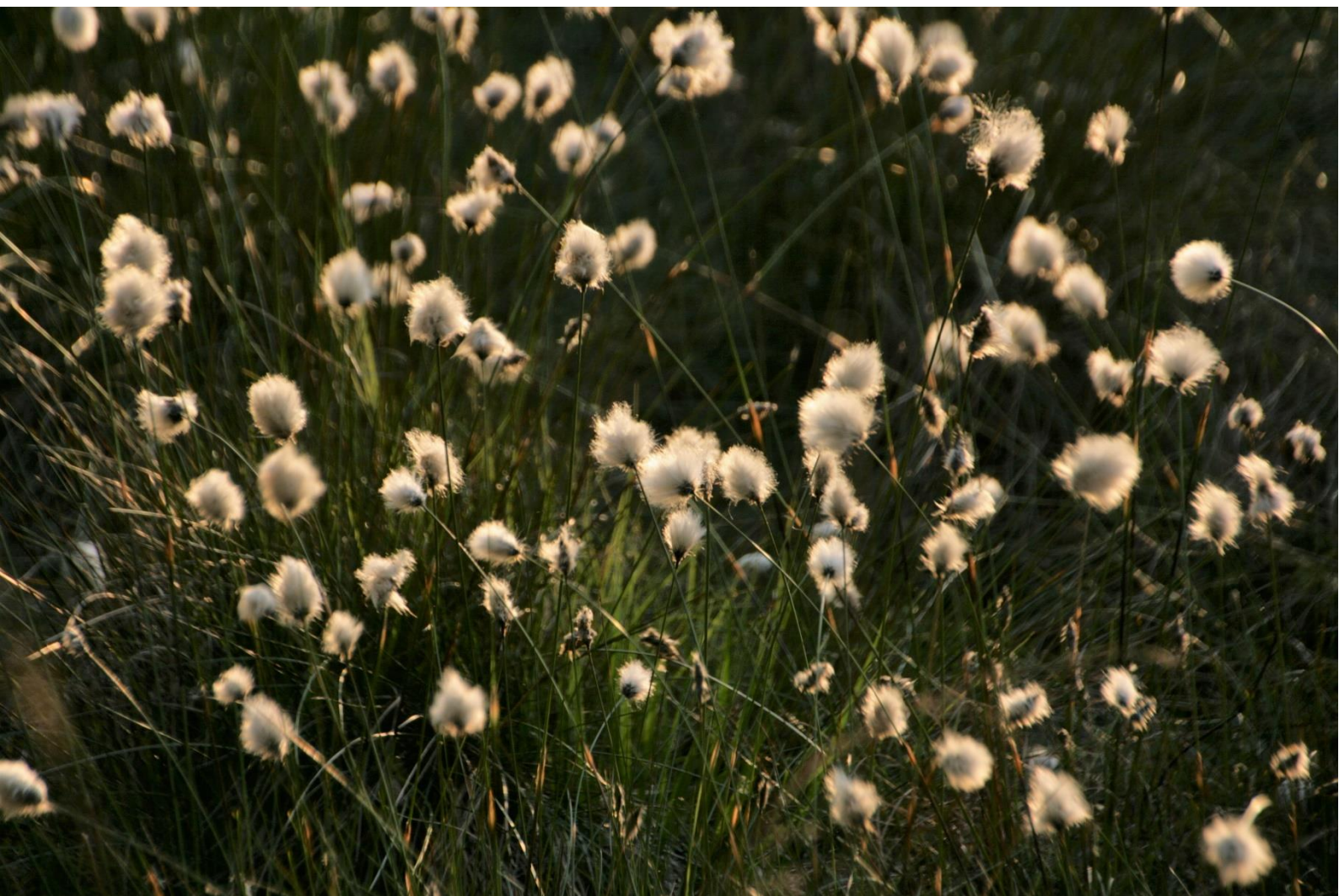




Effecten van brand op hoogveen

Auteur: R.E.J. Scholtens
Studentnummer: 3021369
Opleiding: Toegepaste Biologie
Begeleider School: MSc. E. Petstra
Begeleider Bedrijf: Ing. M. Zekhuis

Aeres Hogeschool

11 november 2019
Bachelor scriptie



Effecten van brand op hoogveen

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Auteur: R.E.J. Scholtens
Studentnummer: 3021369
Opleiding: Toegepaste Biologie
Begeleider School: MSc. E. Petstra
Begeleider Bedrijf: Ing. M. Zekhuis
Aeres Hogeschool

11 november 2019
Bachelor scriptie



Voorwoord

Voor u ligt het onderzoek dat gaat over de effecten van brand op hoogveen. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van mijn opleiding Toegepaste Biologie aan het Aeres Hogeschool te Almere, en in opdracht van Mark Zekhuis van Landschap Overijssel. Dit onderzoek is geschreven voor beheerders en onderzoekers die meer willen weten over de effecten van brand op hoogveen.

Ik wil Jacob van der Weele en Mark Zekhuis bedanken voor de ondersteuning vanuit Landschap Overijssel voor dit project, en daarnaast de andere collega's van Landschap Overijssel. Eelco Petra en Herman Offereins hebben mij begeleid tijdens mijn afstudeerfase, ik wil hen hier graag ook voor bedanken. Ook wil ik Rudi Zielman graag bedanken, hij heeft mij geholpen met het determineren van de mossen en tips gegeven voor het opnemen van de opnames.

Rutger Scholtens

Samenvatting

Tijdens een brand op het Aamsveen is een groot deel van het hoogveen in vlammen op gegaan. Landschap Overijssel, eigenaar van het Aamsveen heeft nog niet duidelijk welke effecten hiervan na 8 jaar nog zichtbaar zijn. In deze scriptie is onderzocht welke effecten brand op vegetatie heeft. Dit is op twee manieren gedaan: een vegetatie analyse op het Aamsveen en een literatuuronderzoek naar de effecten van brand op hoogveen. De drie thema's bij het literatuuronderzoek waren: Effecten op de compositie van vegetatie, effecten op nutriënten en de invloed van brand op verandering van structuur en andere fysieke effecten.

Op het Aamsveen is de vegetatie die in 2011 verbrand is, vergeleken met niet-verbrande plekken door 26 vegetatieopnames in 2x2 meter grote plots. Het onderzoek op het Aamsveen liet zien dat niet-verbrande plots minder diversiteit hadden. De verbrande plots hadden meer veenmossen en andere soorten flora. Zowel verbrand als niet-verbrande plots waren gedomineerd door pijpenstrootje.

Het literatuuronderzoek liet zien dat de effecten van brand op hoogveen zeer complex is en sterk afhangt van de intensiteit van de brand, vochtgehalte in de bodem, microtopografie en de originele vegetatie. De effecten zijn onder andere het in elkaar vallen van bulten, een afname van veenmossen, een toename van grassen, een toename van struikhei, een lagere waterstand en een hogere oppervlakte afvoer van water. De literatuur laat ook zien dat, mits er genoeg tijd is en de abiotische omstandigheden goed zijn, verbrand hoogveen goed kan herstellen.

De gemeten verschillen op het Aamsveen zijn eigenaardig, omdat uit het literatuuronderzoek blijkt dat er een afname van veenmos te verwachten was. Brand is dan ook niet de enige factor die effect heeft op de compositie van hoogveenflora. Drainage en stikstof spelen hierbij een grote rol en kan het meten van de effecten van brand op het Aamsveen vermoeilijken.

Aanbevolen wordt om meer onderzoek te doen naar de lange-termijn effecten van brand op hoogveenvegetatie en het herstel hiervan. Daarnaast moet er meer onderzoek naar de effecten op de nutriëntenbalans en bodemchemie komen.

Abstract (English)

During a 2011 wildfire the raised bog Aamsveen went up in flames. It is unclear whether there still is a difference between burnt and unburnt vegetation for the land manager of Aamsveen, Landschap Overijssel. In this thesis the effects of fire on raised bogs are explored. This has been done in two ways: a vegetation analysis on the recovering Aamsveen combined with a literature research on the effects of fire on raised bogs. In the literature research the main items were: Effects on vegetation composition, effects on nutrients and fire's effects on structure and other physical effects.

On the Aamsveen the in 2011 burnt vegetation was compared to unburnt vegetation by use of 26 2x2m plots. The study on the Aamsveen wildfire showed that unburnt plots were less diverse in plant species than the burnt plots. The burnt plots included more peat moss and other species than the unburnt plots. Both burnt and unburnt plots were dominated by purple moor-grass.

The literature research showed that the effects of fire on bogs are very complex and differs depending on fire-severity, moisture content of the soil, microtopography and the original vegetation. Amongst the effects are destroyed hummocks, a decrease in peat moss abundancy, an increase in grass species, an increase in common heather, a lower water table and a higher runoff of water. Literature showed that, given enough time and proper abiotic circumstances, raised bog can overcome the damage of a fire.

The measured difference at the Aamsveen is peculiar, as a decrease of peat moss was expected as the literature research has shown. The burning is not the only factor affecting the vegetation on the Aamsveen, as factors as drainage and nitrogen deposition also play a role in determining the composition of vegetation.

It is recommended to further research the long-term vegetation composition and recovery after fires, as well as putting more effort in understanding the soil chemistry and nutrient changes in raised bog soil after a fire.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting.....	5
Abstract (English).....	5
1 Inleiding	8
1.1 Leeswijzer	8
1.2 Theoretisch kader	8
1.2.1 Hoogveen in Nederland.....	8
1.2.2 Effecten van brand op hoogveen	9
1.3 Probleemstelling en doelstelling	10
1.4 Onderzoeksvraag.....	10
2 Methode	11
2.1 Wat zijn de effecten van brand op de samenstelling van vegetatie op hoogveen?	11
2.2 Wat zijn de effecten van brand op de nutriënten in hoogveen?	12
2.3 Welke veranderingen zijn er na een brand op de structuur en andere fysische effecten in hoogveen te zien?	12
2.4 Welke effecten zijn er op de vegetatie van het Aamsveen aanwezig, en is dit vergelijkbaar met de uitkomsten van deelvraag 1?	13
3 Resultaten.....	17
3.1 Brand en vegetatie	17
3.2 Brand en nutriënten	21
3.3 Brand, structuur en fysische effecten	25
3.4 Veldstudie Aamsveen	28
4 Discussie	31
4.1 Literatuuronderzoek.....	31
Effecten op vegetatie	31
Effecten op nutriënten	32
Fysische effecten en structuur	32
Totaal.....	32
4.2 Veldstudie Aamsveen	33
4.3 Proces en methoden	34
5 Conclusies en aanbevelingen	35
Bronnen	36
Bijlagen	40
Bijlage 1: Tabel betrouwbaarheid en geschiktheid literatuuronderzoek.....	40
Bijlage 2: Braun-Blanquet.....	41

Bijlage 3: Beoordeling artikelen vegetatie	43
Bijlage 4: Beoordeling artikelen nutriënten	50
Bijlage 5: Beoordeling artikelen structuur en fysische effecten	55
Bijlage 6: Overzicht vegetatie opnamen	59
Bijlage 7: Indexen onderzoek Aamsveen.....	61

1 Inleiding

Op 3 juni 2011 woedde er een brand in het Aamsveen nabij Enschede (Schutte, 2011). Het veengebied, dat over de grens Nederland-Duitsland gaat, is een van de weinige hoogveengebieden in Nederland. Naar schatting is er 100 hectare aan bos en veengebied verbrand, waarvan 70 hectare aan de Nederlandse zijde (ANP, 2011). Onder ander door het inzetten van een Chinook (helikopter) met bluswater kon de brandweer de brand onder controle krijgen. Na vier dagen kon de brandweer zich pas terugtrekken van het Nederlandse grondgebied. Landschap Overijssel heeft sindsdien geen vergelijkend onderzoek gedaan naar de verschillen tussen het afgebrande gedeelte, en het niet afgebrande gedeelte. Daarnaast is er vraag naar een literatuurstudie naar effecten van brand op hoogveen.

1.1 Leeswijzer

Soortnamen worden in het Nederlands geschreven, bij de eerste benoeming in de tekst wordt de wetenschappelijke naam tussen haakjes achter de Nederlandse soortnaam geschreven.

In hoofdstuk 1.1 wordt een theoretisch kader geschetst over hoogveen in Nederland en hoogveensystemen. Dit wordt vervolgd met een introductie op de effecten van brand op hoogveen, de probleemstelling, doelstelling en (deel)vragen. In hoofdstuk 2 worden de methodes uitgelegd. Daarna worden in hoofdstuk 3 de resultaten per deelvraag beschreven. Hoofdstuk 4 en 5 behandelen de discussie en conclusie.

1.2 Theoretisch kader

1.2.1 Hoogveen in Nederland

Naar schatting kwam er tot 1000 jaar geleden, 1.000.000 ha hoogveen in Nederland voor. Een groot gedeelte hiervan is weggespoeld door de zee of afgedekt door klei (Bargerveen/ Schoonebeek, z.d.). De resterende hoogveengebieden lagen met name op de hoge zandgronden, in het oosten van Nederland. In de 17 eeuw was dit nog 180.000 ha. Later zijn deze grotendeels ontgonnen ten behoeve van turfwinning en in cultuur gebracht. De resterende 8000 ha hoogveen in Nederland zijn de laatste gedegradeerde restanten van de eens zo uitgestrekte hoogveengebieden. Een klein gedeelte hiervan is nog onaangetast. De Nederlandse hoogvenen zijn bijzonder: het zijn lenshoogvenen die alleen voorkomen in West-Europa. (Alterra, 2006; O+BN, z.d.). De bescherming



Figuur 1.2: Hoogveenveenmos (*Sphagnum magellanicum*) (foto: Wikipedia)



Figuur 1.1: Veenpakket (Foto: Rutger Scholtens)

van hoogvenen zijn één van de prioriteiten van de Europese Unie. Enkele typische hoogveensoorten zijn het veenhooibeestje (*Coenonympha tullia*), hoogveenveenmos (*Sphagnum magellanicum*), kleine veenbes (*Vaccinium oxycoccus*) en de levendbarende hagedis (*Lacerta vivipara*) (Alterra, 2009). De natuurbeleving van hoogvenen is belangrijk; dit blijkt uit de belangstelling voor de terugkeer van de kraanvogel (*Grus grus*) (Bijlsma, 2011).

Hoe werkt een hoogveensysteem?

In een hoogveen bestaat de bodem uit een dik pakket van onverteerd organisch materiaal. Deze laag ontstaat door

de ophoping van onverteerde planten- en mosresten. Wanneer er meer bladeren, stengels en wortels worden geproduceerd dan er verteerd wordt, ontstaat er veengroei. In onverstoorde hoogvenen ontstaat er een acrotelm (witveen). Dit is een sponzige laag van recent afgestorven en levend veenmos (*Sphagnum*). Onder het acrotelm ligt het catotelm (zwartveen, figuur 1.1), deze laag kan meters dik worden. Het catotelm wordt steeds compacter naarmate het dieper wordt, waardoor water nauwelijks kan wegzijgen via de bodem. De acrotelm kan krimpen en zwellen. Door deze veenademhaling kan de acrotelm op deze manier de waterhuishouding reguleren. Hoogveen is hoofdzakelijk regenwater gevoed. Hierdoor zijn er weinig voedingsstoffen aanwezig en ontstaat er een arm systeem (O+BN, z.d.).

De plantensoorten bestaan voornamelijk uit veenmossen. Veenmossen (figuur 1.2) zorgen voor natte, zure en relatief koude omstandigheden. Veenmossen en andere planten die op hoogveen leven, gaan zuinig om met voedingsstoffen zoals stikstof en fosfor. De planten hergebruiken zo veel mogelijk van deze stoffen voordat ze bladeren laten afsterven, zodat de voedingsstoffen optimaal gebruikt worden. De groei van de veenmossen wordt voornamelijk door stikstof gelimiteerd. Door stikstof depositie vanuit landbouw, industrie en verkeer is de laatste decennia stikstof niet meer limiterend geworden voor de groei van veenmossen, en blijft er stikstof over. Dit zorgt voor vergrassing en toename van berken, zeldzame soorten nemen hierdoor af (Lamers, Bobbink & Roelofs, 2000).

1.2.2 Effecten van brand op hoogveen

Branden hebben een effect op de samenstelling van vegetatie, de beschikbare nutriënten en andere fysische en hydrologische aspecten van hoogveen. In het volgende gedeelte wordt hierop een korte introductie gegeven; in de deelvragen (Hoofdstuk 3) die later worden beschreven, worden deze effecten doormiddel van literatuuronderzoek uitgediept en vergeleken.

Veranderingen in vegetatie na brand

Voor zover bekend, is in Nederland geen onderzoek aanwezig naar het effect van brand op vegetatie in hoogveen. Het meeste onderzoek is uitgevoerd in Engeland en Schotland. Heideterreinen zijn daarnaast veel beter onderzocht dan hoogveenvegetatie (Bobbink et al, 2009). Shaw et al (1996) laat zien dat in sommige gevallen een brand een positieve invloed kan hebben op zo genoemde 'blanket bogs', spreihogvenen. Brand zorgt bijvoorbeeld voor het verdwijnen van struiken. In andere gevallen kan het negatief uitpakken; veenmosbulten (Box 3, pagina 26) zijn niet gebaat bij brand. Verbrande gebieden bevatten minder veenmos bedekking, en relatief meer struikhei (*Calluna vulgaris*) bedekking (Noble et al, 2017b). Noble et al stellen zelfs dat er na 60 jaar een verminderde hoeveelheid veenmos aanwezig is. Veenmossen worden beschadigd wanneer ze blootgesteld worden aan hoge temperaturen, welke de snelheid van veenvorming kan verminderen.

Shaw laat zien dat er over het algemeen een toename is van pijpenstrootje (*Molinia Caerulea*) en eenarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*). Een aantal soorten nemen juist af, met name veenmossoorten.

Stewart, Coles & Pullin (2004) laten zien dat de dominantie van struikhei, soorten van het wollegrasgeslacht (*Eriophorum* spp.) en/ of pijpenstrootje toenemen, McFerran (1995) laat juist zien dat struikhei en eenarig wollegras juist afnemen. Tussen de genoemde studies lijkt er veel variatie te zitten.

