

Modellering van dood hout in SMART2-SUMO2

Modellering van dood hout in SMART2-SUMO 2

**G.W.W. Wamelink
J.P. Mol-Dijkstra
H.F. van Dobben**

Alterra-rapport 853

Alterra, Wageningen, 2003

REFERAAT

Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra & H.F. van Dobben, 2003. *Modellering van dood hout in SMART2-SUMO2*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 853. 34 blz.; 8 fig.; 1 tab.; 15 ref.

De modellen SMART2-SUMO2 worden o.a. gebruikt voor doorrekeningen van de effecten van scenario's op de bodem en vegetatie. Een omissie in deze modellen was de simulatie van dood hout. In dit rapport wordt beschreven hoe deze leemte is opgevuld door het bijhouden van een dood hout pool en de mineralisatie van het dode hout. De simulatie van de stikstofkringloop in SMART2-SUMO2 is door de toevoeging vollediger geworden. Als voorbeeld worden enkele simulaties voor twee beheerscenario's voor een aantal bostypen gegeven. Deze laten zien dat de gesimuleerde waarden redelijk tot goed overeenkomen met literatuurwaarden. Door de inbouw van de simulatie is een extra graadmeter aan het modelinstrumentarium toegevoegd en wordt het mogelijk om bijvoorbeeld de doelstellingen in het programma beheer m.b.t. dood hout te evalueren op hun haalbaarheid. De nieuwe module dient echter nog wel gevalideerd te worden.

Trefwoorden: dood hout, model, mineralisatie, scenario-analyse, bos

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 853. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

[JW]

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergronden van het onderzoek	9
1.2 SMART2-SUMO2	10
1.3 Scenario's	11
1.4 review	11
2 Materiaal en Methode	13
2.1 Modelaanpassing	13
2.1.1 SMART2	13
2.1.2 SUMO2	13
2.2 Testsite	14
3 Resultaten	17
4 Discussie	21
5 Conclusies	23
Literatuur	25
Bijlagen	
1 Parameterwaarden voor de berekening van de ouderdomsterfte van bomen voor SUMO.	27
2 Review rapport van reviewer 2.	28
3 Reactie auteurs op reviewer 2	33

Samenvatting

De modellen SMART2 en SUMO2 vormen een onderdeel van het modelraamwerk MRE van Alterra en van de Natuurplanner van het Natuurplanbureau. De modellen worden veelvuldig gebruikt voor de evaluatie van (economische en ecologische) scenario's. Een belangrijk onderdeel van de modellen vormt de simulatie van de stikstofkringloop in de bodem en de vegetatie. Tot nu toe werd daarbij de mineralisatie van dood hout en dus het vrij komen van stikstof uit dood hout genegeerd. De dode biomassa van hout bleef als het ware eeuwig in het bos liggen en de daarin aanwezige stikstof kwam nooit meer beschikbaar. Dood hout vormde zo een onbedoelde sink voor stikstof. In dit rapport wordt beschreven hoe dit is opgelost door de mineralisatie van dood hout in SMART2 in te bouwen. Omdat dood hout tegenwoordig een belangrijke factor is voor de biodiversiteit en de belevingswaarde van het bos, wordt in SUMO2 nu een dood hout pool bijgehouden. Deze geeft inzicht in hoeveel dood hout zich er van jaar tot jaar in het bos bevindt en maakt zichtbaar hoe sterfte en mineralisatie deze pool beïnvloeden. De testruns laten zien dat de hoeveelheid dood hout dat zich opbouwt bij extensief of geen bosbeheer verschilt per situatie en per bostype. De hoeveelheden dood hout die na 50 jaar worden gesimuleerd lijken hier en daar wat aan de hoge kant, hoewel zij nergens de maximale waarde die in de literatuur werd gevonden overschrijden. Een validatie van de mineralisatie van dood hout en de gesimuleerde hoeveelheid dood hout moet nog plaats vinden en is gepland voor 2004.

SUMO2 modelleert slechts één dood hout pool, welke naar onze mening een indicator kan zijn voor de natuurlijkheid en biodiversiteit in een bos. Echter voor een verscheidenheid aan mogelijkheden voor planten en dieren die afhankelijk zijn van dood hout is ook een verscheidenheid aan dood hout nodig, zoals staand dood hout en liggend dood hout van een bepaalde dikte. In SUMO2 wordt er impliciet vanuit gegaan dat er zowel staand als liggend dood hout aanwezig is.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden van het onderzoek

In het kader van het programma 381 wordt toegepast onderzoek gedaan naar de functievervulling van bos, natuur en landschap. De overheid heeft doelstellingen vastgelegd voor de ontwikkeling van de Nederlandse natuur in termen van biodiversiteit. Concreet betekent dit dat bepaalde natuurdoeltypen moeten worden gerealiseerd. Een belangrijke rol met betrekking tot het realiseren van meer biodiversiteit in de Nederlandse bossen is weggelegd voor dood hout. Dood hout biedt vele organismen de mogelijkheid tot het overleven in bos; insecten leggen er hun larven in, wat weer voedsel oplevert voor kleine rovers als vogels en veel mossen- en hogere plantensoorten (inclusief bomen) kunnen kiemen op liggend dood hout (zie fig. 1.). Dood hout kan worden opgedeeld in verschillende categorieën. De belangrijkste indeling is waarschijnlijk die in staand en liggend dood hout. Daarnaast kan ook onderscheid worden gemaakt in de dikte van de dode takken en stammen, welke mede de verteringssnelheid bepalen van het hout. Al deze categorieën zijn aantrekkelijk voor verschillende planten en dieren. Hierdoor is het belangrijk dat al deze categorieën vertegenwoordigd zijn.



Fig. 1. Dood hout met daarop mossen en kiemplanten van esdoorn in Neerijnen

Verder levert dood hout, zowel staand als liggend, een natuurlijker beeld op van het bos. De hoeveelheid dood hout in een bos kan daarom worden beschouwd als een graadmeter voor biodiversiteit. Omdat de aanwezigheid van meer dood hout als een van de belangrijkste voorwaarden kan worden beschouwd voor het realiseren van een hogere biodiversiteit in Nederlandse bossen is het van belang om de effecten van verschillende beheersscenario's te kunnen evalueren in termen van dood hout, voordat deze daadwerkelijk worden uitgevoerd. Hiervoor is een modelinstrumentarium bij uitstek geschikt.

De scenario-analyse in dit project is uitgevoerd met de modellenketen SMART2-SUMO2 (Kros et al. 1995, Kros 2002, Wamelink et al. 2000a, Wamelink et al. 2000b, Wamelink et al. 2001a, Wamelink et al. 2001b). Deze keten is daarvoor uitgebreid met de modellering van dood hout, waarbij een dood hout pool wordt bijgehouden, waar elk jaar afgestorven dood hout aan wordt toegevoegd, maar ook elk jaar een deel van het dode hout mineraliseert. Met deze uitbreiding van de modelketen is het effect van twee beheersscenario's, geen en extensief beheer, voor verschillende bostypen gemodelleerd. Door de toevoeging van de mineralisatie van dood hout is er tevens een knelpunt in de stikstofmodellering opgelost. In het verleden werd dood hout niet gemineraliseerd en verdween daarmee dus elk jaar een kleine hoeveelheid stikstof uit de stikstofcyclus.

Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de gebruikte modellen en de scenario's.

