



Planbureau voor de Leefomgeving

BESCHIKBAARHEID EN TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VAN DUURZAME BIOMASSA

Verslag van een zoektocht naar gedeelde feiten en
opvattingen

Beleidsstudie

Bart Strengers en Hans Elzenga

8 mei 2020

PBL

Colofon

Beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa. Verslag van een zoektocht naar gedeelde feiten en opvattingen.

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving
Den Haag, 2020
PBL-publicatienummer: 4188

Contact

Bart Strengers [bart.strengers@pbl.nl]

Auteurs

Bart Strengers en Hans Elzenga

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Strengers, B. & H. Elzenga (2020), *Beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa. Verslag van een zoektocht naar gedeelde feiten en opvattingen*, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Voorwoord

De benutting van biomassa voor de verduurzaming van de energievoorziening en de productie-industrie is aanleiding tot soms heftig debat. Enerzijds is in brede kring de overtuiging dat de vervanging van de hoeveelheden olie, steenkool en gas die we in de laatste 150 jaar zijn gaan gebruiken als basis voor onze economie en welvaart niet goed mogelijk is zonder toevlucht tot biologische grondstoffen. Zonder biomassa lukt het volgens deze zienswijze niet om richting 2050 de doelstelling van het Klimaatakkoord van Parijs te halen. Biomassa, die nu al breed wordt ingezet, wordt aantrekkelijk gevonden omdat de benutting ervan een veel kortere koolstofcyclus kent dan de benutting van fossiele energiedragers, die er immers miljoenen jaren over heeft gedaan om gevormd te worden. De met biomassa uitgestoten koolstofdioxide (CO_2) kan worden gecompenseerd met nieuwe bomen en planten. Die ontnemen immers weer CO_2 aan de atmosfeer. Daarenboven kan de uitgestoten CO_2 ook worden afgevangen of aangewend waardoor die uit de lucht wordt gehaald ('negatieve emissies').

Anderzijds is in een evenzo brede kring de vrees dat een toenemende industriële benutting van biologische grondstoffen, naast de toenemende behoefte aan voedsel, onvermijdelijk zal leiden tot een nog verdergaande aanslag op de natuur. Een duurzaam beroep op 'natuurlijke reststromen' zal nauwelijks mogelijk blijken. Een verdergaande gesubsidieerde vermarkting van biomassa zal, zo is de vrees, leiden tot een toenemende industrialisering van niet alleen de bosteelt en boskap, maar ook de landbouw, met een verdergaande aantasting van de biodiversiteit tot gevolg. Die biodiversiteit staat al onverantwoord onder druk, met alle consequenties van dien, ook voor de voedselvoorziening. Bovendien heeft biomassa andere nadelen, zoals in verband met de lage energetische waarde en de luchtverontreiniging.

Ziehier één van de indringende duurzaamheidsdilemma's van dit moment. Wat heeft prioriteit: de instandhouding/stimulering van de mondiale biodiversiteit of de mondiale terugdringing van broeikasgassen?

Zo overzichtelijk als het vraagstuk hier in eerste instantie wordt geformuleerd, zo gecompliceerd is de zoektocht naar het antwoord. Dat heeft te maken met een veelheid van factoren: onzekere kennis, een uiteenlopende inschatting van de milieu-effecten van eenmaal in gang gezette verduurzamingstrajecten, uiteenlopend vertrouwen in monitoringssystemen, uiteenlopende wetenschappelijke perspectieven, uiteenlopende waarden en belangen. En dan hebben we het nog maar over twee van de vijf in deze studie onderscheiden perspectieven op de benutting van biomassa.

De veelvormige complexiteit maakt een eenduidig wetenschappelijk oordeel onmogelijk. Alhoewel standpunten op onderdelen wel degelijk wetenschappelijk gewogen kunnen worden, kan de wetenschap hier niet als uiteindelijke scheidsrechter fungeren. De feiten spreken niet voor zich, althans niet afdoende. Vandaar dat in deze studie, die als onderlegger moet dienen voor de uitwerking van een SER-advies over een integraal duurzaamheidskader voor de herkomst en toepassing van biomassa, is gekozen voor een aanpak 'op afstand'. Samen met betrokkenen zijn gehanteerde argumenten, onderliggende feiten en achterliggende perspectieven geïnventariseerd. Hoe ziet dit argumentenlandschap eruit? Waarover is men het eens,

waarover niet? Wat impliceert dit voor het uiteindelijk vorm te geven duurzaamheidskader? Welke keuzes moeten daarin worden gemaakt om een doeltreffende, maar ook flexibele, want 'lerende' uitweg te vinden uit het labrynt van vragen en dilemma's?

Ik dank de grote hoeveelheid mensen en organisaties die in de loop van dit intensieve traject hun kennis en inzicht met ons hebben gedeeld. Ongetwijfeld zal niet iedereen tevreden zijn met de uitkomst, juist omdat in deze studie is gekozen voor een methode 'op afstand'. Desalniettemin waren zo'n 150 stakeholders bereid om hun inzichten en gedachten met ons te delen. Zonder die bijdrage was deze studie onmogelijk geweest. Ik ben ervan overtuigd dat hiermee een uiterst nuttige onderlegger is geleverd voor een te ontwikkelen duurzaamheidskader voor biomassa.

Hans Mommaas

Directeur Planbureau voor de Leefomgeving

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	7
Bevindingen	10
Aanleiding van dit rapport	10
Doel van dit rapport	10
Afbakening	11
Bevindingen joint fact finding-proces	12
Bevindingen biomassabehoeftes en -beschikbaarheid	16
Conclusies en aanbevelingen	20
Aandachtspunten voor een duurzaamheidskader	27
Verdieping	30
1 Inleiding	30
2 Het stakeholdersproces	34
2.1 Het biomassadebat	34
2.2 Joint fact finding	34
2.3 Opvattingen en argumenten per thema	37
2.4 Vijf perspectieven op biomassa	41
3 Biomassa: Beschikbaarheid en behoefte voor Nederland	43
3.1 Behoeftes vanuit verschillende toepassingen	44
3.2 Beschikbaarheid van duurzame biomassa	48
3.3 Nederlandse behoefte in relatie tot de beschikbaarheid	52
4 Argumenten nader beschouwd	56
4.1 Effecten biomassaproductie op biodiversiteit	56
4.2 Noodzakelijkheid van biomassa voor klimaatdoelen	60
4.3 Koolstofschuld, terugverdientijd en koolstofpariteit	62
4.4 Rendement fotosynthese versus zon en wind	68
4.5 Ontbossing, duurzaam bosbeheer en CO ₂ -vastlegging	69
4.6 Gevolgen van een toenemende houtpelletproductie	75
4.7 Marginale, gedegradeerde en verlaten landbouwgronden voor biomassateelt	81
4.8 Indirect Land Use Change (ILUC)	86
4.9 De vormgeving van het cascaderingsprincipe	89
4.10 Luchtkwaliteit en gezondheidseffecten	93

4.11	Wetgeving en certificering	96
4.12	Koolstofboekhouding	101
4.13	Het fair share principe	103
5	Het duurzaamheidskader	105
5.1	Algemene aandachtspunten	105
5.2	Specifieke aandachtspunten	106
5.3	Monitoring en onderzoek	107
	Referenties	109

Samenvatting

Het kabinet is ervan overtuigd dat in een klimaatneutrale, circulaire economie een belangrijke rol is weggelegd voor biomassa. Die biomassa moet dan wel voldoen aan duidelijke duurzaamheidscriteria die op een breed draagvlak kunnen rekenen. Daartoe wil het kabinet een 'integraal duurzaamheidskader biomassa' opstellen. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft de Sociaal-Economische Raad (SER) gevraagd advies uit te brengen over het draagvlak voor en de uitvoerbaarheid van een dergelijk kader. Daarnaast is het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gevraagd als inbreng daarvoor de huidige en toekomstige beschikbaarheid en de optimale toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa voor Nederland in te schatten. Omdat het debat rond biomassa zeer gepolariseerd is, is tegelijkertijd een gezamenlijk feitenonderzoek (joint fact finding) uitgevoerd waaraan een brede groep van 150 stakeholders heeft bijgedragen. Het blijkt dat beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa niet op puur wetenschappelijke gronden bepaald kunnen worden, maar uiteindelijk sterk afhangen van het bredere perspectief dat wordt gehanteerd.

Doel van het rapport

Het rapport heeft drie doelen: 1) het geven van een overzicht van de huidige en toekomstige (tot 2050) beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa, 2) een overzicht van de verschillende visies daarover en 3) een toetsing van de naar voren gebrachte argumenten op basis van literatuur, met daaruit volgend een reeks conclusies en aandachtspunten voor het genoemde duurzaamheidskader. Het PBL heeft zich bij de eerste twee punten laten ondersteunen door CE Delft (voor het overzicht naar beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden) en De Gemeiynt/MSG Sustainable Strategies (voor de joint fact finding). Dit heeft twee achtergrondrapporten opgeleverd.

Afbakening

In overleg met het ministerie van IenW is de studie beperkt tot de productie en toepassing van biomassa voor materialen, voor energie en brandstoffen, voor toepassing in de landbouw als grondverbeteraar en als grondstof voor de chemische industrie. Binnen de gegeven tijd werd het te ambitieus geacht om ook een duurzaamheidskader voor de gehele voedsel- en veevoersector te willen opstellen. Dat neemt niet weg dat dit wel een essentiële vervolgstap is, zeker omdat de voedsel- en veevoerstromen op nationale, Europese en mondiale schaal veel groter zijn dan die van biomassa voor materialen, chemie en energietoepassingen.

Joint fact finding

Biomassa is een onderwerp waarover de opvattingen in de maatschappij zeer uiteenlopen. Het PBL heeft er daarom voor gekozen om zienswijzen uit verschillende gremia (wetenschap, overheid, bedrijfsleven, ngo's) bij de gedachtenvorming te betrekken door het uitvoeren van een gezamenlijk feitenonderzoek (joint fact finding, jff), waaraan ruim 150 stakeholders hebben deelgenomen. Hiertoe is er een online-enquête gehouden, zijn er drie bijeenkomsten georganiseerd en 34 interviews afgenomen. Op basis daarvan zijn voor tien belangrijke thema's – waaronder klimaat, luchtkwaliteit, landgebruik en sociale, economische en natuuraspecten in herkomstgebieden van biomassa – de soms zeer verschillende opvattingen en onderliggende argumenten geïnterviewd en weergegeven in een argumentenkaart. In die kaart staan tegenover elkaar de opvattingen en argumenten waarin het gebruik van biomassa als een kans of juist als een risico voor de onderscheiden thema's wordt beschouwd. 'Biodiversiteit' is in de argumentenkaart niet als apart thema onderscheiden, maar speelt binnen verschillende thema's een belangrijke rol.

Punten van overeenstemming

De argumentenkaart kan de indruk wekken dat er in het biomassadebat alleen opvattingen en argumenten zijn geuit die uitgesproken voor of tegen het gebruik van biomassa zijn, en dan vooral als energiebron. Maar er zijn zeker ook punten van overeenstemming in het debat. Zo

stellen stakeholders de klimaatdoelen niet ter discussie en zijn ze het erover eens dat zorgvuldig met landgebruik en de bodem moet worden omgegaan. Ook zien zij een blijvende rol voor biomassa weggelegd als materiaal (papier, karton en zaaghout voor de bouw en als vervanging van beton en staal) en als grondstof voor de chemie. Als energetische toepassing onvermijdelijk is om de duurzame energie- en klimaatdoelstellingen te halen, dan bij voorkeur waar nog weinig of geen alternatieven beschikbaar zijn (zoals in de lucht- en zeescheepvaart). Daarbij is directe verbranding van primaire biomassa een van de minste geprefereerde opties. Het vertrouwen in de duurzaamheid van biomassa is het grootst wanneer deze afkomstig is uit Nederland, en ook groter wanneer de biomassa uit Europa afkomstig is dan biomassa die van elders uit de wereld afkomstig is. Ook onderschrijven alle stakeholders het belang van de toepassing van ecologische, sociale en economische duurzaamheidsaspecten in de herkomstgebieden. En tot slot is er een grote mate van overeenstemming dat er onder voorwaarden hout geoogst mag en kan worden, waarbij het eerst langdurig opslaan van biogene koolstof en het vermijden van het gebruik van fossiele grondstoffen volgens hen belangrijke klimaatvoordelen oplevert.

Behoefte en beschikbaarheid biomassa

Volgens het onderzoek van CE Delft heeft de landbouw een groter potentieel aan duurzame biomassa dan de bosbouw. De (wetenschappelijke) literatuur laat echter een grote bandbreedte zien, omdat de geraamde potentiële sterk afhankelijk zijn van de onderliggende aannames. Denk daarbij aan land- en bosbouwproductiviteit, het beschikbare areaal, beleid in de herkomstlanden, de hoeveelheid restmateriaal dat op land- en bosbouwgrond moet achterblijven, de mate waarin gedegradeerde en marginale gronden worden gebruikt voor biomassateelt en de waterbeschikbaarheid. Het perspectief van waaruit stakeholders redeneren bepaalt in hoge mate in welke keuzes of aannames men zich kan vinden en in welke niet, en daarmee ook of zij lage dan wel hoge potentieelramingen aannemelijk vinden. Om meer zicht te krijgen op hoe de Nederlandse behoefte aan biomassa zich verhoudt tot de mondiale en Europese beschikbaarheid, heeft CE Delft dit gerelateerd aan vijf uit het joint fact finding - proces gedestilleerde perspectieven. Aan de hand van deze vijf perspectieven – die respectievelijk klimaat, hernieuwbare energie (met minimale inzet van biomassa), hernieuwbare grondstoffen, ecologie en duurzame ontwikkeling als belangrijkste focus hebben – zijn veronderstellingen gedaan over de visie op de toelaatbaarheid van winning en/of import van biomassa uit bepaalde bronnen en herkomstgebieden. Vervolgens is op basis daarvan ingeschat hoeveel biomassa volgens elk van de perspectieven beschikbaar is. Daarnaast zijn voor elk van de perspectieven veronderstellingen gedaan over de toelaatbaar geachte toepassingen en de daaruit voortvloeiende Nederlandse biomassabehoefte. Afhankelijk van het perspectief varieert de biomassabehoefte van Nederland als aandeel van de totale beschikbaarheid in 2050 van 0,6 procent (van de wereld) tot 6,5 procent (van de Europese Unie wanneer alleen daaruit import toelaatbaar wordt geacht). In geen enkel perspectief kan Nederland zelf in de behoefte voorzien.