Abiotische veranderingen in hoogveen na brand

Natuurbranden hebben de potentie om de chemische karakteristieken van bodem te veranderen (Kelly et al, 2018). Brand kan effectief zijn bij het verwijderen van stikstof uit een systeem. Pilkington, Caporn, Carroll & Cresswell (2007) laat zien dat er tot 56 kg stikstof per hectare per jaar kan worden

verwijderd uit heideterreinen. Noble et al (2017a) laat zien dat de as die op de bodem blijft liggen nauwelijks uit stikstof bestaat, maar kationen als calcium beschikbaar worden voor planten. Daarnaast laat Cresser et al (2007) zien dat na brand er een verhoogde afvoer van stikstof via water uit het veen gaat.

Naast de veranderingen in de beschikbaarheid van stikstof, verandert de beschikbaarheid van fosfor. De biochemische cyclus van fosfor wordt versneld na brand. Organisch gebonden fosfor wordt omgezet naar anorganische fosfor, waardoor er daarna tot tweemaal zoveel fosfor beschikbaar is (Wang et al 2014). Dit is echter in gecontroleerde omstandigheden. Kelly et al (2018) laat zien dat er meer beschikbare fosfor is na een natuurbrand. Dit is niet alleen van kortere duur; zeker 3,5 jaar na de brand is dit effect nog meetbaar. Uit hetzelfde onderzoek blijkt ook dat calcium langdurig meer aanwezig is in de bodem. Andere parameters in dit onderzoek (Magnesium, kalium, pH, stikstof, koolstof) bleken na 18 maanden weer vergelijkbaar met niet-verbrande situaties. Clay et al (2009) laat zien dat na een brand er een verhoogde afvoer van water is op veen. Brand helpt dus mogelijk indirect met het verdrogen van veen. De effecten van veenbranden op de hydrologie en nutriënten zijn veelzijdig.

1.3 Probleemstelling en doelstelling

In de literatuur zijn er nog veel kennislacunes omtrent het effect van brand op hoogveen vegetaties. De meeste onderzoeken zijn meestal op de korte termijn gericht. Een vegetatieonderzoek op het Aamsveen zou hierin een knowledge gap kunnen opvullen, omdat het een beeld kan schetsen van het effect op middellange termijn (8 jaar na dato). Het effect op de aanwezige flora is niet grootschalig vergeleken nadat de brand geblust was. Landschap Overijssel wil graag meer kennis van het effect op de flora na de brand op het Aamsveen. Daarnaast kan er doormiddel van een literatuurstudie een overzicht gemaakt worden met recente studies naar het effect van brand op hoogvenen.

De effecten van brand op hoogveen lijken veelzijdig te zijn; zowel de vegetatie als nutriënten en andere fysische aspecten veranderen door brand. In dit literatuuronderzoek worden deze effecten geanalyseerd en op een rij gezet. Daarnaast is het vegetatieonderzoek op het Aamsveen een toevoeging aan de kennis over het effect van brand op hoogveen.

1.4 Onderzoeksvraag

De hoofdvraag luidt: *Welke effecten zijn er na een brand op hoogveen-systemen?*

- Literatuurstudie: Welke effecten zijn er na een brand op de samenstelling van vegetatie op hoogveen?
- Literatuurstudie: Welke effecten zijn er na een brand op de nutriënten en mineralen in hoogveen?
- Literatuurstudie: Welke veranderingen zijn er na een brand op de structuur en andere fysische effecten in hoogveen te zien?
- Casus: Zijn er verschillen in vegetatie te zien op het Aamsveen, tussen het in 2011 verbrande en het niet verbrande hoogveen gedeelte, en is dit vergelijkbaar met de uitkomsten van deelvraag 1?

Het product van dit onderzoeksrapport wordt een literatuurstudie met overzicht van de effecten van brand op hoogveen. De Aamsveen-casus wordt hieraan gekoppeld.

2 Methode

Om antwoord te geven op deelvragen 1, 2 en 3 wordt een literatuurstudie ondernomen. Voor iedere literatuurstudie is een zoekplan opgesteld, welke per deelvraag besproken wordt. Voor beide deelvragen geldt voor een gedeelte hetzelfde zoekplan, welke in de komende paragrafen besproken wordt. Het doel van de zoekstrategie is, om de kans te vergroten om snel relevante informatie te vinden.

De literatuur wordt gezocht via Google Scholar. Bronnenlijsten uit rapporten en artikelen kunnen worden gebruikt. De zoektermen voor Google Scholar worden per deelvraag beschreven, en zijn Engels en Nederlands. De zoektermen zijn relevant voor het beantwoorden van de deelvraag.

Het toetsen van de relevantie en betrouwbaarheid van gevonden artikelen wordt op basis van de volgende criteria gedaan:

- Komt de bron uit een wetenschappelijk of vaktijdschrift?
- Jaar van publicatie
- Expertise en werkkring auteur
- Relevantie

De literatuur wordt verzameld in bijlage 1, samen met de bovenstaande criteria. De bron moet uit een wetenschappelijk of vaktijdschrift (Bijvoorbeeld De Levende Natuur) komen en bovendien relevant zijn voor de te beantwoorden deelvraag. Het hoeft niet peer-reviewed te zijn; een klein onderzoek door een lokale terreinbeheerder kan een toevoeging zijn aan het literatuuronderzoek. Daarnaast wordt er een voorkeur gegeven aan <10 jaar oude publicaties, al is dit criterium niet doorslaggevend in de beoordeling of een publicatie voldoende wordt geacht. De ervaring van een auteur en eventuele coauteurs worden beoordeeld op basis van het aantal publicaties en werkgebied. De gegevens worden in bijlage 1 verzameld en op basis van deze gegevens beoordeeld op betrouwbaarheid en geschiktheid.

Daarna wordt de literatuur in een lopende tekst geanalyseerd. Naast het gebruik van zoekwoorden wordt de sneeuwbalmethode gebruikt; hierbij worden literatuurlijsten uit gevonden artikelen gebruikt om andere relevante artikelen te zoeken en te verzamelen. Alleen de literatuurlijsten en -referenties uit de eerstgevonden artikelen worden geraadpleegd. Dit weerhoudt de onderzoeker ervan om niet te ver in retrospectief te kijken, daarnaast kost dit te veel tijd.

2.1 Wat zijn de effecten van brand op de samenstelling van vegetatie op hoogveen?

Het zoekplan is beschreven in de intro van dit hoofdstuk. Voor deze deelvraag worden de volgende zoekwoorden gebruikt, in verschillende combinaties:

Engels: Fire; Burning; Raised bog; Bog; Peat; Peatlands; Vegetation; Degradation; Loss; Cover; Abundancy; Composition.

Nederlands: Brand; Vuur; Hoogveen; Veen; Vegetatie; Degradatie; Bedekking; Abundantie.

Naast deze zoekwoorden worden soort- en geslachtsnamen (Wetenschappelijke namen en Nederlandse of Engelse namen), zoals opgesteld in tabel 2.1. De keuze van deze soorten is gebaseerd op veel voorkomende en benoemde soorten uit Shaw et al (1996), en doormiddel van Synbiosys (Hennekens, Schaminée & Stortelder, 2001). In Synbiosys zijn klasse r10 (klasse van hoogveenslenken) en r11(klasse van hoogveenbulten en natte heiden) op voorkomen

gesorteerd. Samen met de informatie van Shaw is er een keuze gemaakt op de soorten opgesteld in tabel 2.1.

De zoekwoorden helpen bij het vinden van relevante artikelen en info voor het beantwoorden van de deelvraag.

2.2 Wat zijn de effecten van brand op de nutriënten in hoogveen?

Het zoekplan is beschreven in de intro van dit hoofdstuk. Voor deze deelvraag worden de volgende zoek-woorden gebruikt:

Tabel 2.1: Lijst met soorten welke gebruikt worden bij het literatuuronderzoek.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Engelse naam
Sphagnum (geslacht)	veenmos	peat moss
Eriophorum vaginatum	eenarig wollegras	hare's-tail cottongrass
Calluna vulgaris	struikhei	common heather
Erica tetralix	dophei	cross-leaved heath
Campylopus introflexus	grijs kronkelsteeltje	heath star moss
Betula spp.	berk spp.	birch spp.

Engels: Fire; Burning; Raised bog; bog Peat; Peatlands; nutrients; minerals; nitrogen; phosphor; water; organic; carbon; ash.

Nederlands: Brand; Vuur; Hoogveen; Veen; nutriënten, mineralen; stikstof; fosfor; water; organisch; koolstof; as.

De zoekwoorden helpen bij het vinden van relevante artikelen en info voor het beantwoorden van de deelvraag.

2.3 Welke veranderingen zijn er na een brand op de structuur en andere fysische effecten in hoogveen te zien?

Het zoekplan is beschreven in de intro van dit hoofdstuk. Voor deze deelvraag worden de volgende zoek-woorden gebruikt:

Engels: Fire; burning; raised bog; peat; peatlands; structure; physical; hummocks; hollows; microrelief; microclimate; runoff; temperature; absorption; absorbency water capacity.

Nederlands: Brand; Vuur; Hoogveen; Veen; structuur; fysisch; bulten; slenken; microreliëf; microklimaat; afstroming water; absorptie; absorberend vermogen watercapaciteit.

De zoekwoorden helpen bij het vinden van relevante artikelen en info voor het beantwoorden van de deelvraag.

2.4 Welke effecten zijn er op de vegetatie van het Aamsveen aanwezig, en is dit vergelijkbaar met de uitkomsten van deelvraag 1?

In deze deelvraag wordt het Aamsveen onderzocht. Vanwege de beperkte tijd wordt alleen de vegetatie onderzocht op mogelijke verschillen.

Studiegebied

Het Aamsveen (figuur 2.1) is sinds 1976 in handen van Landschap Overijssel. Het hoogveengebied ligt ten zuidoosten van Enschede en is 145 hectare groot. Over de grens ligt het Duitse Amtsvonn, gezamenlijk vormen ze een restant van een veel groter voormalig hoogveen complex. Sinds 2013 is het Aamsveen een Natura-2000 gebied. Tot in de jaren 60 is er turf gewonnen; er zijn hier nog steeds sporen van aanwezig.



Figuur 2.1: De rode lijn vormt de grens van het Natura 2000 gebied Aamsveen. De paars gekleurde gedeelten bevatten hoogveen of heide.

Het Aamsveen behoort tot het gradiënttype 'Hoogveen met basenrijk laagveen'. Op lage plekken in het zandlandschap is onder invloed van basenrijkwater laagveen gevormd. Na verloop van tijd bereikte het laagveen een grotere oppervlakte waarna op bepaalde plekken de invloed van basenrijkwater verminderde, en regenwater juist meer invloed had. Op deze plekken ontstond hoogveenontwikkeling. Het onderzoeksgebied voor dit afstudeerwerkstuk ligt in het hoogveengedeelte van het Aamsveen. Dit bestaat uit voornamelijk herstellend hoogveen (44,45 ha), op één plek is nog een klein gedeelte met actief hoogveen (0,1 ha) aanwezig (Provincie Overijssel, 2016). Herstellend hoogveen houdt in dat er nog een veenpakket aanwezig is en waar veenherstel gaande is. Het bevat onder andere hoogveenbulten en slenken, zure wateren en vergraste bodems. Het goed functioneren van actrotelm mist nog, en het doel is dan ook om van herstellende hoogvenen naar een Actief hoogveen te gaan. De vestiging van hoogveenveenmos is hierbij kenmerkend (Alterra, 2009). Door turfwinning en ingrepen in de hydrologie zijn er bakken ontstaan in het veen. Hierdoor verschilt de hydrologie per bak en daarmee ook de vegetatie samenstelling, bleek uit een gesprek met Jacob van der Weele (Persoonlijke communicatie, juni 2019)

Sample strategie

In elk gedeelte (brand en geen brand) zijn 13 plots geplaatst. In figuur 2.2 zijn de locaties van de plots weergegeven; ieder plot is vastgelegd met coördinaten. Omdat het Aamsveen is opgedeeld in bakken, is er gekozen om de plots in één bak op te nemen. Hierdoor is de kans kleiner dat hydrologische en andere abiotische effecten zorgen voor verschillen in de vegetatie. Uit foto's van de Volkskrant is het mogelijk geweest om delen van de bak aan te wijzen waar geen brand is geweest (Figuur 2.3).

De volgende criteria zijn in het veld gebruikt bij de keuze van de locatie van de plots:

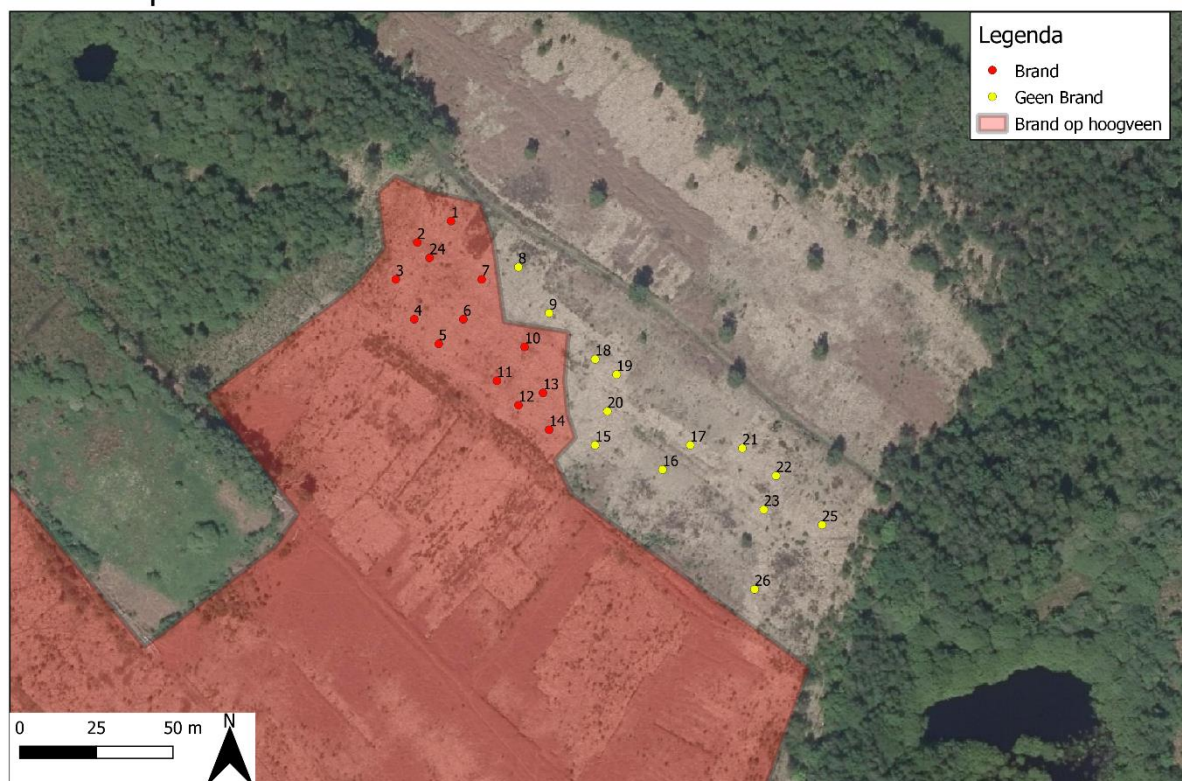
- Alle plots liggen in het hoogveen gedeelte van het gebied;
- Een helft ligt in het verbrande gedeelte, een helft in het niet-verbrande gedeelte;
- De compositie van de vegetatie en habitat condities zijn homogeen binnen een plot.

De plots zijn in week 29 opgenomen. In ieder plot is er een volledige lijst met soorten gemaakt. Zowel vasculaire planten als mossen tellen zijn gedetermineerd. Mossen zijn indien nodig microscopisch gedetermineerd. De bedekking en de abundantie zijn opgeschreven voor iedere soort, volgens de braun-blanquet methode (tabel 2.2) (Hennekens, 2009). Ieder plot is 2 bij 2 meter. Bijlage 2 bevat het Braun-Blanquet invulformulier. De Braun-Blanquet codes zijn later omgevormd naar bedekkingsgraad, welke in verschillende indexen gebruikt kunnen worden.

Tabel 2.2: Braun-Blanquet Codes

Code	Nummer	Aantal	Bedekking (%)
R	1	1-feb	Sporadisch
+	2	tot 20	≤5
1	3	20-100	≤5
2a	4	meer dan 100	≤5
2b	5	meer dan 100	5-12,5
2c	6	meer dan 100	12,5-25
3	7	Willekeurig	25-50
4	8	Willekeurig	50-75
5	9	Willekeurig	75-100

Locaties plots Aamsveen



Figuur 2.2: Locaties opgenomen plots. Het rood gemarkeerde vlak toont het in 2011 verbrande gedeelte.



Figuur 2.3: Luchtfoto onderzocht gedeelte Aamsveen. ANP (04-06-2011). Vuur smeult na in Aamsveen. Geraadpleegd van <https://tinyurl.com/y3nwdrg3>

Metten en berekenen indexen

Om de Braun-Blanquet index te kunnen gebruiken in statistische formules, worden de codes omgezet naar het middelpunt van de bedekking van die code, naar Wikum (1978) en van der Maarel (2007). De omzetting staat in tabel 2.3.

Om de gemeten diversiteit en bedekking te kwantificeren zijn er een viertal parameters opgesteld:

Tabel 2.3: Omzetting Br-BI codes naar bedekkingspercentages

	Br-BI code	Bedekkingsgraad (%)	Middelpunt van bedekkingspercentage
• Soortenrijkdom;	5	75-100	87,5
• Shannon-Wiener;	4	50-75	62,5
• Gelijkheid (Evenness);	3	25-50	37,5
• Berker-Parker	2	5-25	15,0
Dominantie	1	<5	2,5
De soortenrijkdom is geschat	+	<5	0,1
als het aantal aangetroffen	r	<5	0,02
soorten binnen een plot.			

De Shannon-Wiener is een index waarbij de diversiteit geïndexeerd wordt. Hierin wordt zowel de abundantie als soortenrijkdom meegenomen. De waarde van deze index is 0 of hoger, waarbij een hoger getal meer diversiteit aantoont. De Shannon index wordt als volgt berekend:

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Hierbij is S het aantal soorten, p_i de bedekking van soort i . Een manier om de dominantie binnen een plot te meten, is om de gelijkheidsindex, of 'evenness index' (E) te berekenen (Rad et al, 2009). De evenness index ligt tussen de 0 en de 1. Als een soort erg dominant is binnen een plot, dan is de

evenness index laag, als soorten gelijker verdeeld zijn is de index juist hoger. De evenness-index wordt als volgt berekend:

$$E = \frac{H'}{N_{MAX}} = \frac{-\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i}{\ln s}$$

H_{MAX} is hierbij de natuurlijke logaritme van het totaal aantal soorten. De Berker-Parker Dominantie is de p_i van de meest dominante soort (Morris, 2014). Alle indexen worden berekend met het programma R.3.4.4 (R core Team, 2016).

