



**Vlaanderen**  
is wetenschap

# Klimaatadaptief Natuurbeheer

## Het heidelandschap

Marijke Thoonen, Isaac Lievevrouw, Maud Raman, Toon Spanhove en Sanne Van Den Berge

INSTITUUT  
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

**Auteurs:**

Marijke Thoonen<sup>1</sup>, Isaac Lievevrouw<sup>2</sup>, Maud Raman<sup>1</sup>, Toon Spanhove<sup>1</sup> en Sanne Van Den Berge<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*, <sup>2</sup> *BOS+ Vlaanderen vzw*

**Reviewers:**

Sam Provoost

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

**Vestiging:**

Herman Teirlinckgebouw  
INBO Brussel  
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel  
[www.inbo.be](http://www.inbo.be)

**e-mail:**

[marijke.thoonen@inbo.be](mailto:marijke.thoonen@inbo.be)

**Wijze van citeren:**

Thoonen, M., Lievevrouw, I., Raman, M., Spanhove, T. en Van Den Berge, S. (2021).  
Klimaatadaptief Natuurbeheer: Het heidelandschap. Rapporten van het Instituut voor Natuur-  
en Bosonderzoek 2021 (36). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.  
DOI: [doi.org/10.21436/inbor.39656605](https://doi.org/10.21436/inbor.39656605)

**D/2021/3241/234**

**Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021 (36)**

**ISSN: 1782-9054**

**Verantwoordelijke uitgever:**

Maurice Hoffmann

**Foto cover:**

Vilda / Yves Adams

**Rapport in opdracht van:**

Agentschap Natuur en Bos (ANB), Havenlaan 88 bus 75, 1000 Brussel, ANB/klim/19-001  
Leden begeleidende stuurgroep

- Jeroen Panis
- Geert Sterckx
- Wim Buysse
- Jurgen Rombaut

AGENTSCHAP  
**NATUUR & BOS**

## KLIMAATADAPTIEF NATUURBEHEER: HET HEIDELANDSCHAP

Marijke Thoonen<sup>1</sup>, Isaac Lievevrouw<sup>2</sup>, Maud Raman<sup>1</sup>, Toon Spanhove<sup>1</sup> en Sanne Van Den Berge<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

<sup>2</sup> BOS+ Vlaanderen vzw

[doi.org/10.21436/inbor.39656605](https://doi.org/10.21436/inbor.39656605)  
ANB/klim/19-001

## Dankwoord/Voorwoord

Veel dank aan medeauteurs Isaac Lievevrouw, Maud Raman, Toon Spanhove en Sanne Van Den Berge. De fijne samenwerking mondde uit in een wetenschappelijk onderbouwde methode en databank voor klimaatadaptief natuur- én bosbeheer. De auteur dankt verder de stuurgroepleden Wim Buysse, Jeroen Panis, Geert Sterckx en Jurgen Rombaut. Hun nuttige commentaar en aanvullingen waren een belangrijke gids. Kris Verheyen en Pieter De Frenne (UGent, labo voor Bos en Natuur) worden bedankt voor de inhoudelijke ondersteuning en begeleiding van het proces. Sanne Baeten, Kristien Ooms en Beatrijs van der Aa danken we voor hun inbreng tijdens de eerste maanden van het project. Uiteindelijk willen we alle deelnemers aan de workshops bedanken. Hun inbreng was onmisbaar om een brug te slaan tussen theorie en praktijk.



## Sleutelboodschappen

- **Waarom is klimaatadaptief natuurbeheer nodig?**

Klimaatverandering bedreigt het voortbestaan van heel wat soorten en ecosystemen. Het steeds frequenter en langduriger voorkomen van droogte, hitte, storm, brand ... bovenop de overige drukken tast ecosystemen telkens weer aan.

Deze studie gaat na wat een beheerder kan doen om de effecten van klimaatveranderingen beter op te vangen. Via klimaatadaptief natuurbeheer worden de negatieve effecten van klimaatverandering op de biodiversiteit en ecosysteemdiensten van het heidelandschap zo klein mogelijk gehouden.

Beheerders gaven mee vorm aan concrete en gebruiksvriendelijkere richtlijnen voor het klimaatadaptief natuurbeheer via vier workshops. Met klimaatmitigatie en -adaptatie proberen we de risico's voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten, of de kwetsbaarheid van natuur en de samenleving voor en door klimaatverandering, te verminderen. Mogelijk biedt het veranderend klimaat ook kansen waar we van kunnen profiteren. Het centrale concept is de natuur en haar relatie tot de samenleving meer weerbaar te maken.

Er werd in dit project gekozen voor een opdeling in landschapstypes (het landschap van open waters en moerassen, van graslanden, van duinen, van heides en van bossen). De processen en structuren, impact van klimaatverandering en de beheermaatregelen zijn immers vaak landschapsspecifiek. Uiteraard zijn in de meeste gebieden elementen aanwezig uit verschillende landschappen en kunnen klimaatverandering en milieudrukken op sommige van die elementen eenzelfde invloed uitoefenen. Voor elk landschapstype is een rapport Klimaatadaptief Natuurbeheer beschikbaar. Wie meerdere landschapstypes beheert, raadpleegt dan ook best de verschillende rapporten.

- **De natuurdoelen blijven overeind**

De huidige natuurdoelen voor habitats en populaties van soorten blijven overeind en worden in functie van klimaatadaptatie aangevuld met doelen op landschapsniveau. We schetsen wel hoe de huidige natuurdoelen worden bedreigd door klimaatverandering. Natuurdoelen bijstellen is nog niet aan de orde.

Tijdens de overlegmomenten kwam de discussie over het bijstellen van doelen op de proppen. We weten nog niet hoe nieuwe heide-ecosystemen eruit gaan zien, maar via de adaptieve beheercyclus wordt regelmatig getoetst of de doelen kunnen gehaald worden. Wellicht zal het bijstellen van doelen nodig zijn op een bepaald punt in de toekomst. Op dat moment moeten we bepalen welke natuur- en maatschappelijke waarden we nastreven en nog kunnen leveren via beheer.

- **Klimaatadaptief natuurbeheer werkt op landschapsniveau**

Om je beheer klimaatadaptief te maken, is een analyse nodig op perceelsniveau, maar ook op de grotere schaal van het landschap. Welke typische structuren, processen, natuurwaarden en ecosysteemdiensten wil je behouden en wat is de impact van klimaatverandering daarop? Beheerders nemen best kennis van de achterliggende mechanismen.



- **De effecten van klimaatverandering op het heidelandschap in een notendop**

Het steeds frequenter en langduriger voorkomen van droogte, hitte en brand ... bovenop de overige drukken tast ecosysteemprocessen en -structuren van het heidelandschap telkens weer aan. Wanneer deze aantastingen zich opstapelen en het systeem niet voldoende tijd krijgt om zich te herstellen, zal een heideveld er op een gegeven moment in de toekomst totaal anders uitzien. Wanneer dit zal gebeuren en hoe dit nieuwe landschap er zal uitzien, kunnen we nu niet precies voorspellen. Wetenschappelijke bronnen wijzen erop dat heidevegetaties vervangen kunnen worden door monotone grasvegetaties. We verwachten een concurrentieel voordeel voor grassen zoals pijpenstrootje en bochtige smele die beter aangepast zijn aan droogte, maar ook mossen zoals grijs kronkelsteeltje. Hieronder leggen we de mechanismen uit.

- **Langdurige droogte in het zomerhalfjaar tast struikheide en typische soorten aan**  
Lange droogteperiodes in het voorjaar en in de zomer verminderen de vitaliteit van struikheide en kunnen zelfs leiden tot massale sterfte. Hogere temperaturen zorgen voor meer evapotranspiratie tijdens het groeiseizoen. De combinatie met droogte doet het bodemvochtgehalte tijdelijk, maar wel frequenter en langer afnemen. Zandige en hoger gelegen heidegebieden drogen zeer gemakkelijk uit omdat bodemvocht er niet goed wordt vastgehouden. De ineenstorting van de lokale populaties kan niet worden uitgesloten, en in dat geval veranderen ook de structuren, processen en diensten van het heidelandschap ingrijpend. Onderzoek naar het effect van warmte en droogte toont een verminderde kieming van struikheide-zaden, jeneverbes, typische heidekruiden ... en zo een verminderde vestiging van zaailingen in droge en warme jaren. Wanneer droogte of hitte volgt op verstoring zoals overstuiving, natuurbrand of beheer, bestaat het risico dat een heideveld trager of niet meer teruggroeit in de gekende vorm, met verlies van doelsoorten. Het aandeel kale grond kan toenemen, wat ecologisch wenselijk is omdat typische heidesoorten vaak afhangen van open bodem en pioniervegetatie. Naast deze kansen bestaat echter het risico dat nieuwe, open plekken snel worden ingenomen door het invasieve mos grijs kronkelsteeltje, forse grassen of ruigtekruiden. Die soorten kunnen zich bij constante stikstofaanvoer en op verzuurde bodems gemakkelijk vestigen en de open zones weer doen dichtgroeien.
- **Een langer en productiever groeiseizoen?**  
Voor het heidelandschap is het nog onduidelijk of een langere groeiperiode (als gevolg van de algemene temperatuurstijging in het voorjaar), verhoogde fotosynthetische activiteit (door meer CO<sub>2</sub> in de lucht) en versnelde mineralisatie (verhoogde activiteit van bodemorganismen) ook resulteert in een hogere primaire productie en een versnelling van de natuurlijke successie, omdat de groei aan de andere kant wordt beperkt door droogte en een lagere waterbeschikbaarheid.
- **Ons gematigd zeeklimaat wordt mogelijk ongeschikt**  
Ons oorspronkelijk, gematigd zeeklimaat met relatief milde winters én zomers en neerslag tijdens het hele jaar dreigt ongeschikt te worden voor de typische heidehabitats en overgangsvenen. De gemiddelde maandtemperaturen zullen in de toekomst hoger liggen dan het bereik waarbinnen Atlantische heidehabitats voorkomen. De neerslagspreiding over het hele jaar wordt ongunstig voor overgangsvenen met minder regen in de zomermaanden.



- **Soorten verdwijnen, verschijnen of passen zich aan**  
 Klimaatverandering wijzigt de omvang of ligging van het areaal en verspreidingsgebied van soorten. Warmteminnende soorten breiden uit en komen vanuit het zuiden of oosten Vlaanderen binnen. Als soorten niet kunnen meebewegen met de klimaatzones, moeten ze zich aanpassen of zullen ze lokaal uitsterven. Soorten met een noordelijk of montaan verspreidingsgebied zullen afnemen of verdwijnen. Het verspreidingsgebied van mossenrijke heide zal wellicht inkrimpen omwille van een slechte spreiding van de regenval. Volgens de klimaatresponsdatabank (van der Veen et al., 2010) is het klimaat niet meer geschikt voor: struikhei, kruipbrem, gewone dophei, beenbreek, ronde zonnedaauw, klokjesgentiaan, grote wolfsklauw, klapekster, kommavlinder, heivlinder, groentje, levendbarende hagedis en heikikker. Het klimaat zou geschikt blijven voor blauwe bosbes, brem, stekelbrem, klein warkruid, kleine zonnedaauw, veenbies, bruine snavelbies, nachtzwaluw, boomleeuwerik, roodborsttapuit, grauwe klauwier, heideblauwtje, adder, gladde slang en rugstreeppad.
  
- **Verdroging van natte heidehabitats wordt versterkt**  
 De grondwatertafel kan in het toekomstige klimaat vaker, langer en dieper wegzakken. Hangwatersystemen en systemen met lokaal geïnfiltreerd grondwater op hogere zandgronden zullen kampen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. Heidesystemen gevoed door regionale grondwaterstromen zijn trager en reageren minder op extreme events, zoals langdurige zomerdroogtes. Waarschijnlijk zullen echter ook deze systemen aangetast worden en in oppervlakte afnemen. Natte heidevegetaties waarvan de watertafel permanent te laag staat, zullen van soortenrijk naar soortenarm met dominantie van dophei evolueren en vervolgens vergrassen of vervangen worden door drogere types. Door verdroging en versnelde afbraak van het organisch materiaal in de bodem zal natte heide vergrassen met pijpenstrootje. We verwachten dat de oppervlakte en diepte van open wateren in het heidelandschap zal afnemen. Het uitdrogen van open wateren zal onder andere leiden tot een slechtere waterkwaliteit en de achteruitgang van aquatische en amfibische soorten. Verdroging van natte heidebiotopen kan de successie naar bos versnellen. Ze worden gevoelig voor invasies van soorten uit andere habitats zoals boompjes, ruige kruiden, varens, grassen en invasieve exoten.
  
- **Meer kans op overstromingen**  
 Toegenomen neerslag en extreme regenbuien leiden tot een grotere kans op overstromingen en stagnatie. Hierbij kan er een negatief effect zijn op het zure en voedselarme milieu van het heidelandschap afhankelijk van de kwaliteit van het beekwater.
  
- **Vrijstelling van koolstof uit de bodem**  
 Veen- en organische bodems kunnen in een droge periode uitdrogen, waardoor organisch materiaal afbreekt en het milieu voedselrijker wordt. Hierdoor wordt ook het vermogen om koolstof vast te houden aangetast. Een tijdelijk of permanent lagere grondwaterstand zorgt voor een betere doorluchting en verhoogde microbiële activiteit in de bodem.



- **Klimaatverandering verandert de soortsaanstelling van levensgemeenschappen**  
De kennis over hoe klimaatfactoren inwerken op levensgemeenschappen is nog vrij versnipperd en onvolledig. Hierna geven we een oplistening van bekende effecten op bepaalde soortgroepen in het heidelandschap.  
Een neerslagrijke periode kan negatief doorwerken op insectensoorten door 1) beperking van de vliegtijd, 2) overstroming van het leefgebied 3) de overleving van rupsen of poppen in het voorjaar. Anderzijds kan er een positief effect optreden door 1) betere groei van waardplanten en 2) meer bloei van nectarplanten.

Droogte en hitte hebben een negatieve impact hetzij via verdroging van het leefgebied op lange termijn, hetzij via de overleving en voortplanting op korte termijn.  
Bijvoorbeeld: vlinders met een lang rupsstadium zoals heivlinder en kommavlinder gingen sterk achteruit in droge jaren. De rupsen vonden wellicht te weinig frisgroene bladeren van bepaalde planten om te eten. De rupsen van heideblauwtjes eten bijvoorbeeld jonge dop- en struikheide. Bij voorjaarsdroogte groeit jonge heide te weinig, waardoor onvoldoende voedsel voorhanden is. Bij lange droogte produceren bloemen minder nectar waardoor dagvlinders, zweefvliegen, bijen en hommels onvoldoende voedsingstoffen binnenkrijgen. Libellen leven als larve in water en lijken sterk te reageren op het droogvallen van hun waterhabitat.

Hoge temperaturen en droogte kunnen voor koudbloedige dieren tot op zekere hoogte ook positief zijn omwille van een snellere ontwikkeling en betere voortplanting.

- **De basisprincipes voor klimaatadaptief natuurbeheer**

De basisprincipes om tot klimaatadaptief natuurbeheer te komen verschillen eigenlijk niet van de algemene en goed gekende principes om de natuurkwaliteit te verbeteren. De studie verduidelijkt hoe deze principes de effecten van klimaatverandering verminderen of opvangen. Een beheerder kan de algemene principes gebruikt als toetssteen bij het opstellen van natuurbeheerplannen die rekening houden met de effecten van klimaatverandering. De basisprincipes en maatregelendatabank voor klimaatadaptief natuurbeheer werden generiek uitgewerkt voor al de landschapstypes omdat er veel overlap is. De uitwerking van de maatregelen kan variëren voor uiteenlopende landschappen, maar de bovenliggende mechanismen kennen veel overeenkomsten en interacties. Ontwikkelingen in de verschillende landschappen beïnvloeden elkaar en er is sprake van allerlei interacties, onder andere in de overgangen tussen landschapstypen.

Deze klimaatadaptieve principes gaan op voor al de landschapstypes en zijn onder te brengen onder deze vier pijlers:

Pijler 1) Robuuste natuur

- Pijler 1.1 Vergroot de oppervlakte natuurkernen
- Pijler 1.2 Buffer kwetsbare natuur
- Pijler 1.3 Bevorder klimaatgedreven soortverspreiding

Pijler 2) Goede milieuomstandigheden

- Pijler 2.1 Beheer waterhuishouding
- Pijler 2.2 Verminder drukken als vermesting en verzuring





- Pijler 2.3 Bescherm de bodem
- Pijler 2.4 Verhinder de vestiging van schadelijke soorten

Pijler 3) Gevarieerde ecosystemen

- Pijler 3.1 Streef naar soortenvariatie
- Pijler 3.2 Verhoog de genetische diversiteit van soorten
- Pijler 3.3 Creëer maximale structuurvariatie
- Pijler 3.4 Herstel spontane processen

Pijler 4) Voorkomen van natuurrampen of hun impact milderen

- **Hoe veerkrachtig is je gebied voor klimaatverandering?**

Hoe kom je te weten welke maatregelen je best toepast in jouw gebied? Wellicht ben je al bezig met klimaatadaptatie, zonder het te weten of zo te benoemen. Misschien zijn nog extra inspanningen nodig en haalbaar? Via de scoretabel voor heide kan je de veerkracht voor klimaatverandering van je gebied bepalen. Een aantal gebiedskenmerken, die we de 'veerkrachtcriteria' noemen kunnen een score 1 (= veerkrachtig), 2 (= matig gevoelig) of 3 (= gevoelig) krijgen.

In de meeste gevallen zal je vaststellen dat een aantal veerkrachtcriteria kunnen verbeterd worden. Andere criteria liggen mogelijks buiten je directe invloedssfeer. In de databank klimaatadaptatie beheermaatregelen kan je gaan zoeken welke beheermaatregelen kunnen ingezet worden om bepaalde criteria te verbeteren.

- **Gebruik de beheermaatregelendatabank!**

Wil je snel screenen wat je kunt doen om bijvoorbeeld droogteproblemen aan te pakken of het herstelproject dat je uitwerkt extra te onderbouwen, dan kan je de maatregelendatabank doorzoeken op dit specifieke probleem. Door bv. te filteren op het klimateffect 'droogte' lijst je de verschillende maatregelen op die dit klimateffect milderen.

De databank werkt als een soort van kruispunt-databank om verbanden te leggen tussen klimaatverandering, effecten op landschappen en adaptatieve maatregelen, en is daarmee ook een leerinstrument.

In de databank zijn maatregelen opgenomen van zeer praktische aard, bv. om aangeplante bomen beter te laten overleven. Maar de databank bevat ook maatregelen die een effect hebben op een hoger schaalniveau. Wat alle maatregelen gemeen hebben, is dat ze het ecosysteem veerkrachtiger maken voor klimaatverandering.

We hebben bij het inventariseren van de mogelijkheden voor natuurherstel geen onderscheid gemaakt tussen maatregelen waar een beheerder aan kan werken, binnen natuurgebieden en maatregelen die buiten zijn invloedssfeer liggen. Voor een aantal belangrijke klimaatadaptatieve maatregelen is de beheerder afhankelijk van andere partijen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de aanleg van bufferzones, het wegnemen van puntbronnen van stikstofdepositie of het herstel van hydrologische systemen.

- **Sleutel buiten natuurgebieden**

Tijdens de workshops en uit de gevalstudie bleek dat de sleutels voor klimaatadaptatief beheer vaak niet (meer) in de natuurgebieden zelf te vinden zijn, maar daarbuiten. De veerkrachtcriteria die verbeterd kunnen worden, liggen vaak buiten de directe invloedssfeer



van natuurbeheerders. Dit was zo voor alle landschapstypes en zeker ook voor het heidelandschap waarvan de meeste gebieden een langlopend en uitgekend natuurbeheer kennen. Voor robuust herstel van de natuurkwaliteit zijn in toenemende mate ingrepen buiten de natuurterreinen noodzakelijk en op een 'hoger schaalniveau'. Zo kunnen bijvoorbeeld enkel maatregelen buiten natuurgebieden de depositie van stikstof en input van andere schadelijke stoffen verminderen. Hydrologisch herstel heeft bijvoorbeeld de meeste impact wanneer dit in complete hydrologische systemen plaatsvindt en niet beperkt blijft tot relatief kleine maatregelen in de natuurterreinen zelf. Natuurbeheerders hebben geen invloed op de aspecten buiten de natuurterreinen. Dit is voorwerp van politieke, beleidsmatige en maatschappelijke afwegingen en keuzes.

- **Stikstofovermaat blijft breekpunt**

Duurzaam herstel van de natuurkwaliteit is niet mogelijk zonder een omslag naar een meer duurzaam ruimtegebruik. Op de lange termijn is herstel van het heidelandschap alleen mogelijk als een heel ruime schil rondom natuurgebieden een zekere ecologische basiskwaliteit heeft. De natuurgebieden zelf zijn te klein en staan te veel onder invloed van externe factoren om de natuurkwaliteit en het behoud van biodiversiteit te kunnen garanderen.

- **Speerpunten klimaatdaptief heidelandschap**

Heide in Vlaanderen bedekt een heel kleine oppervlakte, een hoge beschermingsgraad en is topleverancier van enkele zeer belangrijke klimaatgevoelige ecosysteemdiensten. Daarom willen we alles uit de kast halen om de natuur- en maatschappelijke waarden zo kwalitatief mogelijk te bewaren in de toekomst.

De beheermethoden die je zal inzetten in het heidelandschap zullen niet ingrijpend wijzigen door klimaatverandering. De huidige beheerdoelen veranderen niet: heide verjongen, vergrassing tegengaan, successie terugzetten, strooisel verminderen, brandpreventie en structuurvariatie creëren blijven de belangrijkste algemene doelen. Verder komen uit de studie de volgende speerpunten voor een veerkrachtig heidelandschap naar voor:

- We verwachten dat ernstige inspanningen nodig zijn naar het bufferen van droogte met vele voordelen voor verschillende sectoren. Ingrenen buiten een natuurgebied kunnen een grote impact kunnen hebben op de waterhuishouding van dat gebied. Als beheerder is het belangrijk om ook op voor die ingrepen een visie of advies te ontwikkelen. Naar aanleiding van de aanhoudende droogteperiodes en het trage herstel van de grondwaterstanden na droogte wordt gepleit om het drietrapsprincipe uit te breiden naar een vijftrapsprincipe, waarin ook aandacht is voor waterbesparing en aanpassingen aan een veranderde waterhuishouding.
- Stikstof aanpakken bij de bron is de enige duurzame oplossing voor heides, zeker bij een gewijzigd klimaat.
- Er moet nieuw leven worden geblazen in de afbakening van een robuust heidenetwerk met functionele verbindingen en klimaatbuffers.
- Grootschalig onderzoek naar de herstelmogelijkheden van bufferende stoffen en andere manieren om verzuring te bufferen moeten opgezet worden met als doel deze op te schalen tot het niveau van natuurherstelprojecten.
- Omdat spontane voorjaarbranden frequenter kunnen voorkomen in de toekomst, moet werk gemaakt worden van preventieplannen voor gebieden met een hoog brandrisico.



## Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Dit rapport baseerde zich op de huidige kennis en stand van zaken. De onzekerheid in de klimaatverandering, het klimaatbeleid, het natuurbeleid en de sociale druk op de natuur zorgen er echter voor dat de bevindingen van dit rapport ook kunnen veranderen. Het is daarom cruciaal om de resultaten van het rapport en de verschillende producten die uit dit project vloeiden up to date te houden.

- De technische fiches en handvaten voor de beheerder worden best aangepast en uitgebreid wanneer nieuwe kennis beschikbaar is.
- De maatregelendatabank geeft een overzicht van een set aan klimaatadaptieve beheermaatregelen. Naargelang meer praktijkkennis en onderzoeksresultaten over hun effectiviteit voorhanden is, kan deze aangepast of verder aangevuld worden.
- De scoring van de veerkrachtcriteria baseert zich op de drempelwaarden zoals die vandaag afgesproken werden. In een veranderend klimaat zullen de grenswaarden voor stikstof, oppervlaktes, de lijst van invasieve soorten enzoverder wellicht worden bijgesteld. Ook kunnen nieuw beschikbare kaarten gebruikt worden als hulpbronnen voor het scoren.

De studie, de scoretabellen en de maatregelendatabank vormen een eerste stap, maar dit is onvoldoende om de kennis en inzichten ook in de praktijk om te zetten. Het gebruik van de producten en het uiteindelijke doel om onze natuur klimaatbestendig te maken, kan dan ook gestimuleerd worden door in te zetten op:

- De toegankelijkheid van de producten, zoals het grafisch aantrekkelijker en eenvoudiger bruikbaar maken van de scoretabel voor veerkracht en de databank met beheermaatregelen;
- Het verhogen van de kennis bij beheerders. De meeste beheerders leren van mond-aan-mond informatieoverdracht of via laagdrempelige artikels. Instanties zoals Inverde en de kennisdeling-website Ecopedia zijn daarom cruciaal voor het brengen van deze producten tot de beheerder.
- Het verhogen van de ondersteuning van de beheerders. Klimaatadaptief beheer uitwerken, vergt een inspanning en tijdsinvestering. We raden aan om experts op te leiden die beheerders begeleiden bij de analyse en keuze van beheermaatregelen.
- Blijvend en sterker inzetten op het beleidsniveau en processen die de beheerder overstijgen. We wijzen met klem op de rol van het beleid en alle niveaus boven de individuele beheerders. Doorheen ons rapport blijkt dat de invloed van de beheerder maar reikt tot een bepaalde hoogte. Gebieds- en beleidsdomeinoverschrijdende klimaatadaptieve maatregelen zoals het vergroten en verbinden van gebieden of hydrologische aanpassingen liggen buiten de directe invloedssfeer van de beheerder. Het lijkt erop dat voor het heidelandschap het beheer zich bijna maximaal heeft ontplooid en vooral nog maatregelen op landschaps- en maatschappelijk niveau zoals vermindering van de vermestende depositie moeten genomen worden.



## Inhoudstafel

0	Inleiding	17
0.1	Klimaatbestendige ecosystemen door klimaatmitigatie en -adaptatie	17
0.2	Beheer klimaatadaptief maken in 5 stappen	19
1	STAP 1: DOELEN VAN HET HEIDELANDSCHAP	21
1.1	Beschrijving en geografische verspreiding van het heidelandschap	21
1.2	Kenmerkende ecologische processen	23
1.2.1	Morfologische dynamiek	23
1.2.2	De watercyclus	23
1.2.3	De nutriëntencyclus en primaire productie	23
1.2.4	Verbreiding van soorten	24
1.2.5	Natuurlijke successie	24
1.3	Kenmerkende ecologische structuren	24
1.3.1	Stuifduinen	24
1.3.2	Droge heide	25
1.3.3	Natte heide, venen en vennen	25
1.3.4	Vegetatiestructuur van het heidelandschap	27
1.3.5	Heidebodems	28
1.3.6	Levensgemeenschappen van het heidelandschap	29
1.4	Drukken op het heidelandschap	30
1.4.1	Vermesting	30
1.4.2	Verzuring	30
1.4.3	Verdroging	30
1.4.4	Versnippering	31
1.4.5	Invasieve uitheemse soorten	31
1.4.6	Brand	32
1.4.7	Onbalans nutriënten en mineralen	32
1.5	Natuurwaarden van het heidelandschap	33
1.6	Ecosysteemdiensten van het heidelandschap	33
1.6.1	Waterproductie	33
1.6.2	Koolstofopslag	34
1.6.3	Groene ruimte voor buitenactiviteiten	34
1.6.4	Cultuur- en natuurhistorisch erfgoed	35
2	Stap 2: Effecten klimaatverandering op het heidelandschap	36



2.1	Waargenomen en verwachte klimaatveranderingen in Vlaanderen	36
2.1.1	Wind	37
2.1.2	Temperatuur	37
2.1.3	Verdamping en neerslag	38
2.2	Effecten op ecologische processen en structuren van het heidelandschap	39
2.2.1	Tipping points	39
2.2.2	Algemene effecten	41
2.2.3	Effecten op processen	44
2.2.3.1	Morfologische dynamiek	44
2.2.3.2	De watercyclus	44
2.2.3.3	De nutriëntencyclus en primaire productie	45
2.2.3.4	Verbreiding van soorten	45
2.2.3.5	Natuurlijke successie	46
2.2.4	Effecten op structuren	46
2.2.4.1	Effecten op stuifduinen	46
2.2.4.2	Effect op droge heide	47
2.2.4.3	Effect op natte heidehabitats, venen en vennen	47
2.2.4.4	Effect op vegetatiestructuur	48
2.2.4.5	Effect op de heidebodem	48
2.2.4.6	Effecten op levensgemeenschappen van het heidelandschap	49
3	Stap 3: Adaptatiestrategie	51
3.1	Stap 3.1: Principes voor klimaatadaptief natuurbeheer	52
3.1.1	Pijler 1 Robuuste natuur	52
3.1.1.1	Vergroot de oppervlakte natuurkernen	52
3.1.1.2	Buffer kwetsbare natuur	53
3.1.1.3	Bevorder klimaatgedreven soortverbreiding	53
3.1.2	Pijler 2 Goede milieuomstandigheden	54
3.1.2.1	Beheer de waterhuishouding	54
3.1.2.2	Verminder drukken als vermesting en verzuring	55
3.1.2.3	Bescherm de bodem	55
3.1.2.4	Verhinder de vestiging van schadelijke soorten	56
3.1.3	Pijler 3 Gevarieerde ecosystemen	56
3.1.3.1	Streef naar soortenvariatie	56
3.1.3.2	Verhoog de genetische diversiteit van soorten	56
3.1.3.3	Creëer maximale structuurvariatie	56
3.1.3.4	Herstel spontane processen	57



3.1.4	Pijler 4 Voorkomen van natuurrampen of hun impact milderen	57
3.2	Stap 3.2: Werkwijze voor het bepalen van lokale adaptatieprioriteiten	59
3.2.1	Veerkrachtcriteria	59
3.2.1.1	Criteria voor de beoordeling van externe drukken op landschapsniveau	59
3.2.1.2	Criteria voor de beoordeling van de kwetsbaarheid van ecosystemen	61
3.3	Stap 3.3 Criteria koppelen aan beheermaatregelen	61
3.3.1	Ruimtelijke eenheden voor scoring	61
3.3.2	Het scoren van criteria	62
3.3.3	Werkwijze scoring	62
3.3.4	De veerkracht en potenties van je gebied visueel weergeven	63
3.3.5	Kies adaptieve beheermaatregelen	65
4	Stap 4: Implementatie beheermaatregelen	66
4.1	Toelichting bij de maatregelendatabank	66
4.2	Opbouw maatregelendatabank	66
4.3	Gebruik maatregelendatabank	66
4.3.1	Werkwijze voor het bepalen van adaptatieprioriteiten	66
4.3.2	Algemeen gebruik maatregelendatabank	67
4.3.3	Voor- en nadelen van de beheermaatregelen	67
4.4	Handvaten voor beheerders	68
4.4.1	Handvat aanpassing van waterhuishouding	69
4.4.1.1	Inleiding	69
4.4.1.2	Water besparen	70
4.4.1.2.1	Optimalisatie van peilen in de omgeving	70
4.4.1.2.2	Pas vegetaties aan	70
4.4.1.2.3	Ontwikkel afkoppelplan bij droogte	71
4.4.1.3	Water vasthouden	71
4.4.1.3.1	Bevorderen van infiltratie	71
4.4.1.3.2	Hou water stroomopwaarts op	72
4.4.1.3.3	Afbouw van drainagesystemen	72
4.4.1.3.4	Verhogen van de perifere weerstand	74
4.4.1.4	Water bergen	74
4.4.1.5	Aanpassen	74
4.4.1.5.1	Kunstmatige aanvoer van water	74
4.4.1.5.2	Aanpassen van het terrein	75
4.4.1.5.3	Pas natuurdoelen aan	76

//

4.4.1.6	Waterafvoer	76
4.4.1.7	Randvoorwaarden bij het toepassen van hydrologische herstelmaatregelen	76
4.4.1.7.1	Tegengaan van verzuring	77
	Vasthouden van water	77
	Buffering zuurgraad van de bodem	77
	Aanvullen mineraalbuffer in bodem	77
4.4.1.7.2	Tegengaan van eutrofiëring	78
	Herstel van veengronden	78
	Herstel van de kweldruk	78
	Inlaat van gebiedsvreemd water	78
	Afgraven	78
4.4.1.8	Studie van je gebied	79
4.4.1.9	Hydrologisch herstel in het heidelandschap	80
4.4.2	Preventie van voorjaarsbranden	81
4.4.2.1	Natuurbranden in Vlaanderen	81
4.4.2.2	Natuurbrand en klimaatverandering	82
4.4.2.3	Typering natuurbranden	83
4.4.2.4	Planmatige acties (naar De Blust en Laurijssens, 2014)	84
4.4.2.4.1	Het brandrisico bepalen	84
4.4.2.4.2	Een brandpreventie- en actieplan opmaken	84
4.4.2.4.3	De bevolking sensibiliseren	84
4.4.2.4.4	Gedetailleerde kaart maken	85
4.4.2.5	Inrichting en beheer van het terrein (naar De Blust en Laurijssens, 2014)	85
4.4.2.5.1	Compartimenteren in brandvlakken via firebreaks	86
4.4.2.5.2	Zorg voor een goede ontsluiting van het gebied voor hulpdiensten	87
4.4.2.5.3	Voorzie voldoende bluswater in en rond het gebied	87
4.4.2.5.4	Zet een netwerk op met duidelijke coördinatiepunten	88
4.4.2.5.5	Plaats brandtorens of voorzie een ander monitoringssysteem	88
4.4.2.5.6	Vermijd verdroging	89
4.4.2.5.7	Verminder de hoeveelheid brandbaar materiaal	89
4.4.3	Steenmeel toedienen	89
5	Stap 5: Monitor effectiviteit	91
6	Casus heidelandschap	92
6.1	Casus Kalmthoutse Heide	92



6.1.1	Afbakening beheerblok voor scoring	92
6.1.2	Stap 1: Definieer doelen	94
6.1.3	Stap 2: Impact van klimaatverandering op processen en structuren	94
6.1.4	Stap 3: Bepalen van lokale adaptatieprioriteiten	95
6.1.4.1	Scoring van veerkrachtcriteria	95
6.1.4.2	Identificeren van de adaptatiestrategie	102
7	Referenties	105
8	Bijlage 1: Scoretabel veerkracht heidelandschap	115
9	Bijlage 2: Politiek mondiaal relevante omslagellemeneten	119
10	Bijlage 3: Technische fiches	122
10.1	Begrazing in de heide	122
10.2	Beheerbranden	122





## Lijst van figuren

Figuur 1:	De linkerfiguur toont de evolutie in de mondiale uitstoot van broeikasgassen tot 2010. Op de figuur is nog geen daling van de uitstoot te zien. (Bron: (IPCC, 2014)). De rechterfiguur toont de evolutie in de uitstoot van broeikasgassen in Vlaanderen tot 2018. Op de figuur is een stagnatie te zien in de uitstoot. (Bron: <a href="https://www.milieurapport.be">https://www.milieurapport.be</a> , geraadpleegd op 12/05/2021).	18
Figuur 2	Schematische weergave van adaptief beheer onder invloed van klimaatverandering en andere milieudrukken (naar Demey et al. 2015).	19
Figuur 3	Evolutie van de gemiddelde temperatuur in België (ten opzichte van de normale 1961-1990) voor de periode 1951-2100. De lijnen stemmen overeen met het verloop van de gemiddelde geobserveerde temperaturen in het verleden. Voor de toekomst tonen ze het verloop van de gemodelleerde temperaturen volgens verschillende broeikasgasscenario's. De verticale rode en blauwe balken zijn de geobserveerde jaargemiddelden tot 2018 (bron: KMI 2020).	36
Figuur 4	Jaargemiddelde temperatuur per maand voor het huidige klimaat en hoog impactscenario in 2100 (bron: klimaatportaal Vlaanderen geraadpleegd op 31/07/2020).	37
Figuur 5	Neerslagtotaal per maand voor het huidige klimaat en hoog impactscenario in 2100 (bron: klimaatportaal Vlaanderen geraadpleegd op 31/07/2020).	38
Figuur 6	Vereenvoudigde weergave van de effecten van klimaat op abiotische processen, op structuren (populatie-niveau en op ecosysteem-niveau).	42
Figuur 7	Werkwijze en samenhang tussen 3.1, 3.2 en 3.3.	52
Figuur 8	Kwadrantenschema dat een specifiek gebied of beheereenheid plaatst, afhankelijk van zijn weerbaarheid voor klimaatverandering.	64
Figuur 9	Voorbeeld van hoe een veerkrachtcriterium verbeterd kan worden door meerdere beheermaatregelen en vervolgens doorwerkt naar verschillende adaptieve principes.	67
Figuur 10:	Overzicht van de verschillende zones en de link met de 4 pijlers en daaraan gelinkte principes. Deze figuur geeft een indicatie in het algemeen. Afhankelijk van de individuele situatie kan natuurlijk een bepaald principe belangrijker of minder belangrijk zijn.	68
Figuur 11	In vergraste (vaak verdroogde) heide is geschikt leefgebied (blauwe balk) alleen nog in laagten te vinden, terwijl dat in goed ontwikkelde heide ook hogerop te vinden is. Bij extreme regenval of te snel doorgevoerde vernatting kunnen soorten door inundatie (grijze balk) verdwijnen (tekening Gerard Oostermeijer).	80
Figuur 12	Afbakening van het Centrale beheerblok oost in de Kalmthoutse heide met gehoede begrazing en uitgerasterde zones (rood).	93
Figuur 13	Situering van de Centrale heide oost in het kwadrantenschema volgens de actuele en potentiële veerkracht van de eenheid.	103

## Lijst van tabellen

Tabel 1	Europees beschermde habitattypes (cijfercode), rbb's (regionaal belangrijke biotopen) en overige vegetatietypes die deel uitmaken van het heidelandchap (lettercode) ingedeeld volgens biotoopgroep.	26
Tabel 2	Levensfasen van struikheide en indicatie van de duur van deze fasen (naar Watt, 1947).	27



## 0 INLEIDING

### 0.1 KLIMAATBESTENDIGE ECOSYSTEMEN DOOR KLIMAATMITIGATIE EN -ADAPTATIE

De aarde warmt op, met zware gevolgen voor soorten, ecosystemen en de mensheid.

Het vijfde syntheserapport van het toonaangevende Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2014) concludeert dat de voorbije drie decennia de warmste waren sinds het begin van de metingen. De oorzaak van dit alles wordt met uitermate hoge zekerheid toegeschreven aan menselijke factoren, in het bijzonder de toegenomen uitstoot van broeikasgassen zoals koolstofdioxide, methaan en stikstofoxides als gevolg van economische vooruitgang en de groei van de wereldbevolking. De atmosferische concentraties CO<sub>2</sub> zijn de hoogste in 800.000 jaar.

De gevolgen zijn enorm: de temperatuur van de atmosfeer en oceanen neemt hierdoor toe. De sneeuwkapen smelten aan ongezien tempo waardoor de zeespiegel stijgt. Oceanen verzuren. Een aantal extreme fenomenen zoals hittegolven, extreem lange droge periodes, hoge zeespiegels en felle regenbuien zitten in meerdere regio's in stijgende lijn.

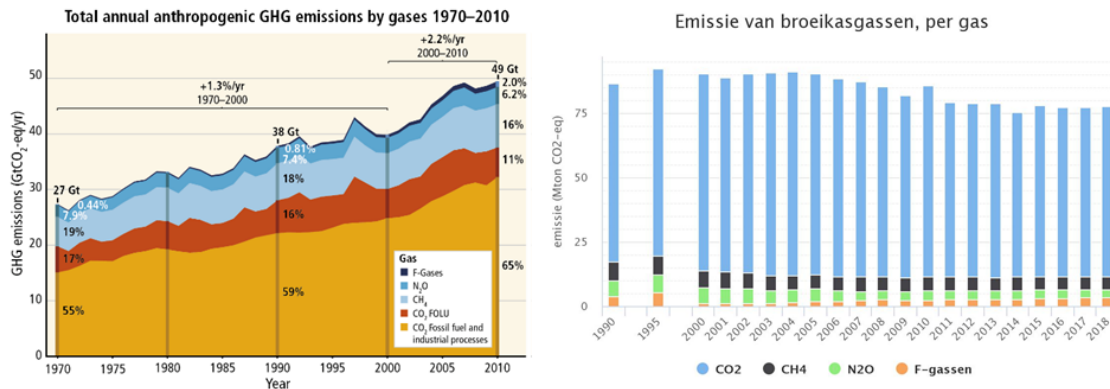
Het voortbestaan van heel wat soorten en ecosystemen komt hierdoor in het gedrang. Ook voor de mensheid zijn er ernstige bedreigingen door deze klimaatverandering zowel rechtstreeks door onder andere weersextremen als onrechtstreeks door onder andere instabiliteit van ecosystemen.

Internationaal werd afgesproken om de opwarming onder de drempel van 2°C ten opzichte van het pre-industriële tijdperk (< 1750) te houden via het inperken van onze uitstoot aan broeikasgassen (Paris Agreement, 2015). Uit onderzoek blijkt namelijk dat een stijging hoger dan 2 graden rampzalige gevolgen zal hebben voor mens, dier en natuur (Paris Agreement, 2015). Als we echter naar de huidige evolutie kijken van de uitstoot van de broeikasgassen, zien we dat deze trend nog niet ingezet is. Zowel globaal als in Vlaanderen (Figuur 1) neemt de uitstoot niet snel genoeg af. Afhankelijk van het scenario ligt de verwachte verandering in gemiddelde temperatuur in België tussen de 0,7°C en 5,0°C tegen het einde van de eeuw (KMI, 2020).

Voor deze studie werd geopteerd voor het hoge impact scenario, omdat dit het best overeenkomt met de meest recente voorspellingen (Van Der Aa et al., 2015). Dit betreft een 'business-as-usual'-scenario inzake wereldwijde uitstoot en concentraties aan broeikasgassen, waarbij het huidige uitstootpad blijft aangehouden en de mens er niet in slaagt de komende decennia de weg naar een mondiale, koolstofarme economie in te slaan.

Het feit dat er onzekerheid bestaat over de aard en ernst van de impact klimaatverandering op ecosystemen wordt niet gezien als een reden om maatregelen uit te stellen. We gingen uit van het voorzichtigheidsbeginsel (Brundtland rapport, 1987) waarbij de kans op serieuze of onomkeerbare schade voldoende aanleiding is om nu al maatregelen te nemen.





Figuur 1: De linkerfiguur toont de evolutie in de mondiale uitstoot van broeikasgassen tot 2010. Op de figuur is nog geen daling van de uitstoot te zien. (Bron: (IPCC, 2014)). De rechterfiguur toont de evolutie in de uitstoot van broeikasgassen in Vlaanderen tot 2018. Op de figuur is een stagnatie te zien in de uitstoot. (Bron: <https://www.milieurapport.be>, geraadpleegd op 12/05/2021).

Er moeten dus extra en drastische maatregelen genomen worden als we de vooropgestelde doelen willen behalen. Die maatregelen focussen zich op twee strategieën:

- Enerzijds zijn er mitigatiemaatregelen. Mitigatie verwijst naar maatregelen die gericht zijn op het reduceren van atmosferische concentraties van broeikasgassen.
- Naast deze emissiereductie-verplichtingen moeten de partijen van het Kyoto-protocol ook maatregelen nemen om de negatieve gevolgen van klimaatverandering te verminderen. Dit zijn adaptatiemaatregelen. Adaptatie omvat maatregelen om de negatieve effecten van klimaatveranderingen beter op te vangen, zonder de oorzaak aan te pakken.

Klimaatmitigatie en -adaptatie staan niet los van elkaar. Acties die worden ondernomen rond klimaatadaptatie hebben vaak een effect op vlak van klimaatmitigatie en vice versa.

Het ontwerp van het Vlaamse Energie- en Klimaatplan (2021-2030) stelt doelen en maatregelen voor op de sectoren die niet gevat worden door het Europees Systeem van Verhandelbare Emissierechten (EU ETS): de gebouwen, transport, landbouw, afval en een klein deel van de industrie. Het is immers enkel voor deze sectoren dat de lidstaten zelf doelstellingen moeten naleven. De focus ligt op de directe emissies van elke sector. Het nieuwe Vlaamse Regeerakkoord bevestigt eveneens het cruciale belang van natuurbeheer in dit kader. Men zet daarbij niet alleen in op klimaatmitigatie door duurzaam en zorgvuldig landgebruik, de natuur krijgt ook een prioritaire rol in klimaatadaptatie.

Met klimaatmitigatie en -adaptatie proberen we de risico's voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten, of de kwetsbaarheid van natuur en de samenleving voor en door klimaatverandering, te verminderen. Mogelijks biedt het veranderend klimaat ook kansen waar we van kunnen profiteren. Het centrale concept is de natuur en haar relatie tot de samenleving meer weerbaar te maken.

Er werd in dit project gekozen voor een opdeling in landschapstypes. De processen en structuren, impact van klimaatverandering en de beheermaatregelen zijn immers vaak landschapsspecifiek. Uiteraard zijn in de meeste gebieden elementen aanwezig uit verschillende landschappen en kunnen klimaatverandering en milieudrukken op sommige van die elementen eenzelfde invloed uitoefenen.



een algemene toelichting bij klimaatverandering en beschrijft dan de verwachte impact van klimaatverandering.

### 3. Ontwikkel een adaptatiestrategie

In de derde stap ga je zelf aan de slag. Je ontwikkelt een strategie om de belangrijkste structuren en processen zoveel mogelijk te behouden. Dit doe je door rekening te houden met landschapsspecifieke klimaateffecten.

Het bepalen van de strategie bestaat uit 2 delen:

- Algemene principes voor adaptief beheer om landschappen weerbaarder te maken tegen klimaatverandering, of om effecten te milderen;
- Een werkwijze en tool om na te gaan hoe kwetsbaar/veerkrachtig je gebied is voor klimaatverandering. Met de tool kan je een gebiedsanalyse uitvoeren door een aantal criteria voor klimaatkwetsbaarheid/veerkracht te scoren. Hierdoor wordt duidelijk wat de lokale adaptatieprioriteiten kunnen zijn.

Via de adaptatieprioriteiten, kom je terecht bij een reeks van maatregelen waaruit je de meest geschikte kan kiezen voor je gebied.

### 4. Implementeer adaptatief beheer

Enmaal de te volgen strategie duidelijk is, kan je adaptieve maatregelen toepassen om het gebied klimaatrobuuster maken.

