

A photograph of a forest floor covered in fallen leaves and green ferns. A large, fallen tree trunk lies on the right side. A white circle is drawn around a central area of the forest, highlighting a specific part of the scene. The background is filled with tall trees and dense foliage.

Natuurlijke ontwikkeling van bosstructuur en vegetatie in Natura 2000-gebied Norgerholt

A.S.J. van Proosdij & R.J. Bijlsma



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Natuurlijke ontwikkeling van bosstructuur en vegetatie in Natura 2000-gebied Norgerholt

A.S.J. van Proosdij & R.J. Bijlsma

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door de provincie Drenthe.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, februari 2022

Gereviewd door:
Dr. John Janssen (senior onderzoeker WENR)

Akkoord voor publicatie:
Dr. Nina Smits (teamleider team VBL WENR)

Rapport 3137
ISSN 1566-7197
ISBN 978-94-6447-050-5



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Van Proosdij, A.S.J. & R.J. Bijlsma, 2022. *Natuurlijke ontwikkeling van bosstructuur en vegetatie in Natura 2000-gebied Norgerholt*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3137. 46 blz.; 9 fig.; 2 tab.; 24 ref.

Dit rapport geeft de resultaten van een onderzoek naar de natuurlijke ontwikkeling van het Natura 2000-gebied en bosreservaat Norgerholt. De samenstelling van de vegetatie en de structuur van het bos zijn geïnterpreteerd in 2021 en vergeleken met eerdere inventarisaties uit resp. 2002 en 2009. Uit deze inventarisatie blijkt dat sprake is van een doorgaande ontwikkeling van kenmerken van oud bos (grondvlak, dood hout) en dat populaties van karakteristieke bosplanten afhankelijk zijn van groeiplaatsen langs oude paden en wegen.

Trefwoorden: bosreservaat, oud bos, Natura 2000, Norgerholt, Nederland

This report presents the results of a study on the natural development of the Natura 2000 area and forest reserve Norgerholt. The vegetation composition and forest structure have been surveyed in 2021 and compared with previous surveys from 2002 and 2009 respectively. Analyses of the data show a continuous development of old forests characteristics (ground surface, dead wood volumes) and a strong dependency of typical forest herbs on habitats along old roads and paths.

Key words: forest reserve, old forest, Natura 2000, Norgerholt, Netherlands

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/559321> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2022 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3137 | ISSN 1566-7197 | ISBN 978-94-6447-050-5

Foto omslag: André van Proosdij

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Gebiedsbeschrijving Norgerholt	11
1.2 Bosreservaat	12
1.3 Vraagstelling	12
1.4 Leeswijzer	12
2 Methode van onderzoek	13
2.1 Algemeen	13
2.2 Structuuropnames	13
2.3 Vegetatieopnames	14
2.4 Analyses	14
2.4.1 Structuur	14
2.4.2 Vegetatie	15
3 Resultaten	17
3.1 Structuur	17
3.2 Vegetatie	23
4 Conclusies	25
4.1 Structuur	25
4.2 Vegetatie	26
4.3 Ontwikkeling van het bos	26
4.4 Aanbeveling	27
Literatuur	28
Bijlage 1 Ruitennet Norgerholt	29
Bijlage 2 Transitie matrices voor levende en dode bomen tussen 2009 en 2021	31
Bijlage 3 Levende bomen: aantal en grondvlak	33
Bijlage 4 Percentage grondvlak en hoofdboomsoort	35
Bijlage 5 DBH, grondvlak en hoogte per boomsoort	39
Bijlage 6 Volumes dood hout	40
Bijlage 7 Vaatplanten en mossen in de opnamen 2002 en 2021	41
Bijlage 8 Bedekking vegetatielagen	43
Bijlage 9 Veranderingen in bedekking van soorten in de kruidlaag	44

Verantwoording

Rapport: 3137

Projectnummer: 5200047098

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: senior onderzoeker WENR

naam: Dr. John Janssen

datum: 09-11-2021

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Dr. Nina Smits

datum: 07-02-2022

Woord vooraf

Het onderzoek naar de natuurlijke ontwikkeling van structuur en vegetatie in het Natura 2000-gebied en tevens bosreservaat Norgerholt, is uitgevoerd in opdracht van de provincie Drenthe. Contactpersoon vanuit de provincie was Sipke Holtes. Daarnaast vond afstemming plaats met de terreineigenaar Natuurmonumenten namens welke Roos Veeneklaas als contactpersoon optrad. Wij danken beiden voor hun betrokkenheid, commentaar op de conceptrapportage en alle overige bijdragen aan het hier gepresenteerde onderzoek.

André van Proosdij & Rienk-Jan Bijlsma

Wageningen, februari 2022



Samenvatting

Het Norgerholt (provincie Drenthe) is Natura 2000-gebied en tevens onderdeel van het landelijk netwerk van bosreservaten. Voor de evaluatie van het gebied zoals die in het Natura 2000-beheerplan zal worden opgenomen, is het van belang informatie te hebben over de ontwikkeling van het gebied. Voor de beoordeling van eventuele veranderingen in de vegetatie en bosstructuur is daarom een heropname uitgevoerd van structuur- en vegetatiekenmerken in achttien proefvlakken (zogenaamde steekproefcirkels) van het bosreservatenprogramma, verspreid door het Norgerholt. Vervolgens zijn deze vergeleken met de gegevens van de opnamen in 2002 (vegetatie) en 2009 (structuur).

De resultaten laten een doorgaande ontwikkeling zien van kenmerken van oud bos. Het aantal stammen en het grondvlak nemen toe en van alle soorten is de stamdikte toegenomen. Waar het aantal stammen van zomereik afneemt, neemt het grondvlak van deze soort juist toe (ze worden dus dikker). Daarnaast nemen het aantal stammen en het grondvlak van hulst en sporkehout toe: de struiklaag wordt dichter en ouder. De toename van de bedekking van de struiklaag is toe te schrijven aan de sterke toename van hulst, die inmiddels de struiklaag domineert in grote delen van het bos. In de steekproefcirkels is geen verjonging van zomereik, wintereik of beuk vastgesteld.

Het volume dood hout is sterk toegenomen. De aanwezige volumes dood hout passen bij een volwassen 'natuurlijk bos'. De sterftepercentages van het bos en van de aanwezige boomsoorten passen in landelijke bandbreedtes voor eikenbossen en houtige soorten van eikenbossen.

De bedekking van de kruidlaag is niet significant veranderd. Karakteristieke oud-boskruiden, zoals dalkruid, witte klaverzuring, grote muur en lelietje-van-dalen, komen in het gesloten bos weinig voor en met zeer lage bedekking; deze soorten namen in de plots niet significant af. De bedekking van adelaarsvaren en bramen lijkt wel significant te zijn afgenomen, vooral in slechts enkele plots, als gevolg van uitbreiding van hulst in de struiklaag. Het zwaartepunt van voorkomen van oud-boskruiden en bramen ligt langs de paden en bosranden, waar geen proefvlakken liggen. Er zijn geen aanwijzingen dat de duurzaamheid van populaties van karakteristieke bosplanten onder druk staat. In het Norgerholt is deze groep afhankelijk van stabiele groeiplaatsen langs oude paden en wegen. Aanbevolen wordt het voorkomen van oud-bossoorten in het gehele Norgerholt te monitoren.

1 Inleiding

1.1 Gebiedsbeschrijving Norgerholt

Het Norgerholt is een oud bos van circa 25 hectare ten noordwesten van Assen. Het bos staat bekend om haar grote, oude zomereiken, hulst met indrukwekkende afmetingen en prachtige oude bosflora. Het Norgerholt bevindt zich op een noordwestelijke uitloper van het Drents Plateau (Plateau van Norg) en is gesitueerd tussen de esdorpen Norg, Westervelde en Zuidveld. De bodem bestaat uit Pleistoceen dekzand met een 50-200 cm dikke keileemlaag, 80 tot 160 cm onder maaiveld. De keileemlaag verhindert toegang tot de watervoerende zandlaag eronder. Als gevolg daarvan is het bos afhankelijk van het hangwater in de zandige bovenlaag. Door de eeuwenlange ophoping van strooisel heeft zich een dikke, humeuze bovengrond ontwikkeld. Aan de noordwestzijde van het Norgerholt bevindt zich een ven. Het bos ten zuiden van het ven is vochtiger en de bodem is hier enigszins moerig.

Het bos behoorde samen met de omringende landbouwpercelen lange tijd tot het gezamenlijk bezit van de boeren van de marke Norg. Vanaf de zeventiende eeuw zijn de landbouwgronden verdeeld onder de eigenaren en uiteindelijk is het bos in 1962 verkocht aan Natuurmonumenten. Het bos is eeuwenlang gebruikt voor de oogst van hout, eikels en strooisel en om vee (varkens) te laten grazen. Het oudst bekende geschrift waarin de aanwezigheid van het Norgerholt vermeld wordt, dateert van 1595 (Koomen, 1989). Daarmee is het bos in het Norgerholt ten minste vierhonderd jaar oud, maar mogelijk nog ouder. Het westelijke deel, de Telgenkamp, is jonger. Dit deel is lange tijd gebruikt voor de opkweek van jonge bomen, die later uitgeplant werden. Het bos op de Telgenkamp is waarschijnlijk minstens 120 jaar oud. Aangezien het grenst aan een oud bos, wordt ook het bos op de Telgenkamp tot oud bos gerekend voor de toedeling van Natura 2000-habitattypen. Sinds 1950 heeft er geen houtkap of andere vorm van onderhoud in het Norgerholt plaatsgevonden, met uitzondering van het kappen van exotische boom- en struiksoorten en incidenteel calamiteitenonderhoud. Het ven is wel open gekapt en opgeschoond. In het bos is daarmee inmiddels zeventig jaar sprake van een 'niets-doen'-beheer. Door het Norgerholt lopen twee verharde wegen en enkele onverharde wandelpaden. Het bos is op wegen en paden jaarrond toegankelijk voor wandelaars. Een uitgebreidere beschrijving van het gebied alsook de abiotische en biotische eigenschappen zijn te vinden in het Natura 2000-beheerplan (Provincie Drenthe, 2016), de PAS gebiedsanalyse (Provincie Drenthe, 2017) en in Broekmeyer et al. (1995).

In 2004 is het Norgerholt door de Europese Commissie aangewezen als Natura 2000-gebied vanwege habitatype Beuken-eikenbossen met hulst (H9120). Het Aanwijzingsbesluit van het Ministerie van LNV dateert uit 2010. In 2018 is habitatype Hoogveenbossen (H91D0) toegevoegd als te beschermen waarde (Ontwerp-wijzigingsbesluit), waarover anno 2021 nog geen definitief besluit is genomen. De dominantie van zomereik, de beperkte aanwezigheid van beuk en de sterke aanwezigheid van grote, oude hulst is kenmerkend voor de Drentse variant van dit habitatype. Ook de aanwezigheid van diverse oud-bossoorten maakt dit bos uniek en is indicatief voor de ouderdom van het bos. Dit betreft naast adelaarsvaren en diverse bramensoorten (Bijlsma, 2018) ook Norger bosmuur, een ondersoort van de bosmuur die uitsluitend in Drenthe en Sleeswijk-Holstein (Duitsland) voorkomt. Het Natura 2000-instandhoudingsdoel voor het Norgerholt bestaat uit behoud van omvang en verbetering van kwaliteit van het habitatype beuken-eikenbos met hulst (Provincie Drenthe, 2016). Het ven en het vochtige bos ten zuiden van het ven bevinden zich ook binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied. Het bos ten zuiden van het ven is vochtiger en behoort tot een gedegradeerde vorm van het habitatype Hoogveenbossen. Voor het hoogveenbos geldt behoud van oppervlakte en kwaliteit als doel.

1.2 Bosreservaat

Tussen 1983 en 2000 zijn in Nederland zestig bosreservaten ingesteld, waaronder het Norgerholt (Bijlsma, 2008). Het doel van het Programma Bosreservaten is om de bosgebieden gedurende lange tijd te monitoren en daarmee inzicht te verkrijgen in de natuurlijke ontwikkelingsprocessen van bossen. De bossen die onder dit programma vallen, zijn enerzijds voorbeelden van natuurlijke Nederlandse bossen, maar kunnen ook bestaan uit jonge cultuurbossen. Alle bosreservaten hebben gemeen dat er geen actief beheer meer plaatsvindt en het bos zich op natuurlijke wijze kan ontwikkelen. In het bosreservatenprogramma worden de structuur en soortensamenstelling en de ontwikkeling van beide onderzocht. Een gedetailleerde beschrijving van het programma is opgenomen in Koop (1987; 1989) en in Broekmeyer et al. (1995). De bosreservaten-database is beschreven door Bijlsma & Clerkx (2019).

In het Norgerholt vindt reeds sinds 1982 bos-ecologisch onderzoek plaats door het toenmalig Rijksinstituut voor Natuurbeheer als onderdeel van het onderzoeksprogramma 'meerjarig vergelijkend bos-ecologisch onderzoek'.

1.3 Vraagstelling

Voor de beoordeling van eventuele veranderingen in de vegetatie en bosstructuur in Natura 2000-gebied Norgerholt zijn nieuwe data nodig die vergeleken kunnen worden met eerdere gegevens. Er zijn vegetatie- en bosstructuurgegevens verzameld in bestaande PQs ('steekproefcirkels') van het bosreservatenprogramma. Vervolgens zijn deze vergeleken met de gegevens van de opnamen in 2002 (vegetatie) en 2009 (structuur). Specifiek wordt hierbij antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

1. Wat is de verandering in soortensamenstelling van boom- en struiklaag?
2. Wat is de verandering in verdeling van stamdikte en -hoogte per houtige soort (levende bomen)?
3. Wat is de verandering in hoeveelheden staand en liggend dood hout per houtige soort?
4. Wat is de verandering in bedekking van boom-, struik-, kruid- en moslaag?
5. Wat is de verandering in bedekking van soorten in de kruidlaag?

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode van onderzoek nader beschreven, met onderscheid in data verzamelen en analyse van data. De resultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3, waarin deze ook besproken worden. In hoofdstuk 4 staan de conclusies en worden adviezen gegeven met betrekking tot het beheer en overige aspecten. De ruwe velddata staan – voor zover nodig om dit rapport goed te kunnen lezen – in de bijlagen. De volledige set gegevens wordt separaat aangeleverd en is op verzoek beschikbaar.