1.2 SMART2-SUMO2

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de modelketen SMART2-SUMO2. Het model SMART2 is een model dat bodemprocessen simuleert in het strooisel en de bovenste minerale laag van de bodem. Het model bevat een volledige nutriëntencyclus. Strooisel wordt afgebroken en via mineralisatie komen nutriënten (stikstof (N), kalium (K) en calcium en magnesium (BC2)) weer beschikbaar voor de vegetatie. De hoeveelheid strooisel die door de vegetatie geproduceerd wordt en de stikstofopname door de vegetatie worden gesimuleerd door SUMO2. De opname van K en BC2 wordt berekend met een vast gehalte in bladeren en stammen, op basis van de groei die door SUMO2 berekend wordt. De nutriëntencyclus in de vegetatie wordt gesimuleerd door het model SUMO2. Dit model simuleert op basis van o.a. de stikstofbeschikbaarheid (uit SMART2) en de lichtbeschikbaarheid de biomassaontwikkeling voor vijf functionele typen: grassen en kruiden, dwergstruiken, struiken, boomsoort 1, en boomsoort 2. De biomassa ontwikkeling kan worden beïnvloed door het gevoerde beheer, dat o.a. kan bestaan uit maaien, plaggen en bosbeheer met een variabele intensiteit. Het beheer zorgt ervoor dat er biomassa en daardoor nutriënten uit het systeem wordt weggenomen. SUMO2 is volledig geïntegreerd met SMART2, waarbij gegevens over stikstof en strooisel worden uitgewisseld met een tijdstap van een jaar. Zowel SMART2 als SUMO2 zijn dynamische procesmodellen, die uitspraken doen op puntniveau. Voor meer informatie over de modellen wordt verwezen naar Kros et al. (1995) en Kros 2002

voor SMART2 en Wamelink et al. (2000a), Wamelink et al. (2000b), Wamelink et al. (2001a), Wamelink et al. (2001b) voor SUMO2.

1.3 Scenario's

Om de uitbreiding van SMART2-SUMO2 te testen zijn twee scenario's voor bosbeheer geëvalueerd. De scenario's variëren in de beheerintensiteit; geen beheer en extensief beheer. Geen beheer houdt in dat er geen hout wordt geoogst uit het bos en dat er natuurlijke verjonging van het bos plaats vindt. Hierbij kan het bos in de loop van de tijd uit andere boomsoorten gaan bestaan. Er wordt geen dood hout verwijderd uit het bos. Extensief bosbeheer betekent dat elke 10 jaar 10% van het staande hout wordt geoogst. Ook hier vindt natuurlijke verjonging van het bos plaats en wordt er geen dood hout meer verwijderd. Spilhout wordt niet verwijderd en niet verhakseld. Er is geen scenario waar dood hout actief wordt verwijderd.

Een belangrijke factor in de scenarioanalyse vormt altijd de depositie. Deze is in dit onderzoek niet gevarieerd en gelijk aan de standaard depositie zoals die door SMART2 -SUMO2 wordt gebruikt. Dit geeft een dalende depositie in de tijd, waarbij de eindwaarden gelijk zijn aan de milieudoelstellingen in 2025 (Beck et al. 2001). Als simulatieperiode is gekozen voor 2000 tot en met 2050. Omdat de depositie waarden ruimtelijk expliciet zijn en er verschillende sites zijn doorgerekend kunnen deze verschillende depositie hoeveelheden hebben.

1.4 review

Dit rapport is gereviewed door twee onderzoekers van Alterra. Een van de reviewers had voornamelijk tekstuele opmerkingen, welke zijn verwerkt in het rapport. Het review verslag van de tweede reviewer is opgenomen als bijlage 2 in dit rapport. Het commentaar van deze reviewer is deels verwerkt in het verslag. In bijlage 3 staat een reactie van de auteurs.

2 Materiaal en Methode

2.1 Modelaanpassing

2.1.1 SMART2

De jaarlijkse nieuwe hoeveelheid dood hout met het N-gehalte worden door SUMO2 berekend en doorgegeven aan SMART2. De nieuwe hoeveelheid wordt toegevoegd aan de pool dood hout. Deze pool mineraliseert volgens een eerste orde reactie (formule 1), analoog aan de oud-strooisel pool in SMART2 (Kros et al. 1995). De mineralisatiesnelheid wordt bepaald door één parameter; de mineralisatieconstante. Deze is op 0,02 gezet, wat inhoudt dat de gemiddelde afbraaktijd van hout 50 jaar bedraagt. Deze waarde is gebaseerd op gegevens uit Zappeij (1995).

$$X_{mi,dw} = kmidw \cdot Am_{dw} \cdot ctX_{dw} \quad [1]$$

met $kmidw$ als de mineralisatie constante van dood hout (j^{-1}), Am_{dw} de hoeveelheid dood hout ($kg\ ha^{-1}$) en ctX_{dw} is het N-gehalte in dood hout ($mol_c\ kg^{-1}$).

2.1.2 SUMO2

In het model SUMO2 werd al de hoeveelheid dood hout berekend. Dit werd gebruikt om de hoeveelheid 'levend' hout te verminderen met de jaarlijkse sterfte. De hoeveelheid is een fractie van de hoeveelheid levend hout en dus afhankelijk van de hoeveelheid levend hout. De sterftefactoren voor dood hout staan vermeld in Wamelink et al. (2000a). In de hier beschreven uitbreiding is er voor de bomen een extra sterftefactor ingevoerd voor de ouderdomssterfte. Tot nu toe konden bomen oneindig oud worden (mits ze niet werden gekapt), al bereikte de biomassa wel een maximum. Daarnaast wordt nu ook het N-gehalte van dood hout berekend en samen met de biomassa dood hout doorgegeven aan SMART2. De uitbreiding wordt hieronder in detail beschreven.

De ouderdomssterfte is per boomsoort verschillend. Zij begint na een bepaalde leeftijd (zie bijlage 1 voor de leeftijden per boomsoort) en is een fractie van de aanwezige biomassa, dus niet alleen voor hout, maar ook voor wortels en organen. Deze fractie wordt elk jaar opgehoogd, waardoor een steeds groter deel sterft. Deze fractie is per boomsoort en per orgaan verschillend en staat vermeld in bijlage 1. Formule 2 geeft de berekening weer. Als de biomassa van de bomen beneden een bepaalde biomassa komt (op het ogenblik 0,5 ton/ha) dan wordt de soort als niet meer aanwezig beschouwd. Op basis van bodemgegevens wordt dan een meest waarschijnlijke boomsoort als nieuwe boomsoort gekozen. Dit kan dezelfde soort

zijn als de gestorven boomsoort. De resterende biomassa wordt als initiële biomassa voor de nieuwe boomsoort gebruikt.