Toetsing van argumenten

De argumenten die per thema zijn ingebracht, zijn getoetst aan meer dan 400 (wetenschappelijke) studies en rapporten die deels in het joint fact finding-proces zijn aangedragen door de stakeholders en deels voortkomen uit eigen literatuuronderzoek. We vatten hier de meest in het oog springende conclusies samen.

- De 'terugverdientijd' (de tijd die nodig is voordat het gebruik van biomassa CO₂-netto winst oplevert) is niet hard te bepalen, maar er kunnen mogelijk wel restricties worden opgelegd aan biomassastromen met een hoog risico op lange terugverdientijden.
- Bosbouw, bosbeheer en bescherming van bossen kunnen worden verbeterd met inachtneming van hun multifunctionaliteit.
- Mogelijke misstanden in de houtpelletindustrie moeten worden onderzocht en – als ze plaatsvinden – worden bestreden.

- Binnen de Europese Unie zou moeten worden gekeken naar mogelijk gebruik van marginale of verlaten landbouwgronden voor biomassateelt, landbouw, natuur of combinaties daarvan.
- De toepassing van 'cascadering', het zo hoogwaardig, optimaal en efficiënt mogelijk gebruiken van biomassa, wordt breed gesteund, maar er zijn veel mogelijke invullingen. De overheid wordt aangeraden voor een helder principe te kiezen.
- Oude biomassakachels en -ketels leiden tot (veel) meer luchtvervuiling dan nieuwe. Vervanging kan aanzienlijke luchtkwaliteitswinst opleveren.
- Bij het formuleren van wetgeving gericht op duurzaamheid moet de balans worden bewaakt tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid.
- De percentages van het mogelijke Nederlandse gebruik van biomassa ten opzichte van de mondiale of Europese (EU) beschikbaarheid (0,6 tot 6,5 procent) zijn in het algemeen hoger dan wat veel gesuggereerde verdeelsleutels aangeven voor de claim die Nederland op hoeveelheid duurzame biomassa mag leggen ('fair share'), zoals het aandeel van Nederland in de wereldbevolking of het bruto binnenlands product. Dit soort getallen kan echter alleen de start van een discussie zijn, en niet als uitgangspunt dienen voor import-restricties. Het lijkt belangrijker om eerlijke handel in meer algemene zin na te streven.

Aandachtspunten voor het duurzaamheidskader

De grote bandbreedtes in de toekomstige beschikbaarheid van en behoefte aan duurzame biomassa – voor een belangrijk deel veroorzaakt doordat hier vanuit de onderscheiden perspectieven verschillend naar wordt gekeken – vormen een uitdaging voor het vormgeven van het door de overheid gewenste integrale duurzaamheidskader voor biomassa. Op basis van de joint fact finding, de studie van CE-Delft en de door ons (het PBL) getrokken conclusies, benoemen we tot slot een aantal belangrijke aandachtspunten voor het van overheidswege op te stellen integrale duurzaamheidskader voor biomassa.

- Het lijkt een riskante strategie als de overheid zou inzetten op een klimaatneutrale circulaire economie zonder een significante rol voor biomassa. Verlies van biodiversiteit door gebruik van biomassa is echter een reëel risico. Daarom is het van groot belang dat de gevolgen van een toenemend biomassagebruik nauwkeurig worden gemonitord en dat in beleid een zorgvuldige afweging wordt gemaakt tussen vermindering van klimaatverandering en biodiversiteitsverlies. Ook een gezonde en vruchtbare bodem met voldoende organische stof en het tegengaan van (indirecte) veranderingen in het landgebruik (ILUC of Indirect Land Use Change) zijn cruciaal en moeten worden gewaarborgd in overeenstemming met de EU-wetgeving.
- Het is raadzaam om zowel in te zetten op de ontwikkeling van de productie van duurzame biomassa als op die van de productie van vloeibare of gasvormige koolwaterstoffen op basis van duurzame elektriciteit.
- De kans op acceptatie van en draagvlak voor de keuzes van de overheid kan wellicht worden vergroot door de stakeholders en experts die in dit project waren betrokken te blijven betrekken bij een gezamenlijk op te stellen ontwikkelagenda en bij de programmatische uitvoering daarvan. Aanbevolen wordt om de ontwikkelagenda mede te richten op robuuste biomassaconversie- en scheidingstechnieken op industriële schaal, die in staat zijn om van verschillende soorten biomassa via een tussenproduct verschillende eindproducten te maken.
- Luchtkwaliteit en gezondheidseffecten zouden meegenomen moeten worden in een duurzaamheidskader. De zorgen hierover bij verschillende stakeholders zijn groot.
- Het de vraag in hoeverre het juridisch mogelijk is dat Nederland scherpere eisen stelt aan geïmporteerde biomassa dan de eisen die in de Europese Unie worden gehanteerd. Het gesprek over verdere aanscherping en/of handhaving van de wetgeving zal dus ook op Europees niveau moeten blijven worden gevoerd.

Bevindingen

Aanleiding van dit rapport

In het Klimaatakkoord heeft het kabinet aangegeven ervan overtuigd te zijn dat de inzet van duurzame¹ biomassa in Nederland nu en richting 2030 en 2050 noodzakelijk is voor de verduurzaming van de Nederlandse economie. Daartoe wil het kabinet een 'integraal duurzaamheidskader' opstellen dat in principe gebruikt kan worden voor alle biomassa en alle toepassingen ervan. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft aan de Sociaal-Economische Raad (SER) gevraagd een advies uit te brengen over 'het draagvlak voor en de uitvoerbaarheid van een dergelijk duurzaamheidskader voor de herkomst en toepassing van biomassa'. Het ministerie van IenW heeft aan het PBL gevraagd om als inbreng voor het SER-advies te onderzoeken 1) wat de maximale beschikbaarheid voor Nederland is van de verschillende biomassastromen, rekening houdend met diverse invullingen van het 'fair share' beginsel en 2) wat de toepassingsmogelijkheden zijn van de verschillende biomassastromen, uitgaande van een zo optimaal en efficiënt mogelijk gebruik van de beschikbare biomassa (cascadering). Het PBL heeft CE Delft de opdracht gegeven beide deelonderzoeken uit te voeren. Dit heeft geresulteerd in een technische achtergrondstudie (zie CE Delft 2020), die als belangrijke informatiebron is gebruikt in dit rapport. Dit onderzoek is echter slechts een van de elementen in dit rapport.

Het PBL meent dat de twee genoemde deelonderzoeken alleen dan van waarde zijn als vanaf het begin af aan rekenschap wordt gegeven van het sterk gepolariseerde debat over de mogelijke rol van de verschillende vormen van biomassa in de energie-transitie en een circulaire (bio)economie. Daarom is ervoor gekozen om zienswijzen uit verschillende gremia (wetenschap, overheid, bedrijfsleven, ngo's) bij de gedachtenvorming te betrekken. Parallel – en voedend – aan de studie van CE Delft is daarom onder begeleiding van De Gemeeynt en MSG Sustainable Strategies (MSG) een gezamenlijk feitenonderzoek (joint fact finding, jff) gestart, waaraan ruim 150 stakeholders hebben deelgenomen. Het doel van dit stakeholdersproces was daarbij niet om consensus te bereiken, maar om inzicht te krijgen in de visies, opvattingen, argumenten en dilemma's van verschillende stakeholders met betrekking tot de vraag wat zij verstaan onder *duurzame* biomassa in de meest brede zin van het woord, alsook welke mogelijke implicaties die volgens hen hebben voor de beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van biomassa. Ook dit onderzoek is vastgelegd in een achtergrondrapportage (De Gemeeynt & MSG Strategies, 2020).

Doel van dit rapport

Het doel van dit rapport is drieledig. Ten eerste geeft het een overzicht van de maximale beschikbaarheid en van de toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa – gegeven de verschillende interpretaties van het begrip 'duurzaam' – op basis van de technische achtergrondstudie van CE Delft (CE Delft, 2020). Ten tweede geeft het een overzicht van de visies, opvattingen, argumenten en dilemma's die de ruim 150 stakeholders hebben ingebracht in het jff-proces. Ten derde is gepoogd de in kaart gebrachte argumenten te toetsen aan de hand van de gecombineerde inzichten uit de studies van CE Delft en De Gemeeynt/MSG Sustainable Strategies en de meer dan 400 studies die gedurende het traject door stakeholders en het

¹ De term 'duurzame biomassa' wordt veelvuldig gebruikt, maar zoals zal blijken in dit rapport is de interpretatie van 'duurzaam' niet eenduidig, ook niet in de wetenschap.

projectteam zijn ingebracht. Op basis van die drie elementen heeft het PBL een aantal aandachtspunten geformuleerd die als inbreng kunnen dienen voor het SER-advies en het integrale duurzaamheidskader.

In dit rapport vatten we daarmee de huidige stand van de kennis samen en geven we een overzicht van de uiteenlopende perspectieven op duurzame biomassa. Uiteraard hebben we niet de pretentie dat we zelf volledig 'perspectiefloos' zijn en daarom was het streven om een zo breed en neutraal mogelijk zicht te bieden op de verschillende perspectieven die in het debat spelen. We maken géén keuze voor een of meer van deze perspectieven, en hebben evenmin getracht een eigen visie op de ingebrachte argumenten en dilemma's te ontwikkelen. In het traject dat volgt na het uitbrengen van het advies van de SER kan het PBL bijdragen aan de verdere invulling van het duurzaamheidskader, rekening houdend met de dan geformuleerde hoofdlijnen van beleid.

Afbakening

Het integrale duurzaamheidskader zou volgens het Klimaatakkoord betrekking moeten hebben op alle biomassa en alle toepassingen daarvan. In overleg met het ministerie van IenW hebben we ons in deze studie beperkt tot de productie en toepassing van biomassa voor materialen (papier, hout, spaanplaat, riet, vlas, hennep), voor grondstoffen (feedstock) voor de chemische industrie, voor energie en brandstoffen, en voor toepassing in de landbouw als grondverbeteraar. Op dit moment wordt dit gezien als een belangrijke eerste stap. Binnen de gegeven tijd werd het te ambitieus geacht om ook een duurzaamheidskader voor de gehele voedsel- en veevoersector te willen opstellen. Dat neemt niet weg dat dit wel een essentiële vervolgstap is, zeker omdat de voedsel- en veevoerstromen op nationale, Europese en mondiale schaal veel groter zijn dan die van biomassa voor materialen, chemie en energietoepassingen. Zo werd in Nederland in 2012 van alle geïmporteerde en geproduceerde landbouwproducten, in termen van gewicht, slechts 5.5 procent omgezet in biobrandstoffen (vooral bio-ethanol, met name voor de export). We hebben er wel rekening mee gehouden dat voedsel en veevoer een groot beslag leggen op de beschikbare landbouwgrond en dat die grond niet beschikbaar is voor de teelt van biomassa voor andere doeleinden. Voor het vaststellen van de beschikbaarheid van productiestromen uit de landbouw zijn daarom alleen studies en cijfers gebruikt waarin met voorrang wordt voorzien in de behoefte aan voedsel en kleding voor de wereldbevolking (het 'food, feed and fibre first-principe').

Aan de beschikbaarheidskant is onderscheid gemaakt naar de herkomstgebieden Nederland, de Europese Unie² en de wereld, naar de sectoren landbouw en bosbouw en tevens naar productiestromen (de hoofdproducten waarop de landbouw of bosbouw is gericht), primaire reststromen³ (die in het veld vrijkomen bij de productie, bijvoorbeeld delen van planten en bomen die na de oogst op het land blijven liggen), secundaire reststromen (die vrijkomen bij het verwerkingsproces van de productiestroom, bijvoorbeeld zaagsel en bietenpulp) en tertiaire reststromen (die ontstaan na gebruik of consumptie van een product, bijvoorbeeld afvalhout en groente-, fruit- en tuinafval).

Tot slot is het belangrijk te benoemen dat bij het vaststellen van de behoefte aan biomassa vanuit de onderscheiden sectoren in zowel het stakeholdersproces als de studie van CE Delft slechts beperkt is ingegaan op de vraag hoe groot de bijdrage van biomassa in die sectoren op verschillende momenten in de tijd zou moeten zijn vanuit het oogpunt van een optimaal transitiepad naar een klimaatneutrale circulaire economie in 2050.

² Dit verwijst naar de EU *incl.* Groot-Brittannië, dus de voormalige 28 landen van de EU.

³ In plaats van de term 'reststroom' wordt ook wel 'nevenstroom' gebruikt omdat de term 'reststroom' suggereert dat het geen functie heeft of kan hebben.

