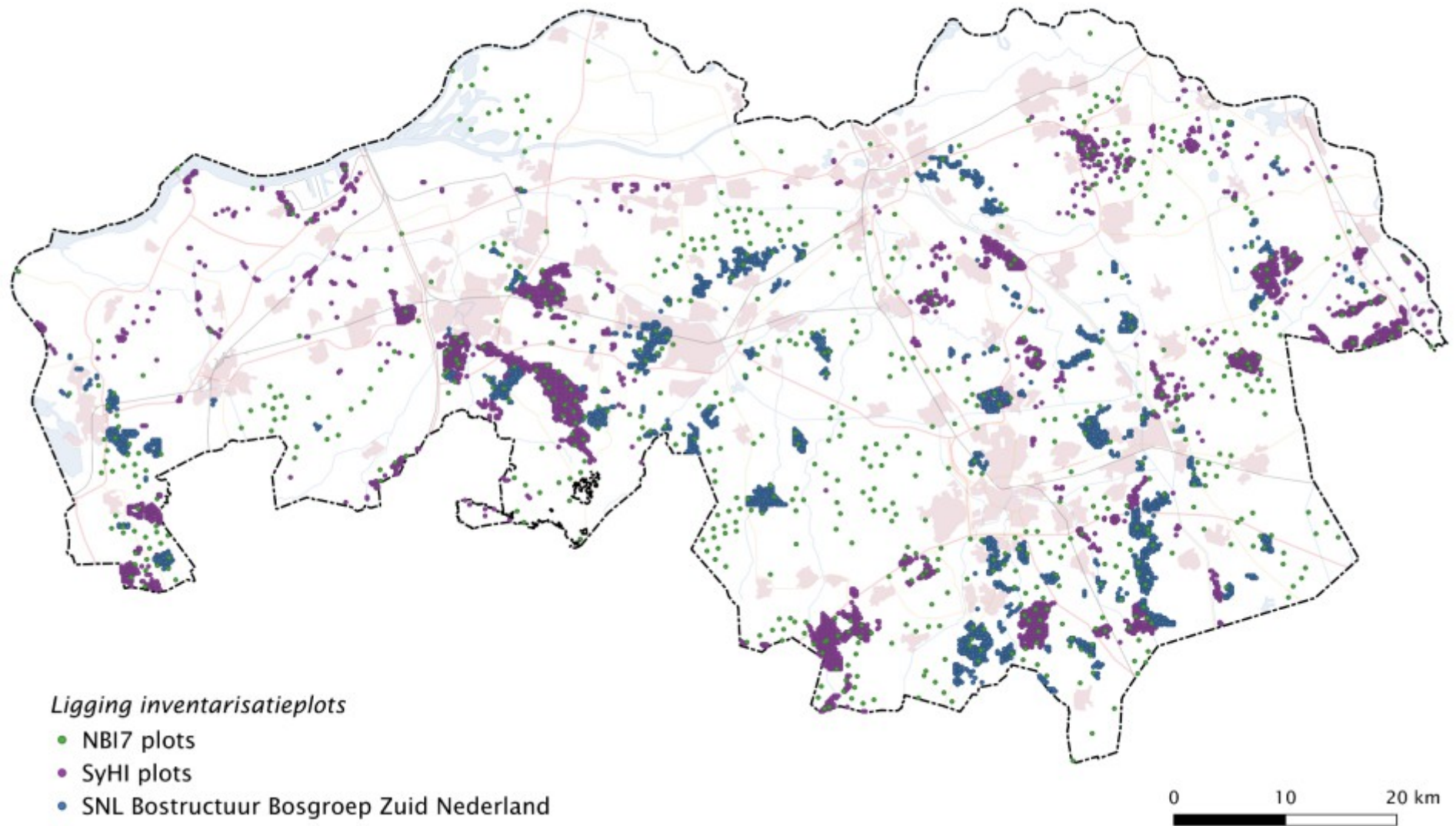
In het begin van dit project zijn de voor deze analyse beschikbare gegevensbronnen en kaarten in beeld gebracht. Deze zijn opgesomd in bijlage 1.

De basis wordt gevormd door plots uit de 7de Nationale bosinventarisatie (710 plots) en plots uit bosinventarisaties bij individuele boseigenaren (SyHI, 4033 plots). Deze data zijn aangevuld met gegevens over bosstructuur uit SNL-inventarisaties bij individuele boseigenaren die dateren uit de periode 2012 – 2022 (2290 plots) (Tabel 4–2). Met een totaal van ruim 7.000 plots, kan een representatief beeld gegeven worden van de verschillende kenmerken van de bossen in Noord-Brabant. In Figuur 4 –1 is de ligging van deze plots weergegeven.

Tabel 4–2 Overzicht aantal plots per gegevensbron.

Bron	Aantal plots	Periode dataverzameling
NBI-7	710	2017–2021
SNL Bosstructuur BgZN	2.290	2012–2022
SyHI	4.033	2007–2022

Daarnaast zijn kaarten zoals de Bodemkaart Nederland gebruikt in de analyse. Een totaaloverzicht van de gebruikte kaarten en gegevens is te vinden in bijlage 1.



Figuur 4 – 1 Kaart ligging gebruikte plots in de analyse met onderscheid in NBI7, SNL en SyHI+Woodstockplots



4.2 Methode

Voor de data-analyse zijn criteria toegepast zoals die in de SNL-monitoring worden gebruikt, aangevuld met criteria die worden opgesteld binnen het project Onderzoek naar kleinschalig en klimaatslim bosbeheer dat onderdeel uitmaakt van het MMIP² Bomen, Bos en Natuur dat Stichting Probos, Bosgroepen en Wageningen UR uitvoeren.

4.2.1 Bosareaal en bossenkaart

Voor de analyse is een eenduidige begrenzing van de bossen nodig die in dit rapport de bossenkaart genoemd wordt. De beheertypenkaart van het natuurbeheerplan voor 2023 van Provincie Noord-Brabant vormt de basis van de bossenkaart. Uit de beheertypenkaart zijn alle beheereenheden geselecteerd met een beheertype voor bos (N14 tot en met N17). De bosoppervlakte van de beheertypen Rivier- en moeraslandschap (N01.03) en Zand- en Kalklandschap (N01.04) is toegevoegd door de bossen met behulp van de Top10 kaart uit te snijden. Vervolgens zijn aanliggende lanen (L01.07) en houtwallen en singels (L01.02) hieraan toegevoegd.

4.2.2 Analyse bosstructuur

De data van de NBI7, SyHI en Woodstock data en SNL-bosstructuurdata van Bosgroep Zuid Nederland zijn regelmatig gecombineerd in de analyse van de Brabantse Bosstructuur. De data van de NBI en SyHI/Woodstock zijn steekproefsgewijze plotmetingen terwijl de gegevens van Bosgroep Zuid Nederland schattingen van boomsoortbedekkingen omvatten. Om deze gezamenlijk te kunnen analyseren zijn de gegevens van de Bosgroep gesampled met een grid van 200 x 200 meter. Aandelen van boomsoorten zijn gebruikt om tot structuurkenmerken te komen. Bij de data van de SyHI, Woodstock en NBI plots zijn dit verhoudingen van gemeten het grondvlak van boomsoorten, terwijl dit bij de Bosgroepgegevens schattingen van bedekkingen zijn.

Menging

De menging per plot is bepaald op twee manieren: de SNL-definitie van menging en een zwaardere maat van menging voor deze rapportage. Binnen de SNL geldt een bos als gemengd als de hoofdboomsoort een bedekking of grondvlak heeft van minder dan 80% van de totale bedekking of grondvlak, waarbij de hoofdboomsoort de soort is met het hoogste aandeel in het totaal. Deze definitie van menging is ongeveer 2 decennia geleden opgesteld en was toentertijd ambitieus: het merendeel van de Nederlandse bossen voldeed hier niet aan. Inmiddels voldoen veel Nederlandse bossen wel aan deze mengingsdefinitie en gezien de nieuwe en toekomstige omstandigheden wordt deze definitie niet meer voldoende robuust en klimaatbestendig geacht. De kans op het uitvallen van boomsoorten is sterk toegenomen en wanneer dit een hoofdboomsoort met een aandeel van bijna tachtig procent betreft, is dit een bedreiging voor vitaal bos. Voor bosrevitalisering is daarom door een consortium van bosexperts in opdracht van het ministerie van LNV¹ een nieuwe definitie opgesteld met als uitgangspunt dat er geen dominante hoofdboomsoort zou moeten zijn en er minimaal 3 substantieel aanwezig boomsoorten in de menging aanwezig

² MMIP staat voor Meerjaren Missiegedreven Innovatie Programma, een programma van het ministerie van LNV waarin beleidsondersteunend onderzoek wordt uitgevoerd naar revitalisering van bossen.



moeten zijn. Dat is vertaald naar de nieuwe definitie dat gemengd bos een maximale bedekking van 50% voor de hoofdboomsoort kent en minimaal 3 boomsoorten in het plot.

Exoten

Het aandeel exoten is bepaald aan de hand van de bedekking of het grondvlak per boomsoort. Zowel het aandeel inheemse/Europese boom- en struiksoorten volgens de SNL (zie Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS) als het aandeel inheemse soorten waarin Europese ingeburgerde boomsoorten wel zijn geclassificeerd als exoot zijn doorgerekend. Daarnaast is ook het aandeel invasieve exotische boomsoorten bepaald op basis van de als invasief aangemerkte soorten door de NVWA (NVWA, 2023). In Bijlage 2 zijn deze lijsten opgenomen. In de Subsidieregeling Natuur en Landschap wordt het aandeel Europese boomsoorten gemonitord en in lijn met de SNL-beoordeling scoort een bos één punt als de bedekking van Europese soorten hoger is dan 60% en een twee punten als die hoger is dan 80%.

Aandeel rijkstrooisel

Boomsoorten met rijkstrooisel leveren een positieve bijdrage aan de bodemontwikkeling en de vocht- en nutriëntenbeschikbaarheid. Onderzoek wijst uit dat vanaf een bijmenging van ongeveer 30% dit effect aantoonbaar wordt (Desie, Vancampenhout, & Muys, 2021). Van alle aanwezige boomsoorten is bepaald of het een rijkstrooiselsoort is (zie Bijlage 3). Per plot is het aandeel rijkstrooiselsoorten in de menging inheemse, uerekend. Vanaf een aandeel van 30% beschouwen we het aandeel als 'voldoende', in praktijk blijft het effect toenemen bij toenemend aandeel. Dit criterium wordt ook gehanteerd door het eerder genoemde consortium van bosexperts dat werkt in opdracht van het ministerie van LNV en wordt de komende jaren middels praktijkproeven nader getoetst.

In deze analyse is gekozen voor twee categorieën: rijk- en arm-strooiselboomsoorten. In praktijk zijn er verschillende gradaties waarin boomsoorten in staat zijn via hun strooisel de bodem te beïnvloeden. Zogenaamde neutraal-strooisel boomsoorten zijn hier tot de rijkstrooiselsoorten gerekend, waardoor bijvoorbeeld ook berk als rijkstrooisel is geclassificeerd. Zie bijlage 3 voor de gebruikte indeling.

Droogtetolerantie

Niinemets en Valladaris (2006) hebben een droogtetolerantie per boomsoort gepubliceerd op een schaal van nul tot en met vijf, waarbij nul het minst droogtetolerant is en vijf het meest. Grove den heeft op de schaal bijvoorbeeld een waarde van 4,34, zomereik 2,95 en ruwe berk 1,85. Per bosgroeiplaats is gebaseerd op het grondvlakaandeel van alle voorkomende boomsoorten een gemiddelde droogtetolerantie berekend. Houd er bij de interpretatie van de resultaten rekening mee dat hittetolerantie niet hetzelfde is als droogtetolerantie. Bijvoorbeeld grove den heeft een hoge droogtetolerantie, maar komt vooral voor in meer gematigde en koude streken.

Bosstructuur en struiklaag

Gelaagd bos met een goede bosstructuur bestaat uit bos met meerdere boom- en struiklagen boven elkaar. In dit rapport is de SNL-definitie aangehouden waarbij bos als

voldoende gelaagd is gedefinieerd als bos met een struiklaag die minimaal 25% van de oppervlakte bedekt.

Bosverjonging

De aanwezigheid van bosverjonging zorgt ervoor dat bos bos blijft en de bosfuncties ook in de toekomst vervuld kunnen worden. Zowel de aantallen als de soortdiversiteit zijn geanalyseerd. Verjonging wordt gedefinieerd als een boom vanaf een halve meter hoog en met een dbh minder dan 5 centimeter. Traditioneel worden in Nederland vaak ongeveer 4.500 stuks bosplantsoen per hectare geplant bij de aanleg van nieuw bos, met dat aantal kan zich normaal gesproken een kwalitatief goede houtopstand ontwikkelen. Met lagere aantallen kan ook voldoende kwaliteit bereikt worden, mits voldoende verzorging wordt toegepast. Tegenwoordig wordt daarom 2.000–2.500 stuks per hectare vaak als ondergrens aangehouden: dan staan er voldoende individuen voor toekomstige bosontwikkeling. In de indeling in categorieën voor deze analyse is 2.000 stuks per hectare als grens genomen, zodat lagere categorieën beter naar voren komen. Voor de analyse van de bosverjonging zijn alleen de SyHI/Woodstock en NBI-gegevens gebruikt, omdat in de andere gegevensbronnen geen aantallen voor de bosverjonging beschikbaar zijn.

4.2.3 Bodemcondities

Om een beeld te krijgen van de huidige biochemische toestand van de bosbodems in de provincie is gebruik gemaakt van de resultaten van verschillende bodemonderzoeken die door Bosgroep Zuid Nederland zijn verzameld. De data zijn afkomstig uit verschillende onderzoeken, vaak vooronderzoek ten behoeve van herstelmaatregelen maar ook andere onderzoeken waar bodemgegevens nodig waren. De basenverzadiging, pH en Al/Ca-ratio zijn beschouwd als parameters voor de kwaliteit van de bodem. Voor deze analyse zijn de gegevens van de toplaag gebruikt (steeds <30cm) en gebruiken we de basenverzadiging, de pH_{NaCl} (pH_{NaCl} ligt 1 punt lager dan $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) en de Al/Ca-ratio. Deze toplaag is een goede indicatie van de bodemcondities provincie breed. Voor een compleet beeld en het kunnen bepalen van benodigde maatregelen, is lokaal nader bodemonderzoek nodig. Tabel 4 –2 geeft aan welke ranges gehanteerd worden in dit rapport. Lees meer hierover in bijlage 4

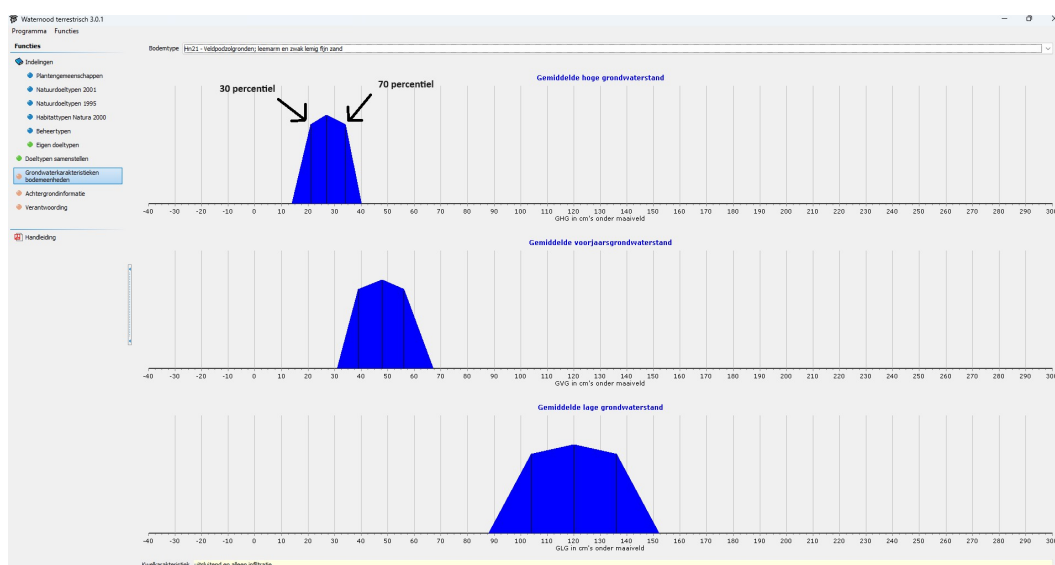


Tabel 4 –2 Parameters en ranges gehanteerd in de analyses.

parameters	Sterk verzuurd, ook voor zure bostypen ongunstig	Voor rijkere bodems sterk verzuurd (holtpodzol, beekeerd, enkeerd, gooreerd, moerige podzol)	Op arme bodems (haarpodzol, stuifzand, veldpodzol)	Goed gebufferd bostype, waarschijnlijk geen verzuringssnelpun t
Al/Ca (mol/mol)	>2	2–1	2–1	<1
BV (%)	<10	10–30	10–30	>30
pH _(H2O)	<4	4–5	4–5	>5
pH _(NaCl)	<3	3–4	3–4	>4

4.2.4 Hydrologie

Verdroging is een belangrijk probleem in de Brabants natuur; vroeger waren grote delen van Brabant veel natter. Om dit probleem in kaart te brengen en te visualiseren zijn de huidige grondwaterstanden vergeleken met de waarschijnlijk historische grondwaterstandranges. Verschillende bodemtypen ontwikkelen zich onder een bepaald grondwaterregime. Inmiddels is dit grondwaterregime veranderd, maar de bodems zijn nog steeds herkenbaar. In de applicatie ‘Waternood – hydrologische randvoorwaarden natuur’ is per bodemtype een grondwaterrange aangegeven waarin deze bodemtypen van nature voorkomen. Met de bodemkaart en het grondwatermodel van 2005 is gekeken hoeveel de huidige grondwaterstand boven of onder de aangegeven range van de Waternood zit. Voor de range is gebruik gemaakt van het 30^{ste} en 70^{ste} percentiel zoals dat in de applicatie wordt weergegeven Figuur 4 –2.



Figuur 4 –2 Range van grondwaterstanden van een bodemtype in Waternood.



4.3 Bepalen revitaliseringsnoodzaak

In 2023 hebben de Bosgroepen de [Beslisboom revitalisering bosgroeiplaats](#) gepubliceerd. Deze beslisboom biedt handvatten voor beheerders en ecologen een bosgroeiplaats te analyseren en tot mogelijke herstelmaatregelen te komen. Deze beslisboom bevat vragen over type bosgroeiplaats, aanwezige vegetatie, historische en huidige hydrologie, mate van buffering van de bodem en het humusprofiel. Beantwoording van deze vragen leidt tot een aantal mogelijke maatregelen.

De aanpak van deze beslisboom (Bosgroepen, 2023) is omgezet in een GIS-model waarmee de revitaliseringsopgave van de bossen van Noord-Brabant is ingeschat vanuit de groeiplaatskenmerken. Het GIS-model maakt op basis van verschillende abiotische factoren een inschatting van mogelijkheden tot hydrologisch herstel, aanplant strategie en toepassing van steenmeel binnen een bosgroeiplaats. De bosstructuur maakt geen onderdeel uit van het model.