We bieden hulpmiddelen aan voor het implementeren van adaptatiebeheer:

- Databank klimaatadaptieve beheermaatregelen. Elke maatregel is gekoppeld aan effecten van klimaatverandering die ze milderen (2), adaptieve beheerprincipes (3.1) en veerkrachtcriteria (3.2). We voorzien ook een kolom met een link naar de standaardwerken waarin de beheermaatregel wordt besproken.
- Handvaten. Voor een aantal (groepen) van de beheermaatregelen hebben we handvaten-fiches ontwikkeld in aparte hoofdstukjes. Hierin wordt meer informatie aangeboden over de wisselwerking met klimaatverandering.
- Technische fiches. Het gaat om enkele fiches van beheermaatregelen (en hun klimaatadaptieve werking) die niet beschreven staan in standaardwerken voor beheerders. De technische fiches worden via Ecopedia aangeboden. Je komt op de juiste pagina terecht door te klikken op de hyperlinks voorzien bij de maatregelen.

### 5. Monitor effectiviteit

Beheermaatregelen zijn pas effectief wanneer de gestelde doelen worden bereikt. Deze stap van de adaptieve beheercyclus, stap 5 behandelen we niet, maar is erg belangrijk. Wanneer doelen niet bereikt worden, moeten beheermaatregelen immers aangepast of veranderd worden. Indien dit geen optie is, moet onderzocht worden waarom de doelstellingen met deze maatregelen niet kunnen bereikt worden. Kan de oorzaak hiervan worden weggenomen? Eventueel kan overwogen worden om de beheerdoelen zelf bij te stellen.

Binnen dit rapport hebben we voor elk landschapstype een casus uitgewerkt waarbij we stap 1 tot en met stap 3 van dit rapport doorlopen. De casussen demonstreren hoe je zelf aan de slag kan gaan met de hulpmiddelen uit dit rapport.



# 1 STAP 1: DOELEN VAN HET HEIDELANDSCHAP

Een eerste belangrijke stap bij het natuur- en bosbeheer is het formuleren van duidelijke doelstellingen voor een bepaald natuurterrein. Deze hangen af van de actuele waarden en potentie van het gebied. Duidelijke doelstellingen zijn essentieel voor het formuleren van zinvolle beheermaatregelen en om op te volgen of de doelen daadwerkelijk gehaald worden via het voorziene beheer.

Voor beheereenheden worden natuurstreefbeelden afgesproken. De huidige natuurdoelen voor habitats en populaties van soorten blijven overeind en worden in functie van klimaatadaptatie aangevuld met doelen op ecosysteemniveau. Om je beheer klimaatadaptief te maken, is dus ook een analyse nodig op de grotere schaal van het landschap. Wat is belangrijk op ecosysteemniveau? Welke typische structuren en processen wil je behouden?

Stap 1 beschrijft de belangrijkste processen, structuren, drukken, natuurwaarden en ecosysteemdiensten van het heidelandschap. Deze kan een beheerder in het achterhoofd houden bij het formuleren van de doelen op ecosysteemniveau. Klimaatverandering verandert zo goed als zeker de processen, structuren, drukken, natuurwaarden en ecosysteemdiensten.

## 1.1 BESCHRIJVING EN GEOGRAFISCHE VERSPREIDING VAN HET HEIDELANDSCHAP

Het heidelandschap bestaat uit droge en natte heidevelden, stuivende duinen, vennen en vijvers, slenken en venen. Hier en daar groeien enkele bomen of is een klein bosje of struweel aanwezig. Het heidelandschap wordt vaak opgedeeld in natte heide en droge heide op basis van de milieuomstandigheden en de vegetatiesamenstelling. Beide types bestaan in een goed ontwikkelde vorm uit altijdgroene dwergstruiken (De Blust, 2011; Van Reeth, 2020).

Het heidelandschap is een overblijfsel van een historisch, extensief landbouwecosysteem. Aan het historisch gebruik van het heidelandschap zijn vaak bijzondere ecologische waarden verbonden. Van de oppervlakte heide die rond 1850 bestond, bleef aan het einde van de twintigste eeuw ongeveer 5 procent over (Odé et al., 2001). De resterende heidevelden zijn tegenwoordig natuurgebied of worden gebruikt als militair oefenterrein. Vanaf de 19de eeuw ging het areaal fel achteruit. Heidevelden konden vanaf dan omgezet worden naar akker of grasland met behulp van kunstmest of werden beplant met bomen (Odé et al., 2001). Meer recent verdwenen nog vrij grote oppervlaktes buiten beschermde gebieden onder bebouwing of infrastructuur (De Blust, 2011).

Vandaag is heide schaars in Vlaanderen en bedekt ze nog 0,6 tot 1 procent van het totaaloppervlak: zo'n 7.700 tot 13.000 hectare (De Saeger, 2020). Toch is het heidelandschap van groot belang voor het behoud van de biodiversiteit: 13% van de meest bedreigde dier- en plantensoorten in Vlaanderen maken gebruik van het heidelandschap (Van Reeth, 2020).

Vlaamse heidegebieden variëren sterk in oppervlakte en de samenhang tussen gebieden is gering (Piessens et al., 2005). In grote en samenhangende heidegebieden is de oorspronkelijke landschappelijke structuur nog goed herkenbaar en is vaak de hele gradiënt van droge naar natte heidebiotopen aanwezig. In topografisch hoog gelegen, vlakke gebieden gaat het om vlakke heidelandschappen vaak met uitgestrekte duincomplexen en daartussen depressies met



vennen (Sterckx et al., 2008). In heidegebieden op hellende landschapsdelen ontspringen kleine beken die zich insnijden dwars op de hellingsrichting. Hier wisselen hoger gelegen duinruggen af met venige riviervalleitjes.

Heidehabitats komen voor over heel Vlaanderen, met uitzondering van de Polders. De grootste oppervlaktes bevinden zich in Antwerpen en Limburg. De militaire domeinen: Schietveld van Helchteren, Kamp Beverlo, Tielenheide, Klein en Groot schietveld en enkele grote natuurreservaten zoals de Kalmthoutse heide, de Mechelse Heide, de Vallei van de Ziepbeek, Kikbeekbron en de Teut-Tenhaagdoornheide bevatten uitgestrekte heidevelden, waar het relatief rustig is. Hierdoor zijn zij van bijzonder belang voor het natuurbehoud. In de Zuiderkempen, het Hageland, Haspengouw, de Voerstreek en het Brabantse is heide aanwezig op flanken en toppen van Diestiaanheuvelds, een zeldzaam duingebied en zandige opduikingen in het leemgebied. In Oost- en West-Vlaanderen komen heidebiotopen meestal voor als relictten in opengekapte bossen, bermen en greppels. Oorspronkelijke heidepercelen komen voor in het Brugs Houtland, op de dekzandrug van Stekene-Maldegem en op enkele hogere questa's en getuigenheuvelds. Langs de Kust komen enkele plekjes heide voor te Westende (De Blust, 2011).

De belangrijkste en meest kenmerkende gebieden die deel uitmaken van het Vlaamse heidelandschap zijn (van oost naar west):

- Oplabbekerzavel, Heiderbos, Ruwmortelven
- Munsterbos
- De Maten
- Schietveld van Helchteren
- Teut-Tenhaagdoornheide
- Kamp Beverlo en de vallei van de Zwarte Beek
- Vijvergebied Midden-Limburg
- Hageven en de Beverbeekse heide
- Landschap de Liereman
- Averbode bos en heide
- Zammelsbroek, Langdonken en Goor
- Turnhouts vennengebied
- Buitengoor, Snepkensvijver
- Tielenheide
- Kempense Kleiputten
- Klein en Groot Schietveld
- Kalmthoutse Heide
- Stropersbos, Heidebos en Drongengoedbos
- Bulskampveld – Vloethemveld
- Mechelse Heide, Kikbeekbron, Vallei van de Ziepbeek en Neerharenheide

Deze lijst kan aangevuld worden met een reeks gebieden die minstens deels tot het heidelandschap kunnen gerekend worden, maar dermate veranderd zijn dat de typische heidebiotopen slechts een klein deel uitmaken van het totaal.

Een juridische definitie van heidelandschap ontbreekt, maar via de vegetatietypes van de biologische waarderingskaart en habitatkaart zijn de verschillende heidehabitats gedetailleerd omschreven (Vriens et al., 2011). Alle heidehabitats zijn via hun BWK- en/of habitatcode wettelijk beschermd door het Natuurdecreet.



## 1.2 KENMERKENDE ECOLOGISCHE PROCESSEN

### 1.2.1 Morfologische dynamiek

De morfologische dynamiek in een gebied wordt bepaald door het verschil tussen sedimentatie en erosie. Het heidelandschap was voor het industriële tijdperk erg dynamisch doordat een hoog aandeel los zand kon verstuiven. De bodemstructuur werd op grote schaal vernietigd door processen als overbegrazing, plaggen, watererosie of windverstuiving. Onder windverstuiving wordt het opwaaien van sediment op de ene plek, het transport en afzetten op een andere plek verstaan. Hierbij worden telkens opnieuw pioniercondities gecreëerd en kan natuurlijke successie terug starten vanaf nul (Provoost, 2017; De Blust, 2011).

### 1.2.2 De watercyclus

Heidegebieden zijn vaak belangrijk voor de aanvulling van de regionale grondwatervoorraad. Het grootste deel van de neerslag infiltreert er snel in de bodem waardoor de boven- en ondergrondse afstroming beperkt blijft. Het heidelandschap concentreert zich in landschappelijk hoger gelegen delen zoals op plateaus, cuestas en heuvels. Behalve op de vaak beperkte plekken met een hoge grondwatertafel is de ondergrond goed waterdoorlaatbaar. Heides en graslanden vangen en verdampen minder water dan bos. Op een zandige bodem met een voldoende diepe grondwatertafel zal ongeveer 75% infiltreren onder heide of grasland, terwijl dit bij eikenbossen 30% en naaldbossen 15% bedraagt. Jaarlijks kan in heides dus 60 centimeter per vierkante meter infiltreren en langer verblijven in het water- en ecosysteem. Dit cijfer is tweeënehalf keer meer dan het Vlaamse gemiddelde: slechts 23 van de 80 centimeter die jaarlijks valt per vierkante meter kan infiltreren. Ongeveer 50 centimeter verdampt (evapotranspiratie) en 7 centimeter stroomt weg via allerlei grachten, beken en rivieren (Vrebos et al., 2014).

Het geïnfiltreerde water kan rechtstreeks de grondwatervoorraad aanvullen, maar kan ook ondergronds afstromen naar lager gelegen landschapsdelen via een watervoerende bodemlaag. Waar die watervoerende bodemlaag het aardoppervlak snijdt, komt het water opnieuw aan de oppervlakte en ontstaan natte natuurtypes. Heidegebieden zorgen op die manier dus ook mee voor de ontwikkeling en het behoud van natte natuurtypes.

### 1.2.3 De nutriëntencyclus en primaire productie

Zowel de bodem, de vegetatie als de nutriëntencyclus van het heidelandschap zijn arm aan voedingsstoffen. Dit uit zich in een lage biomassa-productie met minder dan 4 ton droge stof per hectare per jaar. Daarnaast zijn de aandelen stikstof en fosfor laag ten opzichte van totale hoeveelheid koolstof in bodem, planten en dieren (Laurijssen et al. 2007).

Jaarlijks sterven plantendelen af en vallen deze op de bodem. Afbrekend heidestrooisel is een belangrijke bron van nutriënten voor planten en micro-organismen. Planten nemen via hun wortelsysteem opgeloste stoffen op. Struikheide produceert fosfaatarm strooisel met een stikstof/fosfaatverhouding groter dan 16. Dit geeft aan dat fosfaat het nutriënt is dat plantengroei in de heide beperkt (Vogels et al. 2017).

Tijdens de afbraak van vers organisch materiaal spelen er twee processen: mineralisatie en humificatie. Bij mineralisatie komen een aantal nutriënten (stikstof, fosfor, kalium, calcium, magnesium, zwavel, sporenelementen) en CO<sub>2</sub> vrij. Door humificatie komt NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vrij en ontstaan er humusverbindingen. De snelheid waarbij mineralisatie optreedt, is afhankelijk van de ouderdom van de vegetatie en de strooiselsamenstelling. Zo zal de mineralisatie in jonge

struikheide minder snel gaan dan in een oude struikheide en mineraliseert strooisel van pijpenstrootje minimaal 2 keer sneller dan struikheidestrooisel (Isterdael et al., 1990). Heidestruiken bestaan voor een groter deel uit moeilijk afbreekbare organische stof die veel lignine bevat. Vooral schimmels spelen een rol in de afbraak van heidestrooisel gezien ze goed gedijen in zuur milieu en via enzymen geleidelijk de koolstof kunnen onttrekken uit het organisch materiaal.

#### 1.2.4 Verbreiding van soorten

Verbonden populaties kunnen individuen met elkaar uitwisselen. Hierdoor zijn soorten minder gevoelig voor lokaal uitsterven onder invloed van een milieudruk en kunnen ze opnieuw geschikt leefgebied koloniseren als de milieudruk afneemt of als gedegradeerd leefgebied herstelt na bijvoorbeeld een brand of extreem droge periode.

Er zijn grote verschillen tussen soorten wat betreft dispersiecapaciteit: de ene soort overbrugt met gemak grote afstanden van vele tientallen tot wellicht honderden kilometers. Andere soorten die plaatstrouw zijn, trekken zelden verder dan enkele kilometers. Netwerkpopulaties voor bepaalde soorten worden dan ook op verschillende ruimtelijke schalen onderscheiden. Maatregelen om de landschapskwaliteit opnieuw te verbeteren en functionele verbindingen te realiseren, zijn zeer uiteenlopend en soort- en habitatspecifiek, waardoor een grondige voorstudie steeds vereist is (Adriaens et al., 2007).

#### 1.2.5 Natuurlijke successie

Zonder menselijk ingrijpen evolueert een heide langzaam naar bos. Door natuurlijke successie gaat de ene levensgemeenschap geleidelijk over in de andere (Begon et al. 2006). Op onbegroeide minerale bodem begint de successie met de vorming van schimmeldraden gevolgd door algen, korstmossen en pionierplanten. Deze zorgen voor de opbouw van een dun laagje organische en anorganische stoffen in de bovenste centimeters. Op landduinen wordt in deze fase ook het stuivend zand vastgelegd. Vervolgens kunnen grassen, heidestruiken en andere kruiden er gaan groeien en ontstaan heidevelden. Geleidelijk verschijnen individuele bomen en struiken in de heide, waarna deze evolueren naar groepjes en geleidelijk verder uitbreiden tot boomheide en bos (Berendse, 2005). Beheermaatregelen die de successie terugzetten zijn noodzakelijk voor het behoud van het heidelandschap.

### 1.3 KENMERKENDE ECOLOGISCHE STRUCTUREN

#### 1.3.1 Stuifduinen

Hoge, droge duinen en stuifzanden ontstonden vanaf de middeleeuwen door intensief menselijk gebruik en uitputting van de bodem (Riksen et al., 2006). Hierdoor is zand bloot komen te liggen en actief gaan stuiven. De zandvlakten konden nog verder uitbreiden door grootschalige verstuingen. Aan het einde van de 19e eeuw werden stuifduinen grotendeels vastgelegd door de aanplant van naaldbos.

Dit mossen- en kostmossenrijk pionierbiotoop evolueert onder een extensief begrazingsbeheer geleidelijk naar droge heide. Bij een dalende winddynamiek, wordt het zand vastgelegd door buntgras en zandzegge. Wanneer na verloop van tijd iets meer organisch materiaal aanwezig is, kunnen kruiden als heidespurrie en klein tasjeskruid, maar ook zandstruisgras, ruig haarmos en verschillende korstmossen zich vestigen. Het warme, open zand is onder andere van belang voor insecten die gangen graven in het harde zand zoals solitaire graafbijen, graafwespen, zandloopkevers, mierenleeuwen en rupsendoder.



Stuifduinen zijn bijvoorbeeld belangrijk voor heivlinder, zandloopkevers, blauwvleugelsprinkhaan, zanddoorworm, boomleeuwerik en levendbarende hagedis.

### 1.3.2 Droge heide

Op droge delen van het heidelandschap domineert struikheide, aangevuld met andere dwergstruiken zoals stekelbrem, kruipbrem en in zeldzame gevallen rode dophei en jeneverbes. Op plaatsen met een goed ontwikkelde humuslaag groeit bosbes en hengel. Grassen als pijpenstrootje en bochtige smele zijn van nature aanwezig in droge heide, maar domineren niet. Oude heidevegetaties met opvallende struikheide zijn vaak rijk aan mossen en kostmossen.

### 1.3.3 Natte heide, venen en vennen

Wanneer grondwater zich grote delen van het jaar binnen het bereik van de wortels bevindt, ontstaat vochtige, natte of venige heide. Dit biotoopcomplex kan beschouwd worden als een verzameling van een groot aantal verschillende vegetatietypen, die meestal fijnmazige afgewisseld voorkomen en waarvan de soortensamenstelling grotendeels wordt bepaald door de lokale grondwaterstand en -kwaliteit. Hierbij horen ook de vroege successiestadia van natte heide met bruine en witte snavelbies, kleine en ronde zonedauw en moeraswolfsklauw die voorkomen op plagplekken en open, droogvallende bodem (Laurijssens et al., 2007). Zeer venige heide met permanent hoge waterstanden waarin hoogveensoorten aanwezig zijn behoort hier ook toe. Natte en venige heidevegetaties zijn rijker in plantensoorten dan droge heides. Dieren als wulp, roodborsttapuit, groentje, heideblauwtje, heidesabelsprinkhaan, kenmerken deze grondwaterafhankelijke vegetaties.

In het heidelandschap komen verschillende situaties voor met actieve veenvorming in een voedselarm milieu. Voedselarme vennen kunnen verlanden wanneer er geen verstoring meer optreedt door beheer of windwerking. Venen komen voor in permanent natte situaties op de overgang tussen land- en watergemeenschappen. Harde grenzen zijn vaak moeilijk te bepalen. Na verloop van tijd wordt het veenmospakket zodanig dicht dat ook hogere planten zich kunnen vestigen. Wanneer waterveenmossen geleidelijk vervangen worden door bultenvormende veenmossoorten en soorten die louter afhankelijk zijn van regenwater, treedt hoogveenvorming op. Deze situaties zijn echter zo goed als afwezig in Vlaanderen.

Vennen die ontstaan door stagnerend regenwater op een ondoorlatende bodemlaag (klei- of leemlaag, een podzol of dichte aanrijkingshorizont) zijn onafhankelijk van het grondwater. Dit zijn 'hangvennen' die meters boven de grondwatertafel kunnen liggen in een stuifduin. Open water kan ook aanwezig zijn op plekken waar vroeger veen werd gewonnen of door het afdammen van bronhoofden en kleine beekjes. Tenslotte kunnen vennen ook ontstaan in tot op het grondwaterniveau uitgestoven depressies. Waterpartijen in het heidelandschap vormen het leefgebied van tal van bijzondere planten-, kever-, libellen- en amfibieënsoorten. De combinatie van matig voedselrijk open water in een zandige heide biedt geschikt leefgebied voor knoflookpad en rugstreeppad. Koraaljuffer en venwitsnuitlibel zijn gebonden aan voedselarme en zure vennen en veenmostapijten in het heidelandschap. De effecten van klimaatverandering op processen en structuren van vennen, depressies en vijvers zijn gelijk aan deze van open wateren in het algemeen en worden daarom besproken in Spanhove et al. (2021).

Box 1: Biotopen van het heidelandschap volgens de BWK en Natura 2000-typologie

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de habitat- en/of BWK-codes die behoren tot het heidelandschap. Individuele bomen en struiken (geoorde wilg, sporkehout, Amerikaanse vogelkers, vlier, gagel, brem, meidoorn, sleedoorn, jeneverbes ...) of vlekken met houtige vegetatie zijn deel van de heidebiotoop, zolang de bedekking kleiner blijft dan 10 procent en de vlekken kleiner zijn dan 400 vierkante meter. Ook struwelen van jeneverbes of brem maken deel uit van droge heide evenals verspreide berken, eiken en dennen. In natte heide komt gagelstruweel tot ontwikkeling, naast spork, wilg, berk en zwarte els. Plagplekken en open plekken maken integraal onderdeel uit van de heidebiotoop (De Saeger et al., 2016). Voedselarme vennen, venen en waterpartijen, kleine voedselarme struweel en -bostypes maken deel uit van het heidelandschap wanneer daarin ingebed. Schrale en heischrale graslanden (6230) maken deel uit van het graslandlandschap, terwijl matig voedselrijke waterpartijen en venen (waaronder ook galigaanvegetatie, 7210) deel uitmaken van het landschap van moerassen en oppervlaktewateren.

Tabel 1 Europees beschermde habitattypes (cijfercode), rbb's (regionaal belangrijke biotopen) en overige vegetatietypes die deel uitmaken van het heidelandschap (lettercode) ingedeeld volgens biotoopgroep.

Biotoopgroep	Habitat/BWK-code	Beschrijving
Oude ontkalkte landduinen <sup>1</sup>	2310, cg	Droge heide op jonge zandafzettingen
	2330, hac, hat	Open grasland op landduinen
	dm	Vegetatieloze delen van stuifduinen
Heide- en struikvegetaties van de gematigde klimaatzone	4010, ce	Vochtige heide
	4030, cg	Droge heide
	7140_oli, ces	Veenmosrijke heide met aanwezigheid van kleine veenbes, lavendelheide en/of éénarig wollegras, hoogveenmossen of veenmosbulten van <i>S. papilolosum</i>
Thermofiel struikgewas	5130	Jeneverbesstruweel in de heide
Venen	7110, t	Actief hoogveen (enkel bekend van Ven onder de Berg)
	7120	Aangetast hoogveen waar herstel nog mogelijk is
	7140_oli, ces	Oligotroof en zuur overgangsveen
	7150	Slenken en plagplekken op vochtige bodems in de heide
Plagplekken	c	Geplagde heide met geen of nauwelijks vegetatieontwikkeling
Verstoorde heide	cm	Vergraste heide met dominantie van pijpenstrootje
	cd	Vergraste heide met dominantie van bochtige smele
	cp	Heide met adelaarsvaren of relictten van oud

<sup>1</sup> Het onderscheid tussen psammofiele heide (2310) en droge heide (4030) wordt in de eerste plaats bepaald door de geomorfologie. Type 2310 komt voor op landduin; op alle andere bodemtypen gaat het om habitattype 4030, tenzij het reliëf en/of de aanwezige vegetatie (abundant open zand, korstmosvegetaties, ruig haarmos, buntgras, zandzegge, heidespurrie of klein tasjeskruid) op droge, profielloze zandafzettingen duidt (De Saeger et al., 2016).

		boslocaties, ondergroei van bos, open bosplekken, boszomen, ...
Bosbesvegetaties	cv	Vegetaties van rode of blauwe bosbes
Struweel	rbbsm	Gagelstruweel op natte en zure grond
	sg	Brem- en gaspeldoornstruweel
	so	Vochtig wilgenstruweel op venige en zure grond

### 1.3.4 Vegetatiestructuur van het heidelandschap

De vegetatielaag dichtst bij de grond bestaat uit mossen en/of een ijle begroeiing van lage grassen en pionier-kruiden. In oude droge heide is de moslaag vaak goed ontwikkeld met heideklauwtjesmos, bronmos, gaffeltandmos, enkele soorten kronkelsteeltje en verschillende levermosses. In venige heide met permanent hoge waterstanden gaat het om veenmossoorten (De Blust, 2011).

Verder wordt de vegetatiestructuur van het heidelandschap in grote mate bepaald door de dominerende struikheide. De soort doorloopt vier levensfasen startend van een pionierfase (1) waarin de begroeiing nog open is en de heidestruiken niet verhout, gevolgd door de opbouwfase (2) met gesloten bolle en houtachtige struiken. In de volwassen fase (3) vermindert de groei en krijgen de heidestruiken een meer ongelijkmatige structuur. De takken staan rechtop en de maximale hoogte wordt bereikt. In de degeneratiefase (4) sterven heidestruiken af en vallen ze open. Op de opengevallen plekken kunnen zaden kiemen om uit te groeien tot nieuwe struiken, waardoor de pionierfase opnieuw start (Watt, 1947). In de eerste drie levensfasen kan struikheide zich vegetatief verjongen na beschadiging door bijvoorbeeld brand of vraat. In de laatste levensfase is het vegetatief regeneratievermogen veel kleiner. De duur van deze vier levensfasen varieert aanzienlijk, afhankelijk van de milieuocondities (Backshall et al., 2001).

Tabel 2 Levensfasen van struikheide en indicatie van de duur van deze fasen (naar Watt, 1947).

Fase	Soorten-samenstelling	Vegetatie-structuur	Groei	Duur (jaar)
Pionierfase	Jonge struikheide geassocieerd met een variatie aan andere soorten	Laag		2-6
Opbouwfase	Struikheide is dominant	Weinig structuurrijke, even hoge struikheide	Maximale groei en productiviteit	10-15
Volwassen fase	Struikheide is dominant	Structuurrijk met verschillende hoogtes	Ongelijkmatige groei	20-25



Degeneratiefase	Struikheide is dominant	Structuurrijk met verschillende hoogtes en open plekken door afgestorven struikheide	Struikheide sterft af en valt open	> 25
-----------------	-------------------------	--	------------------------------------	------

Een andere soort die de vegetatiestructuur van het heidelandschap sterk kan bepalen, is het gras pijpenstrootje. Pijpenstrootje groeit in pollen en vormt horsten of pijpenstrobulten. Het gras heeft maar één knoop onderaan de halm en in de horst nog enkele of 1 knoop. In de delen tussen de knopen wordt voedsel opgeslagen en die zwellen op naarmate de pol ouder wordt, waardoor na verloop van tijd horsten ontstaan. Pijpenstrootje bloeit het laatst van alle grassen, in de nazomer.

Verschillende structuurtypes worden bepaald door de mix van levensfasen van struikheide en de bedekking van struikheide, dopheide en forse grassen zoals bochtige smele en pijpenstrootje (Schellenberg en Bergmeier, 2020). Droge heidetypes met een gunstige vegetatiestructuur bestaan uit een mozaïek van struikheide in de verschillende fasen van ontwikkeling, met daartussen andere dwergstruiken (bremsoorten of bosbes) en meer open gras- en kruidenrijke vlekken. Dit gaat ook op voor heides op landduinen met als bijkomend structuurkenmerk dat een groot aandeel bestaat uit naakte bodem, ijle vegetaties, korstmossen en/of mossen. Ook natte heide met een gunstige vegetatiestructuur bestaat uit een mozaïek van open pioniervegetatie en gesloten dopheidebegroeiing met daartussen kruiden van natte heide (veenbies, klokjesgentiaan, gevlekte orchis, zonnedauwsoorten...) en karakteristieke veen- en levermossen. Grassen domineren nergens en her er en der staan groepjes bomen of struiken in de heide.

### 1.3.5 Heidebodems

Heidebodems zijn meestal voedselarm en zuur met een pH tussen 3,4 en 6,5. Het meest voorkomende bodemtype in het heidelandschap is de podzolbodem. Vooral op goed waterdoorlaatbare zandbodems in de Kempen ontwikkelt dit type.

Aan de oppervlakte ligt een strooisellaag met onverteerd plantenmateriaal met daaronder een donkere humuslaag met verteerd organisch materiaal. Daaronder ligt een asgrijze zandlaag; alle wateroplosbare stoffen werden door insijpelend regenwater meegevoerd naar beneden. Op een bepaalde diepte slaan de meegevoerde organische en anorganische stoffen terug neer en ontwikkelt een inspoelingshorizont. Deze bestaat uit een koolzwart laagje met humusbestanddelen bovenop een roodbruine laag met ijzermineralen. Onder deze laag bevindt zich dan het onverstoord moeder materiaal (De Blust 2011; Isterdael et al., 1990; Laurijssen et al., 2007).

Een podzolbodem is typisch voor oude droge, maar ook natte heidevelden. In de wortelzone van de planten zijn alle bruikbare mineralen uitgeloozd. De inspoelingshorizont loopt min of meer parallel met het bodemoppervlak en bevindt zich 30 tot 60 cm diep. Die is sterk verkit door de cementerende werking van de humuszuren. Hierdoor wordt het insijpelen van water en de wortelpenetratie sterk belemmerd. Deze bodems zijn echter in de loop der tijd verbrokken geraakt.



Droge en natte heide groeien op zand of leemhoudend zand. Natte heide kan ook ontwikkelen op veen. Voedselarme (zeer) zwak gebufferde vennen hebben een minerale zandbodem tot zwak lemig substraat met in een goed ontwikkelde toestand ten hoogste een dun laagje organisch materiaal. Landduinen komen enkel voor op profiellose zanden. Op de natste plaatsen met permanent hoge waterstanden ontwikkelen natte zandbodems met diverse profielen of veen. Op voormalige heideakkers komen plaggenbodems voor.

In de heidebodem is er een bijzondere symbiose tussen heidestruiken en ericoïde mycorrhizaschimmels, die de wortels van hun gastheerplant binnendringen. De schimmels bevoordelen namelijk hun gastheerplanten door stikstof en fosfaat plantbeschikbaar te maken. De gastheerplanten krijgen op die manier toegang tot nutriënten die niet beschikbaar zijn voor planten zonder mycorrhiza-schimmels (Smith en Read, 2002).

### 1.3.6 Levensgemeenschappen van het heidelandschap

Heideterreinen met een grote variatie in voedselrijkdom, waterhuishouding, zuurtegraad, leeftijdsstructuur en gebruiksgeschiedenis herbergen een hogere diversiteit aan dier- en plantensoorten dan eenvormige heiden. Veel karakteristieke dieren en planten van de heide, zijn immers afhankelijk van het samen voorkomen van mozaïeken van biotopen en de milieugradiënten hiertussen (De Blust et al., 2011; Nijssen en Vogels, 2014). Dieren hebben veelal een afwisseling van verschillende biotooptypes of mozaïek nodig om te foerageren, schuilen, zich voort te planten en te verplaatsen.

Grote en mobiele soorten zoals vogels, amfibieën en reptielen maken gebruik van grootschalige mozaïeken. Heideterreinen kunnen gebruikt worden als voortplantingsgebied, terwijl nabij gelegen botanisch oninteressante begroeiingen zoals pitrusvelden en ruigtes geschikt kunnen zijn om te foerageren (Nijssen en Vogels, 2014). Kleine, weinig mobiele diersoorten zijn veelal gebonden aan een fijnkorrelige mozaïek. De kleinste dieren, zoals bodemfauna, leven veelal binnen één biotoop, waarbinnen ze gebruik maken van de subtiele variatie die ook daar aanwezig is.

Variatie in vegetatiestructuur is van groot belang voor warmteminnende diersoorten zoals gladde slang, adder en zandhagedis en veel insecten zoals het heideblauwtje en de bruine vuurvlieder. Zo liggen de gladde slangen in de Kalmthoutse Heide vaak te zonnen onder de afrastering van de begrazingsrasters. Hier wordt de heide jaarlijks gemaaid waardoor deze een open en lage structuur heeft. Het gaat om een smalle strook (ca. 1 meter) van waaruit de slangen snel kunnen vluchten naar de hogere, structuurrijke heide bij dreigend gevaar. Solitaire bomen bieden belangrijke uitkijk- en zangposten voor soorten als roodborsttapuit, grauwe klauwier en nachtzwaluw. Daarnaast zijn het leveranciers van voedsel, zoals honingdauw van de bladluizen waar renmieren en bosmieren van afhankelijk zijn. Microbiotopen als steilranden zijn belangrijk voor bijen en andere gravende insecten. Urntjeswespen bouwen nesten in de steile delen, terwijl larven van mierenleeuwen in het droge losse zand leven onder de rand.

Gradiënten bieden dieren en planten de mogelijkheid om op te schuiven in het landschap bij geleidelijke veranderingen. Daarnaast komen er abiotische condities voor die in de afzonderlijke biotopen ontbreken. Soorten van natte overgangszones waar twee types water met elkaar in contact komen zoals beenbreek kunnen met de veranderingen in waterpeil meebewegen en in goed ontwikkelde zoomvegetaties kunnen dieren opschuiven om hun lichaamstemperatuur te reguleren.



Daarnaast speelt leeftijd en gebruiksgeschiedenis van de heideterreinen een rol. Oude heide met een goed ontwikkeld bodemprofiel en humuslaag kent een ander microklimaat dan jonge heide, waardoor er andere karakteristieke soorten planten, mossen, korstmossen en faunagemeenschappen voorkomen (Nijssen en Vogels, 2014).

## 1.4 DRUKKEN OP HET HEIDELANDSCHAP

### 1.4.1 Vermesting

Struik- en dopheide zijn het meest productief op plekken arm aan stikstof en fosfaat. Hier hebben ze een competitief voordeel ten opzichte van grassen en kunnen ze domineren (Aerts en Heil, 1993). Door de jarenlange en continue aanvoer van stikstof van buitenaf echter, hoopte dit nutriënt op in het systeem. Het Vlaams heidelandschap is stikstofverzadigd waarbij het overschot van het nutriënt uitspoelt met afstromend en insijpelend water. In situaties met een lage fosforconcentratie en een overschot aan stikstof wordt pijpenstrootje productiever dan struik- en dopheide (Vogels et al., 2020).

Projecties voorspellen dat het heidelandschap stikstofverzadigd blijft de komende jaren ([www.vmm.be](http://www.vmm.be), geraadpleegd op 15 mei 2021). De depositie daalt niet meer sinds 2013 en kan niet gecompenseerd worden door het afvoeren van biomassa door natuurbeheer. De depositie van stikstof in de vorm van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en ammoniak (NH<sub>3</sub>) werken naast vermestend, ook verzurend.

### 1.4.2 Verzuring

Verzurende zwaveldeposities daalden de afgelopen decennia en vandaag wordt de kritische last voor heidevegetaties op veel plekken niet meer overschreden ([www.vmm.be](http://www.vmm.be), geraadpleegd op 15 mei 2021). Zure deposities hebben het zuurbufferend vermogen van bodems echter blijvend aangetast. Basen als calcium, magnesium en kalium werden verdrongen uit het bodemadsorptiecomplex (klei en organische stoffen) door zure H<sup>+</sup>-ionen en spoelden uit. Wanneer de meeste basische stoffen zijn uitgespoeld, verweren ook de aluminiumhoudende mineralen waardoor giftig aluminium vrijkomt (Bobbink et al., 2017). Wellicht zitten bijna alle Vlaamse heidegronden in of nabij dit stadium.

De verhouding stikstof over fosfaat kan hoger worden onder invloed van verzuring, hierdoor zullen groeiomstandigheden voor pijpenstrootje verbeteren. De te zure bodem beperkt de groei van heide. De wortels van struikheide worden aangetast en kunnen moeilijker groeien (Vogels et al. 2017). De mycoflora van natte heide lijkt eveneens vooral achteruit te zijn gegaan door verdroging en verzuring (Wallis de Vries et al. 2016). Verzuring kan directe effecten hebben op de dichtheden en de vitaliteit van faunasoorten met een grote calciumbehoefte, zoals pissebedden en slakken. De effecten van calciumgebrek uiteten zich bij gewervelden in de voortplantingsfase door een slechte vorming van eischalen, een verminderd uitkomstsucces bij vogels en problemen in de skeletvorming bij jonge dieren (Van Turnhout et al. 2007).

### 1.4.3 Verdroging

Het merendeel van de heidegebieden kampt met structurele verdroging. Het grondwatermeetnet toont aan dat het grondwaterpeil de laatste jaren diep blijft steken. Dit heeft gevolgen voor natte natuurwaarden: grondwaterafhankelijke vennen nemen af in oppervlakte en worden minder diep en natte heidevegetaties worden vervangen door drogere types (De Becker, 2020).





Al voor de industriële periode werden allerlei kleinere structuren aangelegd om water af te voeren. In de meerderheid van de heidegebieden tref je greppelstructuren, grachten of waterlopen aan. Deze ontwateringsstructuren werden meestal uitgegraven pal in bronzones, moerassen of valleitjes.

Grootschalige en herhaalde ingrepen volgden vanaf de 20ste eeuw en veranderden de hydrologie van vrijwel alle heidegebieden. Met de hulp van machines werden in natte terreinen of hun directe omgeving diepe grachten aangelegd of waterlopen verdiept en rechtgetrokken. Niet zelden hebben of hadden deze ontwateringsstructuren een drainerend effect tot ver in het gebied. In sommige heidegebieden zorgden grootschalige ontginningen en/of grondwaterwinningen in de omgeving voor een blijvende verlaging van de grondwatertafel. Ook de aanvoer van grond- en oppervlaktewater naar de gebieden verminderde door de hoge en nog steeds toenemende verhardingsgraad.

Temperatuurstijging kan nitraatconcentraties in het infiltratiewater en het risico op nitraatvervuiling van het grondwater doen toenemen (Schmidt 2004). Droogte zou de verhoogde vrijstelling van nitraat onder heide kunnen compenseren, maar in welke mate dit compenserend effect speelt is onbekend. De toe- of afname van nitraatuitspoeling door klimaatverandering, komt bovenop de huidige concentraties nitraat die uitspoelen onder het heidelandschap.

Naast een rechtstreeks effect op de waterbeschikbaarheid voor planten, kan een verlaagde watertafel ook leiden tot een verhoogde decompositie van organisch materiaal in de bodem en het vrijkomen van grote hoeveelheden nutriënten, vooral in moerassen met veenbodem. Deze verschuiving van zuurstof- en voedselarme bodems naar zuurstof- en voedselrijke kan de soortensamenstelling sterk beïnvloeden en zeldzame soorten benadelen t.o.v. generieke soorten (Vrebos et al., 2014).

#### **1.4.4 Versnippering**

Het Vlaamse heidelandschap heeft een klein totaaloppervlak en heidegebieden zijn doorgaans sterk geïsoleerd en versnipperd. Grote, samenhangende heidegebieden zijn schaars en verbindingen die uitwisseling van heidesoorten toelaten ontbreken meestal. Enkel de Limburgse heidegebieden op het Kempens hoogplateau vertonen enige samenhang voor mobielere soorten. Kleine heidegebieden en relicten worden veelal omgeven door andere landgebruiken of natuurtypes en worden zo gescheiden van elkaar.

Hierdoor is er weinig uitwisseling is tussen populaties van bijvoorbeeld gentiaanblauwtje en heideblauwtje en dreigt genetische verarming (Piessens et al., 2005; Vanden Broeck et al. 2017). Versnippering door de aanleg van infrastructuur blijft ook in de toekomst een bedreiging (Van Reeth, 2020).

Door versnippering neemt de biodiversiteit van het heidelandschap af en zal die in de toekomst verder afnemen, omdat er sprake is van zogeheten uitsterf-schuld (Piessens en Hermy, 2006). Heidesnippers kunnen dan wel een vrij compleet soortenpallet aan (vaat)planten omvatten, maar andere groepen organismen zoals bestuivers kunnen te leiden hebben onder fragmentatie (Piessens et al., 2005).

#### **1.4.5 Invasieve uitheemse soorten**

Het grijs kronkelsteeltje, een uitheemse en invasieve mossoort profiteert van hoge stikstofdeposities en heeft in veel heidegebieden de open bodems en ijle vegetaties



ingenomen. De soort fixeert stuivend zand en verdringt de typische en vaak zeldzame plant- en diersoorten zoals ruig haarmos, zandhaarmos (Bakker et al., 2003, Oosterlynck et al., 2020).

Noord-Amerikaanse trosbosbes of blauwe bes uit de supermarkt groeit in natte heiden en neemt sinds 2010 toe in de Antwerpse en Limburgse Kempen. Gebieden met zure gronden in de nabijheid van (voormalige) kwekerijen zijn kwetsbaar voor invasies van de soort (Adriaens et al., 2019). De hoge struiken kunnen tot 2 meter hoog worden en concurreren met natte heidevegetaties.

Houtige exoten zoals Amerikaanse vogelkers en Pontische rododendron zijn in sommige gebieden een probleem.

#### 1.4.6 Brand

Spontane branden komen typisch voor op heideterreinen met uitgestrekte en aaneengesloten pijpenstrootjesvegetaties. In deze situatie is het risico op spontane en grote voorjaarbranden (maart, april, mei) groot omdat een dik pak droge en brandbare biomassa uitgespreid over het terrein aanwezig is. Het gras is dan nog niet groen, maar heidefauna is al volop actief. Wanneer op dat moment grootschalige branden uitbreken, is de schade aan het ecosysteem groot (De Blust, 2014). Door een natuurbrand worden de opgeslagen nutriënten in planten en deels ook strooisel vrijgesteld. In heidegebieden van grote militaire domeinen verhogen schietoefeningen het risico (Van Reeth, 2020). Hoe groter de brand, hoe groter de kans dat kwetsbare restpopulaties worden getroffen.

Heidebranden komen typisch voor in mei wanneer pijpenstrootje nog droog is. Door klimaatverandering zullen spontane branden echter ook al in april kunnen optreden en wordt de brandgevaarlijke periode langer. Vooral heideterreinen met veel naaldhout en met pijpenstrootje vergraste terreinen kennen een hoog brandrisico. Alles hangt samen met de hoeveelheid brandbaar materiaal in het gebied. Kleinschalig branden in de winter kan echter ook ingezet worden voor natuurherstel. In 11.2 wordt de link vermeld naar de Ecopedia-pagina die beheerbranden in de heide toelicht.

#### 1.4.7 Onbalans nutriënten en mineralen

Maatregelen om successie te vertragen zijn noodzakelijk in het heidelandschap. Het maaien, plaggen, branden (en begrazen) voert nutriënten af. Door de actueel verhoogde atmosferische stikstofdeposities zijn deze historische heidebeheermaatregelen is niet per se gunstig voor de hierop volgende ontwikkeling. Stikstof, maar ook fosfor wordt afgevoerd, naast de basische kationen in de humus. De aanvoer van stikstof via atmosferische depositie na een schok, gebeurt echter veel sneller dan de aanvoer van fosfor door vrijstelling vanuit de bodem. Hierdoor wordt de N/P-verhouding hoger dan voor de (beheer)shok. Struikheide groeit nog goed (in een range van 10 tot 30 N/P), maar pijpenstrootje heeft een competitief voordeel, waardoor een verdere vergrassing kan optreden. Naast veranderingen in vegetatiestructuur en afname van waardplanten veroorzaakt verhoogde stikstofdepositie dus ook verschuivingen in de nutriëntenbalans. Vogels et al. 2017 kon aantonen dat deze verschuivingen in N/P-verhouding de groei van herbivore diptera en vruchtbaarheid van veldkrekels aantasten.

Er zijn sterke aanwijzingen dat de gehele micronutriëntenkringloop van heidegebieden in sterke mate verstoord is als gevolg van verzuring en vermesting. Rupsen, koolmezen en sperwers op arme zandgronden hebben een tekort aan vitamine B2, nodig voor de opbouw van vetten. Wellicht is er sprake van een tekort aan aminozuren in de voedselketen die instaan voor het transport en de opname van vitamine B2. Dit mondt vervolgens uit in lagere



reproductiecijfers en bijgevolg lagere dichtheden van sperwers op verzuurde zandgronden (Van Turnhout et al. 2007).

## 1.5 NATUURWAARDEN VAN HET HEIDELANDSCHAP

Het heidelandschap is van groot belang voor het biodiversiteitsbehoud. Van de 1377 planten- en diersoorten die uit Vlaanderen zijn verdwenen, die bedreigd zijn of bijna in gevaar, zijn er 185 of 13 procent gebonden aan heide (Maes et al. 2019).

De biodiversiteit van het heidelandschap ging de afgelopen 60 jaar continu achteruit. Competitieve grassen breiden uit ten koste van dwergstruiken, generalistische en specialistische plantensoorten. Hiermee samenhangend gaat ook de karakteristieke heidefauna achteruit (Paelinckx et al. 2019b; Van Reeth, 2020). Van de 238 aan heide gebonden soorten met een gekende Rode Lijststatus is 5 procent lokaal uitgestorven en 50% ernstig bedreigd, bedreigd of kwetsbaar. Nog eens 15 procent loopt het risico op korte termijn op de Rode Lijst terecht te komen (Van Reeth, 2020).

## 1.6 ECOSYSTEEDIENSTEN VAN HET HEIDELANDSCHAP

De veranderingen in omgevingsfactoren hebben effecten op de processen en structuren binnen ecosystemen en dat heeft dan weer gevolgen voor het functioneren van ecosystemen en de levering van ecosysteemdiensten (Van der Aa et al., 2015).

### 1.6.1 Waterproductie

Het heidelandschap levert water aan de maatschappij. Dit wordt gebruikt voor drink- of leidingwaterproductie, irrigatie-, proces-, koel- en navigatiewater (Vrebos et al., 2014).

In het heidelandschap, met zijn hoger gelegen vaak vlakke gronden en zandige bodem met diepe grondwatertafel, wordt amper 1-2% van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid versneld afgevoerd (Batelaan en De Smedt, 2007). Het neerslagwater wordt vastgehouden door de heidevegetatie, kan infiltreren en de grondwatervoorraad aanvullen. Vanuit de hoger gelegen heidegebieden op het Kempisch Plateau bijvoorbeeld is er kwelwerking naar lageregelegen landschapsdelen zoals de vlakte van de Middenkempen en de Vlakte van Bocholt. Hoewel het heidelandschap eruit springt op vlak van retentiecapaciteit, heeft het door zijn geringe oppervlakte in Vlaanderen een kleiner aandeel in de totale levering van de dienst. Toch bepalen de grote, aaneengesloten heidegebieden in belangrijke mate de lokale capaciteit om drinkwater te produceren.

Door klimaatverandering vermindert het aanbod en stijgt het watergebruik. Minder neerslag is beschikbaar voor infiltratie en de grondwatervoorraad zal op termijn dalen. Vegetaties zullen meer water verbruiken door het langere groeiseizoen. Daarnaast zal meer neerslag verdampen door de warmere temperaturen. Het gedaalde aanbod wordt gedeeltelijk gecompenseerd door meer neerslag in de wintermaanden. Buien worden wel heviger en bij hevige buien wordt een groot aandeel neerslag snel afgevoerd waardoor het niet kan infiltreren. De toenemende hoeveelheid winterneerslag zal de afnemende infiltratie wellicht niet compenseren. Ook wordt er meer leidingwater verbruikt in de toekomst, omdat er meer en langere droge perioden zullen zijn (Vrebos et al., 2014).

De grondwatervoorraden worden aangesproken om variaties in gebruik tussen jaren en seizoenen op te vangen. Een duurzaam gebruik van de ecosysteemdienst houdt in dat de



grondwateronttrekking op gelijk niveau wordt gebracht met de aanvulling via infiltratie. Het ophouden van grond- en/of neerslagwater in het heidelandschap zorgt voor een toename van het aanbod van de ecosysteemdienst en het vermijden van hydrologische droogte.