In SUMO2 wordt een dood houtpool berekend, de dode houtbiomassa van alle functionele typen wordt bij elkaar opgeteld en doorgegeven aan SMART2. Voor deze pool wordt het N-gehalte berekend, geheel analoog aan de berekening van de N-gehaltenes voor dode wortels en blad, echter zonder dat er N-reallocatie plaatsvindt. Immers de boom gaat dood, waardoor er dus ook geen stikstof kan worden teruggetrokken en bewaard voor volgend jaar.

$$B_{dh_t} = \sum_{i=1,5} (B_{hit} * k_{si}) + \sum_{bs=1,2} [B_{hbs_t} * k_{bs} * (L_{bs_t} - L_{bs_{min\ bs}})] \quad [2]$$

met

B_{dh_t} : biomassadood hout op tijdstip t (ton/ha)

B_{hit} : biomassa hout voor functioneel type i op tijdstip t (ton/ha)

k_{si} : sterftecijfer voor hout voor functioneel type i (zie Wamelink et al. 2000a)

B_{hbs_t} : biomassahout bomen op tijdstip t (ton/ha)

k_{bs} : ouderdomssterftecijfer per boomsoort voor hout (zie bijlage 1)

L_{bs_t} : leeftijd boomsoort op tijdstip t (j)

$L_{bs_{minbs}}$: leeftijd waarop ouderdomssterfte begint per boomsoort (j, zie bijlage 1)

2.2 Testsite

De inbouw van dood hout modellering in SMART2-SUMO2 is getest voor een aantal bossen uit het Nederlandse vitaliteitsmeetnet. Onder testen wordt hier verstaan het technisch testen van de modelveranderingen en een plausibiliteitstest van de resultaten. In de discussie worden de uitkomsten vergeleken met literatuurwaarden. De opstanden zijn ook gebruikt voor de validatie van de inbouw van de fosfaathuishouding (Wamelink et al. 2004 in prep.). Voor verdere informatie over deze opstanden wordt verwezen naar bovengenoemde rapport en naar Hilgen 1995. Omdat voor deze opstanden geen dood houtvolume is bepaald kan het model niet met dit bestand gevalideerd worden. Voor de bossen van 3 en 4 jaar oud is een andere initiële biomassa geschat dan de standaard initiële biomassa voor bossen in de categorie jonger dan 40 jaar. De standaard initiële biomassa is namelijk de gemiddelde biomassa voor een dertigjarig bos. De totale initiële biomassa valt af te lezen in de figuren in hoofdstuk 3. In totaal zijn er 7 verschillende bossen doorgerekend vanaf het jaar 2000 tot en met 2050. De karakteristieken van de bossen staan vermeld in tabel 1. Het depositiescenario dat gebruikt is, is ruimtelijk expliciet, d.w.z. per x, y coördinaat kan er een andere depositie zijn, o.a. afhankelijk van de lokale bronnen.

Tabel 1. Karakteristieken van de doorgerekende bossen. De coördinaten worden gegeven als Amersfoortse coördinaten in km, GT = grondwatertrap voor SMART2 (Kros et al. 1995)

x-coord	y-coord	bodem type*	GT**	pionier boom	climax boom	initiële leeftijd
199	551	SR	5	berk	eik	3
212	558	SP	5	berk	douglas	35
206	547	SR	3	berk	eik	4
223	559	SP	5	berk	larix	33
222	442	CN	4	eik	beuk	14
240	549	SP	3	berk	eik	40
182	533	SP	4	berk	grove den	17

* SR = nutriënt rijk zand, SP = nutriënt arm zand, CN = kalkarme klei

** De grondwatertrap voor SMART2 is afgeleid van de originele grondwatertrappen, 3 = GT II, III en V samen, 4 = IV en VI samen en 5 = VII (Kros et al. 1995)

3 Resultaten

Voor 7 sites wordt de totale en doodhout biomassa gegeven in figuren 2 - 8. Per site worden de ontwikkelingen voor extensief bosbeheer en geen beheer getoond. De verschillen tussen de beheerscenario's wat betreft de hoeveelheid dood hout in het bos zijn gering. Zonder bosbeheer is er wel wat meer dood hout in het bos, veroorzaakt door de grotere hoeveelheid levende biomassa. Het dunnen geeft dus op minder dood hout, omdat dit biomassa en daarmee potentieel dood hout verwijdert. In de beheerde bossen is het effect van dunnen duidelijk zichtbaar in de aanwezige biomassa, er is een karakteristieke 'zaagtand' aanwezig in de biomassagroei. Omdat de initiële hoeveelheid dood hout nul is (hetgeen ook min of meer overeenkomt met de huidige situatie) neemt in alle gevallen de hoeveelheid dood hout in het bos toe, waarbij in sommige gevallen in de simulatieperiode een afvlakking van de toename zichtbaar is (fig. 4 en 7) en er dus een soort evenwicht begint te ontstaan.

Fig. 2 - 4 laten simulaties zien voor berken-eikenbossen op verschillende grondtypen en met een verschillende initiële leeftijd. Het verschil in bodemeigenschappen komt ook duidelijk tot uiting in de biomassa en doodhout ontwikkeling. Op de nattere, maar in principe rijkere bodem is de groei van de bomen langzamer dan op de droge armere grond. Een initieel ouder bos (40 jaar, fig. 4) geeft een duidelijk ander patroon van dood hout ontwikkeling te zien. Er vindt na 2020 een versnelling plaats van de aangroei van de hoeveelheid dood hout. Dit wordt veroorzaakt door het begin van de ouderdomsterfte van de berken. Aan het einde van de simulatieperiode is de berk verdwenen en vervangen door eik. Fig. 5 geeft de doodhout ontwikkeling voor een jong eiken-beukenbos. Opvallend is hier de grote hoeveelheid dood hout. Hetzelfde kan worden opgemerkt bij een berken douglasbos (fig. 6).

Fig. 7 geeft de ontwikkeling voor een berken larix bos. Na verloop van tijd vindt hier voor de berken ouderdomsterfte plaats, waardoor de hoeveelheid dood hout toeneemt. Deze toename is vrij groot omdat het bos voor de helft uit berk bestaat. Aan het einde van de simulatie neemt de biomassa weer toe door een flinke bijgroei van larix. De toename van dood hout vakt af doordat de meeste berken inmiddels gestorven zijn.

Voor een berken-grove dennenbos komt hetzelfde beeld naar voren (fig. 8), waarbij het hoogtepunt van de berkensterfte echter wat later ligt door de jongere initiële leeftijd van dit bos. Net als voor het berken-larixbos bestaat ook hier de levende biomassa van de bomen voor de helft uit berk. Ook hier vindt bijgroei plaats, in dit geval van de grove den.

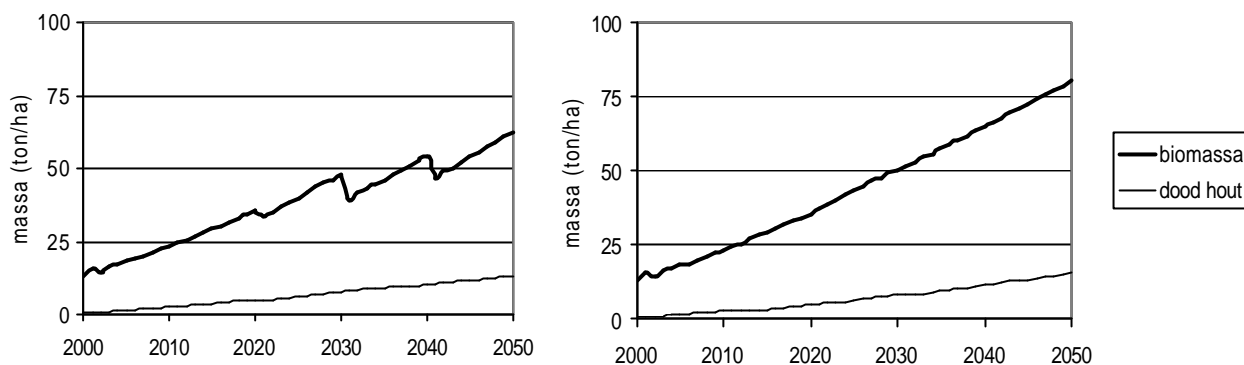


Fig. 2. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een berken-eikenbos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een arme zandgrond met grondwatertrap VII (coördinaten 199 bij 551). Aan het begin van de simulatie is het bos 3 jaar oud.