Bevindingen joint fact finding-proces

Selectie van stakeholders

Het jff-proces stond open voor iedereen die een inhoudelijke bijdrage wilde leveren aan de discussie over duurzame biomassa, hetzij door kennis over de beschikbaarheid en mogelijke toepassingen, hetzij door kennis over duurzaamheidsaspecten. De keuze voor een inclusieve aanpak is afgewogen tegen een meer exclusieve aanpak waarbij vooraf alleen experts worden geselecteerd op basis van kennis en onafhankelijkheid. Een exclusieve aanpak kan weliswaar sneller tot een duidelijk oordeel komen, maar is gevoelig voor kritiek op de keuze van experts. Zo zouden critici kunnen oordelen dat bepaalde partijen – bijvoorbeeld belangenbehartigers, klimaatwetenschappers of beleidsmakers – onevenredig zwaar zijn vertegenwoordigd.

Het projectteam heeft op basis van eigen kennis van het Nederlandse netwerk en een beperkt internetonderzoek een eerste lijst met stakeholders opgesteld. Daarnaast is het onderzoek publiek aangekondigd op de website van het PBL en is aan de deelnemende partijen gevraagd, in enquête en interviews, wie er naar hun mening nog meer betrokken zouden moeten worden. Dit heeft geresulteerd in een lijst met 247 geïnformeerde stakeholders, waarvan er 151 actief hebben bijgedragen. De stakeholders waren werkzaam bij onder andere overheden, branche-organisaties, kennisorganisaties, adviesbureaus, ngo's, gebiedsbeheerders en certificerende of normstellende organisaties. Eén stakeholder heeft zich uit het proces teruggetrokken omdat deze stakeholder zich niet kon vinden in het gevolgde jff-proces.

Enquête, interviews en bijeenkomsten

Aan het begin van het jff-proces is een enquête onder stakeholders verspreid met als doel om input te leveren aan de kwantitatieve beschouwing over de beschikbaarheid van en toepassingsmogelijkheid voor biomassa in Nederland, en om een scherper beeld te krijgen van de verschillende posities in het biomassa-debat. De enquête is ingevuld door een diverse groep van 97 respondenten. Tevens zijn 34 verdiepende interviews gehouden met vertegenwoordigers van verschillende organisaties met uiteenlopende expertisegebieden, en zijn er drie stakeholderbijeenkomsten georganiseerd waarin de deelnemers mondeling en digitaal hun visies en argumenten konden inbrengen en bediscussiëren. Het stakeholderproces was puur consultatief, en er zijn binnen het proces geen inhoudelijke conclusies getrokken. Tijdens het jff-proces zijn de ingebrachte argumenten en overwegingen alle van evenveel belang geacht, en in de verslaglegging zijn ze niet gewogen en niet gekoppeld aan de persoon of organisatie die het argument heeft inbracht.

De argumentenkaart

Op basis van de enquêtes, de interviews en de bijeenkomsten en een nieuws-scan zijn door De Gemeynt/MSG Sustainable Strategies voor een tiental thema's de verschillende opvattingen en onderliggende argumenten geïnventariseerd en heeft De Gemeynt/MSG-Sustainable Strategies samen met het PBL een 'argumentenkaart' opgesteld. De tien thema's zijn klimaat, landgebruik, energietransitie (incl. cascadering), 'people planet profit', economie, luchtkwaliteit, certificering, koolstofboekhouding, beleid en eerlijke verdeling (fair share, oftewel hoe groot de claim is die Nederland op de mondiale en Europese hoeveelheid duurzame biomassa mag leggen). Het thema 'biodiversiteit' - en dan vooral het mogelijke verlies daarvan ten gevolge van grootschalige biomassaproductie - is niet als apart thema in de argumentenkaart onderscheiden maar wordt behandeld als een overkoepelend thema dat expliciet en impliciet terugkomt in verschillende andere thema's en bijbehorende argumenten. Tevens vormt het de basis van één van de vijf onderscheiden perspectieven van stakeholders (zie verder onder 'Vijf perspectieven').

In Tabel S.1 zijn de verschillende opvattingen voor de tien onderscheiden thema's weergegeven. Aan de linkerzijde van de argumentenkaart staan opvattingen en argumenten waarin biomassa vooral als een kans wordt beschouwd voor het bereiken van een circulaire (bio)-

economie, en aan de rechterzijde argumenten die vooral de risico's op ongewenste effecten benadrukken.

Tabel S.1 Schematische versie van de argumentenkaart (per thema zijn alleen de opvattingen gegeven; de integrale versie met onderliggende argumenten staat in hoofdstuk 2).

Klimaat	
Biomassa verkleint het klimaatprobleem.	Biomassa vergroot het klimaatprobleem.
Onder de juiste condities is koolstofschuld ⁴ niet relevant voor het klimaat.	Door biomassaverbranding ontstaat een koolstofschuld.
Biomassa is noodzakelijk voor het behalen van klimaatdoelen.	Klimaatdoelen kunnen ook zonder biomassa worden gehaald.
Landgebruik en landbouw	
Bij verantwoord bosbeheer is duurzame oogst mogelijk.	Huidig bosbeheer laat geen toenemende vraag naar hout toe
Met best-practices en innovaties in landbouw kan gebruik voor energie toenemen.	Landbouw voor energiedoeleinden is niet mogelijk.
Energietransitie	
Biomassa is noodzakelijk voor de energietransitie.	Bio-energie is een ongewenste optie in een duurzaam energiesysteem.
Biomassa is noodzakelijk voor een circulaire bio-economie.	Alleen hoogwaardige toepassingen van biomassa horen in een circulaire bio-economie.
Sociale, economische en natuuraspecten in herkomstgebieden ('people planet profit')	
Biomassa kan samengaan met een verbetering voor mens en natuur.	Biomassa kan negatieve effecten hebben op mens en natuur.
Nederlandse economie	
Biomassa versterkt de Nederlandse economie.	Huidig gebruik van biomassa remt innovatie.
Nederlandse luchtkwaliteit	
Biomassaverbranding geeft weinig verslechtering van luchtkwaliteit.	Biomassaverbranding geeft luchtverontreiniging.
Vertrouwen in certificering	
Bij certificering worden strenge duurzaamheidsprincipes en -criteria gehanteerd.	Certificering is een papieren werkelijkheid.
Koolstofboekhouding	
De koolstofboekhouding is sluitend en voorkomt dubbeltellingen.	Huidige kaders bieden onvoldoende garanties voor CO ₂ -reductie.
Beleid	
Het energie- en klimaatbeleid kan de toepassing van biomassa positief beïnvloeden.	Huidige kaders hinderen de hoogwaardige inzet van biomassa in de energie- en grondstoffentransitie.
Fair share	
Eerlijke handel is belangrijk, maar <i>fair share</i> is geen werkbaar principe.	Huidige kaders bieden onvoldoende garanties voor eerlijke handel.

Van joint fact finding naar perspectieven op biomassa

In de loop van het jff-proces is het accent steeds meer verschoven meer van een zoektocht naar 'feiten' naar het identificeren van onderliggende perspectieven op biomassa. Feiten bleken niet de enige en misschien zelfs niet de belangrijkste bron van meningsverschillen te zijn; het debat gaat vooral ook over de duiding van die feiten in het licht van uiteenlopende perspectieven, wereldbeelden en belangen. Ze weerspiegelen uiteenlopende opvattingen en vooronderstellingen over en waarderingen van maatschappelijke doelen waartussen afruil bestaat: economische ontwikkeling en volumegroei, klimaatdoelen, biodiversiteitsbehoud, bodembeheer, voedselproductie, materialeninzet en transitietempo en veranderingsmogelijkheden in

⁴ De koolstofschuld wordt meestal gedefinieerd als de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij het oogsten en gebruiken van een bos. Voor meer details, zie paragraaf 4.3.

verschillende sectoren. Die uiteenlopende opvattingen bepalen in sterke mate de biomassa-discussie maar zijn niet oplosbaar via een discussie over biomassa sec en het verzamelen van meer kennis en feiten. Ze vergen uiteindelijk politieke besluiten op basis van niet alleen wetenschappelijke kennis maar ook maatschappelijke afwegingen. Daarom was de opzet van de joint fact finding (jff) door De Gemynt/MSG Sustainable Strategies vooral om ruimte te geven aan alle mogelijke argumenten en zorgen die leven onder de stakeholders, en niet om op alle punten consensus te bereiken.

Punten van overeenstemming

De argumentenkaart kan de indruk wekken dat er in het biomassadebat alleen opvattingen en argumenten zijn geuit die uitgesproken voor of tegen het gebruik van biomassa zijn, en dan vooral als energiebron. Uiteraard zijn in het debat ook opvattingen en argumenten naar voren gebracht die meer tussen de uitersten in liggen en waarover belanghebbenden het zelfs in meer of mindere mate eens waren. Het gaat hierbij om de volgende (meer algemene) punten van overeenstemming:

- De klimaatdoelen op nationaal, Europees en mondiaal niveau staan niet ter discussie.
- Risico's op indirecte veranderingen in landgebruik (ook Indirect Land Use Change (ILUC) genoemd) en een hoge koolstofschuld moeten worden geminimaliseerd.
- Er is een grote mate van overeenstemming dat er onder voorwaarden hout geoogst mag en kan worden. Zo lijkt er overeenstemming te zijn dat tertiaire reststromen (stromen die vrijkomen na gebruik) beperkte klimaatrisico's hebben en dat hetzelfde geldt voor een deel van de primaire reststromen (die bij de productie vrijkomen op de akker of in het bos) en secundaire reststromen (die vrijkomen bij de verwerking).
- Een gezonde en vruchtbare bodem met voldoende organische stof is cruciaal en moet worden gewaarborgd.
- Stakeholders zien een blijvende rol voor biomassa weggelegd als materiaal (zaaghout, papier, karton en als vervanging van beton en staal) en ook als feedstock voor de chemie.
- Als energetische toepassing onvermijdelijk is om de duurzame energie- en klimaatdoelstellingen te halen, dan bij voorkeur in sectoren waar nog weinig of geen alternatieven beschikbaar zijn (zoals in de lucht- en zeescheepvaart).
- Alle stakeholders onderschrijven het principe van cascadering, het zo hoogwaardig, optimaal en efficiënt mogelijk toepassen van biomassa. Daarbij is directe verbranding van primaire biomassa één van de minst geprefereerde opties; stakeholders zijn het eens dat het eerst langdurig opslaan van biogene⁵ koolstof in materialen en producten en het vermijden van fossiele grondstoffen belangrijke klimaatvoordelen heeft.
- Het belang van de duurzaamheidsaspecten welzijn, natuur, biodiversiteit en welvaart wordt door alle stakeholders onderschreven, maar er zijn verschillen van inzicht in hoe verre concurrentie met voedselvoorziening, schending van mensenrechten en aantasting van biodiversiteit vermeden kunnen worden.
- Een transitie naar een biobased economie kan een economische impuls geven.
- De huidige stimulering van biomassagebruik via de SDE+-regeling is onevenwichtig gericht op energietoepassingen en op kostenefficiëntie op de korte termijn in plaats van gericht op meer hoogwaardige toepassing (zoals chemie en materialen) en de langere termijn.
- Het vertrouwen in de duurzaamheid van biomassa is het grootst wanneer deze afkomstig is uit Nederland omdat de invloed van beleid op nationaal niveau het grootst wordt geacht. Om dezelfde reden is het vertrouwen in biomassa uit de Europese Unie groter dan voor biomassa die van elders uit de wereld afkomstig is. Daarbij kunnen verschillen tussen specifieke landen bestaan.

⁵ Koolstof dat is opgeslagen door levende organismen, zoals planten, bomen en algen.

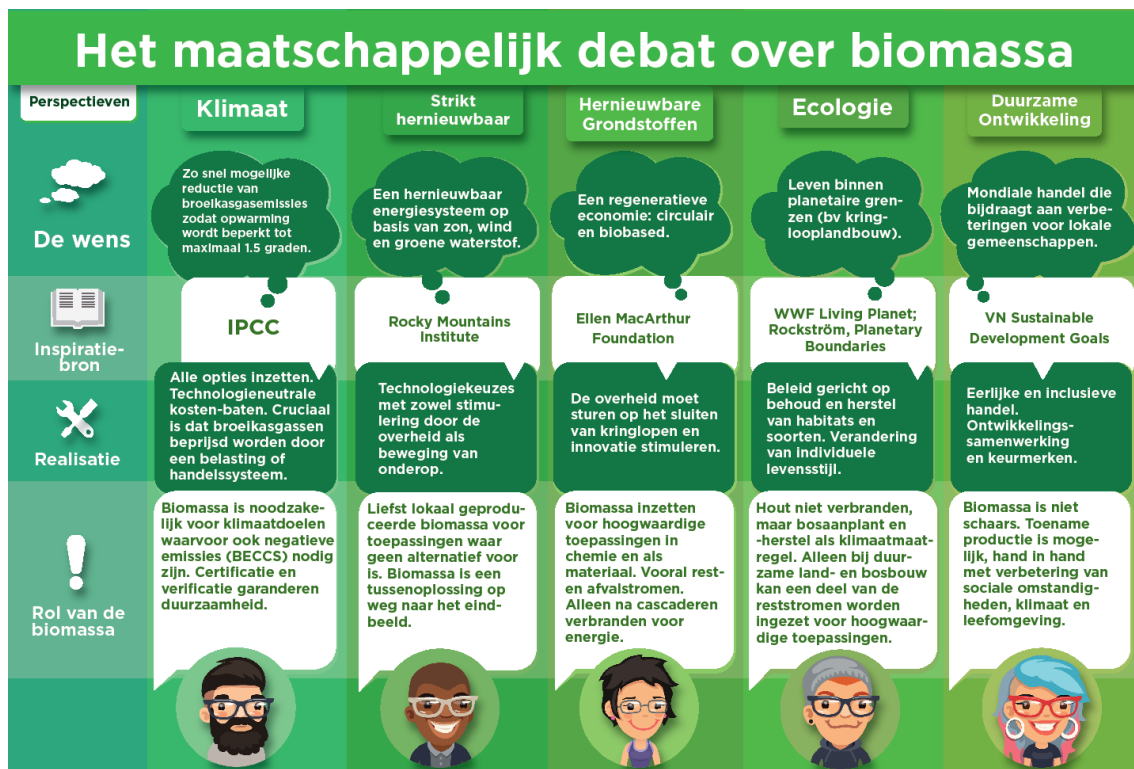
Uit de argumentenkaart en de punten van overeenstemming komt het beeld naar voren dat stakeholders het wel eens zijn over het nut en de noodzaak van de doelen die in elk van de thema's dominant zijn. Maar ze hebben een ander antwoord op de vraag of en in welke mate biomassa een rol moet spelen bij het realiseren van die doelen, aan welke duurzaamheidseisen die moet voldoen, en waar die duurzame biomassa dan vandaan zou mogen komen.