Statistiek

De indexen zijn statistisch vergeleken. De indexen zijn eerst getest op hun verdeling doormiddel van de Shapiro-Wilk test. Indien de data normaal verdeeld is, wordt de toets ANOVA gebruikt om te testen welk verschil er is tussen de twee gebieden. Indien de data niet normaal verdeeld is, wordt Kruskal–Wallis gebruikt om de groepen (Geen brand en Brand) te vergelijken. Evenals de voorgaande berekeningen gebeurt dit in R 3.3.4.

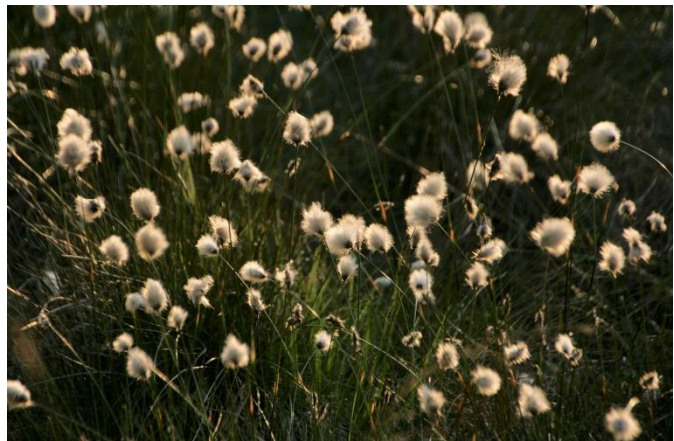
Discussie en conclusie

De resultaten uit dit onderzoek worden vergeleken met de uitkomsten van deelvraag 1: 'Wat zijn de effecten van brand op de samenstelling van vegetatie op hoogveen?'. Hieruit volgt een discussie en conclusie.

3 Resultaten

3.1 Brand en vegetatie

Om de eerste deelvraag te beantwoorden, zijn er 12 artikelen geselecteerd die gezamenlijk een antwoord geven op: "Welke effecten zijn er na een brand op de samenstelling van vegetatie op hoogveen?" Allereerst zijn de bronnen beoordeeld op betrouwbaarheid en relevantie. Deze tabel is geplaatst in bijlage 3. In de komende paragrafen wordt deze deelvraag beantwoord. Allereerst worden alle artikelen bij langsgegaan, waarna in de discussie de resultaten besproken worden.



Figuur 3.1: Eenaarig wollegras. Foto: Rutger Scholtens

1: The Raised Bogs of South-Eastern

Labrador, Canada: Classification,

Distribution, Vegetation and Recent Dynamics door D.R. Foster en P.H. Glaser (1986)

Dit onderzoek (Foster & Glaser, 1986) wijdt weinig tekst aan de effecten van brand, maar de schrijvers stellen dat het hoogveen in het onderzoeksgebied regelmatig door bliksem wordt getroffen, waarna brand kan ontstaan. De schrijvers hebben gekeken naar de effecten van vuur, maar maken niet duidelijk hoe ze dat hebben gedaan. De volgende conclusies trekken de auteurs op basis van hun bevindingen:

De veenmos bedekking wordt eerder door hitte dan door het vuur zelf beschadigd, omdat de veenmos relatief nat is. Verbrande plekken en verbrand veenmos wordt na de brand vaak bedekt door korstmossen. Door brand verdwijnen de bovengrondse gedeelten van vaatplanten. In de jaren direct na de brand is er een snelle toename van dwergstruiken. Binnen 20 jaar na de brand is er weer sprake van een vergelijkbare situatie betreft planten bedekking.

2: Increased fire severity alters initial vegetation regeneration across Calluna-dominated ecosystems.

Door R. Grau-Andrés, G.M. Davies, S. Waldron, E.M. Scott, & A. Gray (2019).

Het onderzoek (Grau-Andrés et al, 2019) is uitgevoerd op verschillende door struikheide gedomineerde vegetatietypen, waaronder hoogveen. Het onderzoek richtte zich op de regeneratie van de aanwezige planten en of de intensiteit van de brand effect had op deze regeneratie van vegetatie. De abundantie van planten is ca. 16 maanden na brand gemeten. De dwergstruiken, struikhei en rode dophei (*Erica cinerea*), konden via uitlopers goed regenereren, een jaar na een brand. Grassen namen na brand wel significant toe. Eenaarig wollegras bleek niet gevoelig te zijn voor branden. De soort kon zichzelf beschermen doordat de basale meristemen in de wollegras-pollen zit, en later opnieuw uit kan lopen. Een brand met hoge intensiteit was geassocieerd met een hogere bedekking van dwergstruiken, grassen en acrocarpe mossen (Box 1, volgende pagina), terwijl pleurocarpe mossen meer abundant waren na branden met een lage intensiteit. Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*), had een sterke groei nadat er een intense brand over hoogveen is gegaan. Stijf veenmos (*Sphagnum capillifolium*) leek ook ongevoelig voor brand. Dit komt waarschijnlijk door de mogelijkheid om veel water vasttehouden en doordat regeneratie mogelijk is vanuit oudere scheuten uit de diepere lagen mos, welke minder snel verbranden.

3: *Responses of vegetation and testate amoeba trait composition to fire disturbances in and around a bog in central European lowlands (northern Poland).* Door K. Marcisz, M. Lamentowicz, M. Gałka, D. Colombaroli, C. Adolf & W. Tinner (2019)

In deze paleo-ecologische studie (Marcisz et al, 2019) is gekeken naar de historie in een door veenmossen gedomineerd veen in Polen, tot 650 jaar geleden. Hieruit blijkt dat branden regelmatig voorkwamen en invloed hadden op de vegetatie. De auteurs schrijven dat brand een positieve invloed heeft op vasculaire vegetatie. In het bijzonder eenarig wollegras. De hypothese die de schrijvers in hun conclusie stellen, is dat door een afkoelend klimaat de vegetatie veranderd en dat branden deze verandering versnelt door as en het neerslaan van nutriënten, in het voordeel van vasculaire vegetatie en ten koste van veenmossen.

4: *Sphagnum abundance and photosynthetic capacity show rapid short-term recovery following managed burning.* Door R. Grau-Andrés, A. Gray, & G.M. Davies (2017)

De onderzoekers hebben in deze studie (Grau-Andrés, Gray & Davies, 2017) gekeken naar de weerbaarheid van veenmossen tegen brand. Uit de resultaten blijkt dat op de korte termijn (10-24 maanden na brand) veenmossen geen blijvende verlaging in de bedekking laat zien. Veenmossen houden water vast, waardoor deze mossen veerkrachtiger zijn en weerbaarder zijn tegen brand. De verschillen tussen de bedekking van veenmossen tussen de verbrande en niet verbrande plots waren niet significant, maar in de verbrande plots was de bedekking wel consistent hoger. Volgens de schrijvers duidt dit erop dat door de verbranding van struikheide veenmossen een voorsprong op andere mossoorten krijgt.

5: *Prescribed burning, atmospheric pollution and grazing effects on peatland vegetation composition.* Door A. Noble, S.M. Palmer, D.J. Glaves, A. Crowle, L.E. Brown, & J. Holden (2017)

Vier taxa (Struikheide, grijs kronkelsteeltje, eenarig wollegras (figuur 3.1) en veenmossen) zijn onderzocht op 2.013 plots (waarop veel rotationeel wordt gebrand, zie box 2) op veen in het Verenigd Koninkrijk. De resultaten wijzen erop dat de compositie veranderd door het verbranden van vegetatie op veenbodems. Door het branden schuift de compositie op naar een hogere bedekking van struikheide en grijs kronkelsteeltje. Dit terwijl eenarig wollegras en veenmossen juist afnemen, welke beide voor veenvorming zorgen (Noble et al, 2017b).

6: *Peatland vegetation change and establishment of re-introduced Sphagnum moss after prescribed burning.* Door A. Noble Palmer, S.M. Palmer, D.J. Glaves, A. Crowle & J. Holden (2019)

Dit onderzoek (Noble et al, 2019b), van dezelfde auteurs uit het bovenstaande onderzoek, duidt op een toename van grassen in de eerste jaren na brand. Daarnaast nemen dwergstruiken toe.

In de eerste jaren na het branden is er een verhoogde bedekking van grassen. Later neemt de bedekking van dwergstruiken weer toe. Pleurocarpe mossen lijken goed tegen brand te kunnen, wat er op duidt dat deze groep mossen goed tegen veranderingen in licht, vocht en bodem kan. De acrocarpe mossen laten net als de grassen een piek zien in de jaren na het branden. Deze groep mossen kan de regeneratie van andere vaatplanten negatief beïnvloeden,

Box 1: Pleurocarp & acrocarp

In de literatuur wordt gesproken over acrocarpe en pleurocarpe mossen. Beide groepen vallen onder de klasse bladmos (Bryopsida). De verschillen hierin zijn moeilijk terug te vinden in Nederlandse literatuur. Acrocarpe mossen hebben vaak geen zijtakken en staan vaak rechtop, als kleine bomen. Er is altijd sprake van een centrale stam met daarop de blaadjes. Het sporenkapsel komt uit het uiteinde van een takje. Grijs kronkelsteeltje is hier een voorbeeld van. Pleurocarpe mossen hebben daarentegen vertakkingen, en ook varenachtige bladeren. De sporenkapsels komen uit de zijkanten van takjes. Veenmossen zijn een aparte groep (Spink, 2011).

Box 2: Rotatieve branden

In meerdere literatuurstudies wordt er gesproken over rotatieve branden. Rotatieve branden houdt in dat om de 8 – 25 jaar een gedeelte van de vegetatie van heide of veen wordt afgebrand. Met name in het Verenigd Koninkrijk wordt dit veel gedaan om ouder wordende pijpenstrootje en struikheide te verwijderen. Hierdoor is er meer plaats voor verjonging. Daardoor kunnen meer vogels voor komen, waarop gejaagd kan worden. Er worden telkens kleine stukken gebrand, waardoor er een mozaïek ontstaat (Ramchunder, Brown & Holden, 2013).

omdat ze relatief snel de bodem kunnen bedekken. Hierdoor ontstaat er een slecht substraat voor jonge planten. Veenmos liet geen significante daling zien na brand.

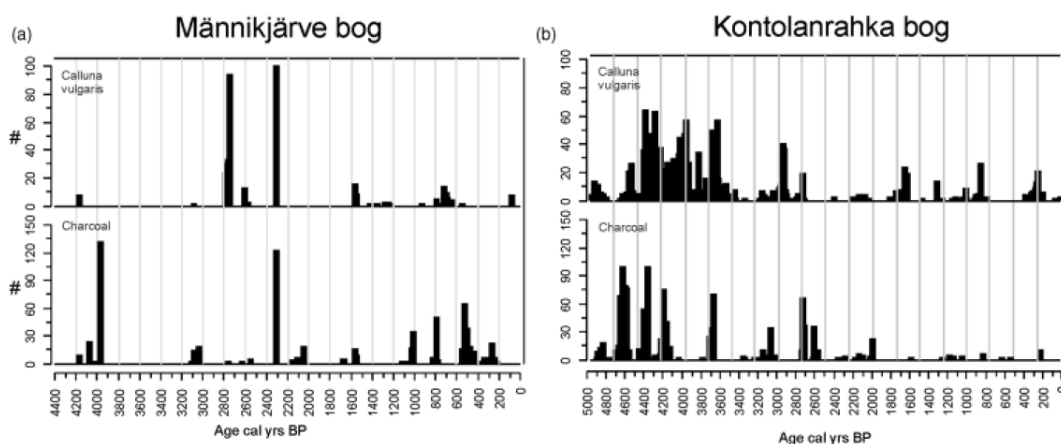
7: Fire history and vegetation recovery in two raised bogs at the Baltic Sea. Journal of Vegetation Science. Door Ü. Sillasoo, M. Väiranta, & E. Tuittila (2011)

Sillasoo et al (2011) heeft gekeken naar de paleo-ecologische geschiedenis in twee hoogvenen in Finland en Estonia, tot 5000 jaar geleden. Hierbij zijn fossiele resten uit het veen geanalyseerd en is er gekeken naar de relatie tussen brand(resten) en vegetatie. Branden waren niet zeldzaam, de frequentie lag tussen de 150 en 300 jaar. De compositie van vegetatie was significant gerelateerd aan de 'time since fire', TSF, en de 'time before fire', TBF. Gezamenlijk beantwoordden deze twee variabelen 4,5% van de variatie binnen de compositie van vegetatie. Vegetatie na een zeer intense brand bleek pas na 350 jaar op hetzelfde niveau te zijn als voor de brand, echter waren

de meeste branden niet van deze intensiteit. De vegetatie herstelde vaak binnen enkele tientallen jaren. Na een brand was er sprake van een 'wet-shift'. Dit houdt in dat veenmos-soorten die op bulten voorkomen verdwijnen, en veenmos-soorten die juist voor komen in de lagere, natte slenken meer aanwezig zijn. Naast de toename van deze veenmossen die in slenken voorkomen, was er na brand ook een toename van struikheide en eenarig wollegras (figuur 3.2).

8: Effects of prescribed burning and wildfires on Orthoptera in Central European peat bogs. Door A. Hochkirch, & F. Adorf (2007)

Uit dit onderzoek (Hochkirch & Adorf, 2007) blijkt dat de compositie veranderd wordt door brand. Om te onderzoeken welke effecten er op insecten zijn na brand, is ook de vegetatie opgenomen in plots op zowel gebrande als onverbrande plots. Pijpenstrootje en struikheide waren abundanter op verbrande plots, evenals dopheide. Het aantal graspollen waren ook significant hoger in plots waar brand had plaatsgevonden (Hochkirch & F. Adorf, 2007).



Figuur 3.2: Verbrand tussen de abundantie van struikheide en verbrande resten in twee verschillende hoogvenen in de Baltische staten. Overgenomen uit: *Fire history and vegetation recovery in two raised bogs at the Baltic Sea* door Ü. Sillasoo, M. Väiranta, & E. Tuittila, 2011.

9: *Control of Molinia caerulea on upland moors*. Door Marrs, J.D.P. Phillips, P.A. Todd, J. Ghorbani, & M.G. Le Duc (2004)

In dit paper (Marrs et al, 2004) is onderzoek gedaan naar de maatregelen die kunnen worden genomen om dominantie van pijpenstrootje op veen tegen te gaan, en er een meer diverse vegetatie voor terug te krijgen, met onder andere struikhei. Branden is één van de maatregelen welke is onderzocht. Het branden had in dit geval vaak het effect dat pijpenstrootje juist snel herstelde en een grotere bedekking had na het branden van het veen. Mogelijk komt dit doordat pijpenstrootje na het branden extra hard groeit, een effect dat de schrijvers 'compensatory growth' noemen.

10: *Does burning degrade blanket bog*. Door G.B. Stewart, C.F. Coles & A.S. Pullin (2004)

Deze studie heeft meerdere datasets uit eerder gepubliceerde artikelen bij elkaar gezet en geanalyseerd. Grotendeels waren dit onderzoeken waarin sprake was van rotationeel branden. Uit het artikel blijkt dat:

- In 4 datasets werd de dominantie van enkele soorten vergroot, in twee datasets sloeg de dominantie over van dwergstruiken naar grassen;
- In 4 datasets was er sprake van een toename van onbedekte grond;
- In 9 datasets was er sprake van een daling van de bedekking van sleutelsoorten.

11: *Literature review of the historical effects of burning and grazing of blanket bog and upland wet heath*. Door S.C. Shaw, B.D. Wheeler, P. Kirby, P. Phillipson, & R. Edmunds (1996)

In dit review van Shaw et al (1996) worden de effecten van brand en grazen beoordeeld op zowel veen als heide.

Shaws bevindingen tonen aan dat de volgende soorten dominanter kunnen worden na brand:

- Lavendelheide (*Andromeda polifolia*)
- Pijpenstrootje (Figuur 3.3)
- Eenarig wollegras

Eenarig wollegras zou tot 20 jaar na brand kunnen domineren. Door brand verteren ook berken. Dit levert meer ruimte op voor andere hoogveen soorten. De grootste verliezer door brand zijn de veenmosbulten, deze kunnen volledig verdwijnen.



Figuur 3.3: Pijpenstrootje. Foto: Rutger Scholtens.

12: *Impacts of peat bulk density, ash deposition and rainwater chemistry on establishment of peatland mosses*. Door A. Noble, S.M. Palmer, D.J. Glaves, A. Crowle, & J. Holden (2018)

Noble et al (2018) onderzoekt in dit artikel de effecten van brand op verschillende, belangrijke, mossoorten in gecontroleerde omstandigheden. Deze mossen zijn: stijf veenmos, fraai veenmos (*Sphagnum fallax*) en grijs kronkelsteeltje. Door brand ontstaat er een hogere bodemdichtheid. Deze limiteert de groei van zowel fraai- als stijf veenmos. As beïnvloedde de groei van stijf veenmos en grijskronkelsteeltje, welke beide sneller konden groeien. Hoewel de as ervoor zorgde dat het stijf veenmos sneller kon groeien, is het waarschijnlijk dat in het veld vaatplanten het mos weg concurreert.

