

REGE+

Bosregeneratie bij klimaat- en milieuveranderingen

Context

Bossen zijn essentieel voor de bewoonbaarheid van de aarde en spelen een cruciale rol bij het beperken van de klimaatverandering door de vastlegging van koolstof en het plaatselijke koeleffect. Ze dienen ook als hotspots voor biodiversiteit en leveren een breed scala aan ecosysteemdiensten. Om deze vele functies, waaronder klimaatdiensten, in stand te houden, moeten bossen voortdurend worden geregenereerd. De Europese en meer bepaald de Belgische bossen worden echter geconfronteerd met talrijke bedreigingen. Warme en droge zomers verzwakken bomen en zaailingen door waterstress, die op zijn beurt uitbraken van plagen en ziekteverwekkers veroorzaakt. Daarnaast kan het beheer van wildpopulaties - in het bijzonder hoefdieren zoals reeën en edelherten - de bosdynamiek aanzienlijk beïnvloeden. Hoge populaties van deze herbivoren kunnen de ontwikkeling van verjonging beïnvloeden door te snuffelen, waardoor bepaalde boomsoorten de voorkeur krijgen en uiteindelijk de samenstelling van het bos in de loop van de tijd verandert. In deze onzekere en snel veranderende omgeving moeten bosbeheerders zich richten op het verbeteren van de weerstand en veerkracht van bossen. Een mogelijke oplossing is de aanleg van gemengde opstanden van ongelijke leeftijd. Het mengen van boomsoorten met contrasterende functionele eigenschappen biedt een breed scala aan reacties op verschillende belastingen, waardoor het vermogen van een bos om te herstellen na verstoringen wordt verbeterd.

De diversificatie van bossen—zowel in leeftijd als in soortensamenstelling—is fundamenteel afhankelijk van regeneratie. Het is door regeneratie dat de boomsoortensamenstelling en de bosstructuur kunnen worden veranderd. Toch is regeneratie complex; het is het resultaat van een samenspel van factoren, waaronder boskenmerken, bosbouwpraktijken, natuurlijke verstoringen, druk van populaties hoefdieren en klimatologische omstandigheden. Het bevorderen van regeneratie is daarom essentieel - het is de hoeksteen van elke zinvolle inspanning voor bosdiversificatie.

Doelstellingen

Het doel van het REGE+ project was om een sterk geïntegreerd instrument te ontwikkelen dat het mogelijk maakt om verschillende bosregeneratiestrategieën te testen terwijl rekening wordt gehouden met de lokale klimaattevoelutatie en variërende niveaus van dichtheid van hoefdieren. Er werden simulatie-experimenten uitgevoerd voor meerdere klimaatscenario's en casestudies (5 representatieve breedbladige opstanden die de komende 40 jaar moeten regenereren) om verschillende regeneratie- en wildbeheerstrategieën te testen. Na overleg met belanghebbenden (particuliere en openbare bouseigenaren, beheerders en jagers) werden drie bosbouwroutes gekozen: Business As Usual (BAU), die bestaat uit het handhaven van een gelijkmatig opstand en deze te regenereren op basis van de shelterwood-methode, terwijl de interventies in de regeneratiecohorten beperkt worden; Oak Regeneration (OAK), hetzelfde als BAU maar dan de regeneratie van wintereik bevorderend door gerichte kaalkap; Diversification (DIV), gericht op het verbeteren van zowel de opstandsamenstelling als de structurele diversificatie door te vertrouwen op natuurlijke regeneratie en verrijkingsaanplantingen.

Methodologie

Om de simulaties uit te voeren, werd de oorspronkelijke versie van HETEROFOR uitgebreid met processen zoals hydraulisch falen, de invloed van hoefdieren, koolstofopslag in zowel de bodem als bosproducten, en om gebruikers te voorzien van een reeks modelresultaten, waaronder indicatoren voor houtproductie, winstgevendheid, biodiversiteit en koolstofbalans en -opslag. Daarnaast werd er een disaggregatieprocedure ontwikkeld om het model in staat te stellen dagelijkse meteorologische gegevens om te zetten in urengegevens.

