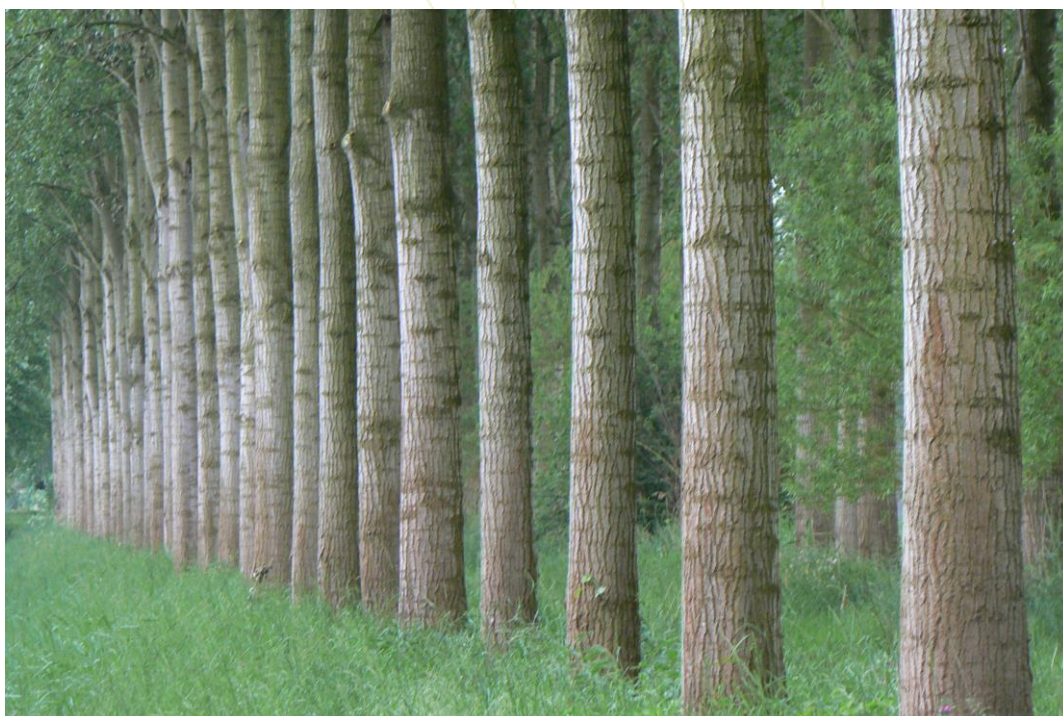




FACE
THE
FUTURE

CO₂-rekentool beplantingen – Update 2022

Beknopte toelichting



Gera op den Kelder¹, Kars Riemer², Sander Teeuwen¹ en Jan Oldenburger¹

Wageningen, augustus 2022



probos



FACE
THE
FUTURE

CO2-rekentool beplantingen – Update 2022

Beknopte toelichting

Gera op den Kelder¹, Kars Riemer², Sander Teeuwen¹ en Jan Oldenburger¹

Wageningen, augustus 2022

Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, augustus 2022

Auteurs: Gera op den Kelder¹, Kars Riemer², Sander Teeuwen¹ en Jan Oldenburger¹

¹ Stichting Probos

² Face the Future

Titel: CO2-rekentool beplantingen – Update 2022
Beknopte toelichting

Uitgever: Stichting Probos
Postbus 253, 6700 AG Wageningen
tel. 031 - 46 65 55
mail@probos.nl
www.probos.nl

In samenwerking met:
Face the Future
Hollandseweg 7g, 6706 KN Wageningen
tel. 030 - 310 10 44
www.facethefuture.com

Opdrachtgever(s):
Projectorganisatie 'Meanderende Maas'
Pettelaarpark 70, 5216 PP 's Hertogenbosch
tel. 073 - 615 68 55
www.meanderendemaas.nl



- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.
- Stichting Probos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Foto omslag: Populieren in het Groene Woud (Patrick Jansen Stichting Probos)