Vijf perspectieven

Tijdens het jff-proces bleek dat de stakeholders wat betreft de geschilpunten niet bij alle thema's consequent aan de linker- of aan de rechterzijde van de argumentenkaart kunnen worden ingedeeld. Ze laten zich dus niet eenvoudig indelen in voor- en tegenstanders. Er werden uiteenlopende redeneerlijnen zichtbaar, die elk op zich consistent en onderbouwd zijn met onderliggende rapporten en analyses, maar die maar ten dele verenigbaar zijn met andere redeneerlijnen. Er blijkt niet zozeer een debat te zijn over wat feiten zouden zijn, maar vooral over de opvattingen en de duiding van deze feiten in het licht van iemands perspectief.

Om die reden hebben De Gemeynt en MSG Sustainable Strategies gezocht naar een indeling in wereldbeelden of perspectieven die de verschillende posities in het debat (gedeeltelijk) kunnen verklaren, en die daarmee kunnen helpen de verschillende redeneerlijnen beter te duiden. Hierbij is geen zuiver wetenschappelijke invalshoek gekozen, maar is een eigen pragmatische indeling gemaakt op basis van de enquêteresultaten in combinatie met de gesprekken, bijeenkomsten en interviews. De Gemeynt en MSG Sustainable Strategies hebben deze redeneerlijnen teruggebracht tot een vijftal perspectieven (zie figuur S.1), onder de noemer van 1) Klimaat, 2) Strikt hernieuwbaar, 3) Hernieuwbare grondstoffen, 4) Ecologie en 5) Duurzame ontwikkeling. Elk van deze perspectieven heeft een eigen (maatschappelijke) hoofddoelstelling, en tevens een eigen beeld van de huidige en gewenste staat van het klimaat, de natuur, de biodiversiteit, de landbouw- en voedselvoorziening, de (lokale) economie en het energiesysteem. Een perspectief omvat dan ook niet alleen een visie op biomassa op zich, maar ook op het bredere systeem waarin biomassa al dan niet voor energie- en andere toepassingen inzetbaar wordt geacht. Hoewel stakeholders gevoelig kunnen zijn voor argumenten uit meerdere perspectieven, geldt voor de meesten dat één bepaald perspectief overheersend is. De deelnemers van het jff-proces beschouwden de indeling in perspectieven als herkenbaar en vruchtbaar voor het diepgaander en constructief doorspreken van de verschillen en overeenkomsten.

Tot slot: omdat elk van de onderscheiden perspectieven een andere visie heeft op welke duurzaamheidseisen hoe streng moeten worden gehanteerd en welke herkomstgebieden en toepassingen toelaatbaar zijn, komen ze ook alle vijf tot andere inschattingen van hoe groot de Nederlandse behoefte aan biomassa is en hoeveel er beschikbaar is. In dit rapport is op basis van de stakeholderperspectieven een aanzet gedaan om dat te kwantificeren.



Bron: (De Gemeynt & MSG Strategies, 2020).

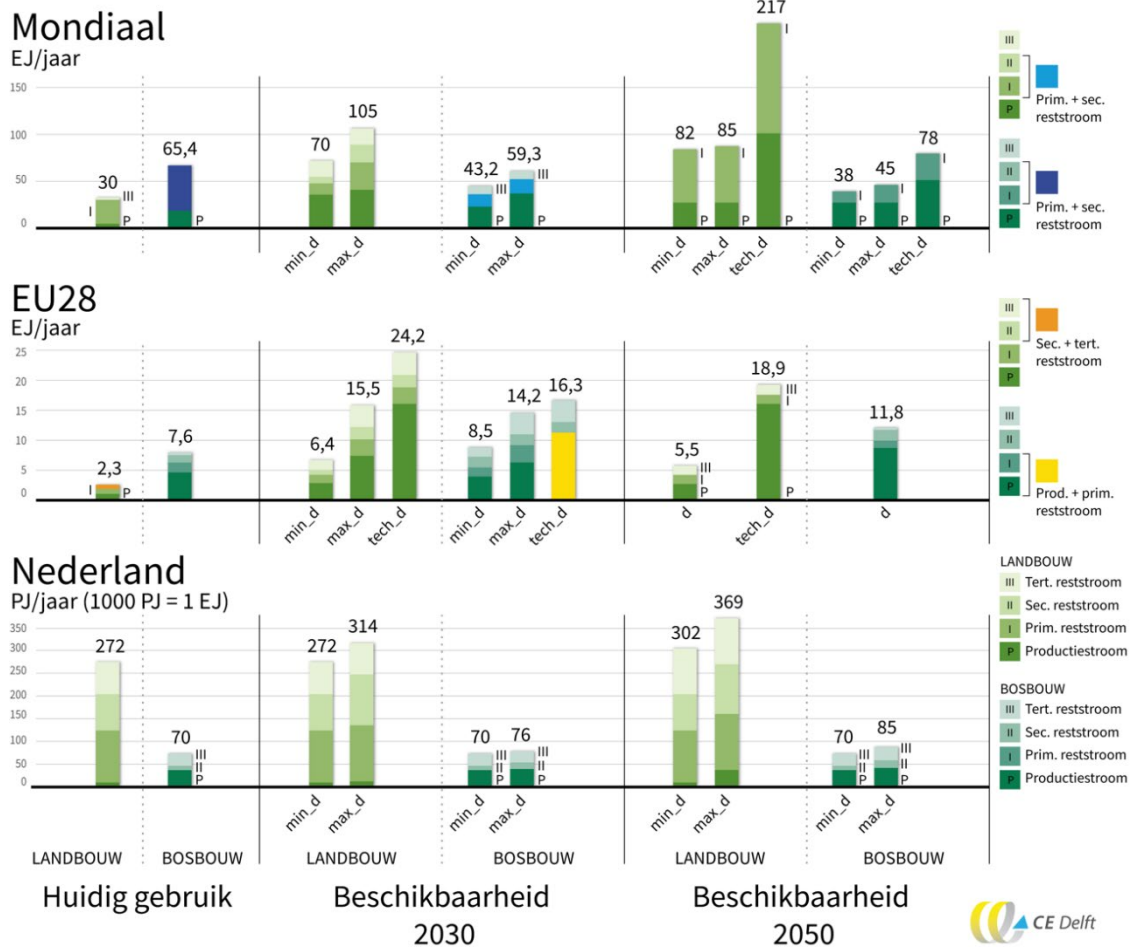
Figuur S.1 Karakterisering van de perspectieven.

Bevindingen biomassabehoefte en -beschikbaarheid

CE Delft heeft in het kader van deze studie op basis van beschikbare literatuur in kaart gebracht hoe groot de Nederlandse behoefte aan en de beschikbaarheid voor Nederland van biomassa bij verschillende interpretaties van duurzaamheid nu en in de toekomst (2030 en 2050) zouden kunnen zijn. Bij het vaststellen van de beschikbaarheid is import meegenomen. Vanwege de grote onzekerheden die inherent zijn aan toekomstramingen en het feit dat in de literatuur vaak verschillende uitgangspunten worden gehanteerd, heeft CE Delft alleen bandbreedtes en geen exacte hoeveelheden gepresenteerd.

Beschikbaarheid van duurzame biomassa

De inventarisatie van de beschikbaarheid van biomassa is gericht op de sectoren landbouw en bosbouw in de herkomstgebieden Nederland, de Europese Unie en de wereld. Daarbij is onderscheid gemaakt naar productiestromen en primaire, secundaire en tertiaire reststromen (zie de toelichting onder 'Afbakening'). Bij de bepaling van de biomassabeschikbaarheid zijn alleen getallen gebruikt waarover in de literatuur brede overeenstemming is, oftewel waarvan de gekozen veronderstellingen door velen als plausibel worden gekenschetst. Voor zover mogelijk is daarbij onderscheid gemaakt tussen een 'duurzaam' en 'technisch duurzaam' potentieel aan biomassa. Het duurzame potentieel is gebaseerd op studies waarin rekening is gehouden met verregaande ecologische duurzaamheidsbeperkingen, zoals uitsluiting van areaal met een watertekort of waterstress, areaal met een verhoogde kans op bodemdegradatie of areaal met een hoge biodiversiteits-waarde. Het 'technisch duurzame' potentieel gaat uit van studies waarin alleen rekening wordt gehouden met basale duurzaamheidseisen, zoals het met voorrang voorzien in de behoefte aan voedsel en kleding voor de wereldbevolking (het 'food, feed and fibre first-principe') en het uitsluiten van beschermde gebieden en oorspronkelijke natuur.



Bron: (CE Delft, 2020)

Figuur S.2 Huidige en toekomstige (2030 en 2050) beschikbaarheid van biomassa uit landbouw- en bosbouwstromen voor energie- en materiaaltoepassingen in de wereld, de Europese Unie en in Nederland. Min_d en max_d zijn respectievelijk de minimale en maximale duurzame beschikbaarheid, tech_d is de technisch duurzame beschikbaarheid. De EU-28 totalen zijn lager in 2050 dan in 2030. Dit komt onder andere doordat er weinig studies zijn die dit hebben gekwantificeerd (secundaire reststromen ontbreken bijvoorbeeld). De Nederlandse beschikbaarheidscijfers voor 2030 en 2050 zijn inclusief het huidige gebruik.

Het grootste potentieel aan duurzame biomassa blijkt in de landbouw te liggen, zowel in de Europese Unie als mondiaal (zie figuur S.2). Het gaat daarbij om biomassa uit biomassateelt en om reststromen van andere teelten. De potentiële beschikbaarheid in 2030 en 2050 vanuit de land- en bosbouw is sterk afhankelijk van de onderliggende aannames voor een groot aantal factoren, waaronder de land- en bosbouwproductiviteit, het beschikbare landbouwareaal (dat sterk afhankelijk is van het aandeel dierlijke producten in het dieet), beleid in de herkomstlanden, de hoeveelheid restmateriaal die op land- en bosbouwgrond moet achterblijven ten behoeve van de bodemvruchtbaarheid en de biodiversiteit, de mate waarin gedegradeerde en marginale gronden voor biomassateelt worden gebruikt en de waterbeschikbaarheid. Opgemerkt dient te worden dat in figuur S.2 de toekomstige beschikbaarheid in Nederland, in tegenstelling tot de EU- en de mondiale cijfers, is weergegeven inclusief het huidige gebruik. Dit vanuit de gedachte dat een betere benutting van de bestaande stromen in potentie ook extra

biomassa oplevert, bijvoorbeeld door betere benutting van gewasresten en bioraffinage⁶. Binnen Nederland kan de hoeveelheid duurzame biomassa in de periode tot 2050 met ongeveer 110 petajoule toenemen. Daarbij moet worden opgemerkt dat er nauwelijks recente studies zijn die de toekomstige Nederlandse beschikbaarheid van alle afzonderlijke biomassastromen goed in kaart hebben gebracht.

Biomassabehoeft

Tabel S.2 toont de sectoren en toepassingen die CE Delft heeft meegenomen bij het in kaart brengen van de totale Nederlandse behoefte aan biomassa. De inschattingen van de Nederlandse behoefte aan biomassa komen vooral uit studies die slechts één sector onder de loep hebben genomen, en die meestal geen rekening houden met de behoefte vanuit andere sectoren of andere landen, en dus ook niet met de mogelijkheid van het zo hoogwaardig, optimaal en efficiënt mogelijk benutten van biomassa (cascadering). Bovendien wordt in het merendeel van deze studies geen rekening gehouden met mogelijke schaarste aan biomassa, maar wel met het feit dat biomassa uiteindelijk niet onbeperkt en gratis beschikbaar is. Een beperking van de beschikbare studies is verder dat voor materialen vrijwel geen schattingen bestaan voor 2030 en 2050. Dit is een belangrijke hiaat omdat de vervanging van (bouw)materialen (inclusief beton en staal) door biobased materialen als hoogwaardig en dus wenselijk wordt gezien in een biobased circulaire economie⁷.

Zoals Tabel S.2 laat zien zijn de door CE Delft gerapporteerde ranges in de Nederlandse behoefte aan biomassa (incl. bunkers) zeer groot. Aanvullend onderzoek zou nuttig zijn om met name de behoefte van verschillende typen biomassa in 2030, onder andere op basis van de afspraken in het Klimaatakkoord, op elkaar af te stemmen.

Tabel S.2 Biomassabehoeft in Nederland voor verschillende toepassingen. De behoefte voor materialen is beperkt meegenomen omdat er vrijwel geen schattingen bestaan voor 2030 en 2050.