### 1.6.2 Koolstofopslag

Planten nemen koolstof op uit het milieu en gebruiken die om biomassa op te bouwen via de processen fotosynthese en respiratie. Koolstof wordt zo opgeslagen in de bodem, in de strooisellaag, in dode en levende biomassa (ondergronds en bovengronds). Een deel van de koolstof in het heidelandschap komt na het afsterven van de biomassa terug in de atmosfeer terecht. Een ander aandeel wordt langdurig opgeslagen in de bodem en kan dus niet meer bijdragen aan klimaatopwarming.

Studies die de bodemkoolstofvoorraad van heidebiotopen inschatten, geven uiteenlopende waarden afhankelijk van de voorgeschiedenis en milieumomstandigheden. In Nederland werd de gemiddelde koolstofvoorraad geschat op 127 ton C/ha voor venen, 121 ton C/ha voor vochtige heide en 96 ton C/ha voor droge heide (Arets, 2018). In zuurstofarme milieus wordt een lager aandeel van het dood organisch materiaal gemineraliseerd en meer humus opgebouwd. Vochtige heide en venen kunnen daarom meer koolstof langdurig opslaan dan droge heides (Arets, 2018; Lettens, Demolder, en Daele, 2014).

Via heidebeheer wordt koolstof afgevoerd door plaggen en maaien. Een gevalstudie toonde aan dat de koolstofvastlegging na plaggen in eerste 20-30 jaar geleidelijk toeneemt. Nadien werd geen extra koolstof meer vastgelegd. Pijpenstrootjesvegetaties leggen ruim twee keer minder koolstof vast dan intacte heidebiotopen (Berendse, 1990).

In de toekomst wordt meer CO<sub>2</sub> opgenomen en vastgelegd in organisch materiaal door meer en langere perioden van primaire productie. De koolstofopslag in landecosystemen wordt nog extra ondersteund door atmosferische stikstofdepositie (Janssens, 2016). In het heidelandschap echter, wordt deze verhoogde primaire productie en koolstofopslag afgeremd door droogte (Jentsch et al., 2009). Daarenboven zorgt warmte voor een verhoogde bodemrespiratie en vrijstelling van CO<sub>2</sub> (Sowerby et al., 2008). De interactie tussen warmte, droogte en stijgende CO<sub>2</sub>-concentraties is complex en wellicht ook gebiedsspecifiek (Emmett et al., 2004). Het is wel duidelijk dat koolstofrijke bodems onder natte heidebiotopen met een hoog organisch stofgehalte na herhaalde zomerdroogte kunnen fungeren als een belangrijke bron van CO<sub>2</sub> naar de atmosfeer.

### 1.6.3 Groene ruimte voor buitenactiviteiten

De ecosysteemdienst kan omschreven worden als de mate waarin gebieden een groene, aangename omgeving bieden voor buitenactiviteiten. De dienst wordt geleverd wanneer mensen gebruik maken van het heidelandschap om er buitenactiviteiten te doen en er niet-materiële voordelen (lichamelijke beweging, rust, verkoeling, ontspanning, verwondering, inspiratie, kennis ...) van ondervinden (Van Herzele en Wiedemann, 2003). Het ervaren van niet-materiële voordelen uit de natuur heeft een grote invloed op ons individueel en collectief lichamelijk, geestelijk en sociaal welzijn en de algemene ontwikkeling van kinderen (Simoens et al., 2014).

Ruimte, natuur, cultuur en historie, rust en stilte en uitrusting bevorderen de algemene belevingswaarde of de aantrekkelijkheid van landschappen (Van Herzele en Wiedemann, 2003). Grotere natuurgebieden kunnen meer bezoekers aantrekken (van buiten de gemeente of de regio) maar dit effect stopt op circa 300 ha. Kleine gebieden (tot 10 ha) kunnen enkel



lokale bezoeken aantrekken (Van Reeth et al. 2015). Het aantal bezoekers van natuurgebieden is de laatste decennia significant gestegen. Allerlei economische activiteiten hebben zich parallel ontwikkeld.

De gebieden onder natuurbeheer, waaronder dus ook heidegebieden ontvangen naar schatting 62 % van de bezoekers. Een hoge biodiversiteit betekent een meerwaarde voor beleving en recreatie. Intensief gebruik kan echter dieren verstoren (Simoens et al., 2014).

Klimaatgedreven vergrassing en het risico op vervanging van heidevegetatie kan de ecosysteemdienst aantasten. Een sterk gewaardeerde esthetische kwaliteit van het heidelandschap is de uitbundige bloei van struikheide in de nazomer. Een vermindering van het aandeel struikheide en dus ook bloei wordt verwacht onder hitte- en droogtestress, met een negatieve impact op de recreatieve aantrekkingskracht (Wessel et al., 2004). Het toegenomen brandrisico door klimaatverandering en in vergraste heide kan de aantrekkingskracht voor bezoekers verminderen.

#### 1.6.4 Cultuur- en natuurhistorisch erfgoed

Het geheel van een gebied en zijn typische structuren en processen hebben een belangrijke erfgoedwaarde doordat ze al jaren aanwezig zijn. Vergezichten met een afwisseling aan heide, vennen en bosjes hebben ook een esthetische waarde. Het heidelandschap herbergt ook een reeks symbolische en emblematische soorten zoals boomleuwerik, heidevlinder, gladde slang...

Het heidelandschap is een traditioneel landschap dat een sterke binding tussen mens en de natuur laat zien. Elke ingreep was afhankelijk van de landschappelijke context. Zeker in Vlaanderen en Europa waar het eeuwenlange ingrijpen van de mens, meer dan waar ook ter wereld, overal tastbaar is. Het (h)erkennen en waarderen van deze waarden en samenhang kan op zijn beurt bijdragen aan het beschermen van biodiversiteit. De voordelen die voortvloeien uit deze ecosysteemdienst bestaan uit niet-tastbare voordelen zoals het ervaren van een thuisgevoel en het bezit van traditionele kennis. Maar ook tastbare voordelen zoals bouwkundig en natuurlijk erfgoed, traditionele beheervormen, jacht en visvangst, folklore, typische soorten voor promotie van regionale identiteit en fotografie en observatie van emblematische soorten worden genoemd als baten uit cultuur- en natuurhistorisch erfgoed (Turkelboom et al., 2013).

Het heidelandschap is een traditioneel Europees landschap dat door eeuwenlang menselijk gebruik gevormd werd. De specifieke biodiversiteitswaarden en hoge cultuurwaarden genieten brede erkenning, wat tot uiting komt in de uitgebreide behoud- en herstelprogramma's op nationaal en Europees niveau (Fagúndez, 2013). Op veel plekken bleef het historisch beheer van heidevelden meer dan 2000 jaar onveranderd. Dit omvatte verschillende begrazingssystemen, het steken van turf- en heideplaggen, het maaien van heide voor de voorziening van stalstrooisel en wintervoedsel voor vee, terugkerend branden, houtoogst, viskweek enz. In vele heidegebieden zijn sporen van de historische landschapsinrichting en het traditioneel beheer nog goed zichtbaar. Strukturelementen als bomenrijen, turfputten, beemden, vijvers, dijken ... waren allemaal onderdeel van het plaatselijke landbouwsysteem en blijven door de bescherming ook bewaard.

Indien het typische heidelandschap en zijn hiervan afhankelijke soorten verdwijnen door toedoen van klimaatverandering, zal de erfgoedwaarde van het heidelandschap, dat deel uitmaakt van een historisch landbouwsysteem zeer sterk worden aangetast (Wessel et al., 2004).



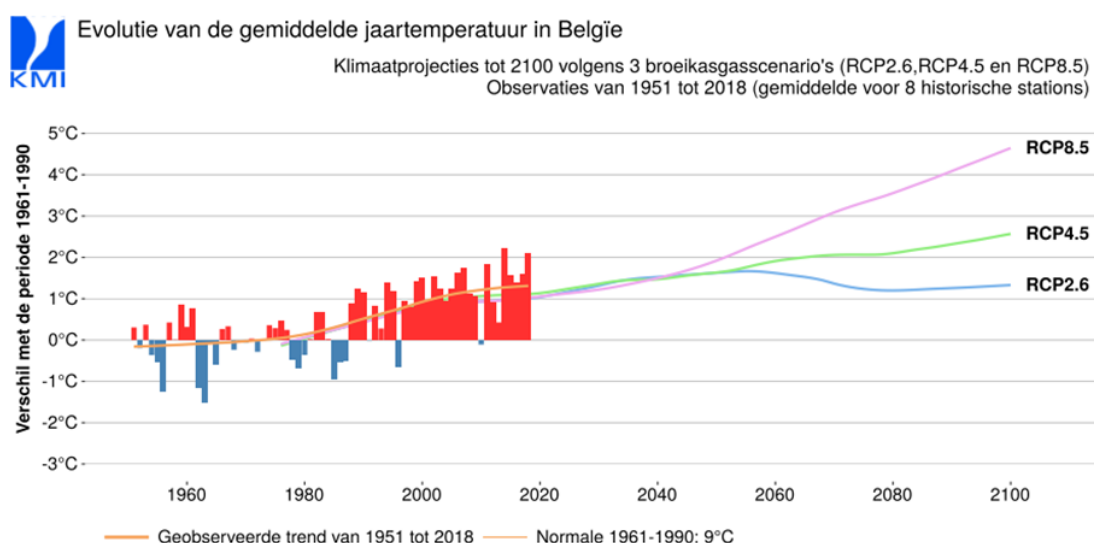
## 2 STAP 2: EFFECTEN KLIMAATVERANDERING OP HET HEIDELANDSCHAP

### 2.1 WAARGENOMEN EN VERWACHTE KLIMAATVERANDERINGEN IN VLAANDEREN

De stijging in de broeikasgassen in de atmosfeer zorgt ervoor dat meer zonnestraling wordt vastgehouden en dat de aarde opwarmt. Deze stijging in temperatuur heeft dan weer een invloed op verschillende andere abiotische factoren zoals een verandering in neerslaghoeveelheid en -spreiding doorheen het jaar, een stijging van de zeespiegel en de toename van extreme weerevents en windsnelheden.

De veranderingen in deze omgevingsfactoren hebben effecten op de processen en structuren binnen ecosystemen en dat heeft dan weer gevolgen voor de levering van ecosystemendiensten en het functioneren van ecosystemen (Van der Aa et al., 2015).

Afhankelijk van het scenario ligt de verandering in gemiddelde temperatuur voor België tussen 0,7°C en 5,0°C tegen het einde van de 21e eeuw. In de winter wordt over het algemeen een grotere toename in temperatuur verwacht dan in de zomer. De ruimtelijke verschillen in België zijn beperkt (KMI, 2020).



Figuur 3 Evolutie van de gemiddelde temperatuur in België (ten opzichte van de normale 1961-1990) voor de periode 1951-2100. De lijnen stemmen overeen met het verloop van de gemiddelde geobserveerde temperaturen in het verleden. Voor de toekomst tonen ze het verloop van de gemodelleerde temperaturen volgens verschillende broeikasgasscenario's. De verticale rode en blauwe balken zijn de geobserveerde jaargemiddelden tot 2018 (bron: KMI 2020).

Het klimaatportaal Vlaanderen (VMM) rapporteert de waargenomen en toekomstige verandering van het klimaat op een ruimtelijk expliciete manier aan de hand van scenario's. In deze paragraaf beschrijven we kort de (veranderingen van) meteorologische factoren die een impact kunnen hebben op het heidelandschap.

Voor deze studie werd geopteerd voor het hoge impact scenario, omdat dit het best overeenkomt met de meest recente voorspellingen (Van Der Aa et al., 2015). Het klimaatportaal gaat uit van **het hoge impactscenario** RPC 8.5. Dit betreft een 'business-as-usual'-scenario inzake wereldwijde uitstoot en concentraties aan broeikasgassen, waarbij het huidige uitstootpad blijft aangehouden en de mens er niet in slaagt de komende decennia de weg naar een mondiale, koolstofarme economie in te slaan. Vanuit de toelichting hoe het klimaat zal veranderen, wordt de doorslag naar processen, structuren, ecosysteemdiensten en biodiversiteitswaarden van het landschap gemaakt.

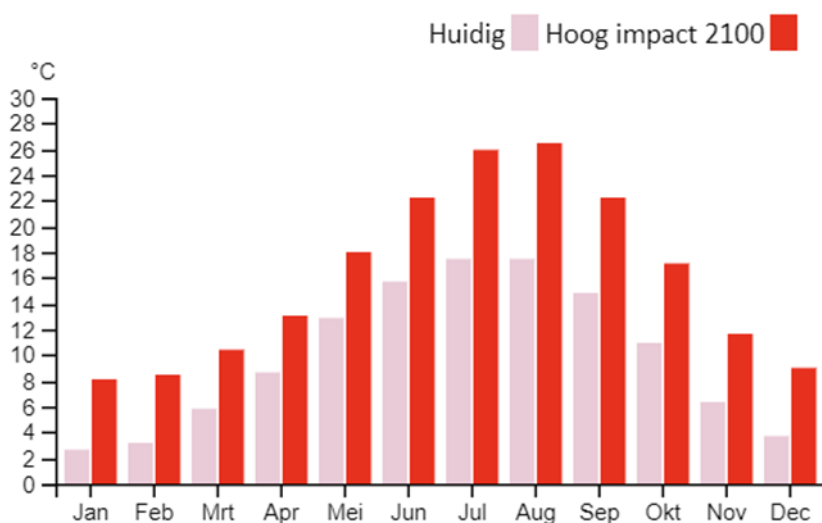
### 2.1.1 Wind

De jaargemiddelde windsnelheid van 4,5 m/s neemt met 0,1 m/s toe tegen 2100. In de wintermaanden (december, januari, februari) neemt de gemiddelde windsnelheid toe met ca. 0,4 m/s. Regio's waar de gemiddelde windsnelheid in de winter boven de 5 m/s is, verschuiven enkele tientallen kilometers landinwaarts.

### 2.1.2 Temperatuur



Gemiddelde maandtemperatuur heel Vlaanderen



Figuur 4: Jaargemiddelde temperatuur per maand voor het huidige klimaat en hoog impactscenario in 2100 (bron: klimaatportaal Vlaanderen geraadpleegd op 31/07/2020).

- Jaargemiddelde temperatuur per maand

De jaargemiddelde temperatuur zal tegen 2100 tussen de 0,7 en 7,2 °C hoger liggen dan in de referentieperiode rond 2000. In december-januari-februari schommelt deze stijging tussen 0,9 °C en 6,2 °C. In juni-juli-augustus tussen 0,2 °C en 8,9 °C. De toename in seizoen gemiddelden kan hoger zijn dan de jaargemiddelde stijgingen.



- Aantal extreem warme dagen en hittegolven

Het aantal extreem warme dagen (daggemiddelde temperatuur > 25 °C) kan stijgen van slechts enkele dagen nu tot 74 dagen tegen 2100. Het aantal extreem koude dagen (daggemiddelde temperatuur < 0 °C) kan terugvallen tot 0 per jaar. Hittegolven zullen langer aanslepen. 2050 kan 19 hittegolfdagen per jaar tellen en 2100 zelfs 50 dagen per jaar, te vergelijken met 4 hittegolfdagen in 2017 (≥ 30 °C).

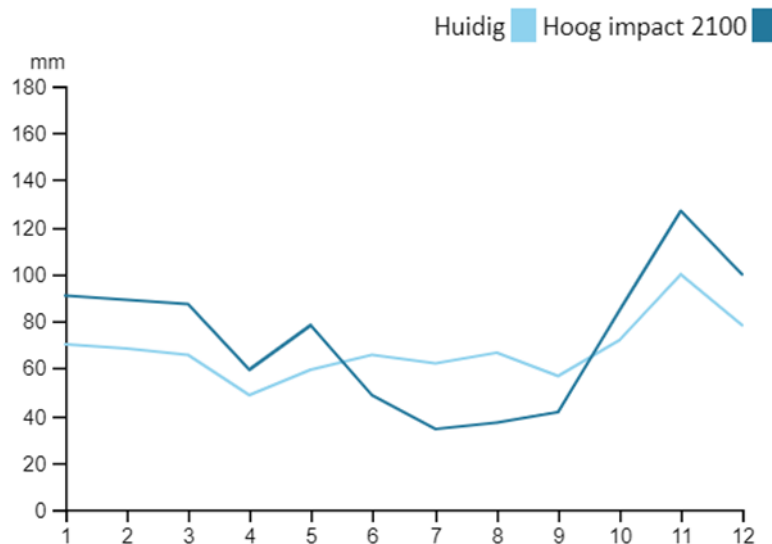
- Aantal vorstdagen

Voor het aantal vorstdagen en ijsdagen zien we een omgekeerde beweging. Het aantal vorstdagen (Tmin < 0°C) liep terug van gemiddeld 58 in een jaar eind 19de eeuw, naar 34 in 2019. Het aantal ijsdagen verminderde van 11 à 12 naar minder dan 5 in een jaar (Tmax < 0°C).

### 2.1.3 Verdamping en neerslag



Neerslagtotaal per maand heel Vlaanderen



Figuur 5: Neerslagtotaal per maand voor het huidige klimaat en hoog impactscenario in 2100 (bron: klimaatportaal Vlaanderen geraadpleegd op 31/07/2020).

- Jaarlijkse gemiddelde hoeveelheid neerslag

Het neerslagtotaal (mm) per jaar kan stijgen van 795 mm in 2017 tot 899 en 1004 mm in 2050 en 2100 bij het hoog-impactscenario.

- Neerslag in de wintermaanden

In Vlaanderen kan de hoeveelheid neerslag stijgen tot +38 % tijdens de wintermaanden (december, januari, februari) tegen 2100. Het gaat niet zozeer vaker maar wel grotere hoeveelheden per keer regenen. Het referentiejaar 2017 telde 217 mm neerslag, terwijl in 2050 231 mm en in 2100 280 mm wordt gemodelleerd.

- Neerslagtotaal in de zomermaanden





In de maanden juni, juli en augustus daalt het neerslagtotaal van 194 mm in 2017 naar 157 mm in 2015 en 120 in 2100. Er zijn wel steeds meer en intensere zomeronweders.

- Verdamping per seizoen (mm)

De temperatuurstijging zorgt voor meer verdamping van bodemvocht. Het aandeel van de jaarlijkse neerslag dat verdampt, kan door onder andere de hogere temperaturen toenemen van 67 % nu tot 77 % in 2100. In de zomer van 2017 verdampte ca. 250 mm van de jaarlijkse neerslag; dit kan in 2050 en 2100 oplopen tot ca. 280 en 310 mm.

- Aantal droge dagen per jaar

Het aantal droge dagen per jaar kan toenemen van 172 d/j in 2017 naar 207 d/j in 2050 en 236 d/j in 2100. Meer verdamping en minder regen in de zomer verklaren waarom extreme droogte vaker en intenser zal zijn in de toekomst.

- Lengte van droge perioden

De duur van een droge periode zal evolueren van 24 dagen in 2017 naar 42 dagen in 2050 en zelfs 57 dagen in 2100.

- Frequentie van droogteperioden

Droogte kan in de toekomst ook vaker optreden. Het droogste jaar dat zich nu eens in de 20 jaar voordoet, kan zich tegen 2100 eens in de twee jaar voordoen. Dat is dus tot 10 maal vaker dan nu. Een heel extreme droogte (zoals in 1976 en 2018) kan eens in de 4 tot 5 jaar voorkomen.

- Cumulatief neerslagtekort tijdens het groeiseizoen (april tot september)

Het neerslagtekort is het verschil tussen de neerslag en de potentiële evapotranspiratie (verdamping). Het cumulatief neerslagtekort is de som van het dagelijks neerslagtekort over het volledig groeiseizoen van april tot en met september. In 2017 piekte deze droogte-indicator op 215 mm en in 1976 op 300 mm neerslagtekort. Door klimaatverandering zou het gemiddelde neerslagtekort in een jaar kunnen oplopen tot 485 mm tegen 2100. Zulke extreme droogte kan dan 4 maal langer duren dan de extreme droogte van 1976 en 2018. In de zomermaanden (juni, juli, augustus, september) zal ca. 30 mm. minder neerslag vallen in 2100.

## 2.2 EFFECTEN OP ECOLOGISCHE PROCESSEN EN STRUCTUREN VAN HET HEIDELANDSCHAP

### 2.2.1 Tipping points

Ecosystemen kunnen een bepaalde mate van stress ondergaan en van daaruit herstellen naar de oorspronkelijke situatie als de stressfactor weer afneemt. Bij een te hoog stressniveau ondergaat het ecosysteem echter zo een grote veranderingen dat een terugkeer naar de vroegere situatie niet meer mogelijk is. Na dat omslagpunt zijn veranderingen onafwendbaar en vaak onomkeerbaar. Dit zijn tipping points die vooral beschreven worden op wereldniveau (zie bijlage 2). Naar analogie van dit theoretisch concept beschrijven we in deze paragraaf hoe klimaatverandering het heidelandschap betekenisvol kan aantasten. Deze veranderingen staan nooit los van de overige heersende milieudrukken.



Het steeds frequenter en langduriger voorkomen droogte, hitte, storm, brand ... bovenop de overige drukken tast ecosysteemprocessen en -structuren telkens weer aan. Wanneer deze aantastingen zich opstapelen en het systeem niet voldoende tijd krijgt om zich te herstellen, zal een heideveld, er op een gegeven moment in de toekomst totaal anders uitzien. De typische structuren en processen zijn dermate gewijzigd dat we niet meer kunnen spreken over een heide. Wanneer dit gebeurt en hoe dit nieuwe ecosysteem er zal uitzien kunnen we niet voorspellen. We kunnen wel beschrijven welke klimaatgerelateerde mechanismen het grootste risico betekenen voor een zogeheten 'regimeshift' van het heidelandchap in Vlaanderen.

Momenteel zien we al het gecombineerde effect van warmte én droogte. Vaststellingen in het veld wijzen erop dat droogteperiodes in het voorjaar en in de zomer kunnen leiden tot vermindering van de algemene vitaliteit en zelfs massale sterfte van struikheide. De ineensstorting van de lokale populaties van struikheide kan niet worden uitgesloten, en in dat geval veranderen ook de structuren, processen en diensten van het heidelandchap ingrijpend (Witte et al., 2009).

Er zijn ook sterke aanwijzingen dat zowel warmte als droogte heidehabitats gevoeliger maakt voor verstoring en zogeheten 'schokken' zoals plagen van heidehaan en natuurbranden.

De combinatie van klimaatverandering, verdroging en vermesting kan een drastische achteruitgang van natte heide, venen en vennen veroorzaken. Het dieper en langer wegzakken van de grondwatertafel en de (periodieke) en soms langdurige verlaging van het bodemvocht heeft gevolgen voor natte natuurtypes in het heidelandchap. Zo nemen grondwaterafhankelijke vennen af in oppervlakte en worden ze minder diep of vallen ze droog en krijgen ze het karakter van een snavelbiezen- of oevervegetatie. Kleinere waterlopen kunnen bovenstrooms droogvallen. Natte heidevegetaties worden vervangen door drogere types of slaan om naar uniforme en soortenarme pijpenstrootjesvegetaties.

De ecologische toestand van het heidelandchap is actueel zeer ongunstig, onder andere door de aanhoudende stikstofdepositie, de verzuurde bodem, de toenemende verdroging en de versnippering van de leefgebieden (Van Reeth, 2020; Vogels et al. 2017; Paelinckx et al. 2019b). De plantendiversiteit van natte en droge heide ging achteruit en is vandaag lager dan gewenst (Paelinckx et al., 2019b; Van Calster en Van Landuyt, 2020, De Schrijver et al. 2012).

De drukken veroorzaken vergrassing, maken heidehabitats minder divers en veranderen het microklimaat. In droge heides groeit de open bodem dicht en zijn pionierstadias met open, minerale bodem en pioniersoorten schaars. Deze omslag is nu al aan de gang en deels te wijten aan verzuring en verdroging, maar vooral ook de toegenomen en aanhoudende depositie van stikstof. Zo ging de typische heidefauna sneller achteruit in regio's met een hoge stikstofdepositie (WWF, 2020). In een oude heide met dichte mosmat of een pijpenstrootjesvegetatie zijn te weinig waard- en nectarplanten en is onvoldoende open bodem aanwezig, waardoor soorten die op de grond leven verdwijnen (Noordijk et al., 2013). De dichte en uniforme grasmat nivelleert de temperatuurverschillen. Koudbloedige ongewervelden, amfibieën en reptielen hebben echter variatie in microklimaten nodig om hun temperatuur te reguleren.

Verder is er sprake van een onbalans aan nutriënten en mineralen die doorwerkt in de voedselketen. Uiteindelijk werkt een verminderd voedselaanbod ook door naar hogere trofische niveaus in het voedselweb. Zo verdween Korhoen uit het Nederlandse heidelandchap wellicht door een onvoldoende aanbod aan prooien (Vogels et al. 2017).

////////////////////////////////////

## 2.2.2 Algemene effecten

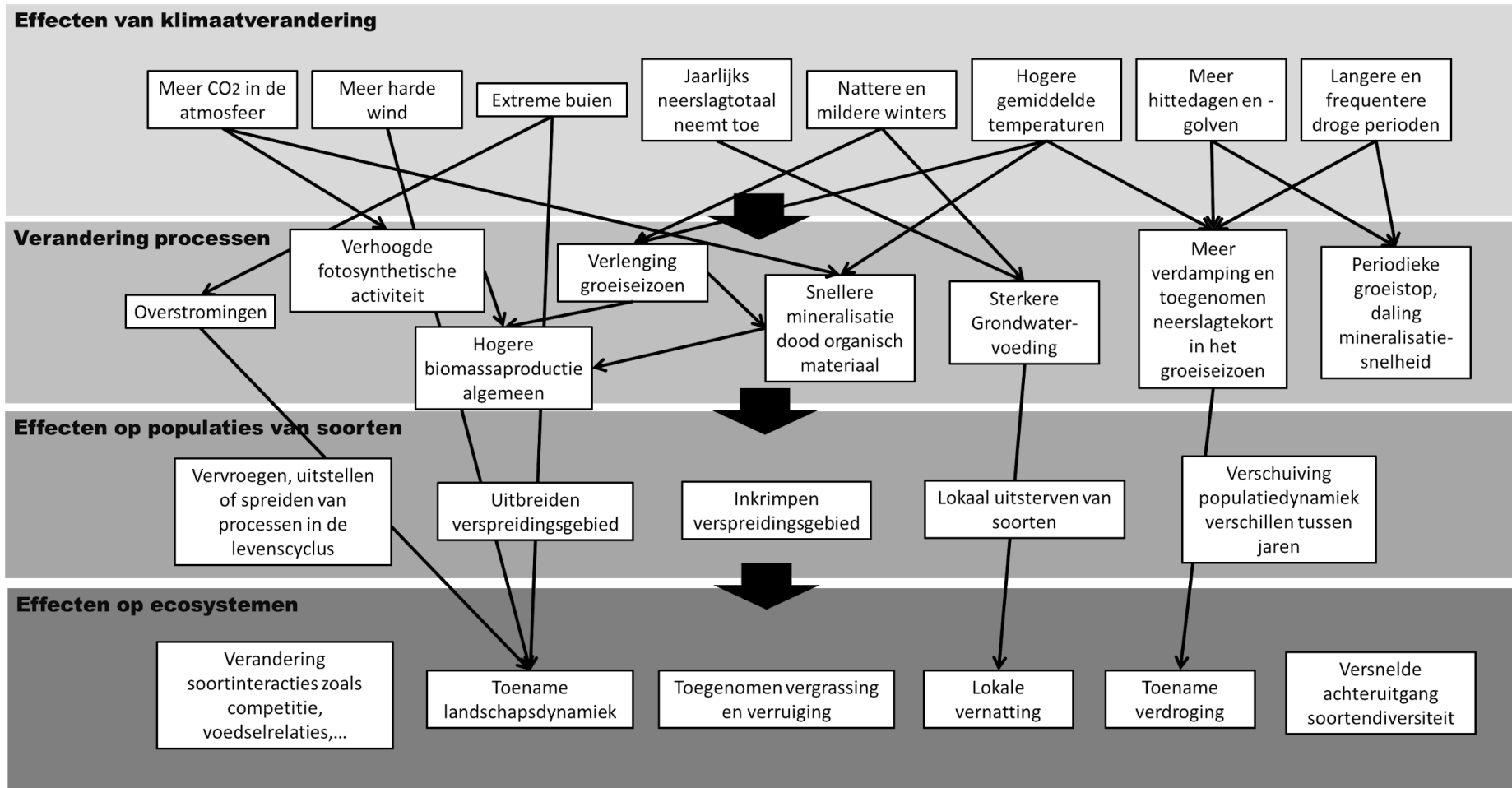
Het klimaat kan omschreven worden als het gemiddelde weer over een relatief groot gebied gedurende verschillende decennia. België ligt in de Atlantische regio en kent vandaag nog steeds een gematigd zeeklimaat met relatief milde winters én zomers en neerslag gedurende het hele jaar. Gedurende grote delen van het jaar zorgt een (zuid)westelijke luchtstroming voor zachte temperaturen en de gespreide aanvoer van neerslag. In ons klimaat ontwikkelt Europese laaglandheide. Al de Vlaamse heidetypen maken deel van dit klimaattype. Ons gematigd zeeklimaat is/was ook geschikt voor het ontstaan van laag- en hoogveen habitats.

Het is niet zeker of ons oorspronkelijk, gematigd zeeklimaat in de toekomst geschikt blijft voor laaglandheide en voedselarme venen. De klimatologische randvoorwaarden wijzigen immers in de toekomst waardoor ons klimaat ongeschikt dreigt te worden voor Atlantische heide en veenhabitats:

- Voor laaglandheide mag de gemiddelde temperatuur van de warmste maand niet hoger zijn dan 22° C (Gimingham, 1972; Webb, 1998). In 2100 zijn de verwachte gemiddelde maandtemperaturen in de zomer echter hoger dan dit maximum (zie figuur 4). In gebieden met hogere gemiddelde zomertemperaturen komt dit type heide nu niet voor.
- De totale hoeveelheid neerslag per jaar (zie figuur 5) ligt in 2100 nog binnen het bereik van Atlantische laaglandheide en venen: tussen de 600 en 1000 mm per jaar (Webb, 1998). De nodige spreiding over het hele jaar is echter ongunstig met minder regen in de zomermaanden (Hampton, 2008).

Kenmerkende processen en structuren van het heidelandschap zullen wijzigen door klimaatverandering. Dit heeft zijn weerslag op soort- en ecosysteemniveau. Ook de hiermee samenhangende biodiversiteit en de levering van ecosysteemdiensten wordt hierdoor beïnvloed. De cascade aan effecten op het heidelandschap worden verduidelijkt in figuur 6.





Figuur 6: Vereenvoudigde weergave van de effecten van klimaat op abiotische processen, op structuren (populatie-niveau en op ecosystemen-niveau).



Directe gevolgen van klimaatverandering zijn veranderingen in:

- **Fenologie of timing van jaarlijks terugkerende gebeurtenissen:** vervroegen, uitstellen of spreiden van gebeurtenissen in de levenscyclus van planten en dieren zoals kieming, groei, bloei, bladontluiking, zaadzetting, bladval, eileg, verpoppen, trek, ... In de meeste gevallen beginnen soorten eerder in het jaar met activiteit of groei (Noordijk et al., 2010). Soms worden competitie- en voedselrelaties tussen soorten hierdoor verstoord. Zo kunnen koolmeeskuikens en bonte vliegenvangers niet meer profiteren van de voedselpiek in voorjaar. De bulk van hun voedsel is tegenwoordig eerder beschikbaar. Koolmezen vervroegden hun eileg immers niet en bonte vliegenvangers keren niet eerder terug uit hun overwinteringsgebied. Vermoedelijk spelen dit soort problemen ook bij insecten die van de bloei van specifieke planten afhankelijk zijn.
- **Plantproductiviteit:** toenemen, afnemen of schommelen van de biomassaproductie van dominante heidesoorten. Wetenschappers voorspellen een stijging van de plantproductiviteit in het algemeen. Door temperatuurstijging in het voorjaar duurt het groeiseizoen langer en kan dus meer biomassa geproduceerd worden. Doordat de lucht meer CO<sub>2</sub> bevat, verhoogt ook de fotosynthetische activiteit en biomassaproductie van planten. Voor het heidelandschap is het nog onduidelijk of klimaatverandering ook resulteert in een hogere plantproductiviteit, gezien de toegenomen groei aan de andere kant wordt beperkt door droogte en een lagere waterbeschikbaarheid (Wessel et al., 2004). Plantengroei kan periodiek stilvallen onder invloed van droogte en/of hitte.
- **Metabolische snelheid:** Stijgende temperaturen verhogen de activiteit van bodemorganismen waardoor die een snellere mineralisatie veroorzaken. Dit mondt uit in een hogere nutriëntenbeschikbaarheid, terwijl droogte net het omgekeerde effect heeft. Droogte tijdens het groeiseizoen zorgt voor minder mineralisatie en tragere nutriëntencycli.

Deze effecten bepalen op hun beurt:

- **De soortverspreiding:** uitbreiden of inkrimpen van het verspreidingsgebied van soorten. Soorten met een noordelijk of montaan verspreidingsgebied, zullen afnemen of verdwijnen uit het heidelandschap ten voordele van meer generalistische soorten (Walther et al., 2005). Het verspreidingsgebied of areaal van mossenrijke heide zal wellicht inkrimpen omwille van een slechte spreiding van de regenval (Hodd and Sheehy Skeffington, 2011). Als soorten niet kunnen meebewegen met de klimaatzones, moeten ze zich aanpassen of zullen ze lokaal uitsterven. Volgens de klimaatresponsdatabank (van der Veen et al., 2010) is het klimaat in Vlaanderen in 2080 niet meer geschikt voor: struikhei, kruipbrem, gewone dophei, beenbreek, ronde zonnedauw, klokjesgentiaan, grote wolfsklauw, klapekster, komavlinder, heivlinder, groentje, levendbarende hagedis en heikikker. Het klimaat zou geschikt blijven voor blauwe bosbes, brem, stekelbrem, klein warkruid, kleine zonnedauw, veenbies, bruine snavelbies, nachtzwaluw, boomleeuwerik, roodborsttapuit, grauwe klauwier, heideblauwtje, adder, gladde slang en rugstreppad.
- **Soortinteracties:** interacties tussen verschillende soorten zoals competitie, voedselrelaties en symbiose. We verwachten dat soorten die beter aangepast zijn aan droogte een concurrentieel voordeel krijgen in het heidelandschap (Peñuelas et al., 2004). Deze veranderingen hangen vaak samen met veranderingen in fenologie, maar kunnen ook het gevolg zijn van veranderingen in verspreidingsgebied.



- **Gemeenschapsstructuur:** Klimaatverandering zal de soortsaamenstelling van levensgemeenschappen veranderen. Elke soort heeft zijn eigen fysiologische tolerantie voor droogte, hitte, temperatuur, neerslaghoeveelheid (Bennett et al., 2009; Walther, 2002). Daarenboven zal de ene soort eerder reageren op droogtestress in het voorjaar, terwijl de andere soort eerder gevoelig is aan hitte. Doordat soorten zullen afnemen, toenemen of gelijk blijven, veranderen ook de interacties tussen soorten (Suttle et al., 2007). Zo kunnen competitieverhoudingen tussen soorten veranderen of ontstaat er een onevenwicht of mis match in voedselrelaties. Klimaatvariabelen oefenen ook op een indirecte manier invloed uit op plant- en diergemeenschappen. Zo wordt de hoeveelheid beschikbare voedselbronnen als nectar en zaden, sappig gras, rupsen... beïnvloed door schommelingen in meteorologische variabelen tussen seizoenen en jaren. Droogte bijvoorbeeld kan leiden tot een uitgestelde bloeipiek van struikheide en een langere bloeiperiode en mismatch met de hiervan afhankelijke faun (Jentsch et al., 2009). Hoge temperaturen en droogte kunnen voor koudbloedige dieren tot op zekere hoogte ook positief zijn omwille van een snellere ontwikkeling en betere voortplanting.

Naast klimaatfactoren, wijzigen hierdoor ook andere milieudrukken gerelateerd aan bodem, lucht en water. Meestal worden milieudrukken versterkt (Van der Aa et al. 2015; Wallis de Vries et al., 2018). Effecten zullen sterk verschillend zijn (positief of negatief) tussen soorten én worden ook beïnvloed door de lokale toestand en klimatologische omstandigheden (Wallis de Vries en Oteman, 2019).

### 2.2.3 Effecten op processen

#### 2.2.3.1 Morfologische dynamiek

Door droogte in het zomerhalfjaar kan op zandgronden het aandeel kale grond in de vegetatie toenemen (Witte et al., 2009). De open bodem die ontstaat, kan vervolgens deels begroeid geraken met mossen en/of korstmossen (Witte et al., 2009). Doordat regenbuien heviger worden, kan ook bodemerosie toenemen. De lichte toename van de windsnelheden, de landinwaartse uitbreiding van gebieden met hogere windsnelheden en de verwachte toename van het aantal natuurbranden, betekent meer landschapsdynamiek, met meer verstuing tot gevolg. De toename van het aandeel open, stuivend zand is een ecologisch wenselijke evolutie in het heidelandschap.

Er zijn echter ook negatieve aspecten verbonden aan een toegenomen landschapsdynamiek. Wanneer droogte of hitte volgt op verstoring zoals overstuing, natuurbrand of beheer, zal de soortenrijkdom aan vaatplanten wellicht trager herstellen of afnemen. De diversiteit aan zaailingen is kleiner bij droogte en warmte. Verlies aan diversiteit aan vaatplanten zal wellicht niet optreden in de volwassen fase van de heidevegetatie, maar in de herstelfase na het terugzetten van de successiereeks (Fagúndez, 2013). Daarnaast kan het invasieve mos grijs kronkelsteeltje snel open bodem koloniseren, zeker in combinatie met een hoge stikstofdepositie.

#### 2.2.3.2 De watercyclus

Warmere temperaturen zorgen voor meer evapotranspiratie tijdens het groeiseizoen. De combinatie met droogte doet het bodemvochtgehalte tijdelijk, maar wel frequenter en langer afnemen. Zandige en hoger gelegen heidegebieden drogen zeer gemakkelijk uit omdat bodemvocht er niet goed wordt vastgehouden.



De grondwatertafel kan in het toekomstige klimaat vaker, langer en dieper wegzakken. Kleinere beekdalen die typisch door heidegebieden stromen en die voor een groot deel regenwater gevoed zijn, kunnen droogvallen tijdens droge periodes (Witte et al. 2009; Dams et al., 2011).

Ondanks de toename van het neerslagtotaal, zal de grondwateraanvulling toch dalen. De infiltratie neemt toe in de winter, maar daalt sterker in de zomer waardoor het grondwatersysteem minder wordt aangevuld dan in het vroegere klimaat. Dit kan doorwerken naar de watervoorziening en heeft een negatieve impact op grondwaterafhankelijke heidebiotopen.

Vooraf aan het einde van de zomer zal de waterlevering naar bronzones en bovenlopen verminderen. Hierdoor kunnen natte systemen krimpen aan de randen en periodiek uitdrogen. Deze effecten zijn sterker bovenstrooms dan in lageregelegen landschapsdelen. Gezien de meeste heidegebieden hoger gelegen zijn, verwachten we de sterkste afnames hier (Dams et al., 2011).

De neerslaghoeveelheid, de lengte, frequentie en timing van droogte en mate van (evapo)transpiratie bepalen de grootte van het effect. De grondwatertafel zal dieper en langer wegzakken.

Toegenomen neerslag en extreme regenbuien leiden tot grotere kans op overstromingen en stagnatie van regenwater (Besse-Lototskaya et al., 2010).

### **2.2.3.3 De nutriëntencyclus en primaire productie**

Klimaatverandering kan een effect hebben op de nutriëntenbeschikbaarheid in het heidelandschap. Onder invloed van warmte kan het aandeel beschikbare nutriënten in het heidelandschap toenemen (Natural England en RSPB, 2014). Opwarming zorgt tijdelijk voor een versnelling van de afbraak van heidestrooisel en mineralisatie, terwijl droogte dit proces vertraagt in droge heide. Wanneer het droog is, is het vaak ook warm. In die periode daalt de mineralisatie en de beschikbaarheid van stikstof en fosfaat ook, ondanks de warme temperaturen (van Meeteren et al., 2008).

De toename van CO<sub>2</sub>-concentraties zorgt voor een toename aan fotosynthetische activiteit. Planten slagen erin om meer biomassa te produceren, zowel bovengronds als ondergronds. Niet alle plantensoorten reageren even sterk op een toename van CO<sub>2</sub>. Veenmossen zouden bijvoorbeeld sterker reageren op toegenomen CO<sub>2</sub> dan de meeste hogere planten (Heijmans et al., 2008). De hoeveelheid organisch materiaal in de bodem beïnvloed eveneens het waterhoudend vermogen van de bodem en gevoeligheid voor erosie (Wessel et al., 2004).

### **2.2.3.4 Verbreiding van soorten**

Klimaatverandering wijzigt de omvang of ligging van het areaal en verspreidingsgebied van soorten (Noordijk et al., 2010; Hardy et al., 2014; Hickling et al., 2006; Parmesan, 2006). Warmteminnende soorten breiden uit en komen vanuit het zuiden of oosten Vlaanderen binnen. Zo heeft de wesp- of tijgerspin snel het heidelandschap, maar ook andere biotopen gekoloniseerd de afgelopen decennia.

Soorten kunnen maar uitbreiden wanneer geschikt habitat aanwezig is. Zo moeten voor insecten geschikte waard- en voedselplanten aanwezig zijn in het nieuwe gebied. Wellicht zullen we nieuwkomers eerst aantreffen in pioniersbiotopen zoals warme en open plekken op de heide. We verwachten ook dat gevleugelde dieren sneller nieuwe gebieden innemen dan



ongevleugelde. De migratiecapaciteit van soorten verschilt en is heel moeilijk in te schatten. Dit is afhankelijk van de fysieke mogelijkheden en verbindingen, maar ook de natuurlijke neiging om geboortegrond te verlaten (Noordijk et al., 2010).

Soorten die beter gedijen in arctische of montane gebieden, zoals rode bosbes zullen eerst in aantal verminderen en vervolgens verdwijnen uit het Vlaams heidelandschap. Doordat het neerslagpatroon verandert met minder spreiding van neerslag, verwachten onderzoekers dat de oppervlakte typische heidemossen en -bladmossen zal afnemen (Hodd and Sheehy Skeffington, 2011).

Door sterke versnippering van het heidelandschap wordt klimaatgedreven soortverspreiding bemoeilijkt. Populaties in kleine gebieden hebben een grotere kans om uit te sterven dan in grote gebieden. Die kans neemt nog eens toe door klimaatverandering omdat extreem weer schommelingen in populatieaantallen vergroot (Besse-Lototskaya et al., 2010).

Onder klimaatverandering wordt een verdere instroom van invasieve soorten uit het Ponto-Kaspische gebied verwacht (Witte et al., 2009). Er is verder weinig onderzoek uitgevoerd naar de interacties tussen invasieve soorten in het heidegebied en klimaatverandering.

### 2.2.3.5 Natuurlijke successie

Voor het heidelandschap is het nog onduidelijk of een langere groeiperiode en verhoogde fotosynthetische activiteit (als gevolg van de algemene temperatuurstijging in het voorjaar) ook resulteert in een hogere primaire productie en een versnelling van de natuurlijke successie, gezien de groei aan de andere kant wordt beperkt door droogte en een lagere waterbeschikbaarheid (Wessel et al., 2004).

Versnelde verbossing kan bijvoorbeeld de resterende kleine oppervlakte jeneverbesstruweel verder verdringen. De geschikte kiemingsmilieus ontbreken en natuurlijke verjonging is nu al onvoldoende door onderbegrazing. Ook de inkrimpemde oppervlakte vegetatiearme stuifduinen kan versneld afnemen door klimaatgedreven successie naar een droge struikheidevegetatie. Pioniervegetaties met snavelbiezen kunnen sneller dichtgroeien, waardoor ze minder lang geschikt blijven voor de hiervan afhankelijke soorten.

Verdroging van natte heidebiotopen kan de successie naar bos versnellen (Besse-Lototskaya et al., 2010).

Wanneer droogte of hitte volgt op verstoring zoals overstuiving, natuurbrand of beheer, zal de soortenrijkdom aan vaatplanten wellicht trager herstellen. De diversiteit aan zaailingen is kleiner bij droogte en warmte. Verlies aan diversiteit aan vaatplanten zal dus wellicht niet optreden in de volwassen fase van de heidevegetatie, maar in de herstelfase na het terugzetten van de successiereeks (Fagúndez, 2013).

## 2.2.4 Effecten op structuren

### 2.2.4.1 Effecten op stuifduinen

Naar verwachting neemt de morfodynamiek van het heidelandschap toe. Het aandeel open bodem en ijle vegetatie in stuifduinen kan hierdoor toenemen. Dit is positief voor de natuurwaarden van stuifduinen, zoals verschillende typische heidedieren die vaak erg afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van open bodem en vegetatie. Het risico bestaat dat nieuwe, open plekken snel worden ingenomen door het invasieve mos grijs kronkelsteeltje. De soort





kan zich bij constante stikstofaanvoer en op verzuurde bodems gemakkelijk vestiging en de open zones weer dichtgroeien.

#### 2.2.4.2 Effect op droge heide

Waarschijnlijk zal droogte de bloei- en groeiperiode van struikheide veranderen. Hitte zou hierop een kleinere invloed uitoefenen. Bij hitte en sterke verdamping in combinatie met lange neerslagarme perioden, kan de droogtestress extreem worden in droge heide waardoor struikheide zelfs kan afsterven (Witte et al., 2009).

Droogte tijdens het groeiseizoen zorgt voor een verminderende primaire productie en tragere nutriëntencycli. We verwachten een concurrentieel voordeel voor grassen zoals pijpenstrootje en bochtige smele die beter aangepast zijn aan droogte (Peñuelas et al., 2004; Wessel et al., 2004; Beier et al 2015).

In Jeneverbesstruwelen hebben hogere wintertemperaturen mogelijk een negatieve impact op de zaadvitaliteit van jeneverbes. Door droogtestress zouden kiemplanten van jeneverbes dan weer niet kunnen opgroeien (Van Reeth, 2020).

#### 2.2.4.3 Effect op natte heidehabitats, venen en vennen

Op plekken waar natte heides, vennen en venen voor hun watervoorziening grotendeels afhangen van neerslag zijn grote effecten te verwachten. Hangwatersystemen en systemen met lokaal geïnfiltreerd grondwater op hogere zandgronden zullen kampen met een groter vochttekort in het groeiseizoen (Witte et al., 2009; Dams et al. 2012). Heidesystemen gevoed door regionale grondwaterstromen zijn trager en reageren minder op extreme events, zoals langdurige zomerdroogtes (De Becker, 2020). Waarschijnlijk zullen echter ook deze systemen aangetast worden en in oppervlakte afnemen.