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 5 |
| 2 | Onderdelen rekentool | 6 |
| 2.1 | CO ₂ -Vastlegging Beplanting | 6 |
| 2.2 | CO ₂ -Vastlegging Houtoogst | 7 |
| 2.3 | CO ₂ -Emissies Houtoogst & Beheer | 7 |
| 3 | Rekenmethode en gehanteerde bronnen | 8 |
| 3.1 | Berekening CO ₂ -vastlegging bos | 8 |
| 3.1.1 | Spontaan ontwikkeld oobos | 8 |
| 3.1.2 | Berekening CO ₂ -vastlegging spontaan ontwikkeld oobos | 11 |
| 3.2 | CO ₂ -vastlegging rietmoeras | 12 |
| 3.3 | Berekening CO ₂ -vastlegging in houtproducten en substitutie-effect | 12 |
| | Bronnen | 14 |

1 Inleiding

Probos en Face the Future hebben in 2018 een rekentool ontwikkeld waarmee Rijkswaterstaat de CO₂-vastlegging kan berekenen van rijbeplantingen en bosvakken. Deze rekentool is in 2020 geactualiseerd, nadat Stichting Probos, Face the Future en Wageningen Environmental Research (WENR) voor Rijkswaterstaat een voorstudie hadden uitgevoerd naar mogelijkheden om de rekentool door te ontwikkelen. In 2022 is in opdracht van de projectorganisatie 'Meanderende Maas' de rekentool uitgebreid met de beplantingstypen rietmoeras en spontaan ontwikkelde ooibossen, zodat inzichtelijk kan worden gemaakt in hoeverre natuurontwikkeling bijdraagt aan een duurzame, integrale gebiedsontwikkeling. In het geval van Meanderende Maas gaat het om buitendijkse rivierverruiming en natuurontwikkeling in combinatie met de dijkversterking tussen Ravenstein en Lith.

In deze rapportage wordt een korte toelichting gegeven op de rekentool met een overzicht van de gehanteerde bronnen en aannames voor de toegevoegde beplantingstypen: rietmoeras en spontaan ontwikkeld ooibos.

2 Onderdelen rekentool

De rekentool is gebouwd in Excel en bestaat uit drie zichtbare tabbladen en een aantal niet-zichtbare (vergrendelde) tabbladen. De zichtbare tabbladen zijn:

- CO₂-Vastlegging Beplanting
- CO₂-Vastlegging Houtoogst
- CO₂-Emissies Houtoogst & Beheer

Deze tabbladen worden hieronder toegelicht.

De niet-zichtbare (vergrendelde) tabbladen bevatten databases met de achterliggende getallen en omrekenfactoren, waarmee de tool de berekeningen uitvoert. De gehanteerde bronnen voor deze getallen en omrekenfactoren worden toegelicht in hoofdstuk 3.

2.1 CO₂-Vastlegging Beplanting

De witte velden op dit tabblad zijn invulbaar. In verband met afhankelijkheid moeten de velden van boven naar beneden ingevuld worden.

Pas als alle velden zijn ingevuld, worden de grafieken op de juiste manier weergegeven.

Dit tabblad kent de volgende keuzeopties (invulmogelijkheden):

- **Bodemtype:** Keuze van het bodemtype waar de beplanting staat.
- **Bodem meenemen in model:** Keuze uit Ja of Nee. Bij Ja wordt ook de CO₂-vastlegging in de bodem meegenomen, bij Nee niet.
- **Strooisel meenemen in model:** Keuze uit Ja of Nee. Bij Ja wordt ook de CO₂-vastlegging in het strooisel meegenomen, bij Nee niet.
- **Afvoer top hout:** Percentage in te vullen van het deel van het tak- en top hout van de beplanting dat bij kap (oogst) wordt afgevoerd en wordt aangewend als biomassa voor energieopwekking.
- **Huidig landgebruik (Baseline scenario):** Keuze van het huidige landgebruik.
- **Nieuw landgebruik (Project scenario):** Keuze van het landgebruik dat voor het huidige landgebruik in de plaats komt.

Voor het baseline scenario waarbij het Huidig landgebruik 'Grasland' of 'Akkerland' is, volgen extra keuzeopties bij Nieuw landgebruik (Project scenario) voor drie verschillende typen spontaan ontwikkeld oobos.