Het model geeft een algemeen beeld van de mogelijkheden op een hoog schaalniveau. Plaatselijke omstandigheden kunnen in de resultaten over- en onderschat worden en de modelresultaten zijn dan ook niet bedoeld voor directe vertaling naar maatregelen in het bos. Een analyse van de lokale terreinomstandigheden is steeds nodig, zodat kansrijke kleinschalige afwisseling herkend en benut wordt. Bijvoorbeeld kunnen in gebieden die door het model grootschalig als een groeiplaats voor kwartiermakers wordt geïdentificeerd, lokaal rijkstrooiselsoorten beter passen. De input is niet fijnmazig genoeg om die details te kunnen identificeren. De grootschalige analyse in deze rapportage geeft een beeld van de hoeveelheden over provincie Noord-Brabant..

4.3.1 Databronnen

Voor de uitvoer van het model zijn verschillende databronnen nodig. De gebruikte geografische data is opgenomen in Tabel 4 –3.

Tabel 4 –3 Invoerdata van het GIS-model voor de revitaliseringsopgave

Databron	Gebruik	Datatype
Bossenkaart	Begrenzing van de analyse	Vector (polygoon)
GeoTOP 1.5, Lithografie	Bovenste 2 meter aanwezigheid leem of klei	4 rasters (100x100)
Grondwatermodel 2005	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)	Raster (25m x 25m)
	Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG)	Raster (25m x 25m)
	Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)	Raster (25m x 25m)
	Kwel	Raster (250m x 250m)
Bodemkaart	Bodemtypen	Vector (polygoon)
Geomorfologische kaart	Geomorfologische landvormen	Vector (polygoon)
Steenmeellocaties	Locaties waar eerder steenmeel is toegepast	Vector (polygoon)

In bijlage 6 is een flowchart opgenomen van de werking van de beslisboom in het GIS-model en de stappen en bewerkingen die gedaan worden.

4.3.2 Resultaat bosgroeiplaats

De uitvoer van het model bestaat uit een set vlakken met de begrenzing van specifieke maatregelen. De begrenzing van een vlak is afhankelijk van de analyse en de ruimtelijke overeenkomsten tussen de verschillende invoerlagen. Het model geeft per vlak de volgende categorieën terug (Tabel 4 –4):

Tabel 4 –4 Uitvoer van het GIS-model voor de revitaliseringsopgave

Categorie	Maatregel
Hydrologie	Hydrologisch herstel
Aanplantstrategie	Laageisende soorten (kwartiermakers) op arme bodems
	Arme bodem met leem
	Rijkstrooiselsoorten op goede groeiplaatsen
Bodem met nutriëntentekort	

Hydrologisch herstel

Hydrologisch herstel is toegekend wanneer de bodem bestaat uit veen en de GHG dieper dan 40 cm onder maaiveld ligt, of wanneer een van de volgende geomorfologische landvormen aanwezig zijn: Beekdalbodem, Beek(dal)overstromingsvlakte, Glooiing van beekdalzijde, Dalvormige laagte, Beekdalbodem met meanderruggen en geulen, Laagte zonder randwal.

Aanvullend is, met de bodem- en grondwaterkaart en de hydrologische randvoorwaarden van grondwaterafhankelijke bodemtypes uit Waternood (zie bijlage 7), bepaald in hoeverre locaties zijn verdroogd ten opzichte van de referentiesituatie. Daarvoor is gekeken of de huidige grondwaterstanden (GLG en GHG) binnen of buiten de gegeven 30 dan wel 70 percentiel waarden van een bodemtype liggen. Wanneer de grondwaterstand buiten de range ligt is er bepaald hoeveel de grondwaterstand hoger ligt dan het 30 percentiel dan wel lager ligt dan het 70 percentiel.

Wanneer het grondwater momenteel minder dan 50cm onder de referentierange zit, is „hydrologisch herstel“ toegewezen. De verwachting is dat het grondwaterregime in dit gebied binnen de referentierange kan komen bij hydrologisch herstel op landschapsschaal, bijvoorbeeld bij uitvoering van het grondwaterconvenant.

De berekende oppervlakte betreft het **effectgebied** van het hydrologisch herstel. Binnen dit areaal zal hydrologisch herstel een wezenlijke invloed hebben op het boscossysteem. Het maatregelgebied kan duidelijk groter zijn en regelmatig zullen ingrepen buiten het berekende effectgebied nodig zijn. De analyse is een grootschalige analyse waarin kansen voor kleinschaliger hydrologisch herstel niet geïdentificeerd worden. Omdat ook maatregelen buiten het berekende effectgebied noodzakelijk zijn en meer kleinschalige kansen niet zijn meegenomen is berekende oppervlakte een onderschatting van de werkelijke mogelijkheden.

Laageisende soorten (kwartiermakers) op arme bodems

De maatregel inbrengen van laageisende soorten is toegekend wanneer de bodem bestaat uit leemarme xerozandvaaggronden of leemarme podzol niet zijnde een holtpodzol. Met laageisende soorten worden soorten bedoeld met neutraal strooisel die



goed kunnen groeien op voornoemde bodemtypen en daarmee kunnen zorgen dat de bodemkwaliteit (matig) verbetert. Meereisende rijkstrooiselsoorten stellen hogere eisen aan de bodem en kunnen op deze bodems (nog) niet uit de voeten of kennen een zeer trage groei. Kwartiermakers kunnen de groeiplaatsomstandigheden verbeteren en mogelijk de groeiplaats voorbereiden op opvolgersoorten.

Arme bodem met leem

Aanplant van soorten geschikt voor groeiplaatsen met leem wordt toegekend wanneer de voorwaarden voor laagereisende soorten gelden maar er op minder dan 2m diepte een leemlaag aanwezig is die boven de GVG uit komt.

Rijkstrooiselsoorten op goede groeiplaatsen

Bij alle overige bodemtype wordt rijkstrooisel toegekend.

Bodem met nutriëntentekort

Alle podzolgronden, xerozandvaaggronden en leemarme vlakvaaggronden worden door het model in een eerste stap aangemerkt als bodem met nutriëntentekort. Delen waar al eerder steenmeel is toegepast worden vervolgens uitgesloten. Ook bodems waar de GHG kleiner is dan 10cm onder maaiveld of wanneer de GHG kleiner is dan 40 cm onder maaiveld en er kwel aanwezig is worden uitgesloten.

Bosstructuur

Om te komen tot een algemeen beeld van de kwaliteit van de bossamenstelling in Noord-Brabant is een score per plot berekend die vervolgens is geïnterpoleerd over de provincie om een gebiedsdekkende waarde te krijgen. In de Tabel 4 –5 zijn de gebruikte parameters opgenomen met de bijbehorende grenswaardes en scores. Alle parameters krijgen een gelijke score, maar menging heeft extra gewicht omdat twee parameters over menging gaan. Dit weerspiegelt het belang van diversiteit voor vitaliteit.

Tabel 4 –5 Parameters en grenswaardes gebruikt voor de score voor de bosstructuur.

Parameter	Grenswaarde	Score
Menging SNL*	Hoofdboomsoort <80%	1
Menging Bosrevitalisering	Hoofdboomsoort <50 en ≥3 boomsoorten	1
Droogtebestendigheid	Gemiddelde droogteresistentie ≥ de berekende mediaan van de groeiplaats	1
Rijkstrooisel	≥30% aandeel rijkstrooisel	1
Bedekking struiklaag*	≥25% bedekking struiklaag	1
Aanwezigheid verjonging	≥2.000 st/ha (SyHI/Woodstock/NBI) of ≥20% bedekking (SNL-bosstructuur bosgroep Zuid Nederland)	1

* parameter wordt ook gebruikt voor de kaart met enkel de SNL parameters

Bosverjonging is in de rest van de analyse enkel uitgerekend voor SyHI/woodstock en NBI, maar voor deze totaalscore zijn plots van data van Bosgroep Zuid Nederland meegenomen. Deze hebben een waarde van 1 gekregen als de bedekking van de verjonging groter, of gelijk aan, twintig procent is.



4.4 CO₂-vastlegging

Revitalisering is gericht op behoud van bosgebonden biodiversiteit en –diensten van het bos. Vastlegging van CO₂ is één van die diensten. Onbekend is wat er met de CO₂-voorraad in het bos gebeurt wanneer er géén revitaliseringsmaatregelen genomen worden en de vitaliteit van het bos achteruit gaat.

Voor het effect van revitaliseringsmaatregelen op de CO₂ –voorraad in bossen zijn indicaties bekend:

- Kengetallen voor twee maatregelen
- Indicatieve classificaties van een brede range aan maatregelen

Op basis van de WENR-kengetallen is een berekening gemaakt wat de additionele vastlegging van CO₂ zal zijn op basis van de voorgestelde maatregelensets in de verschillende periode (Wageningen UR, Stichting Probos, Arboribus Silva, 2022). De beschikbare kengetallen zijn niet bekend voor de gehele maatregelensets, zie Tabel 4 –6.

Tabel 4 –6 Overzicht CO₂-opbrengst per maatregel. Overgenomen uit Wageningen UR et al. (2022).

Maatregel	Eenheid	CO ₂ -effect	
		<10 jaar na de ingreep	>10 en <50 jaar na de ingreep
Uitstellen van oogst	Ton CO ₂ -eq hectare ⁻¹ jaar ⁻¹	2,0 – 25,0	2,0 – 25,0
Revitalisering dennenbos	Ton CO ₂ -eq hectare ⁻¹ jaar ⁻¹	0,7 – 3,4	1,4 – 6,8

Zoals te zien in de tabel 4–6, zijn de ranges ruim. De vastlegging van CO₂ in bossen hangt namelijk sterk af van boomsoorten, mengverhouding, groeiplaats en andere omstandigheden. Voor het berekenen van de mogelijke additionele vastlegging in gerevitaliseerde dennenbossen is op basis van het voorkomen van de hoofdboomsoorten grove den en zwarte den het aandeel in hectares van deze soorten berekend. Voor het uitstellen van oogst is de oppervlakte genomen die voorgesteld wordt om als OAD-netwerk in te richten (10% van de totale bosoppervlakte in Noord-Brabant): daar zal niet tot nauwelijks geoogst worden en zullen de bomen hun gehele levenscyclus doorlopen. Voor het berekenen van de revitaliseringsopgave in dennenbossen zijn de oppervlaktes van bossen met de hoofdboomsoorten grove den en zwarte den bepaald.

Daarnaast is door Wageningen Environmental Research in 2022 een aanvullende tabel opgesteld met een overzicht van het effect van revitaliseringsmaatregelen op de CO₂-vastlegging (Hendriks, 2022). De impact is in deze tabel geclassificeerd als (1) positief, (2) negatief, (3) positief of negatief, (4) geen of weinig effect en (5) effect onbekend. Voor de revitaliseringsmaatregelen die niet in CO₂-vastlegging gekwantificeerd konden worden volgens Wageningen UR et al. (2022), is deze indicatieve classificatie overgenomen.



Op dit moment werkt Wageningen Environmental Research aan het kwantificeren van de maatregelen:

- Inbrengen meng/rijkstrooiselsoorten;
- Verhogen aandeel dood hout (die cijfers worden grotendeel gebaseerd op een rapport over uitstellen van oogst);
- Beschermen tegen wildvraat.

Deze cijfers worden eind 2024 verwacht.

De overige maatregelen, zoals hydrologisch herstel, het introduceren van bodemorganismen en nutriëntengiften hebben experts van o.a. Wageningen Environmental Research doorgesproken, zij concludeerden dat het eventuele effect van die maatregelen sterk locatie-afhankelijk is en binnen een periode van 10 jaar nauwelijks effect zullen hebben op de CO₂-vastlegging. Er zijn nog geen plannen voor onderzoek naar effecten van deze maatregelen.

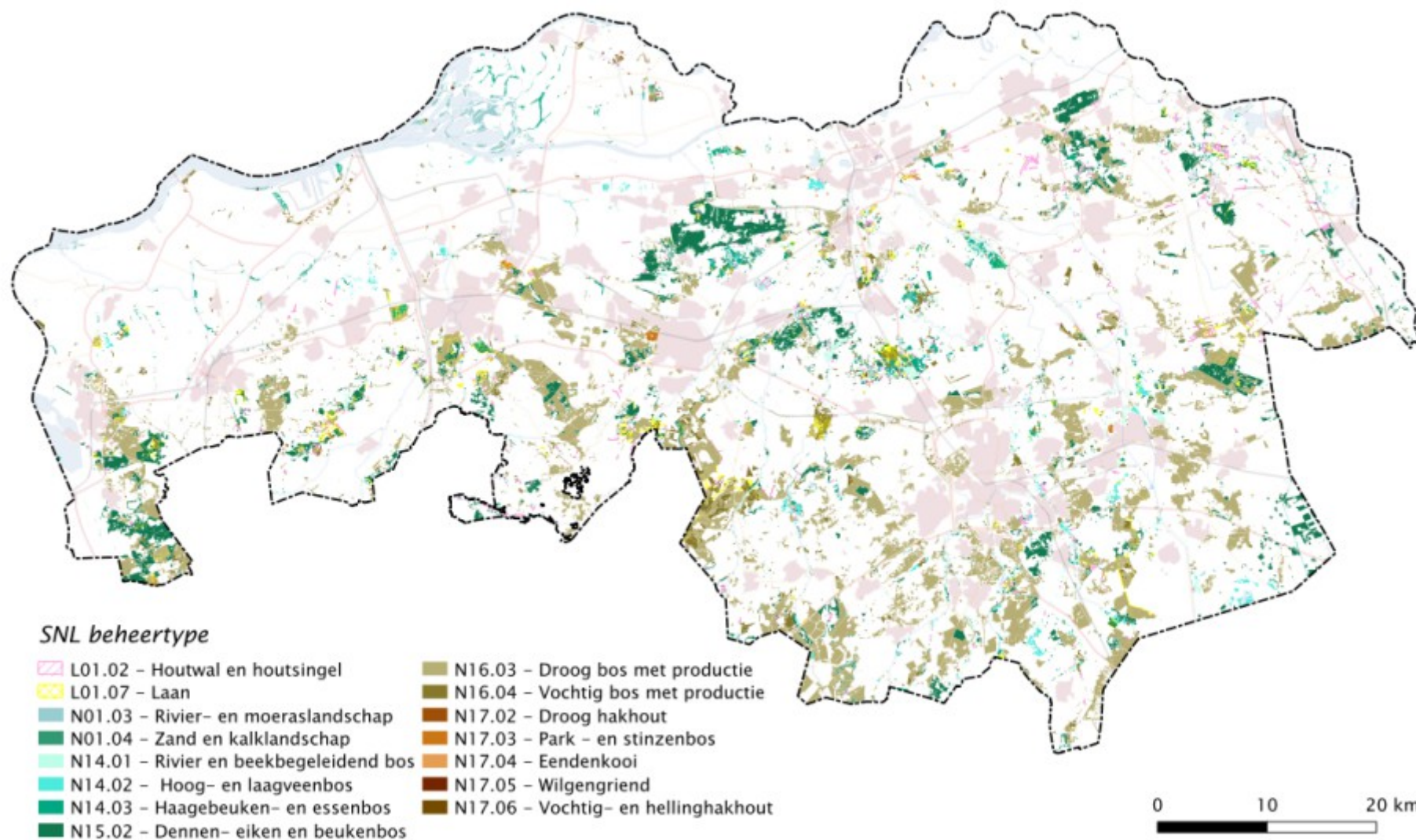
5 Huidige staat Noord-Brabantse bossen

5.1 Ligging en beheertypen

In de provincie ligt totaal ongeveer 71.350 hectare bos. Dit is ongeveer 14% van het totale grondgebied en is hoger dan het Nederlandse gemiddelde (11%) (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2023). De bossen liggen verspreid door de provincie. Het merendeel van de bossen kan gekenmerkt worden als droog (en in mindere mate als vochtig) bos met productie (39.699 hectare resp. 6.286 hectare) en dennen-, eiken-, en beukenbos (16.451 hectare). Van de in totaal 71.358 hectare bos ligt 14.306 hectare binnen Natura 2000-gebieden. Het aandeel bos binnen en buiten N2000-gebieden verschilt sterk per natuurtype: de bossen in het rivier- en moeraslandschap liggen bijna allemaal binnen N2000 (97%), terwijl dat voor bossen met productie veel lager ligt (8-12%) of zelfs afwezig is in N2000-gebieden in het geval van droog hakhout, zie Tabel 5-1 en Figuur 5-1.

Tabel 5-1. Overzicht van de natuurtypen op de beheertypenkaart van provincie Noord-Brabant (NBP2023, datum) en de oppervlakte per beheertype dat begrensd is als Natura2000 gebied. De oppervlaktes van de beheertypen N01.03 en N01.04 betreffen de oppervlakte bos van de Top10NL binnen dat beheertype.