Om deze nieuwe functies in het HETEROFOR-model te kalibreren en te valideren, hadden we specifieke veldgegevens nodig. Hoewel de meeste gegevens beschikbaar waren, verzamelden we aanvullende informatie over de groei van jonge boomstammen en staken, de invloed van snuffelen door hoefdieren en de effecten van verminderde regenval op de groei.

De dynamiek van de regeneratie werd in situ gevolgd in zowel loofbossen als naaldbossen. Schade door snuffelen door hoefdieren werd gevolgd in een uitgebreid netwerk van gekoppelde omheinde en niet omheinde plots. Daarnaast werd een neerslagbeperkingsexperiment uitgevoerd om de effecten van een verlaagd watergehalte in de bodem op de groei van zaailingen te beoordelen.

Voordat we de simulaties met HETEROFOR startten, hebben we de voorspellingen van het CMIP6-klimaatmodel gecorrigeerd en de te gebruiken bosbouwstrategieën en populatiedichtheden van hoefdieren gedefinieerd.

Resultaten

De klimaatveranderingsprojecties voor de 21e eeuw zijn afgeleid van verschillende algemene circulatiemodellen (GCM's) die worden gebruikt in het CMIP6-initiatief. Deze projecties zijn gebaseerd op de laatste door het IPCC goedgekeurde scenario's, bekend als de Shared Socioeconomic Pathways (SSP's), met name SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 en SSP5-8.5.

Om modelvertekeningen aan te pakken hebben we twee correctietechnieken toegepast: eenvoudige verscaling en ISIMIP3BA. De laatste, die gebruik maakt van parametrische kwantieltoekenning, corrigeerde de vertekeningen effectief over de hele verdeling.

Op basis van de vertekening gecorrigeerde klimaatprojecties zullen de bossen in Wallonië naar verwachting te maken krijgen met drogere omstandigheden en hogere temperaturen tijdens de zomermaanden. Deze trends worden meer uitgesproken in strengere klimaatscenario's. De gecombineerde impact van deze stressfactoren zal de kwetsbaarheid van de bossen waarschijnlijk verhogen, aangezien de projecties wijzen op een grotere overlapping tussen hittegolven en droogteperiodes, en op droogteperiodes die langer duren.

De evaluatie richtte zich op de capaciteit van elke bosbouwstrategie om ecosysteemdiensten in stand te houden en de veerkracht van de bossen te vergroten onder de dubbele druk van klimaatverandering en bladeren door hoefdieren. In afwezigheid van de druk van hoefdieren liet de DIV (gediversifieerde) strategie verschillende sterke punten zien, niet alleen in termen van biodiversiteit en veerkracht maar ook in productiviteit en winstgevendheid. DIV liet echter de zwakste prestaties zien op het gebied van koolstofopslag, terwijl de BAU (business-as-usual) strategie de hoogste waarden voor deze indicator opleverde. BAU registreerde ook de hoogste niveaus van windweerstand en scoorde het laagst in termen van boomaanwas en biodiversiteit. Daarentegen

onderscheidde de OAK-strategie zich van zowel DIV als BAU, met lagere windweerstand en winstgevendheid, en over het algemeen tussenliggende waarden voor de andere indicatoren.

Een andere belangrijke bevinding van het simulatie-experiment is de significante—en vaak overheersende—invloed van standplaatscondities op de beoordeelde indicatoren. Locatie-specifieke kenmerken, en in het bijzonder de initiële kenmerken van de opstand zoals soortensamenstelling, structurele complexiteit en dichtheid van de opstand, spelen een cruciale rol bij het vormgeven van de toekomstige dynamiek van de opstand, de levering van ecosysteemdiensten en de algehele veerkracht van het bos. Het feit dat de invloed van de initiële kenmerken van de opstand gedurende de simulatie aanhoudt - zelfs als deze in de loop van de tijd afneemt - benadrukt de sterke inertie van bosccosystemen. Bosbouw speelt een cruciale rol in het omvormen van bossen tot meer veerkrachtige ecosystemen, zodat ze beter bestand zijn tegen toekomstige veranderingen en verstoringen - hoewel deze transformaties tijd kosten. Bovendien variëren de meest effectieve bosbouwstrategieën van locatie tot locatie, wat het idee versterkt dat er geen pasklare oplossing bestaat.