Voor het Project scenario met Nieuw landgebruik 'Bos', volgen de volgende keuzeopties (invulmogelijkheden):

- **Boomsoort:** Keuze van de boomsoort waaruit de beplanting bestaat.
- **Teeltsysteem:** Hier kan het teeltsysteem (plantafstand) met of zonder dunningen worden gekozen.
- **Boniteit:** Boniteit is een maatstaf die de kwaliteit van een groeiplaats voor een bepaalde soort weergeeft. Dit is gebaseerd op het bodemtype. De boniteit wordt automatisch ingevuld aan de hand van eerder ingevulde waarden.
- **Kap (jaar):** Wanneer van toepassing invullen met het jaar van eindkap waarop alle bomen worden gekapt. Er is dan dus geen beplanting meer over en het totaalvolume aan hout wordt automatisch omgezet in houtproducten.
- **Oppervlakte (%):** Het oppervlakte aandeel van de desbetreffende boomsoort.

- **Aantal (N/ha):** Dit is het aantal bomen per hectare van de betreffende boomsoort. Dit is alleen een invulveld bij het Teeltsysteem ‘solitaire groei’. Bij alle andere teeltsystemen wordt dit veld automatisch ingevuld op basis van het oppervlak dat de betreffende soort beslaat.

Rechts van de tabellen met invulvelden worden de resultaten van de berekeningen weergegeven. De tabellen geven de CO₂-vastlegging in ton CO₂ per hectare over de tijd (tot 100 jaar) weer voor het baseline scenario, het project scenario en voor het verschil tussen de twee (‘Netto vastlegging’). De tabellen geven de CO₂-vastlegging weer in biomassa (boven- en ondergronds) en indien van toepassing de CO₂-vastlegging in Houtproducten, Strooisel en Bodem, en de som van deze componenten. De totale CO₂-vastlegging van het baseline en project scenario en van het netto resultaat zijn weergegeven in de grafiek.

2.2 CO₂-Vastlegging Houtoogst

In dit tabblad kan voor een partij geoogst hout de hoeveelheid CO₂ vastgelegd in houtproducten over de tijd worden berekend en wordt het substitutie-effect over de tijd bepaald. Hiervoor moeten de volgende zaken worden ingevuld:

- **Boomsoort**
- **Volume houtoogst (m³ spilhout)**
- Daarnaast kan ook de verdeling van het geoogste hout over de productklassen zelf bepaald worden door percentages in te vullen:
 - Aandeel van het geoogst hout dat is afgezet naar producten met een **lange levensduur**, zoals bouw- en constructiehout.
 - Aandeel van het geoogst hout dat is afgezet naar producten met een **middellange levensduur**, zoals vezel-, fineer-, meubel-, kist- en paalhout.
 - Aandeel van het geoogst hout dat is afgezet naar producten met een **korte levensduur**, zoals papier, pulp en karton.
 - Aandeel van het geoogst hout dat is afgezet als brandhout of **energiehout**.

De gebruiker kan voor deze verdeling ook gebruikmaken van de waarden die automatisch ingevuld worden op basis van de ingevoerde **boomsoort** (verdere uitleg zie paragraaf [3.3 Berekening CO₂-vastlegging in houtproducten en substitutie-effect](#)).

De calculator berekent vervolgens de tonnen CO₂ vastgelegd in de verschillende houtproductklassen en het substitutie-effect direct na de kap. De grafiek laat het verloop van de vastlegging in producten zien van jaar 0 tot en met jaar 100. Boven de groene bollen wordt de hoeveelheid CO₂ weergegeven in jaar 0, jaar 20, jaar 60 en jaar 100.

2.3 CO₂-Emissies Houtoogst & Beheer

Dit tabblad geeft informatie over de CO₂-uitstoot van verschillende in het kader van houtoogst en beheer uitgevoerde werkzaamheden. Het gaat onder andere om de gehanteerde waarde voor CO₂-uitstoot bij het transport van hout. Deze waarden worden niet meegenomen in de berekeningen van CO₂-vastlegging van de beplanting, maar zijn bedoeld als hulpmiddel voor het achteraf berekenen van de emissies.