	Natuurtype	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte N2000 (ha)	Percentage van natuurtype in N2000
L01.02	Houtwal en houtsingel	327	32	10%
L01.07	Laan	436	66	15%
N01.03	Rivier- en moeraslandschap	1.176	1.138	97%
N01.04	Zand- en kalklandschap	459	72	16%
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	1.888	356	19%
N14.02	Hoog- en laagveenbos	1.412	621	44%
N14.03	Haagbeuken- en essenbos	2.640	469	18%
N15.02	Dennen-, eiken- en beukenbos	16.451	6.298	38%
N16.03	Droog bos met productie	39.699	4.684	12%
N16.04	Vochtig bos met productie	6.286	476	8%
N17.02	Droog hakhout	22	0	0%
N17.03	Park- en stinzenbos	247	24	10%
N17.04	Eendenkooi	62	15	24%
N17.05	Wilgengriend	113	44	39%
N17.06	Vochtig en hellinghakhout	140	11	8%
	Totaal	71.358	14.306	



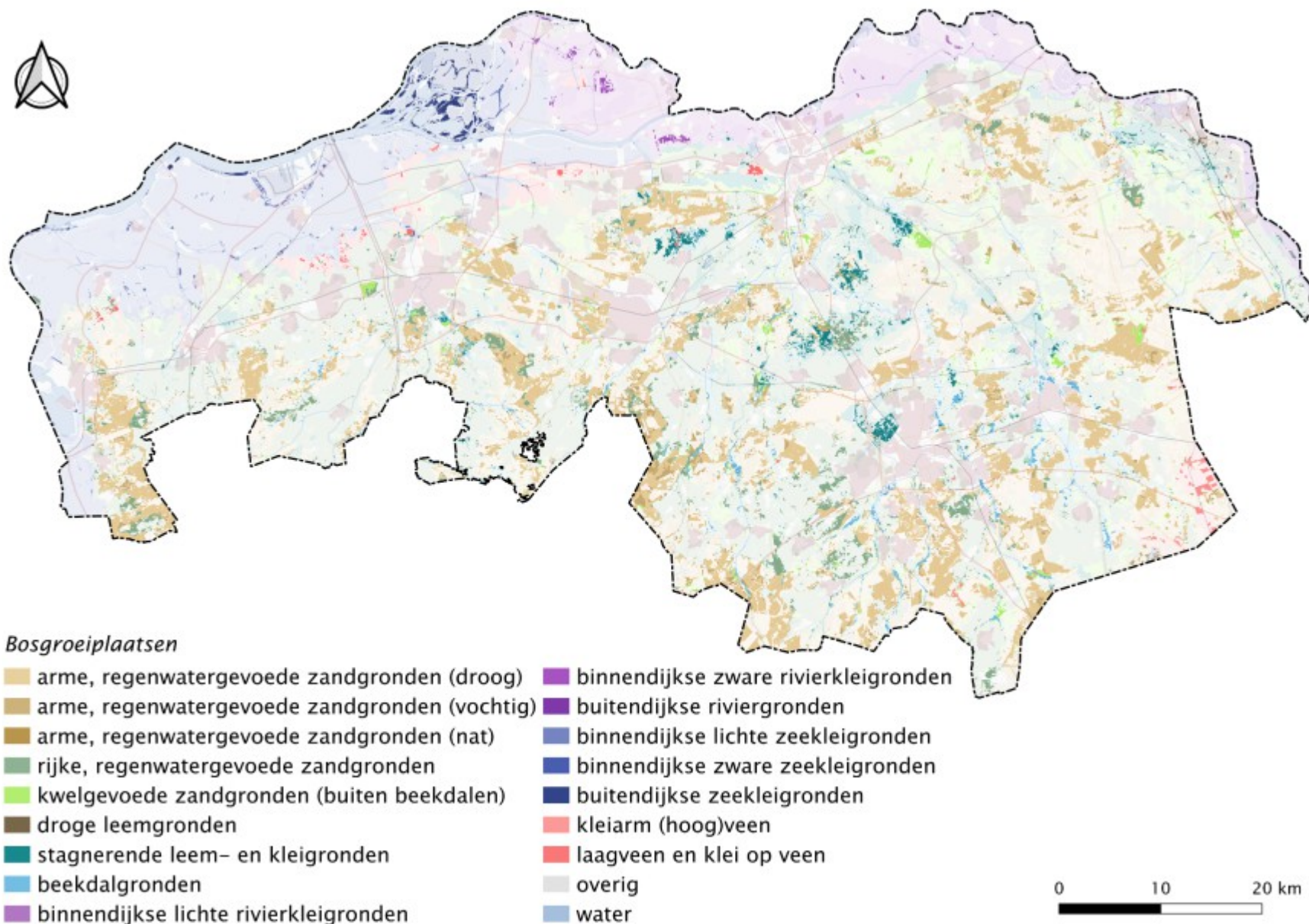
Figuur 5 –1 Kaart met de ligging van de beheertypen

5.2 Bosgroeiplaatsen

De belangrijkste groeiplaats van bos is op arme, droge zandgrond (60,8% van de bossen), gevolgd door rijke, regenwatergevoede zandgronden (13,4%). Verschillende typen rivier- en zeekleigronden (licht tot zwaar en binnen en buitendijks) komen beperkt voor en zijn daarom samengevoegd. Ook veen (hoog- en laagveen) en Overig zijn samengevoegde categorieën (overig, water en droge leemgronden), zie Tabel 5 -2 en Figuur 5 -2.

Tabel 5 -2 Overzicht van de groeiplaatsen met bijbehorende oppervlaktes en het oppervlakteaandeel.

Groeiplaats	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte-aandeel
Arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	43421	60,8%
Arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig en nat)	6224	8,7%
Rijke, regenwatergevoede zandgronden	9574	13,4%
Beekdalgronden	2602	3,6%
Kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	2376	3,3%
Rivier- en zeekleigronden	2553	3,6%
Stagnerende leem- en kleigronden	2419	3,4%
Veen	1142	1,6%
Overig	1047	1,5%
Eindtotaal	71358	100,0%



Figuur 5 –2 Kaart met de ligging van de bosgroeiplaatsen

5.3 Menging

In Subsidieregeling Natuur en Landschap wordt een bos als voldoende gemengd geschouwd wanneer de dominantie van de meest voorkomende boomsoort lager is dan 80%. Gezien de nieuwe en toekomstige omstandigheden wordt deze definitie niet meer voldoende robuust en klimaatbestendig geacht. Daarom is recent een nieuwe definitie opgesteld in een consortium van bosexperts in opdracht van het ministerie van LNV: er zijn ≥ 3 boomsoorten aanwezig en geen enkele soort dominerend (d.w.z. $>50\%$ grondvlak) (zie ook paragraaf 4.2.2).

Uit de analyse blijkt dat wanneer de SNL-definitie wordt gehanteerd, zo'n 50 à 60% van alle Brabantse bossen gemengd is, maar neemt de hoofdboomsoort over het algemeen nog steeds een behoorlijk hoog aandeel in. Wanneer de nieuwe, robuuste, definitie wordt gehanteerd, is slechts 10 à 15% van alle Brabantse bossen voldoende gemengd. Veenbossen zijn met 6% het minst gemengd, zie Tabel 5 –3.

Tabel 5 –3 Menging per bosgroeiplaats

Bosgroeiplaats	SNL gemengd	Hoofdboomsoort <50*
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	50%	12%
arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig & nat)	57%	15%
rijke, regenwatergevoede zandgronden	53%	13%
beekdalgronden	53%	13%
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	60%	15%
stagnerende leem- en kleigronden	55%	16%
rivier- en zeekleigronden	48%	14%
veen	58%	6%
overig	57%	18%

* ≥ 3 boomsoorten aanwezig en geen enkele soort dominerend (d.w.z. $>50\%$ grondvlak)

Het overgrote deel van de Brabantse bossen staat op arme regenwatergevoede zandgronden. Deze groep groeiplaatsen hebben we nader geanalyseerd. Hieruit komt naar voren dat loofbossen meer gemengd zijn dan naaldbossen: 15–25% versus 5–15%. Opvallend gemengd zijn berkenbossen en bos met Amerikaanse vogelkers als belangrijkste (hoofd)boomsoort, zie Tabel 5 –4.



Tabel 5 –4 Menging per hoofdboomsoort

Hoofdboomsoort*	SNL gemengd	Hoofdboomsoort <50*	Aantal plots
Grove den	49%	8%	2040
Zwarte den	32%	6%	615
Inlandse eik	63%	20%	473
Douglas	45%	9%	334
Berk	68%	33%	320
Amerikaanse eik	63%	19%	267
Lariks	49%	6%	145
Beuk	62%	19%	63
Overig den	59%	20%	54
Fijnspar	48%	16%	44
Overig naald	61%	18%	28
Amerikaanse vogelkers	65%	30%	20

* Boomsoorten zijn opgenomen in de tabel als er 20 of meer plots beschikbaar zijn.

5.3.1 Aandeel inheemse soorten en invasieve exoten

Gemiddeld is het aandeel inheemse soorten zo'n 75% of hoger. Met name op de rijke gronden, zoals op klei- en veengronden is het aandeel inheemse soorten hoog. Het aandeel inheemse soorten is het laagst op de arme, regenwatergevoede zandgronden.

Het aandeel invasieve boomsoorten ligt tussen 0 en 10%. Op de groeiplaatsen waar het aandeel inheems laag is, is juist het aandeel invasieve soorten het hoogst (alle regenwatergevoede zandgronden).

N.B. de struiken die onder de meetdrempel (d_{hb} > 5cm) zitten, zijn niet in deze analyse meegenomen. Daardoor kunnen bepaalde soorten ondervertegenwoordigd zijn.

Tabel 5 –5 Gemiddeld aandeel inheemse soorten en exoten per plot per bosgroeiplaats

Bosgroeiplaats	inheems	SNL inheems	invasief
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	62%	76%	8%
arme, regenwatergev. zandgr. (vochtig & nat)	67%	75%	8%
rijke, regenwatergevoede zandgronden	72%	76%	9%
beekdalgronden	88%	89%	4%
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	79%	81%	5%
stagnerende leem- en kleigronden	91%	93%	2%
rivier- en zeekleigronden	93%	93%	1%
veen	90%	93%	0%
overig	79%	79%	4%

5.3.2 Rijkstrooisel

Op de arme, regenwatergevoede zandgronden (zowel droog als vochtig & nat) en de rijke, regenwatergevoede zandgronden is het grondvlakaandeel van neutraal- en rijkstrooiselsoorten 30% of lager (grens voor aantoonbaar positief effect). In de overige bosgroeiplaatsen is het aandeel neutraal- en rijkstrooisel 40% of hoger (Tabel 5 –6). In bijlage 2 een overzicht opgenomen van de indeling van boomsoorten met neutraal- en rijkstrooisel of met zuur strooisel.

Tabel 5 –6 Gemiddeld aandeel rijkstrooiselsoorten per bosgroeiplaats

Bosgroeiplaats	Aandeel neutraal- en rijkstrooisel
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	20%
arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig & nat)	31%
rijke, regenwatergevoede zandgronden	27%
beekdalgronden	62%
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	40%
stagnerende leem- en kleigronden	55%
rivier- en zeekleigronden	85%
veen	78%
overig	68%

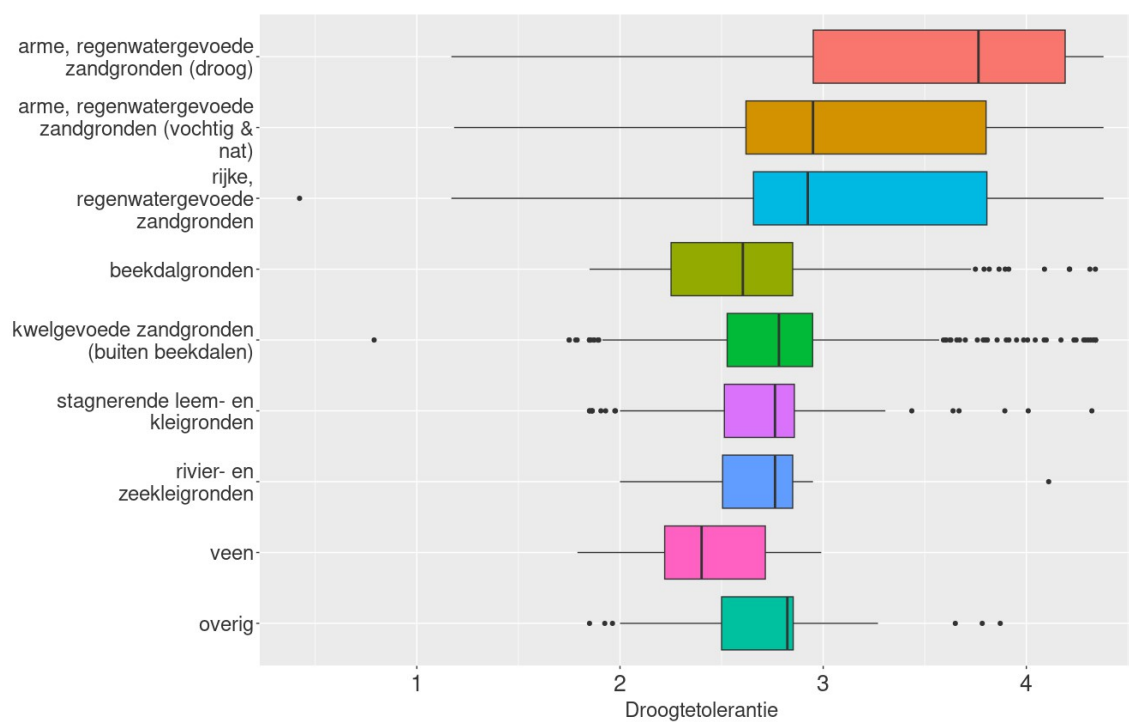
5.3.3 Droogtetolerantie

Elke boomsoort kent een eigen tolerantie tegen droogte. Op de regenwatergevoede zandgronden is de droogtetolerantie van de daar voorkomende bomen beduidend hoger dan in de andere bosgroeiplaatsen (Tabel 5 –7). De aanwezigheid van dennensoorten zorgt ervoor dat hier de gemiddelde droogtetolerantie boven de 3 komt (Grove den heeft bijvoorbeeld een waarde van 4,34). Op de zandgronden is de spreiding van de droogtetolerantie opvallend groter dan bij de andere bodemtypen. Op alle drie de zandgronden is toch ook een substantieel aandeel bos te vinden met een relatief lage droogtetolerantie (Figuur 5 –3). Dat komt door een hoger aandeel minder droogtetolerante soorten als zomereik (2,95) en ruwe berk (1,85), maar ook naaldboomsoorten zoals lariks (2,31) en douglas (2,61).

Tabel 5 –7 Gemiddelde droogtetolerantie per bosgroeiplaats

Bosgroeiplaats	Gemiddelde droogtetolerantie ¹
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	3,57
arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig & nat)	3,13
rijke, regenwatergevoede zandgronden	3,13
beekdalgronden	2,60
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	2,80
stagnerende leem- en kleigronden	2,69
rivier- en zeekleigronden	2,67
veen	2,43
overig	2,70

¹Schaal 0 tot 5, waarbij 0 het minst droogtetolerant is en 5 het meest droogtetolerant. Uit: Niinemets & Valladares (2006).

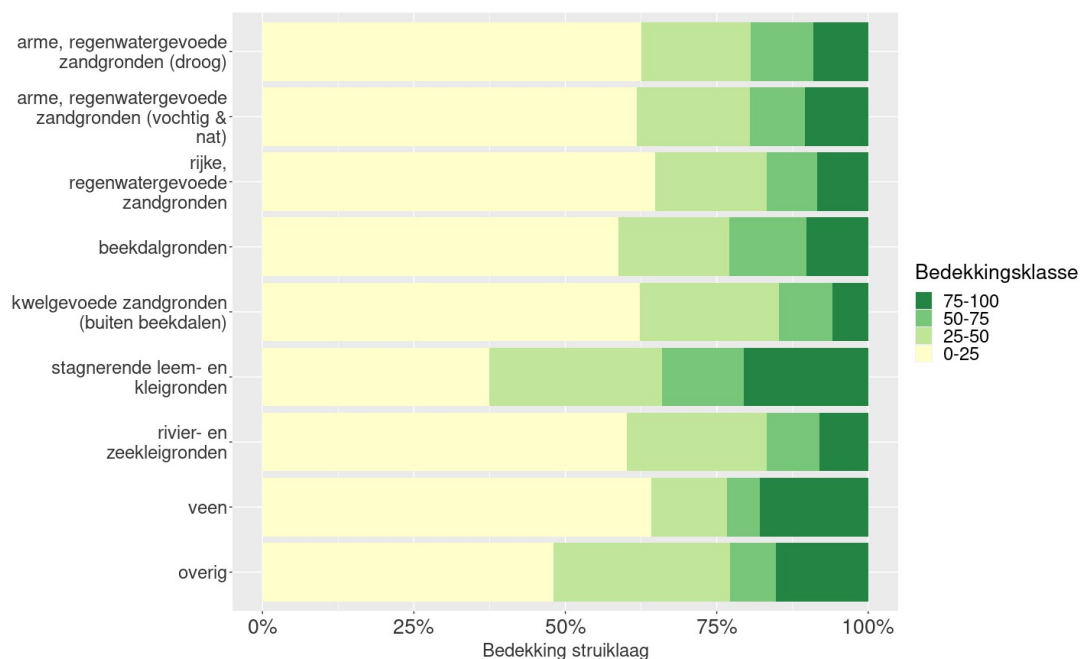


Figuur 5 –3 Spreiding van de droogtetolerantie per bosgroeiplaats



5.4 Bosstructuur

Gelaagd bos bestaat uit bos met meerdere boom- en struiklagen boven elkaar. Uitgaande van een bos met een struiklaag die minimaal 25% van de oppervlakte bedekt (SNL-definitie), zijn gemiddeld genomen zo'n 40% van alle Brabantse bossen voldoende gelaagd. Positieve uitschieter hierin zijn de bossen op stagnerende leem- en kleigronden. (Figuur 5 –4).



Figuur 5 –4 Struikbedekking per bosgroeiplaats

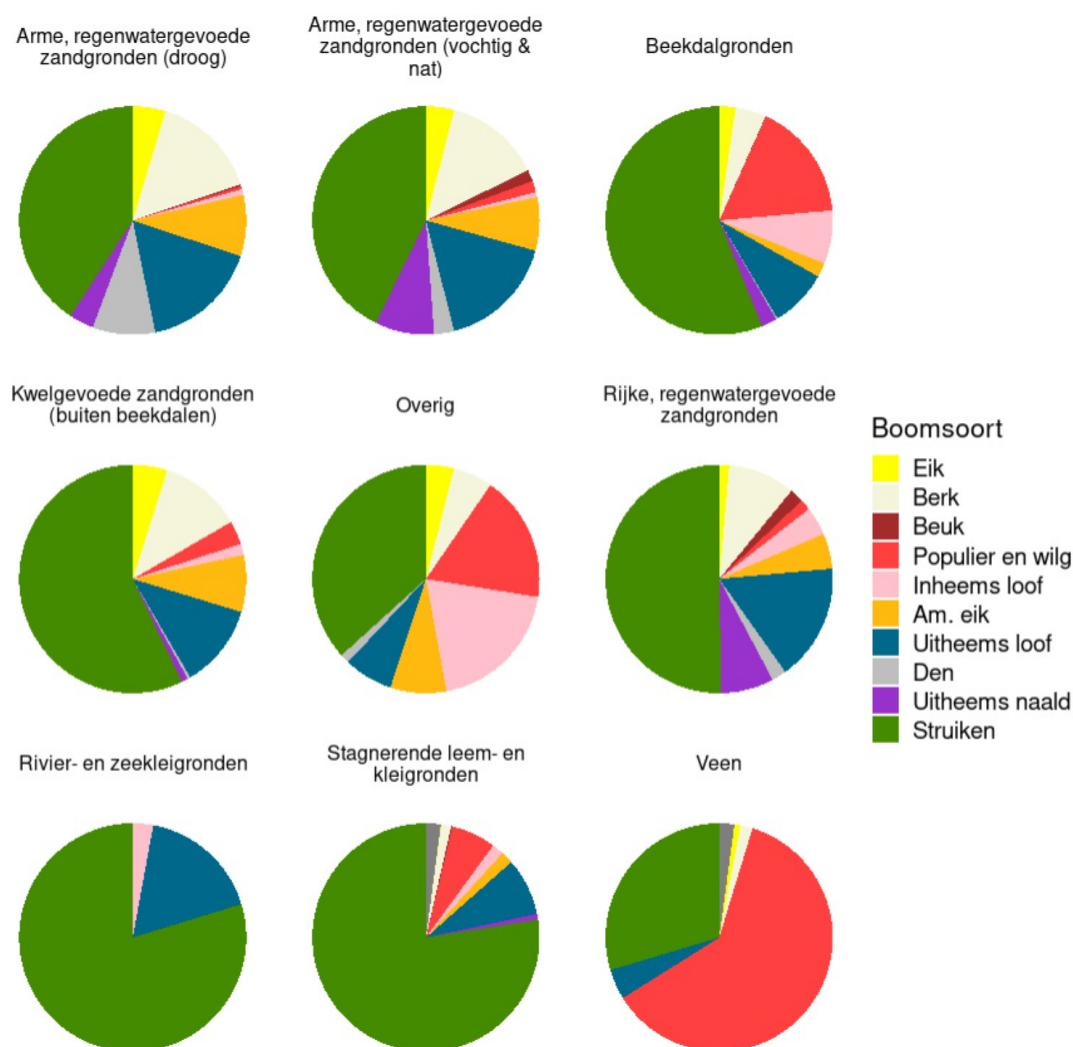
Waar een struiklaag aanwezig is, is deze meer divers dan menging in de boomlagen (bomen met een dbh >5cm). In Tabel 5 –8 is de menging in de struiklaag per groeiplaats weergegeven. De ingroeierende volgende generatie onder het kronendak lijkt daarmee meer divers dan de bovenlaag.