Natte heidevegetaties waarvan de watertafel permanent te laag staat, zullen van soortenrijk naar soortenarm met dominantie van dophei evolueren en vervolgens vergrassen of vervangen worden door drogere types. Door verdroging en versnelde afbraak van het organisch materiaal in de bodem zal natte heide vergrassen met pijpenstrootje.

We verwachten dat de oppervlakte en diepte van open wateren in het heidelandschap zal afnemen. Het uitdrogen van open wateren zal onder andere leiden tot een slechtere waterkwaliteit en de achteruitgang van aquatische en amfibische soorten.

Klimaatverandering heeft wellicht een ernstig negatief effect op voedselarm moeras. In een goede toestand is de waterstand in venen het hele jaar door hoog. Enkel in de hoogzomer zakt de watertafel even weg. Door klimaatverandering zullen venen echter vaker en langer droogvallen. Veen- en organische bodems kunnen in een droge periode uitdrogen, waardoor organisch materiaal kan afbreken. In dat geval worden ze gevoelig voor invasies van soorten uit andere habitats zoals boompjes, ruige kruiden, varens, grassen en invasieve exoten zoals trosbes en Amerikaanse vogelkers die de habitat sterk veranderen (Schepker en Kowarik, 1998). Een afname van specialistische veensoorten wordt verwacht (Stallegger, 2008).

Door extreme buien kunnen heides overstroomd worden in de toekomst. Hierbij bepaalt de kwaliteit van het beekwater het al dan niet ongunstig effect op de zure en voedselarme milieus van deze habitats.



#### 2.2.4.4 Effect op vegetatiestructuur

De vegetatiestructuur wordt beïnvloed door beheer, de competitie tussen plantensoorten, variatie in topografie, bodem en het weer.

Vaststellingen in het veld wijzen erop dat droogteperiodes in het voorjaar en in de zomer kunnen leiden tot vermindering van de algemene vitaliteit en zelfs massale sterfte van struikheide. De soort is, als dominerende soort, bepalend voor de vegetatiestructuur in het heidelandschap. Deze soort wordt geacht vrij goed bestand te zijn tegen droogte en hitte onder het huidige klimaat, maar kan door klimaatverandering in de toekomst toch ernstig te leiden hebben. De ineenstorting van de lokale populaties van struikheide kan niet worden uitgesloten, en in dat geval veranderen ook de structuren, processen en diensten van het heidelandschap ingrijpend (Witte et al., 2009). De precieze oorzaak van struikheide-sterfte is niet bekend of weinig onderzocht. Veldwaarnemingen wijzen op een verminderde kieming van struikheide-zaden en verminderde vestiging van zaailingen in droge en warme jaren. Droge perioden in de zomer verminderen het succes van de generatieve voortplanting van struikheide, waardoor de regeneratie van heidevelden wordt afgeremd (Olmeda et al., 2019). En tijdens zeer lange droge periodes sterft heide zelfs af.

Er is voornamelijk een risico op toenemende vergrassing, wanneer er gaten ontstaan in de dwergstruikenbegroeiing. Open plekken kunnen ontstaan door natuurlijke afsterving (door ouderdom) van dwergstruiken, maar ook onder invloed van klimaatgerelateerde stress zoals aanvallen van het heidehaantje, droogtesterfte of toegenomen landschapsdynamiek. Een verminderde weerbaarheid voor vraatschade door heidehaantje werd vastgesteld bij struikheide, wellicht door een tekort aan fenolen die de plant verdedigen tegen zulke aanvallen bij droogte (Wessel et al., 2004).

Er bestaat dus een risico dat heidevegetaties vervangen worden door grasvegetaties onder invloed van klimaatverandering (Wessel et al., 2004). Droogte tijdens het groeiseizoen zorgt voor een verminderende primaire productie en tragere nutriëntencycli. Dit kan een competitief voordeel betekenen voor dwergstruiken (Wessel et al., 2004). Echter, een experimentele simulatie van droogte toont een geringer competitief voordeel van struikheide ten opzichte van bochtige smele aan (Beier et al., 2015).

#### 2.2.4.5 Effect op de heidebodem

Uitloging van basen en verzuring zijn eigen aan het heidelandschap en gaan onafgebroken door in de bodem. De pH van regenwater is van nature lichtjes zuur en zal kalk uit de bodem spoelen. Hoe meer CO<sub>2</sub> aanwezig in de bodem, hoe sterker deze reactie zal doorgaan. CO<sub>2</sub> in de bodem wordt geproduceerd door biologische activiteit van bodemorganismen en de hoeveelheid organisch materiaal (brandstof voor de CO<sub>2</sub>-productie), toegenomen temperaturen stimuleren de bodemactiviteit en zorgen dus voor meer CO<sub>2</sub>-productie en versnelde verzuring (Finke en Langohr, 2005).

Micro-organismen en de bodemfauna zullen ook reageren op klimaatverandering. Vooral schimmels die samenleven met plantenwortels, de mycorrhiza-schimmels zouden toenemen en actiever worden bij droogte, warmte en verhoogde CO<sub>2</sub>-concentraties. Bodembiota leken goed aangepast aan periodieke droogte en redeneerden vrij gemakkelijk. Het effect van warmte, droogte en meer CO<sub>2</sub> op de diversiteit van de bodemfauna lijkt beperkt (Beier et al., 2015).



Tot slot bepaalt de dikte van de humus- of veenlaag het vermogen om vocht vast te houden in droge perioden. Veen- en organische bodems kunnen in een droge periode uitdrogen, waardoor organisch materiaal kan afbreken en voedselrijker worden. Hiermee wordt ook het vermogen op koolstof vast te houden aangetast. Een tijdelijk of permanent lagere grondwaterstand zorgt voor een betere doorluchting en verhoogde microbiële activiteit in de bodem. Hierdoor breekt organisch materiaal af en wordt koolstof vrijgesteld aan de lucht (Grzybowski en Glińska-lewczuk, 2020; Stallegger, 2008).

#### **2.2.4.6 Effecten op levensgemeenschappen van het heidelandschap**

Klimaatverandering zal de soortsamenstelling van levensgemeenschappen veranderen. Zo kunnen competitieverhoudingen tussen soorten veranderen of ontstaat er een onevenwicht of mis match in voedselrelaties. Bekende impacten van de veranderende meteorologische effecten op enkele goed gemonitorde soortengroepen van het heidelandschap worden hierna beschreven op basis van onderzoek uit Wallis de Vries et al. (2018) en Schauvliege (2020).

Een neerslagrijke periode kan negatief doorwerken op insectensoorten door 1) beperking van de vliegtijd, 2) overstroming van het leefgebied 3) de overleving van rupsen of poppen in het voorjaar. Anderzijds kan er een positief effect optreden door 1) betere groei van waardplanten en 2) meer bloei van nectarplanten. Hitte is vooral voor dagvlindersoorten uit heidegebieden een negatieve factor. Droogte heeft een negatieve impact hetzij via verdroging van het leefgebied op lange termijn, hetzij via de overleving en voortplanting op korte termijn.

Vlinders met een lang rupsstadium zoals heivlinder en kommavlinder gingen sterk achteruit in droge jaren. De rupsen vonden wellicht te weinig frisgroene bladeren van bepaalde planten om te eten. De rupsen van heideblauwtjes eten bijvoorbeeld jonge dop- en struikheide. Bij voorjaarsdroogte groeit jonge heide te weinig, waardoor onvoldoende voedsel voorhanden is.

Bij lange droogte produceren bloemen minder nectar waardoor dagvlinders, zweefvliegen, bijen en hommels onvoldoende voedselstoffen binnenkrijgen. Bij de zweefvliegen is er een opvallende terugval van specialisten van arme zandgronden zoals de heidefopwesp en het zandlanglijfje, die in relatie gebracht kan worden met droogtestress. Ook duidelijke neerwaartse aantallen fytofage zweefvliegsoorten uit andere biotopen (o.a. geslacht *Cheilosia*) die voor hun reproductiecyclus afhankelijk zijn van waardplanten die door droogte een verminderde bloeiwaliteit en bloeiperiode vertonen. Veenhommels kunnen langdurige droogte slecht verdragen, omdat ze hun nesten maken in vochtig terrein en de hoeveelheid en kwaliteit van de bloemen vermindert. Dit kan doorwerken in een slechtere voortplanting of sterkere concurrentie met andere hommelssoorten.

Libellen leven als larve in water en lijken sterk te reageren op het droogvallen van hun waterhabitat. Zo daalde het aantal waarnemingen na de droge jaren 2018-2019 van enkele typische venbewoners van het heidelandschap: maanwaterjuffer, speerwaterjuffer, zwarte heidelibel en Noordse witsnuitlibel. Niet enkel het droogvallen van de waterhabitat, maar ook de kleine en geïsoleerde ligging van de resterende populaties zouden een rol spelen.

Box 2: Effect van klimaatverandering op klokjesgentianen, de waardmieren en gentiaanblauwtje  
Het gentiaanblauwtje, een beschermd en zeldzame soort van natte heide heeft klokjesgentiaan als waardplant voor de jonge rups. De rups brengt vervolgens zijn leven door in het nest van knoopmieren, die zorgen voor de rups tot die verpopt tot vlinder. Gentiaanblauwtjes zijn afhankelijk van goed ontwikkelde vochtige en natte heidebiotopen. De vlinder foerageert op gewone dophei, maar de jonge rupsen voeden zich met bloemknoppen van klokjesgentiaan. De eitjes worden vooral op grotere exemplaren afgezet. Na enkele weken worden de rupsen

geadopteerd door steekmieren. De rupsen scheiden suikerachtige substanties af en de steekmieren beschermen de rupsen. Omdat de actieradius van de mieren beperkt is, moeten gentianen en mierennesten binnen enkele meters van elkaar voorkomen. Klimateffecten kunnen deze symbiotische relatie ernstig verstoren met een achteruitgang van de populaties klokjesgentianen en bijgevolg gentiaanblauwtjes tot gevolg. Verdroging van de natte heide zorgt voor een achteruitgang van de populaties klokjesgentiaan en de omgeving van de natste laagten wordt vaak overheerst door pijpenstrootje. Bij perioden van extreme regenval blijven die laagten vaak onder lang onder water staan, waardoor mierennesten met rupsen kunnen verdrinken en de groei van de gentianen stilstaat. Het effect van droogte in het voorjaar en de vroege zomer is dat de bloei van gentianen wordt uitgesteld, waardoor er tijdens de vliegtijd van de vlinders (ca. juli) geen gentianeknoppen beschikbaar zijn voor de ei-afzet. Ook hevige regelval in de maanden juli en augustus kan de populatie schaden. De kortlevende vlinders kunnen erdoor sterven of de rupsen kunnen sterven tijdens de overgang van bloemknop naar mierennest (Wallis de Vries en Limpens, 2020). De drie soorten steekmieren (moerassteekmier, gewone steekmier en bossteekmier) die als gastheer optreden voor rupsen van gentiaanblauwtje en de veenmier (een habitatspecialist van natte heide) kunnen goed omgaan met wisselende waterstanden. Langdurig hoge waterstanden in de zomer zijn echter schadelijk voor de kolonies. De mieren moeten dan een lange periode van voedselschaarste overleven en de voortplanting kan in het gedrang komen omdat bruidsvluchten in zomer en begin herfst plaatsvinden. Moerassteekmier en veenmier hebben te leiden onder langdurige droogte omdat concurrerende mierensoorten hen kunnen verdringen.

Levendbarende hagedis komt voor in structuurrijke vochtige en droge heidebiotopen met een goed ontwikkelde strooisellaag. De aanwezigheid van structuren om in te overwinteren zoals grote pollen pijpenstrootje of bochtige smele, dood hout in de vorm van stammen of houtstapels, maaiselhopen of natuurlijke holtes zijn essentieel. Deze plekken moeten vorstvrij zijn, mogen in de winterperiode niet onder water komen staan, maar mogen ook niet te droog zijn zodat de vochtinhouding in het eigen lichaam op peil gehouden kan worden. Er wordt een gestage afname van de aantallen geobserveerd maar de redenen zijn nog onduidelijk. Grootschalig beheer, verminderde voedselkwaliteit (door verzuring) maar ook de klimateffecten als droogte en overstroming worden geopperd. Plotse hoge waterstanden kunnen ervoor zorgen dat volwassen dieren ontheemd geraken. Bij overstroming van hun overwinteringsplek zullen de dieren verdrinken. Voor levendbarende hagedissen die in of nabij relatief drogere delen van het terrein leven, zoals bosranden en open bossen kan aanhoudende droogte hun leefgebied minder geschikt maken.

Elke amfibieënsoort van het heidelandschap (o.a. poelkikker, heikikker, rugstreeppad, Alpenwatersalamander, kleine watersalamander en vinpootsalamander) heeft visvrij, stilstaand of zwak stromend en snel opwarmend water nodig om zich te kunnen voortplanten. Voor jonge en adulte dieren is de aanwezigheid van soortenrijke vegetatie belangrijk voor voldoende voedsel (voornamelijk ongewervelden). Extreem natte en droge zomers hebben grote invloed op de staat van deze kleine wateren. Tijdens warme, droge zomers bestaat het risico dat voortplantingswateren droog komen te staan tijdens de voortplantingsperiode. Alle eitjes en larven die afgezet zijn in zulke wateren zullen volledig verloren gaan. Na de droge jaren van 2018 en 2019 werd een drastische afname van het aantal eiklommen van heikikker vastgesteld in Vlaanderen. Daarnaast viel één van de vier voortplantingswateren van knoflookpad droog met verlies van eilegels tot gevolg.



### 3 STAP 3: ADAPTATIESTRATEGIE

Hoe kun je de kwetsbaarheid van je natuurgebied voor klimaatveranderingen inschatten? Hoe kun je in de praktijk klimaatadaptieve maatregelen afwegen en toepassen? Hoe kunnen we de beheerde natuur zo duurzaam mogelijk gebruiken en anticiperen op de verwachte veranderingen van het klimaat?

Het natuurbeleid en -beheer houdt op dit moment weinig expliciet rekening met klimaateffecten. Natuurontwikkeling en natuurdoelstellingen worden nu vaak bepaald op basis van gebiedskenmerken en gewenste (zeldzame) soorten. De huidige manier van werken beoogt een statisch einddoel en gaat uit van stabiele omgevingsfactoren. Daarbij is het referentiebeeld gebaseerd op klimaatomstandigheden uit het verleden, die door de klimaatverandering niet meer actueel zijn. Om de effecten van klimaatverandering te kunnen opvangen is een strategie nodig die rekening houdt met een steeds veranderend klimaat. In deze stap werken we een strategie uit die bedoeld is om het adaptief vermogen van landschappen te versterken. Hierdoor kan het gebeuren dat een strategie die rekening houdt met een steeds veranderend klimaat niet altijd goed aansluit bij de huidige natuurbeheerdoelen.

We reiken in deze stap informatie en een methode aan om de huidige plannen en programma's aan te vullen en dus niet te vervangen. Via een overwogen strategie en hierop geënte maatregelen kunnen we onze natuur aanpassen aan klimaatverandering. Enkele voorbeelden zijn: aanpassingen in natuurbeheer, verbetering van de ruimtelijke samenhang en hydrologische maatregelen.

Stap drie bestaat uit drie delen. Eerst geven we een reeks algemene principes (3.1) die de basisregels vormen voor klimaatadaptief natuur- en bosbeheer. Deze algemene principes vormen de grondgedachte voor elke (set van) adaptieve maatregel(en) of adaptieve projecten. Ze werden gekozen op basis van wetenschappelijke inzichten over klimaatverandering en aangepast aan de Vlaamse situatie. Het geheel van deze algemene principes kan gezien worden als een strategie om landschappen weerbaarder te maken tegen de gevolgen van klimaatverandering. Deze principes zijn algemeen geldig voor alle landschapstypes. Ze kunnen gebruikt worden als toetssteen bij het opstellen van natuurbeheerplannen die rekening houden met de effecten van klimaatverandering.

Maar hoe kom je te weten welke maatregelen je best toepast in jouw gebied? Wellicht ben je al bezig met klimaatadaptatie, zonder het te weten of zo te benoemen. In 3.2 worden een werkwijze en tool aangeboden om te evalueren welke kenmerken je gebied of perceel kwetsbaar maken voor klimaatverandering. Deze kenmerken worden de veerkrachtcriteria genoemd. Je kan een reeks criteria scoren die samen aangeven of je gebied kwetsbaar of veerkrachtig is tegen klimaatverandering. Voor elk landschapstype werd een eigen scoretabel opgesteld. De score-oefening wijst aan welke veerkrachtcriteria kunnen verbeteren via beheermaatregelen. Dit zijn de adaptatieprioriteiten.

In 3.3 selecteer je - op basis van de veerkrachtcriteria die beter kunnen - de meest gepaste maatregelen voor je gebied in de databank met adaptatiemaatregelen. De klimaatadaptieve beheermaatregelen (3.3) die een terreinbeheerder kan uitvoeren, dragen bij aan één of meerdere van de algemene klimaatadaptieve beheerprincipes uit 3.1





Figuur 7: Werkwijze en samenhang tussen 3.1, 3.2 en 3.3.

## 3.1 STAP 3.1: PRINCIPES VOOR KLIMAATADAPTIEF NATUURBEHEER

Het klimaatadaptief beheer van een gebied is maatwerk. Er zijn echter een aantal adaptatieprincipes die opgaan voor bijna alle ecosystemen in Vlaanderen. Het gaat om omvattende principes, te gebruiken in natuurbeheer maar ook bruikbaar in projecten en plannen. We omschrijven algemene klimaatadaptieve principes die gelden voor alle landschapstypes. Deze klimaatadaptieve principes zijn onder te brengen onder deze vier pijlers:

Pijler 1) Robuuste natuur

Pijler 2) Goede milieuomstandigheden

Pijler 3) Gevarieerde ecosystemen

Pijler 4) Voorkomen van natuurrampen of hun impact mildereren

### 3.1.1 Pijler 1 Robuuste natuur

#### 3.1.1.1 Vergroot de oppervlakte natuurkernen

Vergroten is één van de belangrijkste principes om gebieden weerbaarder te maken tegen de gevolgen van klimaatverandering. Grotere gebieden huisvesten grotere populaties, waardoor de kans op het lokaal uitsterven van soorten door toevalsfactoren verkleint. Hoe groter de oppervlakte en variatie in natuurlijke habitats, hoe kleiner de kans dat het volledige gebied even hard getroffen wordt door een verstoring. Herstel kan optreden door herkolonisatie vanuit de minder getroffen zones.

Grote aaneengesloten natuurlijke habitats kunnen grotere populaties en een grotere variatie aan soorten herbergen. Bovendien zijn er meer kansen voor biodiversiteit omdat er meer verschillende niches voor soorten voorkomen - beter gekend als de species-area relationship (McGuinness 1984).

In grote gebieden is er meer ruimte voor spontane processen zoals veenvorming, extensieve begrazing, windwerking, overstroming. Er is ook meer ruimte voor gradiënten, bodemtypes, afwisselingen in reliëf. Bij weersextremen kunnen soorten zich verplaatsen naar die plekken waar ze kunnen overleven. Hierdoor is adaptief beheer in theorie gemakkelijker te bereiken in grotere dan in kleine gebieden. In grotere bossen en natuurgebieden (grootteorde > 1000 ha) kunnen verschillende functies als houtoogst, recreatie of natuurherstel makkelijker met elkaar verzoend worden. Hoe groot de gebieden moeten zijn om de hogergenoemde aspecten te realiseren is moeilijk te zeggen en niet bekend (Bijlsma et al., 2012).

### **3.1.1.2 Buffer kwetsbare natuur**

Door de hoge druk vanuit het omliggend landgebruik is inzetten op buffers rondom natuurgebieden zeer relevant, ook al kan je daar geen topnatuur creëren. Natuurlijke klimaatbuffers definiëren we als gebieden met een minder intensief landgebruik die helpen om de gevolgen van klimaatverandering aan te kunnen: het vasthouden en opvangen van water, het voorkomen van watertekorten, het temperen van hitte het beschermen tegen erosie en de instroom van modder en vervuild water. Klimaatbuffers beschermen kwetsbare natuurwaarden tegen milieudrukken vanuit omliggende landgebruiken en kunnen ingezet worden om het leefgebied van soorten te vervolledigen. Die drukken worden immers versterkt door klimaatverandering. De beheerder kan ook via kleinschalige maatregelen een deel van de milieudruk vermijden of de meest kwetsbare zones bufferen. Bijvoorbeeld: hydrologische bufferzones rond natte heidegebieden en vennen of bufferzones om impact van atmosferische deposities tegen te gaan. In overstromingsgevoelige gebieden kan de aanleg van een slibvang zorgen voor een verminderde aanvoer van voedingsstoffen naar de natuurgebieden zelf.

### **3.1.1.3 Bevorder klimaatgedreven soortverbreiding**

Soortenrijke systemen zijn vaak robuustere systemen. Door de klimaatwijziging dreigen soorten te verdwijnen omdat het leefgebied bij een toekomstig klimaat niet langer overeenkomt met het huidige leefgebied van de soort.

Soorten kunnen overleven als ze zich aanpassen aan klimaatveranderingen, bijvoorbeeld door het verdragen van nieuwe warmtevoorwaarden of genetische aanpassingen. Een alternatief is hun niche volgen over een geografische breedtegradiënt. Door het opwarmend klimaat, verschuift het potentiële verspreidingsgebied van heel wat soorten naar de polen. Verschuiven naar hoger gelegen gebieden is niet mogelijk in het topografisch vlakke Vlaanderen.

We verwachten dat soorten waarvan de zuidgrens van hun areaal in Vlaanderen ligt, hier zullen verdwijnen. Anderzijds verwachten we dat warmteminnende soorten hier steeds beter zullen kunnen overleven. Het is daarbij aannemelijk dat mobiele soorten gemakkelijker nieuwe, geschikte gebieden koloniseren terwijl dit voor minder mobiele soorten minder gemakkelijk gaat. Maar het kan best zijn dat zelfs zeer beweeglijke soorten hier niet in zullen slagen, omdat de connectiviteit tussen populaties ook afhankelijk is van levensgeschiedenis, verspreiding en omgevingscontext. Veel is nog onzeker. Zullen de juiste omstandigheden hier aanwezig zijn voor zuidelijke nieuwkomers?



In het sterk versnipperd Vlaanderen moet daarom ook vanuit klimaatoogpunt verder gewerkt worden aan het uitbouwen van (blauwgroene) netwerken. Vooral landsgrensoverschrijdende migratiecorridors met een noord-zuid oriëntatie zoals de Schelde- en Maasvallei en grensoverschrijdende bos- en heidegebieden zoals de Kalmthoutse Heide, het Hageven en het Kempen-Broek zijn uiterst belangrijk om het opschuiven van soorten te vergemakkelijken. Soorten van hier die opschuiven naar het noorden, worden best zo lang mogelijk ondersteund om hun vertrek voor te bereiden. Tegelijkertijd kunnen nieuwkomers opgevangen worden. Uitwisseling tussen populaties verzekert ook een brede genetische basis, zodat soorten het vermogen hebben om zich aan te passen aan een veranderende omgeving.

Daarnaast is geassisteerde migratie of translocatie van soorten, waarbij de mens een handje helpt bij het bereiken van geschikte leefgebieden, nodig voor hervestiging van soorten. Hierbij wordt rekening gehouden met mogelijke schadelijke effecten en de habitatgeschiktheid van het te bevolken gebied (Hulme, 2005). Een voorwaarde is natuurlijk ook dat elk biotoop een voldoende oppervlakte heeft om een voldoende grote populatie te huisvesten.

### 3.1.2 Pijler 2 Goede milieumomstandigheden

#### 3.1.2.1 Beheer de waterhuishouding

Een goede waterhuishouding is cruciaal om gebieden te wapenen tegen droogte, wateroverlast en overstroming. We verwachten droogte- en temperatuur-gerelateerde effecten op onze ecosystemen, door meer verdamping en verminderde grondwateraanvulling. De totale neerslag neemt toe, maar zal voornamelijk in het winterhalfjaar vallen. Diepe kwel zal wellicht eerder stabiel blijven of zelfs toenemen in lageregelegen landschapsdelen wanneer het infiltratiegebied uit zandige bodems bestaat. Ondiepe kwelstromen of tijdelijke stuwwatertafels zullen daarentegen zeker sneller verdrogen. Habitats zijn afhankelijk van een zeker vochtgehalte of een zeker bereik van grondwaterstanden. Verminderde vochtgehalten, een verminderde kwel of lagere (grond)waterstanden kunnen gevolgen hebben voor vegetaties en organismen. Ook extreme neerslag kan zijn tol eisen door overstroming en hieraan verbonden vervuiling, vermesting en het verdrinken van soorten.

Verdroging of vernatting kan aangepakt worden door inzet van hydrologische herstelmaatregelen. Hiervoor is kennis van de ecohydrologie van het systeem nodig. Zo kan door dempen of verondiepen van lokale grachten verdroging van natte habitats in belangrijke mate verholpen worden. Soms zijn ingrepen nodig op regionale schaal zoals herstel van infiltratie en inzigtgebieden ten behoeve van kwel, herstel van kwelatronen en kwelstromen en hydrologische buffering rond natuurgebieden die anders droogvallen. Veelal zijn herstelmaatregelen op landschapsniveau een maatschappelijk moeilijk en tijdrovend proces, maar niet onmogelijk.

Een vertraagde afvoer van regenwater is de sleutel om de grondwaterinfiltratie te verhogen en overstromingen te vermijden. Hiervoor wordt best op grote schaal ingezet op waterinfiltratie en vermindering van intensieve drainage, binnen en buiten natuurgebieden. Daarnaast is het van belang om het overtollige water al vanaf de kleinste vertakkingen van de waterlopen of in bovenstroomse bufferbekkens op te houden en vertraagd af te voeren. Op die manier kan een neerslagpiek sterk afgevlakt worden en gaan maatregelen tegen overstroming samen met maatregelen tegen de droogte. Wanneer toch te grote hoeveelheden water in beken terecht komt, zijn overstromingen van laaggelegen gebieden onvermijdelijk. Vaak is het niet zozeer de overstroming zelf, maar de aanvoer van voedingsstoffen en vervuild materiaal dat nefast is voor de natuurlijke ecosystemen. Erosiemaatregelen zijn daarom ook cruciaal in dit verhaal.





Voor vochtige en natte heide, moerasbossen, natte graslanden, moerassen en open wateren is herstel van de waterhuishouding naar kwantiteit en kwaliteit de hoogste prioriteit. De hoogte, schommeling en samenstelling van het grondwater hebben een directe invloed op de dominantieverhoudingen tussen plantensoorten, de koolstofvoorraad en de watergebonden ecosysteemdiensten.

### 3.1.2.2 Verminder drukken als vermesting en verzuring

Het verminderen van niet-klimaatgerelateerde drukken, zoals vermesting en verzuring helpt populaties beter om te gaan met de stress die door klimaatverandering wordt teweeggebracht (Natural England en RSPB, 2019; Hulme, 2005). Veel ecosystemen in Vlaanderen zijn van nature arm aan stikstof en fosfaat. De overmaat aan stikstof en fosfaat vormt in Vlaamse natuurgebieden één van de belangrijkste knelpunten voor het behoud en herstel van deze ecosystemen. Een beperkt aantal sterk competitieve planten nemen in vermist systemen de overhand en verdringen overige soorten. Klimaatverandering kan dit effect versterken door een verlengd groeiseizoen en betere groeiomstandigheden.

Een beheerder heeft weinig vat op de bron van atmosferische stikstofdepositie die hoofdzakelijk afkomstig is van landbouw en verkeer. Voedingsstoffen die aangevoerd worden via overstromingen of via het grondwater komen eveneens van buiten het natuurgebied. De programmatische aanpak om de toevoer van nutriënten verder te beperken is absoluut noodzakelijk. Dit zal in de eerste plaats de niet-klimaatgerelateerde drukken verminderen, maar het zal ecosystemen ook beter wapenen tegen klimaatverandering.

### 3.1.2.3 Bescherm de bodem

Een gezonde bodem bepaalt mee de veerkracht en de biodiversiteit van het ecosysteem. De bodem vormt ook een belangrijke opslagplaats voor broeikasgassen zoals CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>, en speelt dus niet alleen een belangrijke rol voor klimaatadaptatie, maar ook bij klimaatmitigatie.

In de strijd tegen verdroging kan gestreefd worden naar een groter vermogen van bodems om vocht vast te houden. Het bodemvochtgehalte kan verhoogd worden door in te zetten op aanwezigheid van voldoende organisch materiaal, gradiënten te creëren, in te zetten op de ontwikkeling van een sterk bufferend microklimaat en ook het beheer van het waterregime in de omgeving is belangrijk.

Bodemverzuring neemt toe door klimaatverandering. Bij lage grondwaterstanden wordt de invloed van zuur regenwater groter. Hierdoor zien we een versnelde verwerking van mineralen, het uitspoelen van nutriënten en basische kationen (K, Mg, Ca) en verschuivingen in de chemische bodemsamenstelling (aminozuursamenstelling of N:P-ratio). In veel natuurgebieden, in het bijzonder de voedselarme ecosystemen, is veel van de buffercapaciteit verloren. Een te sterke verzuring van de bodem kan leiden tot een verminderde vitaliteit en het verdwijnen van karakteristieke soorten. Verzuring van de bodem kan gebufferd worden via maatregelen zoals inzetten op rijkstrooiselsoorten en het aanbrengen van mineralen.

Bijkomend is het belangrijk om tijdens beheerwerken bodemcompactie zo veel mogelijk te beperken. Door bodemverdichting is er vertraagde uitwisseling van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> en kan regenwater veel minder makkelijk tot bij de wortels in de bodem dringen. Er kunnen ondoordringbare lagen ontstaan waardoor infiltratie moeilijker kan plaatsvinden.



#### **3.1.2.4 Verhinder de vestiging van schadelijke soorten**

Of de effecten van klimaatverandering schadelijke soorten zoals invasieve exoten, plaagsoorten en ziektes bevorderen, is soms niet duidelijk. Klimaatverandering is niet altijd voordelig voor invasieve exoten, maar gestresseerde of gedegradeerde systemen zijn wel vaak gevoeliger voor invasies, ziektes of plagen. De aanwezigheid van invasieve soorten kan beheer- of herstelmaatregelen hypothekeren (Schepker en Kowarik, 1998).

### **Pijler 3 Gevarieerde ecosystemen**

Gevarieerde, complexe landschappen herbergen een hogere diversiteit aan dier- en plantensoorten en zijn weerbaarder voor klimaatverandering dan homogene landschappen. Hoe groter de variatie binnen een gebied, hoe groter het aantal plantensoorten dat er een plek vindt en hoe groter het aantal functionele diergroepen er zal zijn. Prooien, gastheren, grazers, bestuivers, bouwers en afbrekers spelen ieder een belangrijke rol in het ecosysteem. Kleinschalig en gefaseerd beheer is in alle gevallen wenselijk.

#### **3.1.3.1 Streef naar soortenvariatie**

De gevoeligheid van soorten voor stormen, overstromingen, extreme droogte, plagen en ziektes kan sterk verschillen. Door in te zetten op een maximale soortenvariatie verlaag je het risico op ernstige gevolgen na extreme events. Bij het verlies van een soort, kan die rol opgevangen worden door een andere soort die dezelfde functie vervult. Bovendien verschillen soorten ook in verspreidingsvermogen en levensduur, wat meer stabiliteit met zich meebrengt. Gemengde en ongelijkvormige bestanden met diverse boomsoorten zijn bijvoorbeeld het best aangepast aan het veranderend klimaat.

#### **3.1.3.2 Verhoog de genetische diversiteit van soorten**

Binnen soorten komt er genetische variatie voor. Grotere populaties vertonen typisch een grotere genetische diversiteit. Genetische diversiteit en de gerelateerde variatie in fenotypes bieden extra veerkracht om de gevolgen van klimaatverandering binnen een populatie op te vangen. Het aanpassingsvermogen van een genetisch diverse populatie is groter. Voor de meeste populaties van wilde soorten is de genetische diversiteit echter onbekend en wordt deze in het beste geval verhoogd door het vergroten en verbinden van populaties. Het is echter onbekend of de genetische variatie verhoogt door deze maatregelen, bij welke soortengroepen en in welke situaties. Nochtans is dit essentiële informatie over de veerkracht en het adaptatievermogen van soorten en populaties. Omdat een goede genetische variatie van soorten belangrijk is voor het aanpassingsvermogen, wordt dit beheerprincipe opgenomen. Onder invloed van internationale doelen kan in de toekomst meer bewust ingezet worden op het verhogen van de genetische diversiteit van soorten als klimaatadaptatieve maatregel.

#### **3.1.3.3 Creëer maximale structuurvariatie**

Het creëren van structuurvariatie zowel horizontaal als verticaal draagt sterk bij aan een gevarieerd ecosysteem. Structuurvariatie is uiterst belangrijk voor het ondersteunen van de totale biomassa en diversiteit aan insecten. Een voldoende aanbod en diversiteit van insecten zijn belangrijk voedsel voor vele andere diersoorten, belangrijk voor bestuiving of voor plaagonderdrukking (Nijssen et al. 2019).

De verticale structuurvariatie kan in open gebieden lokaal verhoogd worden door te streven naar een afwisseling met boomgroepjes, struweel, ruigten, structuurrijke lage vegetatie, open



plekken en microreliëf. In een bos zorgt de aanwezigheid van bomen van verschillende leeftijden en hoogtes voor een verticale structuurvariatie.

Horizontale structuurvariatie in de verschillende landschapstypes kan je verhogen door te werken aan mozaïeken, gradiënten en microbiotopen. Mozaïeken van verschillende vegetatietypes met een andere structuur en eenzelfde hoogte zorgen voor een horizontale structuurvariatie. Gradiënten die het resultaat zijn van overgangen in voedselrijkdom, vocht of begrazingsintensiteit zorgen ook voor zo'n structuurvariatie. Ook microbiotopen leveren verschillen in kleine structuren. Het zijn dode en kwijnende bomen, boomgroepjes en struwelen in heide, steilranden, veenslenken, microreliëf, ongemaaide hoekjes, plukken ruigtevegetatie, vloedmerken en hoogwaterranden of broeihopen van maaisel, mest of kadavers. Ze zijn van grote waarde zijn voor fauna en momenteel slechts gering geïnventariseerd en gewaardeerd.

Veel soorten hebben verschillende biotopen nodig om in hun behoeften te voorzien. In het heidelandschap maakt bv. de zadelsprinkhaan op verschillende manieren gebruik van dit gevarieerde landschap:

- Open zandige bodems of mospakketten om eitjes te leggen,
- Lage struiken of vegetatie waarin de nimfen leven en van waaruit mannetjes de vrouwtjes lokken,
- Hogere struiken en jonge bomen om te foerageren.

Mozaïeken, gradiënten en microhabitats bieden soorten de ruimte om op te schuiven naar de meest gunstige condities bij droogte, hitte of overstroming. Zo kunnen soorten van oevers meebewegen met veranderingen in waterpeil op geleidelijk hellende oevers. In brede mantelzoomvegetaties kunnen dieren bijvoorbeeld opschuiven om hun lichaamstemperatuur te regelen (Nijssen et al., 2019).

#### **3.1.3.4 Herstel spontane processen**

Dynamiek is nodig om horizontale en verticale structuurvariatie over verschillende schaalniveaus in een landschap te behouden, te laten veranderen en verder te ontwikkelen. Door de spontane dynamiek in het landschap te herstellen ontstaan gevarieerde en veranderende leefgebieden waarin populaties zich kunnen ontwikkelen. In bossen, de duinen, slikken en schorren, (delen van) meer natuurlijke rivervalleien, moerassen of in grote, extensief begraasde heidegebieden, zorgen boomsterfte, windwerking, overstroming, sedimentatie, vraat en betreding continu voor nieuwe pioniersituaties en dynamische gradiënten tussen jonge en oude vegetatie (Nijssen et al., 2019).

In duin- en heidegebieden is winddynamiek belangrijk voor verjonging van de bodem en vegetatie. Tegenwoordig komt verstuing slechts beperkt voor door een hoge atmosferische stikstofdepositie en toenemende stabilisatie. Opnieuw activeren van verstuing kan als herstelmaatregel worden ingezet. Hierbij gaat men bij voorkeur op zoek naar geschikte stuifkuilen die gunstig op de wind liggen en waarbij de bodem nog nauwelijks is ontwikkeld.

#### **3.1.4 Pijler 4 Voorkomen van natuurrampen of hun impact mildereren**

De frequentie en de ernst van natuurrampen of onverwachte gebeurtenissen die schade veroorzaken, is sterk aan het stijgen als gevolg van klimaatverandering (IPCC, 2019). Langdurige droogte, extreme neerslag en stormen liggen aan de basis. Adaptief beheer omvat ook de preventie of vermindering van natuurrampen waaronder brand en, erosie en modderstromen, overstromingen, massale sterfte van planten en stormschade.



- Brand: Het aantal branden in natuurgebieden is duidelijk gelinkt aan droogteperiodes die eraan voorafgaan. In gebieden met een hoog risico op brand (gelegen op droge zandgrond) is het belangrijk de hoeveelheid strooisel te verminderen, brandvertragende houtsingels aan te planten, het gebied te compartimenteren door (ecologische) brandgangen te voorzien voor recreanten en de brandweer, en bovenal in te zetten op hydrologisch herstel.
- Erosie en modderstromen: Bij langdurige droogte zal de toplaag van de bodem uitdrogen. Bij hevige regenval kan de bodem dan niet snel genoeg water opnemen, waardoor het water versnelt en massaal afvloeit naar de beken. Deze kunnen de verhoogde toevoer aan water niet altijd slikken. Dit kan leiden tot overstromingen en op hellende vlakken een sterke oppervlakkige afstroming met bijhorende erosie als gevolg. Om erosie en modderstromen zoveel mogelijk te beperken, moet de bodem van erosiegevoelige percelen bedekt blijven.
- Overstromingen: Het aantal overstromingen en de intensiteit ervan neemt wellicht toe. In de winter is dit vooral te wijten aan een toegenomen neerslag; in de zomer is de combinatie van een droge bodem die moeilijk vocht opneemt en hevige zomeronweders risicovol. In valleien wordt best zoveel mogelijk ruimte gegeven aan de rivier zodat overstromingen beter worden gespreid in tijd en ruimte. Overstroming met vervuild water moet vermeden worden of zo snel als mogelijk worden afgevoerd.
- Insectenplagen en ziekten: Heel wat plantensoorten worden minder vitaal bij waterstress, waardoor ze minder weerbaar worden tegen secundaire plaagsoorten. Zo worden bomen vatbaarder worden voor bladmineerders en galmakers. Het warmere klimaat, met in het bijzonder hogere wintertemperaturen, leidt tot een toename van de frequentie van insectenplagen en ziekten. Afhankelijk van de plaagsoort of ziekte die in een gebied voorkomt, zullen de acties die ondernomen dienen te worden sterk verschillen. Monitoring van mogelijke aanwezige ziektes en plaagsoorten is immens belangrijk, gezien een uitbraak in sommige gevallen vermeden kan worden als er snel genoeg wordt opgetreden. Inzetten op soortenrijke vegetatiesamenstelling verlaagt het risico op sterke gevolgen door plagen en ziektes.
- Stormschade: Bomen worden gevoeliger aan windworp en het afbreken van takken als ze onder droogte- of waterstress staan. Vooral in bossen kunnen stormen (economische) schade aanrichten. Bosrandbeheer en bescherming tegen stormen bij aanplant kunnen hierin milderden. Voor monumentale bomen in open landschappen is aangepaste boomverzorging vereist.



### Box 3: Grenzen aan de adaptatiecapaciteit

Beheerders kunnen aan de slag gaan met de verschillende principes uit de vier pijlers. Hoe meer principes toegepast, hoe langer je de impact van klimaatverandering kan opvangen. Dit kan niet tot in het oneindige doorgaan. Klimaatadaptief beheer kan enkel milde vormen van klimaatveranderingen opvangen. Uiteindelijk zal de respons van zowel overheids-, markt- als maatschappelijke actoren (governance) bepalen hoe sterk de impact van klimaatverandering wordt.

We verwachten dat klimaatadaptief beheer op haar limieten zal botsen wanneer de belangrijke en typische soorten niet langer gedijen onder de gewijzigde omstandigheden. Hierbij spelen niet zozeer de gemiddelde weeromstandigheden een rol, maar is de duur en frequentie van extreme omstandigheden doorslaggevend. Door extremen kunnen fysiologische processen zodanig wijzigen dat een soort niet langer kan overleven. Extreme temperaturen beïnvloeden bv. heel sterk de respiratie en transpiratie, ze wijzigen de enzymactiviteit, kunnen eiwitten doen denatureren, veranderen de eigenschappen van membranen... Koudbloedige organismen zijn meestal gevoeliger aan dan warmbloedige soorten.

Het is onmogelijk te bepalen tot welke klimaatomstandigheden we onze natuurstreefbeelden kunnen behouden. Daarvoor spelen te veel factoren mee. Via de adaptieve beheercyclus wordt regelmatig geëvalueerd of de gestelde doelen haalbaar blijven.

## 3.2 STAP 3.2: WERKWIJZE VOOR HET BEPALEN VAN LOKALE ADAPTATIEPRIORITEITEN

Deze stap presenteert een werkwijze en tool om tot lokale adaptatiemaatregelen te komen, rekening houdend met de drukken op en de kwetsbaarheid van de aanwezige ecosystemen, habitats en soorten. De weerbaarheid voor klimaatverandering wordt immers bepaald door:

1. De heersende drukken op landschapsniveau en
2. De kwetsbaarheid van de ecosystemen, habitats en soorten zelf.

We ontwikkelden scoretabellen om beide aspecten te scoren op lokaal niveau. Deze kan je hier vinden in bijlage 1.

### 3.2.1 **Veerkrachtcriteria**

#### 3.2.1.1 Criteria voor de beoordeling van externe drukken op landschapsniveau

In Vlaanderen staan de meeste landschappen onder invloed van verschillende, vaak sterke drukken, waardoor hun veerkracht wordt aangetast. Hoewel de beheerder hier slechts indirect of op lange termijn invloed op heeft, zijn maatregelen die deze drukken verminderen erg belangrijk voor de adaptatie van ecosystemen aan klimaatverandering (Demey et al., 2015; De Keersmaecker et al., 2018, Natural England en RSPB, 2014). De optelsom van de belangrijkste drukken die spelen op het landschapsniveau (inclusief de ruimtelijke context, vervat in de druk 'habitatverlies en versnippering') zijn een maat voor de 'landschapsdegradatie'. De mate van landschapsdegradatie wordt bepaald door de ruimtelijke context én de heersende drukken:

- Versnippering
- Milieudrukken:



- Verdroging
- Vermesting
- Verzuring
- Verontreiniging
- Verstoring
- Bodemverdichting
- Biotische drukken:
  - Invasieve soorten
  - Ziektes
  - Plagen

Versnippering is het opdelen van het leefgebied van soorten in verschillende kleinere gebieden door landgebruiksverandering of door een barrière die de uitwisseling van organismen tussen de deelgebieden verhindert of vermindert (Stevens en Dumortier, 2020).

Verdroging vloeit voort uit de menselijke verstoring van de natuurlijke watercyclus. Door grond- en oppervlaktewater op te pompen, de bodem af te dichten, rivieren recht te trekken ... is er langzamerhand minder water voorhanden.

Vermesting en verzuring zijn sterk met elkaar verbonden omdat ze in Vlaanderen vooral veroorzaakt worden door een overmaat aan stikstofverbindingen. Verzuring is de afname van de zuurtegraad in bodem en water door de atmosferische deposities van zwavel- en stikstofverbindingen (NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>) en door natuurlijke processen. Vermesting is een zodanige aanrijking van bodem of water met nutriënten (stikstof, fosfor, kalium) dat het de ecologische processen verstoort (Gossum en Landuyt, 2020). In Vlaanderen is ook een aanrijking van fosfor in de bodem een probleem. Fosfor spoelt minder snel uit en wordt meer vastgehouden in de bodem.

Verontreiniging is de toevoeging van (chemische of fysische) stoffen aan het milieu, zodanig dat schade wordt toegebracht aan mens, dier, plant, ecosystemen en cultuurgoederen (Van Gossum 2020).

Verschiedende vormen van verstoring, zoals overbetreding en verstoring van de rust door intens recreatief gebruik, accidentele branden en het uitzetten van vis in habitatwaardige plassen vormen belangrijke knelpunten (Paelinckx et al. 2019a).

Bodemverdichting is het samendruwen van de bodem, waardoor de poriën gevuld met lucht of water verdwijnen uit de bodemstructuur. Bodemverdichting ontstaat vooral door het gebruik van zware machines, maar kan bv. ook ontstaan door het betreden van te natte gebieden door vee. Water dringt veel minder snel door in verdichte bodem, waardoor de kans op oppervlakkige afstroming en overstromingen toeneemt en de grondwateraanvulling afneemt.

Invasieve soorten zijn soorten die zich buiten hun oorspronkelijke verspreidingsgebied hebben gevestigd en door hun aanwezigheid of door de groei van hun populaties een bedreiging vormen voor inheemse soorten. Soorten die opschuiven door de klimaatverandering worden niet beschouwd als uitheemse soorten (Adriaens et al. 2020).

Ziektes en plagen zijn organismen die de groei en het overleven van andere organismen onder druk zetten. Ze zorgen voor hinder, gezondheidsklachten, een vermindering van vitaliteit en/of sterfte. Hoge populatiedichtheden worden bereikt wanneer factoren zoals weersomstandigheden, voedselaanbod en weinig natuurlijke vijanden in hun voordeel spelen.



De wisselwerking tussen deze algemene drukken en de effecten van klimaatverandering worden besproken in stap 1 en 2.

### 3.2.1.2 Criteria voor de beoordeling van de kwetsbaarheid van ecosystemen

De weerbaarheid voor klimaatverandering wordt naast de heersende drukken ook bepaald door de natuurlijke kwetsbaarheid van ecosystemen. Bepaalde soorten en habitats zijn minder tolerant aan bepaalde omstandigheden, of hebben een beperkte herstelcapaciteit (Natural England en RSPB, 2014). De totale ecosysteemkwetsbaarheid wordt bepaald door een set aan eigenschappen die bepalen in welke mate het ecosysteem gebufferd is tegen effecten van klimaatverandering. Zo houdt een ecosysteem op leembodem veel beter en langer vocht vast dan een ecosysteem op zandbodem. Ecosystemen met brede en geleidelijke overgangen in vocht-, temperatuur- en andere milieugradiënten, zijn doorgaans minder kwetsbaar voor klimaatverandering. Vochtige en koele locaties zoals een beboste vallei of beschaduwde plekjes beschermen dieren en planten tegen droogte en hitte. Habitats met een stabiele waterbevoorrading in een vallei bijvoorbeeld zijn minder kwetsbaar voor klimaatverandering dan habitats op het plateau waar de waterbevoorrading sterk neerslagafhankelijk is. Daarnaast geeft een grotere variatie aan (micro)habitats voor soorten, aanleiding tot een grotere diversiteit (Demey et al., 2015). Een grote totale soortendiversiteit is ook een soort buffer tegen klimaatverandering. Bij verlies van een soort kan de ecosysteemfunctie die deze vervulde, overgenomen worden door een andere soort. Zo vallen er geen schakels weg in de cyclus. Bovendien zijn grote populaties veerkrachtiger dan kleine. Die hebben een grotere genetische variatie waardoor het aanbod aan veerkrachtige individuen mogelijk groter is.