3 Rekenmethode en gehanteerde bronnen

3.1 Berekening CO₂-vastlegging bos

De CO₂-vastlegging van bos wordt berekend aan de hand van de volgende parameters:

- Het spilhoutvolume met schors van boomsoorten en de verwachte oogst (bij dunning en eindkap) volgens *Opbrengsttabellen Nederland 2018* (Jansen & Oosterbaan, 2018). Uit de opbrengsttabellen worden ook de gemiddelde diameter (dbh), aantal geoogste bomen en aantal achterblijvende bomen afgeleid.
 - Voor boomsoorten waarvoor geen opbrengsttabel voorhanden is, wordt een opbrengsttabel van een andere boomsoort gebruikt die de groei naar verwachting het beste benaderd.
 - Voor het bepalen van het effect van niet dunnen op de groei van bomen en het stamtal in vakken (bossen en bosschages) is er gebruik gemaakt van datasets met meetgegevens van bosbouw-proefvlakken waarin dunningen zijn uitgevoerd met verschillende intensiteiten (Goudzwaard *et al.*, 2016a, 2016b; Oldenburger *et al.*, 2016, Oosterbaan *et al.*, 2016; Schoonderwoerd *et al.*, 2016). In een deel van deze proefvlakken is geen dunning of een zeer lichte dunning uitgevoerd. De data uit deze vakken zijn vergeleken met vlakken waar een ‘reguliere’ dunning is uitgevoerd. Op basis hiervan is voor de boomsoorten Amerikaanse eik, berk, beuk, douglas en es berekend wat het effect van niet dunnen is op het spilhoutvolume en het stamtal bij verschillende leeftijden. Voor boomsoorten waarvoor dergelijke datasets niet voorhanden zijn, zijn de resultaten overgenomen van de meest vergelijkbare boomsoort. Wanneer in de rekentool wordt aangegeven dat er geen dunning is uitgevoerd, wordt er aan de hand van deze data berekend hoeveel procent het volume en het stamtal afwijkt van de reguliere opbrengsttabellen (uit Jansen & Oosterbaan, 2018).
- De volumieke massa van boomsoorten (hout), zoals opgenomen in de Good Practice Guidance (GPG) for Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) (IPCC, 2003).
- Conversiefactoren voor het omrekenen van spilhoutvolume naar totale boven- en ondergrondse biomassa, volgens Arets *et al.* (2018).

Dit resulteert in tonnen droge stof hout die zijn omgerekend naar CO₂ volgens de formule:
 1 ton ds hout = 0,5*44/12 ton CO₂.

De berekende CO₂-vastlegging van de beplanting heeft betrekking op de totale boven- en ondergrondse biomassavoorraad van de bomen (stam, takken en wortels).

3.1.1 Spontaan ontwikkeld ooibos

Spontaan ontwikkeld ooibos kan verschillende soortensamenstellingen hebben en kan zich met verschillende snelheden ontwikkelen. Welke soorten zich vestigen en met welke snelheid hangt van meerdere factoren af, zoals de aanwezigheid van zaadbronnen, de aan- of afwezigheid van grote grazers en het voormalig landgebruik. Het is daardoor lastig te voorspellen hoe een spontaan ontwikkeld ooibos eruit ziet en wat dit voor de CO₂-opslag van dit bos betekent.

Om hiervan binnen de scope van dit onderzoek een zo goed mogelijke inschatting te maken, is er besloten spontaan ontwikkeld ooibos als vaststaand scenario in te bouwen in de rekentool. Bij een aangeplant bos kan de soortensamenstelling handmatig worden ingevoerd. Bij spontaan te ontwikkelen ooibos is de boomsoortensamenstelling in de rekentool echter vastgelegd. Daarbij zijn drie typen spontaan te ontwikkelen ooibos in de rekentool ingebouwd: zachthout ooibos, vochtig hardhout ooibos en droog hardhout ooibos.