Tabel 5 –8 Menging van de struiklaag

Bosgroeiplaats	Aandeel SNL gemengd	Hoofdboomsoort <50*
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	67	32
arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig & nat)	67	34
rijke, regenwatergevoede zandgronden	62	22
beekdalgronden	69	26
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	77	29
stagnerende leem- en kleigronden	58	19
rivier- en zeekleigronden	100	0
veen	29	14
overig	81	25

* ≥ 3 boomsoorten aanwezig en geen enkele soort dominerend (d.w.z. >50% grondvlak)

Van de plots waarbij de bosstructuur is geïnventariseerd volgens de methodiek van Bosgroep Zuid Nederland zijn ook de soorten beschikbaar die deel uitmaken van de struiklaag. In Figuur 5 –5 is per groeiplaats het aandeel per boomsoortgroep aangegeven. Daarin zien we dat het aandeel inheemse struiksoorten (groene kleur) een relatief groot aandeel hebben. Uitheemse loofboomsoorten maken zo'n 15 à 25% uit van de struiklaag.



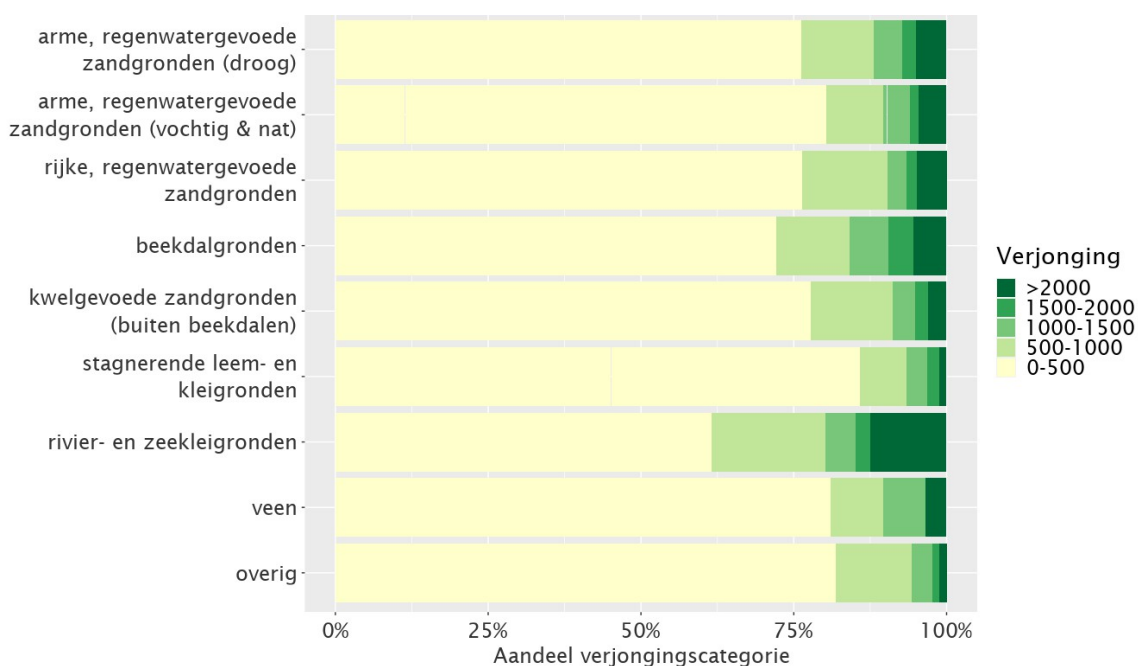
Figuur 5 –5 Het aandeel van boomsoortgroepen in de struiklaag per bosgroeiplaats

5.5 Bosverjonging

Figuur 5 –6 geeft het per groeiplaats het aandeel verjonging weer (onderverdeeld in 5 categorieën). Het gaat hierbij zowel om natuurlijke verjonging als aangeplante verjonging. In ruim 75% van de Brabantse bossen is de verjonging gemiddeld 0–500 stuks per hectare. In iets minder van 10% van de bossen is het aantal stuks verjonging groter dan 2.000 per hectare. Dit gemiddelde sluit aan bij het streven van Staatsbosbeheer naar het in verjonging hebben van 10% van het bosoppervlak. Voor houtkwaliteit is 2.000 stuks per hectare wat laag, maar voor bosvitaliteit waarop dit rapport focust is dit aantal wel voldoende.



N.B. Het beoordelen van de verdeling van het aandeel van de verschillende klassen per groeiplaats is lastig, omdat het belang van het stamtal van de verjonging erg afhangt van de beheerstijl.



Figuur 5 –6 Aandelen verjonging per bosgroeiplaats

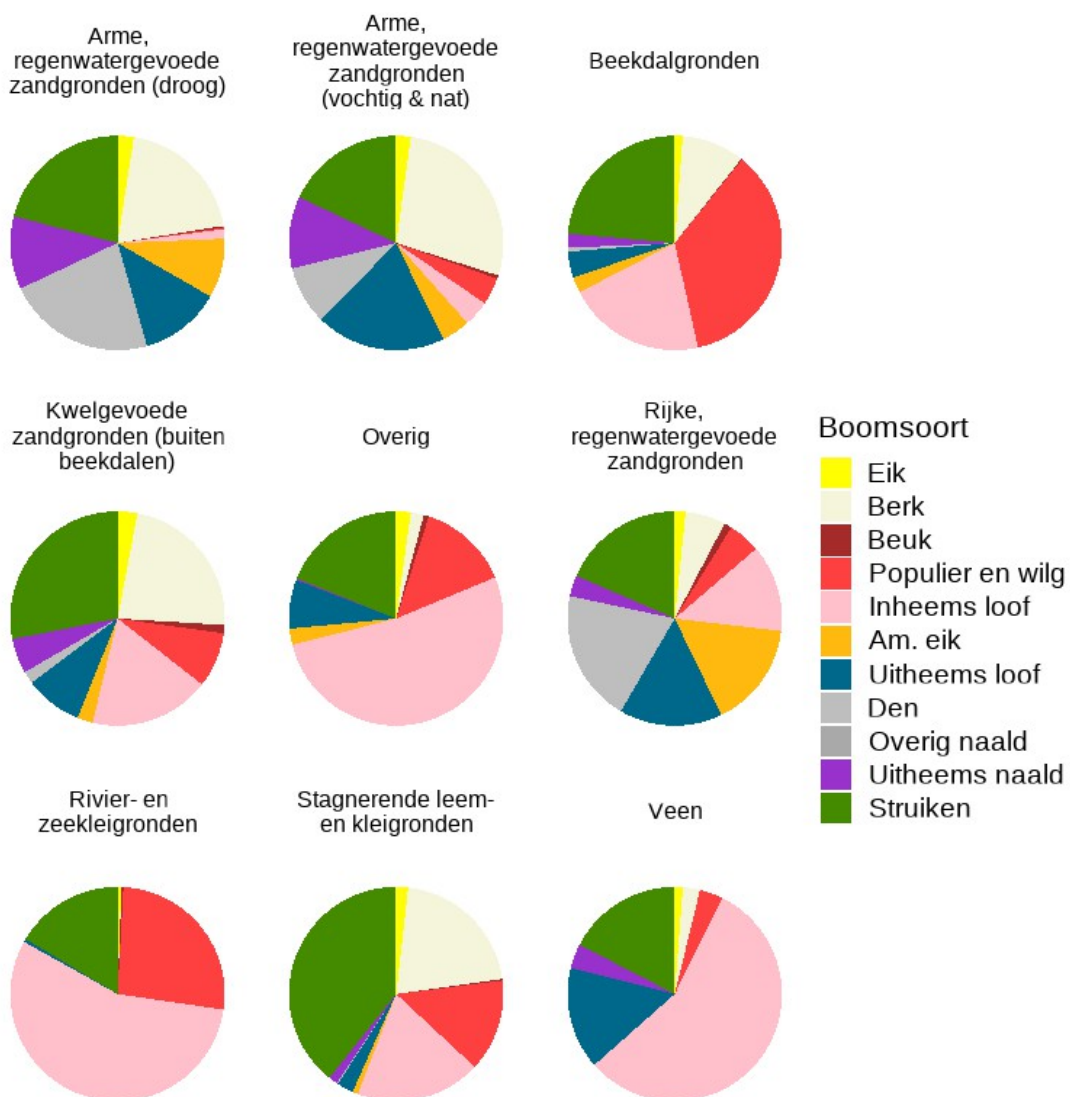
Wanneer we kijken naar de menging van de bosverjonging, zien we dat de menging op de verschillende regenwatergevoede zandgronden wat hoger is dan op de rijkere bosgroeiplaatsen zoals de beekdalgronden en de daarbuiten liggende kwelgevoede zandgronden (Tabel 5 –9).

Tabel 5 –9 Menging van de verjonging

Bosgroeiplaats	Aandeel SNL gemengd	Hoofdboomsoort <50*
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	57	19
arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig & nat)	52	15
rijke, regenwatergevoede zandgronden	52	17
beekdalgronden	42	10
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	47	12
stagnerende leem- en kleigronden	42	11
rivier- en zeekleigronden	39	11
veen	52	22
overig	55	20

* ≥ 3 boomsoorten aanwezig en geen enkele soort dominerend (d.w.z. $>50\%$ grondvlak)

Inzoomend in de soortensamenstelling van de verjonging, zien we dat deze sterk verschilt per bosgroeiplaats. Op de regenwatergevoede zandgronden bestaat een relatief groot deel uit dennen, berk, uitheems loof en in mindere mate uitheems naald. Op de rijkere bodems bestaat de verjonging voor een groot deel uit populier plus wilg en overige inheemse loofboomsoorten (Figuur 5 – 7).



Figuur 5 – 7 Soorten (aandeel) in de verjonging per bosgroeiplaats



5.6 Bodem

Aan de hand van een classificering van de bodemparameters basenverzadiging, pH, en Al/Ca-ratio zijn deze waarden voor ieder monster ingedeeld in 'goed', 'matig' en 'slecht' (Tabel 5 –10). De methode van classificeren wordt beschreven in bijlage 4. Primair worden bodems beoordeeld op de basenverzadiging, waarbij de andere parameters ondersteunen of informatief zijn als geen gegevens over de basenverzadiging bekend zijn. Gemiddeld genomen is de basenverzadiging in 11,9% van de Brabantse bosgroeiplaatsen in orde, in 30,8% matig en in 57,3% slecht (Tabel 5 –10).

Tabel 5 –10 Verdeling van score op groeiplaatsparameters over alle bodemtypen met monsters. De aantallen monsters waarvoor deze parameter is gemeten is ook aangegeven

	Aantal monsters	goed	matig	slecht
Basenverzadiging	253	11,9%	30,8%	57,3%
pH¹	508	18,7%	64,6%	16,7%
Al/Ca ratio	331	57,7%	12,7%	29,6%

¹ pH_{NaCl}, deze ligt 1 punt lager dan pH_{H2O}

Wanneer dit uitgesplitst wordt naar bosgroeiplateatype, zien we dat de basenverzadiging in de rivier- en zeekleigronden op orde is (86,3%). In de andere bosgroeiplaatsen is de basenverzadiging laag tot erg laag. De gemiddelde pH_{NaCl} ligt voor bijna alle bosgroeiplaatsen tussen 3 tot 4 en daarmee rond of beneden het omslagpunt tussen de buffering van zuren door middel van het adsorptiecomplex en het in oplossing komen van aluminium (omslagpunt: pH_{NaCl} 3-4). Op de arme, regenwatergevoede zandgronden (zowel droog als vochtig & nat) is de gemiddelde Al/Ca-ratio groter dan 1. Een waarde groter dan 1 is een duidelijke indicatie dat de vitaliteit en groei van de bomen waarschijnlijk negatief beïnvloed wordt door de huidige bodemtoestand (beperking in groei en/of nutriëntentekorten) (Tabel 5 –11).

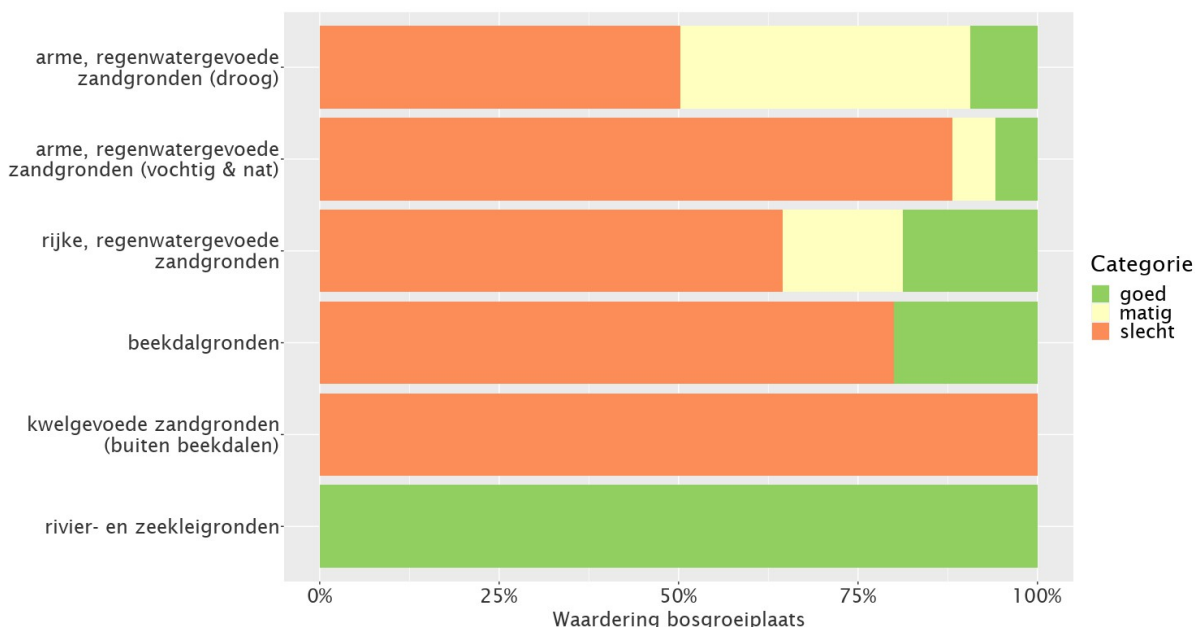
Tabel 5 –11 Gemiddelde basenverzadiging, pH en Al/Ca-ratio per bosgroeiplaats

	Aantal gemeten plots	Gem. Basenv	Gem. pH ¹	Gem. Al/Ca
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	276	13,3%	3,2	2,8
arme, regenwatergev. zandgr. (vochtig & nat)	24	6,1%	3,6	1,8
rijke, regenwatergevoede zandgronden	113	19,1%	3,5	0,9
beekdalgronden	38	20,7%	4	0,2
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	18	3,7%	3,6	0,4
stagnerende leem- en kleigronden	37		5,3	
rivier- en zeekleigronden	4	86,3%	5,2	
overig	3	5%	3	

¹ pH_{NaCl}, deze ligt 1 punt lager dan pH_{H2O}

Inzoomend op de verschillende typen regenwatergevoede zandgronden zien we dat van de vochtige & natte arme regenwatergevoede zandgronden (13 monsters) gemiddeld ongeveer 85% een slechte basenverzadiging kent. Op de rijke, regenwatergevoede zandgronden (86

monsters) is dit aandeel ongeveer 65%. Op de droge arme regenwatergevoede zandgronden kent 50% een slechte basenverzadiging (221 monsters) (Figuur 5 –8).



Figuur 5 –8 Verdeling van score op basenverzadiging voor de verschillende zandgronden

5.7 Samenvatting

Samenvattend kan gesteld worden dat

- Gemiddeld slechts 10 à 15% van alle Brabantse bossen voldoende gemengd is. De struiklaag en verjonging is sterker gemengd, maar is niet overal aanwezig;
- Gemiddeld is het aandeel inheemse soorten zo'n 75% of hoger is en het aandeel invasieve boomsoorten tussen 0 en 10% ligt;
- In alle bossen op de arme, regenwatergevoede zandgronden (zowel droog als vochtig & nat) en de rijke, regenwatergevoede zandgronden is het grondvlakaandeel van neutraal- en rijkstrooiselsoorten 30% of lager is (grens voor aantoonbaar positief effect);
- Gemiddeld genomen op de regenwatergevoede zandgronden de droogtetolerantie van de daar voorkomende bomen beduidend hoger is dan in de andere bosgroeiplaatsen, maar in op de zandgronden is toch ook een substantieel aandeel bos te vinden met een relatief lage droogtetolerantie;
- Gemiddeld genomen zo'n 40% van alle Brabantse bossen voldoende gelaagd is;
- In bijna 10% van de bossen is het aantal stuks verjonging groter dan 2.000 per hectare is. De menging van de bosverjonging is op de verschillende regenwatergevoede zandgronden wat hoger dan op de rijkere bosgroeiplaatsen;
- Gemiddeld genomen is de basenverzadiging in 11,9% van de Brabantse bosgroeiplaatsen in orde, in 30,8% matig en in 57,3% slecht. In de rivier- en zeekleigronden is de basenverzadiging wel op orde, maar in de andere bosgroeiplaatsen is de basenverzadiging erg laag. De gemiddelde pH_{NaCl} ligt voor bijna alle bosgroeiplaatsen rond of beneden het omslagpunt tussen de buffering van zuren door middel van het adsorptiecomplex en het in oplossing komen van aluminium.

6 Revitaliseringsopgave

Op basis van de huidige vitaliteit is met behulp van de beslisboom (Bosgroepen, 2023) de revitaliseringsnoodzaak per bostype bepaald en is de urgentie bepaald. Dit is getoetst tijdens een workshop met vertegenwoordigers van Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Brabants Landschap en Brabants Particulier Grondbezit. In dit hoofdstuk worden kort de revitaliseringsmaatregelen beschreven. Vervolgens worden de uitkomsten van de GIS-analyse en de workshop gecombineerd beschreven.

6.1 Revitaliseringsmaatregelen

Een gezonde bosgroeiplaats is de basis voor vitaal bos. In deze paragraaf worden de mogelijke maatregelen ter vermindering van schadelijke drukfactoren op bos en verhoging van de veerkracht van bos gepresenteerd. De maatregelen zijn afgeleid uit het rapport Revitalisering Nederlandse bossen (Thomassen et al., 2020). Per locatie zal de maatregelen set variëren, afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden.