2 Methode van onderzoek

2.1 Algemeen

In het bosreservatenonderzoek wordt de structuur en de vegetatiesamenstelling van het bos onderzocht. In het Norgersholt is een permanent ruitennet aanwezig met 101 ruitencoördinaten op telkens 50 m afstand van elkaar. Elk ruitencoördinaat is in het veld gemarkeerd met een betonnen paaltje met nummer en de locaties zijn met GPS ingemeten. Een deel van deze punten is bij de aanwijzing van het bosreservaat geselecteerd als zogenaamde steekproefcirkel voor onderzoek aan bosstructuur en vegetatie (zie paragraaf 2.2). In 29 steekproefcirkels is in 2002 de vegetatie opgenomen. In 18 steekproefcirkels is in 2009 de structuur opgenomen. In 2021 is van laatstgenoemde 18 cirkels zowel de structuur als de vegetatie heropgenomen. De ligging en codering van de steekproefcirkels alsook de coördinaten zijn opgenomen in Bijlage 1. Voor het veldwerk is de Veldwerkhandleiding bosreservaten (Broekmeyer et al., 1997) gehanteerd en is gebruik gemaakt van de toelichting in Verkaik (2008, 2010).

2.2 Structuuropnames

Structuuropnames zijn uitgevoerd in steekproefcirkels. Een steekproefcirkel heeft een oppervlakte van 500 m² (straal van 12,6 m) met de ruitencoördinaat als centrum. Van elke levende of dode boom of struik met één of meer stammen met een diameter groter of gelijk aan 5 cm op borsthoogte (dbh) is de locatie reeds bekend of wordt deze in het geval van nieuwe exemplaren ingemeten: de afstand tot de ruitencoördinaat en de hoek ten opzichte van het noorden. Voor het inmeten en controleren van locaties van exemplaren is gebruikgemaakt van een lang meetlint, kompas en een windroos met gradenaanduiding. Vervolgens zijn van elk individu de onderstaande eigenschappen gemeten. Van elke proefcirkel zijn vijf foto's gemaakt: één voor elke windrichting vanaf de ruitencoördinaat en één van de ruitencoördinaat met nummer. Een gedetailleerde beschrijving is opgenomen in de Veldwerkhandleiding bosreservaten (Broekmeyer et al., 1997).

- Opnamedatum;
- Nummer van de ruitencoördinaat;
- Boomnummer binnen het proefvlak;
- Boomsoortcode;
- Afstand tot centrum (ruitencoördinaat);
- Hoek ten opzichte van het noorden;
- Volgnummer van de stam (bij meerstammige exemplaren);
- Tophoek: hoek van de top van de boom ten opzichte van het noorden indien de voet van de stam buiten de kroonprojectie zit;
- Topafstand: afstand van de top van de boom tot het centrum indien de voet van de stam buiten de kroonprojectie zit;
- Vormcode: 1 voor enkelstammig, 2 voor meerstammig, 3 voor cluster;
- Scheuttal groot: het aantal scheuten hoger dan borsthoogte, maar dunner dan 5 cm dbh;
- Dbh: doorsnede op borsthoogte (circa 130 cm) gemeten met een pi-bandje;
- Kroon gemeten: is de hoogte van de kroon gemeten of geschat. De hoogtes van veel bomen zijn gemeten met een boomhoogtemeter met laser. Overige hoogtes zijn geschat, veelal kleine bomen of exemplaren van dezelfde hoogte als exemplaren waarvan de hoogte gemeten is;
- Tophoogte: hoogte van de boomtop;
- Aanzethoogte: hoogte van de aanzet van de onderste zijtakken (waterloten niet meegerekend);
- Stamlengte: lengte van de stam bij dode exemplaren of exemplaren met ingestorven kroon;
- Vitaliteit;
- Schade: hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen geen schade of wel schade aan een levende boom dan wel staand, hangend of liggend dood hout;
- Vertering: alleen bij dood hout wordt de mate van vertering opgenomen.

De heropname van de bosstructuur heeft plaatsgevonden door A.S.J. van Proosdij en O.H.B. Vaessen in de periode mei-juni 2021.

2.3 Vegetatieopnames

Bij elke ruitencoördinaat van de geselecteerde steekproefcirkels is een vegetatieopname gemaakt. Het opnamevlak is een vierkant van 10 bij 10 m, waarbij de ruitencoördinaat in het centrum ligt en een vlakke zijde naar het noorden is gericht. De hoekpunten bevinden zich dus respectievelijk ten noordoosten, zuidoosten, zuidwesten en noordwesten van de ruitencoördinaat. Van elk opnamevlak is de vegetatie geïnventariseerd met onderscheid naar boomlaag, struiklaag, kruidlaag en moslaag. Tot de boomlaag zijn alle planten gerekend die hoger zijn dan 10 m, tot de struiklaag alle planten met een hoogte tussen 1 en 10 m en tot de kruidlaag alle planten lager dan 1 m. Exemplaren van bramen en adelaarsvaren zijn altijd tot de kruidlaag gerekend, ook als deze hoger dan 1 m zijn. Epifytische mossen en mossen op afgevalen takken zijn niet meegeteld. De tiendelige opnameschaal van Doing Kraft is gehanteerd (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Opnameschaal van Doing Kraft en doorvertaling naar percentages voor kwantitatieve analyse van bedekkingswaarden.

Code	Definitie	Vertaald naar percentage
R	Sporadisch, bedekking < 5%	1
P	Weinig talrijk, bedekking < 5%	2
A	Talrijk, bedekking < 5%	3
M	Zeer talrijk, bedekking < 5%	4
1	Bedekking 5 - 15%	10
2	Bedekking 15 - 25%	20
3	Bedekking 25 - 35%	30
4	Bedekking 35 - 45%	40
5	Bedekking 45 - 55%	50
6	Bedekking 55 - 65%	60
7	Bedekking 65 - 75%	70
8	Bedekking 75 - 85%	80
9	Bedekking 85 - 95%	90
10	Bedekking 95 - 100%	100

De vegetatieopnames zijn gemaakt door A.S.J. van Proosdij en A. van der Berg in juli 2021. Determinaties van bramen en mossen zijn geverifieerd door R.J. Bijlsma aan de hand van verzameld materiaal. In 2002 zijn de vegetatieopnames gemaakt in het voorjaar, toen de adelaarsvaren en de bramen nog niet geheel waren uitgegroeid; destijds zijn de bedekkingen van deze soorten 'bij geschat' en dus minder betrouwbaar dan die van de overige soorten in de kruidlaag.

2.4 Analyses

De onderzoeksvragen (paragraaf 1.3) zijn beantwoord door data-analyse voor de volgende deelvragen.

2.4.1 Structuur

Wat is het sterftepercentage per boomsoort en totaal?

Van alle in 2009 aanwezige bomen is de status in 2021 vergeleken met die in 2009, resulterend in transitie matrices voor alle bomen gezamenlijk en per boomsoort. In de matrices staat voor elke combinatie het aantal bomen, bijvoorbeeld levend in 2009 en levend in 2021, levend in 2009 en staand dood in 2021 of staand dood in 2009 en liggend dood in 2021. De volgende klassen worden hierbij onderscheiden met de bijbehorende schade codes uit de structuur opnames: levend (1 & 2), dood hangend en staand (6 & 7), dood

liggend (8) en stobbe (9). Het sterftepercentage per jaar wordt gedefinieerd als $100 * (1 - (N_t/N_0)^{1/t})$. Hierbij is N_0 het aantal bomen bij de eerste inventarisatie en N_t het aantal bomen dat bij de tweede inventarisatie nog leeft en t het aantal jaren tussen de beide inventarisaties (Sheil & May, 1996; Verkaik, 2010).

Hoe is het gemiddelde aantal levende bomen en grondvlak per soort en totaal per steekproefcirkel veranderd?

Voor elke steekproefcirkel is voor 2009 en voor 2021 het aanwezige aantal levende bomen per boomsoort geteld. Tevens is voor beide jaren per steekproefcirkel voor elke boomsoort het grondvlak berekend, d.w.z. de gesommeerde oppervlakte van de stamdoorsneden op borsthoogte. Boomsoorten die niet voorkomen in een steekproefcirkel zijn voor de analyse toegevoegd met aantal = 0. De aantallen en oppervlakte per steekproefcirkel worden tevens omgerekend naar aantallen en oppervlakte per hectare (* 20). Vervolgens is met behulp van een paired t-test getoetst of er sprake is van een significant verschil in gemiddeld aantal levende bomen en grondvlak in totaal en per boomsoort voor die soorten waarvan voldoende data zijn.

Zijn er verschuivingen opgetreden in hoofdboomsoort?

Hoofdboomsoort is gedefinieerd als de soort die meer dan 50% van het grondvlak in de steekproefcirkel uitmaakt (Verkaik, 2008). Voor elke steekproefcirkel is voor 2009 en 2021 het percentage grondvlak per boomsoort ten opzichte van het totale grondvlak binnen de steekproefcirkel berekend.

Wat zijn veranderingen in gemiddelde dbh, grondvlak en hoogte per soort en totaal voor levende bomen?

Voor elke boomsoort met meer dan vijf levende bomen in zowel 2009 als 2021, zijn voor beide jaren de gemiddelde dbh, grondvlak en hoogte berekend. Dit is gedaan voor beuk, zomereik, winterik, zachte berk, lijsterbes, sporkehout, hazelaar en hulst. Vervolgens is met behulp van een paired t-test getoetst of er sprake is van een significant verschil. De hoogtes van de bomen zijn in 2021 ten dele gemeten met een hoogtemeter met laser en ten dele geschat op basis van gemeten hoogtes van naburige bomen. In 2009 zijn de boomhoogtes ten dele gemeten met een analoge boomhoogtemeter en ten dele geschat. In 2021 zijn van enkele bomen hoogtes gemeten die lager bleken te zijn dan de in 2009 gemeten of geschatte hoogtes. In een enkel geval betreft dit een boom waar een deel van de top is afgebroken, maar vaker lijkt dit het gevolg te zijn van een onnauwkeurige meting of schatting in 2009.

Wat is het aantal, de gemiddelde dbh en de gemiddelde hoogte van nieuw verschenen levende bomen per soort en de gemiddelde dbh en gemiddelde stamlengte van nieuw verschenen staand en liggend dood hout?

Onder ingroei wordt hier verstaan de sinds 2009 nieuw verschenen levende bomen (ingroei levende bomen) en de bomen die tussen 2009 en 2021 zijn overleden, onderverdeeld in staande en hangende dode bomen en liggende dode bomen (ingroei dode bomen). Van de nieuwe levende bomen zijn de gemiddelde dbh, het gemiddelde grondvlak en de gemiddelde hoogte berekend. Van de nieuwe dode bomen (zowel staand als liggend) zijn de gemiddelde dbh en gemiddelde stamlengte berekend.

Hoe is het volume staand en liggend dood hout veranderd?

Voor 2009 en 2021 is het volume dood hout berekend voor zowel staande en hangende dode bomen als voor liggende exemplaren. Stobben zijn niet betrokken in de analyse. Het volume is berekend met de volumefunctie uit Wijdeven et al. (2005) en Wijdeven (2006), met daarbij het volume in dm^3 , de dbh in cm en de stamlengte in m:

$$\ln(\text{volume}) = -2.2845 + 2.0349 * \ln(\text{dbh}) + 0.6594 * \ln(\text{lengte})$$

Met een ongepaarde t-toets (Welch Two Sample t-test) is getoetst of er sprake is van een significant verschil in gemiddeld volume dood hout.

2.4.2 Vegetatie

Wat is de verandering in bedekking van boom-, struik-, kruid- en moslaag?

Met een gepaarde t-toets is nagegaan of er sprake is van een significant verschil in gemiddelde bedekking van de boom-, struik-, kruid- en moslaag in de plots tussen 2002 en 2021.

Wat is de verandering in bedekking van ecologische groepen in de kruidlaag?

Bijlage 7 geeft een lijst van de in de opnamen aangetroffen vaatplanten en mossen. Voor een goede duiding van veranderingen in de kruidlaag van de achttien plots is onderscheid gemaakt tussen de volgende ecologische groepen:

- Oud-boskruiden: lelietje-van-dalen (*Convallaria majalis*), ruige veldbies (*Luzula pilosa*), dalkruid (*Maianthemum bifolium*) en witte klaverzuring (*Oxalis acetosella*). Soorten uit deze groep komen weinig en met lage bedekking in het gesloten bos van het Norgerholt voor en zijn weinig concurrentiekrachtig. Ruige veldbies heeft een langlevende zaadbank en reageert snel op bodemverstoring (bijvoorbeeld op wortelkluiten na windworp), maar verdwijnt bovengronds als het lichtniveau daalt na kroonsluiting.
- Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*). Eveneens een oud-bossoort, maar zeer concurrentiekrachtig en persistent.
- Zwarte bramen (*Rubus* sectie *Rubus*). Van de in het Norgerholt in 2021 onderscheiden braamsoorten worden alleen witte grondbraam (*Rubus arrhenii*) en sierlijke woudbraam (*Rubus bellardii*) beschouwd als oud-bossoorten (Bijlsma, 2018). Om deze groep tussen de jaren te kunnen vergelijken, zijn de bedekkingen van alle in 2021 onderscheiden soorten opgeteld en vergeleken met de bedekking van '*Rubus fruticosus*' in 2002. Bramen reageren sterk op veranderingen in lichtbeschikbaarheid op de bosbodem en kunnen bij een verhoogd lichtniveau (bijvoorbeeld in gaps) snel regenereren uit vegetatieve delen of zich hervestigen vanuit een langlevende zaadbank (Bijlsma, 2004).
- Overige vaatplanten in de kruidlaag.

Met een gepaarde t-toets is nagegaan of er sprake is van een significant verschil in gemiddelde bedekking van oud-boskruiden, adelaarsvaren, bramen en overige vaatplanten in de kruidlaag in de plots tussen 2002 en 2021.