Voor de verschillende typen ooibos is de soortensamenstelling van de climaxvegetatie op basis van literatuur en expert judgement ingeschat. Er is geschat dat in een climaxsituatie op 30% van het totale oppervlakte struweel ontwikkelt en dat op de overige 70% boomvormers kunnen ontwikkelen. Waar bij bosaanplant direct bepaalde stamtallen per hectare gehanteerd worden, kan dit bij spontaan ontwikkeld bos sterk verschillen. Er kunnen zich direct veel bomen vestigen, maar het kan ook langer duren voordat houtigen zich vestigen. Aan de hand van literatuur en expert judgement is voor de verschillende typen ooibos een inschatting gemaakt van de snelheid waarmee het bos zich vestigt.

Daarbij is voor struweel en boomvormers apart ingeschat op hoeveel procent van het oppervlakte door de jaren heen verjonging plaatsvindt, om uiteindelijk tot de climaxvegetatie te komen. Voor het oppervlakte waar verjonging plaatsvindt van boomvormers (70% van het totale oppervlakte) en van struweel (30% van het totale oppervlakte) is respectievelijk ingeschat op welk percentage van dat oppervlakte in jaar 5 spontane verjonging optreedt. Hetzelfde is gedaan in jaar 10 en indien van toepassing elke 10 jaar daarna. Daarbij is ingeschat dat in sommige situaties het struweel op termijn maximaal verjongt (dus op 100% van het oppervlakte waar struweel zich verjongt, kortom op 30% van het totale oppervlakte), terwijl er bij de boomvormers geschat is dat er door de spontane vestiging geen maximale verjonging plaatsvindt en er ook open plekken zullen zijn.

De soortensamenstelling van de drie typen spontaan ontwikkeld ooibos en de snelheid waarmee deze typen ooibos zich spontaan ontwikkelen, worden hieronder omschreven. Zoals eerder genoemd heeft het voormalig landgebruik invloed op de spontane ontwikkeling van bos. Spontane bosontwikkeling op voormalige akkers verloopt in het algemeen sneller dan op voormalig grasland. Voor alle typen ooibos zijn beide uitgangssituaties meegenomen in de rekentool.

3.1.1.1 Zachthoutooibos

Climaxvegetatie:

- Boomvormers: 65% schietwilg, 15% kraakwilg, 15% zwarte populier, 5% zwarte els
- Struweel: grauwe wilg, amandelwilg en katwilg

Voor de ontwikkeling van de verjonging door de jaren, zie tabel 3.1.

Tabel 3.1

Snelheid van verjonging van spontaan ontwikkeld zachthout ooibos, met spontane verjonging van boomvormers op maximaal 70% van het totale oppervlakte en spontane verjonging van struweel op maximaal 30% van het oppervlakte. Percentages zijn voor boomvormersoppervlak en struweeloppervlak apart. Door de percentages spontane verjonging bij elkaar op te tellen kom je tot het totale oppervlakte waar verjonging heeft plaatsgevonden voor respectievelijk boomvormers en struweel. Op een voormalige akker vindt dus in jaar 10 naar schatting op 70% van het boomvormersoppervlak ontwikkeling plaats van boomvormers. Voor struweel vindt ontwikkeling op dat moment naar schatting op het gehele struweeloppervlakte plaats.

| Uitgangssituatie | Tijd | Percentage spontane verjonging boomvormers | Percentage spontane verjonging struweel |
|------------------|---------|--|---|
| Akker | Jaar 5 | Op 40% van het oppervlakte | Op 40% van het oppervlakte |
| | Jaar 10 | Op 30% van het oppervlakte erbij | Op de rest van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 20 | Op 15% van het oppervlakte erbij | |
| Grasland | Jaar 5 | Op 5% van het oppervlakte | Op 5% van het oppervlakte |
| | Jaar 10 | Op 5% van het oppervlakte erbij | Op 5% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 20 | Op 10% van het oppervlakte erbij | Op 10% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 30 | Op 10% van het oppervlakte erbij | Op 10% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 40 | Op 15% van het oppervlakte erbij | Op 15% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 50 | Op 20% van het oppervlakte erbij | Op 20% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 60 | Op 20% van het oppervlakte erbij | Op 20% van het oppervlakte erbij |

3.1.1.2 Hardhout ooibos

Er zijn twee typen hardhout ooibos meegenomen in de rekentool, namelijk vochtig en droog hardhout ooibos.