6.1.1 Herstel van hydrologie

Waar hydrologische herstel mogelijk is, is het van belang dit het eerst te overwegen en zo mogelijk uit te voeren. Dit gaat om het hele pallet van hydrologisch herstel: van vernatting, vasthouden en infiltreren van water tot het herstellen van kweldruk. Doordat de weersextremen alleen maar groter zullen worden, wordt het belang van het goed inrichten van de waterhuishouding alleen maar groter. Veranderingen in hydrologie kunnen leiden tot duurzaam herstel van de vochtvoorziening en potentieel aanvoer van voedingsstoffen.

Door het verondiepen of dempen van sloten of rabatten of het plaatsen van stuwen kan water langer vastgehouden worden. Het grondwater zal hierdoor minder snel wegstromen en de grondwater stijgen. De voorspelde verdere toename van het neerslagtekort over de komende decennia onderstreept het belang van het verbeteren van de vochtbeschikbaarheid. Als in diepere bodemlagen nog mineralogisch rijke lagen aanwezig zijn, kunnen deze mineralen in het grondwater oplossen en meegevoerd worden naar de wortelzone en beschikbaar komen voor de (bos)vegetatie. Hiertoe zal de kweldruk omhoog moeten in veel gebieden. Naast waterkwantiteit is ook waterkwaliteit van belang in bijvoorbeeld bossen in beekdalen die kunnen inunderen.

Ook kan de aanpassing voor een wijziging in de groeiplaatsgeschiktheid voor bepaalde boomsoorten zorgen. Zo werkt deze maatregel door bij keuzes rond bodemherstel en boomsoortenkeuze. Op lokale schaal kunnen bijvoorbeeld volwassen bomen een afname in vitaliteit laten zien als gevolg van een verhoogde grondwaterstand (Remesal & van der Hoek, 2000). Ook kan de aanpassing voor een wijziging in de groeiplaatsgeschiktheid voor boomsoorten zorgen. Zo heeft deze maatregel gevolgen voor keuzes rond bodemherstel en boomsoortenkeuze. Voor het uitwerken van geschikte hydrologische maatregelen is daarom hydrologisch vooronderzoek en eventueel bewortelingsonderzoek noodzakelijk (Bosgroepen, 2023).



6.1.2 Aandeel rijkstrooisel vergroten

Boom- en struiksoorten met snel afbreekbaar strooisel kunnen de vocht- en nutriëntenbeschikbaarheid in het bos verbeteren. In afgevallen bladeren zitten voedingstoffen opgeslagen die bij trage afbraak jarenlang onbereikbaar liggen opgeslagen in een dikke strooisellaag. Door het aandeel goed afbreekbaar blad te verhogen wordt de nutriëntenbeschikbaarheid verhoogd doordat de voedingstoffen sneller rondgepompt worden en niet jarenlang opzijgezet worden in de strooisellaag. De betere afbraak draagt bij aan bodemontwikkeling en verbetert de vochtbeschikbaarheid. Ook kunnen rijkstrooiselsoorten zoals linde en zoete kers met hun wortels nutriënten en mineralen vanuit diepere bodemlagen opnemen. Via hun goed afbreekbare blad kunnen deze nutriënten en mineralen weer in de bovenste bodemlaag terecht komen. Met name op de matig rijke tot rijk bodems kan de basenverzadiging sterk toenemen door aanwezigheid van rijkstrooiselsoorten, mits er voldoende grote exemplaren aanwezig zijn die voldoende blad produceren. Wanneer er weinig tot geen additionele voedingstoffen in diepere bodemlagen aanwezig zijn, is er nauwelijks een pompwerking en bij onvoldoende voedingstoffen is de groeiplaats minder geschikt voor meereisende rijkstrooisel boomsoorten. Meer zuurtolerante boomsoorten met beter strooisel zijn dan nog steeds in staat de bodemkwaliteit te verbeteren dankzij de snellere afbraak, zogenaamde kwartiermakers (zie Tabel 6 –1 en Tabel 6 –2). Wanneer een bodem te arm is, hebben rijkstrooiselsoorten een klein tot geen effect (Desie, Vancampenhout, & Muys, 2021) en (Bosgroepen, 2023).

Tabel 6 –1 Verschillen in bladstrooiselkwaliteit op basis van afbraaksnelheid, ontwikkeling humusvorming en bijdrage aan basenvoorziening op zandgrond (overgenomen uit Sauren et al., 2020).

Soort	heel goed	goed	matig	slecht
Iep				
Es				
Linde				
Europese vogelkers				
Amerikaanse vogelkers				
Zoete kers				
Els				
Lijsterbes				
Hazelaar				
Esdoorn				
Wilg				
Populier				
Haagbeuk				
Berk				
Zilverspar				
Douglasspar				
Eik				
Beuk				
Den				
Fijspaar				
Lariks				



Tabel 6 –2 Mogelijke rijkstrooiselsoorten en kwartiermakers per bosgroeiplaats. Overgenomen uit Bosgroepen (2023).

Bosgroeiplaats	Rijkstrooiselsoort	Kwartiermaker
Droge arme bodems – zonder rijkere bodemlagen in de bewortelbare zone	<i>Op echt arme bodems zullen eerst kwartiermakers ingebracht moeten worden</i>	ruwe berk, lijsterbes, vuilboom
Vochtige arme gronden – zonder rijkere bodemlagen in de bewortelbare zone	<i>Op echt arme bodems zullen eerst kwartiermakers ingebracht moeten worden</i>	zachte berk, ruwe berk, lijsterbes, vuilboom, boswilg, grauwe wilg
Vochtige arme bodems – met rijkere bodemlagen in de bewortelbare zone	winterlinde, veldesdoorn, hazelaar, gewone esdoorn, ratelpopulier, zoete kers, boswilg	zachte berk, ruwe berk, lijsterbes, vuilboom, boswilg, grauwe wilg
Droge matig rijke bodems	winterlinde, veldesdoorn, hazelaar, gewone esdoorn, ratelpopulier, zoete kers, boswilg	ruwe berk, lijsterbes, vuilboom
(Wissel)vochtige rijke bodems	hazelaar, gewone vogelkers, ruwe iep, fladderiep, winterlinde, zoete kers, gewone es, veldesdoorn, gewone esdoorn, ratelpopulier, boswilg, haagbeuk	populieren, gewone esdoorn, wilgen, zachte berk
Natte, rijke/arme bodems	zwarte els, schietwilg, gewone vogelkers, populier, boswilg, grauwe wilg	zachte berk, lijsterbes, vuilboom,
Cultuurgronden	Afhankelijk van voedselrijkdom en vochtgehalte. Zie het OBN rapport soortenrijk bos op voormalige landbouwgrond.	

Reeds aanwezige rijkstrooiselsoorten vrijzetten

Dunningsgewijs kan het aandeel goed verteerbaar blad effectief verhoogd worden door soorten met beter afbreekbaar strooisel vrij te zetten. Omdat deze bomen al enige omvang hebben kan hiermee vaak sneller het rijkstrooiselaandeel verhoogd worden dan met aanplant. Aanplant en vrijstellen kan daarom het beste gecombineerd worden ingezet.

Aanplant van rijkstrooiselsoorten

Bij afwezigheid van gewenste rijkstrooiselsoorten kunnen deze, danwel kwartiermakers afhankelijk van de bodem, aangeplant worden. Wel zullen de effecten pas op langere termijn verwacht worden, wanneer de bomen groot genoeg zijn om voldoende strooisel te produceren.



6.1.3 Vergroten menging

Reeds aanwezige mengboomsoorten vrijzetten

Bossen zijn nog altijd betrekkelijk eenzijdig, wat bossen vatbaar voor soort-specifieke ziekten en plagen maakt. Door een toename van soortendiversiteit te stimuleren, wordt de veerkracht van bossen tegen externe drukfactoren vergroot. Dat kan door in dien aanwezig, mengboomsoorten vrij te zetten. Hierbij kan aanwezige verjonging ook een rol in spelen.

Aanplant (droogteresistente) mengboomsoorten

Door aanplant van andere soorten dan de hoofdboomsoort(en) worden risico's gespreid: plagen zullen minder vat op het bos als geheel krijgen wanneer dit gemengd is, dan in een monocultuur. Daarnaast is het niet geheel duidelijk welke soorten in het veranderend klimaat het goed blijven doen in Nederland. Voor aanplant dient een zorgvuldige afweging te worden gemaakt welke soorten op welke locatie gewenst zijn en toegevoegde waarde kunnen hebben. Het is dan raadzaam eerst te verkennen of er (autochtone) inheemse en ingeburgerde boomsoorten zijn die kunnen worden ingebracht. Dit zijn soorten waar ervaring mee is opgebouwd in Nederland en dus redelijk goed voorspeld kan worden hoe deze soorten zich zullen gedragen in het bosesysteem. Ervaring opdoen met uitheemse droogteresistente soorten en zuidelijke herkomsten van inheemse soorten waar nog weinig ervaring mee is in Nederland, is mogelijk van groot belang voor de toekomst, maar vereist een zeer degelijke voorbereiding en opvolging en een schaal die goede opvolging ook mogelijk maakt. Er lopen landelijk verschillende onderzoeken met nieuwe klimaatslimme boomsoorten en -herkomsten uit warmere en drogere streken; van die ervaringen kan op den duur geleerd worden (Bosgroep Noord-Oost Nederland en Stichting Probos, 2022). LIFE Climate Forest is een voorbeeld van zo'n Nederlands project. Hierbij is het wel van belang rekening te houden met inheemse biodiversiteit en in het bijzonder met oude bosgroeiplaatsen met autochtone bomen en struiken om autochtone genetische bronnen en hun genetische diversiteit te beschermen en behouden. Centrum voor Genetische Bronnen heeft hier een beheerrichtlijn voor opgesteld (Buiteveld, Mits, & Hendriks, 2022). In de overige bossen moet de (gemengde) soortkeuze passend zijn bij de groeiplaats en beheerdoelstelling. Plantmateriaal van de Nederlandse Rassenlijst Bomen heeft de sterke voorkeur. Voor de toekomst is behoud en versterking van soortenrijkdom en genetische diversiteit van groot belang voor vitale bossen. Met voldoende diversiteit zijn deze beter uitgerust om zichzelf aan te passen.

6.1.4 Toepassen bufferende stoffen tegen verzuring

Wanneer de pH van de toplaag van de bodem lager is dan 4,2, kan overwogen worden bufferende stoffen tegen verzuring (zoals calcium en kalium) in het systeem in te brengen. Dat kan bijvoorbeeld via het toedienen van steenmeel. Dit gemalen steen verweert langzaam waarbij basische kationen vrijkomen. Voordat besloten wordt bufferende stoffen toe te dienen (en zo ja, welk type), is zorgvuldig vooronderzoek nodig. De Bosgroepen hebben een beslisboom ontwikkeld met een bijbehorende folder over het toepassen van bufferende stoffen. Deze bieden handvatten voor het bepalen in welke situaties toepassing van bufferende stoffen zinvol kan zijn en welke analyses nodig zijn om te bepalen welk type stof en in welke hoeveelheid gebruikt kan worden (Bosgroepen, 2023).



6.1.5 Versterken structuur en stimuleren bosverjonging

Het voorkomen van jonge en oude bomen onder elkaar en naast elkaar in een bos maakt het meer robuust en veerkrachtig. Een goed ontwikkelde bosstructuur biedt minder aangrijpingspunten voor wind en plagen. En mocht er door een storm of plaag toch een deel van de oudere generatie bomen verloren gaan, is er een jonge generatie die het dan kan overnemen.

6.1.6 Bestrijden (invasieve) exoten

De Brabantse bossen bestaan voor een deel uit exotische (boom)soorten. Die zijn in het verleden aangeplant vanwege een snelle groei en goede houtkwaliteit, goed afbreekbaar strooisel of andere redenen. Een aantal soorten gedraagt zich echter invasief en kan natuurwaarden bedreigen. Zo kunnen beschermde habitattypen in oppervlakte en kwaliteit afnemen en inheemse soorten verdrongen worden. Maar ook kunnen ze een belemmering vormen in het werken naar een structuurrijk en soortendivers bos wanneer de ondergroei gedomineerd wordt door een invasieve exoot.

Per locatie dient afgewogen te worden of overgegaan moet worden tot bestrijding of aanpassing in het beheer waardoor de dominantie van die soort doorbroken wordt en deze opgaat in het systeem. Ingeburgerde soorten kunnen een belangrijke rol spelen in vitale bossen van de toekomst (Nyssen et al 2023) en bestrijding is daarom wellicht lang niet meer overal op zijn plaats. Omdat verschillende klimaatstudies naar boomsoortverbreiding in de toekomst forse verschuivingen van boomsoortgeschiktheid voorspellen nog voor de komende eeuwwisseling, worden verspreid over Europa ook al praktijkproeven uitgevoerd met boomsoorten uit warmere en drogere streken. LIFE Climate Forest is een voorbeeld van een Nederlands project waarin proeven zijn opgezet. Voor de toekomst is behoud en versterking van soortenrijkdom en genetische diversiteit van groot belang voor vitale bossen. Met voldoende diversiteit zijn deze beter uitgerust om zichzelf aan te passen. Hierbij dient wel rekening gehouden te worden met inheemse biodiversiteit en autochtone genetische bronnen (zie ook paragraaf 6.1.3).

6.1.7 Netwerk oude, aftakelende en dode bomen (OAD-netwerk)

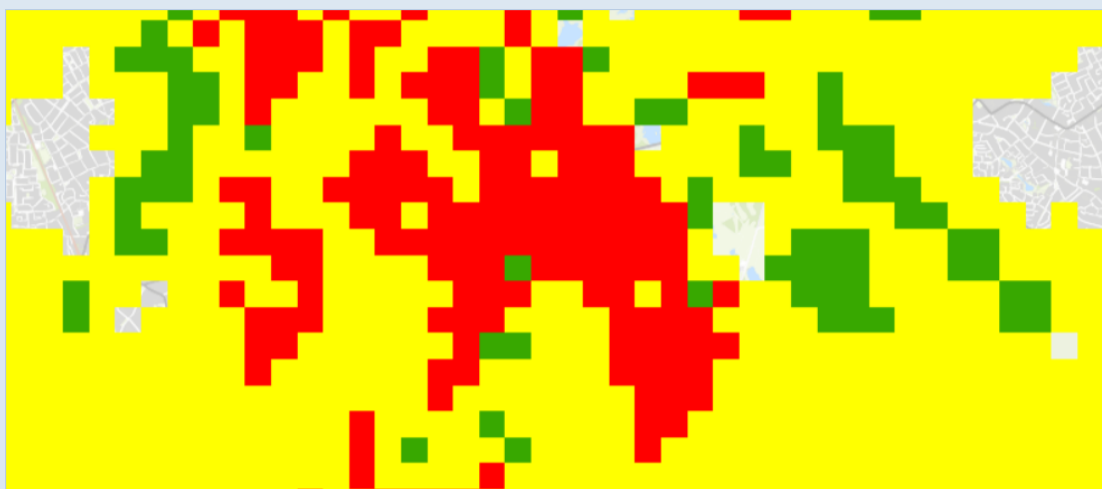
In veel bossen komt de vervalfase niet of nauwelijks voor. Juist deze fase is van groot belang voor de biodiversiteit in bossen. De aanleg van een netwerk van oude, aftakelende en dode bomen (OAD-netwerk) en het waarborgen van voldoende dood hout en open ruimte stimuleert de bosgebonden biodiversiteit in multifunctionele bossen (Thomassen et al., 2020). Afhankelijk van het bostype is tot 40% van de bosfauna afhankelijk van staand of liggend dood hout of holtebomen (Siepel, 1992). Voor veel soorten is het van belang dat die bomen in ruimte en tijd verbonden zijn via een zogenaamd OAD-netwerk. Het inrichten van een OAD-netwerk is van belang als leefgebied en voor migratie van soorten die afhankelijk zijn van oude, aftakelende en dode bomen (Bosgroep Noord-Oost Nederland en Stichting Probos, 2022). Om zo'n netwerk optimaal te laten functioneren, dient het eigendomsoverschrijdend te zijn en door ecologische verbindingszones de verschillende bossen met dood houtelanden met elkaar te verbinden (Natuurnetwerk Brabant). Op die manier kunnen bossoorten, waaronder die van dood hout afhankelijk zijn, tussen alle bossen migreren.

6.1.8 Wildstand aanpassen en wildbescherming

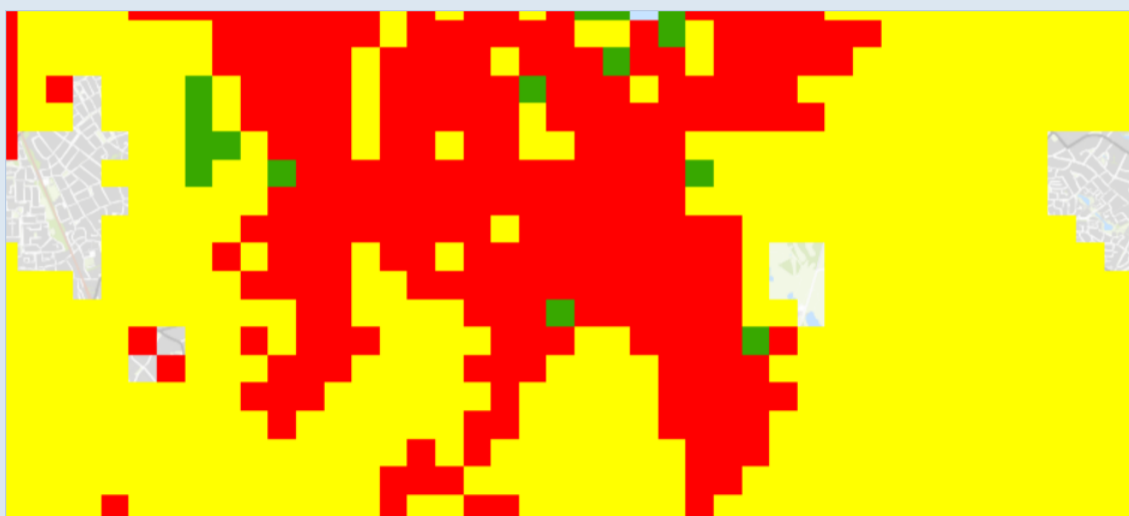
De laatste jaren zien we steeds meer schade in bosverjonging door met name grote herbivoren. Bij aanplant van met name loofboomsoorten zijn wildbeschermingsmaatregelen essentieel. Zonder maatregelen wordt aanplant grotendeels afgevreten. Ook kan onder invloed van graasdruk de soortensamenstelling veranderen doordat loofboomsoorten duidelijk geprefereerd worden boven naaldboomsoorten (Reichgelt et al., 2022). De provincie zou samen met terreineigenaren en beheerders kunnen monitoren en afstemmen wat de vraatdruk in de WBE's is en of deze een goede bosontwikkeling belemmert en dus ingegrepen moet worden in de wildstand. Dit zogenoemde effectgerichte beheer staat in de kinderschoenen, in de tussentijd zullen individuele of vlaktegewijze wildbeschermingsmaatregelen noodzakelijk zijn om aanplant en/of natuurlijke verjonging te beschermen (Bosgroep Noord-Oost Nederland en Stichting Probos, 2022).