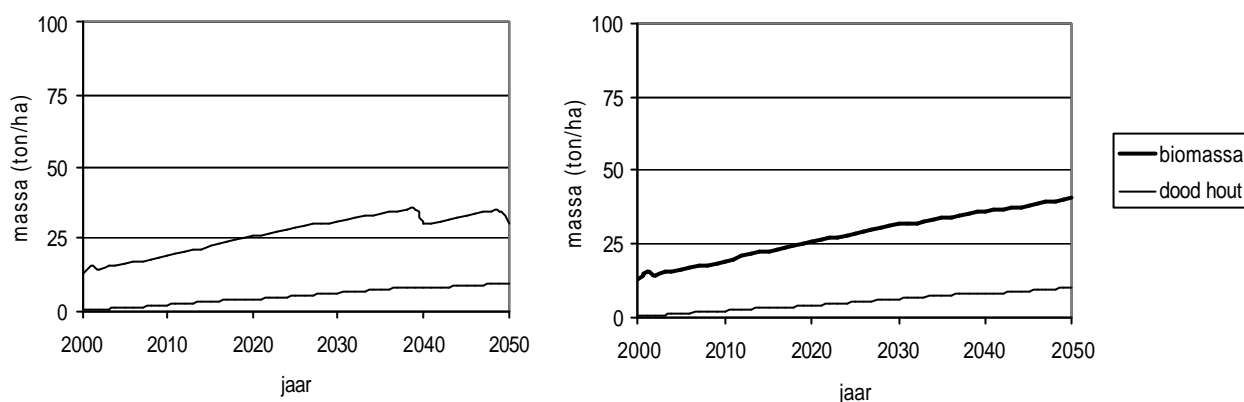


Fig. 3. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een berken-eikenbos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een rijke zandgrond met grondwatertrap II, III of V (coördinaten 206 bij 547). Aan het begin van de simulatie is het bos 4 jaar oud.

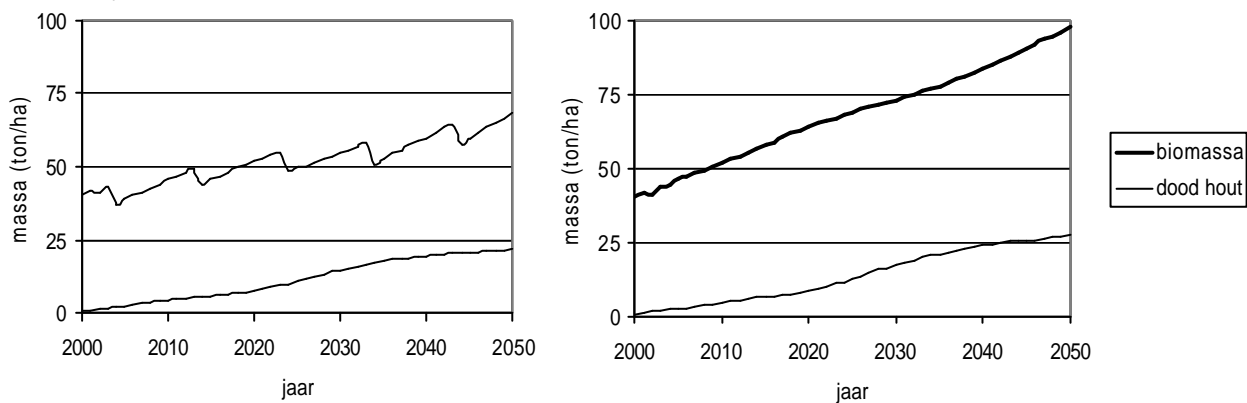


Fig. 4. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een berken-eikenbos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een arme zandgrond met grondwatertrap II, III of V (coördinaten 240 bij 559). Aan het begin van de simulatie is het bos 40 jaar oud.

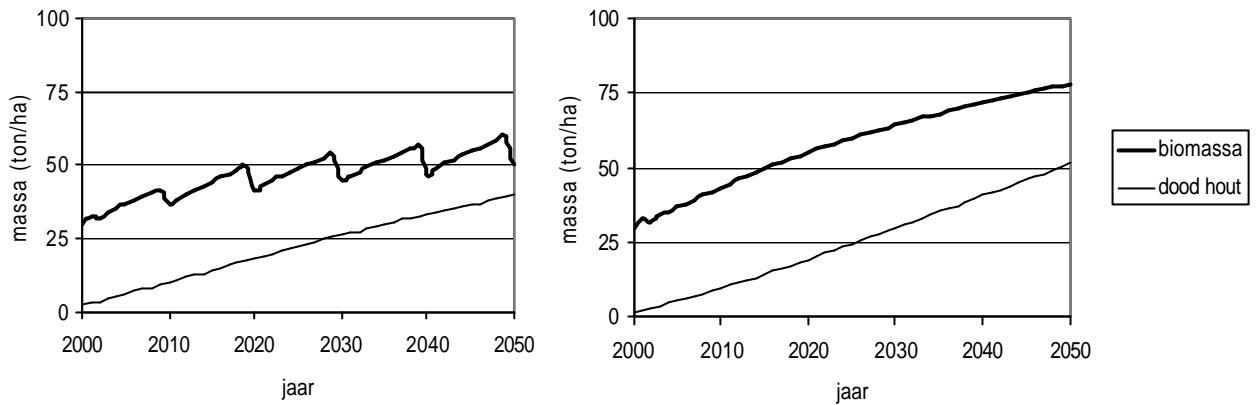


Fig. 5. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een eiken-beukenbos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een arme zandgrond met grondwatertrap IV (coördinaten 222 bij 442). Aan het begin van de simulatie is het bos 14 jaar oud.

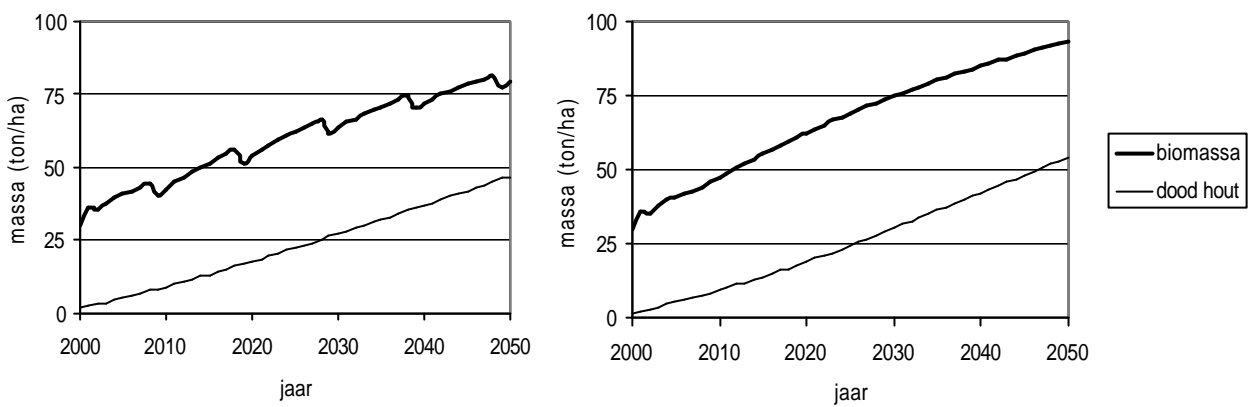


Fig. 6. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een berken-douglas bos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een arme zandgrond met grondwatertrap VII (coördinaten 212 bij 558). Aan het begin van de simulatie is het bos 35 jaar oud.