Climaxvegetatie vochtig hardhout ooibos:

- Boomvormers: 25% schietwilg, 25% (zwarte) populier, 20% zomereik, 20% zwarte els, 10% gewone es.
- Struweel: Gewone vlier, hondsroos, kornoelje, meidoorn, sleedoorn, katwilg en amandelwilg.

Climaxvegetatie droog hardhout ooibos:

- Boomvormers: 30% populier, 25% esdoorn, 20% zomereik, 10% gewone es, 10% iep, 5% linde.
- Struweel: Gewone vlier, hondsroos, kornoelje, meidoorn, sleedoorn.

De ontwikkeling van de verjonging van spontaan ontwikkeld hardhout ooibos door de jaren is terug te vinden in tabel 3.2. Deze getallen zijn gebruikt voor zowel vochtig als droog hardhout ooibos.

Tabel 3.2

Snelheid van verjonging van spontaan ontwikkeld hardhout ooibos, met spontane verjonging van boomvormers op maximaal 70% van het totale oppervlakte en spontane verjonging van struweel op maximaal 30% van het oppervlakte. Percentages zijn voor boomvormersoppervlak en struweeloppervlak apart. Door de percentages spontane verjonging bij elkaar op te tellen kom je tot het totale oppervlakte waar verjonging heeft plaatsgevonden voor respectievelijk boomvormers en struweel. Op een voormalige akker vindt dus in jaar 10 naar schatting op 65% van het boomvormersoppervlak ontwikkeling plaats van boomvormers. Voor struweel vindt ontwikkeling op dat moment naar schatting op het gehele struweeloppervlakte plaats.

| Uitgangssituatie | Tijd | Percentage spontane verjonging boomvormers | Percentage spontane verjonging struweel |
|------------------|---------|--|---|
| Akker | Jaar 5 | Op 40% van het oppervlakte | Op 40% van het oppervlakte |
| | Jaar 10 | Op 25% van het oppervlakte erbij | Op de rest van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 20 | Op 10% van het oppervlakte erbij | |
| | Jaar 30 | Op 10% van het oppervlakte erbij | |
| Grasland | Jaar 5 | Op 5% van het oppervlakte | Op 5% van het oppervlakte |
| | Jaar 10 | Op 5% van het oppervlakte erbij | Op 5% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 20 | Op 10% van het oppervlakte erbij | Op 10% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 30 | Op 10% van het oppervlakte erbij | Op 10% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 40 | Op 15% van het oppervlakte erbij | Op 15% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 50 | Op 20% van het oppervlakte erbij | Op 20% van het oppervlakte erbij |
| | Jaar 60 | Op 20% van het oppervlakte erbij | Op 20% van het oppervlakte erbij |

3.1.2 Berekening CO₂-vastlegging spontaan ontwikkeld ooibos

De CO₂-vastlegging door de jaren heen van de drie typen spontaan ontwikkeld ooibos is berekend door de CO₂-vastlegging van de aanwezige boomvormers en van het aanwezige struweel samen te nemen. De totale koolstofvastlegging van struweel is vastgesteld op 74 tCO₂/ha en de CO₂-vastlegging van de boomvormers (boven- en ondergronds) wordt berekend volgens de methode beschreven aan het begin van paragraaf [3.1 Berekening CO₂-vastlegging bos](#). Daarbij is rekening gehouden met de snelheid van de ontwikkeling van de boomvormers en het struweel zoals genoemd in paragraaf [3.1.1 Spontaan ontwikkeld ooibos](#), met de percentages verjonging door de jaren heen uit tabellen 3.1 en 3.2. Voor hardhoutooibos (tabel 3.2) op een voormalige akker wordt er voor boomvormers bijvoorbeeld in jaar 5 gerekend met 40% van het maximum aan boomvormers. In jaar 10 is die verjonging doorontwikkeld tot oudere bomen en daarnaast vindt er op 25% van het boomvormersoppervlakte weer nieuwe verjonging plaats. Voor de totale CO₂-vastlegging in jaar 10 van de boomvormers wordt de vastlegging van beide fases bij elkaar opgeteld.