BOX 1 – Natuurbrandrisico's in een vitaler bos

Klimaatverandering leidt tot veranderingen in de gevoeligheid van bos- en natuurgebieden voor natuurbrand. De klimaateffectatlas laat op km-hok niveau zien hoe dit risico verandert van 2023 in 2050. Van het bos- en natuurgebied tussen Heeze en Someren is als voorbeeld een uitsnede gemaakt en hieronder opgenomen (bron: <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>).



Huidig scenario – natuurbrandgevoeligheid bossen/natuurterreinen tussen Heeze en Someren (laag is groen, geel middel en rood hoog)



Scenario 2050 'hoog' – natuurbrandgevoeligheid bossen/natuurterreinen tussen Heeze en Someren (laag is groen, geel middel en rood hoog)

Uit deze projecties komen twee opvallende aspecten naar voren:

- De bestaande bos- en natuurgebieden worden als geheel gevoeliger;
- De omliggende cultuurgronden worden ook gevoeliger;

Kortom veel gebieden waar eerst een laag risico op natuurbrand was, kennen in 2050 een middelhoog risico, en gebieden die nu een middelhoog risico kennen, kennen in 2050 een hoog risico.

De vraag is daarbij in hoeverre bosrevitalisering kan bijdragen aan een verminderde gevoeligheid voor (onbeheersbare) natuurbrand

Wat maakt het boscosysteem gevoelig voor natuurbrand?

De belangrijkste factoren die bepalen of een bos gevoelig is voor natuurbrand zijn:

- Hoog aandeel naalddhout;
- Aanwezigheid brandladders, overgangen van opgaande begroeiing zoals bermen, heideterreinen en droge graslanden via naalddhout-verjonging tot in het kronendak van naaldbomen;
- Droge dikke humuslaag van onverteerde naaldresten en hoog aandeel pijpenstrootje in de kruidlaag;
- Bodems die gevoelig zijn voor uitdroging, met name de hoger gelegen zandgronden.



Welke maatregelen worden er nu al genomen?

Naast het bosecosysteem zelf zijn er nog andere factoren van belang voor het verlagen van het natuurbrandrisico.

Uitvoeren van gezamenlijke (gemeente/terreinbeheerder/veiligheidsregio) gebiedsanalyses gericht op:

- Verbetering infrastructuur ten behoeve van de bereikbaarheid en berijdbaarheid. Denk aan verbeteringen in de ondergrond van wegen en paden, maar ook op snoeien van aangrenzend bos;
- Gebiedsinrichting van zogenaamde brandcompartimentsgrenzen, bestaande uit berijdbare wegen en aangrenzend 30 meter naalddhoutvrije zones (gemeten in het kronendak);
- Verbeteren van de bluswatervoorziening binnen een straal van 3 à 4 km rondom bos- en natuurgebieden.

Versterken organisatie door middel van:

- Kennisontwikkeling rond het thema natuurbrand, bestrijdingstechnieken en landschapsinrichting;
- Trainen en opleiden van terreinbeheerders en brandweerlieden;
- Publiekscommunicatie / vergroten bewustzijn in de maatschappij van de risico's

(Zie voor een perspectief voor de komende jaren ook Visie natuurbrandbeheersing Brandweer Nederland "Voorbereid op natuurbranden")

Hoe kan bosrevitalisering bijdragen aan een lager natuurbrandrisico?

De maatregelenets voor bosrevitalisering kunnen bijdragen aan het verlagen van het risico door:

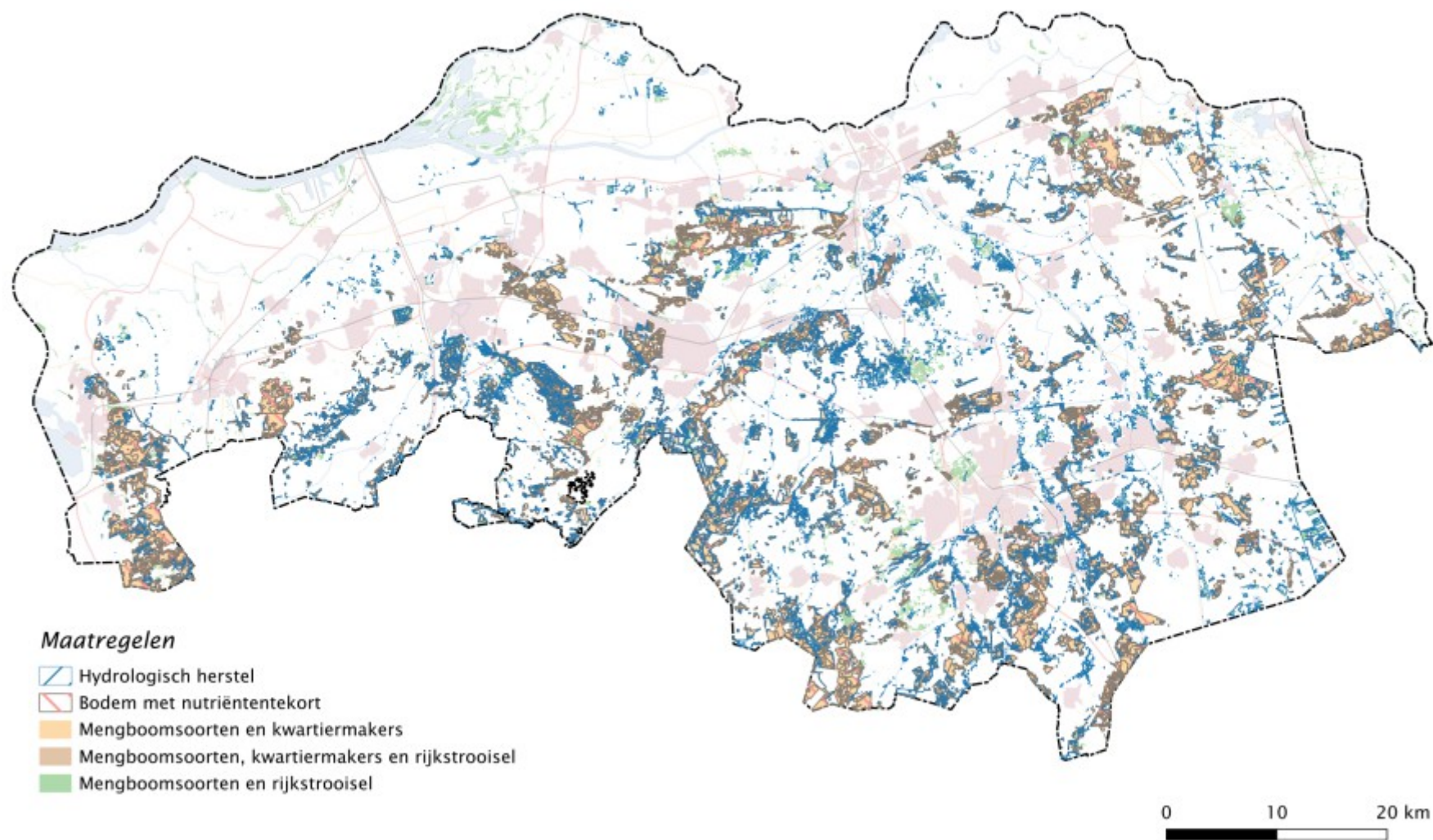
- Verbeteren van de hydrologie op landschapsschaal draagt bij aan een vermindering van (langdurige) neerslagtekorten;
- Hoger aandeel loofhout in de 1^e en 2^e boomlaag; wat minder brandgevaarlijk is;
- Hoger aandeel ouder gemengd loof-/naaldbos; wat minder vatbaar is voor kronenbrand
- Hoger aandeel loofhout in de ondergroei;
- Lager aandeel naaldbos;
- Verbeterde humusomzetting, waardoor in totaliteit minder brandbare massa aanwezig is;

Vanuit het perspectief van natuurbrandbeheersing zijn er enkele aandachtspunten bij bosrevitalisering waarmee 'werk met werk' te maken valt:

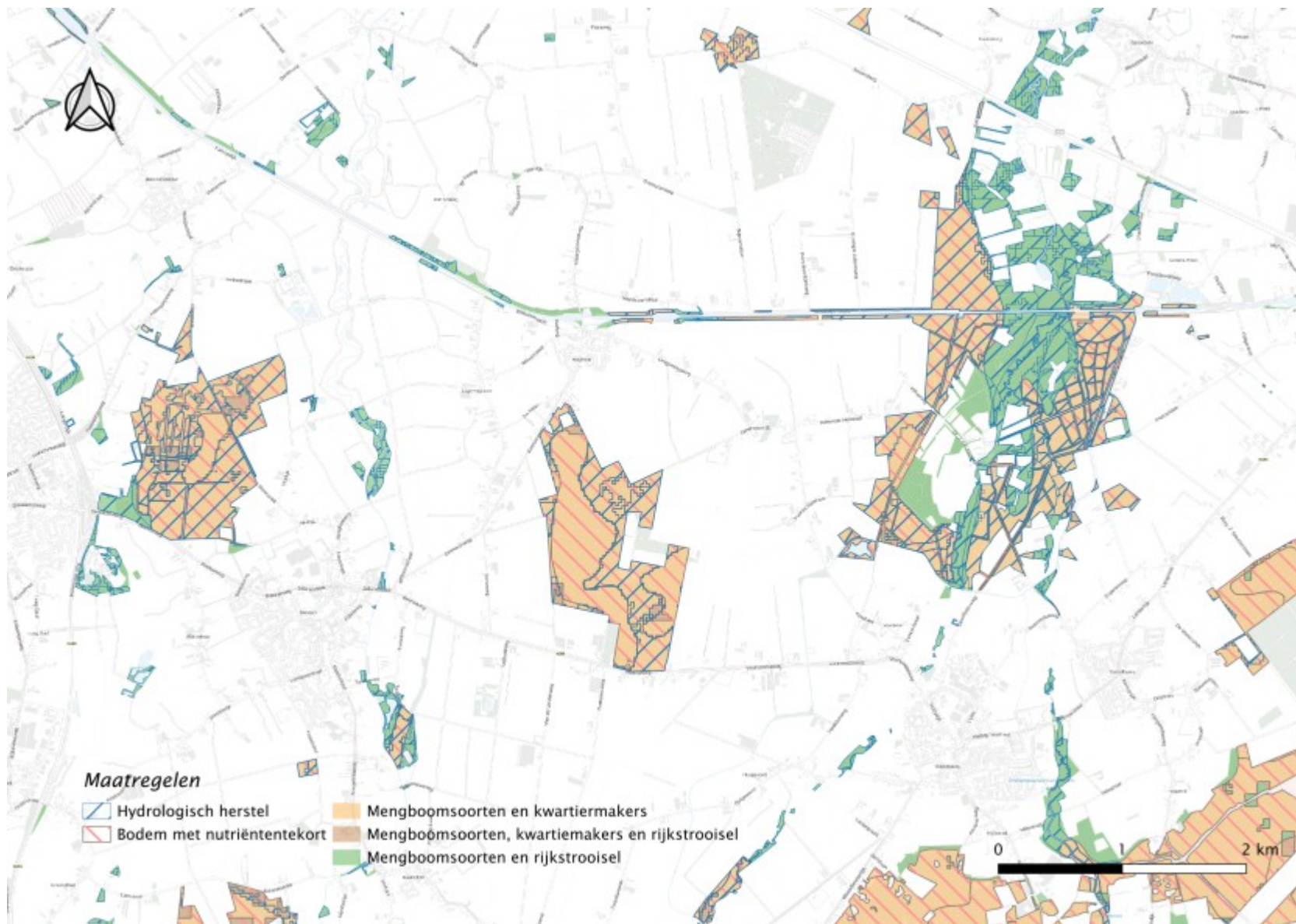
- Gebiedsanalyse op landschapsschaal geven inzicht in locaties waar sneller gewerkt kan worden aan het doorbreken/omvormen van vakken naalddhoutmonoculturen. Ingepakte naalddhoutopstanden door (intensieve) bosverjonging in stroken of brede zones intensiever onderplanten met loofhout.
- Individuele menging van loofbomen in naaldbossen is voor de middellange termijn een oplossing, maar leidt eerste 10-15 jaar niet meteen tot lager risico.

6.2 Revitaliseringsopgave per bosgroeiplaats

Gebaseerd op de analyse van de huidige staat van de Brabantse bossen, is per revitaliseringsmaatregel uitgerekend op hoeveel hectare de betreffende maatregel nodig is om vitaal bos te kunnen laten ontwikkelen. Let op: op één hectare kunnen meerdere maatregelen nodig zijn. Voor de oppervlakte inschatting van de maatregelen is gebruikgemaakt van de resultaten van het bij de methoden beschreven GIS-model, zo mogelijk gecorrigeerd met resultaten van de bosstructuuranalyse. Figuur 6 –1 geeft een globaal overzicht van de maatregelen, Figuur 6 –2 een voorbeelduitsnede waarop middels arceringen te zien is dat voorkomt dat op één locatie meerdere maatregelen nodig zijn. De kaart is ook opgenomen in de bijlagen.



Figuur 6 – 1 Benodigde maatregelen volgens het GIS model (bij dit rapport is een losse kaart gevoegd waarin in meer details zichtbaar zijn)



Figuur 6 –2 Uitsnede als voorbeeld (nabij Hilvarenbeek) met benodigde maatregelen op basis van het GIS-model. Op één locatie kunnen meerdere maatregelen nodig zijn (arceringen)

6.2.1 Hydrologie

Voor de hoeveelheidsbepaling voor de hydrologische maatregelen zijn de resultaten van het GIS-model aangenomen. Op ruim 20.000 hectare is hydrologisch herstel nodig, zowel op lokale schaal als op landschapsschaal (zie Tabel 6 –3). Natuurlijk vereist uitvoering in het veld een gedegen voorstudie om de maatregelen en intensiteit te bepalen.

Tabel 6 –3 Voorgestelde hydrologische maatregelen

Hydrologie	Oppervlakte (ha)
Hydrologisch herstel	20.820

De overige 50.000 hectare bos staat op groeiplaatsen waar het grondwater buiten bereik van boomwortels is (hoge zandgronden). Dat bos is dus niet afhankelijk van de grondwaterstand. Ook daar kunnen hydrologische maatregelen nodig zijn om op grotere schaal positieve effecten in de gebieden om deze bossen heen te bewerkstelligen. Hierbij kan gedacht worden aan herstel van kweldruk. In dit rapport ligt de focus op revitalisering van de bossen zelf en welke maatregelen daarvoor binnen deze bossen genomen zouden kunnen worden. Maatregelen daarbuiten en/of maatregelen binnen bossen met effect buiten de bossen, zullen binnen de groen-blauwe gebiedsgerichte aanpakken van de provincie opgenomen worden. Daarom is de groep met de overige 50.000 hectare niet opgenomen in Tabel 6 –3 of de samenvattende tabel in hoofdstuk 7. De gebruikte analyse geeft een beeld van de mogelijkheden op grotere schaal die de groeiplaats op de plek van het bos wezenlijk veranderen, mogelijkheden met een kleiner schaalniveau zoals ondoorlatende lagen of afvoerloze laagtes komen hieruit niet naar voren en ontbreken dus in de genoemde hoeveelheden.

6.2.2 Aandeel rijkstrooisel vergroten

Het GIS-model geeft drie verschillende mogelijke strategieën voor aanplant. De strategieën zijn gerelateerd aan de abiotische omstandigheden; de huidige staat van de bosstructuur is hier niet in meegenomen. Onderstaande tabel (Tabel 6 –4) geeft een overzicht van de hoeveelheden, waarbij dus ieder stuk bos een strategie is toebedeeld. Op een deel van de oppervlakte is aanpassing van de bossamenstelling waarschijnlijk ongewenst, bijvoorbeeld vanwege de hoge biodiversiteitswaarde van de huidige bossamenstelling. Een schatting van het aandeel bos waarop dit van toepassing is, is nauwelijks te maken en wordt hier achterwege gelaten. Wel kunnen we schatten welk aandeel van het bos reeds aan de eisen van bedekking met rijkstrooisel voldoet. Uitgaande van een bedekking van minimaal 30% met rijkstrooiselsoorten of kwartiermakers voldoet op dit moment 33% van het Brabantse bos aan deze eis. De heel arme droge bodems zijn niet geschikt voor aanplant van rijkstrooiselsoorten. Hier passen zuurtolerante boomsoorten met beter strooisel, zogenaamde kwartiermakers, die in staat zijn de bodemkwaliteit te verbeteren dankzij de snellere afbraak.

Tabel 6 –4 Voorgestelde maatregelen om de strooiselkwaliteit te verbeteren

Rijkstrooiselsoorten/kwartiermakers	Oppervlakte (ha)
Laageisende soorten (kwartiermakers) op arme droge bodems	47.473
Arme bodem met leem	2.042
Rijkstrooiselsoorten op goede groeiplaatsen	21.843
Totaal	71.358
Totaal x 67% met onvoldoende rijkstrooisel	48.132

6.2.3 Toepassen bufferende stoffen tegen verzuring

In Tabel 6 –5 is de oppervlakte bos opgenomen waarvan het GIS-model aangeeft dat er waarschijnlijk sprake is van een gebrek aan basen. Aan de hand van de bodemmetingen kunnen we de oppervlakte zo goed mogelijk corrigeren. Het aandeel van de metingen waar de basenverzadiging goed is, nemen we daarbij als correctiefactor. In praktijk is nader zorgvuldig vooronderzoek nodig om te bepalen of, en zo ja welke, bufferende stoffen toegepast kunnen worden.

Tabel 6 –5 Voorgestelde maatregelen om de basenverzadiging te verbeteren

Nutriëntengift	Oppervlakte (ha)
Groeiplaats met waarschijnlijk verstoorde nutriëntenbalans	50.021
Gecorrigeerde oppervlakte (minus oppervlakte basenverzadiging goed)	45.218

6.2.4 Versterken bosstructuur en menging

Met de afzonderlijke parameters is het moeilijk een beeld te krijgen van de veerkracht van de bosstructuur als geheel. Om toch een idee te kunnen vormen zijn scores voor menging (SNL-menging en bosrevitalisering-menging), gelaagdheid (voorkomen struiklaag en bosverjonging), rijkstrooisel en droogtebestendigheid bij elkaar opgeteld. Hierbij krijgt een groeiplaats een punt als voldaan wordt aan een eis van deze bosstructuurkenmerken. Omdat er op 6 kenmerken gescoord wordt, kan een bosgroeiplaats dus maximaal 6 punten krijgen. Bosgroeiplaatsen die aan geen enkele eis voldoen, krijgen 0 punten. In Tabel 6 –6 is per bosgroeiplaats de verdeling van het bos over de mogelijke scores weergegeven.