De optelsom van eigenschappen die ecosystemen weerbaarder maken tegen klimaatverandering is een maat voor de ecosysteemkwetsbaarheid:

- Droogtegevoeligheid van de bodem
- Buffercapaciteit zuurtegraad
- Reliëf
- Noordhellingen
- Gradiënt in bodemvocht
- Opslag van bomen, struiken en/of ruigere kruiden
- Structuurvariatie habitatniveau
- Afwisseling tussen biotoopgroepen
- Soortendiversiteit
- Risico op spontane voorjaarsbrand

De behandelde criteria kunnen verschillen per landschapstype naargelang landschapstype.

## 3.3 STAP 3.3 CRITERIA KOPPELEN AAN BEHEERMAATREGELEN

### 3.3.1 Ruimtelijke eenheden voor scoring

Je kan steeds vertrekken vanuit één beheereenheid/bestand, maar ook een groep van beheereenheden/bestanden kan gescoord worden. Je bepaalt zelf welke groep van beheereenheden/bestanden je samenneemt en onderwerpt aan een scoring. Een groot gebied kan je indelen in zones waarvan je verwacht dat ze verschillend zullen reageren op effecten van klimaatverandering. Je kan meerdere beheereenheden samenvoegen om de oefening minder tijdsintensief/relevanter te maken. Bepaal eerst welke beheereenheden/bestanden je samenneemt en doorloop dan de scoretabel.



### 3.3.2 Het scoren van criteria

Per landschapstype (bos, heide, grasland, moeras en open water, de kustduinen) worden scoretabellen met criteria aangereikt. In eerste instantie gaat het om een expertinschatting. Als hulpmiddel om de expertinschatting onderbouwen verwijzen we naar online en publiek beschikbare kaarten. Het staat de beheerder vrij om op een intuïtieve manier vanuit de eigen gebiedskennis een score te geven.

Elk criterium kan een score 1, 2 of 3 krijgen. De score geeft aan in welke mate de terreineenheid al gewapend is tegen klimaatverandering voor dit criterium.

- Indien het criterium de laagste score 1 krijgt, is de terreineenheid al veerkrachtig voor dit criterium.
- Score 2 staat voor een matige klimaatgevoeligheid voor het criterium.
- Een hoge score 3 geeft aan dat de terreineenheid nog heel gevoelig is voor klimaatverandering wat betreft dat criterium.

### 3.3.3 Werkwijze scoring

1. *Identificeer je landschapstype.* Wanneer in je gebied verschillende landschapstypes door mekaar lopen of je hebt te maken met overgangsvormen doe de oefening dan voor elk landschapstype.
2. *Bundel de beheereenheden zoveel als mogelijk.* Dit kan op basis van een gelijk(end) beheer, vergelijkbare soorten en/of milieukeurmerken. De te scoren zone kan het hele natuurterrein omvatten. Benoem de (verschillende) zone(s) en zorg voor een duidelijke afbakening op kaart.
3. *Pas de scoring toe op de afgebakende zone(s).* Zo krijg je zicht op de herstelopgaven van het gebied. Sommige criteria zal je enkel kunnen scoren op het niveau van een beheereenheid/bestand. Scoor deze afzonderlijk.
4. *Scoor voor elk criterium de actuele toestand.* Dit is de toestand zoals ze vandaag is. Sommige aspecten als de zuurtegraad of de nutriëntenconcentraties in de bodem zijn niet zichtbaar. Dit wil zeggen dat een beheerder met behulp van metingen de toestand van de bodem of water kan bepalen of indirect kan afleiden uit de vegetatie. Misschien is er reeds informatie beschikbaar uit eerder gevoerd onderzoek in het gebied. Indien je vaststelt dat je over bepaalde aspecten geen informatie hebt, kan je de scoring voor dit criterium achterwege laten. Eventueel kan dit een aanleiding zijn voor verder onderzoek, mocht daar een knelpunt zijn. Voor het bepalen van de actuele score kan beroep worden gedaan op verschillende bronnen. Deze staan in de scoretabellen geëxpliciteerd.
5. *Scoor voor elk criterium de potentiële toestand.* Dit is de toestand die kan bereikt worden op een termijn van ca. 6 jaar (cf. cyclus beheerevaluatie). Inschattingen op langere termijn zijn onzeker. Het gaat om beheer dat met de courant beschikbare budgetten kan uitgevoerd worden door de beheerder zelf of partners van het gebied. De focus ligt op maatregelen die passen binnen het huidige wettelijke kader en acties die gepland zijn (acties uit de stroomgebiedsbeheerplannen, zoneringsplannen, erosie maatregelen door landbouwers, vergunningenbeleid grondwateronttrekking, ...). Even goed is het belangrijk om aan te geven wat kan en moet gebeuren om het criterium te verbeteren, zonder dat het voorgenomen beleid betreft. Potentiële scores zijn typisch beter (lagere score) dan actuele scores, hoewel sommige criteria niet kunnen verbeterd worden. De potentiële score kan ook slechter zijn dan de huidige score als er specifieke aanwijzingen zijn dat de situatie hoe dan ook zal verslechteren



(verwachte vergunning van een vervuilend bedrijf in de buurt, nitraatpluim in grondwater). Voor het bepalen van de potentiële score kan beroep worden gedaan op verschillende bronnen (waaronder ook de maatregelentabel (zie verder)). Deze staan in opgelijst in de scoretabellen.

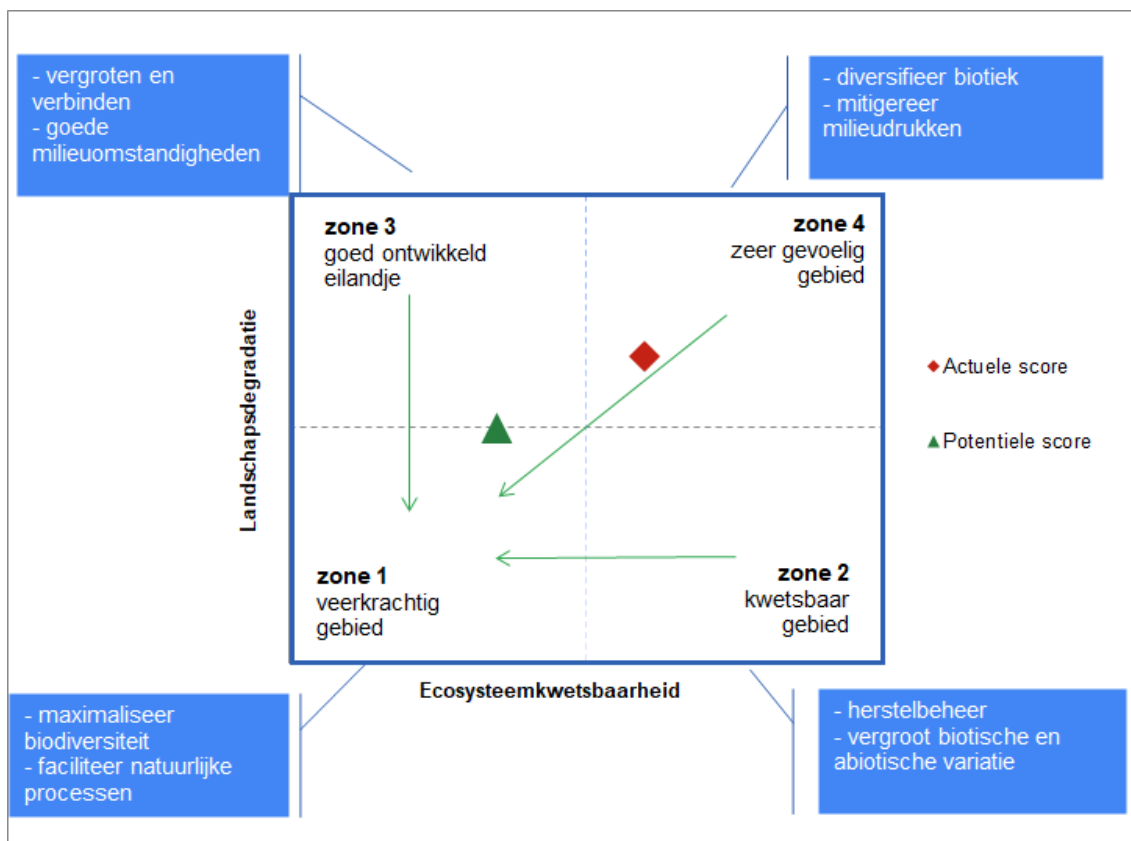
6. *Check de actuele en potentiële veerkracht van je gebied in het assenstelsel.* De gemiddelde score voor landschapsdegradatie wordt uitgezet langs de Y-as. De gemiddelde score voor ecosysteemkwetsbaarheid worden uitgezet langs de X-as. De minimale scores liggen in de oorsprong en maximale score liggen op de uiteinden van de assen. Hoe dichterbij de oorsprong hoe beter gewapend tegen klimaatverandering.
7. *Check de criteria die verbeterd kunnen worden.* Dit zijn de adaptatieprioriteiten. De criteria waarvan je aangaf dat ze potentieel kunnen verbeteren, worden opgelijst. Hier liggen de verbetermogelijkheden door adaptief beheer en dus ook de noden. Nu stap je over naar de **maatregelendatabank** die aan elk criterium verschillende maatregelen koppelt voor de verbetering van de veerkracht (3.3).

### 3.3.4 De veerkracht en potenties van je gebied visueel weergeven

De scoretabellen zijn bedoeld om gebieden of (groepen van) beheereenheden/bestanden te beoordelen op klimaatgevoeligheid en te plaatsen binnen een assenstelsel (zie Figuur 8). De plaats in het assenstelsel omschrijft de capaciteit voor natuurbehoud onder klimaatverandering. Dit kan ook gezien worden als de aanwezige veerkracht of het vermogen van een ecosysteem om terug te komen tot de oorspronkelijke situatie na een verstoring/druk.

Gebieden of beheereenheden in zone 1 (dicht bij de oorsprong) zijn veerkrachtig voor klimaatverandering. Gebieden of beheereenheden in zone 2 en 3 zijn maar ten dele gewapend - voor bepaalde criteria - tegen de effecten van klimaatverandering. Gebieden en beheereenheden in zone 4 zijn zeer gevoelig voor klimaatverandering en zullen wellicht als eerste transformeren naar andere systemen. Ligt een gebied in zone 2, 3 of 4 dan is verbetering van veerkrachtcriteria nodig om richting de oorsprong op te schuiven. De scheidingslijn tussen de zones is geen harde grens. Belangrijk is dat een gebieden of beheereenheden opschuiven richting oorsprong door het implementeren van klimaatadaptieve maatregelen.





Figuur 8: Kwadrantschema dat een specifiek gebied of beheereenheid plaatst, afhankelijk van zijn weerbaarheid voor klimaatverandering.

**Box 4: Waarom een synthese in twee assen?**

Aan de hand van het kwadrantschema kan de beheerder het gebied, een individuele beheereenheid of een blok van verschillende beheereenheden eenvoudig beoordelen op vlak van veerkracht tegen klimaatverandering. Hoewel dit een sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid, maakt het de beheerder wel meteen visueel duidelijk waar de belangrijkste knelpunten zijn en waar kan worden op ingezet.

Op de horizontale as staat de klimaatkwetsbaarheid van het ecosysteem. Soorten die al gevoeliger zijn voor klimaatverandering zullen wellicht sterker wegblijven door de klimaatverandering als ze ook op een gevoelige plek in het landschap staan (zuidhelling, zandige bodem, ...).

De verticale as van landschapsdegradatie geeft een (ruwe) synthese van alle relevante drukken op ruimere schaal. De optelsom van verschillende drukken zal steeds een grotere impact hebben op het systeem dan de afzonderlijke drukken. Hierbij moet je in het achterhoofd houden dat heel wat drukken gelinkt zijn aan elkaar. Een sterk gefragmenteerd systeem zal doorgaans meer last hebben van een verhoogde inwaai van voedingsstoffen, verdroging en invasieve exoten.

De plaats in het assenstelsel van een gebied of beheereenheid geeft ook aanleiding tot het onderscheiden van vier beheerstrategieën, elk met een eigen accent. Deze strategieën gaan op voor elk landschapstype en geven de algemene doelen aan. Het feit dat men binnen een



bepaalde strategie focust op een bepaald beheerdoel, wil niet zeggen dat andere beheerdoelen niet nodig of relevant zijn.

- In veerkrachtige gebieden (zone 1) ligt de focus op biodiversiteit maximaliseren en natuurlijke processen begeleiden en herstellen.

Een groot en aaneengesloten gebied, in een omgeving met een weinig intensief landgebruik, en een lage ecosysteemkwetsbaarheid (veel heterogeniteit, veel gradiënten) zoals Meerdaalwoud, gemengde bossen in Voeren, Liereman, Zwinduinen, De Westhoek, delen van de Zwarte beek ... Het gaat om gebieden die naar Vlaamse normen veerkrachtig zijn. In onze sterk verstedelijkte regio is geen enkel gebied vrij van milieuproblemen. Voorbeelden van het van natuurlijke processen zijn meandering, erosie- en afzetting van een rivier, het uittreden van kwel, veenvorming, natuurlijke ontkalking, windwerking, brand, natuurlijke begrazing...

- In klimaatkwetsbare gebieden (zone 2) ligt de focus op herstelbeheer met aandacht voor het vergroten van biotische en abiotische variatie.

Een groot en aaneengesloten gebied, in een omgeving met een weinig intensief landgebruik, maar een kwetsbaar ecosysteem met weinig variatie en diversiteit zoals Bosland, monotone en uitgestrekte bosaanplantingen of uniforme graslandgebieden.

- In goed ontwikkelde eilandjes (zone 3) ligt de focus op het vergroten en verbinden en/of creëren van goede milieumomstandigheden.

Middelgrote gebieden of weinig verbonden beheereenheden, omgeven door intensief landgebruik en met een verhoogde milieudruk, maar met een lage kwetsbaarheid. De aanwezigheid van vitale en gevarieerde ecosystemen is meestal toe te schrijven aan het langdurig en volgehouden natuurbeheer van de ecosystemen. Het gaat om gebieden zoals De Maten, Lozerbos, graslanden van de Demervallei, graslanden van Drongengoed, Houtsaegerduinen, Torfbroek ...

- In zeer gevoelige gebieden (zone 4) ligt de focus op diversifiëren van biotiek en het mitigeren van milieudrukken.

Kleine en weinig verbonden gebiedjes of beheereenheden, in een omgeving met een intensief of ander landgebruik, een verhoogde milieudruk en/of een hoge kwetsbaarheid zoals een heideperceel in Brugs Houtland, een homogeen dennenbestand van enkele ha in de Kempen, graslanden van de Markvallei, duinen Groenendijk, Labeurhoek, Simli Duinen, Damvallei ... Als je gebied of beheereenheid kwetsbaar is (slecht scoort op beide assen), zal het wellicht moeilijk worden om de komende decennia al de belangrijke structuren en processen te behouden.

### 3.3.5 Kies adaptieve beheermaatregelen

Uit de score-oefening komen een aantal criteria waarop kan worden ingezet. Per criterium zijn een hele reeks maatregelen mogelijk. In dit rapport werd daarvoor een maatregendatabank opgesteld. De opbouw en het gebruik van deze tabel, bespreken we onder '4.1. Toelichting bij de maatregendatabank'.





4. Kies de meest geschikte maatregelen voor je gebied/beheereenheden. Focus hierbij op de meest efficiënte maatregelen om in een specifiek gebied de veerkracht te verbeteren. Het is aan de gebruiker om een geschikte keuze te maken. Die keuze kan afhangen van verschillende elementen:
  - Gebiedseigen kenmerken
  - Praktische toepasbaarheid: wat is praktisch mogelijk in mijn gebied?
  - Efficiëntie maatregel
  - Duurzaamheid maatregel
  - Kostprijs maatregel
  - Ben je afhankelijk van andere sectoren om de maatregel toe te passen?
  - Beschikbaarheid van materiaal/zaden/oogst
  - Ongewenste neveneffecten
5. Selecteer/filter in de databank voor het volgende criterium van de lijst en herhaal de stappen.

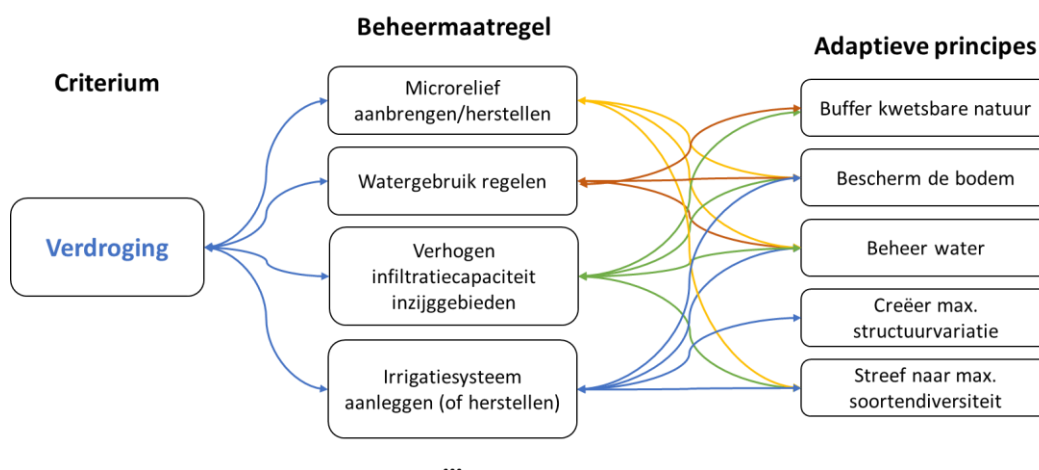
### 4.3.2 Algemeen gebruik maatregelendatabank

Ook zonder de score-oefening te doen, is de maatregelendatabank bruikbaar. Als een beheerder bijvoorbeeld droogteproblemen in zijn/haar gebied wil aanpakken, kan er gefilterd worden in de databank op dit specifieke probleem via het klimaatteffect 'droogte'. Verschillende van de beheermaatregelen kunnen uitgevoerd worden in meerdere landschapstypes, maar er kan ook op een landschapstype geselecteerd worden.

De meeste van de beheermaatregelen staan al uitgewerkt op Ecopedia, in een beheerhandboek of in een ander naslagwerk. Via de kolom 'Meer informatie' linken we hiernaar door.

### 4.3.3 Voor- en nadelen van de beheermaatregelen

Maatregelen hebben vaak op meerdere criteria een invloed en dus elke adaptieve beheermaatregel is op zich gekoppeld aan één of meerdere veerkrachtcriteria én adaptieve principes. Figuur 9 geeft een voorbeeld van hoe verschillende beheermaatregelen, criteria en adaptieve principes verbonden zijn met elkaar. De relaties zijn meervoudig.



Figuur 9: Voorbeeld van hoe een veerkrachtcriterium verbeterd kan worden door meerdere beheermaatregelen en vervolgens doorwerkt naar verschillende adaptieve principes.

Wees waakzaam voor beheermaatregelen die bijdragen aan één klimaatadaptief principe, maar tegelijkertijd een ander principe benadelen. Klimaatadaptief beheer waarbij meer opslag van bomen en struiken en ruige hoekjes worden ontwikkeld is niet altijd compatibel met regulier beheer waarbij het behoud van een afgelijnd natuurdoeltype zoals een hooiland wordt nagestreefd via een gericht maaibeheer. Hou rekening met risico's, neven- en ongewenste effecten zoals het vrijkomen van fosfaat bij vernatting van valleigronden, natuurverlies door te snelle vernatting, of verruiging door het inzetten van rijk strooiselsoorten. Het is daarom belangrijk telkens goed te overwegen op welk principe het best wordt ingezet.

Een prioritering van maatregelen houdt niet alleen rekening met een klimaatadaptief beheer, maar ook met de algemene beheerdoelen voor biodiversiteit en het leveren van ecosysteemdiensten. Uiteindelijk bepaal je de prioriteiten zelf op basis van lokale kansen en de middelen die je ter beschikking hebt. De locatie in het kwadrantenschema geeft echter wel een duidelijke indicatie of een klimaatadaptief beheer al dan niet (sterk) aangewezen is.

Aan elke zone zijn een aantal algemeen geldende klimaatadaptieve principes gekoppeld, die kunnen helpen bij het kiezen van aangewezen klimaatadaptieve maatregelen (Figuur 10).

<p><b>Zone 3: goed ontwikkelde eilandjes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Vergroot oppervlakte natuurkernen</li> <li>→ Buffer kwetsbare natuur</li> <li>→ Bevorder klimaatgedreven soortverspreiding</li> <li>→ Verminder vermisting en verzuring</li> <li>→ Bescherm de bodem</li> <li>→ Beheer water</li> <li>→ Voorkom natuurrampen of milder hun impact</li> </ul> <p><i>Blijf inzetten op gevarieerde ecosystemen, maar minder prioritair</i></p>	<p><b>Zone 4: zeer gevoelige gebieden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Vergroot oppervlakte natuurkernen</li> <li>→ Buffer kwetsbare natuur</li> <li>→ Bevorder klimaatgedreven soortverspreiding</li> <li>→ Streef naar maximale soortenvariatie</li> <li>→ Verhoog de genetische diversiteit van soorten</li> <li>→ Streef naar maximale structuurvariatie</li> <li>→ Herstel gebufferd microklimaat</li> <li>→ Herstel spontane processen</li> <li>→ Verminder vermisting en verzuring</li> <li>→ Bescherm de bodem</li> <li>→ Beheer water</li> <li>→ Voorkom natuurrampen of milder hun impact</li> </ul>
<p><b>Zone 1: veerkrachtige gebieden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Voorkom natuurrampen of milder hun impact</li> </ul> <p><i>Blijf inzetten op andere principes, maar minder prioritair</i></p>	<p><b>Zone 2: ecosysteemkwetsbare gebieden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Streef naar maximale soortenvariatie</li> <li>→ Verhoog de genetische diversiteit van soorten</li> <li>→ Streef naar maximale structuurvariatie</li> <li>→ Herstel gebufferd microklimaat</li> <li>→ Herstel spontane processen</li> <li>→ Verminder vermisting en verzuring</li> <li>→ Bescherm de bodem</li> <li>→ Beheer water</li> <li>→ Voorkom natuurrampen of milder hun impact</li> </ul> <p><i>Blijf inzetten op robuuste natuur, maar minder prioritair</i></p>

Robuuste natuur   
 Gevarieerde Ecosystemen   
 Goede milieuomstandigheden   
 Voorkom Natuurrampen en impact

Figuur 10: Overzicht van de verschillende zones en de link met de 4 pijlers en daaraan gelinkte principes. Deze figuur geeft een indicatie in het algemeen. Afhankelijk van de individuele situatie kan natuurlijk een bepaald principe belangrijker of minder belangrijk zijn.

## 4.4 HANDVATEN VOOR BEHEERDERS

Enkele beheeraspecten worden besproken in handvatenfiches. Die bieden meer informatie over de klimaatadaptieve (wissel)werking van (groepen van) beheermaatregelen.

#### 4.4.1 Handvat aanpassing van waterhuishouding

##### 4.4.1.1 Inleiding

Een aanpassing van de waterhuishouding is cruciaal om de effecten van klimaatverandering op te vangen. In Vlaanderen stromen momenteel onnatuurlijk grote hoeveelheden water snel weg richting zee. Een aanpassing van de waterhuishouding, waarbij sterk wordt ingezet op het vasthouden en traag afvloeien van het water kan een groot deel van de effecten van klimaatwijziging opvangen. De maatregelen verlagen het risico op zowel zware overstromingen, extreme droogte en indirect ook op extreme temperaturen.

De handvaten die we hier voorleggen liggen in lijn met de drietrapsstrategie die al sinds 2000 gehanteerd wordt in het integraal waterbeleid. Inzetten op het vasthouden van water is en blijft primordiaal. Pas als tweede stap wordt ingezet op het bufferen van water, waarbij overstromingen vermeden worden door het opslaan van water in bufferbekkens bij hevige neerslag. Als laatste actie komt het (versneld) afvoeren aan bod wanneer ongewenste overstromingen een reële bedreiging vormen. Naar aanleiding van de aanhoudende droogteperiodes en het trage herstel van de grondwaterstanden na droogte wordt gepleit om het drietrapsprincipe uit te breiden naar een vijftrapsprincipe, waarin ook aandacht is voor waterbesparing en aanpassingen aan een veranderd waterhuishouding (Helder-Feijen & van der Toorn 2020). In dit handvat volgen we dit vijftrapsprincipe en bespreken de maatregelen in die volgorde.

De impact van ingrepen aan de waterhuishouding heeft typisch gevolgen tot buiten een beheerblok of reservaat. Ook omgekeerd geldt dat ingrepen elders in het stroomgebied gevolgen kunnen hebben op het beheerperceel. De natuurbeheerder heeft zeker niet alles in eigen handen om de waterhuishouding aan te passen – in tegendeel zelfs. De belangrijkste handvaten liggen buiten de bevoegdheid van de beheerder. Inzetten op waterbesparing en het ophouden van water wordt best voor het hele Vlaamse grondgebied aangepakt. Iedereen kan en zou hier moeten aan bijdragen, met als leuze ‘vele kleintjes maken een groot’. De natuurbeheerder van natte gebieden kan zelf heel sterk inzetten op het vasthouden van water in natte gebieden. Dit vormt dan ook de hoofdmoot van dit handvatenstuk. Ook kan de beheerder inzetten op lokaal bergen van water, maar het grootschalig bergen in overstromingsgebieden en het versneld afvoeren bij overstromingen vallen vaak buiten de bevoegdheid van de beheerder.

Naast de maatregelen die de natuurbeheerder op eigen terrein kan nemen, is het voor het aanpassen van de waterhuishouding bijzonder relevant om andere actoren te wijzen op de nood van een duurzame waterhuishouding voor een natuurgebied. Als beheerder heb je vaak kennis over de ecohydrologie van het landschap. Deze kennis is niet steeds aanwezig bij de vergunningverlener. We kunnen niet genoeg benadrukken dat ingrepen buiten het natuurgebied een grote impact kunnen hebben op de waterhuishouding van een natuurgebied en dat het bijzonder belangrijk is als beheerder ook op voor die ingrepen een visie of advies te ontwikkelen. Voor ingrepen op een hoger schaalniveau zoals de inrichting van een groot overstromingsgebied zijn vaak overlegmomenten nodig met meerdere actoren. Als natuurbeheerder kan je via participatie in inspraakmomenten actuele en potentiële knelpunten signaleren. De bekkensecretariaten organiseren gebiedsgerichte thematische overlegmomenten (GTO) die hiervoor geschikt zijn. Hoewel die inspraak cruciaal is en hoewel je als beheerder soms meer kunt bereiken via inspraak dan door maatregelen op eigen terrein, beschouwen we dit aspect niet als onderdeel van klimaatadaptief natuurbeheer sensu strictu en gaan hier niet dieper op in.



Heel veel maatregelen worden uitvoerig beschreven in studies door de Nederlandse Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) (o.a. Delsman et al. 2018, Runhaar et al. 2000, Runhaar et al. 2004, Stowa 1998, Wösten & Groenendijk 2021) en de maatregelencatalogus “Natural Water Retention Measures” (<http://nwrw.eu>).

#### 4.4.1.2 Water besparen

Door de steeds grotere druk op zoet water is het belangrijk om zuinig gebruik van water te stimuleren.

Water besparen heeft vooral betrekking op het beperken van het gebruik van zuiver water. Dit gaat o.a. over het gebruik van grijs afvalwater in plaats van grond of leidingwater, aangepaste, waterzuinige irrigatiesystemen, circulair watergebruik...

In natuurbeheer is waterbesparing minder evident omdat het waterverbruik door planten een fysiologisch proces is dat sterk gestuurd wordt door omgevingsfactoren. Maar water besparen is niet onmogelijk bij natuurbeheer. Ook het vermijden van ‘waterlekken’ uit een gebied kan beschouwd worden als waterbesparende maatregel.

##### 4.4.1.2.1 Optimalisatie van peilen in de omgeving

Wanneer het grondwater in de omgeving van kwetsbare natuur wordt opgestuwd, zal minder oppervlakkige waterafvoer op gang komen. De oppervlakkige afvoer is kleiner naarmate het peilverschil geringer is tussen de zone met kwetsbare natuur en de omgeving. Daarom is peilverhoging in de (landbouw)omgeving alleen aantrekkelijk als de perifere weerstand laag is (STOWA 1998). Dit kan worden gerealiseerd door:

- een half-natuurlijke bufferzone: Een bufferzone bestaat uit een strook grond om een natuurterrein waarin de grondwaterstand geleidelijk verloopt van het hogere peil in het terrein naar het lagere in de omgeving (Bot 1996).
- een optimalisatie van peilbeheer: Door het beperken van beregening uit grondwater in het groeiseizoen. Eventueel kunnen er afspraken gemaakt worden met landbouwers in de omgeving. Beperken van de beregening uit grondwater heeft een uitwerking op de grondwaterstand in het groeiseizoen en nauwelijks op die in het vroege voorjaar (STOWA 1998).

##### 4.4.1.2.2 Pas vegetaties aan

Sommige vegetaties verbruiken meer water dan andere, waardoor elders minder water beschikbaar is. Nu al worden ter hoogte van infiltratiegebieden naaldbossen soms vervangen door heide of graslandvegetaties, onder andere omwille van een verhoogde waterinfiltratie onder deze lage vegetaties. Houtige kleine landschapselementen verbruiken relatief veel water. Sommige knotwilgenrijen werden in het verleden specifiek aangeplant om natte gronden in het voorjaar sneller droog te trekken. Deze bomen kappen zou kunnen leiden tot (iets) langere hogere waterstanden.

In regel verbruiken hoog opgaande vegetaties met hoge leaf-area index meer water dan lage vegetaties. Doe dit op plaatsen waar je verwacht dat dit een verschil kan maken (plaatsen met beperkte of ondiepe kwelaanvoer), vooral in functie van de meest kwetsbare vegetatie.

Let wel op. Waterbesparing toepassen op vegetaties kan mogelijk de klimaatwijziging versterken op regionale en globale schaal. Ellison et al. (2017) beschrijft het belang van evapotranspiratie van de vegetatie in de watercyclus, weliswaar met de focus op bossen.





Verhoogde evapotranspiratie stimuleert wolkenvorming en brengt neerslag tot dieper in de continenten. Dit heeft wellicht minder rechtstreekse impact voor het klimaat in Vlaanderen, maar speelt wel een rol in de regionale en globale klimaatregulatie. Wolken werken sterk reflecterend en zijn op grotere schaal sterk gelinkt aan het klimaat (zie bv. Hofer et al. 2017).

#### 4.4.1.2.3 Ontwikkel afkoppelplan bij droogte

Als je slechts een beperkte hoeveelheid water ter beschikking krijgt, kan je best beredeneerd kiezen waar je wel en geen water bespaart. Gebruik je het water om een plek met een zeer bijzonder vegetatie te behouden, met het risico dat de vegetatie elders extra zwaar getroffen wordt? Of spreid je dit net wel, waardoor de meest kwetsbare of meest waardevolle vegetatie mogelijk zwaar getroffen wordt. Dit wordt best vastgelegd in een soort van afkoppelplan. We kunnen hiervoor geen standaard recept voorleggen; deze afweging berust op keuzes en prioriteiten van de beheerder.

#### 4.4.1.3 Water vasthouden

Met 'water vasthouden' bedoelen we het verhinderen dat de neerslag rechtstreeks in beken en rivieren stroomt en direct afgevoerd wordt. Dit is mogelijk door het water op te slaan in de bodem, bekkens of in sloten of kleine beken zelf. Water vasthouden resulteert in een toename van de watervoorraad in de bodem en de fijnste vertakkingen van de waterlopen, waardoor de impact van droogte wordt uitgesteld. Het kan ook een bufferende werking hebben tegen overstromingen.

Volgende maatregelen kunnen worden ingezet:

##### 4.4.1.3.1 Bevorderen van infiltratie

Om water vast te houden moet in de eerste plaats ingezet worden op het bevorderen van infiltratie in het hele stroomgebied. Dit is een gezamenlijke taak van overheden, eigenaars en gebruikers. De grootste verantwoordelijkheid ligt bij de landbouwsector als grootste grondgebruiker en de industrie, infrastructuur en brede bevolking als grootste verharders. Als natuurbeheerder kan je hier niet steeds zelf ingrijpen, maar je kunt dit wel via participatie in inspraakmomenten, door knelpunten proactief te signaleren aan beleidsmakers of via opvolging van vergunningen. Je kunt uiteraard ook zelf aan de slag om de infiltratiecapaciteit op de eigen terreinen te bevorderen en zo je steentje bij te dragen aan een aangepaste waterhuishouding. Wanneer je als beheerder zowel de infiltratiegebieden als de kwelzones beheert, heb je een directe impact op watertoevoer in die kwelgebieden. We geven hieronder enkele generieke maatregelen om infiltratie te bevorderen. Deze zijn vooral buiten de natuurgebieden toepasbaar, maar ze zijn dermate belangrijk voor klimaatadaptatie dat deze zeker een vermelding verdienen.

- Verhogen van organisch materiaal in bodem van infiltratiegebieden. Bodems met hoge gehalten aan organisch materiaal zullen in regel meer water vasthouden en – zeker in het geval van zware bodemtypes - ook doorlaten. Vermijd verdroging, vermijd ploegen, behoud permanent grasland, bemest met compost, behoud oogstresten...
- Stimuleer het bodemleven (regenwormen, mollen, mieren...) in infiltratiegebieden. Biologische activiteit in de bodem zorgt door de aanwezigheid van gangen voor een grotere waterdoorlaatbaarheid. Verhoog organisch materiaal, vermijd ploegen; vermijd gebruik van pesticiden, vermijd gebruik van ammoniakrijke kunstmest.



- Leg houtkanten of grasstroken aan en onderhoud de bestaande elementen in infiltratiegebieden. Deze kleine landschapselementen kunnen de oppervlakkige afstroom van water deels tegenhouden en de infiltratie bevorderen.
- Leg greppels of dijkes aan dwars op de helling. Deze structuren kunnen oppervlakkig afstromend water op kunstmatige manier opvangen, waardoor dit water later nog de kans krijgt te infiltreren. Vooral op hellingen in leem en kleibodems is dit nodig. Daar gaat infiltratie relatief traag, waardoor het water de nodige tijd nodig heeft om te kunnen infiltreren.
- Vermijd drainage of geul- of beekvorming, zeker ook in hoger gelegen natte gebieden. Hoger gelegen natte gebieden hebben de potentie om diepe kwelwaterstromen te voeden.
- Verhoog het waterpeil in waterlopen. Water dat langer in grachten wordt vastgehouden krijgt meer kans om te infiltreren. Maar wanneer water lang wordt vastgehouden, vermindert wel het bergend vermogen bij een hevige bui (zie verder). Een knijpstuw kan oplossingen bieden.
- Pas erosiebestrijdingsmaatregelen toe bij landbewerking (bewerking volgens hoogtelijn, niet-kerende bodembewerking, strip-till (teelt met zeer kleinschalige grondbewerking afgewisseld met onbewerkte stroken), aanleg van drempels bij ruggenteelt...). Erosiebestrijdingsmaatregelen gaan gepaard met een verminderde oppervlakkige afstroom, waardoor een groter deel van het water beschikbaar blijft voor infiltratie.
- Vermijd bodemverdichting van infiltratiegebieden, waardoor water vlotter kan infiltreren.
- Vermijd ondoorlatende verharding, voorzie infiltratie-infrastructuur bij verharding conform hemelwaterverordening.

Let wel op. Naast de kwantiteit van de waterinfiltratie is ook de samenstelling erg belangrijk. We verwijzen naar de paragraaf over randvoorwaarden achteraan dit handvat met bespreking van wat te doen bij waterverontreiniging, verzuring enzoverder.

#### 4.4.1.3.2 [Hou water stroomopwaarts op](#)

De beheerder kan water proberen vasthouden in vijvers en natuurlijke of artificiële bufferbekkens. Wanneer deze in bovenlopen van valleisystemen worden aangelegd, zet de beheerder zowel in op water vasthouden (om latere droogte te vermijden) als op bufferen (om overstromingen bij hevige regenval te vermijden). Er kan meer water vastgehouden worden in oppervlaktewater dan in (waterverzadigde) grond. Ook zal de fluctuatie van de aanliggende grondwaterstand worden verminderd. Over het algemeen zal de maatregel samengaan met peilverhoging (STOWA 1998). Indien deze vijvers vooral gevoed worden met voedselarm regenwater, kan dit water zelfs gebruikt worden voor het irrigeren van de meest gevoelige vegetaties.

Heel vaak ontwikkelen dergelijke plekken zelf tot biologisch erg waardevolle vegetaties. In het licht van klimaatverandering moeten dergelijke reservoirs echter best beschouwd worden als noodbuffer om de meest waardevolle vegetaties te behoeden tegen extreme droogte.

#### 4.4.1.3.3 [Afbouw van drainagesystemen](#)

Hiermee bedoelen we het vermijden van de afstroming van grondwater naar oppervlaktewater. Deze maatregelen hebben uiteraard alleen zin als er nog lokale afstroming



aanwezig is en deze niet volledig verdwenen is onder invloed van de verdrogingsoorzaak (STOWA 1998).

Drainage op de natuurpercelen zelf kan steeds worden opgegeven. Het effect van die ingrepen op geïsoleerde natuurgebieden die omringd worden door percelen met structureel verlaagd grondwater is meestal beperkt, zeker voor bodems waar het water vlot kan passeren. Wanneer de natuurbeheerder grotere, aaneengesloten stukken in beheer heeft, kunnen ook de tussenliggende grachten worden aangepakt. In het ideale geval kan het waterpeil van hoofdgrachten en grotere waterlopen gestuurd worden. Hiervoor is overleg met de bevoegde instanties nodig. Waterlopen van categorie 1, 2 en 3 zijn de bevoegdheid van respectievelijk VMM, provincie of gemeente. Categorie 2 en 3 worden soms beheerd door watering en polderbesturen, waar vaak veel landbouwers vertegenwoordigd zijn in het bestuur.

De voet van de hellingen speelt volgens van Winden et al. 2014 een onderkende rol bij het vasthouden van water. Grondwaterstanden zijn hier doorgaans lager, waardoor er meer ruimte is voor extra buffering van het water.

- **Verhoging van het peil in waterlopen:** Het omhoog brengen van het peil van het plaatselijke oppervlaktewater komt neer op het verhogen van de lokale drainagebasis. Peilverhoging wordt ook bereikt door verondiepen van vrij uitstromende sloten. Het grondwaterpeil zal verhogen. Bij een diepe grondwaterstand zal het grondwater vrijwel evenveel verhogen als het slootpeil. Bij een ondiepe grondwaterstand zal deze de peilverhoging minder volgen (STOWA 1998).
- **Compartimenteren van grachten in heuvelachtige gebieden.** Dit compartimenteren kan met behulp van een volledige dam, maar kan ook met zogenaamde knijpstuwen die water vertraagd laten afvloeien. Let wel op. Waterlopen compartimenteren werkt fragmenterend voor waterorganismen. Wanneer grachten blijven droogvallen, ontstaat door het compartimenteren letterlijk een ecologische val waaruit waterorganismen amper kunnen ontsnappen. Bij de aanwezigheid van bijzondere soorten moet je steeds nagaan of de voordelen van de compartimentatie op de waterhuishouding wel opwegen tegen de nadelen voor doelsoorten. Een knijpstuw kan dit gedeeltelijk oplossen. Voorzie ook een actieplan om deze waterorganismen te redden.
- **Dichten van waterlopen.** Door het dichten van waterlopen wordt de drainageweerstand sterk verhoogd. Dit is alleen zinvol als er nog een redelijke lokale afvoer over is. Ook hier kan een lage perifere weerstand de maatregel tegenwerken (het grondwater komt nauwelijks omhoog) en kan vernatting van de omgeving optreden. Wanneer kwel in de wortelzone moet komen zal ook hier begreppeld moeten worden, ten behoeve van afvoer van het neerslagoverschot. Een lage perifere weerstand kan ook hier de maatregel volledig tegenwerken (STOWA 1998).
- Het **verwijderen van drainage-infrastructuur** (drainagebuizen, drainagepompen) werkt heel gelijkaardig aan het dichten van waterlopen.
- **Beekvorming uitstellen.** Behoud ter hoogte van brongebieden zo lang mogelijk een doorstroomvegetatie waar het water diffuus doorvloeit. De weerstand in dergelijke vegetaties is hoger, waardoor het water trager afstroomt. Bovendien heeft het oppervlakkig afstromend water minder kracht in vergelijking met een afstroom via geulen, waardoor dit water minder erosie (en geulverdieping) veroorzaakt.
- **Verhogen van de stromingsweerstand in waterlopen.** Door vernauwing van het profiel, verondiepen, behoud van watervegetatie, door het achterwege laten van onderhoud of het opnieuw toelaten van meandering (STOWA 1998).



#### 4.4.1.3.4 Verhogen van de perifere weerstand

Pogingen tot peilverhoging in het natuurgebied kunnen tegengewerkt worden als het water over de bodem wegstroomt naar lager gelegen delen in de omgeving. Het water dringt dan niet in de bodem waardoor het grondwaterpeil in het natuurgebied nauwelijks kan stijgen. Op terreinen die gevoelig zijn aan oppervlakkige afstroming, bijvoorbeeld een hellende zandvlakte, kan je een lage perifere weerstand eventueel kunstmatig verhogen via:

- **De aanleg van een bufferzone:** zie hoger.
- **Het plaatsen van schermen:** Een scherm zal waarschijnlijk alleen haalbaar (vanwege de kosten) zijn in een ondiep freatische watervoerend pakket. De perifere weerstand kan ingeschat worden (STOWA 1998).

#### 4.4.1.4 Water bergen

De term "bergen" wordt vaak gebruikt om in twee betekenissen. Water kan geborgen worden in regenwaterbuffers en rioleringen alvorens een overstort in werking treedt. We gaan niet dieper op in op deze betekenis van bergen. Water kan ook geborgen worden in waterlopen en overstromingsvlaktes om overstromingen stroomafwaarts te vermijden. Bergen in de waterlopen zelf leunt erg dicht aan bij vasthouden en werd hierboven al gedeeltelijk besproken. Het aanleggen en inrichten van grote overstromingsgebieden ligt meestal buiten de bevoegdheid van de natuurbeheerder. Op kleinere schaal heeft de beheerder soms wel mogelijkheden om de impact van overstromingen te milderer door het water tijdelijk te bergen.

De gevolgen van overstromingen kunnen opgedeeld worden in twee componenten: enerzijds de overstroming zelf, waarbij water zorgt voor tijdelijk overstroomde en vaak zuurstofarme omstandigheden in het moeras. Anderzijds is er de aanvoer van allerlei stoffen: bodemdeeltjes, nutriënten, chemicaliën... Dit laatste heeft vaak veel groter gevolgen voor het systeem dan de tijdelijke overstroming. Door de aanleg van slibvangen op kleinere beken kan de natuurbeheerder zelf de impact van overstromingen in het eigen gebied te milderer.

#### 4.4.1.5 Aanpassen

##### 4.4.1.5.1 Kunstmatige aanvoer van water

Vasthouden van gebiedseigen water ligt het meest voor de hand ter bestrijding van verdroging. Wanneer dat niet kan of in onvoldoende mate, kan kunstmatige aanvoer overwogen worden. Daarbij moet rekening gehouden worden met de samenstelling van het aangevoerde water. Het heeft vaak andere eigenschappen dan het van oorsprong aanwezige water, en kan aanleiding geven tot eutrofiëring (Van der Linden et al., 1996).

Mogelijke methoden voor het aanvoeren van water in het natuurgebied waar zich het effect voordoet zijn:

- **Terugpompen van perifere afvoer:** Wateraanvoer moet bij voorkeur "gebiedseigen" zijn. Het opvangen van de perifere afvoer in een kwelsloot rond het natuurgebied zou daarin kunnen voorzien. Water uit de kwelsloot wordt teruggepompt naar het gebied, onder voorwaarde dat het peil in de kwelsloot niet onder dat van de omgeving zakt. De winterafvoer uit het natuurgebied zou eventueel in geïsoleerde bassins kunnen worden bewaard voor het voorjaar en de zomer (STOWA 1998).
- **Aanvoer uit lokaal grondwater:** Aanvoer uit lokaal grondwater zou wellicht zelfs voor kwelwater in de wortelzone kunnen zorgen als af en toe wordt geïnundeerd. Met een



handige plaatsing van de lokale onttrekking is misschien vernatting van de omgeving tegen te gaan. Het opgepompte water mag niet verontreinigd zijn door landbouw-uitspoeling (STOWA 1998).

- **Aanvoer van elders:** De kwaliteit van aanvoer van elders kan vaak verbeterd worden door schoon water geïsoleerd te houden van watergangen van ongewenste kwaliteit (STOWA 1998).
- **Kunstmatige infiltratie:** Kunstmatige oppervlakkige infiltratie wordt al langer toegepast in de duinen. In de Doornpanne te Koksijde wordt het rioolwatereffluent van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van Wulpen als bron gebruikt voor de productie van infiltratiewater. (Bot 1996; Decoussemaeker 2017).

Voor meer informatie met betrekking tot het inlaten van water verwijzen we naar Delsman et al. 2018.

Let wel op met kunstmatige aanvoer van water. Door water aan te voeren naar natuurgebieden in periodes van (extreme) droogte, verbruik je water op een moment dat er weinig water is. Dit moet erg goed afgewogen worden. Als de natuur in droogteperiodes zelf een belangrijke verbruiker van water gaat worden, treedt die in competitie met andere waterverbruikers. Mogelijk daalt hierdoor het draagvlak voor behoud van een waterbehoevende natte natuur. Bij gebruik van grondwater draag je bij aan het verder verlagen van grondwaterstanden, waardoor andere – mogelijk meer essentiële sectoren – getroffen worden. Het reactief afwegingskader voor prioritair waterverbruik (VMM 2021) vermeldt een innameverbod ter bevoeiing van natuurgebieden in bepaalde gebieden op de shortlist van mogelijke maatregelen.