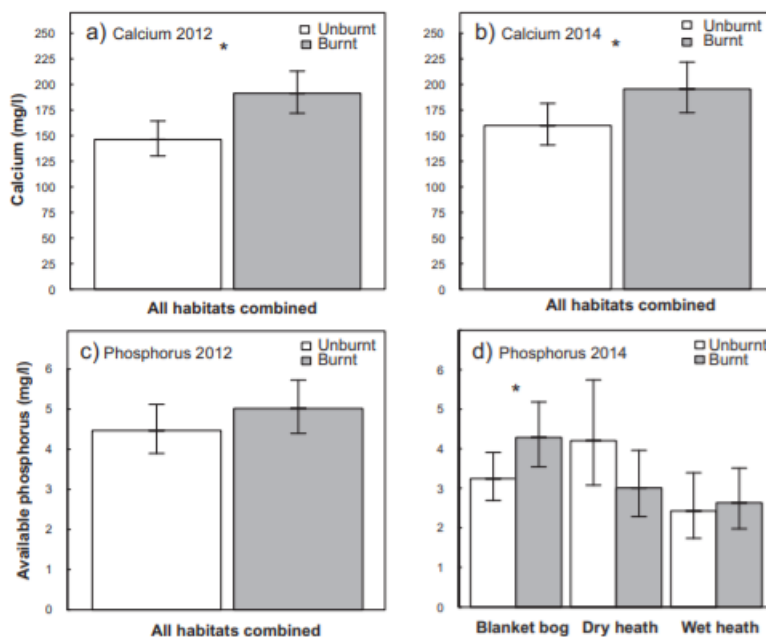
3.2 Brand en nutriënten

Om de tweede deelvraag te beantwoorden, zijn er 6 artikelen geselecteerd die gezamenlijk een antwoord geven op: 'Welke effecten zijn er na een brand op de nutriënten en mineralen in hoogveen?' Allereerst zijn de bronnen beoordeeld op betrouwbaarheid en relevantie. Deze tabel is geplaatst in bijlage 4. In de komende paragrafen wordt deze deelvraag beantwoord. Allereerst worden alle artikelen bij langsgegaan, waarna de resultaten in de discussie besproken worden.

1: *Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs.* Door G. Wang, X. Yu, K. Bao, W. Xing, C. Gao, Q. Lin, & X. Lu (2015)

In dit onderzoek (Wang et al, 2015) zijn de aanwezige fosfor verbindingen vergeleken in een veenbodem en in veenmossen. De bodems en mossen zijn in vitro getest en blootgesteld aan vuur, met meerdere intensiteiten. Natuurlijke mobilisatie van fosfor is een langzaam proces, en vaak limiterend voor groei van planten binnen veenecosystemen. Uit dit onderzoek blijkt dat vuur dit proces aanzienlijk versnelt. Brand accelereert de biochemische cyclus van fosfor in ombotrofe venen, waarbij organische gebonden fosfor, welke niet voor planten beschikbaar is, om te zetten naar de anorganische vorm van fosfor. In het algemeen nam de anorganische fosfor met minimaal 100% toe in alle bodemonsters.

2: *Differences in soil chemistry remain following wildfires on temperate heath and blanket bog sites of conservation concern.* Door R. Kelly, W.I. Montgomery & N. Reid (2018)



Figuur 3.4: Verschillen in calcium en fosfor concentraties in de bodem tussen verbrande en ongebrande kwadraten. Blanket bog = Spreihoogveen, Dry heath = droge heide, wet heath = natte heide. Overgenomen uit Kelly et al, 2018

Kelly et al (2018) heeft onderzoek gedaan naar de bodemchemische effecten van brand in heide en hoogveen. Verbrande en onverbrande plekken waren hierbij vergeleken. 13-18 maanden na wildbranden is de concentratie van magnesium, calcium, fosfor en kalium gemeten. 3,5 jaar na de wildbrand is de calcium en fosfor gehalte gemeten.

De conclusies uit dit onderzoek is dat fosfor- en calciumgehalten een verhoogde concentratie hebben, tot minstens 3,5 jaar na brand (Figuur 3.4). Andere eerdergenoemde elementen bleken weinig effecten door de wildbranden te tonen.

3: Compositional changes in soil water and runoff water following managed burning on a UK upland blanket bog. Door G.D. Clay, F. Worral & E.D. Fraser (2010)

In deze studie Clay et al (2010) is het rotationeel branden van veen onderzocht, evenals de effecten van het branden op de compositie van bodemwater op een spreihooogveen. In het jaar na een brand bleek dat de Fe, Na en K-gehalten significant waren gestegen.

4: Smouldering fire signatures in peat and their implications for palaeoenvironmental reconstructions. Door C. Zaccone, G. Rein, V. D'Orazio, R.M. Hadden, C.M. Belcher & T.M. Miano (2014)

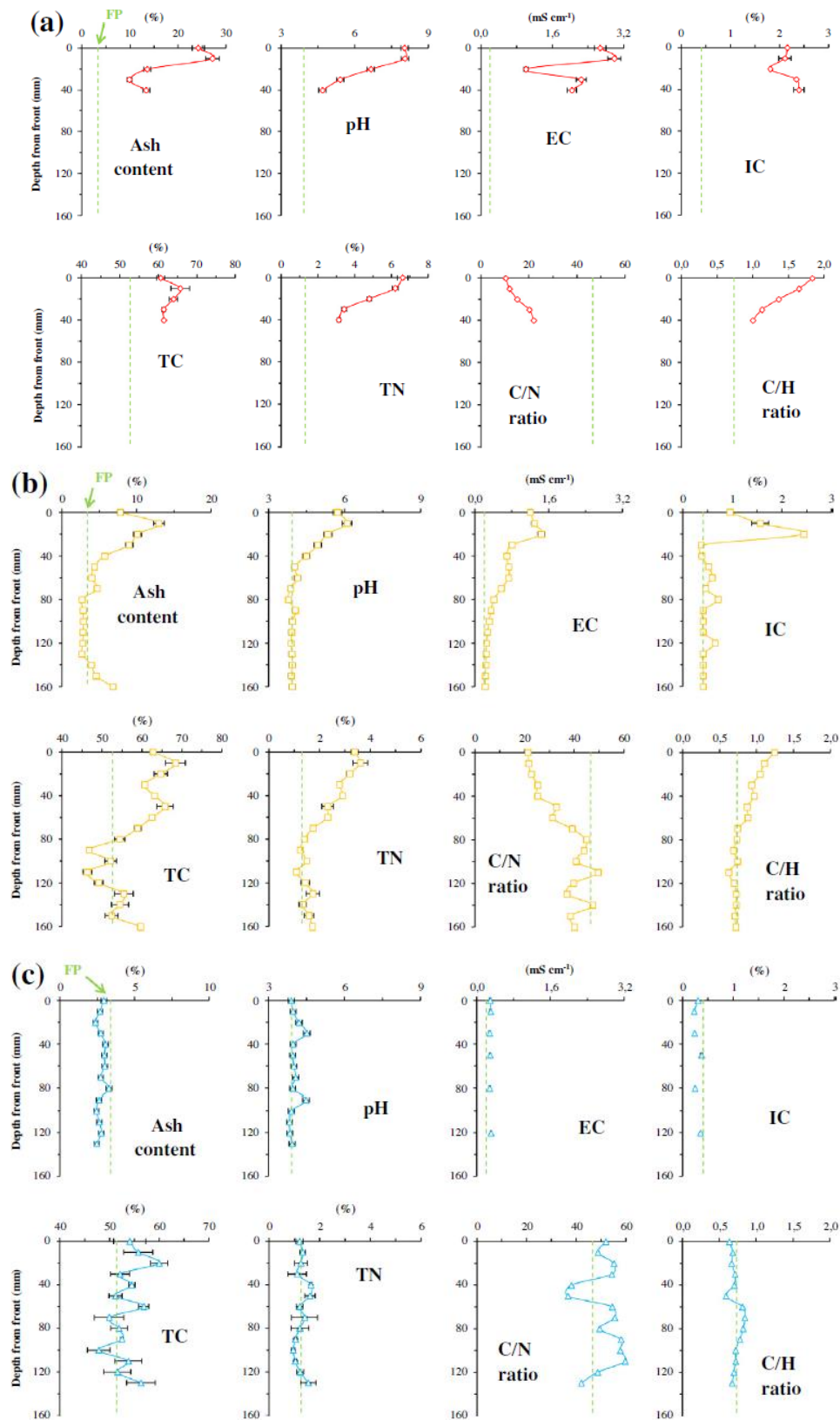
In dit onderzoek (Zaccone et al 2014) is er gekeken naar een breed spectrum van nutriënten en chemische factoren in veen en de effecten van brand hierop. Meerdere kolommen van veenmos veen zijn in brand gestoken vanaf de bovenkant. Daarnaast zijn er verschillen in vochtgradatie (MC), met kolommen die 50, 100 of 200% verzadigd zijn.

De factoren die gemeten zijn:

- pH
- As
- Conductiviteit (EC)
- Anorganische koolstof (IC)
- Totaal koolstof (TC)
- Totaal anorganische stikstof (TN)
- Waterstof (H)
- Zuurstof (O)
- Totaal S
- C/ N-ratio (Koolstof/ stikstof)

In figuur 4.2 (pagina 23) zijn de resultaten in een grafiek geplaatst. De stippellijn met FP is de controle, waarbij het veen niet is ontstoken. Uit de metingen blijkt dat het asgehalte, pH, EC, IC, TC, TN en C/ N is gestegen in de verbranden kolommen, zowel voor 50 als 100% MC.

De toename van as leidt tot het meer toegankelijk maken van nutriënten voor planten. Daarnaast stijgen hierdoor de pH en EC. De grootste reden voor het toenemen van de pH is door het afnemen van zuren in het organische materiaal, en het verwijderen van CO en CO₂ in de atmosfeer. De TC was maximaal 1,2 tot 1,3 maal hoger in het 50% en 100% profiel ten opzichte van de controle monsters. De TN was tussen de 2,4 en 5,1 keer zo hoog. De profielen met 200% MC hadden weinig effecten van brand, omdat deze snel dooft.



Figuur 3.5: gemeten waarden voor de verschillende kolommen. (a) = 50% MC, (b) = 100% MC, (c) = 200% MC. Overgenomen uit Zaccone et al, 2014.

5: Controls on leaching of N species in upland moorland catchments. Door M.S. Cresser, R.P. Smart, M. Clark, A. Crowe, D. Holden, P.J. Chapman & A.C. Edwards (2004)

In het onderzoek van Cresser et al (2004) is de concentratie van stikstof gemeten in beken die gevoed worden door venen en heide. Hieruit blijkt dat het branden van heide en veen zorgt voor een verhoogde concentratie nitraat in de beken, wat erop duidt dat na brand stikstof via water kan worden afgevoerd.

6: Literature review of the historical effects of burning and grazing of blanket bog and upland wet heath. Door S.C. Shaw, B.D. Wheeler, P. Kirby, P. Phillipson, & R. Edmunds (1996)

Hoewel Shaw et al (1996) niet diep op de effecten van brand op nutriënten ingaat, en vooral gericht is op vegetatie, bespreekt Shaw enkele effecten. Volgens Shaw is er enig bewijs dat het begrazen en branden de accumulatie van nutriënten zou reduceren. Shaw laat echter in het midden welke van de twee het grootste aandeel heeft, en hoe sterk dit effect zou zijn. Bovendien geeft hij geen harde bewijzen. Het directe effect is dat de bovenlaag van bovengrondse biomassa verbrand wordt en dat er een rijke as voor in de plaats komt. De as is, in tegenstelling tot veen, sneller opneembaar voor planten.

3.3 Brand, structuur en fysische effecten

Om de derde deelvraag te beantwoorden, zijn er 6 artikelen geselecteerd die gezamenlijk een antwoord geven op: “Welke veranderingen zijn er na een brand op de structuur en andere fysische effecten in hoogveen te zien?” Allereerst zijn de bronnen beoordeeld op betrouwbaarheid en relevantie. Deze tabel is geplaatst in bijlage 5. In de komende paragrafen wordt deze deelvraag beantwoord. Allereerst worden alle artikelen bij langsgegaan, waarna in de discussie de resultaten besproken worden.

Box 3: Bulten en slenken.

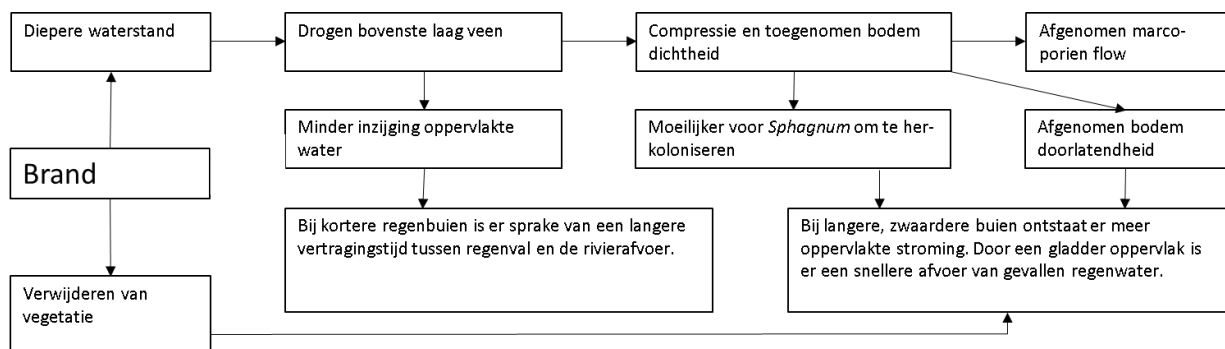
Bulten en slenken zijn kenmerkende microtopografische verschillen in een hoogveensysteem. Bulten worden gevormd door veenmossoorten zoals hoogveenveenmos en kunnen 40 centimeter boven de waterspiegel uitsteken. Slenken zijn plekken die vlak boven de waterspiegel liggen en vaak geïnundeerd worden. Andere soorten veenmos als waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*) komen hiervoor. Gezamenlijk vormen ze een mozaïek van hoge en lage plekken (Pouliot *et al*, 2011; Andrus *et al*, 1983).

1: Impact of prescribed burning on blanket peat hydrology. Door J. Holden, S.M. Palmer, K. Johnston, C. Wearing, B. Irvine & L.E. Brown, (2015)

In dit onderzoek is er gekeken naar de effecten van brand op de hydrologie van hoogvenen. Op 10 verschillende locaties is er gekeken naar de hydrologie na een periode na rotationeel branden. De waterstanden waren significant dieper op plekken waar brand is geweest. De factor ‘time since burning’ bleek een significante factor in het bepalen van de waterstand. Des te recenter de brand, des te lager de waterstand was. De branden bleken ook een effect te hebben op de bodemdichtheid. De bodem was compacter op gebrande plekken ten opzichte van ongebrande plekken. Het organische stofgehalte was hoger op plekken waar het niet had gebrand. In ongebrande venen bleek de bovenste 10 centimeter wel meer gehumificeerd.

De reden waarom de waterstanden lager zijn in gebrande plekken is temperatuurstijging, welke meer verdamping

veroorzaakt. Gebrande plekken waren gemiddeld 6,2 graden Celsius warmer dan ongebrande plekken, bleek uit een model. De verhoogde temperatuur en zakkende waterstand zorgt daarna voor compressie van de bodem. De onderzoekers suggereren dat deze effecten na verloop van tijd minder sterk worden door de herstellende vegetatie. Nieuwe wortels en strooisel zorgen voor meer poriën en nieuwe veenvorming. Doordat een gedeelte van de vegetatie is weggebrand, is de bodem gladder. Dit zorgt samen met de compactere bodem voor meer water dat afvloeit via het oppervlak. Macroporiën nemen af waardoor water slechter via deze poriën kan wegzakken. In figuur 5.1 is een stroomschema met hierin de effecten van brand op de hydrologie.



Figuur 3.6: Diagram laat zien welke effecten het branden van veen heeft op de hydrologie. Aangepast uit *Impact of prescribed burning on blanket peat hydrology* door Holden, J. *et al*, 2015.

2: Linking microtopography with post-fire succession in bog. Door B.W. Benscoter, R. Kelman Wieder & D.H. Vitt (2005a)

De floristische compositie in hoogvenen wordt deels bepaald door de variatie in microtopografie. In hoogveen zijn er nattere slenken en de drogere bulten. Verschillende soorten veenmossen komen op de verschillende gradaties (op nattere slenken, of op de relatief drogere bulten) voor. Deze studie (Benscoter, Kelman & Vitt, 2005a) in Canada heeft doormiddel van paleo-ecologie de effecten van brand op de microtopografie bestudeerd. Door te kijken welke veenmos soorten aanwezig zijn, en te bepalen wanneer brand voorkwam, kan de microtopografie bepaald worden op een tijdstip en de effecten van brand hierop. De studie stelt dat er drie mogelijkheden voor de topografische kenmerken zijn na verstoring door brand: (1) terugkeren naar dezelfde toestand als voor de brand, (2) Bulten kunnen slenken worden na verbranding of (3) Slenken worden door successie bulten. Uit de studie blijkt dat de bulten vaak naar een slenk vormen na een brand; een brand kan geen slenk veranderen in een bult. Deze vormt zich door de groei van vegetatie. Een slenk kan zich ontwikkelen naar een bult, maar dit kost tijd en is zeker niet gebaat bij brand.

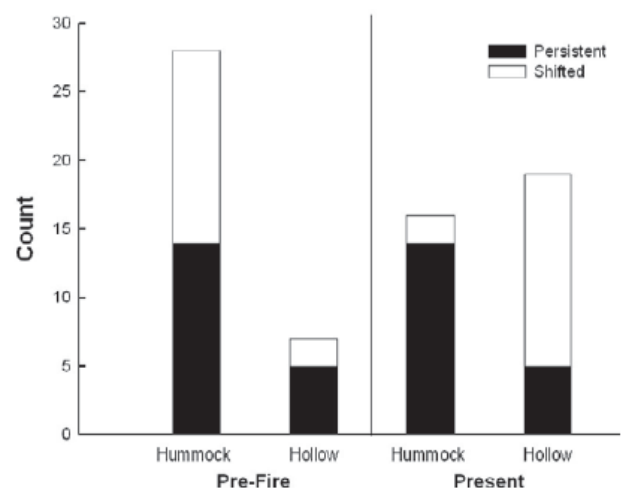
De intensiteit bepaald sterk hoe goed een bult zich kan herstellen. Bij een intense brand storten de bulten in, maar bij minder intense branden kan een bult zich beter herstellen.

3: Peatland vegetation change and establishment of re-introduced Sphagnum moss after prescribed burning. Door A. Noble, S.M. Palmer, D.J. Glaves, A. Crowle & J. Holden (2019)

Deze studie (Noble, Palmer, Glaves & Crowle, 2019b) kijkt voornamelijk naar de vegetatie, doormiddel van vegetatie opnames. Daarnaast is ook het aandeel kale veengrond geschat. Hieruit bleek dat dit aandeel groter was dan in plots waar brand 10 jaar of langer geleden is geweest. In deze plots was namelijk nauwelijks kale grond. De schrijvers discussiëren dat dit kan zorgen voor een snellere afvoer van water, erosie, een afname van de opgeslagen koolstof en een hogere afvoer van DOC (opgeloste organische koolstof).

4: Association of postfire peat accumulation and microtopography in boreal bogs. Door B.W. Benscoter, D.H. Vitt & R. Kelman Wieder (2005b).