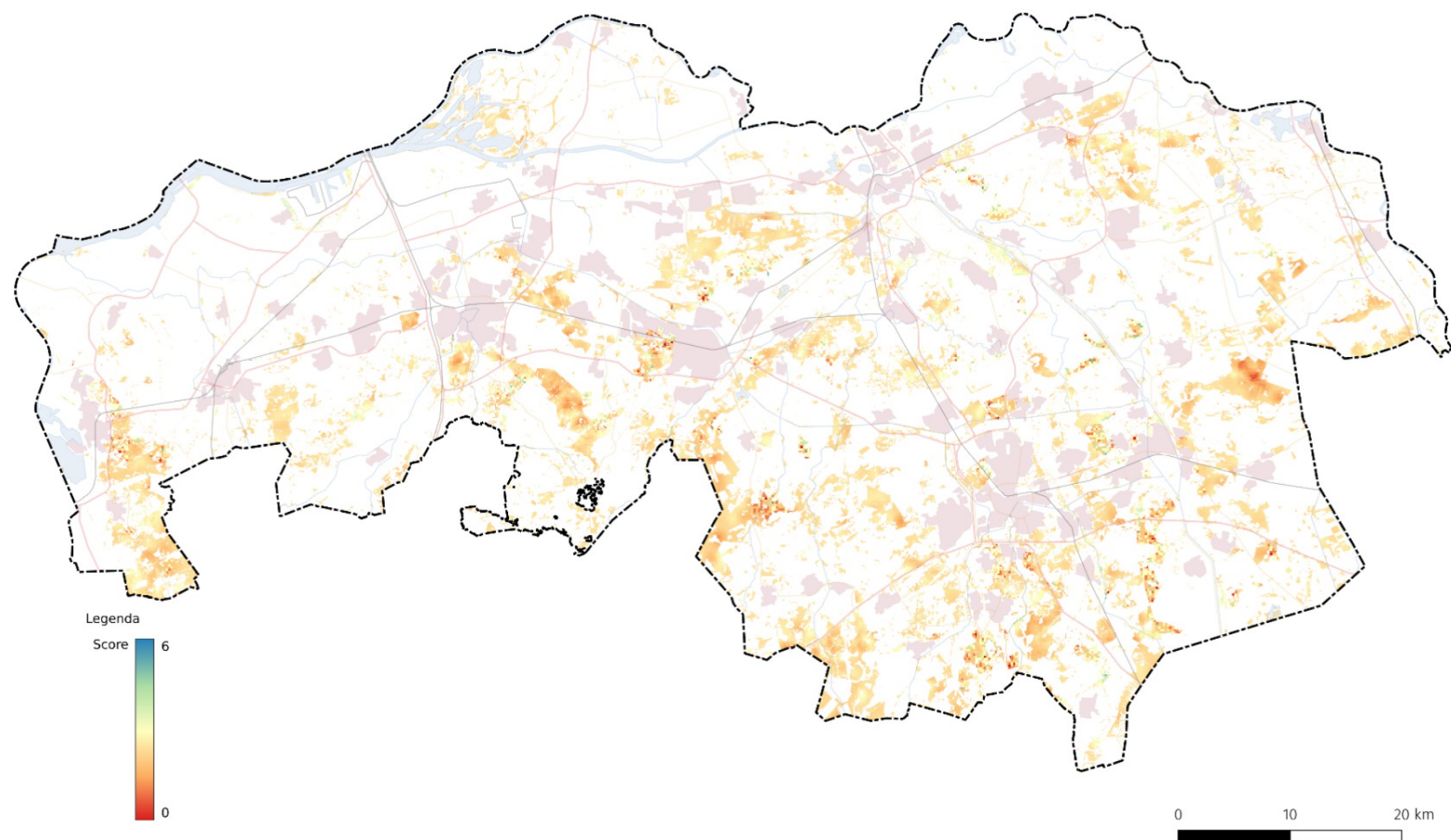
Tabel 6 –6 Scoreverdeling van de bosstructuur van de plots per groeiplaats.

Aantal punten	0	1	2	3	4	5	6	Totaal
Bosgroeiplaats								
arme, regenwatergevoede zandgr. (droog)	0%	3%	68%	28%	1%	0%	0%	100%
arme, regenwatergev. zandgr. (vochtig & nat)	1%	2%	69%	26%	2%	0%	0%	100%
beekdalgronden	0%	0%	57%	39%	2%	1%	0%	100%
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	0%	3%	58%	36%	2%	0%	0%	100%
overig	0%	0%	74%	25%	1%	0%	0%	100%
rijke, regenwatergevoede zandgronden	0%	1%	69%	29%	1%	0%	0%	100%
rivier- en zeekleigronden	0%	0%	80%	17%	2%	0%	0%	100%
stagnerende leem- en kleigronden	0%	1%	55%	41%	3%	0%	0%	100%
veen	1%	0%	76%	22%	0%	0%	0%	100%
Gemiddelde	0%	2%	68%	29%	1%	0%	0%	100%

De cijfers geven aan in welke mate een oppervlakte (geïnterpoleerde pixel) aan de genoemde criteria voldoen. 0 betekent dat een bos aan geen enkel criterium voldoet, 1 voldoet aan een van de 6 criteria et cetera. Lege velden geven aan dat 0 plots in de categorie zitten.

Het grootste deel van het bos zit op dit moment in categorie 2 en voldoet dus aan twee van de eisen. Bijna dertig procent van het bos voldoet aan drie eisen. Dat is geen hoge score aangezien de eisen voor de SNL-menging eigenlijk laag zijn voor vitaal bos. Aan de parameter van droogtetolerantie voldoet door de berekening in ieder geval de helft van de plots. Het leeuwendeel van de plots zou verdeeld moeten zijn over categorie 3 tot en met 5 voor een goede vitaliteitscore van de Brabantse bossen.

Ruimtelijk worden deze scores zichtbaar op de kaart in Figuur 6 –3. De kaart is plaatselijk zeer gedetailleerd en elders sterk geïnterpoleerd. Daar waar kleuren lukraak door elkaar lijken te liggen, liggen hoge dichtheid van plots en dus veel daadwerkelijke waarden.



Figuur 6 –3 Kaart met de score voor de bosstructuur van vitaal bos



6.2.5 Samenvatting revitaliseringsopgave in Noord-Brabant

In onderstaande tabel (Tabel 6–8) wordt de revitaliseringsopgave per bosgroeiplaats weergegeven. Voor de maatregelen binnen de groep Rijkstrooisel en Herstel basenverzadiging zijn de oppervlaktes die het GIS-model heeft berekend gecorrigeerd aan de hand van beschikbare veldmetingen. Deze correctiefactor wordt weergegeven in de kolom „Aandeel onvoldoende“ van de tabel. In de kolom Maatregel is per bosgroeiplaats het aantal gecorrigeerde hectares weergegeven dat in aanmerking komt voor de betreffende revitaliseringsmaatregel. Voor de hydrologische maatregelen is door ontbreken van data geen correctie uitgevoerd.



Tabel 6 –8 Samenvattende tabel met aanbevolen revitaliseringsmaatregelen

Bosgroeiplaats	Maatregel rijkstrooisel aanplant rijk- strooisel					Maatregel	Hydrologisch herstel	Herstel basenverzadiging		
	Aanplant kwartier- makers	Aanplant rijk- strooisel	strooisel op armere grond	Som	Aandeel onvoldoende*			Nutriënten- gift	Aandeel onvoldoende **	Maatregel
arme, regenwatergevoede zandgronden (droog)	41057	957	1414	43429	78%	33961	6245	42020	91%	38070
arme, regenwatergev. zandgr. (vochtig & nat)	5593	361	266	6220	63%	3894	3835	5219	94%	4911
beekdalgronden	0	2597	0	2597	31%	813	2651	0	80%	0
kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen)	0	2375	0	2375	54%	1271	2375	0	0%	0
overig	0	1036	0	1036	27%	279	241	0	0%	0
rijke, regenwatergevoede zandgronden	805	8420	362	9587	68%	6500	2769	2754	81%	2236
rivier- en zeekleigronden	0	2554	0	2554	9%	220	229	0	0%	0
stagnerende leem- en kleigronden	17	2401	0	2418	41%	979	1432	27	0%	0
veen	0	1142	0	1142	19%	216	1044	0	0%	0
Totaal	47473	21843	2042			48132	20820	50021		45218

* volgens bosstructuuranalyse

** volgens bodemonmonster-analyse

7 Prioritering

De revitaliseringsopgave is in het Brabantse actieplan opgesplitst in 20.000 ha tot en met 2030 en de rest tot en met 2050. Hoe prioriteren we de opgave? Dat is besproken met de Provincie en verschillende grote terreineigenaren.

Hydrologische herstel verandert en verbetert groeiplaatsomstandigheden structureel. Daarom zou deze systeemmaatregel waar mogelijk steeds als eerste genomen moeten worden. Daarnaast zijn op de droge zandgronden, vanwege de bodemkwaliteit, vochtvoorziening en bossamenstelling, de risico's op verminderde vitaliteit het hoogst. Daarom hebben bossen op de (droge) zandgronden de prioriteit en hebben deze bossen ook de prioriteit volgens de provincie, de grote terreineigenaren en Brabants Particulier Grondbezit. De bossen in N2000-gebieden hebben vanuit de VHR-doelstellingen de prioriteit om te revitaliseren.

Om de revitaliseringsmaatregelen zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de beheerpraktijk, wordt voorgesteld de uitvoering in te passen in de beheercyclus. Deze wens is duidelijk uitgesproken door meerdere terreineigenaren. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in grootschalige startmaatregelen zoals hydrologisch herstel die op gebiedsniveau en dus in samenwerking met andere partijen genomen moeten worden en in meer kleinschalige maatregelen die terreineigenaren individueel kunnen nemen, zoals het verbeteren van bosstructuur. Daarnaast kunnen veel maatregelen niet in één keer genomen worden, maar zullen stapsgewijs uitgevoerd worden. Gedacht kan worden aan het gefaseerd omhoog brengen van de grondwaterstand of aan kleinschalige aanplant van kloempen met mengboomsoorten, kwartiermakers en/of rijkstrooiselsoorten om de tien jaar. Op basis van lokaal vooronderzoek kunnen beheerders zelf, of in samenwerking met eigenaren van aangrenzende bosgebieden, een plan van aanpak en bijbehorende planning voor uitvoering opstellen. Zij kunnen hiervoor gecombineerd met het vooronderzoek hun eigen gebiedskennis van de lokale a-biotiek en biotiek en vakmanschap inzetten om concrete maatregelensets samen te stellen passend bij de beheerdoelen voor het bos, binnen de kaders van voorliggende revitaliseringsplan.

Belangrijk is om een goede langjarige monitoring op te zetten waarbij de effecten van de ingezette maatregelen gevolgd worden. De resultaten van de monitoring kunnen zowel gebruikt worden voor het lokaal bijsturen van revitaliseringsmaatregelen, als voor het evalueren en leren op grotere schaal.

In Tabel 7 –1 is de planning opgenomen van de revitaliseringsmaatregelen. De oppervlaktes zijn overgenomen uit Tabel 6 –8, waarbij voor de aanplant ter versterking van de menging en het aandeel neutraal en rijkstrooisel de oppervlakte intensieve aanplant op de oppervlakte kleinschalige aanplant in mindering is gebracht.



Het volgen van de realisatie is gecompliceerd, omdat de uitwerking van de maatregelen een lange aanlooptijd kunnen hebben. Zeker in het geval van aanplant en bijsturen van mengverhoudingen kan het tientallen jaren duren voordat de bossen voldoende gemengd zijn. Na voltooiing van revitaliseringsmaatregelen in een bepaald bosgebied is de revitalisering dan ook niet daadwerkelijk 'klaar', maar eerder 'in gang gezet'. Ook is het mogelijk dat in het ene bos een specifiek deel van het maatregelenpakket al in gang is gezet en in een ander bos een ander deel. Daardoor is niet aan te geven welke oppervlakte voor 2030 gerevitaliseerd is of waar revitalisering dan in gang is gezet.



Tabel 7 –1 Geschatte oppervlaktes voor uitvoering van bosrevitalisering in Noord-Brabant

Maatregel		Aantal hectares	Aandeel uitvoering	Frequentie
Omgevingsfactoren aanpassen				
Hydrologische maatregelen buiten bossen ¹				eenmalig
Klimaatverandering beperken ¹				
Reduceren stikstofdepositie ¹				
Vooronderzoek		71.358	100%	eenmalig
Hydrologische maatregelen binnen bossen ²		20.820	100%	eenmalig
Kwaliteitsimpuls				
Aanwijzen OAD-netwerk ²		71.358	10%	eenmalig
Structuur en diversiteit versterken		71.358	100%	elke 10 jr
Intensieve aanplant en bescherming ²	10.453+1.518+36.161	48.132	1%	eenmalig
Aanplant rijkstrooisel en mengboomsoorten ³	10.453 – 1%	10.348	100%	elke 10 jr
Aanplant kwartiermakers/rijkstrooisel en mengboomsoorten ³	1.518 – 1%	1.503	100%	elke 10 jr
Aanplant kwartiermakers en mengboomsoorten ³	36.161 –1%	35.799	100%	elke 10 jr
Toepassen bufferende stoffen tegen verzuring en herstel nutriëntenbalans ²		45.218	100%	eenmalig
Structurele aanpassingen in het beheer				
Meerkosten kleinschalig beheer gericht op diversiteit en vitaliteit				
Wildstand aanpassen		71.358		eenmalig
Monitorings- en onderzoeksprogramma vitale Brabantse Bossen				

¹ Deze maatregelen vallen buiten de reikwijdte van dit rapport, maar zijn van groot belang voor de vitaliteit van de bossen

² De maatregelen zijn gelijk verdeeld over de eerste en de tweede periode

³ Aanplant is voorzien als een kleinschalige maatregel die elke 10 jaar herhaald wordt. Zo kan de menging gestaag versterkt worden en lopend bijgestuurd worden.

8 CO₂-vastlegging

Er zijn helaas nog weinig gegevens beschikbaar om de veranderende CO₂-opslag in bossen als gevolg van revitaliseringsmaatregelen te kwantificeren. Alleen voor het revitaliseren van dennenbossen (grove den en zwarte den) en het uitstellen van oogst zijn deze kengetallen beschikbaar. De getallen hiervoor kennen een brede range (Wageningen UR et al., 2022). De vastlegging van CO₂ in bossen hangt namelijk sterk af van mengverhoudingen, de groeiplaats en andere omstandigheden. Wanneer bijvoorbeeld een grove dennenbos op een goede groeiplaats met hoogproductieve soort zoals douglas onderplant wordt, zal de additionele CO₂-vastlegging na 10 jaar meer dan een miljoen ton CO₂-eq. zijn en in de 49 jaar daarop nog eens ruim 10 miljoen ton CO₂-eq. Maar op armere bodems en met meer laagproductieve soorten, zal de vastlegging meer aan de ondergrens van de weergegeven range zitten (zie Tabel 8-1).

Tabel 8 -1 Additionele CO₂-vastlegging voor twee revitaliseringsmaatregelen

Maatregel	Aantal hectare	Totale vastlegging CO ₂ -eq (ton) per periode	
		Jaar 1-10 na de ingreep	Jaar 11-50 na de ingreep
Uitstellen van oogst	7.136	142.716 – 1.783.950	570.864 – 7.135.800
Revitalisering dennenbos	41.275	288.927 – 1.444.633	2.311.412 – 11.226.860

In Tabel 8-2 wordt per revitaliseringsmaatregel weergegevens wat de geschatte geclassificeerde impact op CO₂-vastlegging zal zijn op basis van Hendriks (2022).



Tabel 8 –2 Effect revitaliseringsmaatregelen op CO₂-vastlegging

Revitaliseringsmaatregel	Oppervlakte (ha)	Effect op groei/koolstof-vastlegging + positief - negatief +/- positief of negatief = geen of weinig effect ? Effect onbekend
Hydrologisch herstel op landschapsschaal en aanpassen detailontwatering	20.820	+/-
Verbetering schaal, buffering en verbinding van bosgebieden op landschaps-schaal	**	=
Herstelmaatregelen stikstof	**	-
Nutriëntengift (steenmeel)	45.218	+?
*Verbeteren nutriëntenpomp, aanplant rijkstrooiselsoorten	48.132	+/-
Versterken menging	71.358	+/-
Kleinschalig beheer met behoud bosklimaat	**	+/-
Bosstructuur versterken	71.358	+/-
Stimuleren verjonging (25% al met voldoende verjonging)	53.519	+/-
*Verhogen aandeel dood hout	**	+
*Bescherming tegen wildvraat	**	+
Aanpassen wildstand	**	+
Verbeteren oppervlakte-water- en grondwaterkwaliteit (KRW)	**	+/-
Verbetering schaal, buffering en verbinding van bosgebieden op landschaps-schaal	**	=
Verlagen stikstofdepositie op bos	**	?

* Eind 2024 worden voor deze maatregelen cijfers verwacht om de verwachte CO₂-vastlegging te berekenen (onderzoek door Wageningen Environmental Research)

** Voor deze maatregelen is geen oppervlakte uitgerekend binnen dit onderzoek



Bibliografie

- al., R. e. (2022). *Bosverjonging op de Veluwe, tussenrapportage monitoring 2021*. Wageningen: Stichting Probos.
- Bosgroep Noord-Oost Nederland en Stichting Probos. (2022). *Vitaliteit bossen in Overijssel*. Witharen: Bosgroep Noord-Oost Nederland u.a.
- Bosgroepen. (2023, mei). *Beslisboom revitalisering bosgroeiplaats*. Opgehaald van Bosgroepen: https://bosgroepen.nl/documents/109/Naar_een_gezonde_bosgroeiplaats_-_Beslisboom_revitalisering_bosgroeiplaats.pdf
- Buiteveld, J., Mits, S. d., & Hendriks, V. (2022). *Behoud van autochtone bomen en struiken in hun natuurlijke omgeving*. Wageningen: Centrum voor Genetische Bronnen Nederland.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2023, 04 26). *Bodemgebruik; uitgebreide gebruiksvorm, per gemeente*. Opgehaald van StatLine: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70262ned/table?searchKeywords=grondgebruik>
- Desie, E., Vancampenhout, K., & Muys, B. (2021). De donkere kant van het bos: kansen voor rijkstrooisel. *Bosrevue 97a*, pp. 1–11.
- Grondwaterconvenant 2021–2027. (2021, december 15). *Samenwerken aan herstel en bewaking van de grondwaterbalans in Brabant*.
- Hendriks. (2022). *Kwantificeren koolstofeffecten van beheermaatregelen*. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- KNMI. (sd). *KNMI'23-klimaatsscenario's*. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatsscenario-s>
- Niinemets, U., & Valladares, F. (2006). Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate Northern Hemisphere trees and shrubs. *Ecological Monographs* 76, pp. 521–547.
- NVWA. (2023). *Invasieve houtige planten in Nederland, veldgids*.
- Penninkhof, J., & Thomassen, E. (2023, November). Wat kost revitalisering van bos eigenlijk? *Vakblad Bos, Natuur, Landschap*, pp. 27–29.
- Provincie Noord-Brabant. (2022, december 30). *Landelijk Programma Natuur (LPN)*. Opgehaald van Provincie Noord-Brabant: <https://www.brabant.nl/actueel/nieuws/natuur-en-landschap/2022/landelijk-programma-natuur-wat-is-het-en-wat-betekent-het-voor-brabant>
- Provincie Noord-Brabant. (2023). *Houtskoolschets, Brabants Programma Landelijk Gebied*. 's-Hertogenbosch: Provincie Noord-Brabant.
- Provincie Noord-Brabant. (sd). *Aanpak Stikstof Brabant*. Opgehaald van Aanpak Stikstof Brabant: <https://www.aanpakstikstofbrabant.nl/default.aspx>
- Remesal, L., & Hoek, W. v. (2000). *Bestrijding van verdroging in bossen: kwestie van maatwerk*. Vakblad Natuurbeheer.
- Sauren et al (2020) Ecologie in boomgericht bosbeheer. *Eco2eco*.
- Siepel, H. (1992). *Bosgebonden fauna: een faunistische aanvulling op bosgemeenschappen*. Arnhem: Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek.
- Thomassen et al. (2020). *Revitalisering Nederlandse bossen*.