PJ/jaar	Huidig	2030 Min	2030 Max	2050 Min	2050 Max
Feedstock chemische industrie	3	3	200	90	368
Mobiliteit en transport	49	62	1.022	164	2.402
Warmtebehoefte industrie	24	23	23	-	88
Warmtebehoefte GO en glastuinbouw	25	-	438	-	911
Elektriciteitsproductie	50	30	30	-	159
Materialen	83	143	143	>143	>143
Toepassing in Landbouw	90	90	101	90	101
Totaal	323	350	1.956	>486	>4.170

Bron: (CE Delft, 2020)

Biomassabehoeft versus beschikbaarheid binnen de perspectieven

CE Delft is nagegaan hoe de Nederlandse behoefte aan biomassa zich verhoudt tot de mondiale en EU-beschikbaarheid en heeft dit gerelateerd aan de vijf stakeholdersperspectieven. Hiertoe is de positie van elk perspectief ten opzichte van zeven sleutelissues of vraagstukken rond biomassa uitgewerkt: de inzet van hout, de inzet van biomassa voor energie-toepassingen, het vertrouwen in import van biomassa, de teelt van energie-gewassen, de inzet van bio-energie gecombineerd met CO₂-afvang en -opslag (internationaal aangeduid met BECCS), de mate waarin biomassa als kans dan wel bedreiging/risico wordt gezien en het deel van de beschikbare biomassa in Europa en de rest van de wereld waar Nederland aanspraak op mag maken.

⁶ In de 'Routekaart Nationale Biograndstoffen' wordt dit aspect verder uitgewerkt (Corbey & Asselt, 2020).

⁷ Het doel van de overheid is om in 2030 50 procent minder abiotische grondstoffen in te zetten, vooral door de inzet van meer secundaire en hernieuwbare (lees biotische) materialen (I&W, 2016).

CE Delft heeft vervolgens voor elk van de perspectieven ingeschat welke van de in figuur S.2 onderscheiden biomassa-bronnen, stromen en herkomstgebieden volgens het desbetreffende perspectief acceptabel zijn, en welke niet. Voor de behoeftes vanuit de in tabel S.2 onderscheiden toepassingen heeft CE Delft een soortgelijke inschatting gemaakt. Het resultaat is weer-gegeven in tabel S.3. Volgens bijvoorbeeld het 'Klimaatperspectief' telt de totale mondiale beschikbaarheid van duurzame biomassa uit land- en bosbouw op tot 129 exajoule per jaar. De behoefte is 1.760 petajoule per jaar (oftewel 1,76 exajoule). Dat betekent dat Nederland in 2030 binnen dat perspectief een claim legt van 1,4 procent op de mondiale beschikbaarheid⁸.

Uiteraard zijn de keuzes die door de onderzoekers van CE Delft gemaakt zijn bij het koppelen van de perspectieven aan beschikbaarheids- en behoeftecijfers in zekere mate arbitrair; er waren namelijk op onderdelen ook andere keuzes mogelijk geweest. Het gaat ook niet zozeer om de exacte uitkomsten, maar vooral om te laten zien dat de verschillen tussen beschikbaarheden en behoeftes in de vijf perspectieven groot kunnen zijn. Dat geldt zowel voor de absolute hoeveelheden als voor de percentages voor de Nederlandse claim op de mondiale of EU-beschikbaarheid.

Tabel S.3 Beschikbaarheid en behoefte per perspectief, in 2030 en 2050, in EJ/jaar respectievelijk PJ/jaar, en per perspectief de Nederlandse behoefte als percentage van de mondiale beschikbaarheid of de beschikbaarheid in de EU28. Beschikbaarheidscijfers zijn afgerond op gehele EJ's.

	Klimaat	Strikt her-nieuwbaar	Ecologie	Duurzame ontwikke-ling	Hernieuw-bare grond-stoffen
Importmogelijkheid	Mondiaal	EU28*	EU28*	Mondiaal	Mondiaal
2030					
Beschikbaarheid (EJ/jaar)	129	24	6	129	129
Behoefte (PJ/jaar)	1.760	360	163	1.760	360
Behoefte als % van de beschikbaarheid	1,4%	1,5%	2,8%	1,4%	0,3%
2050					
Beschikbaarheid (EJ/jaar)	245	10	5	105	105
Behoefte (PJ/jaar)	3.970	414	300	3.970	580
Behoefte als % van de beschikbaarheid	1,6%	4,3%	6,5%	3,8%	0,6%

*Het 'Strikt hernieuwbaar' en het 'Ecologisch' perspectief staan dus alleen import toe uit de EU28.

Bron: CE Delft (2020)

Belangrijke conclusies zijn dat:

- Nederland in geen enkel perspectief in de eigen toekomstige biomassa-behoefte kan voor-zien en dus in alle gevallen importstromen vanuit de Europese Unie of de rest van de wereld nodig heeft - zelfs om in de ondergrens van de behoeftes te voorzien;
- de Nederlandse vraag in geen enkel perspectief groter is dan 6,5 procent van de beschik-baarheid in de wereld of de Europese Unie. Dat betekent dat het in elk geval fysiek mogelijk is de gewenste hoeveelheid biomassa te importeren. Het is een kwestie van onder andere duurzaamheidsbeleid, biomassaprijzen en wellicht de invulling van het 'fair share' beginsel (zie conclusies en aanbevelingen) of het mogelijk en wenselijk is de gewenste hoeveelheden daadwerkelijk te importeren;

⁸ De vraag of dit veel is of weinig komt aan de orde bij de 'conclusies en aanbevelingen' bij het onderdeel 'fair share'.

- als de mogelijke maximale behoefte uit bijvoorbeeld het 'Klimaatperspectief' wordt gecombineerd met de lage beschikbaarheden volgens het 'Ecologische' of 'Strikt hernieuwbare perspectief' wordt de claim van Nederland echter buitensporig hoog (tot 80 procent van de beschikbare biomassa in de EU).

Conclusies en aanbevelingen

De belangrijkste argumenten uit de argumentenkaart zijn getoetst aan de in het proces verzamelde literatuur. Het gaat daarbij om de meer dan 400 (wetenschappelijke) studies en rapporten die deels in het jff-proces zijn aangedragen door de stakeholders en deels voortkomen uit eigen literatuuronderzoek. Op basis van die toetsing hebben we de onderstaande conclusies geformuleerd. De volgorde waarin we ze presenteren komt grofweg overeen met de volgorde van de thema's op de argumentenkaart. We bespreken eerst, als overkoepelend thema, het onderwerp biodiversiteit.

1. *Verlies van biodiversiteit door grootschalige productie van biomassa is een reëel risico; aanvullende maatregelen zijn noodzakelijk met inachtneming van de afweging tussen klimaatverandering en biodiversiteit*

Verlies van biodiversiteit door grootschalige productie van biomassa voor energie en materialen in de bos- en landbouw is een grote zorg binnen het biomassadebat, en dan vooral in relatie tot (indirecte) verandering in landgebruik en de vraag in hoeverre biomassa-productie kan samengaan met behoud van natuur en biodiversiteit. Het vermijden van het risico op verlies van biodiversiteit is dan ook de basis voor het 'ecologische perspectief', dat immers primair is gericht op het behoud en herstel van habitats en soorten (zie Figuur S.1).

Ondanks de huidige wetgeving in Europa en andere landen is het verlies van biodiversiteit door grootschalige productie van biomassa voor energie en materialen een reëel risico. Zowel bottom-up- als top-downstudies laten een divers beeld zien van (toekomstige) negatieve maar ook positieve effecten. Vooral eerste generatie biomassagewassen (mais, palmolie, soja) hebben een negatief effect op biodiversiteit, maar de impact van tweede generatie biomassagewassen (*Miscanthus*, korte rotatie plantages, vingergras) zijn volgens veel studies neutraal of positief als ze worden geteeld in bestaande productiesystemen. Ook studies ten aanzien van bosbouw laten een wisselend en complex beeld zien van positieve tot negatieve effecten.

Het antwoord op de vraag in hoeverre biodiversiteitsverlies door de teelt van biomassa opweegt tegen de biodiversiteitswinst van minder klimaatverandering is sterk afhankelijk van de wijze waarop de biomassa wordt geproduceerd en de veranderingen in landgebruik die deze productie veroorzaakt. Zo is het evident dat verlies van biodiversiteit groot is indien de uitbreiding van biomassateelt plaatsvindt in natuurlijke ecosystemen. Anderzijds kan intensivering van de landbouw landbouwgrond vrijspelen voor biomassateelt zodat die niet ten koste hoeft te gaan van natuurlijke ecosystemen en biodiversiteitsverlies wordt vermeden of beperkt optreedt. Ook zijn de langetermijngevolgen van klimaatverandering op de mondiale biodiversiteit zeer onzeker.

Gegeven deze complexiteit wordt er in veel studies gewezen op het belang van het analyseren en nauwkeurig monitoren van de gevolgen van toenemende biomassa-productie op de biodiversiteit en tevens op het belang van beleid waarin de afweging tussen een vermindering van klimaatverandering en biodiversiteitsverlies zorgvuldig wordt gemaakt⁹. Uiteindelijk is dit maatwerk waarbij (een combinatie van) verschillende strategieën van

⁹ Daarbij gaat het uiteraard ook over maatschappelijke afwegingen die meespelen in het beleid en die kunnen bijdragen aan behoud van biodiversiteit of, breder, het realiseren van een duurzame samenleving.

belang zijn, waaronder bescherming van natuurlijke gebieden of van gebieden met een hoog restauratiepotentieel, het stimuleren van duurzame intensivering van de landbouw ter vermindering van het ruimtebeslag, het beter benutten van reststromen in productiesystemen en van marginale en verlaten landbouwgronden voor zover die een relatief geringe biodiversiteitswaarde of restauratiepotentieel hebben, het toepassen van 'agroforestry' en/of het opzetten van track-and-trace systemen.

2. Een significante rol voor biomassa lijkt van wezenlijk belang voor een klimaat-neutrale circulaire economie

Een klimaatneutrale circulaire economie zonder een significante rol voor biomassa is theoretisch beschouwd niet onmogelijk. Maar dat betekent dat er vergaande aannames moeten worden gedaan voor bijvoorbeeld het uitroltempo van de beste beschikbare technologieën, elektrificatie, opbrengstverhoging in de landbouw, reductie van niet-CO₂ gassen, consumptiepatronen (lees: minder dierlijke producten) en het tempo van efficiëntcyverbeteringen en technologieontwikkeling. Dat geldt des te sterker als ook de luchtvaart, de zeescheepvaart en de grondstoffen voor de chemie (nu olie) en de bouw klimaatneutraal moeten worden. Het lijkt dus een riskante strategie als de overheid zou inzetten op een klimaatneutrale circulaire economie zonder (of met een zeer kleine) rol voor biomassa.

3. Het is vrijwel onmogelijk om koolstofschuld, terugverdiëntijd en koolstofpariteit¹⁰ in harde beleidscriteria te vertalen, wel kunnen restricties worden opgelegd

Er zijn verschillende definities voor de berekening van koolstofschuld, terugverdiëntijd en koolstofpariteit, begrippen die vooral voor biomassa uit productiebos van belang zijn. Deze grootheden - en dus ook de hoeveelheid CO₂ die wordt vermeden - kunnen voor een bepaalde tijdsperiode en een bepaalde biomassaastroom alleen dan goed worden berekend als iedereen het eens is over de definitie en alle aannames die daaraan ten grondslag liggen, zoals de 'counterfactual', oftewel hetgeen in het bos en in de energieopwekking zou zijn gebeurd als de biomassa niet was geoogst en benut. Het is echter vrijwel onmogelijk het beleid te baseren op een harde maximale terugverdiëntijd, maar er kunnen wel restricties worden opgelegd (bijvoorbeeld wat betreft de toegestane stromen voor een specifiek eindgebruik) die het risico op een (te) hoge koolstofschuld of een (te) lange terugverdiëntijd minimaliseren. Zo lijkt er overeenstemming te bestaan dat secundaire en tertiaire reststromen en een deel van de primaire reststromen een lage koolstofschuld hebben.

4. Zonnepanelen en windmolens zijn weliswaar efficiënter in termen van energie-opbrengst per oppervlakte-eenheid dan biomassa, maar toch is het raadzaam maximaal in te zetten op zowel de ontwikkeling van de productie van duurzame biomassa als van power-to-liquid (en power-to-hydrogen)

Zonnepanelen en windmolens produceren per oppervlakte-eenheid weliswaar meer energie dan fotosynthese, maar elektriciteit is niet vergelijkbaar met biomassa die bestaat uit (complexe) koolwaterstoffen en voor vele doeleinden benut kan worden. Biomassa is immers niet alleen een energiedrager maar als koolstofdrager ook een grondstof voor de chemie en voor op koolwaterstoffen gebaseerde brandstoffen (biodiesel, bio-ethanol, biokerosine). Power-to-liquid (PtL) - waarbij met elektriciteit en CO₂ synthetische brandstoffen worden gemaakt - heeft voor- en nadelen ten opzichte van biomassa. Een voordeel

¹⁰ Koolstofschuld is de CO₂ die vrijkomt bij het oogsten en gebruiken van bos. Terugverdiëntijd is de tijd die nodig is om door groei de uitgestoten CO₂ weer vast te leggen verminderd met de vermeden CO₂-uitstoot doordat er minder fossiele brandstoffen worden verbruikt. Van koolstofpariteit is sprake op het moment dat ook die CO₂ weer is vastgelegd die anders door het bos was vastgelegd indien het niet was geoogst. Voor meer details, zie paragraaf 4.3.

is dat PtL op basis van zonne- of windenergie minder oppervlak nodig heeft dan biokerosine. Nadelen van PtL ten opzichte van biobrandstof zijn dat de (investerings)kosten nog erg hoog zijn en dat de technologie nog niet volwassen is. Het lijkt daarom verstandig in te zetten op *zowel* de ontwikkeling van de productie van duurzame biomassa als van duurzame elektriciteit als basis voor de productie van vloeibare of gasvormige koolwaterstoffen. Hoewel nog in een experimenteel stadium, kan daarbij ook worden gedacht aan het *combineren* van biomassa en waterstof uit duurzame elektriciteit (power-to-hydrogen of PtG) waarbij de omzettingsverliezen van de gebruikte biomassa mogelijk met een factor 2 tot 2,5 kunnen worden verkleind.