3 Resultaten

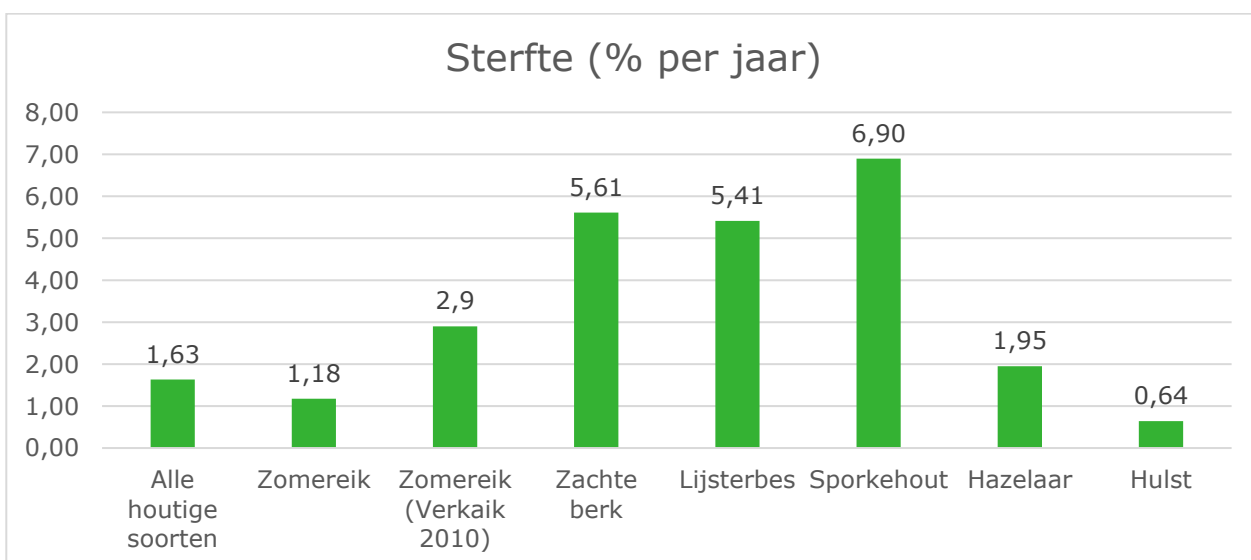
3.1 Structuur

Wat is het sterftepercentage per boomsoort en totaal?

De transitiematrices voor de toestand van bomen (levend, dood staand en dood liggend) van alle boomsoorten tussen 2009 en 2021 zijn opgenomen in Bijlage 2. Op basis van de in 2021 nog levende bomen is voor zomereik, zachte berk, lijsterbes, sporkehout, hazelaar en hulst en voor alle bomen samen het sterftepercentage berekend. De aantallen exemplaren van andere soorten zijn te laag om het sterftcijfer te kunnen berekenen.

Het sterftepercentage voor alle bomen samen bedraagt 1,6% per jaar. Goed gedocumenteerde sterftepercentages voor Nederlandse bossen zijn nog steeds schaars, al zijn uit eerdere onderzoeken aan Nederlandse bosreservaten wel enige cijfers beschikbaar (Verkaik, 2010). Het sterftepercentage is sterk afhankelijk van de fase waarin het bos zich bevindt. In een jong bos gaan relatief veel bomen dood als gevolg van zelfdunning. In een oud bos gaan minder bomen dood, maar afgezet tegen het kleinere aantal aanwezige bomen is het sterftepercentage dan weer hoger. Het gemiddelde sterftepercentage voor alle bomen in het Norgerholt komt overeen met het landelijke gemiddelde van 1,7% voor alle bostypen in Nederland (Verkaik, 2010). Wanneer de sterk van het Norgerholt afwijkende bossen uit Verkaik (2010) buiten beschouwing worden gelaten (Starnumansbos – eikenhakhout met 4,1% sterfte alsook Zeesserveld en Lheebroek – stuifzandbebossing met grove den en resp. 0,5% en 0,7% sterfte), komt het voor het Norgerholt gemeten sterftepercentage sterk overeen met de range van 1,0 – 2,3% uit Verkaik (2010).

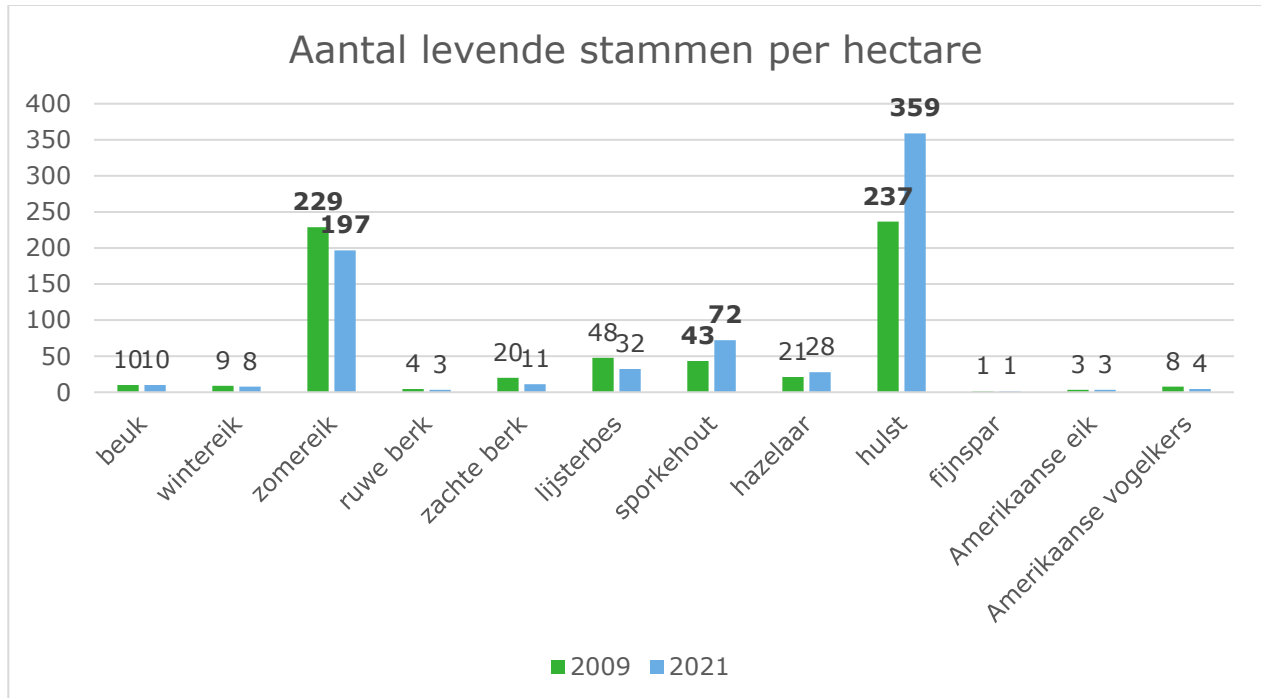
De sterftepercentages verschillen sterk per soort: voor zomereik is het iets lager dan het gemiddelde en voor hazelaar iets hoger dan gemiddeld, terwijl het sterftepercentage voor zachte berk, lijsterbes en sporkehout veel hoger (5-6%) en voor hulst veel lager dan gemiddeld is (Figuur 3.1). De veel hogere sterftepercentages in het Norgerholt voor de korter levende soorten zachte berk, lijsterbes en sporkehout komen overeen met de verwachting voor deze soorten in een oud bos. Het sterftepercentage van zomereik (1,2%) is lager dan de 2,9% gerapporteerd door Verkaik (2010). Bij het onderzoek van Verkaik is ook eikenhakhout meegenomen, waar een bovenmatige sterfte vastgesteld was.



Figuur 3.1 Sterftepercentages van boomsoorten in het Norgerholt voor alle bomen gezamenlijk en per boomsoort voor zomereik, zachte berk, lijsterbes, sporkehout, hazelaar en hulst. Het sterftcijfer voor zomereik uit Verkaik (2010) is als referentie vermeld.

Hoe zijn het gemiddelde aantal levende bomen en het grondvlak per soort en totaal per steekproefcirkel veranderd?

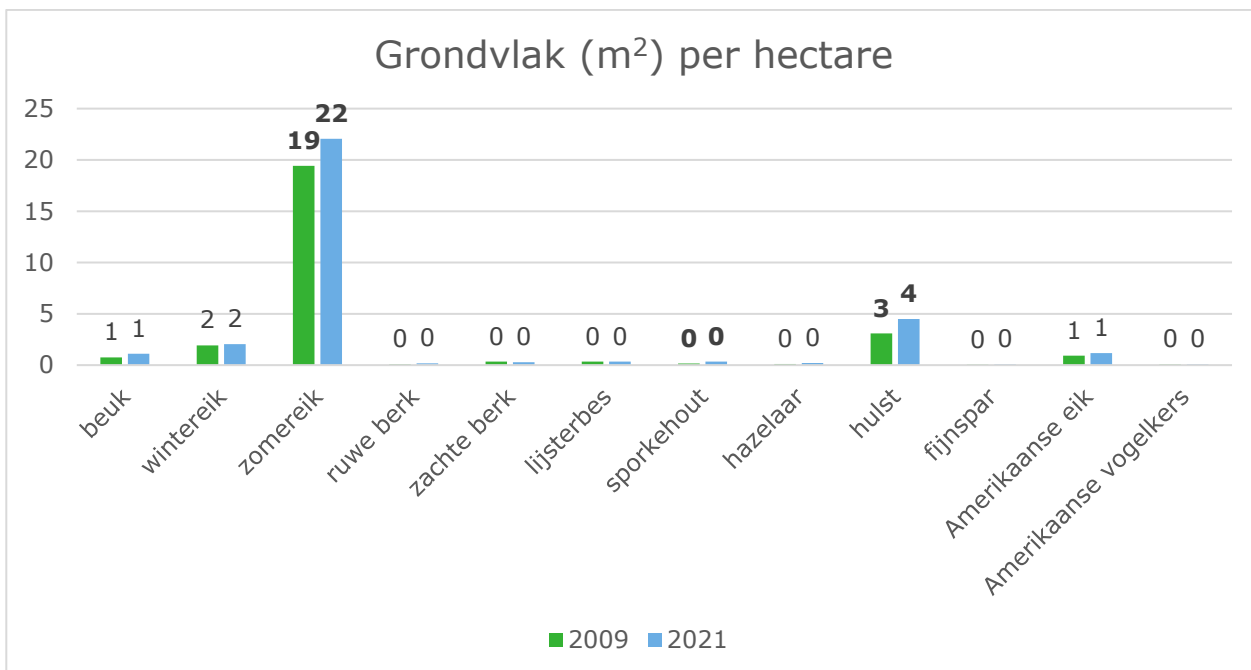
Het totaal aantal levende bomen en totaal grondvlak per steekproefcirkel voor resp. 2009 en 2021 is weergegeven in Bijlage 3. Het gemiddelde totaal aantal levende bomen per steekproefcirkel is significant toegenomen: van 31,7 stammen in 2009 naar 36,4 stammen in 2021, resp. 633 en 728 per hectare. Zomereik en hulst zijn de dominante soorten, op ruime afstand gevolgd door sporkehout, hazelaar, lijsterbes en zachte berk.



Figuur 3.2 Gemiddeld aantal levende bomen per soort per hectare in 2009 en 2021, waarbij significant verschillende aantallen tussen 2009 en 2021 vet zijn afgedrukt.

De dichtheid van zomereik neemt significant af van 229 naar 197 stammen per hectare, de dichtheid van sporkehout neemt significant toe van 43 naar 72 stammen per hectare en de dichtheid van hulst neemt eveneens significant toe van 237 naar 359 stammen per hectare (Figuur 3.2). Bij de overige boomsoorten is geen sprake van een verschil in dichtheid of is het verschil niet significant (Bijlage 3).

Het gemiddelde totaal grondvlak per steekproefcirkel is zeer significant toegenomen: van 1,36 m² in 2009 naar 1,62 m² in 2021, resp. 27,25 m² en 32,39 m² per hectare (Figuur 3.3). Het grondvlak van zomereik neemt sterk significant toe van 19,42 naar 22,06 m² per hectare, het grondvlak van sporkehout neemt sterk significant toe van 0,16 naar 0,35 m² per hectare en het grondvlak van hulst neemt zeer significant toe: van 3,08 naar 4,49 m² per hectare. Bij de overige soorten is geen sprake van significante veranderingen in grondvlak.



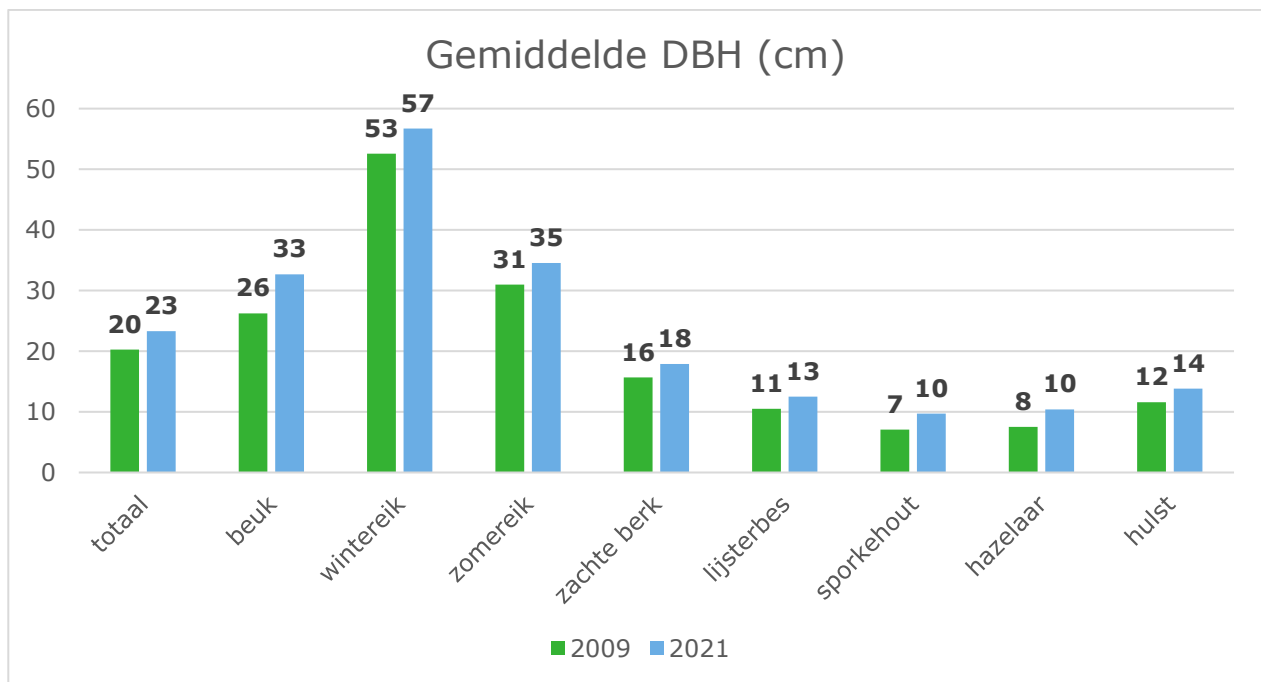
Figuur 3.3 Gemiddeld grondvlak (m²) per boomsoort per hectare in 2009 en 2021, waarbij significant verschillende waarden tussen 2009 en 2021 vet zijn afgedrukt.

Zijn er verschuivingen opgetreden in hoofdboomsoort?