- Vereniging van Bos en Natuurterreineigenaren (VBNE). (2023). *Praktijkadvies preventie en bestrijding van natuurbanden*. Driebergen: Vereniging van Bos en Natuurterreineigenaren.
- Wageningen UR, Stichting Probos, Arboribus Silva. (2022). *Factsheets; klimaatregelen met Bomen, Bos en Natuur*. Wageningen: Wageningen UR.
- Wellbrock, N. & A. Bolte, 2019. Status and dynamics of forests in Germany: results of the national forest monitoring. Springer Nature.



bijlage 1 Gebruikte gegevensbronnen en kaartmaterialen

Thema	Bron	Gereduceerd tot categorieën
Beheertype	Natuurbeheerplan 2023 (NBP 2023) Top10-kaart Nationaal register – Natura-2000-gebieden	N14 en N15: Natuurbossen N16: Productiebossen N17: Cultuurhistorische bossen Wanneer aanliggend aan bovenstaande zijn de volgende beheertypen toegevoegd: L01.02: Houtwal en singel L01.07: Laan Aangevuld met een uitsnede van die delen van de beheertypen Rivier- en moeraslandschap (N01.03) en Zand- en Kalklandschap (N01.04) die als bos op de Top10 kaart staan.
Groeiplaats	Bosgroeiplaatsenkaart	Arme, regenwatergevoede zandgronden (droog) Arme, regenwatergevoede zandgronden (vochtig en nat) Rijke, regenwatergevoede zandgronden Beekdalgronden Kwelgevoede zandgronden (buiten beekdalen) Rivier- en zeekleigronden Stagnerende leem- en kleigronden Veen Overig
Menging	7 ^{de} Nederlandse Bosinventarisatie en Probos-database met Woodstock en SyHi-gegevens SNL-bosstructuurgegevens Bosgroep Zuid Nederland Lijst met kwalificerende inheemse/Europese boom- en struiksoorten Europese boom- en struiksoorten van de SNL (Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS)	n.v.t
Structuur – struikbedekking	7 ^{de} Nederlandse Bosinventarisatie en Probos-database met Woodstock en SyHi-gegevens SNL-bosstructuurgegevens Bosgroep Zuid	Klassen gebaseerd op de percentuele bedekking van struiksoorten in een straal van 8 meter



	Nederland	
Bosverjonging	7 ^{de} Nederlandse Bosinventarisatie en Probos-database met Woodstock en SyHi-gegevens	
Bodem	Bodemkaart van Nederland Geomorfologische kaart van Nederland GeoTOP v1.5 Bodemonderzoeken door Bosgroep Zuid Nederland en BE-WARE	n.v.t.
Hydrologie	Grondwatermodel 2005 - WTR.GWT_2005_25_GVG_G - WTR.GWT_2005_25_GHG_G - WTR.GWT_2005_25_GLG_G 'Waternood – hydrologische randvoorwaarden natuur'	



bijlage 2 Inheemse, uitheemse en invasieve boomsoorten

boomsoort	Wetenschappelijke naam	strooisel	SNL europees	inheems	invasief
Abies alba	Abies alba	rijk	True	False	False
Abeel	Populus alba, Populus canescens	rijk	True	False	False
Acacia	Robinia pseudoacacia	rijk	False	False	True
Amerikaanse eik	Quercus rubra	zuur	False	False	True
Abies grandis	Abies grandis	rijk	False	False	False
Amerikaanse vogelkers	Prunus serotina	rijk	False	False	True
Berk	Betula	rijk	True	True	False
Beuk	Fagus sylvatica	zuur	True	True	False
Boswilg	Salix caprea	rijk	True	True	False
Corsicaanse den	Pinus nigra var. nigra	zuur	True	False	False
Chamaecyparis	Chamaecyparis lawsoniana	zuur	False	False	False
Douglas	Pseudotsuga menziesii	rijk	False	False	False
Drent Krent	Amelanchier lamarckii	rijk	True	False	True
Overig den	Other Pinus	zuur	False	False	False
Esdoorn	Acer	rijk	True	True	False
Inlandse eik	Quercus robur, Quercus petraea	zuur	True	True	False
Europese lariks	Larix decidua	zuur	True	False	False
Overig eik	Other Quercus	zuur	True	False	False
Es	Fraxinus excelsior	rijk	True	True	False
Fijnspar	Picea abies	zuur	True	False	False
Grove den	Pinus sylvestris	zuur	True	True	False
Grauwe els	Alnus incana	rijk	True	False	False
Grauwe wilg	Salix cinerea	rijk	True	True	False
Haagbeuk	Carpinus betulus	rijk	True	True	False
Hulst	Ilex aquifolium	zuur	True	True	False
Hazelaar	Corylus avellana	rijk	True	True	False
Iep	Ulmus	rijk	True	True	False
Inheems loofhout	Other indigenous broadleaves	rijk	True	True	False
Italiaanse populier	Populus nigra cv Italica	rijk	True	False	False
Jeneverbes	Juniperus communis	zuur	True	True	False
Japanse lariks	Larix kaempferi	zuur	False	False	False
Kardinaalsmuts	Euonymus europaeus	rijk	True	True	False
Kornoelje	Cornus mas	rijk	True	True	False
Lariks	Larix	zuur	False	False	False
Lijsterbes	Sorbus aucuparia	rijk	True	True	False
Liguster	Ligustrum vulgare	rijk	True	True	False
Linde etc	Other broadleaves	rijk	True	True	False
Meidoorn	Crataegus monogyna	rijk	True	True	False
Noorse esdoorn	Acer platanoides	rijk	False	False	False



Overig naald	Other conifers	zuur	False	False	False
Abies overig	Other Abies	rijk	False	False	False
Oostenrijkse den	Pinus nigra var. maritima	zuur	True	False	False
Esdoorn overig	Other Acer	rijk	False	False	False
Overig naald	Other conifers	zuur	False	False	False
Omorika spar	Picea omorika	rijk	False	False	False
Geoorde wilg	Salix aurita	rijk	True	True	False
Pinus contorta	Pinus contorta	zuur	False	False	False
Paardekastanje	Aesculus hippocastanum	zuur	True	False	False
Plataan	Platanus	rijk	False	False	False
Zwarte den	Pinus nigra	zuur	True	False	False
Populier	Populus	rijk	True	True	False
Populier/Wilg	Salix/Populus	rijk	True	True	False
Rigidaden	Pinus rigida	zuur	False	False	False
Trilpopulier	Populus tremula	rijk	True	True	False
Spaanse aak	Acer campestre	rijk	True	True	False
Sleedoorn	Prunus spinosa	rijk	True	True	False
Inheemse struiksoorten	Misc. indigenous shrubs	rijk	True	True	False
Overig spar	Other Picea	rijk	False	False	False
Sitkaspar	Picea sitchensis	zuur	False	False	False
Struiken	Other shrubs	rijk	False	False	False
Schietwilg	Salix alba	rijk	True	True	False
Thuja	Thuja plicata	zuur	False	False	False
Tamme kastanje	Castanea sativa	zuur	True	True	False
Tsuga	Tsuga heterophylla	rijk	False	False	True
Taxus	Taxus baccata	rijk	True	True	False
Uitheems loofhout	Other exotic broadleaves	rijk	False	False	False
Vuilboom	Rhamnus frangula	rijk	True	True	False
Vogelkers	Prunus padus	rijk	True	True	False
Vlier	Sambucus nigra	rijk	True	True	False
Weymouth den	Pinus strobus	zuur	False	False	True
Wilg	Salix	rijk	True	True	False
Zeeden	Pinus pinaster	zuur	True	False	False
Zwarte els	Alnus glutinosa	rijk	True	True	False
Zoete kers	Prunus avium	rijk	True	True	False
Zwarte populier	Populus nigra	rijk	True	True	False



bijlage 3 Rijkstrooiselsoorten

Boomsoort	Wetenschappelijke naam
Abeel	Populus alba, Populus canescens
Abies alba	Abies alba
Abies grandis	Abies grandis
Abies overig	Other Abies
Acacia	Robinia pseudoacacia
Amerikaanse vogelkers	Prunus serotina
Berk	Betula
Boswilg	Salix caprea
Douglas	Pseudotsuga menziesii
Drent Krent	Amelanchier lamarckii
Es	Fraxinus excelsior
Esdoorn	Acer
Esdoorn overig	Other Acer
Geoorde wilg	Salix aurita
Grauwe els	Alnus incana
Grauwe wilg	Salix cinerea
Haagbeuk	Carpinus betulus
Hazelaar	Corylus avellana
Iep	Ulmus
Inheems loofhout	Other indigenous broadleaves
Inheemse struiksoorten	Misc. indigenous shrubs
Italiaanse populier	Populus nigra cv Italica
Kardinaalsmuts	Euonymus europaeus
Kornoelje	Cornus mas
Liguster	Ligustrum vulgare
Lijsterbes	Sorbus aucuparia
Linde etc	Other broadleaves
Meidoorn	Crataegus monogyna
Noorse esdoorn	Acer platanoides
Omorika spar	Picea omorika
Overigspar	Other Picea
Plataan	Platanus
Populier	Populus
Populier/Wilg	Salix/Populus
Schietwilg	Salix alba
Sleedoorn	Prunus spinosa
Spaanse aak	Acer campestre
Struiken	Other shrubs
Taxus	Taxus baccata
Trilpopulier	Populus tremula
Tsuga	Tsuga heterophylla



Uitheems loofhout	Other exotic broadleaves
Vlier	Sambucus nigra
Vogelkers	Prunus padus
Vuilboom	Rhamnus frangula
Wilg	Salix
Zoete kers	Prunus avium
Zwarte els	Alnus glutinosa
Zwarte populier	Populus nigra

Boomsoorten met zuur strooisel

Boomsoort	Wetenschappelijke naam
Amerikaanse eik	Quercus rubra
Beuk	Fagus sylvatica
Chamaecyparis	Chamaecyparis lawsoniana
Corsicaanse den	Pinus nigra var. nigra
Europese lariks	Larix decidua
Fijnspar	Picea abies
Grove den	Pinus sylvestris
Hulst	Ilex aquifolium
Inlandse eik	Quercus robur, Quercus petraea
Japanse lariks	Larix kaempferi
Jeneverbes	Juniperus communis
Lariks	Larix
Oostenrijkse den	Pinus nigra var. maritima
Overig den	Other Pinus
Overig eik	Other Quercus
Overig naald	Other conifers
Overig naald	Other conifers
Paardekastanje	Aesculus hippocastanum
Pinus contorta	Pinus contorta
Rigidaden	Pinus rigida
Sitkaspar	Picea sitchensis
Tamme kastanje	Castanea sativa
Thuja	Thuja plicata
Weymouth den	Pinus strobus
Zeeden	Pinus pinaster
Zwarte den	Pinus nigra

bijlage 4 **Beoordeling van bosbodems op zandgrond**

Beoordeling van de biochemische status van de bosbodems op zandgrond

Door atmosferische depositie van stikstof (N) (en voorheen, zwavel (S)-verbindingen) is de bodem sterk verzuurd. Daarnaast is door de N-input de bodem sterk vermest en vinden we doorgaans hoge concentraties ammonium (NH_4^+). Als gevolg van deze depositie is de capaciteit om zuur te bufferen in de bodem sterk afgenomen en zijn kationen zoals calcium (Ca), kalium (K) en magnesium (Mg) in grote mate uitgespoeld. Door de afname van de buffercapaciteit neemt de invloed van zuur toe (dat noemen we verzuring) en is de beschikbaarheid van aluminium (Al) verhoogd.

Uit onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat in bossen op arme zandgronden sprake is van een mineralenonbalans die doorwerkt in de voedselketen. Metingen in studies uit Nederland, Duitsland en Vlaanderen tonen ons dat basenverzadiging (in %), de hoeveelheid bufferende kationen en de bodem pH redelijk goede maatgevers kunnen zijn voor de mate van strooiselafbraak en het voorkomen van bodemfauna (Wellbrock & Bolte 2019, Desie 2020, Nijssen et al., 2020). Het omslagpunt tussen de buffering van zuren door middel van het adsorptiecomplex en het in oplossing komen van aluminium ligt rond de pH 4 tot 5 gemeten als $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (Scheffer & Schachtschabel 1992, Rahman et al., 2018). Daarnaast blijkt uit meerdere studies dat de verhouding tussen het vrij beschikbare Al en Ca (in mol:mol) indicatief zijn voor de mate van verzuring en ook een weerslag heeft op de groei (en gezondheid) van bomen. Als de verhouding tussen het vrij beschikbare Al en Ca 1 is (evenveel opgelost Al als Ca) is de kans op schade aan de bomen (beperking in groei en/of nutriëntentekorten) 50%. Als deze verhouding (Al/Ca-ratio) groter wordt en naar 2 stijgt wordt het risico op schade hoger (75%) en bij een verhouding van 5 of hoger is de kans op schade 100% (Cronan & Grigal 1995).

Daarmee kunnen we de pH, de basenverzadiging en de Al/Ca ratio beschouwen als parameters voor de kwaliteit van de bodem. Uit diverse onderzoeken zijn waarden/ranges voor drie kwaliteiten bosbodems op zandgrond genomen. Onderstaande tabel geeft aan welke ranges gehanteerd worden in dit rapport.

parameters	Sterk verzuurd, ook voor zure bostypen ongunstig	Op rijkere bodems (holtpodzol, beekeerd, enkeerd, gooreerd, moerige podzol)	Op arme bodems (haarpodzol, stuifzand, veldpodzol)	Goed gebufferd bostype, waarschijnlijk geen verzuringsnelpunt
Al/Ca (mol/mol)	>2	2-1	2-1	<1
BV (%)	<10	10-30	10-30	>30
pH $_{(\text{H}_2\text{O})}$	<4	4-5	4-5	>5
pH $_{(\text{NaCl})}$	<3	3-4	3-4	>4



bijlage 5 **Lijst kwalificerende boom—en struiksoorten SNL**

aalbes, amandelwilg, Amerikaans krentenboompje, appel, beuk, bittere wilg, bosrank, bosroos, boswilg, braamsoorten, brem, duindoorn, duinroos, kruising van eenstijlige en tweestijlige meidoorn, eenstijlige meidoorn, egelantier, Europese lork, fladderiep, framboos, fijnspar, gagel, gladde iep, gaspeldoorn, Gelderse roos, gele kornoelje, geoorde wilg, gewone es, gewone esdoorn, gewone vlier, grauwe abeel, kruising van grauwe en geoorde wilg, grauwe wilg, grove den, haagbeuk, hazelaar, heggenroos, Hollandse linde, hondsroos, hulst, jeneverbes, kruising van katwilg en grauwe wilg, kleinbloemige roos, klimop, kruising van koraalmeidoorn en tweestijlige meidoorn, koraalmeidoorn, kraagroos, kraakwilg, kruisbes, laurierwilg, mispel, peer, ratelpopulier, rode kamperfoelie, rode kornoelje, rode paardenkastanje, rood peperboompje, rossige wilg, ruwe berk, ruwe iep, kruising van schietwilg en kraakwilg, schietwilg, sleedoorn, Spaanse aak, sporkehout, tamme kastanje, taxus, trosvlier, tweestijlige meidoorn, viltroos, vogelkers, wegedoorn, wilde kamperfoelie, wilde kardinaalmuts, wilde liguster, wilde lijsterbes, kruising van wintereik en zomereik, wintereik, winterlinde, witte els, witte paardenkastanje, wollige sneeuwbal, zachte berk, zeeden, zoete kers, zomereik, zomerlinde, zuurbes, zwarte bes, zwarte den, zwarte els en zwarte populier.



bijlage 6 Flowchart GIS-model





bijlage 7 **Grondwaterafhankelijke bodemtypen**

EZg23
aVp
Vs
Vc
Hn30
aVs
vWz
Vo
ABv
pZn23
pZn21
vWp
hVc
kVs
Vp
Hn23
aVz
pZg21
Vk
zWz
zVp
kVc
pZn30
kVb
pZg23
EZg21
pVc
pVz
Hn21
zVz
pZg30
zVc
Vz
kWz
kVz
Zn40A
kWp
Wg
zVs
aVc
ABz
Zn21
Zn30A
zWp



Zn23
kVk
Zn50A
Zn30
hVz
pVk

bijlage 8 **Inbreng Brabantse terreineigenaren**

Belangrijke punten die naar voren zijn gekomen uit de gesprekken zijn:

- Biodiversiteit en andere intrinsieke waarden vinden de deelnemers belangrijk. Het woord 'Ecosysteemdiensten' dat in de oorspronkelijke definitie van vitaal bos sterk naar voren komt, kan op verschillende manieren geïnterpreteerd worden. Daarom is biodiversiteit expliciet genoemd in de definitie van vitaal bos en door het benoemen van meest relevante aspecten is getracht hier meer uitwerking en richting aan te geven.
- De focus in dit rapport ligt op welke revitaliseringsmaatregelen bouseigenaren en –beheerders zelf kunnen nemen. Maar een deel van deze maatregelen zijn gericht op de gevolgen van externe drukfactoren en liggen daarmee buiten de invloedssfeer van de bouseigenaren. Zij geven aan dat om de Brabantse bossen echt op duurzame wijze weerbaar en veerkrachtig te laten worden, de externe drukfactoren ook opgelost moeten worden. De belangrijkste externe drukfactoren zijn de toestand van hydrologische systemen (leidend tot verdroging) en overmatige stikstofdepositie (leidend tot verzuring en vermesting).
- De analyses in dit rapport geven alleen een beeld van de revitaliseringsnoodzaak op provinciale schaal. Om op gebiedsniveau te bepalen welke maatregelen nodig zijn, is aanvullend onderzoek nodig om lokaal en regionaal maatwerk te kunnen leveren.
- Bij de meeste maatregelen ben je er niet met een eenmalige ingreep, dit moet veelal getrapt in de tijd uitgevoerd worden (bijvoorbeeld de grondwaterstand geleidelijk omhoog brengen). En op een hectare kunnen meerdere maatregelen nodig zijn, die gespreid in de tijd uitgevoerd moeten worden.
- Prioritering kan op heel veel verschillende manieren worden aangevlogen: ga je voor het laaghangend fruit in bijvoorbeeld N2000-gebieden of juist voor droge, schrale zandgronden waar je de grootste effecten kunt bewerkstelligen. De aanwezigen pleiten voor een gefaseerde aanpak in de tijd die aansluit bij de uitvoering van beheerplannen en ruimte biedt / stimulerend werkt voor bouseigenaren om aan de slag te gaan met waar zij prioriteiten en kansen zijn (dus ook buiten N2000).



bosgroepen.nl
probos.nl