5. Een belangrijke opgave is vast te stellen hoe bossen beter beheerd en beschermd kunnen worden en bosbouw samen kan gaan met meerdere functies

Hoewel het netto wereldwijde bosareaal sinds 1990 beperkt is afgenomen, is ontbossing van natuurlijke bossystemen in verschillende wereldregio's en in sommige Europese landen zoals Roemenië een serieus probleem. Alle stakeholders in het biomassadebat benadrukken dat als de productie van houtige biomassa zou leiden tot vernietiging of degradatie van natuurlijk bos, dit als onwenselijk moet worden beschouwd en bovendien zou indruisen tegen ecologische doelen, (Europese) wetgeving en de daarbij gehanteerde certificeringsschema's. Maar vervolgens zijn zij het niet eens over de mate waarin dit al dan niet feitelijk plaatsvindt of dreigt te gebeuren. Dat komt deels doordat de grens tussen 'natuurlijk' bos en productiebos niet scherp te trekken is. Een meer zinvolle insteek voor de discussie is dat die zou gaan over de manier waarop (ook Nederlandse) bossen beter beheerd en vooral beschermd kunnen worden. Bijvoorbeeld door het beschermde oppervlak waar geen (of nauwelijks) bosbouwpraktijken plaatsvinden te vergroten, (her)bebossing plaatsvindt en (commerciële) bosbouw in niet-beschermde bossen maximaal te laten samengaan met andere belangrijke functies zoals CO₂-vastlegging, biodiversiteitsbehoud, klimaatadaptatie en recreatie ('climate smart forestry'). Tegelijk moeten signalen dat er praktijken gaande zijn die niet passen in duurzaam bosbeheer serieus worden onderzocht - en als ze kloppen worden tegengegaan -, omdat die het vertrouwen in duurzaam bosbeheer ernstig kunnen ondergraven.

6. Bosbouw kan samengaan met een netto vastlegging van CO₂, maar dat vereist actief beleid om die vastlegging op peil te houden

De netto CO₂-vastlegging in het Europese bos (EU-28 inclusief Oost-Europese landen en Rusland) was in 2014 720 megaton CO₂ oftewel 9 procent van de Europese CO₂-emissies. Statistieken van regio's met een omvangrijke bosbouwsector (Scandinavië, het zuidoosten van de Verenigde Staten) laten zien dat bosbouw kan samengaan met een toename over een lange periode van de hoeveelheid hout (en dus vastgelegde CO₂) in het bos. Tegelijkertijd wordt geconstateerd dat er in de Europese Unie in de afgelopen jaren sprake lijkt te zijn van een afname van de opname van CO₂ van ruim 300 megaton CO₂ in 2000 tot zo'n 250 megaton in 2017. Dit komt door een combinatie van veroudering van het bos, de toenemende impact van droogte, hitte en stormen door klimaatverandering, maar ook door een toename van de oogst voor zaaghout *en* bio-energie. Zelfs met inachtneming van de zogenoemde LULUCF-regulatie (Land Use and Land Use Change and Forestry) die verplicht dat iedere EU-lidstaat emissies door landgebruik moet compenseren door een even grote vastlegging, is de verwachting dat deze reductie in CO₂-opname zal doorzetten (tot ruim 200 megaton in 2030) tenzij dit door additioneel EU-beleid wordt tegengegaan. Hierbij kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van bestaande informatie-tools en kaarten die kunnen ondersteunen bij het bepalen van managementstrategieën voor het Europese bos.

7. De beweringen over misstanden in de houtpelletproductie moeten serieus genomen worden en beter worden onderzocht door een onafhankelijke partij

De discussies over vermeende misstanden in de houtpelletindustrie - zoals het kappen van natuurlijk bos en het pelletiseren van 'hele bomen' - en over de vraag in hoeverre de toepassing van houtpellets voor warmte en elektriciteit slecht is voor het klimaat en de biodiversiteit zijn dominant in het biomassadebat en worden steeds feller, ook op internationaal niveau.

In deze discussies is het belangrijk om te bedenken dat houtpellets a) doorgaans niet het hoofdproduct vormen van de bosbouw; b) niet worden geproduceerd van kostbare 'hele bomen' van zaaghoutkwaliteit; maar c) wel afkomstig kunnen zijn uit andere 'hele bomen', zoals dunningshout, en bomen die bij een clear-cut geoogst worden maar beschadigd of krom zijn, en daarom niet als zaaghout in aanmerking komen, d) een belangrijker onderdeel kunnen worden van de houtoogst wanneer de vraag naar pellets toeneemt en de vraag naar pulp en papier afneemt en e) een bovengrens kennen in termen van de mogelijkheid om de productie uit te breiden binnen het huidige areaal.

Dat neemt niet weg dat de claims van vooral ngo's dat misstanden structureel plaatsvinden beter onderzocht moeten worden door een onafhankelijke partij. Indien ze daadwerkelijk plaatsvinden - op welke schaal dan ook - dan moeten ze worden bestreden. Geen enkele bonafide partij heeft immers belang bij praktijken die in strijd zijn met de wetgeving op nationaal en internationaal niveau en de eventueel door de producenten zelf gehanteerde certificeringsschema's, aangezien ze schadelijk zijn voor het imago voor de gehele houtpelletindustrie.

8. Het is raadzaam op EU-niveau op basis van objectieve informatie een visie te ontwikkelen op de beste benutting van marginale, gedegradeerde en verlaten landbouwgronden

Wereldwijd en in de Europese Unie zijn er grote oppervlaktes (tot 20 megahectare in de EU in 2030 oftewel 11 procent van het landbouwareaal) die al verlaten zijn of in onbruik zijn geraakt of dat op termijn dreigen te worden, dan wel marginaal en/of gedegradéerd zijn. Deze gronden worden niet of nauwelijks gebruikt. Het zou nuttig zijn om op basis van objectieve bottom-up informatie - zoals die deels al online beschikbaar is¹¹ - op EU-niveau een visie te ontwikkelen wat met dit soort gronden kan worden gedaan (voor natuurontwikkeling, biomassateelt, extensieve landbouw, enzovoort). Er wordt al veel onderzoek gedaan naar de vraag of deze gronden voor biomassateelt gebruikt kunnen worden en zo ja, welke gewassen daarvoor het meest geschikt zijn. Biodiversiteit is daarbij een belangrijk aandachtspunt: het is bekend dat er een overlap is van marginale gronden met 'High Nature Value farmland'¹² en Natura 2000 gebieden van ongeveer een derde en dat biomassateelt op de resterende marginale gronden is te combineren met het behoud van biodiversiteit of zelfs kan leiden tot verbetering daarvan. Daarvoor is wel nodig dat de biodiversiteitswaarde op regionaal niveau vooraf goed wordt beoordeeld. Daarnaast zou het telen van meerjarige energiegewassen - zoals olifantsgras en wilgen - op gronden met een laag opbrengstvermogen, die nu vaak in stand worden gehouden worden om gebruik te kunnen maken van directe betalingen uit het Europese Gemeenschappelijke Landbouwbeleid, tot een aanzienlijke verbetering van de koolstofvastlegging kunnen leiden. Bij de huidige teelten wordt de grond niet optimaal benut, waardoor die gevoelig is voor uitspoeling, erosie en verlies van koolstof.

¹¹ Zoals in het Europese S2BIOM-project (zie <https://s2biom.wenr.wur.nl/web/quest/home>) en het MAGIC-project (zie <https://magic-h2020.eu/>), beide met deelname van de WUR.

¹² Dit is landbouwgrond met een hoge biodiversiteitswaarde.

Het onbenut laten van verlaten, marginale en/of gedegradeerde gronden betekent dat de Europese Unie afhankelijker wordt van de import van voedsel, veevoer en biomassa. Bovendien biedt het weer in gebruik nemen van deze gronden kansen om nieuwe inkomsten te genereren in landbouwregio's die op steeds grotere schaal verlaten (dreigen te) worden.

9. *Uitvoering van EU-regelgeving verkleint de kans op ILUC¹³, maar waakzaamheid voor mogelijke ILUC door een sterke groei van de vraag naar biomassa is nodig*

De toenemende productie van biomassa kan leiden tot indirecte veranderingen in landgebruik (Indirect Land Use Change of ILUC) doordat die de productie van voedsel en veevoer kan verdringen. De discussie hierover wordt al lange tijd gevoerd. Er is een grote spreiding in CO₂-emissies door ILUC, en uit de literatuur blijkt dat er sinds 2012 nauwelijks sprake is van een afname in die spreiding. Dat komt vooral doordat de intensiteit waarmee maatregelen ter voorkoming ervan worden ingezet per geval sterk kan variëren. De belangrijkste maatregelen – in volgorde van afnemende effectiviteit – zijn: 1) het beschermen van gebieden met hoge koolstofvoorraden en/of een hoge biodiversiteitswaarde, 2) het verhogen van landbouwopbrengsten, 3) het produceren van biomassa op verlaten of anderszins ongebruikte en/of marginale (landbouw)gronden, en 4) het prioriteren van het gebruik van reststromen uit land- en bosbouw en de voedselverwerkingsindustrie. In het (EU-)beleid, zoals in de uitwerking van de ILUC-richtlijn, is de focus daarom vooral gericht op het minimaliseren van de ILUC-risico's (onder andere door het uitfasen van biobrandstoffen uit grondstoffen met het hoogste ILUC-risico (palmolie) en door op voedselgewassen gebaseerde biobrandstoffen na 2020 nauwelijks te laten toenemen), en op het ontwikkelen van methodes om het ILUC-risico te bepalen. Veel stakeholders gaven aan dat de risico's op ILUC het best kunnen worden verkleind door aan te sluiten bij het EU-traject. Wel benadrukten zij dat door een mogelijk sterke groei van de vraag naar biomassa in de toekomst het risico op ILUC en verdringingseffecten reëel is en blijft.

10. *Het is van belang dat de overheid kiest voor een helder cascaderingsprincipe, dat actief communiceert en daar vervolgens haar beleid op afstemt*

Hoewel alle stakeholders het principe van het zo hoogwaardig, efficiënt en optimaal mogelijk inzetten van biomassa (cascadering) onderschrijven en er ook enige overeenstemming is over welke toepassingen als hoogwaardig dan wel laagwaardig kunnen worden beschouwd (zie ook de benoemde 'Punten van overeenstemming'), is er nog veel discussie over de wijze waarop cascadering ingevuld zou moeten of kunnen worden. Verschillende invalshoeken of criteria leiden tot een andere voorkeurstoepassing van bepaalde stromen van biomassa, waarbij er tevens verschillende visies zijn op het traject waarlangs de gewenste situatie bereikt zou moeten worden:

- van hoogwaardig naar laagwaardig oftewel top-down: laagwaardigere toepassingen 'mogen' alleen indien de biomassa eerst hoogwaardiger is benut,
- van laagwaardig naar hoogwaardig oftewel bottom-up: laagwaardige toepassingen hebben grote volumes en van daaruit vindt geleidelijk innovatie plaats naar toepassingen hoger in de cascaderingshiërarchie, of
- integraal/cross-sectoraal: welke biomassa of biomassastroom is het best geschikt voor welke toepassing, waarbij ook gekeken kan worden naar integratie met de voedsel- en veevoerproductie op basis van bio-raffinage.

De markt stimuleert tot op zekere hoogte hoogwaardige toepassingen (namelijk als die een hoge prijs hebben), maar volgens veel stakeholders komen sociale en milieueffecten nu nog niet in de prijs tot uitdrukking; zij pleiten bijvoorbeeld voor een heffing op CO₂ of

¹³ ILUC=Indirect Land Use Change ofwel het gegeven dat een toenemende productie van biomassa kan leiden tot landgebruiksveranderingen elders doordat het de productie van voedsel en veevoer verdringt.

koolstofinhoud. In de Transitieagenda 'Biomassa en Voedsel', die de overheid zegt te willen volgen, wordt een aanzet gegeven voor het te hanteren cascaderingsprincipe en de gewenste beleidsinterventies (zoals het gebruik van een oplopend percentage biobased grondstoffen¹⁴). Stakeholders constateren evenwel dat het huidige beleid, zoals de SDE++-regeling, hier onvoldoende bij aansluit. Aangezien de posities van de stakeholders niet volledig verenigbaar zijn, is het van belang dat de overheid uiteindelijk de afweging maakt en kiest voor een helder cascaderingsprincipe, dat actief communiceert en vervolgens haar beleid daarop afstemt¹⁵.

11. Directe verbranding van biomassa in moderne installaties lijkt een gering effect te hebben op de luchtkwaliteit; vervanging van oudere kachels en ketels kan leiden tot een aanzienlijke verbetering

Het effect van moderne biomassaketels, pelletkachels en moderne houthaarden (DIN+) tot 5 megawatt op de luchtkwaliteit is gering in vergelijking met oudere conventionele houtkachels en open haarden. Bovendien is de toxiciteit van het fijnstof uit een goed brandende ketel of pelletkachel veel kleiner dan die van fijnstof uit een oudere houtkachel. Door vervanging van oudere kachels en haarden door moderne kan een aanzienlijke vermindering in de uitstoot (en verbetering van het rendement) worden bereikt.