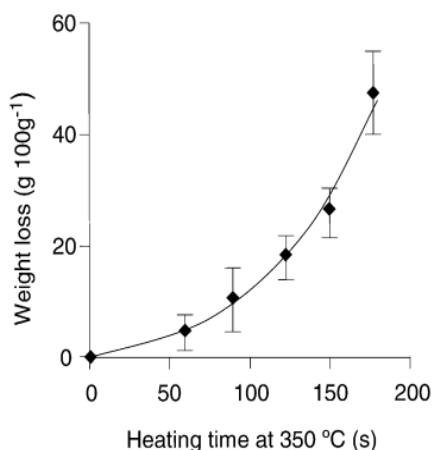
In dit onderzoek (Benscoter, Vitt & Kelman, 2005b) is er in Canada gekeken naar de veen accumulatie in twee hoogvenen. Zowel de huidige als vroegere microtopografie is gemeten doormiddel van grondboringen. Hierbij is niet alleen de accumulatie van veen bij slenken en bulten bekeken, maar ook het verschil tussen de accumulatie voor en na een brand. Uit onderzoek van Benscoter blijkt dat de bulten intenser brandden dan de slenken. Hier was meer schade aan de vegetatie. De accumulatie van veen hangt af van de vegetatie die aanwezig is. Na brand is deze beschadigd en wordt deze terug gezet in de successie. Hierdoor start de accumulatie minder snel op in de slenken ten opzichte van de bulten, waarop minder beschadiging is en sneller een veenopbouwende vegetatie kan herstellen. Hierdoor verschilt de groeisnelheid van het veen topografisch, en kunnen er grotere verschillen ontstaan tussen de abundantie van slenken en bulten na een brand (figuur 3.7).



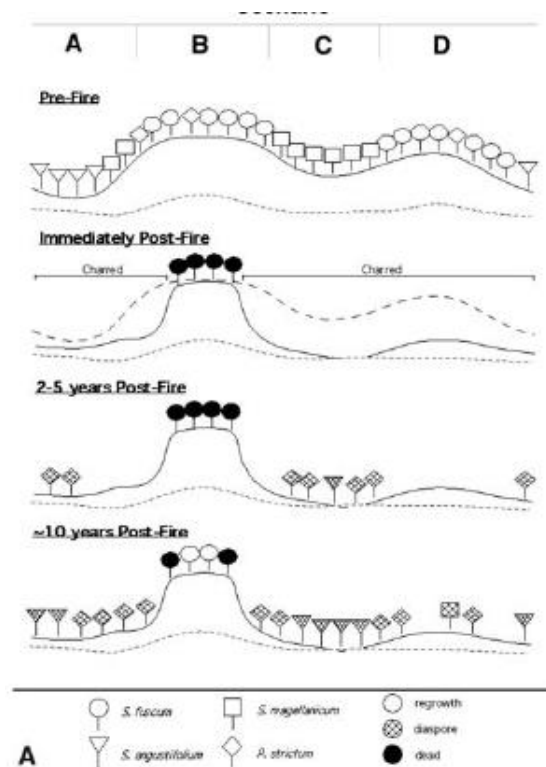
Figuur 3.7: Abundantie van bulten en slenken voor en na een brand. De open gedeelten representeren het aandeel dat verschoven is van bult naar slenk en vice versa, na de brand. Overgenomen uit: Association of postfire peat accumulation and microtopography in boreal bogs door Benscoter, Vitt & Kelman Wieder, 2005

5: Spatial Patterns and Temporal Trajectories of the Bog Ground Layer Along a Post-Fire Chronosequence.
Door B.W. Benscoter & D. H. Vitt (2008)

In deze paleo-ecologische studie (Benscoter et al, 2008) is doormiddel van resten van planten gekeken naar de historie van compositie van vegetatie en de microtopografie. Er is onderzoek gedaan in hoogvenen in Canada. Uit de resultaten hebben de schrijvers verschillende scenario's opgesteld. Deze is weergegeven in figuur 3.8. In scenario A is er sprake van een slenk. Deze is gedomineerd door smalbladig veenmos (*Sphagnum angustifolium*). Na verbranding verdwijnt het mos, waarna veenhaarmos (*Polytrichum strictum*) kan koloniseren. Doordat het microtopografisch laag ligt, en dus relatief nat is, kan smalbladig veenmos zich snel herstellen. In scenario B is er sprake van een door bruin veenmos (*Sphagnum fuscum*) gedomineerde bult. In dit scenario branden gedeelten van de bult af. Hoewel de zijanten van de bult sterk beschadigd raken, blijft de binnenkant relatief intact. Via de overgebleven stengels kan bruin veenmos zich herstellen. Het herstel vindt minder snel plaats dan in scenario A. Als de verbranding zeer intens is, waarbij niet alleen de vegetatie verbrand maar ook



Figuur 3.9. Gewichtsverlies van veemonsters na blootstelling aan 350C tot 180 seconden lang. Overgenomen uit: Rearrangement of carbon and nitrogen forms in peat after progressive thermal oxidation as determined by solid-state ¹³C- and ¹⁵N-NMR spectroscopy bogs door Almendros, H. Knicker, & González-Vila (2003).



Figuur 3.8: Effecten van brand op de microtopografische verhoudingen op hoogveen. Overgenomen uit: Spatial Patterns and Temporal Trajectories of the Bog Ground Layer Along a Post-Fire Chronosequence door Benscoter & Vitt (2008)

het onderliggende veen, ontstaat er een slenk (scenario C). Wanneer een bult minder intens afbrandt, waarbij er een hogere microtopografische situatie ontstaat dan in scenario C, kunnen bult kenmerkende veenmossen zich vestigen. Hierbij ontstaan achterstanden, omdat (1) de bulten te droog zijn voor slenk-kenmerkende soorten, en (2) omdat de omstandigheden te slecht zijn door as depositie om bult-kenmerkende soorten te laten vestigen.

6Rearrangement of carbon and nitrogen forms in peat after progressive thermal oxidation as determined by solid-state ¹³C- and ¹⁵N-NMR spectroscopy. Door G. Almendros, H. Knicker, & F.J. González-Vila. (2003).

In dit onderzoek is veen getest op de veranderingen van koolstof en stikstofbindingen. Daarnaast is ook het gewicht(verlies) gemeten van het veen. Hierbij werd 1 gram gedroogd veen blootgesteld aan hitte op 350C, met variabele tijden tussen de 60 en 180 seconden. Hierbij was na 180 seconden het gewicht met 50% gedaald. Droog veen kan snel verteren wanneer het aan hitte is blootgesteld.

3.4 Veldstudie Aamsveen

Een overzicht van alle opnamen bevindt zich in bijlage 6. Pijpenstrootje bleek verreweg de meest dominante soort in bijna alle plots; met in bijna alle plots een Braun-Blanquet code van 4 of 5 (Figuur 3.11). Alleen in plot 3 is pijpenstrootje niet zo dominant als in de andere plots. Op enkele plots, zoals plot 25 en plot 13 was pijpenstrootje de enig aanwezige flora. Deze eentonige stukken komen voor op zowel verbrande als onverbrande gedeelten. Opvallend is dat er ondanks intensief zoeken, op deze plots geen mossen zijn aangetroffen. Dopheide (*Erica tetralix*) is vaker aangetroffen op plots waar geen brand is geweest. De plant is op elf 'Geen Brand' (Hierna GB) plots tegen gekomen, tegenover vier 'Brand' (Hierna Br) plots. Hetzelfde geldt voor struikhei. Deze is driemaal op GB plots gevonden, maar geen enkele keer op de Br plots. Over het algemeen zijn er weinig (veen)mossen aangetroffen; dit verschilt echter sterk per plot.



Figuur 3.10: Gewimperd veenmos tussen pijpenstrootje. Foto: Rutger Scholtens

Veenmossen komen bijna alleen voor in Br plots. Van de plotten waar geen brand is geweest, bevatte alleen plot 8 veenmossen. De gevonden veenmossen zijn fraai veenmos, gewimperd veenmos (*Sphagnum fimbriatum*, figuur 3.10), gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*) en wrattig veenmos (*Sphagnum papillosum*). Fraai veenmos en gewimperd veenmos zijn het frequentst aangetroffen, wrattig veenmos het minst frequent. Andere mossen kwamen veel minder frequent voor. Op zowel de Br als BG plots waren er twee plots aangetroffen met andere soorten mos dan veenmossen.



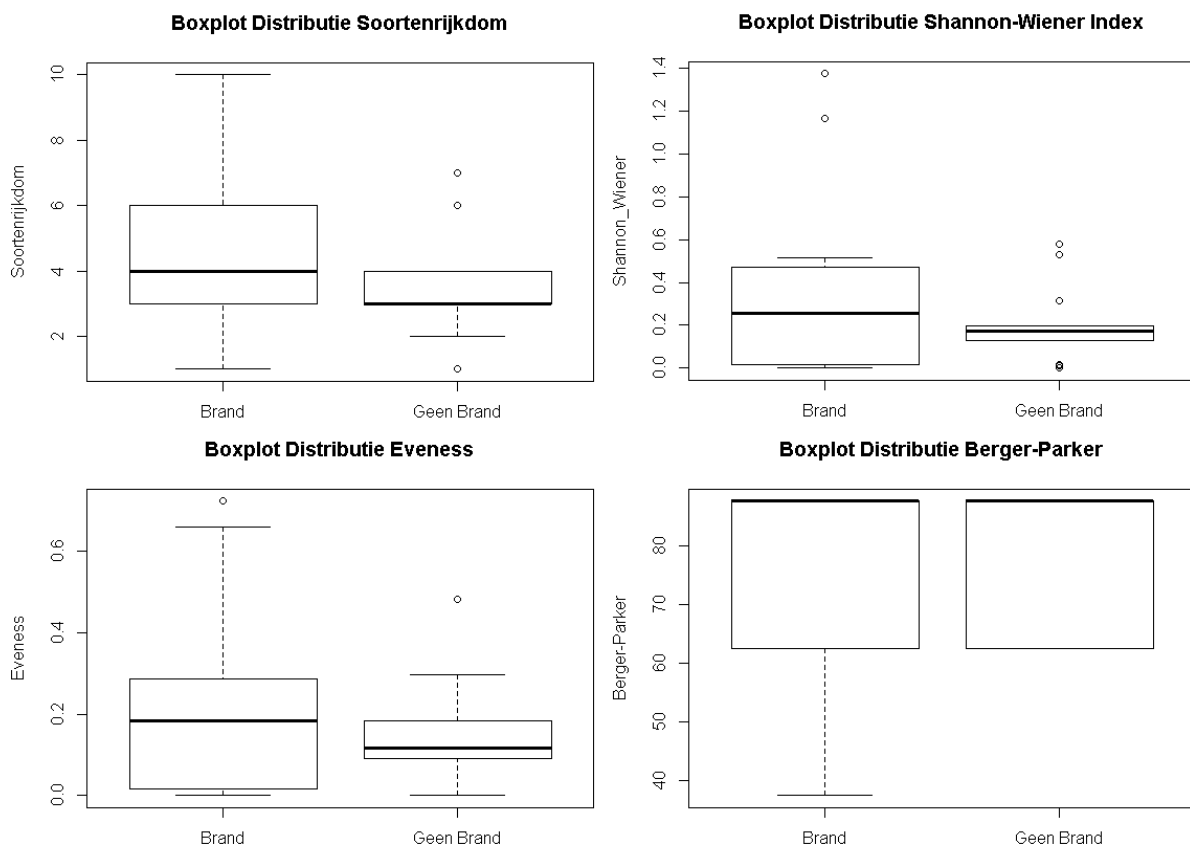
Figuur 3.11a: Monotoon pijpenstrootje bedekt de veenlaag. 3.11b: Restanten van de brand zijn nog altijd terug te vinden. Foto's: Rutger Scholtens

Statistische analyse

In tabel 3.1 staan alle berekende indexen (Soortenrijkdom, Shannon-Wiener, Evenness en Berger-Parker). In figuur 3.12 zijn de boxplotten van iedere index per groep getekend. De spreiding van de indexen van de Br groep zijn groter dan de GB groep, overeenkomend met de lagere diversiteit in de GB groep. Plot vier uit de Br groep heeft de hoogste diversiteit met 10 soorten. Drie plots hebben een Shannon-Wiener en Evenness index van nul, omdat er maar één soort is aangetroffen. De mediaan lijkt bij alle indexen niet veel te verschillen. De Berger-Parker index is zeer gelijk door de dominantie van pijpenstrootje.

Tabel3.1: Indexen per plot.

plotnr	Soortenrijkdom	Shan_Wien	Evenness	Berger-Parker	brand
1	5	1.164467363	0.723524253	87.5	Brand
2	6	0.514972951	0.287411876	62.5	Brand
3	6	0.059061437	0.032962815	62.5	Brand
4	10	0.471433638	0.204741028	87.5	Brand
5	4	0.249737768	0.18014772	87.5	Brand
6	4	0.255939362	0.184621224	87.5	Brand
7	3	0.011015497	0.010026738	87.5	Brand
8	7	0.578249696	0.29716156	87.5	Geen Brand
9	4	0.314390702	0.226784954	87.5	Geen Brand
10	1	0	0	62.5	Brand
11	8	1.373111725	0.660327159	37.5	Brand
12	3	0.306542078	0.279026624	87.5	Brand
13	1	0	0	87.5	Brand
14	3	0.37495185	0.341295882	62.5	Brand
15	7	0.17673201	0.090822287	62.5	Geen Brand
16	3	0.530587029	0.482961127	62.5	Geen Brand
17	4	0.131055434	0.094536512	87.5	Geen Brand
18	6	0.199359189	0.111264482	62.5	Geen Brand
19	3	0.011015497	0.010026738	87.5	Geen Brand
20	2	0.126930545	0.183122068	87.5	Geen Brand
21	3	0.017731735	0.016140121	87.5	Geen Brand
22	3	0.128993423	0.117414874	87.5	Geen Brand
23	3	0.174259755	0.158618064	62.5	Geen Brand
24	3	0.017731735	0.016140121	87.5	Brand
25	1	0	0	87.5	Geen Brand
26	3	0.174259755	0.158618064	62.5	Geen Brand



Figuur 3.12: Boxplotten indexen. Met de klok mee: Soortenrijkdom, Shannon-Wiener Index, Evenness, Berger-Parker.

Tabel 3.2: Shapiro-wilk test: waarden met * hebben een $p > 0,05$

Van alle indexen is per groep (Br of GB) getest of de indexen normaal verdeeld zijn. De resultaten hiervan staan in tabel 3.2. Alleen de soortenrijkdom brand blijkt normaal-verdeeld te zijn, verder hebben alle indexen een p-waarde van $>0,05$. Doordat geen enkele groep normaal verdeeld is, is om de data te vergelijken de Wilcoxon-test gebruikt.

	Brand	Geen brand
Soortenrijkdom	0,2933*	0,03652
Shannon-Wiener	0,00608	0,02267
Evenness	0,0217	0,08926
Berger-Parker	0,000688	0,000116

In tabel 3.3 is een overzicht van de uitkomsten van de Wilcoxon-test. Uit de statistische toetsen blijkt dat geen van de indexen significant verschilt. De Wilcoxon-test indiceert dat de soortenrijkdom van GB, $Mdn = 3$, niet significant anders is dan de Br, $Mdn = 4$, $Z=96$, $p > 0.5$. Ook Shannon-Wiener toont geen significant verschil tussen GB, $Mdn = 0,256$, en de Br groep, $Mdn = 0,174$, $Z = 97$, $p > 0.05$. Evenness toonde ook geen verschil tussen GB, $Mdn = 0,117$, en Br, $Mdn = 0,185$, $Z = 97$, $p > 0.05$. De laatste index, Berger-Parker liet wederom geen significant verschil zien tussen GB, $Mdn = 87,5$, en Br, $Mdn = 87,5$, $Z = 82$, $p > 0.05$.

Tabel 3.3: Overzicht resultaten Wilcoxon-test

Index	Groep	n	Mediaan	Gemiddelde	SD	Wilcoxon (Z)	p
Soortenrijkdom	Brand	13	4	4,38	2,60	96	0,5601
	Geen Brand	13	3	3,77	1,83		
Shannon-Wiener	Brand	13	0,256	0,369	0,440	97	0,5378
	Geen Brand	13	0,174	0,197	0,181		
Evenness	Brand	13	0,185	0,225	0,240	97	0,5378
	Geen Brand	13	0,117	0,150	0,132		
Berger-Parker	Brand	13	87,5	76,0	16,5	82	0,9042
	Geen Brand	13	87,5	77,9	12,7		

4 Discussie

Voor dit onderzoek is door middel van twee methoden getracht de hoofdvraag te beantwoorden. Allereerst is er een literatuuronderzoek gedaan die de effecten op gebieden van vegetatie, nutriënten en structuur heeft behandeld. Daarnaast is er een aanliggende veldstudie gedaan waarin de vegetatie van ongebrande en gebrande plekken is bekeken. Deze volgorde wordt ook in de discussie gevolgd.

4.1 Literatuuronderzoek

Deze paragraaf behandelt per deelvraag van het literatuuronderzoek de discussie. In de daaropvolgende paragraaf wordt het totale literatuuronderzoek besproken.

Effecten op vegetatie

Een eenduidig effect door brand is er niet. De papers van Foster & Glaser (1986) en Noble et al (2017b) geven aan dat veenmos juist afneemt in bedekking, terwijl Grau-Andrés et al (2019) aangeeft dat veenmos juist ongevoelig zou zijn voor brand, doordat veenmossen veel water kunnen opnemen. Grau-Andrés et al (2019) en Grau-Andrés et al (2017) stellen zelfs, dat door de verbranding van struikheide, veenmossen juist een voorsprong krijgen en zich kunnen uitbreiden. De effecten op deze groep mossen lijken erg variabel tussen de studies. Mogelijk is dat de bovengroei die er op het moment van brand is, bepalend is voor mate van schade op veenmos. Daarnaast is het mogelijk dat er veel verschil zit tussen het effect op de verschillende soorten veenmossen (Noble et al, 2017a). Bultvormers liggen hoger in het veen, en hoewel het mos twintig keer het droge gewicht aan water kan opnemen (Gaudig et al, 2012), zijn deze toch droger dan de in slenken gevestigde mossen. Daarmee zijn bultsoorten vatbaarder voor brand dan soorten die zich in de slenken, en dus nattere gedeelte ophouden. Sillasoo et al (2011) en Benschoter et al (2005b) laten zien dat na een brand, de bultvormers afnemen, terwijl de natte slenk-typerende soorten toenemen. Het vuur zelf hoeft niet het directe gevaar te zijn voor veenmossen. In Foster & Glaser (1986) wordt geopperd dat de hitte alleen al een rol kan spelen in de afname van veenmossen. Grau-Andrés et al (2017) laat zien dat veenmossen een snel herstel laat zien na blootstelling van hitte, en binnen een korte termijn van 10 à 24 maanden, de bedekking is hersteld.