De soortensamenstelling van het bos van de climaxvegetatie is voor alle jaren aangehouden. In werkelijkheid zal de soortensamenstelling bij een spontaan ontwikkeld bos veranderen door de jaren heen, met name voor hardhout ooibos. In de climaxvegetatie van hardhout ooibos staan ook soorten die wellicht wat langer nodig zullen hebben om zich daadwerkelijk te vestigen. Aan het begin van de spontane bosontwikkeling zullen vooral pionierssoorten zich vestigen, zoals berk. Gezien de scope van dit onderzoek, is deze veranderende soortensamenstelling door de jaren heen niet meegenomen.

3.2 CO₂-vastlegging rietmoeras

De CO₂-vastlegging van rietmoeras is gebaseerd op getallen uit Lesschen *et al.* (2012). De totale koolstofvoorraad in boven- en ondergrondse biomassa van rietmoeras is 12,5 ton C/ha, wat neerkomt op $12,5 \cdot 44 / 12 \approx 46$ tCO₂/ha. In lijn met de LULUCF voor Nederland groeit rietmoeras in 20 jaar naar dat maximum (Arets *et al.*, 2019), dus gemiddeld met 2,3 tCO₂/ha/jr.

3.3 Berekening CO₂-vastlegging in houtproducten en substitutie-effect

De CO₂-vastlegging in producten wordt als volgt berekend:

- Op basis van handelscijfers wordt bepaald voor welke producten het hout naar verwachting wordt benut. Zaagverlies zorgt er echter voor dat niet al het hout dat aan een productcategorie wordt toegekend daadwerkelijk in die productcategorie wordt verwerkt en benut. Rekening houdend met dit zaagverlies volgt een onderverdeling in productcategorieën gerangschikt naar levensduur van de producten, zie tabel 3.3. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen naald- en loofhout.

De gebruiker kan het aandeel hout per productcategorie ook naar eigen inzicht invullen. Hiervoor dient eerst de verdeling in productcategorieën ingevuld te worden, alvorens de boomsoort te kiezen.

- Aan de hand van de verwachte levensduur van de geoogste houtproducten wordt berekend hoe lang de CO₂ opgeslagen blijft in deze producten. Hiervoor is per productcategorie een omzettingsfactor aangehouden die is overgenomen uit Wördehoff *et al.* (2017), zie tabel 3.4. De omzettingsfactor is gekoppeld aan de verwachte levensduur van het hout en geeft aan hoe snel de koolstof uit dit hout naar verwachting vrijkomt. Bij houtproducten met een lange levensduur is de omzettingsfactor 0,02, wat neerkomt op een gemiddelde levensduur van 50 jaar. Bij energiehout is de omzettingsfactor 0,7, wat neerkomt op een gemiddelde levensduur van ongeveer 1,4 jaar.
- Tot slot wordt het cumulatieve substitutie-effect berekend. Dit geeft aan hoeveel fossiele CO₂ er is vervangen door de verwerking van het geoogste hout uit het bos in producten of door benutting van het hout voor energetische doeleinden. Dit substitutie-effect is berekend aan de hand van houtoogstcijfers, de verdeling in productcategorieën en een substitutiefactor die is overgenomen uit Wördehoff *et al.* (2017), zie tabel 3.4. In de substitutiefactor is rekening gehouden met CO₂-emissies bij de oogst en transport van het hout. Voor producten met een lange levensduur is de substitutiefactor 1,5. Dit betekent dat er per ton C verwerkt hout 1,5 ton C fossiel wordt vervangen.