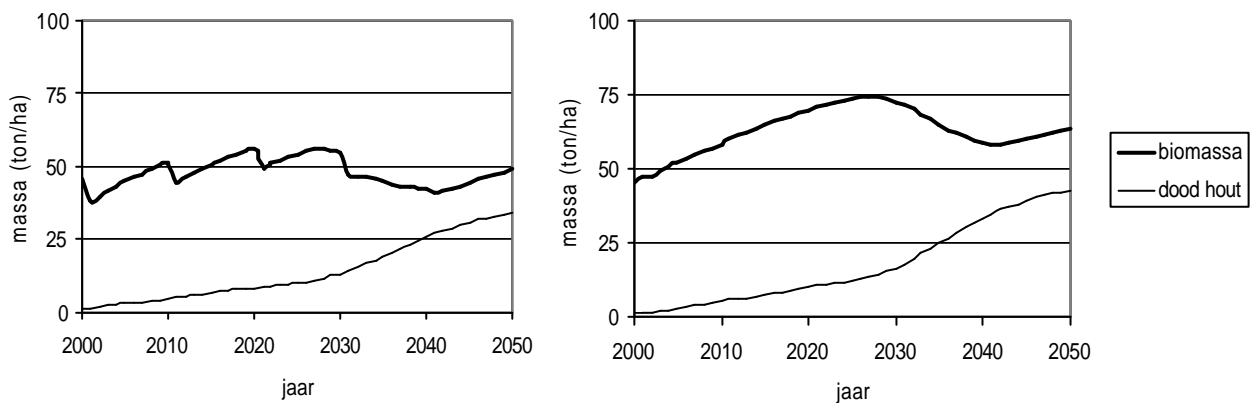


Fig. 7. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een berken-grove den bos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een arme zandgrond met grondwatertrap VII (coördinaten 223 bij 559). Aan het begin van de simulatie is het bos 33 jaar oud.

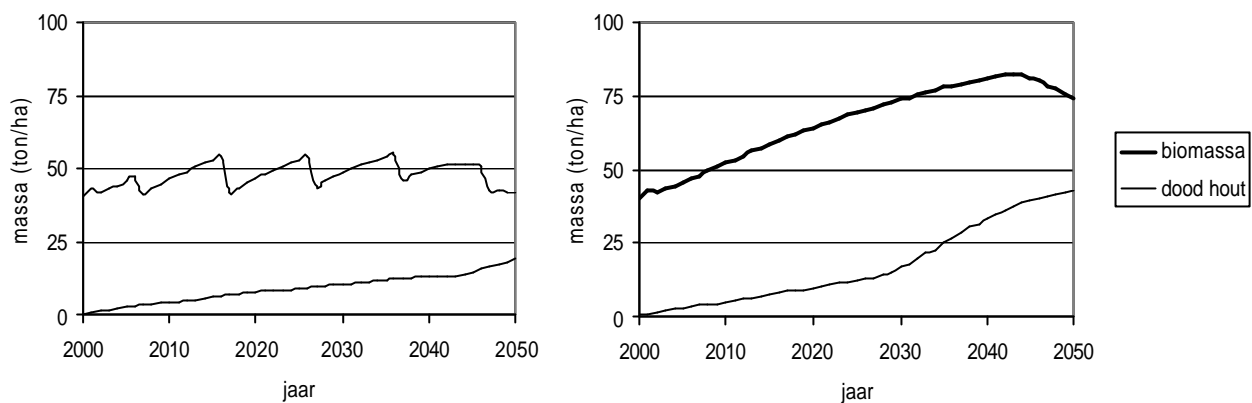


Fig. 8. Biomassa en dood hout hoeveelheid in een berken-larixbos met extensief bosbeheer (links) en zonder beheer (rechts) op een arme zandgrond met grondwatertrap IV (coördinaten 182 bij 533). Aan het begin van de simulatie is het bos 17 jaar oud.

4 Discussie

Het is mogelijk gebleken om op vrij eenvoudige wijze een vrij goede simulatie te doen van de ontwikkeling van de hoeveelheid dood hout in het bos met behulp van SMART2-SUMO2 na de inbouw van een paar extra modelregels. Validatie zal echter moeten uitwijzen hoe goed de simulaties echt zijn. Deze zullen in het kader van programma 384 in 2004 worden uitgevoerd.

De mineralisatiesnelheid van dood hout is geschat op basis van expertschattingen (Koop et al. 1990). Er is mogelijk genoeg bekend uit de literatuur over mineralisatie van dood hout in bos om metingen hiervoor te gebruiken. Nadere studie moet uitwijzen of dit het geval is of dat (meer) metingen in het veld nodig zijn om de schatting te kunnen verbeteren. De mineralisatie van alle boomsoorten gaat met dezelfde snelheid in SMART2. Koop et al. (1990) geven aan dat er echter een behoorlijke range aanwezig is in verteringsduur (van minder dan 15 jaar voor berk tot 100 - 200 jaar voor douglas). Het per boomtype bijhouden van een dood hout pool en het mineraliseren daarvan met verschillende snelheden lijkt noodzakelijk. Hiervoor is op het ogenblik in het model niet gekozen omdat er te weinig data beschikbaar zijn om zo'n opsplitsing reeds nu te maken, daarvoor moeten eerst meer gegevens uit de literatuur of uit het veld beschikbaar komen.

Voor de geteste sites geldt dat er geen metingen van dood hout beschikbaar zijn. Hierdoor kan het model dus niet worden geïnitieerd en is het ook niet mogelijk om het model met deze sites te valideren. Wel zijn er wat gegevens bekend, met name uit het buitenland over het aandeel dood hout in bossen die niet beheerd worden en waar dood hout dus blijft staan of liggen. Voor Nederland wordt door Kuyper (1994) voor het Speulderbos 9,0%, het Vijlnerbos 9,4% en Vechtlanden 22,2% gegeven. Koop (1983) geeft voor douglasbossen in de Rocky Mountains 37 - 59%. Voor Beuken in Slowakije wordt een doodhout percentage tot 28% gegeven door Korpel (1992). De door SUMO2 gesimuleerde hoeveelheid dood hout ligt aan het einde van de simulaties vaak hoger dan deze literatuurwaarden (tot boven de 50%). Echter Hodge & Peterken (1998) geven (veel) hogere waarden voor de hoeveelheid dood hout voor verschillend beheerde bossen in Engeland; tot 20 m³/ha voor plantages van conifeer, tot 50 m³/ha voor dennenbos, tot 130 m³/ha voor onbeheerd gemengd bos. Grofweg kan men zeggen dat het hout 50% vocht bevat (hierbij de basic wood density verschillen per soort en verteringsstadium negerend), hetgeen voor het laatste bos zou betekenen dat er tot 65 ton/ha dood hout aanwezig is. De hier gesimuleerde hoeveelheden liggen hier nog ruim onder. Een oorzaak van over- of onder schatting kan zijn dat de mineralisatie van het dode hout niet uitgesplitst is per boomsoort, waardoor de mineralisatie voor sommige soorten te langzaam gaat (berk en beuk) en voor andere te snel (douglas en waarschijnlijk ook, zij het in mindere mate, grove den, fijnspar en zomereik). Opvallend is dat juist de simulaties voor douglas vrij hoge percentages dood hout laten zien.