#### 4.4.1.5.2 Aanpassen van het terrein

Een aantal maatregelen om de relatieve grondwaterstand te verhogen of het grondwater beter vast te houden:

- **Verlagen van het maaiveld:** Met als doel de grondwatertafel dichter bij het maaiveld te brengen is alleen het overwegen waard als voor het herstel van een vegetatie al voorzien was om een met nutriënten verrijkte bovenlaag te verwijderen of als het gaat om opgehoogde gronden een kunstmatige ophoging ongedaan te maken (STOWA 1998).
- **Organische-stofaanvoer:** Organische stof speelt vooral op droge zandgronden een belangrijke rol bij het vochthoudend vermogen van de bodem. Daarom is het handhaven en zo mogelijk verhogen van het organische-stofgehalte daar een goede manier om te werken aan het op peil houden of verbeteren van de capaciteit van de bodem om water vast te houden. Dit kan worden gerealiseerd door een voldoende aanvoer van organische stof (Wösten & Groenendijk 2021).
- **Tegengaan en opheffen ondergrondverdichting:** De bewortelingsdiepte heeft een invloed op de gevoeligheid van planten voor droogte. Het bepaalt immers tot op welke diepte in de bodem planten vocht kunnen onttrekken. Een grote bewortelingsdiepte maakt planten minder kwetsbaar voor droogte. Een mogelijke herstelmaatregel is het stimuleren van het bodemleven.

Let wel op. Het verlagen van het maaiveld is vaak geen ‘no-regret’ maatregel. Bij afgraven verdwijnt een potentieel waardevol cultuur- en natuurhistorisch bodemarchief. Het afgraven van individuele percelen hypothekeert in sommige gevallen een structurele



grondwaterverhoging in een volledige vallei, omdat op waardevolle vegetaties op de afgegraven systemen onder water dreigen te komen.

#### 4.4.1.5.3 Pas natuurdoelen aan

Wanneer effecten van klimaatverandering dermate groot worden, zullen aanpassingen aan de waterhuishouding niet meer volstaan om bepaalde waterafhankelijke natuurtypes in stand te houden. Nu al worden beheerdoelen - al dan niet expliciet - aangepast aan gewijzigde omstandigheden. Bij het vernatten van een vallei zullen de initiële beheerdoelen (vaak graslanddoelen) zonder veel probleem worden aangepast naar natuurdoelen voor een nattere omgeving. Wanneer erg bijzondere doelen moeten worden opgegeven of aangepast ligt dit voor veel beheerders echter moeilijker. Als sprekend voorbeeld vermelden we hier 'actief hoogveen'. Dit bijzonder en erg zeldzame ecosysteem gaat in Vlaanderen een weinig rooskeurige toekomst tegemoet, tenzij door inzet van artificiële irrigatiesystemen.

Let wel op. Aanpassen van natuurdoelen mag niet te snel gebeuren. De veerkracht van vele vegetaties is groot en met het toedienen van intensieve zorgen kan een vegetatie het soms lang uithouden.

#### 4.4.1.6 Waterafvoer

Waar overstroming ongewenst is, kunnen waterafvoerende maatregelen worden voorzien. De gevolgen van overstromingen kunnen opgedeeld worden in twee componenten: enerzijds de overstroming zelf, waarbij water zorgt voor tijdelijk overstromde en vaak zuurstofarme omstandigheden in het moeras. Anderzijds is er de aanvoer van allerlei stoffen: bodemdeeltjes, nutriënten, chemicaliën... Dit laatste heeft vaak veel groter gevolgen voor het systeem dan de overstroming zelf.

- **Voorzie een afvoer van vervuild water.** Overstromingen met vervuild regenwater zijn problematischer dan overstromingen met zuiver water. Waar mogelijk voorzie je best structuren die het vervuilde water rechtstreeks te kunnen afvoeren, waardoor je vervuiling en vermessing vermijdt.
- **Oppervlakkige drainage.** Oppervlakkige greppels kunnen overtollig water efficiënt moeten afvoeren bij storm en hevige neerslag. Oppervlakkige drainage kan het probleem van stagnerend verzurend regenwater gedeeltelijk oplossen.
- **Voorzie ruimte voor de rivier.** Bredere rivierbeddingen kunnen grotere hoeveelheden water afvoeren. Indien een rivier in het gebied aanwezig is kan eventueel een nevengeul gemaakt worden. Dat betekent dat de rivier extra ruimte krijgt om water door af te voeren als er veel water door de rivier stroomt. Door een deel van het water door de nevengeul te laten stromen blijft de waterhoogte in de rivier beperkt. Dit moet afgetoetst worden aan de ruimte-inname en andere doelstellingen in het gebied.
- **Aanleg van slibvang:** Door de aanleg van slibvangen op kleinere beken kan de natuurbeheerder in overleg met de waterbeheerder zelf instaan om de impact van overstromingen in het eigen gebied te milderen. De slibvang kan het verontreinigde materiaal verzamelen, waardoor de impact van de overstroming op de natuur mildert.

#### 4.4.1.7 Randvoorwaarden bij het toepassen van hydrologische herstelmaatregelen

Als je een vernatting uitvoert, kan dit leiden tot een aantal neveneffecten zoals de vorming van een regenwaterlens (verzuring), een snellere afbraak van het organisch materiaal (mineralisatie) of het vrijkomen van voedingsstoffen die in de bodem waren opgeslagen (interne eutrofiëring). De nadelen kunnen vaak nog ernstiger zijn dan de verdroging zelf. Het is

dus belangrijk om de risico's op ongewenste effecten goed in te schatten wanneer je een hydrologische herstelmaatregel wil toepassen.

We gaan dieper in op mogelijke knelpunten en stellen een aantal mogelijke oplossingen voor. We zien dit als belangrijke randvoorwaarden die samen met de implementatie van de maatregel moeten worden bekeken. Als er risico's zijn op effecten die nog erger zijn dan verdroging zelf, kan de maatregel niet worden uitgevoerd.

#### 4.4.1.7.1 Tegengaan van verzuring

##### Vasthouden van water

Het gevolg van het vasthouden van water is dat de invloed van neerslagwater toeneemt. In van oorsprong door neerslag gevoede systemen in infiltratiegebieden, zoals natte heiden, vormt dit geen probleem. Herstel van de waterhuishouding van natte heiden door middel van het vasthouden van water kan dan ook snel tot resultaat leiden, zeker wanneer een afsluitende laag aanwezig is die infiltratie naar de ondergrond tegengaat.

Bij grond- of oppervlaktewater gevoede systemen met een lage zuurbufferende capaciteit kan verzuring optreden als gevolg van de toegenomen invloed van regenwater. Als in deze gebieden nog kwel aanwezig was, kan verhoging van de oppervlaktewaterstand leiden tot een vermindering van de hoeveelheid kwel en de vorming van regenwaterlenzen. In gevallen met een sterk verzurende werking is het vasthouden van water ongewenst (Runhaar et al., 2000).

##### Buffering zuurgraad van de bodem

Wanneer het niet lukt om de aanvoer van mineraalrijk grondwater te herstellen, kan de verzuring als gevolg van de toegenomen invloed van regenwater tegengegaan worden door de aanvoer van kalkrijk water. De bufferende werking van de inlaat via oppervlaktewater beperkt zich tot die delen van het terrein die in contact staan met het oppervlaktewater, zoals plassen, sloten en slootkanten. Een periodieke inundatie met kalkrijk water is wellicht effectiever, maar ook hier moet de waterkwaliteit goed genoeg zijn om aanrijking van het terrein met nutriënten te voorkomen (Van der Linden et al., 1996).

- Begreppeling: Tegengaan van vorming regenwaterlenzen (Runhaar et al. 2000).
- Inlaten kwel via grondwater: Bevorderen kwel door opzetten van peilen in de omgeving, het maaiveld te verlagen of lokale kwelsystemen te creëren (Runhaar et al. 2000).
- Inlaten kwel via oppervlaktewater (Runhaar et al. 2000)
- Periodieke inundatie met kalkrijk water
- Bekalking (Runhaar et al. 2000)

##### Aanvullen mineraalbuffer in bodem

Via bemesting in infiltratiegebieden dringt zuur water in de bodem. In veel gebieden is een 'nitraatfront' nog op weg naar de kwelzones. Voor dit front zitten vaak hoge concentraties mineralen in het grondwater; achter dit front is de mineralenbuffer al opgebruikt en is het grondwater zuurder en armer aan mineralen. Verhoogd inzetten op infiltratie zorgt wellicht voor een versnelling van dit nitraatfront. Bekalking op de infiltratiegebieden kan hier soelaas bieden.



#### [4.4.1.7.2 Tegengaan van eutrofiëring](#)

##### **Herstel van veengronden**

Verdroging van veengronden leidt vaak tot een irreversibele verandering van de bodemstructuur. Grondwaterstandsstijging leidt dan niet tot herstel van de vroegere standplaatscondities. Bovendien kan grondwaterstandsstijging leiden tot mineralisatie: een versnelde afbraak van een in de verdroogde periode gevormde toplaag met ruwe humus. Zo krijgen we bij vernatting net een (bij natuurherstel veelal ongewenste) toename van de voedselrijkdom van het systeem (Van der Linden et al., 1996).

##### **Herstel van de kweldruk**

In het geval van verminderde invloed van kwelwater, is de beste manier om de situatie te herstellen het wegnemen van de externe oorzaken ervan. Als dat niet lukt en het grondwater is te diep weggezakt, kunnen waterpeilen in de directe omgeving worden opgestuwd. Wordt kwel/grondwater bijvoorbeeld afgevangen door een diepe sloot, dan kan die breder en ondieper gemaakt worden. Zo vermindert de drainerende werking ervan. Als het lukt om kwel te herstellen, is het nodig om het risico voor mineralisatie te bekijken en oppervlakkige afvoer van regenwater te verzekeren (Van der Linden et al., 1996).

##### **Inlaat van gebiedsvreemd water**

Door toevoer van gebiedsvreemd oppervlaktewater kan eutrofiëring optreden door een directe toevoer van voedingsstoffen (externe eutrofiëring). Door deze eutrofiëring worden laag-productieve vegetaties vervangen door hoogproductieve. Externe eutrofiëring kan bestreden worden met behulp van:

- **Verlengde aanvoerroutes.** Doel van verlengde aanvoerroutes is de verwijdering van voedingsstoffen door een combinatie van biologische en fysisch-chemische processen. Door een verlengde aanvoerroute neemt de verblijf tijd van het water toe, waardoor zuiveringsprocessen langer kunnen plaatsvinden (Runhaar et al. 2000).
- **Zuiveringsmoerassen.** Zuiveringsmoerassen zijn natuurlijke en kunstmatig aangelegde moerassen die tot doel hebben een verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren. Verwijdering van stoffen vindt plaats via een combinatie van biologische en fysisch-chemische processen. Zuiveringsmoerassen zijn niet in staat om alle stoffen uit het water te verwijderen (Runhaar et al. 2000).
- **Chemische defosfatering.** Doel van chemische defosfatering is het verlagen van de fosfaatconcentraties in aangevoerd water, om eutrofiëring en grootschalige algenbloei te voorkomen. Door toevoeging van ijzerzouten (vooral ijzerchloride) wordt de adsorptie van fosfaat gestimuleerd (Runhaar et al. 2000)

##### **Afgraven**

Wanneer de bodem wordt afgegraven om het grondwaterpeil dichterbij het maaiveld te brengen, raden we aan om vooraf de fosforstock te meten van de toekomstige toplaag van de bodem. Wanneer de bodems vernat worden, bestaat de kans dat fosfaten die gebonden zijn aan ijzer worden vrijgesteld (interne eutrofiëring) (Smolders et al., 2006a).

- **Vermijden van interne eutrofiëring** door vooraf de bodemkwaliteit van de toekomstige toplaag te bekijken





#### 4.4.1.8 Studie van je gebied

In het ideale scenario beschikt de beheerder over een uitgebreide landschapsecologische studie met grondwatermodel waarin geprojecteerde klimaatwijzigingen samen met maatregelen kunnen worden doorgerekend. Vaak is dit niet beschikbaar en moet de beheerder zelf een inschatting maken. De Becker (2020) beschrijft het ecohydrologisch systeem van verschillende Vlaamse natuurgebieden. Volgende checklist kan hierbij helpen:

##### **1. Check bodem en bodemprofiel:**

Water stroomt veel sneller door zand (0.1 – 1000m/dag) dan door leem (0.001 – 10 m/dag) of door klei (< 0.001 m/dag) (De Becker 2020). Bij gemakkelijk infiltreerbare bodem (zand, lemig zand) kan veel water infiltreren. Maatregelen zijn er vaak niet essentieel, maar kleine ingrepen kunnen hier voor een relatief grote toename in infiltratie zorgen. Bij leem- en kleibodems is de nood aan maatregelen groter door het risico op oppervlakkige afstroming. Het zal we een grotere inspanning vergen om infiltratie te bevorderen.

De dikte van de waterdoorlatende laag bepaalt grotendeels de buffercapaciteit in bodem. Een virtuele boring op het beheerperceel en de ruime omgeving geeft inzicht in de diepere bodemopbouw. Dit kan via de DOV Verkenner ([www.dov.vlaanderen.be](http://www.dov.vlaanderen.be)).

##### **2. Check positie in het landschap**

Overal in een landschap wordt best zo vroeg mogelijk ingezet op het vasthouden van water, maar de effecten variëren sterk met de positie in het landschap.

- Hoe hoger in het landschap water wordt vastgehouden, hoe langer dit kan worden vastgehouden. Veel kleinschalige inrichtingen verspreid over het landschap genieten de voorkeur op enkele grootschalige inrichtingen in benedenstroomse gebieden.
- Oppervlakkige afvloed gebeurt sneller op hellingen.
- Depressies in het landschap zijn plaatsen waar water langer kan blijven staan en de kans krijgt om te infiltreren. Hier zijn opportuniteiten om water vast te houden.
- Valleien vormen het laagste punt in het landschap. De infiltratiecapaciteit is hier vaak beperkt, maar ze zijn wel erg belangrijk voor het vasthouden van grote watervoorraden. Grijp bij voorkeur in op de hoofdwaterloop van de vallei: verhoog waterpeil met stuwen of natuurlijke elementen (beverdammen,); verhoog weerstand van de beek (meandering, boomstammen, oevervegetatie), ruim de beek minder diep, vermijd piekdebieten met verhoogde erosie in de beek.
- De voet van de hellingen speelt volgens van Winden et al. 2014 een onderkende rol bij het vasthouden van water. Grondwaterstanden zijn hier doorgaans lager, waardoor er meer ruimte is voor extra buffering van het water.
- Drainage op de percelen zelf kan steeds worden opgegeven, maar het effect op geïsoleerde natuurgebieden is meestal beperkt. Wanneer de natuurbeheerder grotere, aaneengesloten stukken in beheer heeft, kunnen ook de tussenliggende grachten worden aangepakt.

##### **3. Onderzoek de hogerop vermelde randvoorwaarden. Is er kans of verzuring of eutrofiëring?**

Naast de kwantiteit van de waterinfiltratie is ook de kwaliteit erg belangrijk. Water dat aangerijkt is met nutriënten of vervuilende stoffen wordt best eerst gezuiverd alvorens te laten infiltreren.



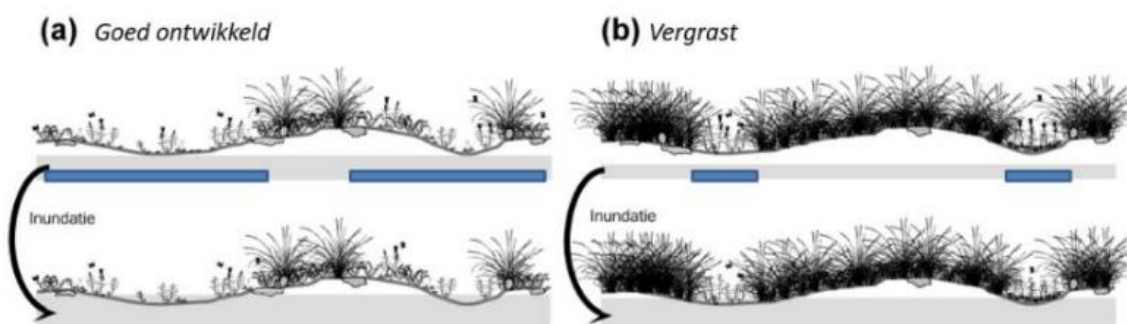
#### 4.4.1.9 Hydrologisch herstel in het heidelandschap

Door vernatting buffer je habitats tegen droogte en hitte en ga je de afbraak van organisch materiaal, en de vrijstelling van voedingsstoffen en CO<sub>2</sub> tegen. Een intacte veen- of humuslaag is beter in staat om water vast te houden. Dit is positief voor de typische natte natuurwaarden en beschermt stroomafwaartse gebieden tegen overstroming. Bovendien beschermt het natte natuurwaarden tegen invasies van storingssoorten en is het een maatregel die spontane branden afremt. Water vasthouden beschermt op veel verschillende manieren tegen de effecten van klimaatverandering en dit pakt voordelig uit voor mens en natuur. Er zijn echter enkele aandachtspunten wanneer je grachten gaat dempen of waterlopen verondiepen en hermeanderen.

Pas als de factoren van achteruitgang van natte heidehabitats bekend zijn, kan een gepaste set van maatregelen gekozen worden. Klassiek zal men de hydrologie herstellen en plaggen om stikstof af te voeren. Samen met het plagsel worden ook de opgebouwde reserves aan fosfor, kalium en sporenelementen afgevoerd. Chopperen en drukbegrazing kunnen als alternatief worden ingezet (Wallis de Vries et al., 2016).

Plaggen kan goed pioniervegetaties met snavelbiezen herstellen maar dit habitat ontwikkelt in verzuurde omstandigheden verder naar monotone pijpenstrootjesvegetatie. Onder verzuurde omstandigheden (pH < 4,5) zijn de ammoniumconcentraties gedurende 1,5 - 2 jaar hoog na plaggen waardoor doelsoorten van soortenrijke natte heide zich niet kunnen vestigen. Bij ons nog weinig toegepast is herstel van bodemverzuring door de toediening van bufferende stoffen zoals steenmeel en dolokal (ook in het infiltratiegebied) (Wallis de Vries et al., 2016).

Door de decennialange verdroging is goed ontwikkelde natte heide in veel gebieden teruggedrongen tot een smalle gordel rond permanent natte laagten en vennen. De verdroogde delen zijn veelal sterk vergrast met pijpenstrootje. Het leefgebied van soorten van goed ontwikkelde natte heide is dan ook klein en daardoor extra kwetsbaar voor overstroming in natte perioden. Goed bedoelde vernattingprojecten of extreem natte perioden kunnen ervoor zorgen dat geschikt leefgebied voor fauna van natte heide wordt weggeveegd. Hogerop in de vochtgradiënt is door vergassing immers geen geschikt leefgebied meer waar de soorten naartoe kunnen migreren. In zulke gebieden is het belangrijk om geleidelijk te vernattingen. In een goed ontwikkelde heide over heel de vochtgradiënt kunnen veranderingen in de grondwaterstand beter opgevangen worden, doordat soorten met de vochtgradiënt kunnen meebewegen (Wallis de Vries et al., 2018).



Figuur 11: In vergraste (vaak verdroogde) heide is geschikt leefgebied (blauwe balk) alleen nog in laagten te vinden, terwijl dat in goed ontwikkelde heide ook hogerop te vinden is. Bij extreme regenval of te snel doorgevoerde vernatting kunnen soorten door inundatie (grijze balk) verdwijnen (tekening Gerard Oostermeijer).

Vernatting van heideterreinen heeft een positieve impact op de koolstofopslag in ecosystemen. Na verhoging van de watertafel wordt gedurende een bepaalde periode opnieuw extra koolstof opgeslagen, tot een nieuw evenwicht bereikt wordt (Arets, 2018). Heidebeheer gericht op het terugdringen van vergrassing heeft eveneens een positief effect op de koolstofvoorraden, aangezien deze groter zijn in door dopheide gedomineerde situaties, dan in vergraste heide.

#### 4.4.2 Preventie van voorjaarsbranden

Door de klimaatverandering en de bijhorende aanhoudende droogteperiodes stijgt het risico op natuurbranden in de toekomst. Spontane branden zijn in onze streken vooral negatief voor de natuur. Hoe groter en intenser de brand, hoe groter het negatieve effect. Hoe gaan we daarmee om en wat kunnen we preventief ondernemen?

Bij branden in natuurgebieden moet onderscheid gemaakt worden tussen bedoelde en onbedoelde branden. Andere gangbare termen zijn gecontroleerde beheerbranden ('prescribed burning', En.) en ongecontroleerde, ongeplande natuurbranden ('wildfires', En.) (De Blust en Laurijssens, 2014).

##### 4.4.2.1 Natuurbranden in Vlaanderen

De meeste natuurbranden ontstaan door menselijke activiteiten door bijvoorbeeld een smeulende sigarettenpeuk op de grond, een verhitte auto of (beheer)machine die op droog gras staat, een stuk glas of een fles die als lens fungeert, vonken van een barbecue of een vuur in de buurt en schietoefeningen op de militaire domeinen (Van Reeth, 2020). Daarnaast komt natuurlijk ook – gelukkig in mindere mate – opzettelijke brandstichting voor (Cornelis, 2012). Tot slot kunnen branden ook aangestoken worden met een beheerreden (zie verder onder beheerbranden). Slechts heel soms gaat het om een natuurlijke oorzaak zoals bijvoorbeeld bij een blikseminslag (Cornelis, 2012).

Voor Vlaanderen is niet gekend hoeveel natuurbranden er zijn per jaar. Bekende natuurbranden in Vlaanderen zijn onder andere de verschillende branden uit de Kalmthoutse Heide in 1996 (450 ha) en in 2011 (600 ha) en recent ook de brand nabij Brecht (2021) waarbij 565 ha van het militair domein Groot Schietveld in vlammen opging. Vooral heideterreinen met veel naaldhout, met pijpenstrootje vergraste terreinen en eenvormige naaldbossen kennen een hoog brandrisico.

Natuurbranden komen in Vlaanderen meestal voor in de provincies Antwerpen of Limburg aangezien hier het grote, aaneengesloten natuurgebieden van de meest brandbare vegetaties liggen. De bodem bestaat voornamelijk uit zandgronden die minder lang vocht vasthouden en er is een grote recreatiedruk. Brandpreventie is daarom in deze provincies al enige tijd een grote prioriteit. Inmiddels beschikt Limburg over een volledig netwerk van reddingspunten (<https://www.crisis-limburg.be/reddingspunten>) en beide provincies hebben brandtorens. Brandweerkorpsen in Limburg en Antwerpen hebben ervaring en beschikken over aangepast materieel voor de bestrijding van natuurbranden. De kennis en ervaring is nu vooral in de provincies Antwerpen en Limburg aanwezig. Als er een natuurbrand zou uitbreken in andere provincies, is de kans groot dat er niet even efficiënt en effectief zal kunnen worden ingegrepen. Gelukkig zijn de natuurgebieden in deze omstreken vaak meer versnipperd waardoor ze beter bereikbaar zijn en is de natuur er (tot nu toe) minder brandgevoelig. Onder klimaatverandering kan de hoeveelheid brandbaar materiaal echter toenemen.



In Vlaanderen wordt per provincie het natuurbrandrisico wekelijks berekend. Dit gebeurt onder andere aan de hand van de brandwaarschuwingsindex (BWI) die van de Meteo Wing van Defensie uitgaat en Fire Weather Index (FWI) berekend door het Europees bosbrand informatiesysteem (EFFIS) (Rombaut, 2021). Aan de verschillende risiconiveaus hangen 4 specifieke kleurcodes: groen, geel, oranje en rood. Naargelang de code verschilt de mate van toezicht en paraatheid van brandweerdiensten, natuurbeheerders en andere hulpdiensten. Deze kunnen dan verschillende preventiemaatregelen nemen zoals brandtorens bemannen, het stand-by staan in uiterste paraatheid of het preventief patrouilleren door brandweerdiensten in het terrein ([www.natuurenbos.be](http://www.natuurenbos.be)). De risicocode wordt naar de bevolking gecommuniceerd via de website van het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) en gemeentelijke websites en in een aantal gebieden zijn aan de toegang speciale infoborden voorzien waarop o.a. het risiconiveau wordt aangeduid.

In de meeste natuurgebieden zijn dagelijks bezoekers aanwezig en is er toegang tot het mobiele netwerk waardoor een brand snel kan worden opgemerkt en gesignaleerd. Recreanten vormen echter ook een bedreiging op vlak van natuurbranden aangezien de meeste door menselijke oorzaken ontstaan in Vlaanderen (Cornelis, 2012).

Door de grote versnippering van onze bossen kan een brand minder snel over verschillende natuurgebieden heen woeden waardoor echte grootschalige bosbranden vermeden worden (Van der Aa et al., 2015). Anderzijds zorgt de versnippering ervoor dat er veel wegen zijn rondom de natuurgebieden waardoor ze sneller en gemakkelijker kunnen bereikt worden bij een brand. Versnippering zorgt ook voor potentieel meer schade aan infrastructuur. En hoewel men zou denken dat door de grote bereikbaarheid van de gebieden, water een minder groot probleem zou zijn, is in het verleden de waterbeschikbaarheid en bereikbaarheid van de brand ook al vaak een knelpunt gebleken doordat er weinig waterreservoirs of goed onderhouden brandwegen zijn in de gebieden zelf.

#### 4.4.2.2 Natuurbrand en klimaatverandering

Klimaatverandering zal de kans op onbedoelde natuurbranden in de toekomst hoogstwaarschijnlijk doen toenemen (De Blust en Laurijssens, 2014; McKenzie et al., 2011).

Lange droge periodes komen vaker voor, waardoor ecosystemen in het voorjaar en de zomer droger zijn en gemakkelijker ontbranden. In 2050 worden immers meer droge dagen (172 d/j in 2017 naar 207 d/j in 2050) en langere perioden zonder neerslag (24 dagen in 2017 naar 42 dagen in 2050) verwacht. Hierdoor zal het brandrisico, zeker in combinatie met verdroging en toenemende menselijke activiteiten, alleen maar zal stijgen. In de Kalmthoutse heide bijvoorbeeld waren er, in het extreem droge jaar 2018, 75 dagen met een hoog brandrisico (code oranje en rood). In 2100 worden dergelijke droogtes verwacht om de 4-5 jaar (Klimaatportaal Vlaanderen, n.d.).

De gemiddelde voorjaarstemperatuur stijgt overigens waardoor het groeiseizoen langer wordt. Door de stijging in temperatuur en CO<sub>2</sub> zal er vermoedelijk meer biomassa geproduceerd worden. Beide mechanismen zorgen ervoor dat meer brandbaar materiaal kan ophopen. De vervroegde start van het groeiseizoen kan ervoor zorgen dat meer planten eerder groen zijn in de lentemaanden (april, mei, juni), wanneer er veel brandbaar strooisel voorhanden is, waardoor het brandrisico sneller afneemt in die maanden (De Blust en Laurijssens, 2014).

Daarnaast zal er meer dood hout in de bossen aanwezig zijn door frequenter afsterven van bomen door de verhoogde druk van overstromingen, ziektes en plagen, droogte, storm... wat ook weer leidt tot meer brandbaar materiaal (De Blust en Laurijssens, 2014).

////////////////////////////////////

De verhoogde concentratie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer kan ook leiden tot een hogere bliksemfrequentie wat op zich weer tot meer branden met natuurlijke oorzaak kan leiden (McKenzie et al., 2011). Echter het voorkomen van bliksem, gaat meestal gepaard met neerslag, wat de kans op natuurbrand weer verkleint.

#### 4.4.2.3 Typering natuurbranden

Er zijn verschillende types branden die verschillen in intensiteit en het gemak waarmee ze bestreden kunnen worden.

Welk type brand voorkomt en het verloop en de duur ervan, zijn afhankelijk van de eigenschappen van de brandstof, de terreinkenmerken en de voorafgaande en heersende weersomstandigheden:

- **Smeulend vuur** brandt zonder vlammen en blijft vaak over na een brand met vlammen. Het breidt zich zeer langzaam uit. Maar juist daardoor houdt de hitte lang aan en kan de impact op het ecosysteem zeer groot zijn. De zaadbank kan totaal vernietigd worden en de brand kan diep in de humuslaag, in de wortels of in het hout doordringen. Het is van daaruit dat vuur dan terug kan opwakkeren (De Blust en Laurijssens, 2014). Bij dit type brand wordt ook veel meer CO<sub>2</sub> uitgestoten. Uit smeulend vuur kan gemakkelijk weer een brand met vlammen ontstaan en het is daardoor uiterst gevaarlijk (Santoso et al., 2019). Smeulend vuur kan zowel bovengronds als ondergronds plaatsvinden. Bij ondergronds smeulend vuur, spreekt men over grondvuur.
- **Grondvuur** is een brand in en van het organisch materiaal in de bodem zoals een veenbrand.(De Blust en Laurijssens, 2014). Grondvuren kunnen soms een hele tijd (dagen, weken) aanhouden. Ze gaan zeer traag vooruit en kunnen erg gevaarlijk zijn doordat de totale oppervlakte waarover een grondbrand woedt niet goed zichtbaar is (De Blust en Laurijssens, 2014).
- **Loopvuur** is een brand van de onderste vegetatielagen: kruiden, grassen, lage struiken, strooisel en dood afgevalen materiaal (De Blust en Laurijssens, 2014). Een loopvuur kan zich snel uitbreiden, maar het gedrag en de intensiteit is situatieafhankelijk. De hoeveelheid en verspreiding van de brandstof, de windsnelheid, vochtigheid, temperatuur en het reliëf spelen een rol. Uit een loopvuur kan bij hoge vlammen en hoge temperatuur – en in de nabijheid van bomen en/of vegetatieladders – een onbeheersbaar kroonvuur ontstaan. Bij gecontroleerde beheerbranden is dit vaak het type dat wordt gebruikt door het tempo in combinatie met de controleerbaarheid.
- **Een kroonvuur** is een zeer hevig type brand in de kruinlaag van bomen dat zich van kroon naar kroon verplaatst. Naaldbossen zijn hieraan gevoeliger dan loofbossen doordat ze hars bezitten in hun naalden (De Blust en Laurijssens, 2014). Dit type brand is heel gevaarlijk en moeilijk controleerbaar. Onder andere de soortensamenstelling, de dichtheid en de continuïteit van de kruinlaag samen met de weersomstandigheden bepalen de intensiteit en de verplaatsingssnelheid van dit type brand. De brand trekt zeer veel zuurstof aan waardoor sterke en grillige windpatronen richting de brand ontstaan. Bovendien ontstaan deze branden vaak in brandgevoelige periodes waardoor de branden snel kunnen verbreiden.
- Tenslotte bestaat er nog het gevaar op **vliegvuur**. Dit komt doordat sintels door verticale convectiestromen uit het vuur hoog de lucht in kunnen worden gestuwd en over een grote afstand nieuwe brandhaarden kunnen doen ontstaan. Preventieve maatregelen zoals brandgangen en smalle brandwegen, bieden dan geen oplossing meer (De Blust en Laurijssens, 2014).



#### 4.4.2.4 Planmatige acties (naar De Blust en Laurijssens, 2014)

##### 4.4.2.4.1 Het brandrisico bepalen

Een eerste maatregel, is het bepalen van het brandrisico in zijn/haar gebied. Niet elk bos of natuurgebied is even gevoelig voor brand. Bovendien zijn bepaalde periodes gevaarlijker en is het risico ook locatiespecifiek. Zones met een sterke toegankelijkheid zijn meer risicovol. Dit is iets wat elke beheerder individueel voor zijn of haar gebied zou kunnen doen, maar een analyse op landschapsschaal en met meerdere partijen is beter aangezien het brandrisico ook door de omgeving wordt bepaald.

##### 4.4.2.4.2 Een brandpreventie- en actieplan opmaken

Een geïntegreerd preventie- en actieplan opstellen is cruciaal voor gebieden met een hoog brandrisico. Daarin wordt op maat van het gebied een set aan preventieve en curatieve maatregelen afgesproken.

Zo'n plan geeft aan hoe brandweer, politie en andere hulpverleners, maar ook beheerders en andere belanghebbenden te werk zullen gaan bij een eventuele brand. Zo'n plan kan best opgesteld worden per regio met de verschillende actoren aan tafel. Aspecten die daarbij o.a. van belang zijn:

- Hoe lang duurt het voordat de eerste pompwagen na melding van de brand op een bepaalde locatie kan toekomen en is dit voldoende snel?
- Als op een bepaald moment gespecialiseerde blusvoertuigen moeten worden ingezet; waar staan die dan en hoelang duurt het voor ze ter plaatse zijn? Moeten er posten bijkomen?
- Wat doe je als je de controle over de brand dreigt te verliezen? Bij het uitwerken van een dergelijk plan moeten de voor- en nadelen, kosten en baten van de verschillende maatregelen tegen elkaar worden afgewogen.
- De provincies Antwerpen en Limburg beschikken over zo'n een Bijzonder Nood- en Interventieplan Bos en Heide (BNIP). Momenteel werken de hulpverleningszones aan zonale BNIP's binnen die provincies. Ook het Agentschap voor Natuur en Bos heeft een draaiboek met afspraken over de procedure die gevolgd moeten worden bij alarmfases en de rol en taakverdeling van alle ANB-medewerkers tijdens interventies (Cornelis, 2012).

Naast het opstellen van het plan is het belangrijk dat er frequent een overleg plaatsvindt om de bestaande afspraken op te frissen en eventuele gewijzigde informatie (contactgegevens, beschikbaarheid van nieuw instrumentarium, enz.) uit te wisselen (Cornelis, 2012).

##### 4.4.2.4.3 De bevolking sensibiliseren

De bevolking sensibiliseren is van het allergrootste belang. Hoe meer mensen zich van het brandgevaar bewust zijn, hoe kleiner de kans dat er zich een grote brand kan ontwikkelen (Cornelis, 2012). Dit helpt enerzijds preventief doordat burgers weten waarop ze moeten letten en elkaar er op kunnen aanspreken. Anderzijds kan het ook curatief helpen om branden sneller te signaleren door alerte burgers en stelt het hen mogelijks in staat om betere acties te ondernemen om zichzelf in veiligheid te brengen.

Voor het sensibiliseren zijn verschillende methodes voorhanden zoals de risicocodes en infoborden van de Vlaamse Overheid. Maar ook folders ([Folder Risico-Info.be](#); [Folder](#)

////////////////////////////////////

[Brandweer Brasschaat](#)), campagnes, webinars en bewustmakingswebsites (bv. [Risico-info.be](#)) kunnen helpen.

#### 4.4.2.4.4 Gedetailleerde kaart maken

Op kaarten is niet altijd duidelijk welke wegen er zijn binnen het natuurgebied en hoe bereikbaar die wegen zijn. Het opmaken van een meer gedetailleerde kaart voor het gebied die dit in acht neemt, kan daarbij helpen. Daarnaast kan via die kaart ook al nagedacht worden over mogelijke locaties voor bluswater of evacuatiepunten zodat dit een minder groot probleem vormt bij het uitbreken van een brand. Deze kaarten staan dan bekend als de 'noodplannen' van het gebied. Los van het opstellen van de kaarten, is het van belang dat deze kaarten in verschillende formaten ter beschikking worden gesteld aan alle hulpdiensten en geïntegreerd worden in ieders GIS-systeem (Cornelis, 2012).

Voor alle openbare gebieden bestaan inmiddels (sinds 2020) dergelijke kaarten (mondelijke mededeling Jurgen Rombaut). Bij de brand op de Kalmthoutse Heide hebben deze kaarten het werk van de hulpdiensten aanzienlijk vergemakkelijkt (Cornelis, 2012).

Maatregelen die hier nauw mee samenhangen zijn het zorgen voor voldoende ontsluiting van het gebied voor de hulpdiensten, het voorzien van bluswater en het uitwerken van een netwerk met coördinatiepunten. Dit bespreken we verder daar dit binnen het beheer van het terrein valt.

#### 4.4.2.5 Inrichting en beheer van het terrein (naar De Blust en Laurijssens, 2014)

De beheerder kan via het eigen bos- en natuurbeheer op het terrein ook een hele reeks acties ondernemen om het risico op grote, oncontroleerbare branden drastisch te verminderen. Is je gebied brandgevoelig, dan zijn bijkomende maatregelen een must (

Deze acties (en bovenstaande maatregelen) worden best aangevuld in het beheerplan :

- Compartmentering van het gebied
- Het gebied toegankelijk maken voor hulpdiensten
- Bluswater voorzien
- Coördinatiepunten installeren
- Monitoringssystemen opzetten
- Waterhuishouding herstellen
- Brandbaar materiaal verminderen

Bij alle maatregelen is het van belang dat de beheerder locatiespecifiek handelt. De beheerder moet steeds denken in termen van gevaar op ontsteking in combinatie met het gevaar op schade. Het installeren van coördinatiepunten is vooral handig waar veel mensen zijn. In gebieden waar mensen normaal niet komen, kan de dichtheid minder zijn. Ook monitoring moet niet overal even sterk gebeuren, maar vooral in die zones waar er een groot brandgevaar is. Misschien moet ook niet overal evenveel brandbaar materiaal verwijderd worden. Dit kan er uiteindelijk toe leiden dat op bepaalde plaatsen de vooropgestelde natuurdoelen moeten worden herzien. Er kan bijvoorbeeld ook gekozen worden om brandbaar materiaal in een strook van 10-20 m rond picknickplaatsen, parkeerplaatsen en langs drukbezochte wandelpaden en brandwegen te verwijderen eerder dan in het hele gebied.



#### 4.4.2.5.1 Compartimenteren in brandvlakken via firebreaks

Een bekende brandvertragende maatregel is het opdelen of compartimenteren van het gebied in een aantal “brandvakken”. Dit zijn oppervlaktes die van elkaar gescheiden worden door firebreaks zoals brandwegen, brandgangen of andere brandwerende barrières. De compartimentering stopt een brand niet per se aan de scheidingslijnen, maar kan de brand wel vertragen (Cornelis, 2012; De Blust en Laurijssens, 2014).

Brandwegen zijn (half-)verharde wegen die door het natuurgebied lopen. Ze dienen niet alleen om brand te voorkomen of te vertragen, maar kunnen ook als rijweg gebruikt worden door bijvoorbeeld de brandweer. Daarnaast kunnen ook recreanten en beheerders er gebruik van maken (Cornelis, 2012). Naast de brandwegen, wordt best een zone van 1 à 2 meter aan weerszijden strooiselvrij of -arm gemaakt en gehouden om de brandremmende zone te verbreden. Tegenwoordig worden deze stroken zelfs uitgebreid tot 2 tot 4 meter aan weerszijden (mondelingen mededeling Jurgen Rombaut). Dit zorgt er ook voor dat brandweerwagens kunnen kruisen. Deze stroken kunnen onderhouden worden door intensieve begrazing, klepelen, maaien, chopperen, enzoverder. Door de vegetatie af te voeren kunnen bovendien waardevolle natuurelementen gevormd worden (Cornelis, 2012; De Blust en Laurijssens, 2014). Ook kan worden geëxperimenteerd met het verschuiven van de maaigrans zodat er een interessante structuurvariatie kan ontstaan. Een brandgang (zie Foto 1) is een onverharde strook van 10 à 15 meter (Cornelis, 2012) of zelfs 20 à 30 meter (De Blust en Laurijssens, 2014) breed waar de vegetatie kort is of die onbegroeid is. De zone open houden door ploegen of frezen raden we af om ecologische en economische redenen.

Wanneer ze goed aangelegd zijn, kunnen brandgangen multifunctioneel zijn. Ze kunnen net zoals brandwegen als pad voor recreanten gebruikt worden (al moet dan rekening gehouden worden met een verhoogd ontstekingsrisico) of voor andere beheerwerken. Ook op ecologisch vlak kunnen brandgangen een betekenis hebben. Door het korthouden van de vegetatie ontstaan kansen voor open en korte pionierhabitats met specifieke flora en fauna zoals heischrale graslanden in heidegebied. Onbegroeide brandgangen kunnen interessant zijn als jachtgebied voor nachtzwaluw (Cornelis, 2012; De Blust en Laurijssens, 2014). Ze kunnen ook verbindingen vormen tussen gebieden voor specifieke soorten. Er moet echter op gelet worden dat infrastructuur om deze soorten te accommoderen niet in tegenstrijd is met de primaire brandwerende functie. Zo wordt voor de gladde slang in dergelijke corridors soms takkenhopen gelegd, wat natuurlijk het brandrisico verhoogt.

Een laatste vorm van firebreaks zijn **brandremmende zones of lijnen** die van nature meer brandwerend zijn of die door aangepast beheer die functie kunnen vervullen. Bij de aanleg van brandgangen en brandwegen wordt best zo veel mogelijk synergie gezocht met deze zones/lijnen. Van nature brandremmende elementen zijn (De Blust en Laurijssens, 2014):

- Landduinenzones met een hoog aandeel open zand en schrale pioniervegetaties.
- Vennen, rivieren, beken en andere wateren. Deze gebieden bieden eveneens een vluchtoord voor fauna en mensen bij het uitbreken van een natuurbrand. Tijdens de natuurbrand van 2021 in het Groot Schietveld in Brecht hielden antitankgrachten op sommige plaatsen bijvoorbeeld het vuur tegen.
- Weiden en akkers in het landschap daar er weinig dood materiaal op staat.

Hoe breed een firebreak moet zijn, is moeilijk te zeggen en hangt van verschillende factoren af zoals de vegetatie, de weersgesteldheid, het reliëf en de omvang van de brand zelf. De zone moet breed genoeg zijn om de verbreiding van brand te voorkomen of te remmen, maar mag niet dermate breed zijn dat ze het landschap en het microklimaat ernstig verstoort.

////////////////////////////////////



Brandwegen en brandgangen kunnen ook gebruikt worden voor brandbestrijding. Daarvoor moet de zone voldoende breed zijn, zodat de brandweer er zich veilig kan opstellen voor de bestrijding van een vuurfront. Voor een veilige opstelling in lage vegetaties moet de afstand tussen de brandweer en het vuur minstens 4-maal de vlamhoogte zijn. Als we veronderstellen dat een vlam maximaal dubbel zo hoog kan worden als de vegetatie, wordt dit 8-maal de vegetatiehoogte als veilige afstand (De Blust en Laurijssens, 2014).

#### 4.4.2.5.2 Zorg voor een goede ontsluiting van het gebied voor hulpdiensten

Bij het uitbreken van een brand is het belangrijk dat hulpdiensten en hun voertuigen vlot tot de locatie van de brand kunnen geraken. Een goed uitgewerkt en gedocumenteerd (brand)wegennet is daarbij essentieel. Maar ook brandgangen die voldoende breed en goed onderhouden zijn, kunnen helpen voor de bereikbaarheid.

Vragen die daarbij moeten gesteld worden zijn:

- Tot waar is de toegang voor een standaard en zware pompwagen van de dichtstbijzijnde brandweerpost gegarandeerd?
- Liggen er vandaaruit (half-)verharde wegen tot verschillende zones in het gebied?

Als beheerder denk je hierbij best ook aan een integratie van dit wegennetwerk met het netwerk van beheerwegen (zoals uitsleppistes). Een goed uitgedacht wegennetwerk zorgt voor minder overlast en druk op de natuur. Naast het voorzien van een voldoende groot en goed wegennetwerk, moeten de hulpdiensten hier natuurlijk ook toegang toe hebben. Hierboven beschreven we reeds hoe dit kan aan de hand van een brandactieplan en voldoende gedetailleerde kaarten. Tenslotte moet een beheerder ook zorgen dat baren vlot door de hulpdiensten te openen zijn. Daarbij is het belangrijk dat de hulpdiensten van een sleutel voorzien zijn, maar ook dat alle sloten gelijk en gemakkelijk te openen zijn.

#### 4.4.2.5.3 Voorzie voldoende bluswater in en rond het gebied

In het verleden is gebleken dat de waterbeschikbaarheid vaak een knelpunt vormt in het blussen van natuurbranden. Nochtans is de aanwezigheid van voldoende water cruciaal. Zeker in de beginfase van de brand kan dit een escalatie helpen voorkomen. Bij voorkeur wordt dit van buiten het gebied opgepompt uit bewoond gebied waar de nodige infrastructuur aanwezig. Tijdens droge periodes is de hoeveelheid grondwater namelijk als sterk verminderd en het plots oppompen van duizenden liters zou voor felle schommelingen en extra verdroging zorgen in het gebied. Bovendien vergt dit minder noodzaak aan infrastructuur in het gebied wat de kost voor de aanleg en het onderhoud vermindert. Het nadeel is echter dat dit extern water rijk kan zijn aan nutriënten. In sommige gevallen is dit echter niet mogelijk en moet voldoende water in het gebied kunnen opgepompt worden. De natuurlijke voorraden zoals vennen, poelen, beken etc. worden hiervoor beter niet gebruikt. Er zou in die waterelementen namelijk een permanente operationele pompput en bevoorradingsplaats moeten geïnstalleerd worden wat op zich al voor ene grote verstoring zou zorgen en bij gebruik zou de sterke, plotse daling van de waterstand voor ongewenste effecten op de levensgemeenschappen kunnen zorgen (De Blust en Laurijssens, 2014).

De voorkeur ligt bij de aanleg van regenwaterputten, pompputten of blusvijvers. Blusvijvers zijn vijvers die vanuit dat oogpunt zijn aangelegd, maar bij een natuurbrand kan de blusvijver ook dienst doen als toevluchtoord voor bezoekers en bepaalde dieren. Ook buiten brandevents, kan de blusvijver een ecologische waarde hebben al moet opgelet worden om geen ecologische val te creëren.



De watervoorraden moeten minstens aan enkele vereisten voldoen (De Blust en Laurijssens, 2014):

- De reservoirs hebben minstens een capaciteit van 60 m<sup>3</sup> (60.000 L). Dit komt overeen met een uur blussen aan een debiet van 1000 L/min.
- Bij voorkeur worden de voorzieningen automatisch gevuld met neerslagwater. Indien nodig kunnen ze ook kunstmatig (bij)gevoerd worden.
- De reservoirs worden bij voorkeur ondergronds aangelegd om de natuur- en landschapswaarden niet te verstoren.
- De bluswatervoorzieningen worden aangelegd op goed toegankelijke plaatsen met voldoende manoeuvreerruimte en uitwijkmogelijkheden. Kruispunten van goed bereikbare wegen zijn hiervoor aangewezen.
- De reservoirs liggen best op een beperkte afstand van elkaar. De maximale afstand tussen de bluswatervoorzieningen bedraagt bij voorkeur maximum 1km.