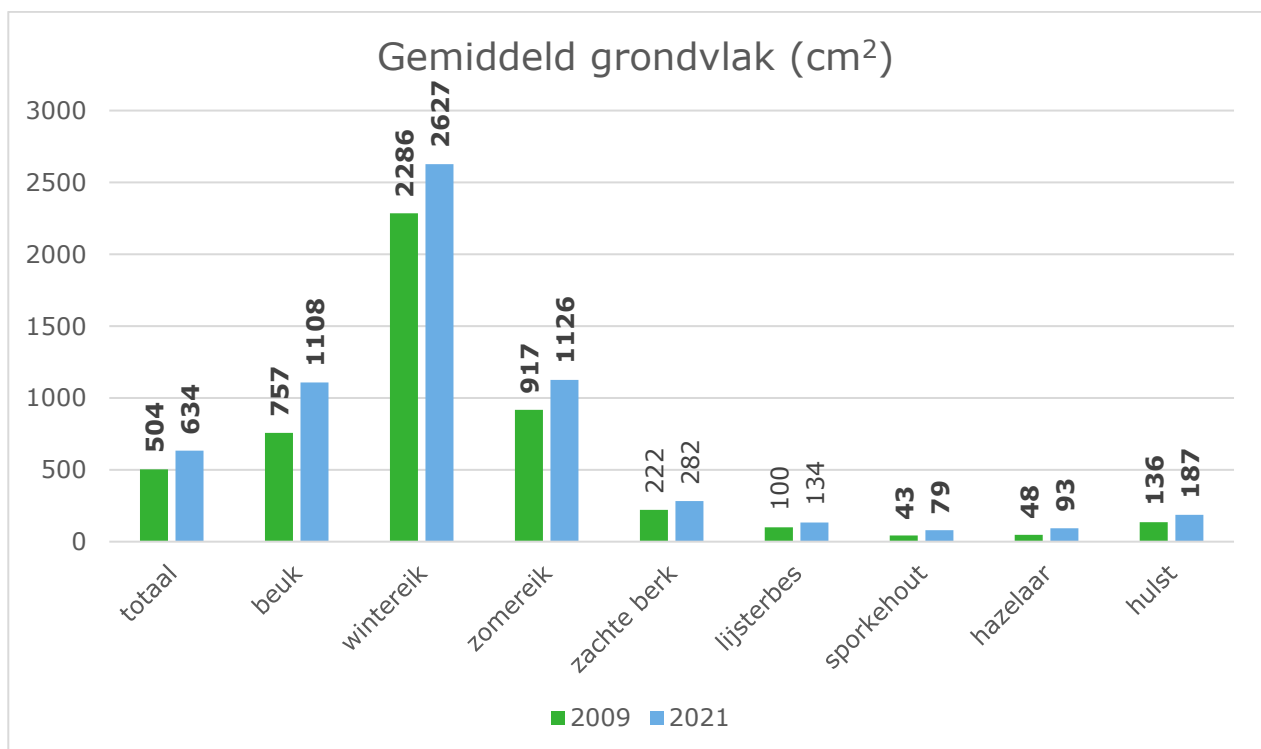
De procentuele bezetting van grondvlak door boomsoorten per steekproefcirkel in 2009 en 2021 is vermeld in Bijlage 4. In 16 van de 18 steekproefcirkels was in 2009 en in 2021 zomereik de dominante boomsoort. In steekproefcirkel E09 en H09 was zowel in 2009 als 2021 geen enkele boomsoort aanwezig met meer dan 50% grondvlak. Er zijn dus geen verschuivingen opgetreden in de hoofdboomsoort.

Wat zijn veranderingen in gemiddelde dbh, grondvlak en hoogte per soort en totaal voor levende bomen?

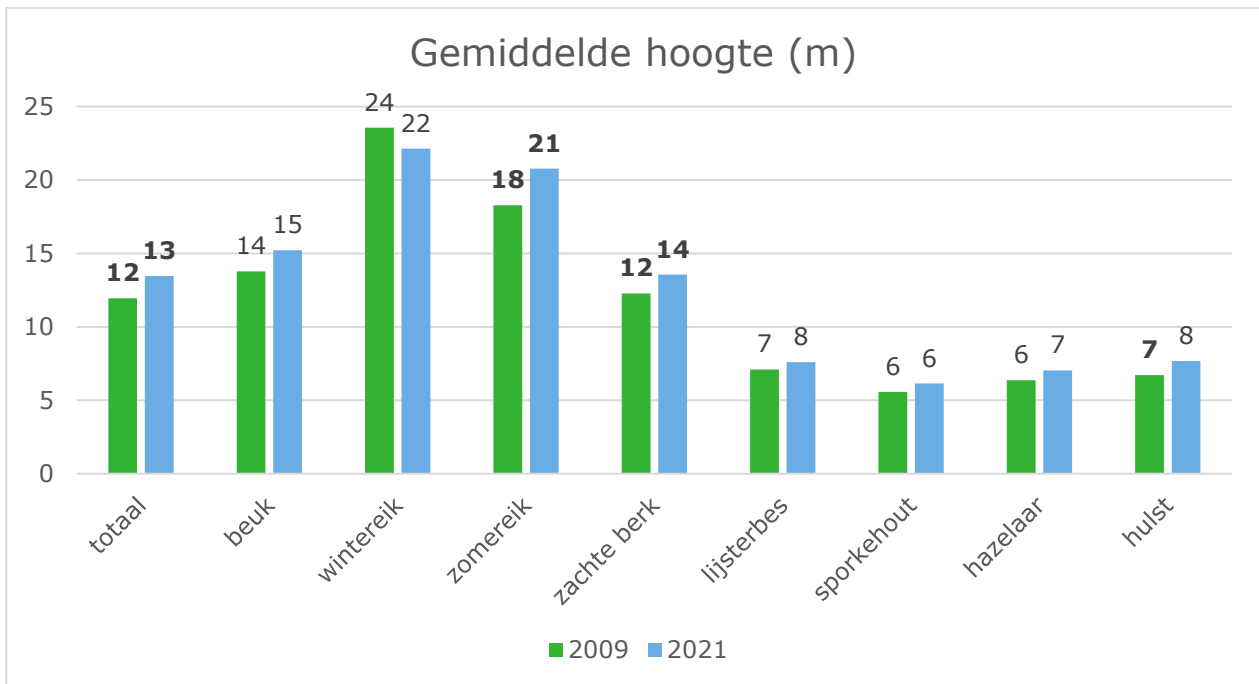
Wanneer alle bomen samen geanalyseerd worden, is er sprake van een zeer significante toename van dbh, grondvlak en hoogte (Figuur 3.4 t/m 3.6 en Bijlage 5). Wanneer naar verschillende boomsoorten gekeken wordt, zijn er verschillen zichtbaar. Alle boomsoorten zijn significant ($p < 0,05$) tot zeer significant ($p < 0,001$) toegenomen in dbh. Zachte berk en lijsterbes zijn niet significant toegenomen in grondvlak, terwijl de overige soorten significant tot zeer significant zijn toegenomen in grondvlak. Zomereik en zachte berk zijn significant toegenomen in hoogte ($p < 0,05$) en hulst is zeer significant toegenomen in hoogte ($p < 0,001$). Winterreik lijkt significant afgenomen in hoogte, dit betreft mogelijk een artefact (zie Analyses 2.4.1). De overige soorten (beuk, lijsterbes, sporkehout en hazelaar) zijn niet significant veranderd in hoogte.



Figuur 3.4 Gemiddelde diameter op borsthoogte (dbh) in cm voor alle boomsoorten samen en per boomsoort in 2009 en 2021, waarbij significant verschillende waardes tussen 2009 en 2021 vet zijn afgedrukt.



Figuur 3.5 Gemiddeld grondvlak per boom (cm²) voor alle boomsoorten samen en per boomsoort in 2009 en 2021, waarbij significant verschillende waardes tussen 2009 en 2021 vet zijn afgedrukt.



Figuur 3.6 Gemiddelde hoogte (m) voor alle boomsoorten samen en per boomsoort in 2009 en 2021, waarbij significant verschillende hoogtes tussen 2009 en 2021 vet zijn afgedrukt.

Wat zijn het aantal, de gemiddelde dbh en de gemiddelde hoogte van nieuw verschenen levende bomen per soort en de gemiddelde dbh en gemiddelde stamlengte van nieuw verschenen staand en liggend dood hout?

De ingroei aan levende bomen bestaat uit 206 bomen: bomen die in 2009 nog niet aanwezig waren of in 2009 nog niet een diameter van minstens 5 cm op borsthoogte hadden (Tabel 3.1). Deze bomen hebben een gemiddelde dbh van 7,1 cm, een gemiddeld grondvlak van 42,0 cm² en een gemiddelde hoogte van 5,9 m. De levende ingroei bestaat voor het grootste deel uit hulst (136 exemplaren) en sporkehout (50 exemplaren). Er is geen ingroei van levende zomereik, wintereik of beuk.

De ingroei aan dode bomen, bomen die in 2009 nog leefden, bestaat uit 37 staande of hangende en 27 liggende dode bomen. Nieuw staand dood hout bestaat voor een meerderheid uit sporkehout (21 exemplaren). Opvallend is dat de nieuwe dode, staande exemplaren van zomereik een korte stamlengte (gemiddeld 4,9 m) en een geringe dikte (gemiddeld 8,3 cm dbh) hebben. Dit betreft dus exemplaren die als gevolg van zelfdunning zijn overleden. Bij het nieuwe liggend dood hout is geen boomsoort met meer dan 25% van de exemplaren vertegenwoordigd. Nieuwe liggende dode zomereiken zijn duidelijk langer (gemiddeld 9,6 m) en dikker (gemiddeld 22,0 cm dbh) dan andere soorten nieuwe liggende dode bomen en ook langer en dikker dan nieuwe staande dode zomereiken.

Tabel 3.1 Ingroei van levende bomen (A), dode staande of hangende bomen (B) en liggende dode bomen (C) met gemiddelde dbh (cm), gemiddeld grondvlak (cm²) en gemiddelde hoogte dan wel stamlengte (m) per boom voor elke boomsoort en totaal.

A: levende bomen				
Soort	aantal	dbh (cm)	grondvlak (cm ²)	hoogte (m)
zachte berk	1	6,0	28,3	7,5
lijsterbes	9	7,8	49,9	5,8
sporkehout	50	6,9	40,6	5,0
hazelaar	10	7,6	47,6	6,1
hulst	136	7,2	43,6	5,3
Gemiddeld		7,1	42,0	5,9
Totaal	206			

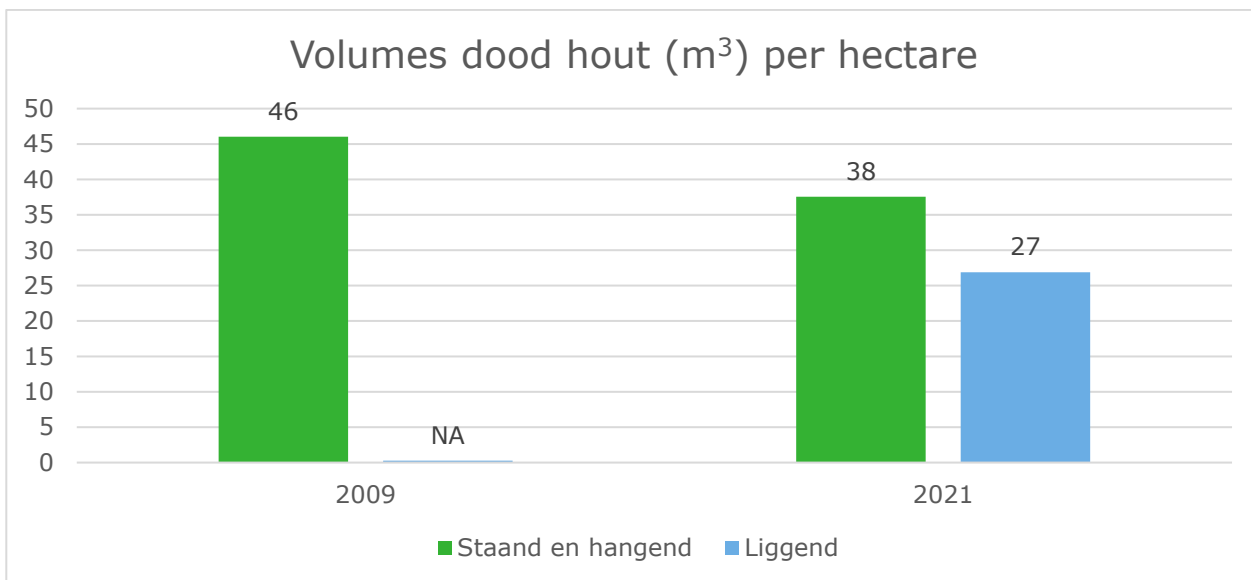
B: dode staande bomen			
Soort	aantal	dbh (cm)	stamlengte (m)
zomereik	4	8,3	4,9
lijsterbes	5	6,8	2,8
sporkehout	21	6,6	6,3
hazelaar	2	6,5	1,8
hulst	4	7,0	4,2
Amerikaanse vogelkers	1	5,0	2,0
Gemiddeld		6,7	3,6
Totaal	37		

C: dode liggende bomen			
Soort	aantal	dbh (cm)	stamlengte (m)
zomereik	7	22,0	9,6
ruwe berk	2	10,0	4,5
zachte berk	3	8,3	4,3
lijsterbes	2	9,0	3,3
sporkehout	6	7,3	5,3
hulst	7	12,0	6,9
Gemiddeld		11,4	5,7
Totaal	27		

Hoe is volume staand en liggend dood hout veranderd?

Voor elke proefcirkel is voor 2009 en voor 2021 het volume dood hout berekend en weergegeven in Bijlage 6. Het gemiddelde volume staand en hangend dood hout nam af van 46 m³ per hectare in 2009 tot 38 m³ per hectare in 2021 (Figuur 3.7). Deze afname is niet significant.

In 2009 was slechts zeer weinig liggend dood hout aanwezig: 30 stammen in totaal. In 2009 is de stamlengte van vrijwel al het liggende dood hout niet opgenomen. Voor dat jaar kan het volume liggend dood hout daarom niet bepaald worden. Het gemiddelde volume liggend dood hout in 2021 bedraagt 27 m³ per hectare. Er is sprake van een sterke toename van het volume liggend dood hout, al is de toename niet te kwantificeren wegens het ontbreken van de volumes voor 2009. Gelet op de toename van het aantal liggende dode stammen (30 in 2009 en 100 in 2021), kan evenwel nog steeds geconcludeerd worden dat er sprake is van een sterke toename van liggend dood hout. De in 2021 aanwezige volumes dood hout zijn hoger dan het minimum volume staand, hangend en liggend dood hout (> 30 m³/ha), wat past bij een volwassen 'natuurlijk bos' (Janssen et al., 2020).