In dit onderzoek is het effect van extensief bosbeheer ten opzichte van geen beheer m.b.t. de hoeveelheid dood hout onderzocht. In alle gevallen is de hoeveelheid dood hout zonder beheer hoger dan bij extensief beheer. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat er meer levend hout aanwezig is als er niet beheerd wordt. Hierdoor is er automatisch ook meer dood hout aanwezig, aangezien de jaarlijkse hoeveelheid nieuw dood hout een fractie is van de aanwezige biomassa. Dunnen zorgt dus niet alleen voor afvoer van levend hout, maar geeft hierdoor indirect ook een lagere hoeveelheid dood hout.

Wanneer de eikenbossen met elkaar worden vergeleken vallen een aantal dingen op. De net aangeplante bossen vertonen een verschillende biomassa en dood hout ontwikkeling. Deze verschillen worden veroorzaakt door een andere ligging en daarmee andere depositie (die ruimtelijk expliciet is), bodemtype en grondwaterstand. Het oudere berken-eikenbos geeft na 2020 een verhoging van de hoeveelheid dood hout te zien. Dit wordt veroorzaakt door de start van de ouderdomssterfte in de berken, die dan meer dan 60 jaar oud zijn. De grootste sterfte van de berken is na ongeveer 20 jaar afgelopen. Aan het einde van de simulatie is de berk verdwenen en vervangen door de beuk.

In SUMO wordt geen onderscheid gemaakt in type dood hout, hetgeen echter wel invloed heeft op de uiteindelijke biodiversiteitsverhoging in het bos. Het onderscheid tussen dood staand en liggend hout is hierbij van belang, evenals de dikte van het dood hout. In SUMO wordt impliciet aangenomen dat alle aanwezig zijn. Het onderscheiden van verschillende diktes van dood hout vraagt ook om een modellering van de stamdikte, wat om een modellering van individuele bomen vraagt. Dit ligt duidelijk buiten de doelstellingen van SUMO, dat snel landelijke doorrekeningen moet kunnen doen. Het onderscheid tussen staand en liggend dood hout is vooral een kwestie van beheer; de beheerder zou bij een natuurlijk beheer de dode bomen moeten laten staan. Bij extensief bosbeheer en uiteraard bij onbeheerde bossen wordt er vanuit gegaan dat dode bomen blijven staan en dus wordt er in SUMO impliciet aangenomen dat een deel van het dode hout staand dood hout is.

Met de inbouw van de modellering van dood hout in bossen is er in SUMO2 een graadmeter ontwikkeld voor evaluatie van de toestand en de mogelijkheden van het Nederlandse bos met betrekking tot dood hout. Deze graadmeter kan worden beschouwd als een mogelijkheid om modelmatig de biodiversiteit van het bos nader te karakteriseren en als gevolg van (beheer) scenario's te evalueren. Dit opent onder andere een weg om het programma beheer te evalueren en aan te geven wat wel en wat niet mogelijk is, of met andere woorden te evalueren of de doelstellingen van het programma beheer wat dit aspect betreft haalbaar zijn. Tevens is er een betere modellering van de stikstofkringloop in het bos gerealiseerd. De stikstof die in het dode hout zit komt nu geleidelijk weer beschikbaar en wordt niet langer uit het systeem genomen.

5 Conclusies

Door de inbouw van de modellering van dood hout in SMART2-SUMO2 is er in potentie een graadmeter voor biodiversiteit toegevoegd aan het modelinstrumentarium. Hierdoor wordt het mogelijk om bijvoorbeeld de doelstellingen in het programma beheer door te rekenen. Validatie is echter nog wel noodzakelijk.

Dood hout wordt nu behandeld als een pool. In de toekomst zou dit kunnen worden veranderd door per boomsoort een pool bij te houden, met een eigen specifieke afbraakconstante.

Voor de verschillende bostypen worden redelijk met de literatuur overeenkomende hoeveelheden dood hout gesimuleerd. Sommige literatuurwaarden lijken zelfs nog veel hoger.

De modellering van de stikstofkringloop in het bos is verbeterd door het opnemen van de mineralisatie van dood hout in SMART2-SUMO2.

Literatuur

J.P. Beck, L. van Bree, M.L.P. van Esbroek, J.I. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, K. van Velze, H.A. Vissenberg, en W.A.J. van Pul, 2001. Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten. Rapport 725501002. RIVM, Bilthoven.

Hilgen, P.R. 1995. De vitaliteit van bossen in Nederland in 1995. Rapport IKC-N: Verslag Meetnet Vitaliteit 1, 56 p.

Hodge, S.J. & G.F. Peterken 1998. Deadwood in british forests: priorities and a strategy. *Forestry* 71 (2) 99-112.

Koop, H. 1983. De rol van dood hout in het proces van de bodemvorming. *Nederlands bosbouw tijdschrift* 55 (2/3) 51-56.

Koop, H., L. Berris & R. Wolf 1990. Stormschade, wind in de zeilen voor natuurontwikkeling in bossen. *Nederlands bosbouw tijdschrift*.

Korpel, S. 1992. Ergebnisse der Urwaldforschung für die Waldwirtschaft im Buchen-Ökosystem. *Allgemeine Forstzeitschrift* 21.

Kros, J., G.J. Reinds, W. de Vries, J.B. Latour & M.J.S. Bollen 1995. Modelling of soil acidity and nitrogen availability in natural ecosystems in response to changes in acid deposition and hydrology. Report 95. SC-DLO, Wageningen.

Kros, J. 2002. Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale. Thesis. Alterra, Wageningen.

Kuyper, T. 1994. Paddestoelen en natuurbeheer: wat kan de beheerder? *Wetenschappelijke mededelingen KNNV* 212. KNNV, Utrecht.

Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben, J. Kros & F. Berendse 2000a. Eerste fase van de ontwikkeling van het Successie Model SUMO 1. Verbetering van de vegetatiemodellering in de Natuurplanner. Rapport 045. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., R. Wegman, P.A. Slim & H.F. van Dobben 2000b. Modelling van bosbeheer in SUMO. Rapport nr 066. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., H. van Oene, J.P. Mol-Dijkstra, J. Kros, H.F. van Dobben & F. Berendse 2001a. Validatie van de modellen SMART2, SUMO1, NUCOM en MOVE op site-, regionaal en nationaal niveau. Rapport nr 065. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., P.A. Slim, J. Dirksen, J.P. Mol-Dijkstra & H.F. van Dobben 2001b. Modelling van begrazing in SUMO. Rapport nr 368. Alterra, Wageningen.

G.W.W. Wamelink, J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben & J. Kros 2003 in prep. Modelling van landgebruiksverandering en fosfaat in SMART2 en SUMO2 ten bate van de verbetering van de modellering in de Natuurplanner. Alterra rapport.

Zappeij, D. 1995. Dood hout in multifunctioneel bos: leven na de dood. Larenstein, Velp.

Bijlage 1 Parameterwaarden voor de berekening van de ouderdomsterfte van bomen voor SUMO.

Leeftijd waarop de ouderdomsterfte begint per boomsoort ($L_{bsminbs}$ in formule 2)

boomsoort	leeftijd
eik	120
berk	60
grove den	80
beuk	150

Factor voor ouderdomsterfte voor boomsoorten per orgaan (k in formule 2)

boomsoort	wortel	tak/stam	blad
eik	0.0025	0.0010	0.0025
berk	0.0250	0.0100	0.0250
grove den	0.0100	0.0050	0.0100
beuk	0.0050	0.0010	0.0050

Bijlage 2 Review rapport van reviewer 2.