In meerdere papers wordt er ook gekeken naar twee andere groepen mos: Pleurocarpe en acrocarpe mossen. Noble et al (2019b) concludeert dat pleurocarpe mossen goed bestand zijn tegen het vuur, maar acrocarpe mossen zelfs toenemen na een brand. Dit zorgt ervoor dat er minder goede bodem aanwezig is waarop andere planten kunnen ontkiemen. Hierdoor is het mogelijk dat soorten als struikheide minder snel herstellen na een brand. Grau-Andrés et al (2019) laat eenzelfde patroon zien; acrocarpe soorten nemen na een brand toe, echter lijkt dit geen effect te hebben op struikheide. De effecten op deze twee groepen mossen lijken daarmee eenduidiger, hoewel hier slechts twee gevonden papers over schrijven.

De effecten op vaatplanten is variabel. Waar meerdere papers aantonen dat eenarig wollegras weerbaar is tegen branden (Shaw et al, 1996; Grau-Andrés et al, 2019), of zelfs toeneemt (Sillasoo et al, 2011; Marcisz et al, 2019), neemt deze in de paper van Noble et al (2017) juist af. Struikheide neemt in het algemeen wel toe (Grau-Andrés et al, 2019; Noble et al, 2017; Sillasoo et al, 2011; Hochkirch & Adorf, 2007), waar hij in Marrs et al (2004) afneemt. Ook grassen, waaronder pijpenstrootje, worden in veel gevallen dominanter (Marrs et al, 2004; Stewart et al, 2004; Hochkirch & Adorf, 2007; Shaw et al, 1996). Lavendelheide wordt alleen dominanter in Shaw et al (1996).

De intensiteit van brand kan een zeer bepalende rol spelen in het herstel en compositie van de vegetatie. Een intense brand kan tot 350 jaar effect hebben, bleek in een extreem geval in Sillasoo et

al (2011). Echter bleek in ditzelfde onderzoek ook dat na de meeste branden, de compositie van de vegetatie zich binnen enkele decennia herstelt naar de originele situatie.

Effecten op nutriënten

De effecten van brand op de nutriënten in hoogveen is weinig onderzocht, zo blijkt ook uit andere artikelen (Bobbink et al, 2009, Shaw et al, 1986). Toch zijn er in de jaren na deze twee studies enkele veen-gerelateerde onderzoeken uitgebracht.

De studie van Zaccone et al (2014) is de enige gevonden studie die breed kijkt naar de effecten van brand op de aanwezige elementen, al gaat het hierom om geproduceerde veenmosturfm monsters, die niet uit een veenpakket zelf zijn gehaald. Bovendien kijkt deze studie niet naar de langetermijneffecten, alleen naar de effecten direct na brand. Kelly et al (2010) en Clay et al (2018) kijken naar enkele ionen. Wang et al (2015) kijkt specifiek naar fosfor, waar de concentratie tot twee keer zo hoog is na brand. In alle onderzoeken waarin fosfor is gemeten blijkt dat deze verhoogd is na een brand. Kelly et al (2010) laat zien dat dit tot minstens 3,5 jaar verhoogd is. De effecten op ionen als natrium en ijzer zijn weinig onderzocht. Studies hebben vaak maar enkele ionen gemeten, of alleen de EC. Kelly et al (2018) vond dat calcium steeg, maar magnesium en kalium gelijk bleven. In het onderzoek van Clay et al (2010) blijkt dat kalium juist wel gestegen was, naast ijzer en natrium. Zaccone et al (2014) stijgt de EC, tonend dat er meer ionen in bodemwater zit na brand. Deze verrijking van mineralen zorgt voor een voedselrijkere omgeving voor planten, en kan deels voor de veranderingen in de vegetatie zorgen, beschreven in hoofdstuk 3.1. De stijging in de opneembare stikstof wordt vooral duidelijk in Zaccone et al (2010). Wel wordt een gedeelte van dit stikstof afgevoerd via water (Cresser et al, 2004). Opvallend is dat weinig studies stikstof concentraties hebben onderzocht. Bij alle studies is er alleen gekeken naar de korte termijneffecten. De effecten die nog zichtbaar zijn na enkele jaren of decennia blijven onduidelijk.

Fysische effecten en structuur

De effecten op structuur lijken sterk samen te hangen met de vegetatie. Als door brand de bultvormende mossoorten beschadigd worden, zakken de bulten in en veranderen naar slenken (Benscoter et al, 2005b). Dit lijkt sterk af te hangen van de intensiteit van de brand, korte minder intense branden zullen minder snel de veenmossen beschadigen (Benscoter et al, 2005a). Door het verwijderen van vegetatie ontstaat er meer kale bodem, waarmee water sneller wordt afgevoerd en de erosie een sterkere rol speelt in het bepalen van de microtopografie (Benscoter et al 2005a; Noble et al, 2012b). Door meer kale grond, stijgt ook de temperatuur van de bodem, welke voor een daling van de waterstand zorgt en verdroging veroorzaakt (Holden et al, 2015). Wel laat Zaccone et al (2010) zien dat het vochtgehalte in de bodem sterk de mate van verbranding bepaald. Almendros et al (2003) laat zien dat droog veen sterk oxideert bij hoge temperaturen.

Totaal

Voor het literatuuronderzoek zijn 22 artikelen behandeld. Alle artikelen zijn beoordeeld op bron en inhoud in bijlage 3, 4 en 5. Een opvallende bevinding is dat er weinig artikelen te vinden zijn die zich volledig op hoogveen richten. Veruit de meeste onderzoeken zijn gedaan in Groot-Brittannië, waarin vaak sprake is van spreihogvenen. Hoewel deze weinig verschillen van de hoogvenen die we in Nederland kennen, is de veenlaag vaak minder diep en is er sprake van meer neerslag (Irish Peatland Conservation Council, z.d.; Dartmoor National Park, z.d.). Deze twee factoren kunnen de effecten van brand mogelijk veranderen ten opzichte van andere typen hoogveen. De tekortkoming van onderzoek naar effecten van brand op verschillende typen hoogveen blijkt uit de weinige variatie in typen die zijn onderzocht. Naast de typen hoogveen is er ook sprake van vele verschillen tussen de oorspronkelijke vegetatie. Waar het ene hoogveen juist vergrast is, is er bij andere juist sprake van sterke dominantie van veenmossen of struikheide. Hierin moet meer duidelijkheid en diversiteit

worden gecreëerd. De depositie van stikstof en de onttrekking van water in hoogveensystemen spelen een sterke rol in hoogveensystemen, welke mogelijk de effecten van brand veranderen. Het vochtgehalte van een bodem heeft immers een sterk effect op hoeveel veen er verbrand (Zaccone et al 2010).

Op de onderzochte verbrande velden is vaak sprake van rotationeel branden (Box 2). Sinds decennia worden in Groot-Britannië heidevelden maar ook spreihogvenen verbrand om de aanwezige struikheide te verminderen en meer ruimte te maken voor andere plantensoorten. Reden hiervoor is de jacht op vogels als het Schots Sneeuwhoen (Ramchunder et al, 2013). Deze branden gaan vaak snel over een stuk grond heen, en zijn mogelijk anders dan wildbranden zoals de brand op het Aamsveen in 2011. Bij wildbranden is er vaker sprake van intensere, minder gecontroleerde branden. Er wordt veel bovengrondse biomassa verbrand en branden ook meer in het onderliggende veen (Maltby, Legg & Proctor, 1990). Daarnaast vinden ze vaker plaats in de lente of zomer, in tegenstelling tot de rotationele branden, die in de winter plaats vinden (Legg, Davies, Kitchen & Marno, 2007). Vaak verbrand hierbij meer veen en is er mogelijk dus een ander effect op de structuur, nutriënten en aanwezige vegetatie. De verschillen in intensiteit effecten blijken ook uit onderzoek (Benscoter et al, 2005b). Bij een oppervlakkige brand, waarbij vooral de vegetatie wordt verbrand, en niet de veenlaag zelf, mag men dan ook een ander effect verwachten. Bovendien vinden de rotationele systemen vaker plaats (10-40 jaar) dan de natuurbranden in de studie van Sillasoo et al (2011), welke circa om de 150 tot 300 jaar plaatsvinden. Hierbij heeft de vegetatie een langere periode om te herstellen, welke mogelijk effect heeft op de vegetatie samenstelling op de langere termijn. Een belangrijke kanttekening bij de gevonden studies, is dat de intensiteit en aard van de brand niet gemeld wordt, waardoor het moeilijk is om een algemene conclusie te trekken over de effecten van brand. Vaak is deze intensiteit niet gekwantificeerd in studies.

Uit het onderzoek van Benscoter et al (2008) blijkt dat de veenmosbulten, en de daarbij behorende soorten een brand kunnen overleven. Echter duurt het wel 10 jaar voordat de vegetatie hierop zich (lichtelijk) heeft hersteld. Het vaker branden heeft hier waarschijnlijk een zeer negatief effect op. De regelmatige natuurbranden duiden nog op een ander probleem. In de meeste studies worden plots die recent of een x aantal jaar geleden zijn verbrand, vergeleken met 'ongebrande' plots. Onzeker is of deze plots daadwerkelijk niet gebrand zijn in het verleden. Benscoter laat zien dat de kans groot is dat een veengebied eerder in de brand heeft gestaan, groot is. Hetzelfde geldt voor de onderzoeken naar rotationeel branden. Op plekken waar regelmatig rotationeel gebrand is, en gebrande plots vergeleken worden met ongebrande plekken, is het waarschijnlijk dat de 'ongebrande' plekken in het verleden ook zijn gebrand. Een duidelijke uitkomst van deze analyse is dat er nog een enorm tekort is op het gebied van studies naar nutriënten en andere bodemchemische effecten. Bobbink et al (2009) wijst hier ook op. Hoewel dit rapport uit 2009 komt, zijn er in de periode hierna maar enkele artikelen betreft dit onderwerp gevonden.

4.2 Veldstudie Aamsveen

Er bleken geen significante verschillen tussen de verbrande en onverbrande berekende indexen. Per soort waren er wel verschillen. Er waren nauwelijks veenmossen aangetroffen op onverbrande plots wat niet overeenkomt met de gevonden literatuur in deelvraag 1 (Noble et al, 2017b; Shaw et al, 1996). De verwachting uit deze literatuur zou juist het tegenovergestelde zijn, namelijk dat veenmossen beschadigen. Veenmossen kunnen echter wel goed herstellen.

Marrs et al (2004) schrijft dat de pijpenstrootje bedekking kan toenemen na een brand. Zowel verbrande als onverbrande plots waren gedomineerd door pijpenstrootje, waarbij weinig ruimte voor meer pijpenstrootje leek te zijn op enkele plots. De brand lijkt hier acht jaar na dato geen verschil in te hebben gemaakt.

Dophei en struikhei waren vaker aanwezig op onverbrande plots, hetgeen wederom niet overeenkomt met resultaten uit Hochkirch & Adorf (2007) en Grau-Andrés et al (2019).

Het vergelijken van verbrande en onverbrande plots maakt het lastig omdat de situatie voor de brand onbekend is. Mogelijk heeft de brand toch mogelijkheden gemaakt voor veenmossen, waarbij pijpenstrootje en dwergstruiken juist afgenomen zijn. Een andere verklaring voor dit verschil is dat onbekende abiotische factoren verschillen tussen de verbrande en onverbrande plekken en ervoor hebben gezorgd dat er verschillen op soort-niveau tussen verbrande en onverbrande plots waren. Wel is er door Zielman en van Dorp (2017) op enkele plekken in het hoogveen de vegetatie-ontwikkeling gevolgd. Zij concluderen dat de vegetatie op het hoogveen hersteld is, hoewel veenmosbulten mogelijk zijn afgenomen. Dit onderzoek heeft echter niet gekeken naar de situatie voor de brand, of een vergelijking gemaakt met onverbrande plekken, waar dat in dit onderzoek wel is gebeurd. Dit is wel een indicatie dat de verschillen tussen verbrande plekken en onverbrande plekken op het Aamsveen klein zijn. In het verleden zijn er andere branden op het Aamsveen geweest (Persoonlijke communicatie Mark Zekhuis, juni 2019), welke mogelijk de resultaten beïnvloeden.

4.3 Proces en methoden

De lezer moet er rekening mee houden dat deze studie voornamelijk gebaseerd is op resultaten van spreihooften. Desondanks de besproken verschillen tussen spreihooften en hooften, is er toch veel literatuur gebruikt waarin spreihooften worden gebruikt. De verschillen tussen de twee typen zijn niet groot. Het is lastig om deze onderzoeken te vermijden, waardoor beschreven effecten mogelijk niet helemaal overeenkomen met lenshooften. Daarnaast is er in enkele literatuur ook *in vitro* test gedaan om effecten te testen. In de praktijk kan dit anders zijn. De beoordeling van de artikelen zijn subjectief, waardoor verschillen in resultaten kunnen ontstaan wanneer deze methodes opnieuw worden gebruikt. Daarnaast is Google Scholar gebruikt als zoekmachine waarin voornamelijk wetenschappelijke artikelen zijn gevonden. Kleinere onderzoeken uit bijvoorbeeld vakbladen zijn mogelijk hierdoor niet gevonden in het onderzoek.

Het Braun-Blanquet coderingsysteem is gebruikt voor de vegetatieopnamen in het Aamsveen. Hierin worden voorkomen en bedekking in een code samengevoegd. Daarna is deze omgevormd naar een bedekkingsgetal. Hoewel vaker in wetenschappelijke artikelen gebruikt (Choesin & Boerner, 2002), is dit minder secuur dan apart de bedekkingspercentages in het veld op te schrijven. Het voordeel is dat voorkomen en bedekking in een getal samengevoegd zijn. Bij de Berger-Parker index bleek dit probleem naar voren te komen. De soort met de hoogste Braun-Blanquet code wordt hierin gezet. Pijpenstrootje was altijd dominant, waardoor deze bijna altijd de code 4 of 5 kreeg. De precieze bedekking wordt hierdoor niet in deze index meegenomen. De studie behandelt niet de effecten van stikstof depositie en hydrologische effecten tussen de opgenomen plots.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is gezocht naar het antwoord op: *“Welke effecten zijn er na een brand op hoogveen-systemen?”*. Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan naar de effecten van brand op de vegetatie, nutriënten en de structuur en fysische effecten. Daarnaast is een veldstudie uitgevoerd op het Aamsveen naar de effecten van de aanwezige flora acht jaar na een wildbrand.

Uit de resultaten blijkt dat er veel tegenspraak is tussen studies. Dat er een effect is, is zeker en blijkt uit alle gevonden onderzoeken. Echter is het afhankelijk van andere, onduidelijke, factoren welke effecten wanneer opspelen.

De korte-termijneffecten van brand zijn duidelijk, de aanwezige vegetatie wordt sterk gereduceerd, naast dat als de bodem verrijkt, zorgt brand voor een verlaging van de waterspiegel. De effecten op veenmos verschillen, afhankelijk van de intensiteit van de brand en soort veenmos. Het lijkt erop dat branden van lage intensiteit weinig effect hebben op de bultvormende veenmossen. Intensere branden hebben daarentegen een vernietigend effect op de bulten. Hierbij wordt een ontwikkelde vegetatie successiestadia teruggezet. De vegetatie kan zich binnen enkele decennia herstellen. Vaak is er eerst een sprake van een toename van grassen en soorten als pijpenstrootje of eenarig wollegras.

Over de impact van brand op nutriëntenbalans op de lange termijn is nog weinig bekend. Op korte termijn is er vaak sprake van verrijking en een stijging van de pH. De duur van dit effect is onduidelijk.

De effecten op de structuur en fysische effecten zijn breed. Bulten veranderen bij intense brand naar slenken. Het verwijderen van vegetatie door de brand zorgt voor blootstelling van het veenpakket. Hierdoor wordt deze warmer en zijn er daardoor minder goede kiemgelegenheden voor flora. Door het opwarmen is er ook meer sprake van verdamping en ontstaat er een lagere waterstand. Het verwijderen van de vegetatie zorgt ook voor meer bodemverdichting, erosie, verwijderen van opgeslagen koolstof en een snellere afvoer van water. Daarnaast is sprake van een minder snelle accumulatie van veen tijdens de eerste jaren na brand. Het opzettelijk branden van hoogveen is onwenselijk.

De veldstudie op het Aamsveen toont aan dat er acht jaar na een wildbrand, geen significant verschil aanwezig is tussen verbrande en niet-verbrande plots. Wel waren er op de niet-verbrande plots bijna geen veenmossen aangetroffen waar verbrande plots juist veel veenmossen hadden, wat opmerkelijk is ten opzichte van gevonden literatuur. Struik- en dophei kwamen meer voor op onverbrande plekken.

Op basis van de resultaten en de hieraan gekoppelde conclusie worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Er dient dieper onderzoek gedaan te worden naar de effecten van wildbranden op vegetatie op lange termijn;
- Er dient dieper onderzoek gedaan te worden naar de effecten van brand op bodemchemische processen, zowel op de lange als korte termijn;
- Er dient dieper onderzoek plaats te vinden op hoogvenen in plaats van spreihogvenen op de thema's vegetatie, nutriënten en structuur;
- Er dient dieper onderzoek gedaan te worden naar de effecten van brand op verschillende typen hoogveenvegetatie;
- Er dient dieper onderzoek gedaan te worden naar daadwerkelijk ongebrand hoogveen, of het meer duidelijk scheppen van de geschiedenis van 'ongebrand' hoogveen;
- Meer onderzoek naar wildbranden, rotationeel branden zijn anders en beter onderzocht.