Bij het inplannen van dergelijke waterpunten moet steeds de totale ecologische en landschappelijke impact in rekening gebracht worden en worden vergeleken met andere mogelijke oplossingen zoals het verhogen van het aantal bosbrandweerwagens (De Blust en Laurijssens, 2014).

#### 4.4.2.5.4 Zet een netwerk op met duidelijke coördinatiepunten

In brandgevoelige gebieden wordt best een netwerk van coördinatiepunten opgesteld. In verschillende Limburgse bos- en natuurgebieden is dit reeds het geval: <https://www.crisis-limburg.be/reddingspunten>. Alle paaltjes van de fiets- en menroutes zijn daar uitgerust met Lambert-coördinaten. Verder zijn ook aparte palen opgesteld met de coördinaten van die locatie en het internationale noodnummer op.

Deze zaken hebben twee doelen. Enerzijds zorgt het voor een gemakkelijkere lokalisering van mensen in nood tijdens een brand of een ander ongeval. Anderzijds bieden zij een goed instrument om de specifieke locatie van een brand sneller te bepalen en communiceren. Waardoor sneller en gericht kan worden opgetreden.

#### 4.4.2.5.5 Plaats brandtorens of voorzie een ander monitoringssysteem

In verschillende Vlaamse bossen staan brandtorens opgesteld die bemand worden in hoog risicoperiodes. Door het relatief vlakke terrein in Vlaanderen, hebben deze brandtorens een ver overzicht en kunnen branden snel gespot worden. Nadelen van deze brandtorens is dat ze bemand moeten worden en dus kostelijk zijn en bovendien heb je in heuvelachtig gebied of gebieden met bossen waar het bereik minder ver is, meer torens nodig.

Binnen de openbare bossen van het ANB denkt men nu ook na over het inzetten van cameragestuurde monitorsystemen met artificiële intelligentie voor de detectie van natuurbranden. Dit kan aan de hand van drones of camerapalen.

Tenslotte kan ook gepleit worden voor het inzetten van de burgers. Onze natuurgebieden worden zeer druk bezocht. Een brand is bijgevolg snel opgemerkt. Als er voldoende bereik is in het natuurgebied, kunnen burgers de brand direct melden en kan zo de brand sneller gedetecteerd worden zonder veel mankracht. Het is echter gevaarlijk om dit als sluitende strategie te benutten.



#### 4.4.2.5.6 Vermijd verdroging

Het watergehalte van de vegetatie ligt in droge perioden een stuk lager. Hoe droger de vegetatie en hoe meer dood plantenmateriaal aanwezig, hoe groter de brandbaarheid en ontwikkelde hitte. In verdroogde gebieden kan de omvang en de ecologische schade die een natuurbrand aanricht bovendien ook groter zijn.

Om spontane branden maximaal te vermijden en de ecologische impact te verminderen, is hydrologisch herstel dus aangewezen. Uit de inventarisatie van de brandernst na de grote brand van 2011 op de Kalmthoutse Heide bleek duidelijk dat in natte en zelfs vochtige heidevegetaties de brand veel minder hevig was.

Een goede waterhuishouding is dus 3 vliegen in één klap: brandpreventie, natuurherstel en klimaatadaptatie.

#### 4.4.2.5.7 Verminder de hoeveelheid brandbaar materiaal

Verder zijn er verschillende maatregelen te nemen om de brandbare vegetatie om te zetten, naar een minder brandbare vorm of het aandeel brandbaar materiaal te verminderen. Door regelmatig natuurbeheer (plaggen, klepelen, maaien, chopperen, begrazen) op strategische plaatsen in het gebied kan de hoeveelheid brandbare biomassa (inclusief strooisel) worden verminderd op die plaatsen waar het risico het grootste is. Verder kunnen beheerbranden het aandeel brandbaar materiaal verminderen in heide. Ook hier wijzen we op het belang van locatiespecifiek te handelen. Door op gerichte plaatsen het hoeveelheid brandstof te verminderen, voorkomt men dat brandstof onafgebroken op grote oppervlakte voorkomt in het gebied en zo ook gigantische aaneengesloten branden kunnen ontstaan.

### 4.4.3 **Steenmeel toedienen**

Zandgronden zijn structureel verzuurd, waardoor bloeiende kruiden als muizenoor, biggenkruid, stekelbrem, kruipbrem... schaars of zelfs afwezig zijn in de heide. Bovendien blijkt de voedingswaarde van grassen en heide zo laag, dat ook de heidefauna minder vitaal is (Vogels et al. 2017). Het bodemadsorptiecomplex dat voorheen was bezet met basen is nu voornamelijk bezet met zure waterstofionen (H<sup>+</sup>). Op veel plekken is er waarschijnlijk een tekort aan essentiële plantennutriënten als kalium, magnesium, calcium en fosfor in het heidesysteem.

Een steenmeelgift wil de plantuitwisselbare basen in de bodem opnieuw licht verhogen of opladen tot een basenverzadiging van 20 tot 25 procent. Door de relatief snelle verwerking van de aangebrachte mineralen moet de bodemchemie van zandgronden terug herstellen.

Steenmeel komt pas in beeld nadat bodemonderzoek aanwijst welke essentiële voedingsstoffen (calcium, magnesium, kalium, fosfaat) ontbreken of tekort zijn. Er zijn immers verschillende steenmeelproducten op de markt, met een verschillende samenstelling. Het juiste type steenmeel moet gekozen worden om net die nutriënten aan te vullen die ontbreken op een bepaalde plek. Als je kan inschatten wat de hoeveelheden basen zijn in elk steenmeelproduct dan kan je ook inschatten hoeveel de bodem wordt opgeladen.

Wetenschappers onderzoeken op dit moment welke steenmelen welke stoffen vrijstellen, inclusief de mogelijk giftige. Daarnaast loopt onderzoek naar de effecten van steenmeel op bodem- en plantchemische samenstelling, vegetatiesamenstelling en bodemgemeenschappen (schimmels en regenwormen). Steenmeel kan immers het bodemleven wijzigen, de mineralisatie versnellen en/of ervoor zorgen dat fosfaat minder beschikbaar wordt.



Veldproeven in Nederland toonden aan dat twee types steenmelen (Eifelgold en Soilfeed) werken na 3 tot 5 jaar bij een toepassing van 10 ton per hectare (Weijters et al., 2020).

- Soilfeed, Biolit en Eifelgold verhogen de pH licht met 0,3;
- Op bepaalde locaties worden meer vaatplanten opgetekend in de behandelde proefvlakken;
- De aluminium/calcium-verhouding verlaagt tot gunstige omstandigheden voor plantengroei, doordat het calciumgehalte toeneemt;
- Steenmeel verlaagt de stikstof/fosfaat-verhouding van struikheide en bochtige smeie in droge heide. Door de verbeterde voedingswaarde van planten zou ook de vitaliteit en biomassa van fauna kunnen toenemen.

Hoewel hetzelfde type steenmeel met gelijke concentratie werd uitgestrooid, verschilt de effectgrootte van gebied tot gebied. Steenmeel heeft nog alles te bewijzen en tot nu toe is het nog onduidelijk of de voordelen opwegen tegen de nadelen. Effecten op pH zijn zeer klein en de aluminium-concentraties worden niet duidelijk verlaagd. Er wordt geen daling van het stikstofgehalte in bodem en planten geobserveerd. Verder is het niet bekend wat de effecten zijn op de stikstofkringloop. Steenmeel lijkt geen effect te hebben in heischraal grasland.

Een hele reeks van factoren spelen een rol als het gaat over de effecten. Het vochtgehalte en de chemische samenstelling van de bodem, het habitatype enzoverder. In Nederland wordt vooral gekeken naar de effecten van steenmeel in goed ontwikkelde heides en bossen. Terwijl in Vlaanderen vooral basen worden aangebracht na heideherstel vanuit soortenarm bos.

Het is dus nog onduidelijk welke producten best worden gebruikt en onder welke omstandigheden. Adsorberen de toegediende basen op het bodemcomplex of logen ze uit en verdwijnen ze uit het systeem? Welke mate van zuurbufferende werking hebben de verschillende producten en na hoeveel tijd je een effect mag verwachten? Wanneer moet een steenmeelgift herhaald worden? Van de effecten op bodembiota, maar ook de impact op de stikstof-, fosfor- en koolstofcyclus is nog weinig bekend. Voorzichtigheid en wetenschappelijke begeleiding bij steenmeelprojecten is aangewezen.



## 5 Stap 5: Monitor effectiviteit

Eens klimaatadaptatieve maatregelen geïmplementeerd zijn, is het belangrijk om je af te vragen of je op de goede weg bent. De laatste stap 5 in de adaptieve beheercyclus is daarom het monitoren of opvolgen van de resultaten.

Door de resultaten op te volgen en deze vervolgens te evalueren t.o.v. de geformuleerde doelen, krijg je een beeld van wat werkt en wat niet en in welke omstandigheden de maatregelen al dan niet effectief zijn. Zo kan je de aanpak bijsturen waar nodig om de vooropgestelde doelen te bereiken. Daarnaast zorgt dit voor een betere onderbouwing van toekomstige beslissingen. Monitoring draagt uiteindelijk ook bij aan het komen tot goed geïnformeerde beleidsbeslissingen aangezien de resultaten van een monitoring kunnen helpen bij het opstellen of aanpassen van beleidsplannen of wanneer er om verantwoording van de maatregelen of financiële keuzes wordt gevraagd (Van de Sandt, 2013). Als we deze informatie verzamelen en beschikbaar maken, kunnen we leren van elkaars fouten en successen.

Continu monitoren laat ons bovendien toe om rekening te houden met de onzekerheden die gepaard gaan met klimaatverandering. Als blijkt dat bepaalde klimaatvoorspellingen anders uitdraaien, kan de beheerstrategie herzien worden indien nodig.

De monitoring en evaluatie is de beginstap voor een nieuwe beheercyclus. Klimaatverandering is een complex en langdurig proces. Daardoor is het nodig om monitoring en evaluatie ook als een continu en flexibel proces te zien.



## 6 CASUS HEIDELANDSCHAP

De link tussen theorie en praktijk wordt gelegd door de werkwijze toe te passen op een casusgebied. Zo wordt het belang van elke stap concreet gemaakt voor de gebruikers van de studie, de scoretabel en de maatregelendatabank. Voor het uitwerken van deze oefening werd enkel beroep gedaan op de web viewers die vrij beschikbaar zijn om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de hulpbronnen waarover een beheerder beschikt.

### 6.1 CASUS KALMTHOUTSE HEIDE

De Kalmthoutse Heide, gelegen in de Antwerpse Kempen, vertegenwoordigt een historisch heidelandschap op arme zandgrond. De adaptieve beheervraagstukken in dit gebied zijn kenmerkend voor het Vlaams heidelandschap.

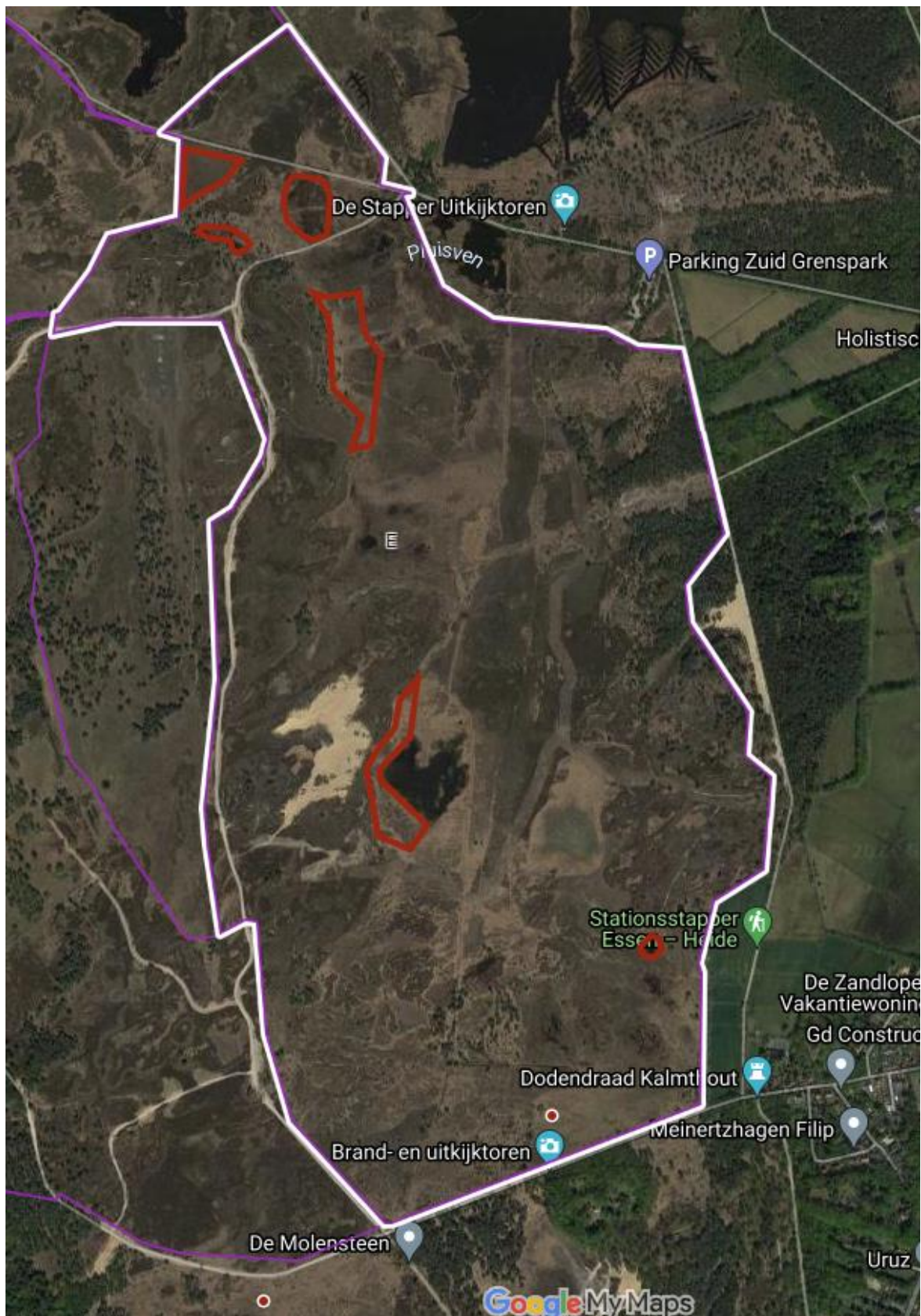
Het Vlaams Natuurreservaat Kalmthoutse Heide in het noorden van de provincie Antwerpen is een aaneengesloten gebied van ca. 1100 ha groot en ligt volledig op het grondgebied van de gemeente Kalmthout. Het gebied maakt deel uit van een groter geheel van natuurgebieden, het grensoverschrijdende park 'De Zoom – Kalmthoutse Heide'. Het Vlaams natuurreservaat wordt beheerd door het Agentschap voor Natuur- en Bos (ANB).

#### 6.1.1 Afbakening beheerblok voor scoring

Binnen dit gebied beschouwen we één begrazingsblok voor deze casus, gekend als de 'Centrale heide oost' (zie figuur 12). Het gaat om een terrein met natte en droge heide en venhabitats dat beheerd wordt via gehoede begrazing. De herder trekt met een kudde van een 350-tal dieren via een omtrekkende beweging het gebied door. In de periode van 15 april tot 15 oktober trekt de kudde gestuurd door een herder om de twee weken het begrazingsblok door. 's Nachts en in het weekend verblijft de kudde op een andere plek in het gebied. De kudde bestaat uit zo'n 300-tal schapen van het ras Kempens heideschaap en een 20-tal geiten. Het doel is meerdere keren per groeiseizoen gericht te grazen op pijpenstro en zo deze soort te onderdrukken. De geiten worden ingezet om in het voorjaar gericht berkenopslag te begrazen. De geherderde begrazing startte na de grote spontane brand van 2011.

Naast deze beheervormen wordt aanvullend machinaal beheerd: pleksgewijs wordt voornamelijk geplagd, gechopperd, gemaaid en boomopslag verwijderd. Kwetsbare natte natuurwaarden rond depressies worden uitgerasterd (rode zones op figuur 12).





Figuur 12: Figuur 12: Afbakening van het Centrale beheerblok oost in de Kalmthoutse heide met gehoeede begrazing en uitgerasterde zones (rood).





mineralen die doorwerkt in de voedselketen. Uiteindelijk werkt een verminderd voedselaanbod ook door naar hogere trofische niveaus in het voedselweb.

- Het langdurig droogvallen van vennen, mee als gevolg van een grondwaterstands daling in de ruimere omgeving, heeft tot veranderingen in de chemische samenstelling en zo ook in de levensgemeenschappen geleid. Vennen waarvan de waterhuishouding afhankelijk is van de grondwaterstand in de omgeving, zijn erg kwetsbaar voor klimatologische schommelingen.
- Klimaatverandering zal veranderingen in structuren en processen die we nu al zien versterken en mogelijk over een omslagpunt duwen. De drukken veroorzaken vergrassing, maken heidehabitats minder divers en veranderen het microklimaat. Vaststellingen in het veld wijzen erop dat droogteperiodes in het voorjaar en in de zomer kunnen leiden tot vermindering van de algemene vitaliteit en zelfs massale sterfte van struikheide.
- De combinatie van klimaatverandering, verdroging, verzuring en vermesting kan een drastische achteruitgang van natte heide, vennen en vennen veroorzaken. Het dieper en langer wegzakken van de grondwatertafel en de (periodieke) en soms langdurige verlaging van het bodemvocht heeft gevolgen voor natte natuurtypes in de Centrale heide oost. Zo nemen grondwaterafhankelijke vennen af in oppervlakte en worden ze minder diep of vallen ze droog en krijgen ze het karakter van een snavelbiezen- of oeervegetatie. Natte heidevegetaties worden vervangen door drogere types of slaan om naar uniforme en soortenarme pijpenstrootjesvegetaties.

#### 6.1.4 Stap 3: Bepalen van lokale adaptatieprioriteiten

##### 6.1.4.1 Scoring van veerkrachtcriteria

- **Droogtegevoeligheid van de bodem**

*Droogtegevoeligheid wordt grotendeels bepaald door textuur van de bodem (water in poriën) en de positie in het landschap (grondwaterstromingen). Dit is een kenmerk van de standplaats, niet van de vegetatie die er voorkomt. (hulpbron: bodemkaart op <https://www.dov.vlaanderen.be/kaarten>, geraadpleegd op 28 mei 2021)*

Actuele score 3: gevoelig

De ondergrond van het Grenspark is zeer gevarieerd en heterogeen met afwisseling van doorlatende zandlagen en slecht doorlatende kleilagen. Vochtige tot natte habitats nemen een grote oppervlakte in doordat regenwater stagneert op slecht doorlatende lagen (o.a. kleilagen, maar bijvoorbeeld ook veen, ijzerhorizonten, ...). Ondanks het feit dat de lagen waarop het water stagneert, weinig doorlatend zijn, infiltreert water sterk of vallen vennen droog na een lange droge periode. Hetzelfde treedt op na een warme periode met vrij grote verdamping.

Potentiële score 3: gevoelig

Dit criterium is niet te veranderen.

- **Buffercapaciteit zuurtegraad**

*De aanwezigheid van bufferende stoffen in de bodem of in het grondwater bepaalt de weerstand tegen verzuring en de evoluties na natuurbeheer.*

Score 3: gevoelig



In de Kalmthoutse Heide zijn de podzolgronden en profiellose zandgronden erg voedselarm en zuur. Helemaal in overeenstemming met een infiltratiegebied, is het grondwater in de Kalmthoutse Heide uitgesproken mineraalarm met een lage pH. Het is haast nergens gebufferd.

Potentiële score 3: gevoelig

Dit criterium is niet te veranderen op korte termijn. Op langere termijn verwachten we echter dat oplossingen beschikbaar komen zoals het toedienen van basen, na bodemchemisch onderzoek.

- **Reliëf**

De aanwezigheid van reliëf zorgt voor ontsnappingsmogelijkheden bij droogte en overstromingen, voor koele en vochtige plekken in het landschap. Depressies, slenken en greppels zorgen voor schuilplaatsen in tijden van langdurige droogte. Variaties in waterdieptes zorgen voor verscheidenheid in watersystemen.

Score 1: veerkrachtig

Terrein is hoofdzakelijk (> 50% van de oppervlakte) reliëfrijk met landduinen en depressies.

Potentiële score 1: veerkrachtig

Dit criterium is niet te veranderen.

- **Noordhellingen**

*Schaduwrijke noordhellingen zijn de plaatsen waar temperatuur en vocht het sterkst gebufferd worden tijdens extreme hitteperiode. Die kunnen gebruikt worden als 'klimaatvluchtplaatsen' wanneer deze verbonden zijn met het beheerde terrein.*

Score 1: veerkrachtig

Aanwezigheid van enkele open noordhellingen van landduinen.

Potentiële score 1: veerkrachtig

Dit criterium is niet te veranderen

- **Gradiënt in bodemvocht**

*In reliëfrijke gebieden waarin plekken met jaarrond hoge waterstanden geleidelijk overgaan naar drogere terreindelen hebben levensgemeenschappen de mogelijkheid om op te schuiven in het landschap bij geleidelijke veranderingen. Op locaties waar het leefgebied van fauna meer verspreid over de vochtgradiënt kan voorkomen, mag worden verwacht dat voor sommige soorten de effecten van klimaatextremen minder groot zijn.*

Score 1: veerkrachtig

Hoger gelegen terreindelen gaan naadloos over in lageregelegen terreindelen waardoor de hele gradiënt van droge naar natte heidebiotopen potentieel aanwezig is.

Potentiële score 1: veerkrachtig

Dit criterium is niet te veranderen



- **Opslag van bomen, struiken en/of ruigere kruiden**

*Opslag van bomen, struiken, ruigere kruiden en/of ongemaaide stukken, kleine clusters bomen en struiken zorgen voor voldoende schaduwrijke of vochtige plekken ('klimaatrefugia'). Bij het bepalen van de potentiële score moet de beheerder rekening houden met de combineerbaarheid van opslag met de doelvegetaties en -soorten. Het is vaak van belang als broedgelegenheid, zorgt voor beschutting, doet dienst als uitkijkpost of voor verdedigen van een territorium (bv. groentjes). Verspreide boomopslag is sterk structuurbepalend en kan zorgen voor de nodige variatie in microklimaat (plekjes om te zonnen, beschutting tegen de wind, e.d.).*

Score 1: veerkrachtig

5-10% van de oppervlakte bedekt met spontane opslag van bomen, struiken en/of ruigere kruiden. Dit is zelfs wenselijk in functie van het globale pakket doelsoorten.

Potentiële score 1: veerkrachtig

De natuurlijke successie en het voorgenomen beheer houden de opslag in balans met de doelen.

- **Structuurvariatie habitatniveau**

*Elke ontwikkelingsfase van struikheide verschilt qua bedekking, productie en bloei, maar ook qua microklimaat en soortensamenstelling. Hoe meer fasen in een heide aanwezig zijn, hoe structuurrijker, hoe soortenrijker en hoe robuuster de heidehabitat is. Eenvormige ouderdomsstructuur hangt meestal samen met een onaangepast beheer.*

*Het ontbreken van een mos- en korstmoslaag wijst eveneens op een onvoldoende dynamiek of onaangepast beheer. De aanwezigheid van een gevarieerde microtopografie en verschillende successiestadia zorgt voor een variatie in microklimaten, wat van groot belang is voor bv. ongewervelden en reptielen. Sommige soorten hangen af van welbepaalde successiestadia, of hebben juist de combinatie van verschillende stadia nodig voor hun overleving en voortplanting. De aanwezigheid van kale bodem en vegetatiearme plekken is van groot belang omwille van het bijzondere microklimaat dat ze bieden (snelle opwarming). Heel wat invertebraten (libellen, dagvlinders, loopkevers...) maar ook reptielen gaan regelmatig zonnen op kale plekken in de vegetatie. Ook voor het kiemen van heel wat typische planten (bv. snavelbies, klokjesgentiaan) is de aanwezigheid van een kale bodem nodig.*

Score 2: matig gevoelig

Algemeen gesproken is er sprake van vergrassing en het ontbreken van open, kale bodem voor pioniers. Het beheer zorgt evenwel voor een heidevegetatie met een gevarieerde leeftijdsstructuur en het verspreid voorkomen van kruidenrijke zones.

Potentiële score 2: matig gevoelig

Het gebrek aan structuurvariatie komt voort uit stikstofdepositie en verdroging. Er is geen verbetering in zicht op dat vlak van stikstofdepositie.

- **Afwisseling tussen biotoopgroepen**

*Wanneer in een gebied verschillende biotopen (heidevelden, wilgenstruweel, voedselrijke graslanden, bos) naast elkaar voorkomen spreken we over mozaïeken. Dieren hebben veelal*



*een afwisseling van verschillende biotootypes of mozaïek nodig om te foerageren, schuilen, zich voort te planten en te verplaatsen. Daarnaast verhogen geleidelijke overgangen tussen open bodem, grazige vegetatie, struweel en bomen zoals mantels en zomen; de veerkracht tegen klimaatverandering. In goed ontwikkelde zoomvegetaties kunnen dieren opschuiven om hun lichaamstemperatuur te reguleren. Daarnaast komen er abiotische condities voor die in de afzonderlijke biotopen ontbreken.*

Score 1: veerkrachtig

In het graasblok zijn er open wateren, overgangsvelden, droge en natteheidevelden aanwezig afgewisseld met landduinen. In het oosten gaat het gebied via een rafelige bosrand over naar bos en er is in het oosten een verbinding met matig voedselrijke graslanden.

Potentiële score 1: veerkrachtig

- **Soortendiversiteit**

*Soortendiversiteit bevordert de stabiliteit van ecosystemen. De aanwezigheid van voldoende plantensoorten uit de LSVI-tabellen duidt op goede standplaatscondities. Voor de relevante soorten van het heidelandschap verwijzen we naar Oosterlyck et al. 2020. Een voldoende aanwezigheid van soorten uit de multisoortenreeks duidt op een het samen aanwezig zijn van een hele reeks aan habitatkenmerken die een brede waaier aan typische heidesoorten ondersteunen.*

Score 3: gevoelig

Typische soorten komen verspreid en in lage aantallen voor, maar zijn wel nog aanwezig.

Potentiële score 3: gevoelig

Het gebrek aan soortendiversiteit komt voort uit stikstofdepositie en verdroging. Er is beperkt verbetering van verdroging in zicht door lokale ingrepen.

- **Risico op spontane voorjaarsbrand**

*Heidevegetaties zijn gevoelig voor brand. De brandgevaarlijke periode wordt steeds langer onder invloed van klimaatverandering. Deze start momenteel begin februari en duurt tot ergens halverwege mei. Wanneer grassen heidebiotopen domineren zijn deze veel gevoeliger voor ongecontroleerde branden. Deze situatie moet vermeden worden.*

Score 2: matig gevoelig

Delen vergrast met pijpenstro maar preventiemaatregelen (zoals compartimentering, sensibilisering, toegankelijkheid brandweer ...) genomen.

Potentiële score 2: matig gevoelig

De vergrassing komt voort uit stikstofdepositie en verdroging. Er is geen verbetering in zicht op dat vlak.

- **Versnippering landschapsniveau**

*De ruimtelijke samenhang van gebieden wordt bepaald door het tussenliggend landschap. Dit kan beoordeeld worden door te kijken naar het werkelijke landgebruik rondom het gebied met (half)natuurlijke biotopen. Wanneer de uitwisseling tussen geïsoleerde populaties verhoogt,*



*vermindert de kans op uitsterven en kunnen nieuwe leefgebieden bereikt worden. Maatregelen om de landschappelijke samenhang te verbeteren en isolatie te verminderen zijn meestal gekoppeld aan specifieke soorten(groepen). Over het algemeen is de effectiviteit van deze maatregel minder dan bij vergroting van de functionele oppervlakte.*

Score 1: veerkrachtig

Het gebied is functioneel en ecologisch verbonden met een groot (>1000 ha) gebied in natuurbeheer, De Zoom via een grootschalige corridor met verwante biotopen, bij voorkeur met noord-zuid oriëntatie.

Potentiële score 1: veerkrachtig

Overgangen en verbindingen naar andere groene gebieden worden niet geblokkeerd en waar mogelijk versterkt worden. De belangrijkste overgangsgebieden die de toegang zijn tot bovengenoemde verbindingen waaraan het Grenspark hecht, zijn: erbindingen via de Wildertse Duintjes en Maatjes (noordoost); verbindingen via de zone Huijbergen (noordwest); verbindingen via Elsenbos/Mastenbos, Klein Schietveld en Antitankkanaal (zuidoost) en verbinding vanuit Ravenhof naar het Opstalvalleigebied bij Berendrecht (zuidwest).

- **Versnippering gebiedsniveau**

*Er zijn enkele drempelwaarden beschikbaar voor de minimale oppervlakte van een groep verwante biotopen om een basisset aan typische soorten te herbergen. Biotootypes zijn verwant wanneer ze voldoen aan de habitatvereisten voor eenzelfde set van typische soorten of hun hulpbronnen (rusten, foerageren en voortplanten) voldoende herbergen. De functionele habitatcluster voor natte heide (habitattypes 3110, 3130, 3160, 4010, 4030, 7140, 7150, rbbm, rbbso) moet groter zijn dan 75 ha. De functionele habitatcluster voor droge heide (habitattypes 2310, 2330, 4030, 5130, rbbsg) moet groter zijn dan 50 ha. Deze waarden staan echter zeer regelmatig ter discussie. Om pragmatische redenen gebruiken we deze drempelwaarden hier toch. Echter, wanneer populaties van ruimtebehoevende soorten tot doel gesteld worden, zijn de oppervlaktecriteria en randvoorwaarden van de doelstoorten doorslaggevend (hulpbron: <https://www.natura2000.vlaanderen.be/gebied/kalmthoutse-heide/specifieke-natuurdoelen> en BWK en habitatkaart op <https://www.geopunt.be/>, geraadpleegd op 28 mei 2021).*

Score 2: matig gevoelig

Om een gezonde populatie gladde slang te ontwikkelen zijn in de Centrale heide oost en de omgeving voldoende oppervlaktes natte heide en droge heide aanwezig al moeten enkele migratieknelpunten nog opgeheven worden. Daarom wordt besloten tot een score 2 en niet 1.

Potentiële score 3: veerkrachtig

Het Grenspark zet in op vermindering van de volgende barrières: binnen centrale bos- en natuurgebieden gelegen openbare (zand)wegen, de Verbindingsweg, de Abdijlaan, de Putseweg en de Putsesteenweg.

- **Vermesting via lucht**

*Bekijk op kaart (<https://www.vmm.be/data/verzuring-en-vermesting>, geraadpleegd op 28 mei 2021) in welke mate de kritische last voor vermisting (kg N/(ha.j)) wordt overschreden. Dit is de maximaal toelaatbare depositie per eenheid van oppervlakte voor elk type heidehabitat zonder dat er schadelijke effecten optreden. De langdurige historische overschrijding heeft*



*gezorgd voor ophopen van stikstof in het systeem. Daling van de druk op ecosystemen in Vlaanderen leidt niet direct tot een evenredig herstel van de bodem en de biodiversiteit. Dit herstel is een zeer langzaam proces dat onder meer afhangt van de duur en de mate van de historische overschrijding.*

Score 3: gevoelig

Overschrijding van de kritisch last vermessing.

Potentiële score 3: gevoelig

Er is geen verbetering in zicht.

- **Verzuring via lucht**

*Bekijk op kaart (<https://www.vmm.be/data/verzuring-en-vermesting>, geraadpleegd op 28 mei 2021) in welke mate de kritische last voor vermessing (kg N/(ha.j)) in welke mate de kritische last voor verzuring (Zeq./(ha.j)) wordt overschreden. Dit is de maximaal toelaatbare depositie per eenheid van oppervlakte voor elk habitatype zonder dat er schadelijke effecten optreden. De langdurige historische overschrijding heeft gezorgd voor een aantasting van de zuurbufferende capaciteiten van de bodem. Daling van de druk op ecosystemen in Vlaanderen leidt niet direct tot een evenredig herstel van de bodem en de biodiversiteit. Dit herstel is een zeer langzaam proces dat onder meer afhangt van de duur en de mate van de historische overschrijding.*

Score 2: matig gevoelig

Overschrijding van de kritisch last verzuring in het verleden.

Potentiële score 2: matig gevoelig

De verzuring kan niet opgelost worden door bufferend grondwater te laten instromen. Het toedienen van basen is een optie in toekomst maar moet nader onderzocht worden.

- **Verontreiniging via grond- of oppervlaktewater**

*Vervuild oppervlakte- en/of grondwater kan het gebied binnenstromen en neerslaan in de bodem om dan later langzaam te worden vrijgesteld. Dit wordt gezien als één van de belangrijkste knelpunten voor hydrologisch herstel. Eerst moet ingezet worden op kwaliteitsverbetering voor aan peilherstel kan gedacht worden. De samenstelling van het grond-/oppervlaktewater dient vergeleken te worden met drempelwaarden van de natuurstreefbeeld. De inschatting van toekomstige vermessing en verontreiniging via grondwater vereist een zeer grondige kennis van grondwaterstromingen en -fluxen. Vaak ontbreken dergelijke gegevens, waardoor deze erg relevante druk moeilijk in te schatten is. Op basis van reliëf, bodem en intensiteit van het landgebruik in (vermoedelijke) inzigggebieden kan wel een 'geïnformeerde gok' gemaakt worden over de aanwezigheid van een nitraatpluim in het grondwater. Wanneer kennis over de oppervlaktewaterkwaliteit ontbreekt kan een beeld verkregen worden van de kwaliteit door rekening te houden met de aanwezigheid van stroomopwaartse overstorten, akkerbouw en andere lozingspunten.*

Score 1: veerkrachtig

De Centrale heide oost staat wat betreft waterkwaliteit op zichzelf.

Potentiële score 1: veerkrachtig

////////////////////////////////////

- **Verdroging**

*Ga voor de inschatting van de potentiële score ervan uit dat lokale drainage gemakkelijker te remediëren valt dan verdroging door structurele ingrepen en grootschalige grondwaterwinningen.*

- *Potentiële score 1: geen drainage, deze situatie bestaat wellicht slechts zeer lokaal in Vlaanderen*
- *Potentiële score 2: door dempen of verondiepen van lokale grachten kan verdroging van natte habitats substantieel geremedieerd worden. In een hele reeks gebieden kan de verdroging op deze manier verder aangepakt worden. Hiervoor zijn ecohydrologische studies nodig.*
- *Potentiële score 3: Structurele ingrepen, waarbij het hydrologisch systeem fundamenteel gewijzigd is en/of grootschalige grondwaterwinningen zijn de hoofdoorzaak van de verdroging. Herstelmaatregelen zijn slechts mogelijk wanneer erg grootschalig ingegrepen wordt; veelal is dat maatschappelijk een moeilijk en tijdrovend proces, maar niet onmogelijk.*

*Kennis van het ecohydrologische systeem van die natuurgebieden noodzakelijk. Voor een groot deel van de natuurgebieden in Vlaanderen is dat ecohydrologische functioneren van het plaatselijke ecosysteem grotendeels bekend. De juiste ligging van het infiltratiegebied van waterafhankelijke natuurgebieden in Vlaanderen is van belang om gericht op zoek te kunnen gaan naar de limieten van grondwateronttrekking en bronnen van vervuiling (incl. eutrofiëring).*

Score 3: gevoelig

Potentiële score 2: matig gevoelig

Het Grenspark stelt zich tot doel om de hydrologie te optimaliseren in functie van de natuurwaarden via convenanten met winningsmaatschappijen, maar ook via lokale maatregelen.

- **Bodemverdichting**

*Niet opgenomen; impact op de typische structuren en processen van het heidelandschap niet ernstig of wijdverspreid is.*

- **Biotische druk: invasieve soorten**

*Invasieve exoten die functies en structuren van het heidelandschap beïnvloeden. Grijs kronkelsteeltje verdringt andere (mos)soorten en fixeert open zand o.a. van belang voor de typische ongewerveldenfauna van stuifduin. Opslag van Amerikaanse vogelkers.*

Score 3: gevoelig

Grijs kronkelsteeltje heeft aanzienlijke oppervlaktes pionierhabitat gekoloniseerd.

Potentiële score 3: gevoelig

In niet verzuurde bodems gedraagt grijs kronkelsteeltje zich minder tot beperkt invasief.

- **Biotische druk: ziektes**

//

*Niet opgenomen; impact op de typische structuren en processen van het heidelandschap niet ernstig of wijdverspreid is.*

- **Biotische druk: plagen**

Heidehaan

Score 1: veerkrachtig

De laatste jaren geen plagen meer.

Potentiële score 1: veerkrachtig

#### **6.1.4.2 Identificeren van de adaptatiestrategie**

De volgende veerkrachtkriteria kunnen realistisch gezien verbeterd worden:

- Versnippering gebiedsniveau: door opheffen van migratieknelpunten aan wegen
- Verdroging: door lokale drainage op te heffen en winningen verder af te bouwen

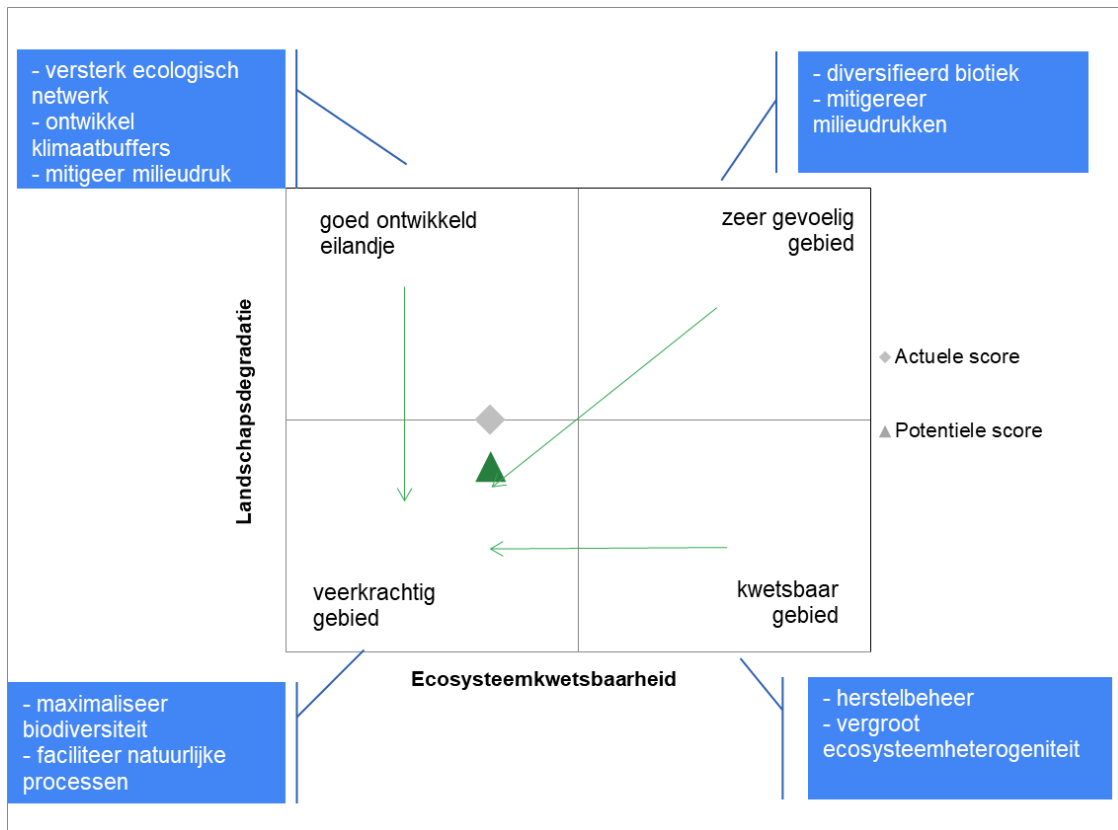
Volgende criteria moeten verbeterd worden om tot een veerkrachtig gebied te komen, maar liggen buiten de invloedssfeer van de beheerder en zelfs buiten de invloedssfeer van het natuurbeleid (de stikstofproblematiek).

- Buffercapaciteit zuurtegraad: te onderzoeken
- Invasieve soorten (grijs kronkelsteeltje wordt indirect bevoordeeld via vermesting en verzuring)
- Vermesting en verzuring: verbetering is niet in zicht en omvat acties op niveau van de regio

De Centrale heide oost is veerkrachtig voor klimaatverandering naar Vlaamse normen (zone 1). Hier ligt de focus op biodiversiteit maximaliseren en natuurlijke processen begeleiden en herstellen. De eenheid is inderdaad ingebed in een groot en aaneengesloten gebied en heeft een redelijk lage ecosysteemkwetsbaarheid (veel heterogeniteit, veel gradiënten). Echter, geen enkel gebied in Vlaanderen is vrij van milieuproblemen. In dit geval gaat het om de hoge depositie van stikstof en onttrekking van grondwater en drainage.

////////////////////////////////////





Figuur 13: situering van de Centrale heide oost in het kwadrantenschema volgens de actuele en potentiële veerkracht van de eenheid.

De Centrale heide oost brandde af in 2011 tijdens de grote voorjaarbrand. Nadien werd herstelbeheer opgestart. De gehoede kudde trekt nu al tien jaar door het gebied en kon zo pijpenstro terugdringen en structuurvariatie creëren. Aanvullend werd terugkerend gemaaid, gehopperd en geplagd, opslag teruggezet en een rafelige bosrand gecreëerd. Aan de hydrologie en de bodemzuurtegraad werd nog niet gesleuteld. De maatregelen om de negatieve effecten van klimaatverandering op te vangen, verschillen weinig van deze die in het reguliere heide- en venbeheer toegepast worden. Sommigen van de maatregelen worden op 'landschapsschaal' toegepast, andere zijn specifiek voor een habitat en de plek waar het zich bevindt. Variatie is de basis van goed heidebeheer en wordt in de praktijk gebracht in Centrale heide oost.

De natte heides, vennen en venen hangen voor hun watervoorziening grotendeels af van lokaal geïnfiltreerd of afstromend neerslagwater. Door klimaatverandering zullen dergelijke de natte systemen snel uitdrogen tijdens droge perioden en kampen met een vochttekort in het groeiseizoen. Vennen krimpen in en kampen met een slechtere waterkwaliteit waardoor aquatische en amfibische soorten achteruitgaan. Om vergrassing, verbossing en afbraak van organische bodem te voorkomen wordt best snel werk gemaakt van maatregelen om de lokale drainagestructuren op te heffen. Op landschapsschaal is het van belang dat de negatieve invloed van grondwateronttrekkingen verminderd wordt. Verplaatsing van winningen (Pidpa) en vermindering van vergunde pompdebieten, hebben hier al toe bijgedragen.

Het verminderen en stoppen van de lokale drainage gebeurt door het dichten of opstuwen van drainerende grachten. Grond- en oppervlaktewaterpeilen zullen hierdoor in de directe omgeving stijgen en een meer natuurlijke schommeling vertonen. Waar het noodzakelijk is

voor de instandhouding van zeldzame doelsoorten, vnl. van tijdelijk droogvallende, schaars begroeide venoevers, kunnen de gewenste venpeilen verkregen worden door met stuwten of vaste drempels te werken.

Er moet onderzocht worden wat de chemische toestand van de bodem, vegetatie en fauna is om zo de herstelkansen en -opties te bepalen van gedegradeerde heide. Welke cascade van maatregelen nodig is, wordt namelijk bepaald door de gecumuleerde stikstofdepositie en de ermee geassocieerde verzuring van de bodem, de vochttoestand en de mineralenconcentraties.

Er wordt best een lappendeken met op korte afstand zeer uiteenlopende vegetatietypes en -structuren nagestreefd. Dit lappendeken bestaat uit gemaaide, gehopperde en geplagde en indien mogelijk, gebrande vlekken. Best wordt de terugkeerperiode waarmee de heide verjongt wordt, afgestemd op lokaal voorkomende fauna en flora. Een combinatie van oude en jonge heide in een heel open tot gesloten verband en met verschillende verspreide struiken- en bomengroepjes is belangrijk: het heeft positieve effecten op zowel het microniveau (mieren, spinnen, loopkevers en sprinkhanen) als op het macroniveau (bv. de Nachtzwaluw). Een maximaal aanbod van randzones tussen habitats genereert een waaier aan gradiënten, uitwijk- en herkolonisatiemogelijkheden. Kleinschalig beheren wordt belangrijker in een veranderend klimaat omdat populaties bijkomende stress zullen ondervinden tijdens of na extreem weer en inkrimpen. Kleine beheerde plekken kunnen daarna weer snel ingenomen worden vanuit naburige habitats. Complementaire beheervormen kunnen zo naast elkaar ingezet worden op verschillende terreindelen en verhogen de variatie. Een beheermaatregel die een bijkomende meerwaarde kan betekenen en nu niet wordt toegepast is beheerbranden. Een beheerbrand levert veel open en ijl begroeide plekken op, die door de zwarte kleur ook nog eens snel opwarmen. Brandbeheer verjongt en brengt horizontale en verticale structuurvariatie in de heide, en blijkt bijzonder geschikt voor thermofiele invertebraten. Een belangrijk voordeel is ook dat de buffercapaciteit van de bodem niet verder daalt.

Zandverstuiving verbetert waarschijnlijk de ecosysteemkwetsbaarheid voor klimaatverandering en wordt best behouden en gestimuleerd door gericht vegetatie en boomopslag te verwijderen. Het doel is de versnelde successie terugdringen.