0. Algemeen

Het rapport presenteert een model(aanpassing) waarmee de hoeveelheid doodhout als indicator voor biodiversiteit wordt gemodelleerd. Ten aanzien van de model(benadering) kunnen de volgende kritische kanttekeningen worden gemaakt.

a. Er is onvoldoende nagedacht welke kenmerken van dood hout belangrijk zijn als indicator voor biodiversiteit. Kortweg is gekozen om alleen de totale hoeveelheid dood hout te modelleren. Voor een goede vertaling zijn echter ook kenmerken als soort, diameterverdeling, verteringsstadia, staand versus liggend nodig. Dit leidt tot de conclusie dat de gekozen modelbenadering van beperkte betekenis is. De keuze van de modelbenadering lijkt primair ingegeven door de beschikbaarheid van de modellen SMART2-SUMO2 en niet door de vraag wat moet het model voorspellen.

b. De wijze waarop de input van dood hout en de afbraak van dood hout zijn gemodelleerd is te veel vereenvoudigd of wordt niet voldoende ondersteund door literatuur. Vooral de te sterke vereenvoudiging mij inherent aan het gebruik van het model SMART2-SUMO2

c. Het model is niet gevalideerd terwijl er toch voldoende mogelijkheden zijn (data bosreservaten) om het model wel te valideren. Hierdoor worden de modeluitkomsten te snel als zinvol gezien.

d. De gekozen modelbenadering lijkt me meer geschikt om de rol van dood hout in de nutriëntencyclus te modelleren. Jammer genoeg wordt dit aspect veronachtzaamd als wordt af-en-toe welde de nutriëntendynamiek aangetipt.

Daarnaast blijkt dat in zijn algemeenheid onvoldoende gebruik is gemaakt van de literatuur. Vooral de laatste tien jaar is er veel over dood hout (biodiversiteit, afbraaksnelheid, nutriënten) gepubliceerd en een deel hiervan is van belang voor het hier gepresenteerde onderzoek.

Dit alles leidt tot de conclusie dat dit rapport niet geschikt is om gepubliceerd te worden.

1. Inleiding

1.1. Achtergronden

Hier wordt volstaan met het sec constateren dat dood hout belangrijk is voor de biodiversiteit. Dat is op zich correct maar het beeld is veel meer divers dan hier wordt geschetst. De betekenis voor de verschillende groepen organismen is mede afhankelijk van boomsoort, verteringsstadium, staand versus liggend, diameter van het dode hout etc. Ik had wel graag meer van dit soort nuanceringen gezien. Vooral ook om een beter beeld te kunnen krijgen van de betekenis/releveantie van de modeluitkomsten.

Ik vind het jammer dat je hier niets zegt over de rol van dood hout in de nutriëntencyclus in het boscysteem. Zeker tegen de achtergrond van paragraaf 1.2 en hoofdstuk 2 is dit zeker zinvol.

1.2. SMART2-SUMO2

Op zich is er niets mis met de beschrijving van deze modellen. Wat me echter niet duidelijk wordt waarom nu juist voor deze modellen is gekozen om de dynamiek van dood hout in relatie tot biodiversiteit te beschrijven. Op basis van de huidige beschrijving kan ik slechts tot de conclusie komen dat de modellencombinatie SMART2-SUMO2 niet geschikt is.

1.3. Scenario's

Kan je aangeven waarom je voor deze scenario's hebt gekozen. De verschillen tussen de beheersscenario's lijken me gering. Kan je aangeven waarom je gekozen hebt voor een 10-jaarlijkse reductie van het volume met 10%. Deze reductie ligt ver onder de jaarlijkse bijgroei in relatie tot de staande houtvoorraad. Om een gevoel te geven voor de orde van grootte; bij een houtvolume van 200 m³ per ha bedraagt de jaarlijkse bijgroei voor groveden tussen de 6 en de 10 m³ ha⁻¹ jaar⁻¹ en voor de eik liggen deze waarden tussen de 3 en 11 m³ ha⁻¹ jaar⁻¹.

Ik begrijp niet waarom je wat vermeldt over het verwijderen van dood hout. Dit lijkt me zo logisch dat het niet gebeurt dat ik niet begrijp waarom je zegt dat je wel een schatting kan geven van de effecten van het wel verwijderen van dood hout.

De rol van de depositie in de scenario's begrijp ik niet goed tegen de achtergrond van het doel; evaluatie van effecten van beheer op dood hout als indicator voor biodiversiteit. Kan je aangeven wat de verwachte relevantie is en waarom dit effect dus in de scenario's moet zitten?

2. Materiaal en Methode

2.1. Modelaanpassingen

2.1.1. SMART2

Hier komt in een keer N-gehalte om de hoek kijken. De relevantie hiervan voor de doelstelling is niet duidelijk. Je geeft aan dat het decompositieproces van dood hout als een eerste orde reactie wordt beschreven. In de literatuur zijn meerdere voorbeelden te vinden waarin het proces met een negatieve exponentiele functie wordt beschreven. Waarom heb je hier niet voor gekozen?

Je beschrijft de afbraak van dood hout impliciet als de resultante van mineralisatie, maar meerdere processen zijn hier voor verantwoordelijk. Kan je het begrip mineralisatie constante vervangen door afbraak constante.

Verder is de aanname dat dood hout verteerd in 50 jaar onvoldoende onderbouwd. Er is meer literatuur dan hier gebruikt. En hieruit blijkt o.a. dat liggend dood hout van beuk zeer snel verteerd (25 jaar), liggend dood hout van berk matig snel (30-40 jaar), liggend dood hout van grove den matig langzaam (50 jaar) en staand dood hout van eik heel langzaam verteerd (60 –80 jaar). De verteringsnelheden van dood hout zijn natuurlijk afhankelijk van de diameters van de stammen en of de dode boom staat danwel ligt.

2.1.2. SUMO2

De wijze waarop dood hout in de oorspronkelijke versie van SUMO2 wordt berekend moet ook hier duidelijk worden uitgelegd. Je kunt niet volstaan met het alleen verwijzen naar Wamelink et al. (2000a).

Ouderdomsterfte is een moeilijk begrip. Als ik functie 2 goed lees dan is levende biomassa van een soort 0 als $[kbs*(lbt - lbsminbs)] = 1$. Een simpele berekening geeft dan aan dat in dit model de stammen van eik en een beuk 1120 jaar kunnen worden, van berk 160 jaar, van grove den 280 jaar. Als mijn berekening correct is dan lijken de maximale leeftijden van vooral beuk, maar ook eik en in mindere mate berk aan de hoge kant.

Verder noopt de tweede tabel van bijlage 2 tot enige overpeinzingen. De hoogte factoren voor ouderdomsterfte verschillen tussen de verschillende boomcomponenten. Moet ik hieruit afleiden dat een boom geen levende wortels en bladeren meer heeft maar wel nog levende takken en stam. Je formule 2 geeft hierover geen uitsluitel.

Wat verder opvalt dat in de bijlage 1 ook gegevens van soorten als douglas en lariks ontbreken, terwijl je deze wel in je simulatie betreft.

2.2. testsite

De titel van deze sectie suggereert dat er ook werkelijk een modeltest heeft plaatsgevonden. Dat is niet zo. In essentie beschrijft deze sectie de sites waarvoor de modellen zijn gedraaid. Kan je de titel dan niet beter aanpassen?

3. Resultaten

De constatering dat met de modelberekening “dunnen minder dood hout geeft omdat dit biomassa verwijdert en daarmee potentieel dood hout” laat volgens mij scherp de zwakte van de gekozen modelbenadering zien. Niet de functionele achtergronden van boomsterfte zijn gemodelleerd, maar er is gekozen voor een “short cut”: fracties van de levende biomassa gaan dood, waarbij de fracties afhankelijk zijn van leeftijd (en mogelijk nog een andere factor maar dat wordt in deze tekst niet duidelijk).