Tabel 3.3

Onderverdeling in productcategorieën en aandeel van het hout dat daadwerkelijk in de productcategorie terecht komt voor naald- en loofhout, rekening houdend met zaagverlies.

| Productcategorie | Houtproducten met een lange levensduur | Houtproducten met een middellange levensduur | Houtproducten met een korte levensduur | Energiehout |
|------------------|--|--|--|--------------------------|
| | Bouw- en constructiehout | Vezel-, fineer, meubel, kist- en paalhout | Papier, pulp en karton | Brandhout en energiehout |
| Naaldhout | 0,15 | 0,30 | 0,22 | 0,33 |
| Loofhout | 0,06 | 0,12 | 0,11 | 0,71 |

Tabel 3.4
Onderverdeling in productcategorieën en de bijbehorende omzettingsfactor en substitutiefactor per productcategorie. Als voorbeeld is voor een aantal houtsoorten aangegeven wat de procentuele verdeling van het geoogste volume is over de productcategorieën.

| Productcategorie | Houtproducten met een lange levensduur | Houtproducten met een middellange levensduur | Houtproducten met een korte levensduur | Energiehout |
|---------------------------------------|--|--|--|--------------------------|
| Omvat de volgende sortimenten: | Bouw- en constructiehout | Vezel-, fineer, meubel, kist- en paalhout | Papier, pulp en karton | Brandhout en energiehout |
| Omzettingsfactor | 0,02 | 0,039 | 0,32 | 0,7 |
| Substitutiefactor (tC/tC) | 1,5 | 1,5 | 0,67 | 0,67 |

Bronnen

- Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman, M.-J. Schelhaas. 2019. *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands – Methodological background, update 2019. Wot-technical report 146*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment.
- Boosten, M., K. Riemer, J. Penninkhof. 2018. *CO₂-rekentool beplantingen Rijkswaterstaat – Beknopte toelichting*. Wageningen, Stichting Probos.
- Boosten, M., M.-J. Schelhaas, S. Teeuwen, K. Riemer. 2019. *Voorstudie doorontwikkeling CO₂-rekentool – Een verkennende studie naar nog ontbrekende kengetallen en verbeterpunten van de tool*. Wageningen, Stichting Probos.
- Goudzwaard, L., J.J. Jansen, A. Oosterbaan, J.F. Oldenburger, G.M. Mohren, J. den Ouden. 2016a. *FEM growth and yield data monocultures – Ash*. Wageningen, Forest Ecology and Forest management Group, Wageningen University.
- Goudzwaard, L., J.J. Jansen, A. Oosterbaan, J.F. Oldenburger, H. Lu. G.M. Mohren, J. den Ouden. 2016b. *FEM growth and yield data monocultures – Common beech*. Wageningen, Forest Ecology and Forest management Group, Wageningen University.
- IPCC. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Annex 3A.1. Biomass Default Tables for Section 3.2 Forest Land*. IPCC.
- Jansen, J.J., A. Oosterbaan. 2018. *Opbrengsttabellen Nederland 2018*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers.
- Lesschen, J.P., H. Heesmans, J. Mol-Dijkstra, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert, P. Kuikman. *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra-rapport 2396*. 2012. Wageningen, Alterra.
- Oldenburger, J.F., J.J. Jansen, A. Oosterbaan, H. Lu. G.M. Mohren, J. den Ouden. 2016. *FEM growth and yield data monocultures – Silver birch*. Wageningen, Forest Ecology and Forest management Group, Wageningen University.
- Oosterbaan, A., J.J. Jansen, J.F. Oldenburger, G.M. Mohren, J. den Ouden. 2016. *FEM growth and yield data monocultures – Red oak*. Wageningen, Forest Ecology and Forest management Group, Wageningen University.
- Schoonderwoerd, H., J.J. Jansen, G.M. Mohren, A. Oosterbaan, J.F. Oldenburger, L. Goudzwaard, J. den Ouden. 2016. *FEM growth and yield data monocultures – Douglas fir*. Wageningen, Forest Ecology and Forest management Group, Wageningen University.
- Wördehoff, R., C. Schulz, J. Nagel. 2017. *Nutzung oder Nutzungsverzicht aus Sicht des Klimaschutzes. AFZ Der Wald. 72; 21, 30-32.*