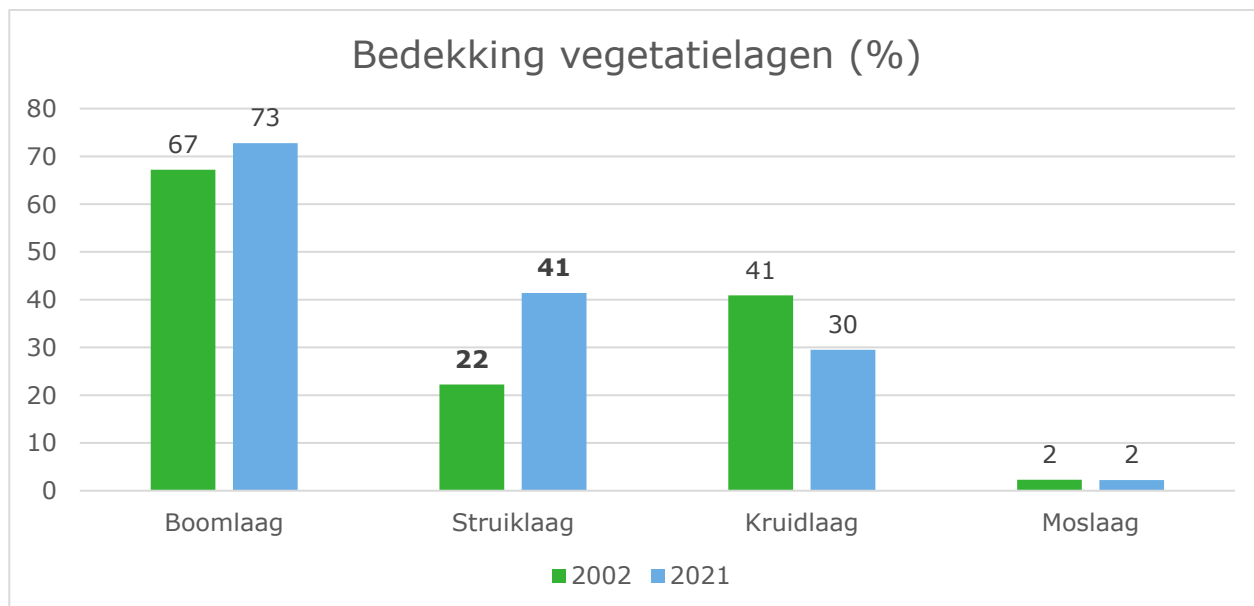


Figuur 3.7 Volumes staand en hangend dood hout en volumes liggend dood hout (m³) per hectare voor 2009 en 2021. Het volume liggend dood hout kon niet berekend worden voor 2009.

3.2 Vegetatie

Wat is de verandering in bedekking van boom-, struik-, kruid- en moslaag?

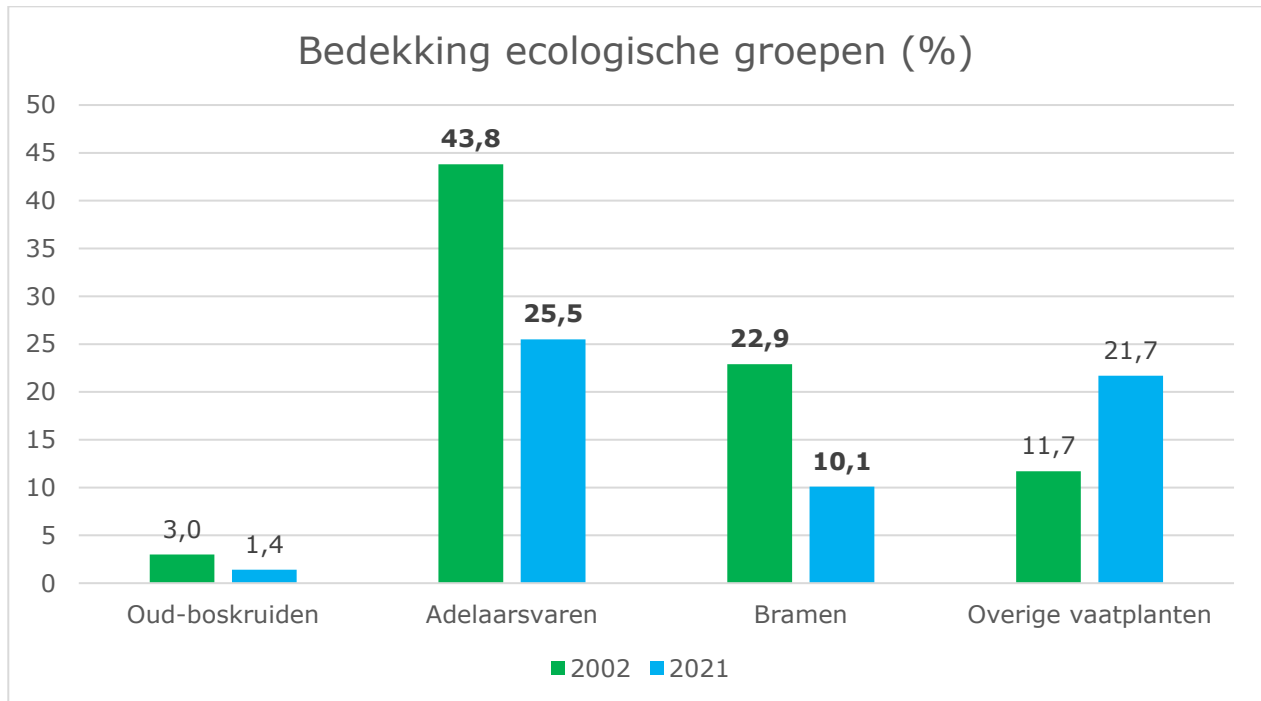
De gemiddelde bedekking van de struiklaag is zeer significant toegenomen ($p < 0,001$): van 22% tot 41% (Figuur 3.8 en Bijlage 8). Veranderingen in de boom-, kruid- en moslaag zijn niet significant.



Figuur 3.8 Gemiddelde bedekking van boom-, struik-, kruid- en moslaag (%) in de plots in 2002 en 2021, waarbij significant verschillende waarden tussen 2002 en 2021 vet zijn afgedrukt.

Wat is de verandering in bedekking van ecologische groepen in de kruidlaag?

Figuur 3.9 (en Bijlage 9) geeft de uitkomsten van de analyse van veranderingen in de gemiddelde bedekking van ecologische groepen in de kruidlaag van de achttien plots. De bedekking van oud-boskruiden was al laag en is tussen 2002 en 2021 net niet significant ($p = 0,057$) afgenomen van 3,0% naar 1,4%. De afname van adelaarsvaren in plots is wel significant ($p = 0,012$) en voor bramen zelfs sterk significant ($p = 0,001$). De overige vaatplanten zijn als groep net niet significant veranderd in gemiddelde bedekking ($p = 0,055$).



Figuur 3.9 Gemiddelde bedekking (%) van ecologische groepen in de kruidlaag in de plots in 2002 en 2021, waarbij significant verschillende waardes tussen 2002 en 2021 vet zijn afgedrukt.

4 Conclusies

4.1 Structuur

Wat is het sterftepercentage per boomsoort en totaal?

Het gemiddelde sterftepercentage van 1,6% voor alle bomen in het Norgerholt komt overeen met het landelijke gemiddelde van 1,7% voor alle bostypen in Nederland uit eerder onderzoek. De sterftepercentages verschillen per soort en liggen zoals verwacht voor de korter levende soorten zachte berk, lijsterbes en sporkehout aanzienlijk hoger (5-6%) en voor de langer levende soort hulst veel lager dan het gemiddelde.

Hoe is het gemiddelde totaal aantal levende bomen en grondvlak per steekproefcirkel veranderd?

Er is sprake van een significante toename van dichtheid van levende bomen per ha (van 633 naar 728 per ha) en een zeer significante toename in grondvlak (van 27 naar 32 m² per ha).

Hoe is het gemiddelde aantal levende bomen en grondvlak per soort en totaal per steekproefcirkel veranderd?

Het gemiddelde totaal aantal levende bomen per steekproefcirkel is significant toegenomen en het gemiddelde totaal grondvlak per steekproefcirkel is zeer significant toegenomen. De dichtheid van zomereiken neemt significant af, maar het grondvlak van de resterende eiken neemt significant toe. Het aantal stammen en het grondvlak van sporkehout en hulst zijn significant toegenomen.

Zijn er verschuivingen opgetreden in hoofdboomsoort?

In zestien van de achttien steekproefcirkels was en is zomereik hoofdboomsoort m.u.v. E09 en H09, waarbinnen geen enkele soort meer dan 50% van het totale grondvlak inneemt. Er zijn dus geen verschuivingen opgetreden in de hoofdboomsoort.

Wat zijn veranderingen in gemiddelde dbh, grondvlak en hoogte per soort en totaal voor levende bomen?

Wanneer alle bomen samen geanalyseerd worden, is er sprake van een zeer significante toename van dbh, grondvlak en hoogte. Wanneer naar verschillende boomsoorten gekeken wordt, is het beeld genuanceerder. Alle boomsoorten zijn significant tot zeer significant toegenomen in dbh. Zachte berk en lijsterbes zijn niet significant toegenomen in grondvlak, terwijl de overige soorten significant tot zeer significant zijn toegenomen in grondvlak. Zomereik en zachte berk zijn significant toegenomen in hoogte en hulst is zeer significant toegenomen in hoogte. De overige soorten (beuk, lijsterbes, sporkehout en hazelaar) zijn niet significant veranderd in hoogte.

Wat zijn het aantal, de gemiddelde dbh en de gemiddelde hoogte van nieuw verschenen levende bomen per soort en de gemiddelde dbh en gemiddelde stamlengte van nieuw verschenen staand en liggend dood hout?

De levende ingroei, bomen die na 2009 verschenen zijn, bedraagt 206 bomen en bestaat voor het grootste deel uit hulst (136 exemplaren) en sporkehout (50 exemplaren). Er is geen levende ingroei van zomereik, wintereik of beuk. De dode ingroei, bomen die na 2009 zijn overleden, bestaat uit 37 staande of hangende en 27 liggende dode bomen. Nieuw staand dood hout bestaat voor een meerderheid uit sporkehout (21 exemplaren) en bij nieuw liggend dood hout is geen dominante boomsoort aanwezig. Nieuwe dode bomen zijn over het algemeen relatief kort en dun, met uitzondering van staande of hangende dode zomereiken.

Hoe is volume staand en liggend dood hout veranderd?

Het volume staand en hangend dood hout is licht (maar niet significant) afgenomen van 46 naar 38 m³/ha. Liggend dood hout was in 2009 in zeer geringe mate aanwezig (30 liggende, dode stammen in totaal, al ontbreken data over het volume) en is in 2021 27 m³/ha (100 liggende, dode stammen). Er is dus sprake van een sterke toename van het volume liggend dood hout. De aanwezige volumes dood hout passen bij een volwassen 'natuurlijk bos' (totaal dood hout > 30 m³/ha).

4.2 Vegetatie

Wat is de verandering in bedekking van boom-, struik-, kruid- en moslaag?

Veranderingen in de bedekking van boom-, kruid- en moslaag zijn niet significant. De gemiddelde bedekking van de struiklaag is zeer significant toegenomen. Dit is het gevolg van een significante toename van sporkehout (van 43 naar 72 stammen per ha) en vooral van de schaduwtolerante hulst (van 237 naar 359 stammen per ha) (Bijlage 3).

Wat is de verandering in bedekking van ecologische groepen in de kruidlaag?

Oud-boskruiden komen in het Norgerholt weinig voor in het bos zelf en zijn daar in de plots net niet significant afgenomen van 3,0% naar 1,4%, dus van a naar p volgens de gebruikte bedekkingsschaal van Doing Kraft (Tabel 2.1). Uit drie plots zijn oud-boskruiden geheel verdwenen en in twee plots zijn oud-boskruiden verschenen (Bijlage 9). Van deze ecologische groep zijn grote muur en lelietje-van-dalen het minst schaduwtolerant (L-waarde = 5; Ellenberg, 1991) en witte klaverzuring het meest (L-waarde = 1). Al deze soorten zijn afhankelijk van relatief lichtrijke omstandigheden op de bosbodem en vooral van de randen van min of meer permante open ruimtes, zoals langs bospaden en -weides (Warren & Fuller, 1993; Bijlsma et al., 2001). Dit geldt zeker ook voor het Norgerholt, waar adelaarsvaren vanouds veel (negatieve) invloed heeft op de lichtbeschikbaarheid op de bosbodem.

De bedekking van zowel adelaarsvaren als bramen lijkt in de onderzochte plots significant te zijn afgenomen. Een onzekerheid hierbij is dat de bedekkingen van deze soorten in het voorjaar van 2002 zijn 'bij geschat' om te corrigeren voor het dan nog jonge ontwikkelingsstadium (zie paragraaf 2.3). Deze waardes zijn dus mogelijk overschat in 2002, wat wordt bevestigd doordat voor geen enkele plot de bedekking in 2021 hoger is dan in 2002. Van een sterke afname is sprake in slechts enkele plots (E06, J03, J09; Bijlage 4). Een reële afname van adelaarsvaren en bramen kan alleen het geval zijn als de lichtbeschikbaarheid afneemt. In het Norgerholt is dat m.n. door uitbreiding van hulst, aangezien de schaduw gevende beuk in het Norgerholt nauwelijks een rol speelt.

4.3 Ontwikkeling van het bos

De resultaten laten een doorgaande ontwikkeling zien van kenmerken van oud bos. Het aantal stammen en het grondvlak nemen toe en van alle soorten is de dbh toegenomen. Waar het aantal stammen van zomereik afneemt, neemt het grondvlak van deze soort juist toe. Daarnaast nemen het aantal stammen en het grondvlak van hulst en sporkehout toe. Zomereik is de dominante boomsoort, zowel in bedekking als in grondvlak. De toename van de bedekking van de struiklaag is toe te schrijven aan de sterke toename van hulst, die inmiddels de struiklaag domineert in grote delen van het bos. Er is geen levende ingroei van zomereik, winterseik of van beuk vastgesteld. Daarmee is van verjonging van de dominante boomsoort of van verbeuking vooralsnog geen sprake. Naast het gegeven dat eik zich praktisch niet verjongt in eikenbos (vanwege de grote lichtbehoefte), is de sterke aanwezigheid van adelaarsvaren – en daarmee bescherming van op eikels en beukenootjes foeragerende muizen (den Ouden, 2000) – waarschijnlijk ook debet aan het uitblijven van verjonging van eik en beuk. Forse bronbomen van beuk zijn namelijk wel aanwezig.