Bronnen

- Almendros, G., Knicker, H., & González-Vila, F. J. (2003). *Rearrangement of carbon and nitrogen forms in peat after progressive thermal oxidation as determined by solid-state ¹³C- and ¹⁵N-NMR spectroscopy*. *Organic Geochemistry*, 34(11), 1559-1568.
- Alterra. (2006). *Actief hoogveen (H7110)*. Opgehaald van <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/Documenten/Pas/Herstelstrategieen/Deel%20IIH/H7120.pdf>
- Alterra. (2009). *Aangetast hoogveen waar natuurlijke regeneratie nog mogelijk is (H7120)*. Opgehaald van https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/Profiel_habitatype_7120.pdf
- Andrus, R. E., Wagner, D. J., & Titus, J. E. (1983). *Vertical zonation of Sphagnum mosses along hummock-hollow gradients*. *Canadian Journal of Botany*, 61(12), 3128–3139. doi:10.1139/b83-352
- ANP. (2011). *Vuur smeult na in Aamsveen* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/vuur-smeult-na-in-aamsveen~qa621464/>
- Bargerveen/ Schoonebeek. (z.d.). *Over het Bargerveen*. Geraadpleegd op 16 juni, 2019, van <https://bargerveen-schoonebeek.nl/nl/home/over-het-bargerveen/>
- Benscoter, B. W., Kelman Wieder, R., & Vitt, D. H. (2005b). *Linking microtopography with post-fire succession in bogs*. *Journal of Vegetation Science*, 16(4), 453-460.
- Benscoter, B. W., & Vitt, D. H. (2008). *Spatial patterns and temporal trajectories of the bog ground layer along a post-fire chronosequence*. *Ecosystems*, 11(7), 1054-1064.
- Benscoter, B. W., Vitt, D. H., & Wieder, R. K. (2005a). *Association of postfire peat accumulation and microtopography in boreal bogs*. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(9), 2188-2193.
- Bijlsma, R. J., Jansen, A. J. M., Limpens, J., de Vries, M. W., & Witte, J. P. M. (2011). *Hoogveen en klimaatverandering in Nederland* (No. 2225). Alterra, Wageningen-UR.
- Bobbink, R. (2009, 3 juni). *Branden als herstelmaatregel - een optie in Nederland*. Vakblad Natuur, Bos, Landschap. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/11977>
- Bobbink, R., Weijters, M. J., Nijssen, M., Vogels, J., Haveman, R., & Kuiters, A. T. (2009). *Branden als EGM-maatregel* (No. 2009/dk117-O). Directie Kennis, Ministerie LNV.
- Choesin, D., & Boerner, R. E. J. (2002). *Vegetation boundary detection: a comparison of two approaches applied to field data*. *Plant Ecology*, 158(1), 85-96.
- Clay, G. D., Worrall, F., & Fraser, E. D. (2010). *Compositional changes in soil water and runoff water following managed burning on a UK upland blanket bog*. *Journal of Hydrology*, 380(1-2), 135-145.
- Clay, G. D., Worrall, F., Clark, E., & Fraser, E. D. (2009). *Hydrological responses to managed burning and grazing in an upland blanket bog*. *Journal of Hydrology*, 376(3-4), 486-495.
- Cresser, M. S., Smart, R. P., Clark, M., Crowe, A., Holden, D., Chapman, P. J., & Edwards, A. C. (2004). *Controls on leaching of N species in upland moorland catchments*. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, 4(6), 85-95.

- Dartmoor National Park. (z.d.). *Blanket Bog and Raised Bog*. Geraadpleegd op 2 november 2019, van <https://www.dartmoor.gov.uk/wildlife-and-heritage/habitats2/moorland/blanket-bog-and-raised-bog>
- Foster, D. R., & Glaser, P. H. (1986). *The raised bogs of south-eastern Labrador, Canada: classification, distribution, vegetation and recent dynamics*. The Journal of Ecology, 47-71.
- Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S., & Joosten, H. (2014). *Sphagnum farming in Germany-a review of progress*. Mires and Peat, 13(08), 1-11.
- Grau-Andrés, R., Davies, G. M., Waldron, S., Scott, E. M., & Gray, A. (2019). *Increased fire severity alters initial vegetation regeneration across Calluna-dominated ecosystems*. Journal of environmental management, 231, 1004-1011.
- Grau-Andrés, R., Gray, A., & Davies, G. M. (2017). *Sphagnum abundance and photosynthetic capacity show rapid short-term recovery following managed burning*. Plant Ecology & Diversity, 10(4), 353-359.
- Haigh, M. (2006). *Environmental Change in Headwater Peat Wetlands, UK*. Environmental Role of Wetlands in Headwaters, 237-255. doi:10.1007/1-4020-4228-0_21
- Härdtle, W., von Oheimb, G., Gerke, A. K., Niemeyer, M., Niemeyer, T., Assmann, T., ... & Meyer, H. (2009). *Shifts in N and P budgets of heathland ecosystems: effects of management and atmospheric inputs*. Ecosystems, 12(2), 298.
- Hennekens, S. (2009). *Protocol 'Vegetatieopname'* Opgehaald van <https://www.ndff.nl/wp-content/uploads/2015/12/12.007-Vegetatiedatabank-Protocol-Vegetatieopname.pdf>
- Hennekens, S.M., Schaminée, J.H.J., Stortelder, A.H.F. 2001. *SynBioSys, een biologisch kennisstelsel ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling*. Alterra, Wageningen
- Hochkirch, A., & Adorf, F. (2007). *Effects of prescribed burning and wildfires on Orthoptera in Central European peat bogs*. Environmental Conservation, 34(3), 225-235.
- Holden, J., Palmer, S. M., Johnston, K., Wearing, C., Irvine, B., & Brown, L. E. (2015). *Impact of prescribed burning on blanket peat hydrology*. Water Resources Research, 51(8), 6472-6484.
- Irish Peatland Conservation Council. (z.d.). *Raised Bogs*. Geraadpleegd op 2 november 2019, van <http://www.ipcc.ie/a-to-z-peatlands/raised-bogs/>
- Kelly, R., Montgomery, W. I., & Reid, N. (2018). *Differences in soil chemistry remain following wildfires on temperate heath and blanket bog sites of conservation concern*. Geoderma, 315, 20-26. doi:10.1016/j.geoderma.2017.11.016
- Lamers, L. P., Bobbink, R., & Roelofs, J. G. (2000). *Natural nitrogen filter fails in polluted raised bogs*. Global Change Biology, 6(5), 583-586.
- Marcisz, K., Lamentowicz, M., Galka, M., Colombaroli, D., Adolf, C., & Tinner, W. (2019). *Responses of vegetation and testate amoeba trait composition to fire disturbances in and around a bog in central European lowlands (northern Poland)*. Quaternary science reviews, 208, 129-139.
- Marrs, R. H., Phillips, J. D. P., Todd, P. A., Ghorbani, J., & Le Duc, M. G. (2004). *Control of Molinia caerulea on upland moors*. Journal of Applied Ecology, 41(2), 398-411.

- McFerran, D. M. (1991). "*The impact of burning and grazing on upland vegetation and invertebrate communities in Co. Antrim.*" Ph.D., Queen's University Belfast, 41-7663
- Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., ... & Socher, S. A. (2014). *Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories*. Ecology and evolution, 4(18), 3514-3524.
- Noble, A., Crowle, A., Graves, D. J., Palmer, S. M., & Holden, J. (2019a). *Fire temperatures and Sphagnum damage during prescribed burning on peatlands*. Ecological Indicators, 103, 471-478.
- Noble, A., O'Reilly, J., Graves, D. J., Crowle, A., Palmer, S. M., & Holden, J. (2018). *Impacts of prescribed burning on Sphagnum mosses in a long-term peatland field experiment*. PloS one, 13(11), e0206320.
- Noble, A., Palmer, S. M., Graves, D. J., Crowle, A., & Holden, J. (2019b). *Peatland vegetation change and establishment of re-introduced Sphagnum moss after prescribed burning*. Biodiversity and conservation, 28(4), 939-952.
- Noble, A., Palmer, S. M., Graves, D. J., Crowle, A., & Holden, J. (2017a). *Impacts of peat bulk density, ash deposition and rainwater chemistry on establishment of peatland mosses*. Plant and soil, 419(1-2), 41-52.
- Noble, A., Palmer, S. M., Graves, D. J., Crowle, A., Brown, L. E., & Holden, J. (2017b). *Prescribed burning, atmospheric pollution and grazing effects on peatland vegetation composition*. Journal of applied ecology, 55(2), 559-569.
- O+BN. (z.d.). *Hoogveenherstel*. Opgehaald op 3 juni , 2019, van [https:// www.hoogveenherstel.nl/basis-info/ wat-is-een-hoogveen/](https://www.hoogveenherstel.nl/basis-info/wat-is-een-hoogveen/)
- Op de grens. (2011, 4 juni). *Het Aamsveen, na de brand (1)*. Geraadpleegd op 11 mei 2019, van [https:// opdegrens.eu/ special/ aamsbr1.htm](https://opdegrens.eu/special/aamsbr1.htm)
- Pilkington, M. G., Caporn, S. J., Carroll, J. A., Cresswell, N., Phoenix, G. K., Lee, J. A., ... & Sparks, T. (2007). *Impacts of burning and increased nitrogen deposition on nitrogen pools and leaching in an upland moor*. Journal of Ecology, 95(6), 1195-1207.
- Pouliot, R., Rochefort, L., Karofeld, E., & Mercier, C. (2011). *Initiation of Sphagnum moss hummocks in bogs and the presence of vascular plants: Is there a link?* Acta Oecologica, 37(4), 346–354. doi:10.1016/j.actao.2011.04.001
- Provincie Overijssel. (2016). *Natura 200 beheerplan Aamsveen*. Opgehaald van [https:// www.bij12.nl/wp-content/ uploads/ 2019/ 04/ aamsveen_natura_2000_beheerplan_definitief_9_september_2016_inclusief_bijlagen.pdf](https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2019/04/aamsveen_natura_2000_beheerplan_definitief_9_september_2016_inclusief_bijlagen.pdf)
- R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. Version 1.1.453 2009-2019. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing
- Rad, J. E., Manthey, M., & Mataji, A. (2009). *Comparison of plant species diversity with different plant communities in deciduous forests*. International Journal of Environmental Science & Technology, 6(3), 389-394.
- Ramchunder, S. J., Brown, L. E., & Holden, J. (2013). *Rotational vegetation burning effects on peatland stream ecosystems*. Journal of Applied Ecology, 50(3), 636-648.

- Schutte, L. (2011, 3 juni). *Brand verwoest Aamsveen*. Geraadpleegd op 8 mei 2019, van <https://www.tubantia.nl/overig/brand-verwoest-aamsveen~a1cdd9c7/>
- NP. (2011, 4 juni). *Hulp omliggende korpsen bij brand Aamsveen*. Geraadpleegd op 8 mei 2019, van <https://www.nu.nl/binnenland/2532086/hulp-omliggende-korpsen-bij-brand-aamsveen.html>
- Shaw, S.C., Wheeler, B.D., Kirby, P., Phillipson, P. & Edmunds, R. 1996. *Literature review of the historical effects of burning and grazing of blanket bog and upland wet heath*. Report English Nature 172
- Sillasoo, Ü., Väliaranta, M., & Tuittila, E. S. (2011). *Fire history and vegetation recovery in two raised bogs at the Baltic Sea*. Journal of Vegetation Science, 22(6), 1084-1093.
- Spink, A. (2011, 21 december). *Moss-Notes*. Geraadpleegd op 29 oktober 2019, van <http://andrewspink.nl/mosses/acropoleuro.htm>
- Stewart, G. B., Coles, C. F., & Pullin, A. S. (2004). *Does burning degrade blanket bog*. Systematic review, 1, 1-29.
- van der Maarel, E. (2007). *Transformation of cover-abundance values for appropriate numerical treatment-Alternatives to the proposals by Podani*. Journal of Vegetation Science, 18(5), 767-770.
- Wang, G., Yu, X., Bao, K., Xing, W., Gao, C., Lin, Q., & Lu, X. (2015). *Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs*. Chemosphere, 119, 1329-1334.
- Wikum, D. A., & Shanholtzer, G. F. (1978). *Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies*. Environmental Management, 2(4), 323-329. doi:10.1007/bf01866672
- Zaccone, C., Rein, G., D'Orazio, V., Hadden, R. M., Belcher, C. M., & Miano, T. M. (2014). *Smouldering fire signatures in peat and their implications for palaeoenvironmental reconstructions*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 137, 134-146.
- Zielman, R., & van Dorp, H. (2017). *Vegetatie ontwikkeling in Het Aamsveen na de brand in 2011*. Persoonlijk aangevraagd.

Bijlagen

Bijlage 1: Tabel betrouwbaarheid en geschiktheid literatuuronderzoek

Literatuurstudie deelvragen					
Bron	Komt de bron uit een wetenschappelijk of vaktijdschrift?	Jaar van publicatie	Expertise en werkkring auteur	Relevantie	Geschikt

Bijlage 2: Braun-Blanquet

Datum			Opn.nr	
Plaats	GPS			
Afmeting/ Oppervlakte				
Omschrijving van het proefvlak	code	aantal individuen	bedekking	
	R	Zeër weinig (1-2)	sporadisch aanwezig in het vegetatietype	
	+	weinig (tot bijv. 20)	< 5%	
	1	talrijk (bijv 20 - 100),	< 5%	
	2m	Zeër talrijk (meer dan 100)	< 5%	
	2a	Zeër talrijk (meer dan 100)	5 – 12,5%	
	2b	Zeër talrijk (meer dan 100)	12,5 – 25%	
	3	Willekeurig	25 - 50%	
	4	Willekeurig	50 - 75%	
	5	willekeurig	75 - 100%	
	Weer :			
Soort	Br-BI (%bedekking)	Eventuele opmerkingen		

Bijlage 3: Beoordeling artikelen vegetatie

Relevantie & Betrouwbaarheid deelvraag 1						
1	Bron	Komt de bron uit een wetenschappelijk of vaktijdschrift?	Jaar	Expertise en werkring auteur	Relevantie brand en hoogveen	Geschied
2	Foster, D. R., & Glaser, P. H. (1986). <i>The Raised Bogs of South-Eastern Labrador, Canada: Classification, Distribution, Vegetation and Recent Dynamics</i> . The Journal of Ecology, 74(1), 47. doi:10.2307/2260348	Wetenschappelijk	1986	https://harvardforest.fas.harvard.edu/foster/publications De hoofdauteur, Foster, lijkt veel ervaring te hebben, en heeft onderzoek gedaan op gebied van ecologie.	Hoog, Het studiegebied ligt wel in Canada, maar betreft een onderzoek op hoogveen. Er wordt onder andere gekeken naar wildbranden veroorzaakt door onweer.	Ja
3	Kučerová, A., Rektoris, L., Štechová, T., & Bastl, M. (2008). <i>Disturbances on a Wooded Raised Bog—How Windthrow, Bark Beetle and Fire Affect Vegetation and Soil Water Quality?</i> Folia Geobotanica, 43(1), 49–67. doi:10.1007/s12224-008-9006-9	Wetenschappelijk	2008	https://www.researchgate.net/profile/Andrea_Kucerova De hoofdauteur lijkt genoeg ervaring te hebben om voldoende expertise te hebben om betrouwbaar te zijn.	Matig, Het studiegebied is wel een raised bog, maar is begroeid met bomen. Desondanks kan dit artikel relevant zijn vanwege de onderbegroeiing.	Nee

4	Grau-Andrés, R., Davies, G. M., Waldron, S., Scott, E. M., & Gray, A. (2019). <i>Increased fire severity alters initial vegetation regeneration across Calluna-dominated ecosystems</i>. Journal of Environmental Management, 231, 1004–1011. doi:10.1016/j.jenvman.2018.10.113	Wetenschappelijk	2019	https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2059130736-Roger-Grau-Andres Lijkt niet heel veel ervaring te hebben, maar coauteurs vullen dit aan. Wel heeft deze auteur meerdere artikelen geschreven over brand en hoogveen. https://www.researchgate.net/profile/G-Davies Ook deze co-auteur lijkt er competent te zijn; hij heeft veel geschreven over veengebieden en veen ecosystemen.	Ja, Het studiegebied is een door struikhei gedomineerd terrein. Er wordt specifiek onderzoek gedaan naar de vegetatieontwikkeling van hoogveen na een brand.	Ja
5	Marcisz, K., Lamentowicz, M., Gałka, M., Colombaroli, D., Adolf, C., & Tinner, W. (2019). <i>Responses of vegetation and testate amoeba trait composition to fire disturbances in and around a bog in central European lowlands (northern Poland)</i>. Quaternary Science Reviews, 208, 129–139. doi:10.1016/j.quascirev.2019.02.003	Wetenschappelijk	2019	https://www.researchgate.net/profile/Katarzyna-Marcisz De hoofdauteur heeft veel onderzoek gedaan naar ecologie en wetlands. Andere auteurs (https://www.researchgate.net/profile/Mariusz-Galka) hebben veel ervaring met plant ecologie.	Ja, Er is sprake van een ombotroof veen. Het onderzoek kijkt naar vegetatie in een veen in Noord-Polen. Verbrande vegetatie wordt vergeleken met onverbrande vegetatie.	Ja

6	Grau-Andrés, R., Gray, A., & Davies, G. M. (2017). <i>Sphagnum abundance and photosynthetic capacity show rapid short-term recovery following managed burning</i> . Plant Ecology & Diversity, 10(4), 353–359. doi:10.1080/17550874.2017.1394394	Wetenschappelijk	2017	https:// www.researchgate.net/scientific-contributions/2059130736 Roger Grau-Andres Lijkt niet heel veel ervaring te hebben, maar coauteurs vullen dit aan. Wel heeft deze auteur meerdere artikelen geschreven over brand en hoogveen. https:// www.researchgate.net/profile/ G Davies Deze co-auteur lijkt er competent te zijn; hij heeft veel geschreven over veengebieden en veen ecosystemen.	Ja, In dit onderzoek wordt er gekeken naar de regeneratie van hoogveenmossen in hoogvenen na brand.	Ja
7	Taylor, E. S., Levy, P. E., & Gray, A. (2017). <i>The recovery of Sphagnum capillifolium following exposure to temperatures of simulated moorland fires: a glasshouse experiment</i> . Plant Ecology & Diversity, 10(1), 77–88. doi:10.1080/17550874.2017.1302017	Wetenschappelijk	2017		Nee, De studie heeft het herstel van veenmos gemeten, nadat deze in een oven zijn verhit. De mossen zijn maar kort verhit (30 seconden) . Een brand verhit waarschijnlijk langer. Dit onderzoek voegt dus niet veel toe aan de eerste deelvraag.	Nee
8	Noble, A., Palmer, S. M., Glaves, D. J., Crowle, A., Brown, L. E., & Holden, J. (2017). <i>Prescribed</i>	Wetenschappelijk	2017	https:// www.researchgate.net/profile/ Alice Noble2 De auteur is nog jong, maar heeft al negen publicaties geschreven	Ja, De studie kijkt naar het effect van brand op hoogveenvegetatie. Vier taxa , Sphagnum spp., Calluna vulgaris, Eriophorum vaginatum and	ja