Hoewel ook grotere moderne installaties - mits ze voldoen aan de emissie-eisen - tot slechts een geringe verslechtering van de luchtkwaliteit leiden, genereren ze wel meer uitstoot dan een vergelijkbare gasgestookte installatie. Zeker als het aantal biomassa-installaties verder toeneemt zou er een negatief effect kunnen zijn op de luchtkwaliteit. Zoals aangekondigd in het Klimaatakkoord worden emissienormen voor kleinere ketels vanaf 2022 aangescherpt; daarvoor is draagvlak in de sector. Daarnaast is het van belang dat zorgen en signalen ten aanzien van overschrijding van emissie-eisen serieus worden genomen en maximale transparantie wordt betracht. Tevens zou het goed zijn als een onafhankelijke partij zoals het RIVM hier nader onderzoek naar zou doen en dan vooral naar het reële effect van kleinere ketels bij bedrijven en in de gebouwde omgeving.

12. Wetgeving gericht op duurzaamheid is nuttig, waarbij moet worden gezocht naar een balans tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid

Nationale en Europese wetgeving en de daaraan gekoppelde certificeringsschema's zijn belangrijke middelen om de duurzaamheid van biomassa en het gebruik daarvan in positieve zin te beïnvloeden. Maar er is ook veel weerstand en wantrouwen, met als argument dat regelgeving nooit volledige duurzaamheid kan garanderen en de kans op fraude - al is dit tot op heden niet aangetoond - zal kunnen uitsluiten. Indirecte veranderingen van landgebruik (Indirect Land Use Change of ILUC), koolstofschuld en de impact op biodiversiteit kunnen maar tot op zekere hoogte worden afgedekt. Tegelijkertijd geven stakeholders aan dat wetgeving kan leiden (en deels al leidt) tot een dusdanige complexiteit (zoals bij de SDE+) en hoge kosten dat die moeilijk uitvoerbaar wordt. Dat geldt bijvoorbeeld voor kleinere boseigenaren die vaak maar voor een klein deel van hun inkomsten afhankelijk zijn van biomassa voor energietoepassingen, terwijl de duurzaamheidscriteria voor biomassa voor energietoepassingen strenger zijn dan die voor niet-energietoepassingen.

Belangrijk is dat het gesprek over verdere aanscherping en vooral handhaving van de EU-wetgeving gevoerd blijft worden - ook omdat op nationaal niveau niet zonder meer strengere regelgeving ingevoerd mag worden dan op EU-niveau - en dat daarbij wordt gezocht naar een balans tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid.

¹⁴ Sommige experts benadrukken dat deze percentages mede afhankelijk zouden moeten zijn van de oogst zodat ongewenste prijsfluctuaties worden gedempt. Dit is naar het voorbeeld van het systeem in Brazilië waar suikerriet afhankelijk van de oogst en de prijzen wordt ingezet voor ethanol dan wel de suikerproductie.

¹⁵ Zie ook de 'Routekaart Cascadering' (RVO et al., 2020) en de 'Routekaart Nationale Biograndstoffen' (Corbey & Asselt, 2020).

13. Door emissies die voortkomen uit de koolstof in geoogst hout te registreren op het moment van oogst wordt dubbeltelling voorkomen, maar deze registratie lijkt niet in alle landen op orde

In de broeikasgasemissieregistratie in het kader het Parijsakkoord is de standaardbenadering dat de emissies die voortkomen uit de koolstof in het geoogste hout worden toegekend aan het land waar de oogst plaatsvindt. Op het moment van verbranding worden de emissies als nul gerekend om dubbeltelling te voorkomen. Critici beargumenteren dat de landen waar de biomassa wordt gebruikt hierdoor hun verantwoordelijkheid 'afschuiven' op de landen waar wordt geoogst. Als de emissies evenwel toegekend zouden worden aan het land dat of de sector die de biomassa verbrandt, dan zou dat ertoe leiden dat in het land van herkomst ongestraft geoogst kan worden, terwijl het gebruik van die oogst in een ander land geen enkel voordeel zou opleveren in termen van CO₂-reductie (of zelfs zou leiden tot hogere emissies). Een tweede kritiekpunt is dat de implementatie en verificatie van de emissieregistratie in relatie tot bossen en bosbouw in veel landen niet op orde zou zijn. Dit lijkt deels terechte kritiek, maar over de mate waarin dit het geval zijn de meningen onder stakeholders verdeeld.

14. Het fair share principe is lastig te operationaliseren in beleid. De discussie hierover zou eigenlijk op een hoger en integraler niveau gevoerd moeten worden.

De 'fair share'-discussie handelt over de vraag hoe groot de claim is die Nederland op de mondiale en Europese beschikbare duurzame biomassa mag leggen. Als maat voor deze claim zijn in het biomassadebat verschillende verdeelsleutels voorgesteld, zoals het aandeel van Nederland in het mondiale bnp (0,9 procent), in de wereldbevolking (0,22 procent), of in het mondiaal landoppervlak (0,03 procent). Wanneer deze percentages worden vergeleken met de claims op biomassa die in tabel S.3 zijn berekend voor de verschillende perspectieven dan valt op dat de claim in bijna alle gevallen groter tot veel groter is dan op grond van deze verdeelsleutels fair zou zijn.

In de discussie met stakeholders kwam echter naar voren dat dit soort verdeelsleutels vooral als indicaties beschouwd moeten worden die de balans tussen vraag en aanbod inzichtelijker maken en hooguit kunnen dienen als een startpunt voor de discussie over hoe een eerlijke verdeling eventueel in beleid kan worden vertaald. Daarbij gaven zij aan dat de 'fair share'-discussie veel meer een vraagstuk is waarachter een breed gedeelde wens schuilgaat van een rechtvaardige verdeling van grondstoffen die bijdraagt aan een eerlijker verdeling van rijkdom en welvaart in de wereld. Daarmee zou de discussie eigenlijk gevoerd moeten worden op een hoger en integraler niveau.

Afspraken maken over harde limieten voor de hoeveelheid biomassa die mag worden gebruikt in de Nederlandse economie is dus buitengewoon lastig (en wordt ook niet gevoerd voor andere producten zoals aardolie of cacao). Daarnaast kan dit een belemmering zijn voor de kansen van Nederlandse bedrijven om hun beschikbare infrastructuur en kennis optimaal te laten bijdragen aan een internationale bio-economie. Volgens sommige stakeholders dient vooral eerlijke handel ('fair trade') nagestreefd te worden, waarbij het primaat moet liggen bij goede (sociale) duurzaamheidscriteria en monitoring voor zover deze niet al door de gehanteerde certificeringsschema's zijn afgedekt.

Aandachtspunten voor een duurzaamheidskader

De grote ranges in de verwachte toekomstige beschikbaarheid van en behoefte aan duurzame biomassa – voor een belangrijk deel veroorzaakt doordat hier vanuit de onderscheiden perspectieven verschillend naar wordt gekeken – vormen een uitdaging voor het vormgeven van het door de overheid gewenste integrale duurzaamheidskader voor biomassa. Op basis van het stakeholderproces, de studie van CE Delft, de literatuurstudie en de door ons getrokken conclusies hebben we geprobeerd enkele aandachtspunten te benoemen die voor een op te stellen duurzaamheidskader van belang kunnen zijn.

Algemene aandachtspunten

De onverenigbaarheid van alle eisen en wensen voor de productie en toepassing van duurzame biomassa impliceert de noodzaak van een helder beargumenteerde en gecommuniceerde afweging van de kant van de overheid. Dit schept duidelijkheid en vergroot de kans op acceptatie en draagvlak van de stakeholdergemeenschap.

Bij die afweging zijn volgens het PBL de volgende aandachtspunten van belang:

- Het lijkt een riskante strategie als de overheid zou inzetten op een klimaatneutrale circulaire economie zonder een significante rol voor biomassa.
- Het is dan raadzaam om enerzijds te focussen op het vergroten van de beschikbaarheid van duurzame biomassa – vooral uit de landbouw – en anderzijds op het verminderen van de behoefte.
- Nederland zal in geen van de onderscheiden perspectieven in de eigen biomassabehoefte kunnen voorzien en zal altijd biomassa moeten importeren, maar
- daarbij is het bepalen van een 'fair share' voor de Nederlandse economie buitengewoon lastig, waardoor van overheidswege opgelegde importrestricties niet geschikt lijken als onderdeel van een duurzaamheidskader.
- Het is raadzaam om zowel in te zetten op de ontwikkeling van de productie van duurzame biomassa als op die van de productie van vloeibare of gasvormige koolwaterstoffen op basis van duurzame elektriciteit.

De kans op acceptatie van en draagvlak voor de keuzes van de overheid kan wellicht worden vergroot door de actieve stakeholders en experts die in dit project zijn betrokken in de (nabije) toekomst op enigerlei wijze te blijven betrekken bij het beleidsproces. Door de overheid te voeden met deze kennis kan het debat en de daarop te baseren besluitvorming rond het te ontwikkelen integrale duurzaamheidskader aan kwaliteit winnen en hopelijk minder controversieel worden (hoewel volledige consensus naar verwachting nooit bereikt zal worden). De kans op slagen van een dergelijke voortzetting is het grootst wanneer dit kan worden gekoppeld aan een concreet product, zoals het opstellen van een gezamenlijke ontwikkelagenda en de programmatische uitvoering daarvan.

In een dergelijke agenda zouden de huidige controverses kunnen dienen als input voor onderzoeks-, innovatie- en implementatieopgaven. Door de bevindingen die hieruit naar voren komen te benutten om tussentijds vast te stellen of bepaalde doelen nog wenselijk of haalbaar zijn – en zo nodig bij te stellen – kunnen tegenstellingen beter hanteerbaar worden gemaakt.

In lijn met de opvatting van veel stakeholders wordt hierbij aanbevolen de ontwikkelagenda mede te richten op robuuste biomassaconversie- en scheidingstechnieken op industriële schaal. Dergelijke technieken zijn bijvoorbeeld vergassing, superkritische watervergassing, pyrolyse, torrefactie en bioraffinageconcepten¹⁶. Dit vergroot de flexibiliteit en inzetbaarheid van beschikbare biomassastromen. Het gehele 'biomassasysteem' wordt daardoor robuuster

¹⁶ In de 'Routekaart Nationale Biograndstoffen' wordt dit nader uitgewerkt (Corbey & Asselt, 2020).

omdat dan bij schaarste of juist wegvallende vraag kan worden overgestapt op een andere biomassa-soort of toepassing.

Specifieke aandachtspunten

Op basis van de geformuleerde conclusies kunnen we ook enkele meer specifieke aandachtspunten voor het te ontwikkelen duurzaamheidskader formuleren:

- Ondanks de eisen zoals die zijn gesteld in de huidige (EU-)wetgeving is verlies van biodiversiteit door gebruik van biomassa een reëel risico. Daarom is het van groot belang dat de gevolgen van een toenemend biomassagebruik nauwkeurig worden gemonitord en dat in beleid een zorgvuldige afweging wordt gemaakt tussen vermindering van klimaatverandering en biodiversiteitsverlies. Omdat de aard en het risico van eventuele nadelige effecten variëren per biomassa-stroom en herkomstgebied is maatwerk nodig (zie hierna onder het kopje 'Monitoring en onderzoek').
- Een gezonde en vruchtbare bodem met voldoende organische stof is cruciaal en moet worden geborgd in overeenstemming met de EU-wetgeving.
- Aangaande indirecte veranderingen in landgebruik (ILUC) lijkt het verstandig aan te sluiten bij het EU-wetgevingstraject.
- Een harde maximale koolstofschoold of terugverdientijd voor biomassa lijkt niet werkbaar. Wel kunnen biomassa-stromen worden aangewezen die het *risico* op een hoge koolstofschoold of een (te) lange terugverdientijd minimaliseren.
- Hanteer een eenduidig cascaderingsprincipe mede op basis van de Routekaart Cascadering en de Transitieagenda 'biomassa en voedsel' waarin eerste aanzetten daarvoor worden gegeven.
- Overweeg om luchtkwaliteit en gezondheidseffecten mee te nemen in een duurzaamheidskader. De zorgen hierover bij verschillende stakeholders zijn groot, ook al dragen moderne biomassaverbrandingsinstallaties in beperkte mate bij aan een verslechtering van de luchtkwaliteit en de gezondheid.

Bij het opstellen van een duurzaamheidskader is het nog wel de vraag in hoeverre het juridisch mogelijk is dat Nederland scherpere eisen stelt aan geïmporteerde biomassa dan door de Europese Unie worden gehanteerd. Het gesprek over verdere aanscherping en/of handhaving van de EU-wetgeving zal dus ook op Europees niveau gevoerd moeten blijven worden.

Daarbij speelt het dilemma dat te strenge en/of gedetailleerde wetgeving kan leiden tot een dusdanige complexiteit en hoge kosten dat die moeilijk uitvoerbaar wordt. In het duurzaamheidskader zou daarom gezocht moeten worden naar een balans tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid.

Monitoring en onderzoek

EU-wetgeving (bestaand en in ontwikkeling) en certificeringssystemen dekken reeds een brede set aan duurzaamheidscriteria af. Echter, ze kunnen nooit volledige duurzaamheid garanderen en de kans op fraude uitsluiten. De consequentie is dat er binnen het duurzaamheidskader niet voetstoots van kan worden uitgegaan dat bestaande wetgeving en certificering afdoende zijn. In dit rapport doen we daarom enkele suggesties die vooral in de sfeer van monitoring en onderzoek liggen:

- Het opzetten van (verbeterde) track-and-trace systemen en het monitoren van de gevolgen op landschapsschaal van een toenemende biomassa-productie op (indirecte) landgebruiksveranderingen en biodiversiteit.
- Het serieus onderzoeken van de signalen van ngo's en andere partijen dat er praktijken gaande zijn die niet passen in duurzaam bosbeheer – en als die kloppen, het tegengaan van die praktijken.
- Een punt van aandacht moet zijn dat de emissieregistratie of de koolstofboekhouding in het land van herkomst op orde is.