Onze resultaten benadrukken de aanzienlijke en vaak onderschatte invloed van de druk van hoefdieren op de bosdynamiek. Bij hoge dichtheden verminderden hoefdieren consequent de productiviteit, veerkracht en economische duurzaamheid in alle klimaatpaden en beheersscenario's. Hun invloed was minstens even groot als die van klimaatverandering voor de meeste prestatie-indicatoren. Hun invloed was voor de meeste prestatie-indicatoren minstens even groot als die van klimaatverandering. Met name de OAK- en DIV-scenario's waren bijzonder kwetsbaar voor bladeren, met frequente regeneratiefouten onder intense druk. Het BAU-scenario bleef daarentegen grotendeels onaangetast, waarschijnlijk door de afhankelijkheid van soorten en structurele samenstellingen die minder smakelijk zijn voor hoefdieren. Deze resultaten suggereren dat in gebieden met een hoge dichtheid aan hoefdieren diversificatie-inspanningen ernstig in gevaar kunnen komen, omdat de druk van het jagen het regeneratiesucces belemmert en de beschermingskosten verhoogt. Effectief beheer van hoefdieren is daarom essentieel om de haalbaarheid en het succes van adaptieve bosbouwstrategieën te garanderen, met name die strategieën die gericht zijn op het vergroten van de diversiteit en veerkracht van bossen.

Het project kwantificeerde ook de economische impact van hoefdieren en hun invloed op de bosdynamiek. Door een grote steekproef van omheinde en niet-omheinde percelen te analyseren, toonden we aan dat de hoogtegroeï van zaailingen van de beuk en de fijnspar gemiddeld weinig beïnvloed wordt door het snuffelen door hoefdieren. Daarentegen werd de hoogtegroeï van de andere gemengde soorten (berk, lijsterbes, eik, haagbeuk, esdoorn) duidelijk negatief beïnvloed. Hun hoogtegroeï werd met 54 tot 83% gereduceerd. Aangezien de meeste van deze bijgemengde soorten verondersteld worden beter bestand te zijn tegen toekomstige klimaatomstandigheden dan beuken en sparren, wordt de druk van hoefdieren beschouwd als een reële bedreiging voor de aanpassing van bossen aan toekomstige klimaatomstandigheden. Bovendien kunnen edelherten, zodra de bomen groter zijn (20-40 cm in omtrek), schorsschade veroorzaken. Gemiddeld vermindert de schade door schorssteken de opbrengst met 19%, wat overeenkomt met een kostprijs van 2 647 €/ha (53€/ha/jaar). De resultaten gaven verdere aanwijzingen over de belangrijkste factoren

(vruchtbaarheid van de opstand, bosbouwkundige ingrepen, het percentage schorsvraat) die deze kosten plaatselijk beïnvloeden.

Conclusies

Door de kwetsbaarheid van bosccosystemen voor klimaatverandering te benadrukken en door de kosten en baten van verschillende aanpassingsstrategieën te kwantificeren, levert het project waardevol bewijsmateriaal voor toekomstige beleidsrichtingen.

Ons project anticipeert op de potentiële achteruitgang van loofbossen, met name beukenbossen, die in toenemende mate te lijden kunnen hebben van ernstige sterfte onder veranderende klimaatomstandigheden. Door middel van experimentele proeven en vergelijkende analyse hebben we de effectiviteit beoordeeld van verschillende preventieve bosbouwstrategieën die gericht zijn op het vergroten van de veerkracht van deze ecosystemen. Deze proactieve aanpak biedt een wetenschappelijke basis voor toekomstig bosbeleid dat gemodelleerd zou kunnen worden naar de scenario's die in dit onderzoek getest zijn.

Bovendien geven onze bevindingen duidelijk de ecologische en economische kosten aan die gepaard gaan met overvloedige populaties hoefdieren, met name door het strippen van schors en het beschadigen van de bladeren. Deze druk vormt niet alleen een bedreiging voor bosregeneratie, maar brengt ook het aanpassingsvermogen van bosccosystemen met betrekking tot klimaatverandering in gevaar. Deze inzichten zijn zeer relevant voor de regionale agenda voor bosbeheer.

Trefwoorden

Klimaatverandering, druk van hoefdieren, bosregeneratie, bosbeheer, diversificatie van boomsoorten, ecosysteemdiensten, veerkracht, bosmodellering, simulatie