	<i>burning, atmospheric pollution and grazing effects on peatland vegetation composition.</i> Journal of Applied Ecology, 55(2), 559–569. doi:10.1111/ 1365-2664.12994			over veen, waarvan meerdere over de effecten van brand. Ze lijkt dus competent en heeft kennis over veen.	Campylopus introflexus, worden vergeleken op ruim 2000 verbrande en niet verbrande plots.	
9	Noble, A., Palmer, S. M., Graves, D. J., Crowle, A., & Holden, J. (2019). <i>Peatland vegetation change and establishment of re-introduced Sphagnum moss after prescribed burning.</i> Biodiversity and conservation, 28(4), 939-952.	Wetenschappelijk	2019	https:// www.researchgate.net/profile/ Alice Noble2 De auteur is nog jong, maar heeft al negen publicaties geschreven over veen, waarvan meerdere over de effecten van brand. Ze lijkt dus competent en heeft kennis over veen en brand.	Ja, de studie kijkt naar de bedekking van veenmos en andere planten op veen, en welke effecten brand hebben op deze bedekking. Verbrande plots werden 19 maanden gemonitord.	
10	Sillasoo, Ü., Väliiranta, M., & Tuittila, E.-S. (2011). <i>Fire history and vegetation recovery in two raised bogs at the Baltic Sea.</i> Journal of Vegetation Science, 22(6), 1084–1093. doi:10.1111/ j.1654-1103.2011.01307.x	Wetenschappelijk	2011	https:// www.researchgate.net/scientific-contributions/ 2053698279 Uelle Sillasoo Sillasoo heeft ervaring met paleo-ecologisch onderzoek en hoogvenen.	Ja, De studie kijkt naar de lange termijn (tot 4000 jaar terug) en laat vergelijkt het voorkomen van brand met de toen aanwezige vegetatie.	ja
11	Hochkirch, A., & Adorf, F. (2007). <i>Effects of prescribed burning and</i>	Wetenschappelijk	2007	https:// www.researchgate.net/profile/ Axel Hochkirch/ 3	Ja,	ja

	<i>wildfires on Orthoptera in Central European peat bogs.</i> Environmental Conservation, 34(03). doi:10.1017/s0376892907004006			Hochkirch heeft veel ervaring met met name de insectengroep maar ook vegetatie.	De studie kijkt o.a. naar plantensoorten en de verschillen van bedekking tussen brand en niet gebrande plekken in veen.	
12	Stewart, G. B., Coles, C. F., & Pullin, A. S. (2004). <i>Does burning degrade blanket bog.</i> Systematic review, 1, 1-29.	Wetenschappelijk	2004	Stewart heeft ervaring met meta-analyse, ecologie en lijkt daarmee samen met de andere auteurs betrouwbaar.	Hoog, De studie verzamelt artikelen met onderzoek naar brand en veenvegetatie.	ja
13	Grau-Andrés, R., Davies, G. M., Waldron, S., Scott, E. M., & Gray, A. (2019). <i>Increased fire severity alters initial vegetation regeneration across Calluna-dominated ecosystems.</i> Journal of environmental management, 231, 1004-1011.	Wetenschappelijk	2019	https:// www.researchgate.net/scientific-contributions/2059130736 Roger Grau-Andres Lijkt niet heel veel ervaring te hebben, maar coauteurs vullen dit aan. Wel heeft deze auteur meerdere artikelen geschreven over brand en hoogveen. https:// www.researchgate.net/profile/ G Davies Deze co-auteur lijkt er competent te zijn; hij heeft veel geschreven over veengebieden en veen ecosystemen.	Hoog, deze studie kijkt naar de effecten van vuur op vegetatie, en daarnaast ook de intensiteit van de brand.	ja
14	Marrs, R. H., Phillips, J. D. P., Todd, P. A., Ghorbani, J., & Le Duc, M. G. (2004). <i>Control of Molinia caerulea on upland moors.</i> Journal	Wetenschappelijk		Marrs heeft ervaring met onderzoek naar de effecten van branden op heide en veen, tezamen met onderzoek naar andere factoren die vegetatie mogelijk beïnvloeden.	Ja, In dit artikel is onderzoek gedaan welke effecten brand op de bedekking van pijpenstrootje heeft.	Ja

	of Applied Ecology, 41(2), 398-411.					
15	Shaw, S.C., Wheeler, B.D., Kirby, P., Phillipson, P. & Edmunds, R. 1996. <i>Literature review of the historical effects of burning and grazing of blanket bog and upland wet heath</i> . Report English Nature 172	Wetenschappelijke review			Ja, In deze review worden de effecten van brandop hoogveen onderzocht.	Ja
16	Noble, A., Palmer, S. M., Graves, D. J., Crowle, A., & Holden, J. (2017a). <i>Impacts of peat bulk density, ash deposition and rainwater chemistry on establishment of peatland mosses</i> . Plant and soil, 419(1-2), 41-52.	Wetenschappelijk		https:// www.researchgate.net/ profile/ Alice Noble2 De auteur is nog jong, maar heeft al negen publicaties geschreven over veen, waarvan meerdere over de effecten van brand. Ze lijkt dus competent en heeft kennis over veen en brand.	Ja, De effecten van as depositie op veenmossen worden onderzocht. Na een brand ontstaat er as, waardoor dit artikel relevant is.	Ja

Bijlage 4: Beoordeling artikelen nutriënten

Relevantie & Betrouwbaarheid deelvraag 2						
	Bron	Komt de bron uit een wetenschappelijk of vaktijdschrift?	Jaar	Expertise en werkkring auteur	Relevantie brand en hoogveen	Geschied
1	Wang, G., Yu, X., Bao, K., Xing, W., Gao, C., Lin, Q., & Lu, X. (2015). <i>Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs</i> . Chemosphere, 119, 1329-1334.	Wetenschappelijk	2015	https://www.researchgate.net/profile/Guoping_Wang Wang heeft onderzoek gedaan naar verschillende aspecten van wetlands, waaronder veen. Zijn expertise ligt bij de moleculaire onderzoeken.	Het artikel onderzoekt de effecten van brand op fosfor. Voor deze deelvraag lijken de antwoorden te vaag om goed te gebruiken; Wang beschrijft veranderingen maar het is moeilijk om te begrijpen wat dit uiteindelijk voor effecten heeft op het veen.	Nee
2	Kelly, R., Montgomery, W. I., & Reid, N. (2018). <i>Differences in soil chemistry remain following wildfires on temperate heath and blanket bog sites of conservation concern</i> . Geoderma, 315, 20–26. doi:10.1016/j.geoderma.2017.11.016	Wetenschappelijk	2018	https://www.researchgate.net/profile/Ruth_Kelly3 Kelly heeft ervaring met mossen en planten.	. Er wordt onderzocht wat de effecten van brand op verschillende nutriënten in o.a. spreihogvenen zijn. De nutriënt gehalten worden vergeleken tussen verbrande en onverbrande plekken.	Ja

3	Clay, G. D., Worrall, F., & Fraser, E. D. (2010). <i>Compositional changes in soil water and runoff water following managed burning on a UK upland blanket bog</i> . Journal of Hydrology, 380(1-2), 135-145.	Wetenschappelijk	2010	https:// www.researchgate.net/ profile/ Gareth Clay Clay heeft meerdere publicaties met over brand, hoogveen en nutriënten/ chemische effecten.	Er wordt onderzocht wat de effecten van brand op verschillende nutriënten in spreihooften zijn.	Ja
4	Zaccone, C., Rein, G., D'Orazio, V., Hadden, R. M., Belcher, C. M., & Miano, T. M. (2014). Smouldering fire signatures in peat and their implications for palaeoenvironmental reconstructions. <i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i> , 137, 134-146.	Wetenschappelijk	2014	https:// www.researchgate.net/ profile/ Claudio Zaccone Zaccone heeft meerdere onderzoeken gedaan naar de moleculaire categorisatie en veranderingen in organische materiaal.	In dit onderzoek wordt gekeken naar meerdere nutriënten en factoren als pH in monsters van veenmosturf.	
5	Cresser, M. S., Smart, R. P., Clark, M., Crowe, A., Holden, D., Chapman, P. J., & Edwards, A. C. (2004). <i>Controls on leaching of N species in upland moorland catchments</i> . Water, Air, & Soil Pollution: Focus, 4(6), 85-95.	Wetenschappelijk	2004	https:// www.researchgate.net/ profile/ Malcolm Cresser2 Cresser heeft veel onderzoek gedaan naar water kwaliteit en bodem nutriënten.	In dit onderzoek is er gekeken naar het weglekken van stikstof in venen naar beken. Een klein gedeelte wordt geweid aan de effecten van brand.	

6	Shaw, S.C., Wheeler, B.D., Kirby, P., Phillipson, P. & Edmunds, R. 1996. <i>Literature review of the historical effects of burning and grazing of blanket bog and upland wet heath</i> . Report English Nature 172	Wetenschappelijke review	1996		Ja, In deze review worden de effecten van brand op hoogveen onderzocht.	
7	Pilkington, M. G., Caporn, S. J., Carroll, J. A., Cresswell, N., Phoenix, G. K., Lee, J. A., ... & Sparks, T. (2007). Impacts of burning and increased nitrogen deposition on nitrogen pools and leaching in an upland moor. <i>Journal of Ecology</i> , 95(6), 1195-1207.	Wetenschappelijk	2007	https:// www.researchgate.net/scientific-contributions/34787241 Michael G Pilkington Pilkington heeft veel onderzoek gedaan naar stikstof en bodemchemie.	In dit onderzoek wordt gekeken naar de effecten van brand op heide. Dit betreft geen hoogveen en is dus niet geschikt.	Nee
8	Almendros, G., Knicker, H., & González-Vila, F. J. (2003). <i>Rearrangement of carbon and nitrogen forms in peat after progressive thermal oxidation as determined by solid-state 13C-and 15N-NMR spectroscopy</i> .	Wetenschappelijk	2003	Almendros heeft veel ervaring met organisch materiaal en bodemchemie.	Het artikel onderzoekt de effecten van brand op de veranderingen van stikstof en koolstof. Voor deze deelvraag lijken de antwoorden te vaag om goed te gebruiken; Almendros beschrijft veranderingen maar het is moeilijk om te begrijpen wat dit uiteindelijk voor effecten heeft op het veen.	Nee

	Organic Geochemistry, 34(11), 1559-1568.					
--	---	--	--	--	--	--

Bijlage 5: Beoordeling artikelen structuur en fysische effecten

	Relevantie & Betrouwbaarheid deelvraag 2					
	Bron	Komt de bron uit een wetenschappelijk of vaktijdschrift?	Jaar	Expertise en werkkring auteur	Relevantie brand en hoogveen	Geschikt
1	Holden, J., Palmer, S. M., Johnston, K., Wearing, C., Irvine, B., & Brown, L. E. (2015). Impact of prescribed burning on blanket peat hydrology. Water Resources Research, 51(8), 6472-6484.	Wetenschappelijk	2015	https://www.researchgate.net/profile/Joseph_Holden Holden heeft ervaring met onderzoek naar veenmossen, de effecten van brand hierop en hydrologie.	Uitgebreid onderzoek naar de effecten van brand op de hydrologie in spreihogvenen.	Ja
2	Benscoter, B. W., Kelman Wieder, R., & Vitt, D. H. (2005b). Linking microtopography with post-fire succession in bogs. Journal of Vegetation Science, 16(4), 453-460.	Wetenschappelijk	2005	https://www.researchgate.net/profile/Brian_Benscoter Benscoter heeft veel ervaring met veen. Hij heeft op veel verschillende vlakken op hydrologie, vegetatie en microgeografie onderzoek gedaan.	In dit onderzoek is er een verband gelegd tussen de vegetatie en microtopografie. Hierbij is gekeken naar de effecten van brand.	Ja
3	Noble, A., Palmer, S. M., Graves, D. J., Crowle, A., & Holden, J. (2019). Peatland vegetation change and establishment of re-introduced Sphagnum	Wetenschappelijk	2019	https://www.researchgate.net/profile/Alice_Noble2 De auteur is nog jong, maar heeft al negen publicaties geschreven over veen, waarvan meerdere over de effecten van brand. Ze lijkt dus	In dit onderzoek is voornamelijk gekeken naar de vegetatie. Daarnaast is ook het aandeel kale grond geschat. Resultaten hiervan kunnen helpen bij het antwoorden van de deelvraag.	Ja

	moss after prescribed burning. Biodiversity and conservation, 28(4), 939-952.			competent en heeft kennis over veen en brand.		
4	Benscoter, B. W., Vitt, D. H., & Wieder, R. K. (2005a). Association of postfire peat accumulation and microtopography in boreal bogs. Canadian Journal of Forest Research, 35(9), 2188-2193.	Wetenschappelijk	2005	https://www.researchgate.net/profile/Brian_Benscoter Benscoter heeft veel ervaring met veen. Hij heeft op veel verschillende vlakken op hydrologie, vegetatie en microgeografie onderzoek gedaan.	Onderzoek naar veenaccumulatie in de verschillende topografische gradienten, waarbij ook de rol van brand is onderzocht.	Ja
5	Benscoter, B. W., & Vitt, D. H. (2008). Spatial patterns and temporal trajectories of the bog ground layer along a post-fire chronosequence. Ecosystems, 11(7), 1054-1064.	Wetenschappelijk	2008	https://www.researchgate.net/profile/Brian_Benscoter Benscoter heeft veel ervaring met veen. Hij heeft op veel verschillende vlakken op hydrologie, vegetatie en microgeografie onderzoek gedaan.	Er wordt onderzocht welke effecten brand op microtopografie heeft en creëren hierbij een model.	Ja
6	Almendros, G., Knicker, H., & González-Vila, F. J. (2003). Rearrangement of carbon and nitrogen forms in peat after progressive thermal oxidation as determined by solid-state ¹³ C- and ¹⁵ N-NMR spectroscopy.	Wetenschappelijk	2003	https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo_Almendros Almendros heeft veel ervaring met organisch materiaal en bodemchemie.	Het artikel onderzoekt de effecten van brand op de veranderingen van stikstof en koolstof. Voor deze deelvraag lijken de antwoorden te vaag om goed te gebruiken; Almendros beschrijft veranderingen maar het is moeilijk om te begrijpen wat dit uiteindelijk voor effecten heeft op het veen. Daarnaast wordt ook het gewichtsverlies gemeten waarvan de resultaten kunnen helpen bij het beantwoorden van de vraag.	Ja

	Organic Geochemistry, 34(11), 1559-1568.					
--	---	--	--	--	--	--

Overzicht opnamen

Soort	Brand	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	24
1 Betula pendula									r	r				
2 Calluna vulgaris														
3 Calypogeia muelleria				r										
4 Calypogeia fissa														
5 Cephaloziella elachista														
6 Cephalozia macrostachya		r												
7 Erica tetralix	3								2b	2a		2a		
8 Eriophorum angustifolium	2a				1									
9 Eriophorum vaginatum				+	r					1				
10 Kindbergia praelonga		r				1								
11 Molinia caerulea		5	4	4	5	5	5	5	4	3	5	5	4	5
12 Mos spec														
13 Polytrichum juniperum var affine				+										
14 Pteridium aquilinum			1 +		1	1 +	+		+				+	
15 Rhamnus frangula		r	+									r		
16 Rubus fruticosus														
17 Sphagnum cuspidatum				r										
18 Sphagnum fallax		2a	+	2m										
19 Sphagnum fimbriatum		3		+		1	1		2a					
20 Sphagnum palustre	+								2b					
21 Sphagnum papillosum			+						+					
22 Vaccinium vitis-idaea			+											

Bijlage 6: vegetatie

Soort	8	9	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26
Betula pendula	Geen	Geen											
Calluna vulgaris	2a				r							+	
Calypogeia muelleria			r										
Calypogeia fissa													
Cephaloziella elachista			r										
Cephalozia macrostachya													
Erica tetralix	+	2a	r		1	1 r		1 +		1	1		1
Eriophorum angustifolium													
Eriophorum vaginatum			1	r	+			+	r				
Kindbergia praelonga													
Molinia caerulea	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4
Mos spec					+								
Polytrichum juniperum var affine													
Pteridium aquilinum		r	r	2b	+	+				+			
Rhamnus frangula				r									
Rubus fruticosus													
Sphagnum cuspidatum			r										
Sphagnum fallax	r												
Sphagnum fimbriatum	2a												
Sphagnum palustre	r												
Sphagnum papillosum													
Vaccinium vitis-idaea	r	+											

Bijlage 7: Indexen onderzoek Aamsveen

plotnr	Soortenrijkdom	Shan_Wien	Evenness	Berger-Parker	Brand?
1	5	1.164	0.724	87.5	Brand
2	6	0.515	0.287	62.5	Brand
3	6	0.059	0.033	62.5	Brand
4	10	0.471	0.205	87.5	Brand
5	4	0.250	0.180	87.5	Brand
6	4	0.256	0.185	87.5	Brand
7	3	0.011	0.010	87.5	Brand
8	7	0.578	0.297	87.5	Geen Brand
9	4	0.314	0.227	87.5	Geen Brand
10	1	0.000	0.000	62.5	Brand
11	8	1.373	0.660	37.5	Brand
12	3	0.307	0.279	87.5	Brand
13	1	0.000	0.000	87.5	Brand
14	3	0.375	0.341	62.5	Brand
15	7	0.177	0.091	62.5	Geen Brand
16	3	0.531	0.483	62.5	Geen Brand
17	4	0.131	0.095	87.5	Geen Brand
18	6	0.199	0.111	62.5	Geen Brand
19	3	0.011	0.010	87.5	Geen Brand
20	2	0.127	0.183	87.5	Geen Brand
21	3	0.018	0.016	87.5	Geen Brand
22	3	0.129	0.117	87.5	Geen Brand
23	3	0.174	0.159	62.5	Geen Brand
24	3	0.018	0.016	87.5	Brand
25	1	0.000	0.000	87.5	Geen Brand
26	3	0.174	0.159	62.5	Geen Brand