Het volume dood hout is sterk toegenomen; een niet-significante afname van staand en hangend dood hout wordt ruimschoots overtroffen door de toename aan liggend dood hout. Het grotendeels ontbreken van liggend dood hout in 2002 en een ruime aanwezigheid daarvan in 2021 is een aanwijzing dat in het bos inmiddels ook aftakelingsprocessen plaatsvinden. De aanwezige volumes dood hout passen bij een volwassen 'natuurlijk bos' (totaal dood hout > 30 m³/ha). De sterftepercentages van het bos en van de aanwezige houtige soorten passen in landelijke bandbreedtes voor eikenbossen en soorten van eikenbossen.

De afname van de bedekking van de kruidlaag is niet significant. Hoewel oud-boskruiden in de plots licht (maar niet significant) afnemen, vormen de berm en paden en wegen door het bos duurzame groeiplaatsen van waaruit deze soorten ook het bos opnieuw kunnen koloniseren als daar condities voor vestiging ontstaan (Bijlsma, 2018). Ruige veldbies kan dankzij een langlevende zaadbank snel reageren op bodemverstoring. De overige oud-boskruiden zijn weinig mobiel en zullen zich vooral door vegetatieve

uitbreiding verplaatsen. Tijdelijke open plekken (bijvoorbeeld door windworp), zullen daarom zelden nieuw worden gekoloniseerd als ze te veraf liggen van de bronpopulaties. Tijdelijke open plekken zullen snel worden ingenomen door in de nabijheid voorkomende adelaarsvaren en vooral door bramen. Hoewel de bosstructuur zich langzaam maar zeker blijft doorontwikkelen met een groter wordend aandeel hulst in de struiklaag, heeft dit o.i. voor de duurzaamheid van populaties van karakteristieke bosplanten in het Norgerholt geen negatieve gevolgen. Er lijkt in dit opzicht sprake van een stabiele situatie dankzij de belangrijke rol van (oude) infrastructuur en bosranden en het uitblijven van uitbreiding van beuk. Sterke extra aanwijzingen hiervoor zijn het nog steeds uitbundig voorkomen van de Norger bosmuur en het gegeven dat alle door W.H. Beijerinck in de jaren 1950 aangetroffen braamsoorten nog steeds vitaal aanwezig zijn, waaronder bijzondere oud-bossoorten.

4.4 Aanbeveling

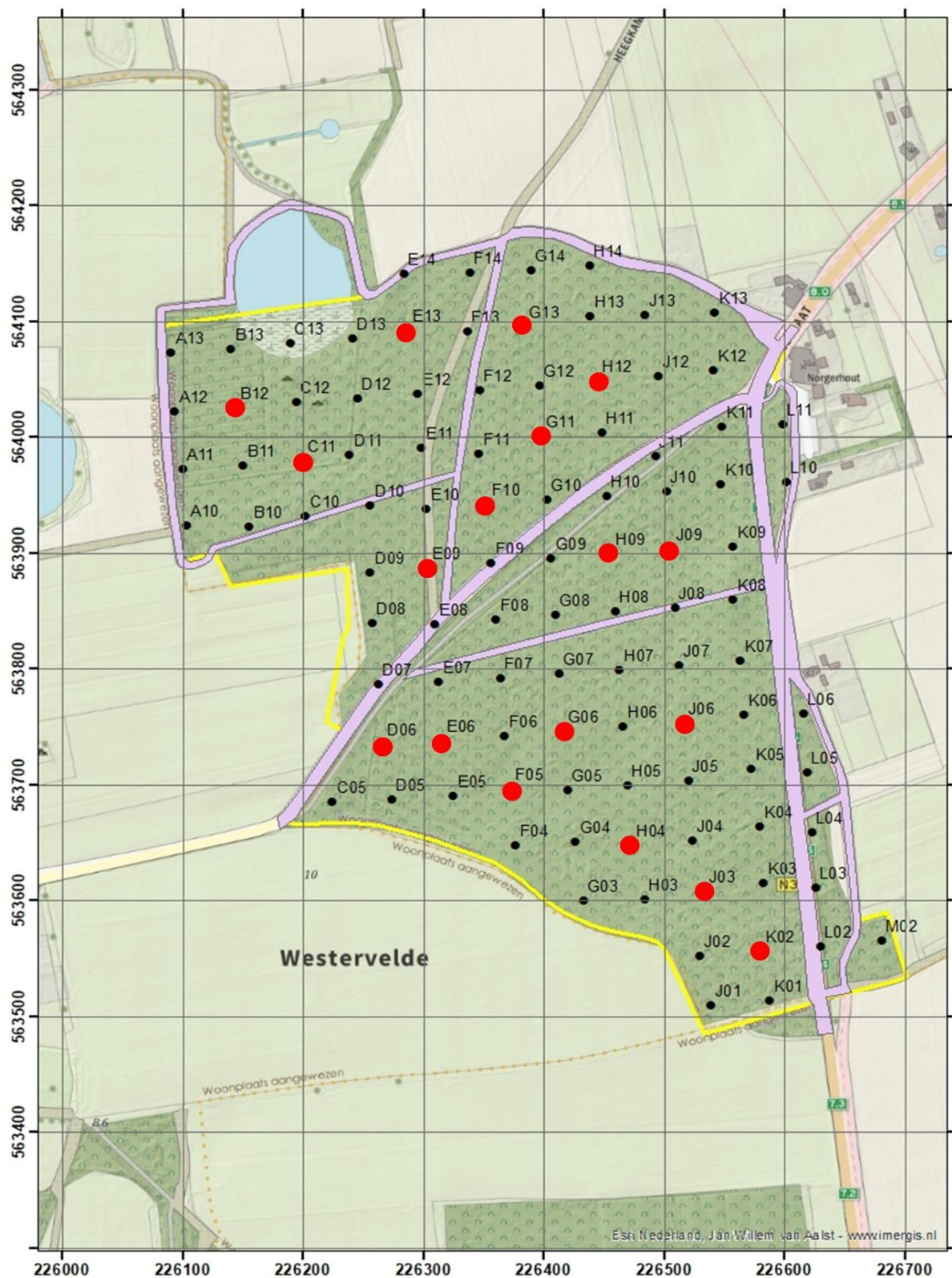
In het licht van de conclusie in de vorige paragraaf, verdient het aanbeveling om de verspreiding van oud-bossoorten (tenminste de oud-boskruiden) door het gehele bos te monitoren teneinde inzicht te krijgen in de trends van deze voor het Norgerholt belangrijke soortgroepen.

Literatuur

- Bijlsma, R.J., H. van Blitterswijk, A.P.P.M. Clerkx, J.J. de Jong, M.N. van Wijk & L.J. van Os, 2001. Bospaden voor bosplanten. Bospaden en –wegen als transportroute, vestigingsmilieu, refugium en uitvalsbasis voor bosplanten. Alterra-rapport 193, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. 2004. Verbraming: oorzaken en ecologische plaats. *De Levende Natuur* 105(4): 138-144.
- Bijlsma, R.J., 2008. Bosreservaten: koplopers in de natuurlijke ontwikkeling van het Nederlandse boslandschap. Alterra-rapport 1680, ISSN 1566-7197.
- Bijlsma, R.J., 2018. Verspreiding en betekenis van bramen in en rond Natura 2000-gebied Norgerholt. Wageningen Environmental Research report, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. & Clerkx, A.P.P.M., 2019. The Dutch forest reserves network: Documentation of monitoring design and databases. Wageningen Environmental Research report 2940, Wageningen.
- Broekmeyer, M.E.A. & P. Hilgen, 1991. Basisrapport Bosreservaten, IKC/NBLF, IBN-DLO rapport 1991-03, Utrecht.
- Broekmeyer, M.E.A., 1995. Bosreservaten in Nederland, IBN-rapport 133, ISSN. 0928-6888. Wageningen.
- Broekmeyer, M.E.A., A.P.P.M. Clerkx & H.G.J.M. Koop, 1995. Bosdynamiek in het Norgerholt, Tien jaar monitoring in een Hulst-Eikenbos. Instituut voor Bos- en Natuur onderzoek (IBN-DLO) Wageningen.
- Broekmeyer, M.E.A., A.P.P.M. Clerkx, A. van Hees & H.G.J.M. Koop, 1997. Veldwerkhandleiding bosreservaten – bosstructuur kernvlakte, steekproefcirkels, vegetatie, Interne handleiding IBN-DLO, 1^e versie, april 1997.
- den Ouden, J., 2000. The role of bracken (*Pteridium aquilinum*) in forest dynamics. Ph.D. thesis, Wageningen University.
- Ellenberg, H. et al., 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* XVII.
- Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de Knecht, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert, 2020. Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 171, ISSN 2352-2739 DOI 10.18174/514490.
- Koomen, F., 1989. Het Norgerholt, historisch onderzoek naar het beheer van bossen en natuurterreinen. LUW, vakgroep Boshuishoudkunde. Wageningen.
- Koop, H., 1987. Het RIN Boscologisch Informatiesysteem: achtergronden en methoden, Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Rapport 87/4.
- Koop, H., 1989. Forest Dynamics. SILVI-STAR: a comprehensive monitoring system. Springer, Berlin.
- Provincie Drenthe, 2016. Beheerplan Norgerholt, toekomst voor eeuwenoud bos, Natura 2000 beheerplan, Prolander, provincie Drenthe, Assen.
- Provincie Drenthe, 2017. Gebiedsanalyse PAS Norgerholt (22). Assen.
- Sheil, D. & R.M. May, 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. *Journal of Ecology* 84: 91-100.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée en P.W.F.M. Hommel, 1999. De Vegetatie van Nederland. Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Leiden.
- Verkaik, E., 2008. Bosontwikkeling na het stopzetten van houtoogst, Een analyse van de bosstructuur in bosreservaten. Alterra-rapport 1760, ISSN 1566-7197, Wageningen.
- Verkaik, E., 2010. Sterfte en verjonging in bosreservaten. Alterra-rapport 2086, ISSN 1566-7197, Wageningen.
- Warren, M.S. & R.J. Fuller, 1993. Woodland rides and glades: their management for wildlife. JNCC.
- Wijdeven, S.M.J., O.H.B. Vaessen, A.F.M. van Hees & A.F.M. Olsthoorn, 2005. Volume calculations of coarse woody debris. Alterra-rapport 1257, ISSN 1566-7197.
- Wijdeven, S.M.J., 2006. Factsheets dood hout in het bosbeheer. Alterra-rapport 1430, ISSN 1566-7197.

Bijlage 1 Ruitennet Norgerholt

Ruitennet van het Norgerholt met de geïnventariseerde meetpunten rood gemarkeerd



RD-coördinaten van de onderzochte steekproefcirkels

RUIT_COORD	rdx	rdy
B12	226144.031	564025.375
C11	226199.516	563979.437
D06	226266.562	563734.500
E06	226316.031	563737.812
E09	226303.875	563887.562
E13	226286.781	564092.937
F05	226373.016	563696.000
F10	226353.359	563941.687
G06	226416.484	563745.500
G11	226399.047	564000.812
G13	226384.125	564096.000
H04	226473.437	563647.000
H09	226456.406	563899.312
H12	226445.266	564049.312
J03	226534.359	563607.437
J06	226516.812	563753.125
J09	226506.687	563903.250
K02	226580.969	563556.312

Bijlage 2 Transitie matrices voor levende en dode bomen tussen 2009 en 2021

Voor alle soorten samen en per boomsoort staan hieronder de transitie matrices van de veranderingen in aantallen levende en dode bomen tussen 2009 en 2021. De aantallen voor 2009 staan in de rijen, voor 2021 in de kolommen. Bijvoorbeeld: In 2009 waren er in totaal 547 levende bomen, waarvan in 2021 nog 449 in leven zijn. En van de 32 stobben in 2021 waren er 3 nog levende bomen in 2009. Voor de boomsoorten met voldoende aantallen exemplaren is het sterftepercentage (*mort rate*) berekend.

alle soorten					
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	4stobbe	Grand Total
1levend	449	72	23	3	547
2doods		71	27	11	109
3doodl			24	1	25
4stobbe				17	17
Grand Total	449	143	74	32	698

Nt	449
N0	547
mort rate	1.631756193

beuk		
Row Labels	1levend	Grand Total
1levend	9	9
Grand Total	9	9

wintereik				
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	Grand Total
1levend	7		1	8
2doods		1	1	2
3doodl			4	4
Grand Total	7	1	6	14

zomereik					
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	4stobbe	Grand Total
1levend	177	20	7		204
2doods		68	22	4	94
3doodl			16		16
4stobbe				17	17
Grand Total	177	88	45	21	331

Nt	177
N0	204
mort rate	1.176114572

ruwe berk				
Row Labels	1levend	3doodl	4stobbe	Grand Total
1levend	3		1	4
2doods		1	3	4
3doodl		1		1
Grand Total	3	2	4	9

zachte berk					
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	4stobbe	Grand Total
1levend	9	7	1	1	18
2doods			1	1	2
3doodl				1	1
Grand Total	9	7	2	3	21

Nt	9
N0	18
mort rate	5.612568732

lijsterbes					
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	4stobbe	Grand Total
1levend	20	11	7	1	39
2doods		1	1	2	4
Grand Total	20	12	8	3	43

Nt	20
N0	39
mort rate	5.413218271

sporkehout				
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	Grand Total
1levend	14	15	4	33
Grand Total	14	15	4	33

Nt	14
N0	33
mort rate	6.896106875

hazelaar				
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	Grand Total
1levend	15	3	1	19
Grand Total	15	3	1	19

Nt	15
N0	19
mort rate	1.950630606

hulst					
Row Labels	1levend	2doods	3doodl	4stobbe	Grand Total
1levend	187	13	2		202
2doods		1	1	1	3
3doodl			1		1
Grand Total	187	14	4	1	206

Nt	187
N0	202
mort rate	0.640929566

fijnspar		
Row Labels	1levend	Grand Total
1levend	1	1
Grand Total	1	1

Amerikaanse eik			
Row Labels	1levend	3doodl	Grand Total
1levend	3		3
3doodl		2	2
Grand Total	3	2	5

Amerikaanse vogelkers			
Row Labels	1levend	2doods	Grand Total
1levend	4	3	7
Grand Total	4	3	7

Bijlage 3 Levende bomen: aantal en grondvlak

Overzicht van het totaal aantal levende bomen (sumn) en gesommeerde grondvlak van levende bomen (sumba, m²) voor resp. 2009 en 2021 voor elk van de achttien onderzochte steekproefcirkels (RuitCoord).