## 7 REFERENTIES

- Adriaens, T., Peymen, J., en Decler, K. (2007). Natuurverbindingsgebieden in Vlaanderen: achtergronden, afbakening en mogelijke inrichting. 32(0), 1–160.
- Adriaens, T., Valkenburg, J. van, Verloove, F., en Groom, Q. (2019). Trosbosbes , probleemsoort in wording? *Natuur.Focus*, 2, 75–76.
- Adriaens T., Cartuyvels E., Denys L., Devisscher S., Oldoni D., Packet J., Provoost S., Reyserhove L., Scheers K., Soors J., Vandevoorde B., Vandekerkhove K., Verreycken H., Van Landuyt W., Vught I. (2020). Invasieve uitheemse exoten. In: Schneiders A. et al. (red.). *Natuurrapport 2020: feiten en cijfers voor een nieuw biodiversiteitsbeleid*. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (2). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Aerts R. en Heil G.W. (1993) Chapter 8: Perspectives for heathland. In: Aerts R. en Heil G.W. (Eds.) *Heathlands. Patterns and processes in a changing environment*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 201-218.
- Arets, E. (2018). *Klimaatcijfers voor natuur Cijfers voor koolstofopslag en -vastlegging in Nederlandse natuur*. 19.
- Alonso, I., Hartley, S. E., en Thurlow, M. (2001). Competition between heather and grasses on Scottish moorlands: Interacting effects of nutrient enrichment and grazing regime. *Journal of Vegetation Science*, 12(2), 249–260.
- Backshall, J., Manley, J. en Rebane, M. editors. (2001). *The upland management handbook*. Peterborough: English Nature.
- Bakker T., Everts H., Jungerius P., Ketner R., Kooijman A., van Turnhout C. en Esselink H. (2003). *Preadvies Stufzanden*. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede/Wageningen.
- Batelaan, O. en De Smedt, F. (2007). GIS-based recharge estimation by coupling surface-subsurface water balances. *Journal of Hydrology* 337, 337, 337–355.
- Begon, M., Townsend, C. R., en John L. Harper. (2006). *Ecology. From Individuals tot Ecosystems*. Blackwell Publishing.
- Bennett, A. F., Haslem, A., Cheal, D. C., Clarke, M. F., Jones, R. N., Koehn, J. D., Lake, P. S., Lumsden, L. F., Lunt, I. D., MacKey, B. G., Mac Nally, R., Menkhorst, P. W., New, T. R., Newell, G. R., O’Hara, T., Quinn, G. P., Radford, J. Q., Robinson, D., Watson, J. E. M., en Yen, A. L. (2009). Ecological processes: A key element in strategies for nature conservation. *Ecological Management and Restoration*, 10(3), 192–199.
- Berendse, F. (1990a). Organic matter accumulation and nitrogen mineralization during secondary succession in heathland ecosystems. *Journal of Ecology*, 78, 413–427.
- Berendse, H. J. A. (2005). *Landschap in delen - Overzicht van de geofactoren*.



Berry, P.M., Dawson, T.P., Harrison, P.A. and Pearson, R.G. (2002) Modelling potential impacts of climate change on the bioclimatic envelope of species in Britain and Ireland. (In Climate Change and Conservation Special Issue). *Global Ecology and Biogeography* 11 (6): 453-462.

Besse-Lototskaya, A. A., Geertsema, W., Griffioen, A., van der Veen, M., en Verdonshot, P. F. M. (2010). *Natuurdoelen en klimaatverandering*. Alterra-rapport 2135. Alterra, onderdeel van Wageningen UR. Wageningen. 156.

Bobbink R., Bergsma H.L.T., den Ouden J. en Weijters M.J. (2017) Na het zuur geen zoek? Bodemverzuring in droog zandlandschap een blijvend probleem. *Landschap* 2017/2: 61-69.

Bot, A.P. (1996). Een oriëntatie op maatregelen tegen verdroging. NOV-rapport 14. STOWA-rapport 96-22.

Brys, R., Jacquemyn, H., De Blust, G. (2005). Fire increases aboveground biomass, seed production and recruitment success of *molinia caerulea* in dry heathland. *Acta oecologica : international journal of ecology*, 28(3): pp. 299-305.

Bruggink, M. (1993). Seedbank, germination, and establishment of ericaceous species in heathland. In Aerts, R. en Heil, G.W. (eds.). *Heathlands: Patterns and Processes in a changing environment*, p.153-180, Kluwer, Dordrecht.

Cornelis, J. (2012). Preventie en bestrijding van brand in bos- en natuurgebieden. *Bosrevue*.

Cristofoli, S., Mahy, G., Kekenbosch, R., en Lambeets, K. (2010). Spider communities as evaluation tools for wet heathland restoration. *Ecological Indicators*, 10(3), 773–780.

Dams, J., Salvadore, E., Van Daele, T., Ntegeka, V., Willems, P., en Batelaan, O. (2012). Spatio-temporal impact of climate change on the groundwater system. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(5), 1517–1531.

De Becker P. (2020). Ecohydrologische gebiedsbeschrijvingen voor natuurgebieden in Vlaanderen in het kader van PAS. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (12). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

De Blust, G. (2011). Heide en heidebeheer. In: Hermy M., de Blust G. en M. Sloopmaekers. (2001). *Natuurbeheer*. Davidsfonds/Leuven. Davidsfonds.

De Blust, G. (2018). Pas-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2100015 Kalmthoutse Heide. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (23). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

De Keersmaeker, L., Adriaens, D., Anselin, A., De Becker, P., Belpaire, C., De Blust, G., Decler, K., De Knijf, G., Demolder, H., Denys, L., Devos, K., Gyselings, R., Leyssen, A., Lommaert, L., Maes, D., Oosterlynck, P., Packet, J., Paelinckx, D., Provoost, S., ... Hoffmann, M. (2018). *Herstelstrategieën tegen de effecten van atmosferische depositie van stikstof op Natura2000 habitat in Vlaanderen*.

De Saeger, S., Oosterlynck, P., Guelinckx, R., en Paelinckx, D. (2016). *BWK en Habitatkartering, een praktische handleiding. Deel 1: methodologie: kaartregels, karteringseenheden en hoofdsleutel*. Versie 1, maart 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. 15.

De Saeger, S., De Blust, G., Oosterlynck, P., en Paelinckx, D. (2016). BWK en Habitatkartering, een praktische handleiding. Deel 2: De heidesleutel. Versie 1, maart 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderz.

De Saeger S. (2020). Biologische Waarderingskaart 2020 (in voorbereiding). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

De Schrijver A., Wuyts K., Schelfhout S., Staelens J., Verstraeten G. en Verheyen K. (2012). Verzuring van terrestrische ecosystemen Oorzaken, remedies en gevolgen voor biodiversiteit. In: Natuurpunt Focus, Focus op biogeochemie. 5-11.

Decoussemaeker J. 2017 Blog De Bliedemaker: Koksijde is wereldbekend voor de recyclage van ons drinkwater. <https://debliedemaker.wordpress.com/2017/05/06/koksijde-is-wereldbekend-voor-de-recyclage-van-ons-drinkwater/> (laatst geraadpleegd 25/06/2021)

Delsman, J., Veraart, J., Snellen, B., Oude Essink, G., 2018. Effectiviteit van waterinlaat. STOWA

Demey, A., De Frenne, P., en Verheyen, K. (2015). Klimaatadaptatie in natuur- en bosbeheer. 43.

Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A. G., Mittal, N., Feliu, E., en Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107–115.

Emmett, B. A., Beier, C., Estiarte, M., Tietema, A., Kristensen, H. L., Williams, D., Pen, J., Schmidt, I. en Sowerby, A. (2004). The Response of Soil Processes to Climate Change: Results from Manipulation Studies of Shrublands Across an Environmental Gradient. 625–637.

Ellison, D., Morris, C.E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutierrez, V., Noordwijk, M. van, Creed, I.F., Pokorny, J., Gaveau, D., Spracklen, D. V., Tobella, A.B., Ilstedt, U., Teuling, A.J., Gebrehiwot, S.G., Sands, D.C., Muys, B., Verbist, B., Springgay, E., Sugandi, Y., Sullivan, C.A., 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Glob. Environ. Chang.* 43, 51–61.

Fagúndez, J. (2013). Heathlands confronting global change: Drivers of biodiversity loss from past to future scenarios. *Annals of Botany*, 111(2), 151–172.

Finke, P. A., en Langohr, R. (2005). Algemene bodemkunde en bodemkunde van België.

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., CaraR.Nelson, Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., en Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration.

Geertsema, W., en Griffioen, A. (n.d.). Natuurdoelen en klimaatverandering.

Gimingham, C. H. (1972). Ecology of heathlands. Chapman and Hall. London.

Graveland, J. (2004). Meer ruimte voor natuurlijke processen in het Schelde-estuarium. De Levende Natuur Jaargang 105, nummer 5.

Hampton, M. (2008). Management of Natura 2000 habitats. 4010 Northern Atlantic wet heaths with *Erica tetralix*. European Commission.

////////////////////////////////////



- McKenzie, D., Heinsch, F. A., en Heilman, W. E. (2011). Wildland Fire. US. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center.
- McGuinness, K. A. (1984). Equations and explanations in the study of Species–area curves. *Biological Reviews* 59.3: 423–440
- Morán-Ordóñez, A., Bugter, R., Suárez-Seoane, S., de Luis, E., en Calvo, L. (2013). Temporal Changes in Socio-Ecological Systems and Their Impact on Ecosystem Services at Different Governance Scales: A Case Study of Heathlands. *Ecosystems*, 16(5), 765–782.
- Natural England, en RSPB. (2014). Climate Change Adaptation Manual.
- Nijssen, M. E. en Vogels. J.J. (2014). Heidelschap in ontwikkeling. OBN Deskundigenteam Droog zandlandschap. KNNV Publishing, Zeist.
- Nijssen, M., Bouwman, J., van Kleef, H., en Noordijk, J. (2019). Kansen voor fauna in natuurbeheer. OBN Expertisegroep Fauna, KNNV Publishing, Zeist. OBN/VBNE, Driebergen.
- Noordijk, J., Colijn, E., Smit, J., Veling, K., en Wallis de Vries, M. (2013). Begrazingsintensiteit en insectenrijkdom in heideterreinen. *De Levende Natuur*, 5.
- Noordijk, J., Kleukers, R. M. J. C., Nieukerken, E. J. van, en Loon, A. J. van. (2010). De Nederlandse biodiversiteit. - Nederlandse Fauna 10, Nederlands Centrum voor Biodiversiteit Naturalis en European Invertebrate Survey - Nederland, Leiden.
- Odé B., Groen K., en De Blust G. 2001. Het Nederlandse en Vlaamse heidelschap. *De Levende Natuur* 102: 145-149.
- Oosterlynck P., De Saeger S., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B., Wouters J. en Paelinckx D. (2020). Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen in Vlaanderen. (INBO.R.2020.27). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Olmeda C., Šefferoová V., Underwood E., Millan L., Gil T. and Naumann S. (compilers). EU Action plan to maintain and restore to favourable conservation status the habitat type 4030 European dry heaths. European Commission Technical Report XXXX-2019.
- Paelinckx D. en Herr C. (2019a). Analyse van de gerapporteerde drukken en bedreigingen voor de Natura 2000 habitattypen. (INBO.A.3832). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Paelinckx D., De Saeger S., Oosterlynck P., Vanden Borre J., Westra T., Denys L., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B. en Spanhove T. (2019b). Regionale staat van instandhouding voor de habitattypen van de Habitatrichtlijn. Rapportageperiode 2013 - 2018. (INBO.R.2019.13). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 637–669.
- Peñuelas J., Gordon C., Llorens L., et al. (2004). Nonintrusive field experiments show different plant responses to warming and drought among sites, seasons and species in a North–South European gradient. *Ecosystems* 7: 598–612.
- Peñuelas J., Prieto P., Beier C., et al. (2007). Response of plant species richness and primary productivity in shrublands along a north–south gradient in Europe to seven years of





Sowerby, A., Emmett, B., Beier, C., Tietema, A., Peñuelas, J., Estiarte, M., Van Meeteren, M. J. M., Hughes, S. en Freeman, C. (2005). Microbial community changes in heathland soil communities along a geographical gradient: Interaction with climate change manipulations. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(10), 1805–1813.

Stevens M. en Dumortier M. (2020). D2 Versnippering. In: Schneiders A. et al. (red.). *Natuurrapport 2020: feiten en cijfers voor een nieuw biodiversiteitsbeleid*. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (2). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

STOWA (1996). Een oriëntatie op maatregelen tegen verdroging. NOV-rapport 14. STOWA-rapport 96-22.

STOWA (1998). Hydrologische verkenning van maatregelen tegen verdroging. NOV-rapport 14-2. STOWA-rapport 96-22.

Suttle, K.B., M.A. Thomsen en M.E. Power. (2007). Species interactions reverse grassland responses to changing climate. *Science* 315: 640-642.

Tucker, G. (2003). Review of the impacts of heather and grassland burning in the uplands on soils, hydrology and biodiversity. English Nature Research Report No: 550, 148.

Turkelboom, F., Raquez, P., Dufrene, M., Raes, L., Simoens, I., Jacobs, S., Stevens, M., Vreese, R. De, Panis, J., Hermy, M., Thoonen, M., Liekens, I., Fontaine, C., Dendoncker, N., Biest, K. van der, Casaer, J., Heyrman, H., Meiresonne, L., en Keune, H. (2013). CICES going local: Ecosystem services classification adapted for a highly populated country. In S. Jacobs, N. Dendoncker, en H. Keune (Eds.), *Ecosystem Services* (pp. 223–247).

Van de Sandt, K., Klostermann, J.E.M. (WUR-Alterra) Minnen, van J., Pieterse, N., Bree, van L. (PBL). (2013). Framework for ex durante and ex post monitoring of adaptation policies and projects.

Van Der Aa, B., Vriens, L., Kerckvoorde, A. Van, De Becker, P., Roskams, P., De Bruyn, L., Denys, L., Mergéay, J., Raman, M., Van Den Bergh, E., Wouters, J., en Hoffmann, M. (2015). Effecten van klimaatverandering op bos en natuur.

Van der Veen M., Wiesenekker E., Nijhof B.S.J., Vos C.C. (2010). *Klimaat Respons Database*. Ontwikkeld binnen BSIK- programma Klimaat voor Ruimte, project Adaptatie EHS. Alterra – Wageningen UR.

Van der Linden M., Blokland K.A., Zonneveld L.M.L., van Ek R. & J. Runhaar (1996). Herstel van natte en vochtige ecosystemen. Basisrapport NOV - rapport 9.1.

Van Calster, H., en Van Landuyt, W. (2020). *Florabank: multi-species indices for vascular plants: Technical report*. (Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek; Nr. 47). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Diggelen, R. (2011). Effect van de heidebrand in mei 2011 op bodemchemische condities in de Kalmthoutse Heide.

Van Gossium P. (2020). D.3 Verontreiniging. In: Schneiders A. et al. (red.). *Natuurrapport 2020: feiten en cijfers voor een nieuw biodiversiteitsbeleid*. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (2). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

////////////////////////////////////





Witte, J.P.M., Runhaar J. en van Ek R. (2009). Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland, KWR rapport 2009.032.

Wösten, H., Groenendijk, P., 2021. Belang van bodemorganische stof voor het waterbeheer. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).

WWF. (2020). Living Planet Report Nederland.

<https://www.vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/maatregelen/overige-natuur>



## 8 BIJLAGE 1: SCORETABEL VEERKRACHT HEIDELANDSCHAP

Criteria voor ecosysteem-kwetsbaarheid	Toelichting bij criterium en inschatting van de potenties om het beter te doen	hulpbronnen	Score 1	Score 2	Score 3
<i>Omschrijving van kenmerken die de gevoeligheid van het ecosysteem voor klimaatverandering bepalen</i>	<i>Omschrijving van de impact op soorten, typische structuren of processen van het heidelandschap</i>	<i>De score kan op basis van expertinschatting (voorgaande studies of eigen observaties). De kaarten kunnen de score onderbouwen, maar moeten steeds voorzichtig geïnterpreteerd worden.</i>	<i>Veerkrachtig</i>	<i>Matig gevoelig</i>	<i>Gevoelig</i>
<b>Droogtegevoeligheid van de bodem</b>	Droogtegevoeligheid wordt grotendeels bepaald door textuur van de bodem (water in poriën) en de positie in het landschap (grondwaterstromingen). Dit is een kenmerk van de standplaats, niet van de vegetatie die er voorkomt.	Droogtegevoeligheidskaart van de bodem (klimaatportaal), vochttrap bodemkaart, expertoordeel	Weinig gevoelig	Matig gevoelig	Gevoelig en zeer gevoelig
<b>Buffercapaciteit zuurtegraad</b>	De aanwezigheid van bufferende stoffen in de bodem of in het grondwater bepaalt de weerstand tegen verzuring en de evoluties na natuurbeheer.	Bodemonderzoek, expertoordeel	Goed gebufferde systeem in natte en vochtige heide	Buffercapaciteit aangetast in droge heide, gebufferd grondwater in natte heide	Verzuurde bodems in droge heide pH < 4,5 en geen aanvoer van gebufferd grondwater
<b>Reliëf</b>	De aanwezigheid van reliëf zorgt voor ontsnappingsmogelijkheden bij droogte en overstromingen, voor koele en vochtige plekken in het landschap. Depressies, slenken en greppels zorgen voor schuilplaatsen in tijden van langdurige droogte. Variaties in waterdieptes zorgen voor verscheidenheid in watersystemen.	DTM (geopunt), expertoordeel	Terrein rijk aan microreliëf, door de aanwezigheid van steilranden, landduinen en uitgestoven depressies, insnijdingen van riviervalleien en bronhoofden. 50% van het terrein heeft een afwijkende hoogte.	Microreliëfrijk terrein, met depressies en laagten in natte terreinen of hogere koppen in droge terreinen, echter zonder markant grootschaliger reliëf. < 50% van het terrein heeft een afwijkende hoogte.	Nagenoeg vlak terrein door onder andere afgraving van de bouwvoor voor natuurherstel of pluggen
<b>Noordhellingen</b>	Schaduwrijke noordhellingen zijn de plaatsen waar temperatuur en vocht het sterkst gebufferd worden tijdens extreme hitteperiode. Die kunnen gebruikt worden als 'klimaatvluchtplaatsen' wanneer deze verbonden zijn met het beheerde terrein.	DTM en DSM (geopunt), expertoordeel	Schaduwrijke noordhellingen aanwezig in directe omgeving	Open noordhellingen aanwezig in directe omgeving	Geen noordhellingen aanwezig in directe omgeving
<b>Gradiënt in bodemvocht</b>	In reliëfrijke gebieden waarin plekken met jaarrond hoge waterstanden geleidelijk overgaan naar drogere terreindelen hebben levensgemeenschappen de mogelijkheid om op te schuiven in het landschap bij geleidelijke veranderingen. Op locaties waar het leefgebied van fauna meer verspreid over de vochtgradiënt kan voorkomen, mag worden verwacht dat voor sommige soorten de effecten van klimaatextremen minder groot zijn.	Habitatkaart, bodemkaart (geopunt), hydrologische data, expertoordeel	Hoger gelegen terreindelen gaan naadloos over in lagergelegen terreindelen waardoor de hele gradiënt van droge naar natte heidebiotopen potentieel aanwezig is.	Een deel van de vochtgradiënt wordt ingenomen door een ander landgebruik dan heide. Lagergelegen delen kunnen bijvoorbeeld omgezet zijn in voedselrijke vijvers of hogere delen opgeplant met fijnspar.	Vochtgradiënt nagenoeg afwezig
<b>Opslag van bomen, struiken en/of ruigere kruiden</b>	Opslag van bomen, struiken, ruigere kruiden en/of ongemaaide stukken, kleine clusters bomen en struiken zorgen voor voldoende schaduwrijke of vochtige plekken ('klimaatrefugia'). Bij het bepalen van de potentiële score moet de beheerder rekening houden met de combineerbaarheid van opslag met de doelvegetaties en -soorten. Het is vaak van belang als broedgelegenheid, zorgt voor beschutting, doet dienst als uitkijkpost of voor verdedigen van een territorium (bv. Groentjes). Verspreide boomopslag is sterk structuurbepalend en kan zorgen voor de nodige variatie in microklimaat (plekjes om te zonnen, beschutting tegen de wind, e.d.).	luchtfoto's, DSM, expertoordeel,	5-10% van de oppervlakte bedekt met spontane opslag van bomen, struiken en/of ruigere kruiden.	Opslag van bomen, struiken en/of ruigere kruiden beperkt aanwezig (1-5% van oppervlakte)	Nagenoeg geen structuurvariatie aanwezig of kroonsluiting van struik- en boomlaag > 50%



Criteria voor ecosysteem-kwetsbaarheid	Toelichting bij criterium en inschatting van de potenties om het beter te doen	hulpbronnen	Score 1	Score 2	Score 3
<b>Structuurvariatie habitatniveau</b>	Elke ontwikkelingsfase van struikheide verschilt qua bedekking, productie en bloei, maar ook qua microklimaat en soortensamenstelling. Hoe meer fasen in een heide aanwezig zijn, hoe structuurrijker, hoe soortenrijker en hoe robuuster de heidehabitat is. Eenvormige ouderdomsstructuur hangt meestal samen met een onaangepast beheer. Het ontbreken van een mos- en korstmoslaag wijst eveneens op een onvoldoende dynamiek of onaangepast beheer. De aanwezigheid van een gevarieerde microtopografie en verschillende successiestadia zorgt voor een variatie in microklimaten, wat van groot belang is voor bv. ongewervelden en reptielen. Sommige soorten hangen af van welbepaalde successiestadia, of hebben juist de combinatie van verschillende stadia nodig voor hun overleving en voortplanting. De aanwezigheid van kale bodem en vegetatiearme plekken is van groot belang omwille van het bijzondere microklimaat dat ze bieden (snelle opwarming). Heel wat invertebraten (libellen, dagvlinders, loopkevers...) maar ook reptielen gaan regelmatig zonnen op kale plekken in de vegetatie. Ook voor het kiemen van heel wat typische planten (bv. snavelbies, klokjesgentiaan) is de aanwezigheid van een kale bodem nodig.	expertoordeel	Droge heide: mozaïek van struikheide (in de verschillende fasen van ontwikkeling), met daartussen andere dwergstruiken en meer open gras- en kruidenrijke vlekken, her en der staan groepjes bomen of struiken in de heide EN Landduinen: Idem als droge heide, maar naakte bodem, korstmossen en mossen bedekken > 50% EN Natte heide: mozaïek van open pioniervegetatie en gesloten dopheidebegroeiing met daartussen kruiden van natte heide (veenbies, klokjesgentiaan, gevlekte orchis, zonnedaawsoorten...) en karakteristieke veen- en levermossen. Grassen domineren nergens.	Droge heide: Eenvormige en gelijkjarige heide met absolute dominantie van struikheide, gras- en kruidenrijke plekken zijn beperkt OF Landduinen: Idem als droge heide, maar naakte bodem, korstmossen en mossen bedekken > 10% OF Natte heide: eenvormige en dichte gewone dopheidebegroeiing zonder veenmossen of andere kruiden van natte heide.	Dominantie van pijpenstro, bochtige smele, adelaarsvaren of bramen OF Kroonsluiting van struik- en boomlaag > 50% OF Landduinen: Naakte bodem, korstmossen en mossen < 10%, dichtgegroeid met grijs kronkelsteeltje
<b>Afwisseling tussen biotoopgroepen</b>	Wanneer in een gebied verschillende biotopen (heidevelden, wilgenstruweel, voedselrijke graslanden, bos) naast elkaar voorkomen spreken we over mozaïeken. Dieren hebben veelal een afwisseling van verschillende biotooptypes of mozaïek nodig om te foerageren, schuilen, zich voort te planten en te verplaatsen. Daarnaast verhogen geleidelijke overgangen tussen open bodem, grazige vegetatie, struweel en bomen zoals mantels en zomen; de veerkracht tegen klimaatverandering. In goed ontwikkelde zoomvegetaties kunnen dieren opschuiven om hun lichaamstemperatuur te reguleren. Daarnaast komen er abiotische condities voor die in de afzonderlijke biotopen ontbreken.	luchtfoto's, BWK (geopunt)	In het gebied zijn open wateren en moerassen, bossen en graslanden aanwezig	In het gebied is één van de andere landschapstypes aanwezig: open wateren en moerassen, bossen of graslanden aanwezig	Een ander landschapstype is niet aanwezig in het gebied.
<b>Soortendiversiteit</b>	Soortendiversiteit bevordert de stabiliteit van ecosystemen. De aanwezigheid van voldoende plantensoorten uit de LSVI-tabellen duidt op goede standplaatscondities. Voor de relevante soorten van het heidelandschap verwijzen we naar Oosterlyck et al. 2020 en overzicht in bijlage. Een voldoende aanwezigheid van soorten uit de multisoortenreeks duidt op een het samen aanwezig zijn van een hele reeks aan habitatkenmerken die een brede waaier aan typische heidesoorten ondersteunen	Bestaande databanken (waarnemingen.be, florabank) bevatten gegevens op grotere schaal. Betrouwbare gegevens op perceelsniveau ontbreken meestal.	LSVI beoordeling soortendiversiteit EN multisoortenindicator gunstig	LSVI beoordeling soortendiversiteit OF multisoortenindicator gunstig	LSVI beoordeling soortendiversiteit EN multisoortenindicator ongunstig
<b>Risico op spontane voorjaarsbrand</b>	Heidevegetaties zijn gevoelig voor brand. De brandgevaarlijke periode wordt steeds langer onder invloed van klimaatverandering. Deze start momenteel begin februari en duurt tot ergens halverwege mei. Wanneer grassen heidebiotopen domineren zijn deze veel gevoeliger voor ongecontroleerde branden. Deze situatie moet vermeden worden.	brandwaarschuwingsindex en hoeveelheid brandbaar plantenmateriaal (vnl. strooisel van pijpenstrootje)	weinig tot geen vergrassing met pijpenstro in het gebied en preventiemaatregelen (zoals compartimentering, sensibilisering, toegankelijkheid brandweer ...) genomen	Delen vergrast met pijpenstro maar preventiemaatregelen (zoals compartimentering, sensibilisering, toegankelijkheid brandweer ...) genomen	Grote delen vergrast met pijpenstro en geen preventiemaatregelen genomen



Y-as: Criteria voor landschapsdegradatie	Toelichting bij criterium en inschatting van de potenties om het beter te doen	Hulpmiddel	Score 1	Score 2	Score 3
<i>Omschrijving van de impact op heidesoorten, typische structuren of processen van het heidelandschap</i>	<i>Omschrijving van de impact op soorten, typische structuren of processen van het heidelandschap</i>	<i>De score kan op basis van expertinschatting (voorgaande studies of eigen observaties). De kaarten kunnen de score onderbouwen, maar moeten steeds voorzichtig geïnterpreteerd worden.</i>	<i>De druk heeft weinig impact</i>	<i>De druk heeft matig impact</i>	<i>De druk heeft veel impact en verhindert dat soorten of typische structuren blijven bestaan en/of dat typische processen doorgaan</i>
<b>Versnippering landschapsniveau</b>	De ruimtelijke samenhang van gebieden wordt bepaald door het tussenliggend landschap. Dit kan beoordeeld worden door te kijken naar het werkelijke landgebruik rondom het gebied met (half)natuurlijke biotopen. Wanneer de uitwisseling tussen geïsoleerde populaties verhoogt, vermindert de kans op uitsterven en kunnen nieuwe leefgebieden bereikt worden. Maatregelen om de landschappelijke samenhang te verbeteren en isolatie te verminderen zijn meestal gekoppeld zijn aan specifieke soorten(groepen). Over het algemeen is de effectiviteit van deze maatregel minder dan bij vergroting van de functionele oppervlakte.	De biologische waarde uit de BWK, kaarten van VEN, gewestplan (geopunt.be) en satellietbeelden (app My Maps van Google) kunnen eveneens gebruikt worden om de samenhang op landschapsschaal in te schatten.	Het gebied is functioneel en ecologisch verbonden met een groot (>1000 ha) gebied in natuurbeheer, via een grootschalige corridor met verwante biotopen, bij voorkeur met noord-zuid oriëntatie.	Het gebied is ruimtelijk verbonden met een ander gebied in natuurbeheer via een zone met matig-intensief landgebruik: bosaanplanten, weiden met kleine landschapselementen, ...	Het gebied is bijna volledig omgeven door intensief landgebruik: bebouwd gebied of intensieve landbouw, ...
<b>Versnippering gebiedsniveau</b>	Er zijn enkele drempelwaarden beschikbaar voor de minimale oppervlakte van een groep verwante biotopen om een basisset aan typische soorten te herbergen. Biotooptypes zijn verwant wanneer ze voldoen aan de habitatvereisten voor eenzelfde set van typische soorten of hun hulpbronnen (rusten, foerageren en voortplanten) voldoende herbergen. De functionele habitatcluster voor natte heide (habitattypen 3110, 3130, 3160, 4010, 4030, 7140, 7150, rbbso) moet groter zijn dan 75 ha. De functionele habitatcluster voor droge heide (habitattypen 2310, 2330, 4030, 5130, rbbsg) moet groter zijn dan 50 ha. Deze waarden staan echter zeer regelmatig ter discussie. Om pragmatische redenen gebruiken we deze drempelwaarden hier toch. Echter, wanneer populaties van ruimtebehoevende soorten tot doel gesteld worden, zijn de oppervlaktecriteria en randvoorwaarden van de doelsoorten doorslaggevend.	BWK en habitatkaart (geopunt.be)	De habitatclusteroppervlakte natte heide > 75 en droge heide > 50 ha, tenzij relevante doelsoorten een grotere oppervlakte vereisen.	De habitatclusteroppervlakte natte heide > 75 en droge heide > 50 ha	De habitatclusteroppervlakte natte heide < 75 en droge heide < 50 ha
<b>Vermesting via lucht</b>	Bekijk op kaart in welke mate de kritische last voor vermisting (kg N/(ha.j)) wordt overschreden. Dit is de maximaal toelaatbare depositie per eenheid van oppervlakte voor elk type heidehabitat zonder dat er schadelijke effecten optreden. De langdurige historische overschrijding heeft gezorgd voor ophopen van stikstof in het systeem. Daling van de druk op ecosystemen in Vlaanderen leidt niet direct tot een evenredig herstel van de bodem en de biodiversiteit. Dit herstel is een zeer langzaam proces dat onder meer afhangt van de duur en de mate van de historische overschrijding.	Kaart overschrijding van de kritische last vermisting ( <a href="https://www.vmm.be/data/verzuring-en-vermesting">https://www.vmm.be/data/verzuring-en-vermesting</a> ) Toekomstige stikstofdepositie is moeilijk in te schatten. Prognoses en beleid geven geen verbetering aan momenteel.	Geen overschrijding van de kritische last vermisting in het verleden en heden	Langdurige overschrijding van de kritische last vermisting in het verleden	Overschrijding van de kritisch last vermisting
<b>Verzuring via lucht</b>	Bekijk op kaart in welke mate de kritische last voor verzuring (Zeq./(ha.j)) wordt overschreden. Dit is de maximaal toelaatbare depositie per eenheid van oppervlakte voor elk habitatype zonder dat er schadelijke effecten optreden. De langdurige historische overschrijding heeft gezorgd voor een aantasting van de zuurbufferende capaciteiten van de bodem. Daling van de druk op ecosystemen in Vlaanderen leidt niet direct tot een evenredig herstel van de bodem en de biodiversiteit. Dit herstel is een zeer langzaam proces dat onder meer afhangt van de duur en de mate van de historische overschrijding.	Kaart overschrijding van de kritische last verzuring	Geen overschrijding van de kritische last vermisting in het verleden en heden	Langdurige overschrijding van de kritische last verzuring in het verleden	Overschrijding van de kritisch last verzuring



Y-as: Criteria voor landschapsdegradatie	Toelichting bij criterium en inschatting van de potenties om het beter te doen	Hulpmiddel	Score 1	Score 2	Score 3
<b>Verontreiniging via grond- of oppervlaktewater</b>	Vervuld oppervlakte- en/of grondwater kan het gebied binnenstromen en neerslaan in de bodem om dan later langzaam te worden vrijgesteld. Dit wordt gezien als één van de belangrijkste knelpunten voor hydrologisch herstel. Eerst moet ingezet worden op kwaliteitsverbetering voor aan peilherstel kan gedacht worden. De samenstelling van het grond-/oppervlaktewater dient vergeleken te worden met drempelwaarden van de natuurstreefbeelden. De inschatting van toekomstige vermessing en verontreiniging via grondwater vereist een zeer grondige kennis van grondwaterstromingen en -fluxen. Vaak ontbreken dergelijke gegevens, waardoor deze erg relevante druk moeilijk in te schatten is. Op basis van reliëf, bodem en intensiteit van het landgebruik in (vermoedelijke) inzigggebieden kan wel een 'geinformeerde gok' gemaakt worden over de aanwezigheid van een nitraatpluim in het grondwater. Wanneer kennis over de oppervlaktewaterkwaliteit ontbreekt kan een beeld verkregen worden van de kwaliteit door rekening te houden met de aanwezigheid van stroomopwaartse overstorten, akkerbouw en andere lozingspunten.	WATINA databank ( <a href="https://watina-import.inbo.be">https://watina-import.inbo.be</a> ), actuele en toekomstige overstromingskaarten en waterkwaliteit ( <a href="http://waterinfo.be">waterinfo.be</a> )	Geen overschrijding van de drempelwaarden voor nutriënten, zware metalen of andere verontreinigende stoffen	Historische overschrijding van de drempelwaarden voor nutriënten, zware metalen of andere verontreinigende stoffen	Overschrijding van de drempelwaarden voor nutriënten, zware metalen, andere verontreinigende stoffen
<b>Verdroging (enkel score indien natte heide aanwezig is)</b>	Enkel score indien natte heide aanwezig is. Ga voor de inschatting van de potentiële score ervan uit dat lokale drainage gemakkelijker te remediëren valt dan verdroging door structurele ingrepen en grootschalige grondwaterwinningen. - Potentiële score 1: geen drainage, deze situatie bestaat wellicht slechts zeer lokaal in Vlaanderen - Potentiële score 2: door dempen of verondiepen van lokale grachten kan verdroging van natte habitats substantieel geremedieerd worden. In een hele reeks gebieden kan de verdroging op deze manier verder aangepakt worden. Hiervoor zijn ecohydrologische studies nodig. - Potentiële score 3: Structurele ingrepen, waarbij het hydrologisch systeem fundamenteel gewijzigd is en/of grootschalige grondwaterwinningen zijn de hoofdoorzaak van de verdroging. Herstelmaatregelen zijn slechts mogelijk wanneer erg grootschalig ingegrepen wordt; veelal is dat maatschappelijk een moeilijk en tijdrovend proces, maar niet onmogelijk. Kennis van het ecohydrologische systeem van die natuurgebieden noodzakelijk. Voor een groot deel van de natuurgebieden in Vlaanderen is dat ecohydrologische functioneren van het plaatselijke ecosysteem grotendeels bekend. De juiste ligging van het infiltratiegebied van waterafhankelijke natuurgebieden in Vlaanderen is van belang om gericht op zoek te kunnen gaan naar de limieten van grondwateronttrekking en bronnen van vervuiling (incl. eutrofiëring)	Hydrologische data (WATINA databank) en studies (o.a. De Becker 2020), grondwaterwinningen (DOV portaal), DTM (drainagegrachten)  Voor de potentie kan een inschatting gemaakt worden van de mogelijkheden op lokale schaal (demping van drainagegrachten, mogelijkheden van irrigatie) en op landschapsschaal (verhogen van grondwaterinfiltratie, waterbuffering in stroomopwaartse valleien)	Geen of zeer beperkte antropogene verdroging; grondwaterwinningen afwezig in relevante omgeving, geen drainagestructuur, watertoevoer in infiltratiegebieden vrijwel intact	De watertafel staat aan het einde van de zomer of na langdurige droogte te laag voor natte heide	De watertafel staat jaarrond te laag voor het behoud van natte heide
<b>Verstoring</b>	De inschatting van de mate waarin het recreatief gebruik een impact heeft op de functies en structuren van het heidelandschap berust puur op expertinschatting. Hou rekening met de aanwezigheid van verstoringsoorten zoals grondbroedende vogels en zoogdieren.	Expertoordeel	Recreatieve verstoring heeft geen invloed op de functies en structuren van het heidelandschap	Matige recreatieve verstoring, functies en structuren van het heidelandschap kunnen zich handhaven of herstellen	Functies en structuren (inclusief bepaalde soorten) verdwijnen door recreatief gebruik
<b>Bodemverdichting</b>	Niet opgenomen; impact op de typische structuren en processen van het heidelandschap niet ernstig of wijd verspreid is.				
<b>Biotische druk: invasieve soorten</b>	Invasieve exoten die functies en structuren van het heidelandschap beïnvloeden. Grijs kronkelsteeltje verdringt andere (mos)soorten en fixeert open zand o.a. van belang voor de typische ongewerveldenfauna van stuifduin. Opslag van Amerikaanse vogelkers.	Expertoordeel, verspreidingsdata invasieve exoten ( <a href="http://waarnemingen.be">waarnemingen.be</a> , <a href="http://florabank.be">florabank</a> ), LSVI-gegevens, beheermonitoringsgegevens	Grijs kronkelsteeltje, opslag van Amerikaanse vogelkers is afwezig. Trosbes komt niet voor in natte heidehabitats	Grijs kronkelsteeltje bedekt < 10% van de open bodem. Opslag van Amerikaanse vogelkers bedekt < 5%. In natte heidehabitats bedekt trosbes < 25% van de oppervlakte	Grijs kronkelsteeltje bedekt > 10% van de open bodem. Opslag Amerikaanse vogelkers bedekt > 5%. In natte heidehabitats bedekt trosbes > 25% van de oppervlakte
<b>Biotische druk: ziektes</b>	Niet opgenomen; impact op de typische structuren en processen van het heidelandschap niet ernstig of wijd verspreid is.				
<b>Biotische druk: plagen</b>	Een verminderde weerbaarheid voor vraatschade door heidehaantje werd vastgesteld bij struikheide, wellicht door een tekort aan fenolen die de plant verdedigen tegen zulke aanvallen bij droogte.	Expertoordeel	Heidehaantje zorgt nauwelijks voor afsterven van struikheide	Heidehaantje domineert periodiek maar struikheide heeft voldoende tijd om zich te herstellen	Heidehaantje is permanent aanwezig en verhindert herstel van struikheidevegetatie



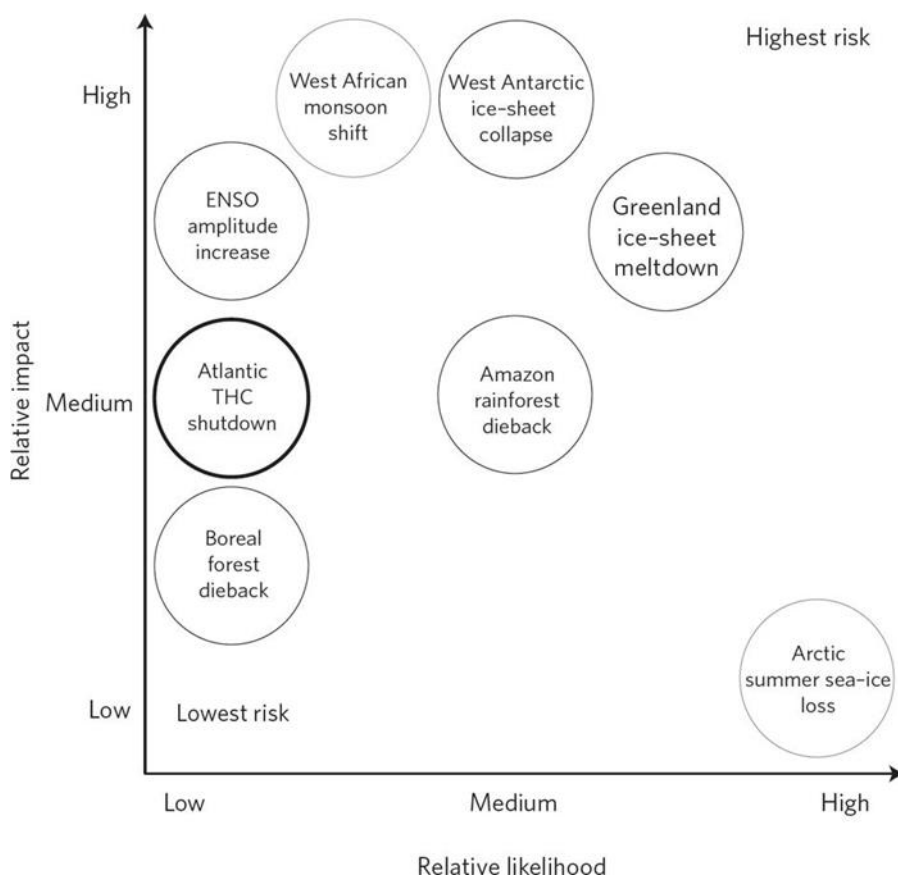


## 9 BIJLAGE 2: POLITIEK MONDIAAL RELEVANTE OMSLAGELEMENTEN

Sarah Vicca, EOS 21 mei 2015 (EOS 2015)

Het point of no return voor de West-Antarctische ijskap (WAIS) is bereikt. Twee recente studies (Joughin et al, 2014, en Rignot et al, 2014) tonen aan dat o.a. de gletsjers Thwaites en Pine Island op WAIS steeds sneller afsmelten en dat dit afsmelten onstopbaar geworden is. Het is meer dan waarschijnlijk dat de rest van WAIS ook volgt. Het gevolg: 1 m zeespiegelstijging bij afsmelten van het deel aan de Amundsenzee (ter hoogte van Thwaites en Pine Island), 3 tot 5 m zeespiegelstijging wanneer ook de rest van WAIS in de oceaan belandt. We hebben nog 'geluk' dat deze stijging toch minstens 200 jaar zal duren volgens de modeleerstudie van Joughin et al 2014).

Deze bevindingen maken dat WAIS de eerste van zogenaamde politiek-relevante omslagelementen is dat zijn omslagpunt bereikt heeft. Deze omslagelementen zijn elementen binnen het Aardse systeem die aanzienlijk risico lopen om voorbij een omslagpunt geduwd te worden waarna (vaak onomkeerbare) veranderingen met grote impact op grote delen van de wereldbevolking onafwendbaar zijn. Dat laatste maakt ze politiek relevant. Zoals aangegeven in Bijlagefiguur 1 werd WAIS al eerder beschouwd als een belangrijk omslagelement, al was het niet het element dat verwacht werd eerst zijn omslagpunt te bereiken. Dit komt vooral omdat het zo moeilijk in te schatten is waar het omslagpunt precies ligt, en wanneer het bereikt zal worden.



Bijlagefiguur 1: Indicatie van de waarschijnlijkheid dat een omslagpunt bereikt voor politiek-relevante omslagelementen.

Tussen de politiek-relevante omslagelementen vinden we nog twee points of no return voor ijsmassa's: het zee-ijs op de Noordpool en de Groenlandse ijskap. Of we het omslagpunt voor deze ijsmassa's snel zullen bereiken, of misschien zelfs al bereikt hebben zonder het te beseffen, blijft een belangrijk punt van discussie onder wetenschappers.

De overige omslagelementen gaan, net als de vorige, gepaard met grote onzekerheden over waar het omslagpunt zich bevindt en over de volledige impact van het overschrijden van een omslagpunt. Bovendien kan een verandering in een van deze elementen andere omslagelementen beïnvloeden. Het afsmelten van de Groenlandse ijskap beïnvloedt bv. in belangrijke mate de thermohaliene circulatie (THC) in de Atlantische Oceaan. THC brengt warm water vanuit de Golf van Mexico naar onze contreien en zorgt er zo voor dat we genieten van een warmer klimaat dan de Canadezen die op dezelfde breedtegraad leven. De grote hoeveelheden zoet water die in de Atlantische Oceaan terechtkomen door het afsmelten van de ijskappen daar zorgen ervoor dat THC momenteel al vertraagt, en mogelijks later (maar waarschijnlijk niet meer deze eeuw) stilvalt. Dit zou niet enkel een invloed hebben op de temperatuur in Europa, maar bv. ook het zeeniveau in het Noord-Oosten van de VS en in Europa met een halve meter doen stijgen, en de moessonregens in Oost-Afrika en India afzwakken.

Veranderingen in El Niño, meer bepaald een toename in frequentie en in sterkte, behoren eveneens tot de verwachtingspatronen in een warmer klimaat. Een sterke El Niño brengt o.a. droogte voor India, West-Australië en voor het Amazonewoud mee. Het recentste IPCC rapport geeft immers aan dat klimaatverandering op zichzelf hoogst waarschijnlijk niet in staat

is om het Amazonewoud voorbij het omslagpunt te duwen waarbij het woud onherroepelijk ten dode opgeschreven is. Het omslagpunt in het Amazonewoud wordt in belangrijke mate bepaald door de combinatie van klimaatverandering (vnl. afsterven door droogte en bijhorende bosbranden) en ontbossing. Ontbossing brengt namelijk een sterke toename van het brandgevaar met zich mee. Het Amazonewoud is een belangrijke opslagplaats van koolstof; de vegetatie bevat er meer dan 100 gigaton koolstof (= 10x de huidige jaarlijkse CO<sub>2</sub> emissies door de mens) en de intacte delen van het woud nemen jaarlijks nog steeds meer koolstof op dan ze afgeven. Met andere woorden, wanneer het Amazonewoud verdwijnt, verandert deze buffer voor onze CO<sub>2</sub> emissies in een belangrijke bron van CO<sub>2</sub>, en wordt klimaatverandering verder versterkt.

Voorkomen dat we terechtkomen in een wereld met zelf-versterkende en elkaar-versterkende mechanismen die op hun beurt klimaatverandering vaak ook versterken (het afsmelten van de ijskappen bv. door een verminderd albedo (=toename van de absorptie van zonlicht), het verdwijnen van het Amazonewoud door een stijging van de broeikasgasconcentraties). Het lijkt een kwestie van gezond verstand om snelle en drastische acties te ondernemen en de weg naar een koolstofneutrale samenleving in te slaan.

Het verdwijnen van koraalriffen wordt ook als een tipping point beschouwd. Dit werd hierboven niet vermeld. Stijgende oceaantemperaturen en verzuring leiden tot grootschalige "koraalverbleking". Wetenschappers vrezen dat de koraalriffen als eerste ecosysteem ter wereld volledig zullen verdwijnen, waardoor veel kustlijnen hun bescherming tegen stormen en overstromingen zullen verliezen (EU 2010, weforum.org).

## Referenties

EU, 2010. De rol van natuur bij klimaatverandering.

<https://www.weforum.org/agenda/2019/12/climate-change-tipping-points-earth/>

Joughin et al., 2014. Under way for the Thwaites glacier Basin, West Antarctica. Science 344, 735-738.

Lenton et al., 2011. Early warning of climate tipping points. Nature Climate Change 1, 201-209.

Rignot et al., 2014. Widespread rapid grounding line retreat of Pine Island, Thwaites, Smith and Kohler glaciers, West Antarctica, from 1992 to 2011. Geophysical Research Letters 41, 3502-3509.

IPCC 2013. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

EOS 2015. <https://www.eoswetenschap.eu/natuur-milieu/het-kantelpunt-voorbij-de-grote-risicos-van-klimaatverandering>



## 10 BIJLAGE 3: TECHNISCHE FICHES

Voor enkele klimaatadaptieve maatregelen beschreven we in technische fiches. Deze omvatten technische informatie over hoe de maatregel uit te voeren en worden aangeboden via Ecopedia.

### 10.1 BEGRAZING IN DE HEIDE

<https://www.ecopedia.be/encyclopedie/begrazing-de-heide>

### 10.2 BEHEERBRANDEN

<https://www.ecopedia.be/encyclopedie/brandbeheer-de-heide>