Verder laten de figuren duidelijk zien dat de hoeveelheid dood hout een functie is van de biomassaontwikkeling en leeftijd van het bos. Gezien het gekozen model kan dit ook niet anders. Ik heb echter mijn twijfels of de modelresultaten de werkelijkheid beschrijft.

Discussie

Je begint de discussie met de stelling dat “het mogelijk is gebleken om op een vrij eenvoudige wijze een vrij goed simulatie te doen van de ontwikkeling van de hoeveelheid dood hout”. Voor mij is dit helemaal niet gebleken. Door het ontbreken van een modelvalidatie is het absoluut onduidelijk hoe goed het model de werkelijkheid beschrijft.

Verder stel je dat er weinig bekend is over de mineralisatie van dood hout. Dat bestrijd ik absoluut. Een snelle literatuur search leverde me al gauw een 20-tal titels (waaronder natuurlijk een belangwekkend artikel van mij ?).

Wat de test sites betreft; je had natuurlijk gebruik kunnen maken van de bosreservatengegevens. Deze had je kunnen gebruiken voor de initialisatie en de validatie. Tenslotte hebben we van enkele reservaten al een meetreeks van 20 jaar. Daarnaast had je i.p.v gebruik te maken van secundaire literatuur (Kuyper, 1994) je kunnen laven aan de bron. De gegevens die Kuyper gebruikt komen namelijk uit het bosreservatenprogramma!

Het is me onduidelijk hoe je kortweg de omrekening van m³ dood hout naar tonnen per ha gaat. Vlg mij moet je van de omrekening van volume naar gewicht gebruik maken van de basic wood density en deze verschilt tussen soorten en met het verteringstadium.

In de discussie kom je nu opeens met de verschillen in depositie op de proppen. Als er verschillen tussen sites zijn had je deze al eerder moeten geven (bij sectie testsites?).

De laatste paragraaf vind ik een grove overschatting van je modelaanpassing. Het model is niet gevalideerd; er is gerede twijfel aan de wijze waarop je de afbraaksnelheid van dood hout hebt gemodelleerd en geparametriseerd; er is minstens even grote twijfel aan de wijze waarop je de input van dood hout modelleert. Verder denk ik dat er voor een goede voorspelling van de biodiversiteit van het bos op basis van dood hout meer nodig is dan alleen maar biomassa.

Conclusies

De eerste conclusie mag vlg mij niet op basis van de huidige studie worden getrokken. Hier is meer sprake van “de wens is de vader van de gedachte”.

De derde conclusie vind ik twijfelachtig. Volgens mij heb je onvoldoende literatuurgegevens gebruikt.

Bijlage 3 Reactie auteurs op reviewer 2

Algemeen

- a. Er is hierover een stuk in de discussie opgenomen, met de beperkingen. Overigens blijven wij van mening dat de totale hoeveelheid dood hout wel een goede indicator kan zijn, zeker op landelijke schaal.
- b. Dit wordt ook bediscussieerd, maar is inderdaad een kenmerk van de modellen en daarom nog niet fout, zoals validaties ook aantonen
- c. Modelvalidatie staat voor 2004 gepland, daarin zal dit indien mogelijk mee worden genomen. Daarbij zij wel opgemerkt dat het doorrekenen van bosreservaten eerder is gebeurd en dat er nogal wat gegevens ontbreken om dat goed te doen.
- d. Er wordt iets uitgebreider ingegaan op het nutriëntenaspect

Indien er meer literatuur beschikbaar is dan zal dit worden gebruikt en het model indien nodig verbeterd en aangepast. Tot nu toe is die literatuur echter niet door de reviewer verstrekt en/of gevonden.

1.1 Achtergronden

De inleiding is uitgebreid met beide aspecten

1.2

Met deze conclusie zijn wij het oneens. Het uiteindelijk doel van deze toevoeging ligt op een hoger nivo dan alleen het doorrekenen van een paar bosjes. Het modelinstrumentarium moet op landelijke schaal doorekningen kunnen doen en het landelijk beleid doorrekenen, hetgeen in een volgende fase zal gebeuren voor het programma beheer.

1.3

Reviewer een heeft hierover ook enige opmerkingen geplaatst, deze zijn echter tegengesteld aan wat hier staat. Hij vindt 10% dunning in 10 jaar juist veel voor extensief beheer! Het percentage is in overleg met o.a. de reviewer gekozen. Omdat het hier om extensief beheer gaat is het ook de bedoeling dat er minder dan de bijgroei uit het bos wordt gehaald.

m.b.t. het verwijderen van dood hout, er zijn nog veel bossen waar dit wel gebeurt, bijvoorbeeld op de Wageningese berg. Voor het doen van landelijke berekeningen is het belangrijk dat deze mogelijkheid aanwezig is

Het depositiescenario is neit echt van belang om de functionaliteit te demonstreren, het is gewoon een standaard scenario, een ander scenario zou een konstante depositie zijn, die echter minder waarschijnlijk is.

2.1.1 SMART2

Een negatieve exponentiele functie is hetzelfde als wat hier gebruikt is, mits meerder jaren toegepast.

mbt. dood hout, dit is correct, maar dit wordt al bediscussieerd in de discussie. Uitwerking zoals hier wordt voorgesteld is op termijn deels wel mogelijk en ook nuttig.

Over de ouderdomsterfte. In de tekst staat beschreven dat een boom niet meer aanwezig is bij 0 ton/ha, maar bij 0,5 ton/ha. Omdat de daling een asymptotisch karakter heeft als gevolg van jaarlijkse bijgroei duurt het relatief lang voordat de nul benaderd wordt. In de praktijk worden de bomen beduidend minder oud. Verder wordt door de reviewer vergeten dat het eerste deel van formule [2] ook een bijdrage levert aan de sterfte van hout.

Omdat er ook groei plaats vindt en deze op een niet gelijke manier over de organen wordt verdeeld is het noodzakelijk dat ook de ouderdomsterftefactoren van elkaar verschillen, anders staat juist de situatie dat er nog wel blad en wortels aanwezig zijn, maar geen hout meer. Verder wordt hout in SUMO niet behandeld als iets levends, anders dan dat het de boom hoger maakt. De groei wordt bepaald voor de gehele 'soort', waarna deze wordt verdeeld over de organen. Wortels en blad spelen wel een actieve rol in de processen bij het opnemen van stikstof en licht. Uitleg bij formule 2 is aangepast.

2.2

de tekst aangepast, maar het blijft weldegelijk een test, geen validatie zoals misschien is gedacht

3

Commentaar is op zich correct, maar of dit niet de werkelijkheid weergeeft lijkt voorlopig niet echt waar. Vergelijking met de literatuur geeft in ieder geval niet duidelijk andere waarden. Verder moet worden beseft dat dit geen fysiologisch model is. Hoe goed het model het werkelijk doet moet bv. liken als er een grote validatie plaats vindt (gepland voor 2004). De vorige validatie liet in ieder geval zien dat het principe van sterfte als fractie van de biomassa wel goede resultaten geeft.

Discussie

de tekst m.b.t. de punten 1,2,3 en 4 is aangepast

conclusies

de conclusie is enigzins aangepast door een zin over validatie op te nemen, echter inhoudelijk blijven we het oneens met de reviewer

Tijdens de validatie in 2004 zal dit verder worden bekeken.