RuitCoord	jaar	sumn	Sumba (m ²)
B12	2009	49	1.0304
B12	2021	75	1.2640
C11	2009	29	0.9586
C11	2021	39	1.3302
D06	2009	20	1.3829
D06	2021	20	1.0232
E06	2009	10	1.2838
E06	2021	22	1.6767
E09	2009	14	1.7006
E09	2021	20	2.0953
E13	2009	57	1.0505
E13	2021	54	1.3627
F05	2009	33	1.2255
F05	2021	38	1.6276
F10	2009	26	1.4746
F10	2021	21	1.3587
G06	2009	35	1.2321
G06	2021	38	1.5565
G11	2009	26	1.3222
G11	2021	24	1.4699
G13	2009	44	1.5288
G13	2021	49	1.8416
H04	2009	27	0.5600
H04	2021	34	0.7625
H09	2009	49	2.6282
H09	2021	40	2.8413
H12	2009	36	1.8150
H12	2021	33	2.2625
J03	2009	35	1.6077
J03	2021	48	1.9037
J06	2009	30	1.5307
J06	2021	46	1.9498
J09	2009	27	0.9638
J09	2021	26	1.3157
K02	2009	23	1.2269
K02	2021	29	1.5124

Gemiddeld aantal levende bomen (A) en grondvlak (B) per soort en totaal per steekproefcirkel en per hectare in 2009 en 2021 en resultaten paired t-test. Significantie: $p > 0,05$ (ns: niet significant), $0,01 < p < 0,05$ (*: significant), $0,01 < p < 0,001$ (**: sterk significant) en $p < 0,001$ (***: zeer significant).

A: aantal levende stammen		2009	2021	2009	2021		
Soort	Soort-code	Aantal / cirkel	Aantal / cirkel	Aantal / hectare	Aantal / hectare	t df p-value	Significantie
totaal		31,7	36,4	633	728	t = -2.3705, df = 17, p-value = 0.02986	*
beuk	1	0,5	0,5	10	10		NA
wintereik	3	0,4	0,4	9	8	t = 1, df = 17, p-value = 0.3313	ns
zomereik	4	11,4	9,8	229	197	t = 2.269, df = 17, p-value = 0.03658	*
ruwe berk	21	0,2	0,2	4	3	t = 1, df = 17, p-value = 0.3313	ns
zachte berk	22	1,0	0,6	20	11	t = 1, df = 17, p-value = 0.3313	ns
lijsterbes	25	2,4	1,6	48	32	t = 1.9415, df = 17, p-value = 0.06897	ns
sporkehout	33	2,2	3,6	43	72	t = -2.3619, df = 17, p-value = 0.03037	*
hazelaar	37	1,1	1,4	21	28	t = -1.3038, df = 17, p-value = 0.2097	ns
hulst	43	11,8	17,9	237	359	t = -2.7733, df = 17, p-value = 0.01301	*
fijnspar	45	0,1	0,1	1	1		NA
Am. eik	71	0,2	0,2	3	3		NA
Am. vogelkers	72	0,4	0,2	8	4	t = 1, df = 17, p-value = 0.3313	ns
B: grondvlak		2009	2021	2009	2021		
Soort	Soort-code	m ² / cirkel	m ² / cirkel	m ² / hectare	m ² / hectare	t df p-value	Significantie
totaal		1,36	1,62	27,25	32,39	t = -5.4075, df = 17, p-value = 4.714e-05	***
beuk	1	0,038	0,055	0,76	1,11	t = -1.8075, df = 17, p-value = 0.08842	ns
wintereik	3	0,096	0,102	1,92	2,04	t = -0.7231, df = 17, p-value = 0.4795	ns
zomereik	4	0,971	1,103	19,42	22,06	t = -3.2856, df = 17, p-value = 0.004363	**
ruwe berk	21	0,004	0,009	0,08	0,18	t = -0.75103, df = 17, p-value = 0.4629	ns
zachte berk	22	0,017	0,014	0,34	0,29	t = 0.52998, df = 17, p-value = 0.603	ns
lijsterbes	25	0,017	0,017	0,35	0,35	t = 0.0032107, df = 17, p-value = 0.9975	ns
sporkehout	33	0,008	0,018	0,16	0,35	t = -3.2421, df = 17, p-value = 0.004793	**
hazelaar	37	0,006	0,010	0,11	0,21	t = -1.9496, df = 17, p-value = 0.06792	ns
hulst	43	0,154	0,225	3,08	4,49	t = -4.1876, df = 17, p-value = 0.000618	***
fijnspar	45	0,002	0,004	0,05	0,07	t = -1, df = 17, p-value = 0.3313	ns
Am. eik	71	0,046	0,059	0,92	1,18	t = -1.2487, df = 17, p-value = 0.2287	ns
Am. vogelkers	72	0,003	0,004	0,07	0,07	t = -1.0326, df = 17, p-value = 0.3162	ns

Bijlage 4 Percentage grondvlak en hoofdboomsoort

Het percentage grondvlak per boomsoort ten opzichte van het totale grondvlak per steekproefcirkel voor 2009 en 2021 voor elke steekproefcirkel. Boomsoorten met een percentage grondvlak groter dan 50% zijn geel gemarkeerd.

RuitCoord	jaar	BS	baprocent	jaar	BS	baprocent
B12	2009	1	0,00	2021	1	0,00
B12	2009	3	0,00	2021	3	0,00
B12	2009	4	69,97	2021	4	68,37
B12	2009	21	2,47	2021	21	0,00
B12	2009	22	23,83	2021	22	12,90
B12	2009	25	0,00	2021	25	0,00
B12	2009	33	0,65	2021	33	1,88
B12	2009	37	0,00	2021	37	0,00
B12	2009	43	3,09	2021	43	16,86
B12	2009	45	0,00	2021	45	0,00
B12	2009	71	0,00	2021	71	0,00
B12	2009	72	0,00	2021	72	0,00
C11	2009	1	0,00	2021	1	0,00
C11	2009	3	0,00	2021	3	0,00
C11	2009	4	94,27	2021	4	90,15
C11	2009	21	0,00	2021	21	0,00
C11	2009	22	4,09	2021	22	5,05
C11	2009	25	0,91	2021	25	0,38
C11	2009	33	0,52	2021	33	2,73
C11	2009	37	0,00	2021	37	0,00
C11	2009	43	0,20	2021	43	1,68
C11	2009	45	0,00	2021	45	0,00
C11	2009	71	0,00	2021	71	0,00
C11	2009	72	0,00	2021	72	0,00
D06	2009	1	0,00	2021	1	0,00
D06	2009	3	25,65	2021	3	25,82
D06	2009	4	64,37	2021	4	55,40
D06	2009	21	0,00	2021	21	0,00
D06	2009	22	0,00	2021	22	0,00
D06	2009	25	4,54	2021	25	6,79
D06	2009	33	0,00	2021	33	0,00
D06	2009	37	1,97	2021	37	6,69
D06	2009	43	3,48	2021	43	5,29
D06	2009	45	0,00	2021	45	0,00
D06	2009	71	0,00	2021	71	0,00
D06	2009	72	0,00	2021	72	0,00
E06	2009	1	0,00	2021	1	0,00
E06	2009	3	25,06	2021	3	22,30
E06	2009	4	67,30	2021	4	65,99
E06	2009	21	0,00	2021	21	0,00
E06	2009	22	0,00	2021	22	0,00
E06	2009	25	1,68	2021	25	2,37
E06	2009	33	0,00	2021	33	0,00
E06	2009	37	0,00	2021	37	0,30
E06	2009	43	5,96	2021	43	9,04
E06	2009	45	0,00	2021	45	0,00

RuitCoord	jaar	BS	baprocent	jaar	BS	baprocent
E06	2009	71	0,00	2021	71	0,00
E06	2009	72	0,00	2021	72	0,00
E09	2009	1	23,28	2021	1	25,20
E09	2009	3	45,62	2021	3	41,96
E09	2009	4	25,14	2021	4	26,91
E09	2009	21	0,00	2021	21	0,00
E09	2009	22	0,00	2021	22	0,00
E09	2009	25	0,23	2021	25	0,24
E09	2009	33	0,00	2021	33	0,00
E09	2009	37	1,25	2021	37	1,56
E09	2009	43	4,48	2021	43	4,13
E09	2009	45	0,00	2021	45	0,00
E09	2009	71	0,00	2021	71	0,00
E09	2009	72	0,00	2021	72	0,00
E13	2009	1	0,00	2021	1	0,00
E13	2009	3	0,00	2021	3	0,00
E13	2009	4	86,74	2021	4	79,36
E13	2009	21	0,00	2021	21	0,00
E13	2009	22	0,37	2021	22	0,47
E13	2009	25	0,37	2021	25	0,00
E13	2009	33	0,00	2021	33	0,00
E13	2009	37	0,73	2021	37	1,07
E13	2009	43	4,71	2021	43	10,04
E13	2009	45	0,00	2021	45	0,00
E13	2009	71	2,99	2021	71	5,90
E13	2009	72	4,10	2021	72	3,17
F05	2009	1	11,78	2021	1	14,78
F05	2009	3	0,00	2021	3	0,00
F05	2009	4	85,53	2021	4	81,12
F05	2009	21	0,00	2021	21	0,00
F05	2009	22	0,00	2021	22	0,00
F05	2009	25	1,20	2021	25	0,00
F05	2009	33	1,49	2021	33	1,37
F05	2009	37	0,00	2021	37	0,00
F05	2009	43	0,00	2021	43	2,73
F05	2009	45	0,00	2021	45	0,00
F05	2009	71	0,00	2021	71	0,00
F05	2009	72	0,00	2021	72	0,00
F10	2009	1	0,00	2021	1	0,00
F10	2009	3	0,00	2021	3	0,00
F10	2009	4	83,26	2021	4	78,04
F10	2009	21	0,00	2021	21	0,00
F10	2009	22	0,00	2021	22	0,00
F10	2009	25	0,84	2021	25	0,00
F10	2009	33	0,00	2021	33	0,00
F10	2009	37	0,00	2021	37	0,00
F10	2009	43	15,90	2021	43	21,96
F10	2009	45	0,00	2021	45	0,00
F10	2009	71	0,00	2021	71	0,00
F10	2009	72	0,00	2021	72	0,00
G06	2009	1	11,45	2021	1	14,68
G06	2009	3	0,00	2021	3	0,00
G06	2009	4	85,31	2021	4	80,11
G06	2009	21	0,00	2021	21	0,00
G06	2009	22	0,00	2021	22	0,00
G06	2009	25	0,70	2021	25	0,00
G06	2009	33	0,16	2021	33	1,00
G06	2009	37	0,00	2021	37	0,00

RuitCoord	jaar	BS	baprocent	jaar	BS	baprocent
G06	2009	43	0,94	2021	43	2,75
G06	2009	45	0,00	2021	45	0,00
G06	2009	71	0,00	2021	71	0,00
G06	2009	72	1,43	2021	72	1,46
G11	2009	1	0,00	2021	1	0,00
G11	2009	3	0,00	2021	3	0,00
G11	2009	4	77,77	2021	4	80,79
G11	2009	21	0,00	2021	21	0,00
G11	2009	22	0,00	2021	22	0,00
G11	2009	25	1,16	2021	25	1,37
G11	2009	33	0,00	2021	33	0,00
G11	2009	37	0,00	2021	37	0,00
G11	2009	43	21,07	2021	43	17,84
G11	2009	45	0,00	2021	45	0,00
G11	2009	71	0,00	2021	71	0,00
G11	2009	72	0,00	2021	72	0,00
G13	2009	1	0,00	2021	1	0,00
G13	2009	3	0,00	2021	3	0,00
G13	2009	4	75,72	2021	4	73,78
G13	2009	21	0,00	2021	21	0,00
G13	2009	22	0,00	2021	22	0,00
G13	2009	25	0,13	2021	25	0,15
G13	2009	33	0,18	2021	33	0,35
G13	2009	37	0,58	2021	37	0,61
G13	2009	43	23,39	2021	43	25,11
G13	2009	45	0,00	2021	45	0,00
G13	2009	71	0,00	2021	71	0,00
G13	2009	72	0,00	2021	72	0,00
H04	2009	1	0,00	2021	1	0,00
H04	2009	3	0,00	2021	3	0,00
H04	2009	4	79,03	2021	4	60,90
H04	2009	21	8,12	2021	21	21,04
H04	2009	22	0,00	2021	22	0,00
H04	2009	25	0,00	2021	25	0,83
H04	2009	33	10,41	2021	33	9,95
H04	2009	37	0,00	2021	37	0,00
H04	2009	43	2,44	2021	43	7,27
H04	2009	45	0,00	2021	45	0,00
H04	2009	71	0,00	2021	71	0,00
H04	2009	72	0,00	2021	72	0,00
H09	2009	1	0,00	2021	1	0,00
H09	2009	3	0,00	2021	3	0,00
H09	2009	4	42,57	2021	4	38,30
H09	2009	21	0,00	2021	21	0,00
H09	2009	22	0,00	2021	22	0,00
H09	2009	25	0,00	2021	25	0,00
H09	2009	33	0,00	2021	33	0,00
H09	2009	37	0,00	2021	37	0,00
H09	2009	43	26,98	2021	43	27,27
H09	2009	45	0,00	2021	45	0,00
H09	2009	71	30,46	2021	71	34,43
H09	2009	72	0,00	2021	72	0,00
H12	2009	1	0,00	2021	1	0,00
H12	2009	3	0,00	2021	3	0,00
H12	2009	4	84,27	2021	4	83,52
H12	2009	21	0,00	2021	21	0,00
H12	2009	22	0,00	2021	22	0,00
H12	2009	25	2,01	2021	25	1,20

RuitCoord	jaar	BS	baprocent	jaar	BS	baprocent
H12	2009	33	1,32	2021	33	2,97
H12	2009	37	1,92	2021	37	2,46
H12	2009	43	8,19	2021	43	6,93
H12	2009	45	2,29	2021	45	2,92
H12	2009	71	0,00	2021	71	0,00
H12	2009	72	0,00	2021	72	0,00
J03	2009	1	0,00	2021	1	0,00
J03	2009	3	0,00	2021	3	0,00
J03	2009	4	88,59	2021	4	81,58
J03	2009	21	0,00	2021	21	0,00
J03	2009	22	0,96	2021	22	1,06
J03	2009	25	0,00	2021	25	0,00
J03	2009	33	0,65	2021	33	1,07
J03	2009	37	0,00	2021	37	0,00
J03	2009	43	9,80	2021	43	16,30
J03	2009	45	0,00	2021	45	0,00
J03	2009	71	0,00	2021	71	0,00
J03	2009	72	0,00	2021	72	0,00
J06	2009	1	0,00	2021	1	0,00
J06	2009	3	0,00	2021	3	0,00
J06	2009	4	89,98	2021	4	86,34
J06	2009	21	0,00	2021	21	0,00
J06	2009	22	0,00	2021	22	0,00
J06	2009	25	7,06	2021	25	4,99
J06	2009	33	0,88	2021	33	1,98
J06	2009	37	0,00	2021	37	0,00
J06	2009	43	2,07	2021	43	6,69
J06	2009	45	0,00	2021	45	0,00
J06	2009	71	0,00	2021	71	0,00
J06	2009	72	0,00	2021	72	0,00
J09	2009	1	0,00	2021	1	0,00
J09	2009	3	0,00	2021	3	0,00
J09	2009	4	63,18	2021	4	52,54
J09	2009	21	0,00	2021	21	0,00
J09	2009	22	0,00	2021	22	0,00
J09	2009	25	0,81	2021	25	0,00
J09	2009	33	0,00	2021	33	0,81
J09	2009	37	0,00	2021	37	0,00
J09	2009	43	36,00	2021	43	46,65
J09	2009	45	0,00	2021	45	0,00
J09	2009	71	0,00	2021	71	0,00
J09	2009	72	0,00	2021	72	0,00
K02	2009	1	0,00	2021	1	0,00
K02	2009	3	22,28	2021	3	21,27
K02	2009	4	60,76	2021	4	61,09
K02	2009	21	0,00	2021	21	0,00
K02	2009	22	0,00	2021	22	0,00
K02	2009	25	0,52	2021	25	2,60
K02	2009	33	0,00	2021	33	0,00
K02	2009	37	0,00	2021	37	0,00
K02	2009	43	16,43	2021	43	15,04
K02	2009	45	0,00	2021	45	0,00
K02	2009	71	0,00	2021	71	0,00
K02	2009	72	0,00	2021	72	0,00

Bijlage 5 DBH, grondvlak en hoogte per boomsoort

De verandering in gemiddelde diameter op borsthoogte (dbh, A), gemiddeld grondvlak (B) en gemiddelde hoogte (C) per boomsoort en gemiddeld voor alle boomsoorten samen (totaal) voor levend gebleven bomen tussen 2009 en 2021. Significantie: $p > 0,05$ (ns: niet significant), $0,01 < p < 0,05$ (*: significant), $0,01 < p < 0,001$ (**: sterk significant) en $p < 0,001$ (***: zeer significant).

A: dbh (cm)		2009	2021	t df p-value (2-sided paired t-test)	significantie
totaal		20,27	23,30	$t = -17.588, df = 444, p\text{-value} < 2.2e-16$	***
per soort	soortcode				
beuk	1	26,222	32,667	$t = -8.223, df = 8, p\text{-value} = 3.581e-05$	***
wintereik	3	52,571	56,714	$t = -5.3852, df = 6, p\text{-value} = 0.001687$	**
zomereik	4	30,983	34,540	$t = -15.868, df = 175, p\text{-value} < 2.2e-16$	***
zachte berk	22	15,667	17,889	$t = -2.7343, df = 8, p\text{-value} = 0.02567$	*
lijsterbes	25	10,500	12,500	$t = -2.8899, df = 19, p\text{-value} = 0.009384$	**
sporkehout	33	7,071	9,714	$t = -10.647, df = 13, p\text{-value} = 8.653e-08$	***
hazelaar	37	7,533	10,400	$t = -5.2036, df = 14, p\text{-value} = 0.0001337$	***
hulst	43	11,587	13,842	$t = -7.3083, df = 183, p\text{-value} = 8.112e-12$	***

B: grondvlak (cm²)		2009	2021	t df p-value (2-sided paired t-test)	significantie
totaal		503,64	633,79	$t = -11.314, df = 444, p\text{-value} < 2.2e-16$	***
per soort	soortcode				
beuk	1	757,123	1107,934	$t = -2.7907, df = 8, p\text{-value} = 0.02353$	*
wintereik	3	2285,731	2627,155	$t = -5.6058, df = 6, p\text{-value} = 0.001374$	**
zomereik	4	916,920	1125,667	$t = -10.047, df = 175, p\text{-value} < 2.2e-16$	***
zachte berk	22	221,744	282,132	$t = -2.2734, df = 8, p\text{-value} = 0.05261$	ns
lijsterbes	25	99,588	133,753	$t = -1.9138, df = 19, p\text{-value} = 0.07083$	ns
sporkehout	33	42,580	79,325	$t = -6.041, df = 13, p\text{-value} = 4.159e-05$	***
hazelaar	37	47,909	93,410	$t = -4.6973, df = 14, p\text{-value} = 0.0003429$	***
hulst	43	135,934	186,519	$t = -3.7079, df = 183, p\text{-value} = 0.0002768$	***

C: hoogte (m)		2009	2021	t df p-value (2-sided paired t-test)	significantie
totaal		11,94	13,47	$t = -3.3135, df = 444, p\text{-value} = 0.0009969$	***
per soort	soortcode				
beuk	1	13,778	15,222	$t = -2.1761, df = 8, p\text{-value} = 0.06123$	ns
wintereik	3	23,571	22,143	$t = 3.05, df = 6, p\text{-value} = 0.02251$	*
zomereik	4	18,284	20,776	$t = -2.1788, df = 175, p\text{-value} = 0.03068$	*
zachte berk	22	12,278	13,556	$t = -2.7943, df = 8, p\text{-value} = 0.0234$	*
lijsterbes	25	7,100	7,600	$t = -1.083, df = 19, p\text{-value} = 0.2924$	ns
sporkehout	33	5,571	6,143	$t = -0.90582, df = 13, p\text{-value} = 0.3815$	ns
hazelaar	37	6,367	7,033	$t = -1.1359, df = 14, p\text{-value} = 0.2751$	ns
hulst	43	6,715	7,677	$t = -6.4967, df = 183, p\text{-value} = 7.535e-10$	***

Bijlage 6 Volumes dood hout

De volumes dood hout per steekproefcirkel en gemiddeld over alle steekproefcirkels verdeeld naar staand en hangend dood hout (A) en liggend dood hout (B). NB In 2009 is voor steekproefcirkels waar liggend dood hout aanwezig was het volume niet bepaald.

RuitCoord	A: Staand en hangend dood hout				B: Liggend dood hout			
	Jaar	Volume (dm ³)	Jaar	Volume (dm ³)	Jaar	Volume (dm ³)	Jaar	Volume (dm ³)
B12	2009	1099,64	2021	1295,82	2009	13,40	2021	617,32
C11	2009	1628,05	2021	1397,93	2009	0	2021	109,53
D06	2009	212,94	2021	125,02	2009	*	2021	6781,72
E06	2009	5241,09	2021	2340,00	2009	*	2021	2324,88
E09	2009	0	2021	30,80	2009	*	2021	1312,44
E13	2009	247,27	2021	918,53	2009	0	2021	492,10
F05	2009	915,16	2021	1616,67	2009	0	2021	102,44
F10	2009	2469,38	2021	3831,70	2009	*	2021	4197,15
G06	2009	643,03	2021	1627,71	2009	0	2021	278,49
G11	2009	1632,23	2021	1020,27	2009	*	2021	667,28
G13	2009	3007,92	2021	2392,82	2009	0	2021	0
H04	2009	7986,44	2021	6776,70	2009	*	2021	263,43
H09	2009	3027,77	2021	862,93	2009	*	2021	2651,88
H12	2009	1768,47	2021	1940,28	2009	*	2021	955,63
J03	2009	4142,61	2021	4162,25	2009	0	2021	366,43
J06	2009	2845,46	2021	1267,30	2009	*	2021	1154,95
J09	2009	1215,45	2021	1178,74	2009	*	2021	30,27
K02	2009	1039,56	2021	1004,47	2009	*	2021	546,24
Gemiddeld volume								
dm³/ steekproefcirkel	2009	2301,32	2021	1877,22	2009	*	2021	1344,25
m³ / hectare	2009	46,03	2021	37,54	2009	*	2021	26,88

Bijlage 7 Vaatplanten en mossen in de opnamen 2002 en 2021

Frequentie van voorkomen van soorten in de achttien opnamen van het Norgerholt in 2002 en 2021, alfabetisch naar wetenschappelijke naam binnen boom-, struik-, kruid- en moslaag.

	n2002	n2021
BOOMLAAG		
<i>Betula pendula</i>	1	1
<i>Betula pubescens</i>	1	2
<i>Corylus avellana</i>	2	1
<i>Fagus sylvatica</i>	3	4
<i>Hedera helix</i>		5
<i>Ilex aquifolium</i>	12	12
<i>Prunus avium</i>	1	
<i>Prunus serotina</i>		1
<i>Quercus robur</i>	17	18
<i>Quercus rubra</i>		1
<i>Rhamnus frangula</i>	2	
<i>Robinia pseudoacacia</i>		1
<i>Sorbus aucuparia</i>	5	3
STRUIKLAAG		
<i>Corylus avellana</i>	1	5
<i>Ilex aquifolium</i>	16	17
<i>Prunus serotina</i>		1
<i>Rhamnus frangula</i>	6	11
<i>Sorbus aucuparia</i>	5	6
KRUIDLAAG		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2	1
<i>Carex arenaria</i>	1	
<i>Ceratocarpus claviculata</i>	6	
<i>Convallaria majalis</i>	1	1
<i>Corylus avellana</i>		5
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2	1
<i>Dryopteris dilatata</i>	15	15
<i>Galeopsis tetrahit</i>	1	
<i>Hedera helix</i>	13	13
<i>Holcus lanatus</i>	1	
<i>Ilex aquifolium</i>	7	18
<i>Juncus effusus</i>	1	
<i>Luzula pilosa</i>		1
<i>Maianthemum bifolium</i>	4	1
<i>Molinia caerulea</i>		1
<i>Oxalis acetosella</i>	1	1
<i>Prunus serotina</i>		1
<i>Pteridium aquilinum</i>	12	12
<i>Quercus robur</i>	10	18
<i>Quercus rubra</i>		1
<i>Rhamnus frangula</i>	5	3
<i>Rubus fruticosus</i>	16	
<i>Rubus arrhenii</i>		2
<i>Rubus bellardii</i>		11
<i>Rubus contritidens</i>		2
<i>Rubus erinulus</i>		2

	n2002	n2021
Rubus flexuosus		4
Rubus norchensis		1
Rubus schlechtendalii		1
Rubus species		1
Rubus sprengelii		1
Sorbus aucuparia	9	8
Stellaria holostea	5	3
Vaccinium myrtillus	1	
MOSLAAG		
Atrichum undulatum	3	2
Brachythecium rutabulum	1	1
Calypogeia muelleriana		1
Dicranella heteromalla	6	2
Dicranum scoparium	2	1
Hypnum cupressiforme (excl. H. andoi)		3
Hypnum jutlandicum	13	1
Ilex aquifolium	15	
Kindbergia praelonga	1	1
Lepidozia reptans		1
Lophocolea bidentata	2	1
Lophocolea heterophylla		1
Mnium hornum	5	3
Plagiothecium undulatum	1	1
Polytrichum formosum	6	9
Pseudoscleropodium purum		1
Sorbus aucuparia	1	
Tetraxis pellucida		1

Bijlage 8 Bedekking vegetatielagen

Bedekking van de boom-, struik-, kruid- en moslaag (%) in 2002 en 2021. Significantie: $p > 0,05$ (ns: niet significant), $0,01 < p < 0,05$ (*: significant), $0,01 < p < 0,001$ (**: sterk significant) en $p < 0,001$ (***: zeer significant).

	2002	2021	t df p-value (2-sided paired t-test)	significantie
Boomlaag	67,22	72,78	t = -1.4109, df = 17, p-value = 0.1763	ns
Struiklaag	22,22	41,39	t = -4.1578, df = 17, p-value = 0.000659	***
Kruidlaag	40,89	29,50	t = 1.1563, df = 17, p-value = 0.2635	ns
Moslaag	2,28	2,22	t = 0.02978, df = 17, p-value = 0.9766	ns

Bijlage 9 Veranderingen in bedekking van soorten in de kruidlaag

Verschillen in gemiddelde bedekking (%) van soorten in de kruidlaag voor oud-boskruiden (excl. adelaarsvaren en bramen), adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*), bramen (alle *Rubus*-soorten) en niet oud-bossoorten (= overige soorten in kruidlaag) in 2002 en 2021. Significantie: $p > 0,05$ (ns: niet significant), $0,01 < p < 0,05$ (*: significant), $0,01 < p < 0,001$ (**: sterk significant) en $p < 0,001$ (***: zeer significant).

Bedekking in %	2002	2021	t df p-value (2-sided paired t-test)	Significantie
Oud-boskruiden	3.0	1.4	t = 2.1062, df = 12, p-value = 0.05691	ns
Adelaarsvaren	43.8	25.5	t = 3.0213, df = 11, p-value = 0.01163	*
Bramen	22.9	10.1	t = 3.9865, df = 16, p-value = 0.001062	**
Overige	11.7	21.7	t = -2.0635, df = 17, p-value = 0.05468	ns

Veranderingen in bedekking (%) van individuele oud-bossoorten per steekproefcirkel.

PlotSoort	2002	2021
B12Maianthemum bifolium	4	0
B12Stellaria holostea	3	0
C11Maianthemum bifolium	2	0
C11Stellaria holostea	1	0
D06Stellaria holostea	4	4
E09Stellaria holostea	4	0
E13Maianthemum bifolium	2	3
F10Oxalis acetosella	4	3
H12Convallaria majalis	2	2
H12Luzula pilosa	0	2
J06Maianthemum bifolium	3	0
J06Stellaria holostea	10	3
K02Stellaria holostea	0	2

Veranderingen in bedekking (%) van adelaarsvaren per steekproefcirkel.

Plot	2002	2021
D06	60	60
E06	80	70
E09	40	20
F10	30	10
G11	60	60
G13	3	1
H09	3	2
H12	40	10
J03	70	2
J06	70	30
J09	30	2
K02	40	40

Veranderingen in bedekking (%) van bramen per steekproefcirkel.

Row Labels	2002	2021
B12	2	0
C11	2	1
D06	30	14
E06	50	3
E09	50	50
E13	50	40
F05	3	0
F10	30	22
G11	40	12
G13	10	10
H04	0	1
H09	3	1
H12	20	2
J03	30	1
J06	20	3
J09	30	10
K02	20	2

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 3137
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

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



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

Rapport 3137
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