- In EU-verband zou onderzocht moeten worden in hoeverre marginale, gedegradeerde en verlaten (landbouw)gronden in de EU (of Europa) geschikt kunnen zijn voor natuurontwikkeling, biomassateelt en/of extensieve landbouw.
- Vanwege de ambitieuze doelen die de overheid heeft geformuleerd voor het gebruik van biomassa voor materialen in onder meer de bouw is het belangrijk dat onderzoek wordt gedaan naar de mogelijke behoefte in de toekomst; op dit moment is daar weinig over bekend.

Verdieping

1 Inleiding

In de 'Strategische visie voor de inzet van biomassa op weg naar 2030' (EZ, 2015) en daaropvolgend in het Klimaatakkoord (EZK, 2019) is aangegeven dat het kabinet ervan overtuigd is dat de inzet van duurzame¹⁷ biomassa voor energietoepassingen, de chemie en materialen nu en richting 2030 en 2050 noodzakelijk is voor de verduurzaming van onze economie en het realiseren van de klimaatopgave. Daartoe wil het kabinet - zoals aangekondigd in het Klimaatakkoord - een integraal duurzaamheidskader opstellen, dat in principe van toepassing is op alle biomassa en alle toepassingen.

Voor de totstandkoming van dat duurzaamheidskader is in het Klimaatakkoord een aantal elementen benoemd die in het kader van deze studie relevant zijn:

1. Een beschouwing door het PBL over de maximale beschikbaarheid per in te zetten biomassastroom, rekening houdend met diverse invullingen van het 'fair share' beginsel.
2. Een beschouwing door het PBL over toepassingsmogelijkheden per in te zetten biomassastroom, uitgaande van een zo optimaal en efficiënt mogelijk gebruik (cascadering).
3. Het opstellen van duurzaamheidscriteria per in te zetten biomassastroom.
4. Een advies door een speciale (SER-)commissie over draagvlak voor en uitvoerbaarheid van het duurzaamheidskader.

Het ministerie van I&W heeft in april 2019 een verzoek ingediend bij het PBL om invulling te geven aan de punten 1 en 2. Punt 3 is uitgevoerd door Royal Haskoning DHV (Royal Haskoning DHV, 2020a) en staat los van de biomassastudie van het PBL, maar uiteraard heeft wel onderlinge afstemming plaatsgevonden. De SER is gevraagd invulling te geven aan punt 4¹⁸. Het PBL heeft het verzoek ingewilligd, waarbij door het PBL is aangegeven dat de twee genoemde deelonderzoeken alleen dan van waarde zijn als vanaf het begin af aan rekenschap wordt gegeven van het sterk gepolariseerde debat over de mogelijke rol van de verschillende vormen van biomassa in de energie-transitie en een circulaire (bio)economie. Daarom is ervoor gekozen om zienswijzen uit verschillende gremia (wetenschap, overheid, bedrijfsleven, ngo's) bij de gedachtenvorming te betrekken.

De uitvoering van de biomassastudie onder leiding en verantwoordelijkheid van het PBL ging op 1 juli 2019 officieel van start en is opgedeeld in twee parallelle sporen:

1. Een stakeholderproces waarin onder andere met behulp van joint fact finding (jff) de verschillende posities en de onderbouwing daarvan van de stakeholders in kaart zijn gebracht.
2. Een cijfermatige beschouwing van duurzame biomassabeschikbaarheid binnen en voor Nederland – dus inclusief import – en de mogelijke toepassingen daarvan. Daarvoor is gebruikgemaakt van bestaande literatuur, waaronder studies die door stakeholders in spoor 1 zijn aangedragen. Er zijn voor deze beschouwing *geen* nieuwe scenario's ontwikkeld.

¹⁷ De term 'duurzame biomassa' wordt veelvuldig gebruikt, maar zoals zal blijken in dit rapport is de interpretatie van 'duurzaam' niet eenduidig, ook niet in de wetenschap.

¹⁸ Zie: <https://www.ser.nl/nl/actueel/Nieuws/duurzaamheidskader-biomassa>

Het doel van het stakeholdersproces was daarbij niet om consensus te bereiken, maar om inzicht te krijgen in de visies, opvattingen, argumenten en dilemma's van verschillende stakeholders met betrekking tot de vraag wat zij verstaan onder *duurzame* biomassa in de meest brede zin van het woord, alsook welke mogelijke implicaties die volgens hen hebben voor de beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van biomassa. Wel is het zo dat expliciet is gezocht en gevraagd naar maximale onderbouwing van de gehanteerde argumenten. Kortweg is, voor zover dat mogelijk was, gestreefd naar:

- een breder gedeelde feiten- of kennisbasis;
- inzicht in de punten waarover de grootste verschillen van opvatting bestaan en waar deze verschillen op gebaseerd zijn;
- inzicht in hoe de achterliggende waarden, belangen en overtuigingen doorwerken in opvattingen en posities.

De uitvoering van het eerste spoor, de jff met stakeholders, werd begeleid door MSG Sustainable Strategies samen met De Gemeynt, zie (De Gemeynt & MSG Strategies, 2020) voor een uitgebreide rapportage en bevindingen en hoofdstuk 2 van dit rapport. De cijfermatige of technische beschouwing is uitgevoerd door CE Delft, zie (CE Delft, 2020) en hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de belangrijkste argumenten en tegenargumenten getoetst aan de in het proces verzamelde en aangedragen rapporten en wetenschappelijke literatuur. In hoofdstuk 5, ten slotte, worden aandachtspunten voor een te ontwikkelen integraal duurzaamheidskader geformuleerd.

De SER is vanaf de beginfase betrokken geweest en heeft parallel aan dit project een werkgroep ingesteld waarin werknemers, werkgevers, ngo's en kroonleden zijn vertegenwoordigd. Het PBL heeft op drie momenten concepten van dit rapport aan de werkgroep gepresenteerd. Op basis van de rapportages van het PBL en Royal Haskoning DHV - en mogelijk een aantal andere trajecten die in gang zijn gezet¹⁹ - brengt deze werkgroep een advies uit over het draagvlak voor en de uitvoerbaarheid van een duurzaamheidskader voor de herkomst en toepassing van biomassa.

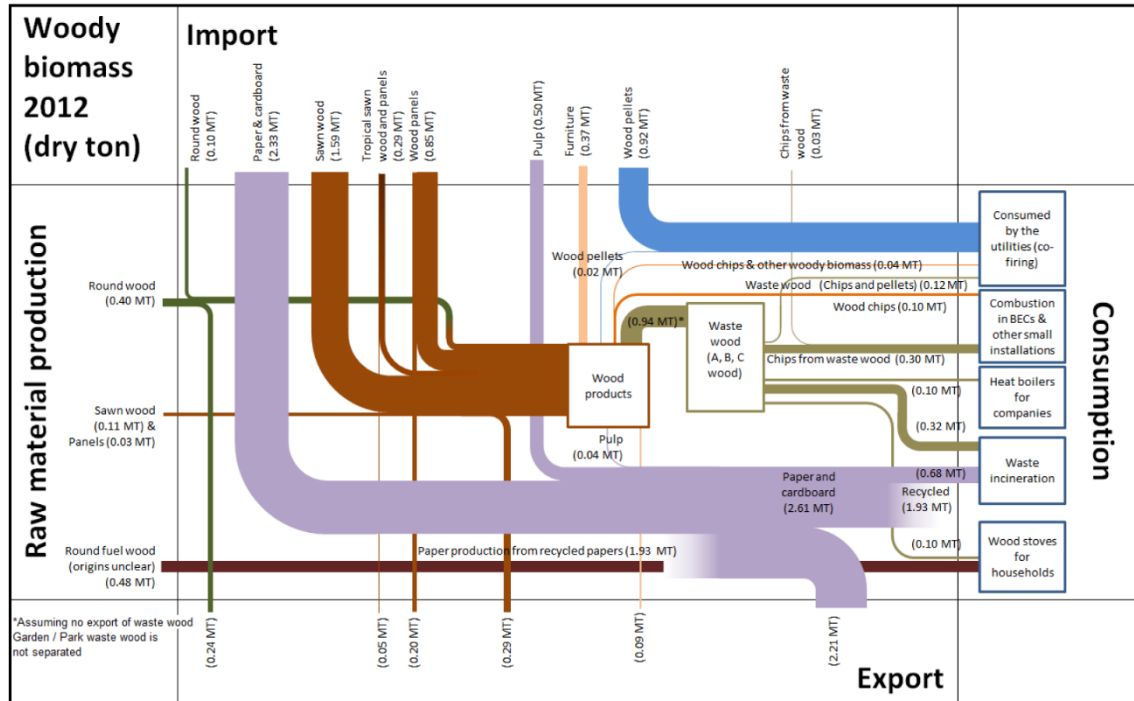
Afbakening

Zoals aangegeven zou het duurzaamheidskader volgens het Klimaatakkoord moeten gaan over *alle* biomassa en *alle* toepassingen, maar in deze studie is dit beperkt tot de toepassing van biomassa voor materialen, voor feedstock voor de chemische industrie, voor energie en brandstoffen, en voor toepassing in de landbouw als grondverbeteraar. De reden hiervoor is dat het op dit moment te ambitieus wordt geacht om binnen de gegeven tijd een duurzaamheidskader voor de gehele voedsel- en veevoersector te willen opstellen.

Dat neemt niet weg dat dit wel een essentiële vervolgstap is, zeker gezien het feit dat de voedsel- en veevoerstromen op nationale, Europese en mondiale schaal veel groter zijn dan de huidige stromen biomassa voor materialen, chemie en energietoepassingen. Zo geldt voor Nederland (in 2012, Figuur 1-1a, recentere overzichten zijn niet voorhanden) dat bijna 13% (1,5 Mt) van alle geproduceerde en geïmporteerde mais en tarwe (11,8 Mt) wordt omgezet in bio-ethanol, waarvan het overgrote deel (80%) wordt geëxporteerd. Ten opzichte van alle geïmporteerde en geproduceerde landbouwproducten (dus niet alleen mais en tarwe) wordt, uitgedrukt in gewicht, slechts 5% omgezet in bio-ethanol en 0.5% in biogas. Het overige deel is bestemd als voedsel en veevoeder. Van de geïmporteerde en geproduceerde plantaardige en dierlijke oliën en vetten (Figuur 1-1b) komt een groter deel, bijna 1/3, terecht in biodiesel, waarvan vervolgens het overgrote deel (bijna 90%) wordt geëxporteerd. Bij houtige biomassa wordt 40% van de productie en import voor energiedoeleinden gebruikt (Figuur 1-1c). Bijna

¹⁹ Zoals de 'Routekaart Nationale Biograndstoffen' (Corbey & Asselt, 2020) en de 'Routekaart Cascadering' (RVO et al., 2020) die eveneens in het kader van het klimaatakkoord zijn ontwikkeld.

c)



Figuur 1-1 Sankey van a) landbouwproducten, b) dierlijke en plantaardige oliën en vetten, en c) houtige biomassa voor voedsel, veevoer, houtproducten, biobrandstoffen en energie in Nederland in 2012 op basis van Goh & Junginger (2013).

2 Het stakeholdersproces

2.1 Het biomassadebat

Het biomassadebat is sterk gepolariseerd. Er zijn vele studies beschikbaar die uiteenlopende uitkomsten geven over de beschikbaarheid van biomassa, de duurzaamheid en de mogelijke toepassingen. De polarisatie van het debat en de uiteenlopende kennisbasis hangen met elkaar samen. Achter de diversiteit aan studies lijkt een waaier aan waarden en benaderingswijzen schuil te gaan, die lang niet altijd expliciet worden gemaakt. Vaak zijn de redeneringen en de rekensommen in de rapporten wel duidelijk, maar is niet direct duidelijk van welke vertrekpunten ze uitgaan. De één gaat het primair om behoud van biodiversiteit en natuur. Voor de ander staat de klimaatopgave voorop – hoe houden we de opwarming tot ruim onder de 2 graden beperkt? Voor nog weer een ander draait het primair om het voeden van een groeiende wereldbevolking. Of om de productie van hernieuwbare grondstoffen voor de biobased en circulaire industrie. En binnen deze zienswijzen zijn weer varianten en nuances te onderscheiden. Er zijn voor biomassa tientallen conversietechnieken en evenzovele toepassingsmogelijkheden, die alle in meerdere of mindere mate omstreden kunnen zijn.

Voor beleidsmakers en belanghebbenden (stakeholders) is de complexiteit van het biomassadebat een probleem. Wat zijn de afwegingen? Wat zijn de beste keuzes? En hoe kunnen die zo worden gemaakt dat ze niet onmiddellijk debat en weerstand oproepen?

Er zijn verschillende pogingen geweest om tot een meer eensluidende en gedragen zienswijze te komen, zoals door de commissie-Cramer (Cramer, 2006) en de commissie-Corbey (CDB, 2016), in werkbijeenkomsten, via routekaarten, stakeholderconsultaties, en andere. En er zijn evenzovele pogingen gedaan om met een specifieke zienswijze het debat aan te zwengelen, bijvoorbeeld via artikelen in de media, waarna de discussie in volle hevigheid losbarst.

Het publiek begrijpt er intussen weinig meer van: is biomassa nu goed of slecht? Slecht, is langzamerhand het overwegende beeld geworden waarbij met name houtige biomassa die voor energieopwekking wordt gebruikt sterk ter discussie staat.

2.2 Joint fact finding

Zoals aangegeven in hoofdstuk 1 hebben MSG Sustainable Strategies en De Gemeent in het kader van de biomassastudie een stakeholdersproces georganiseerd en begeleid waarin onder andere met behulp van 'joint fact finding' (jff) de verschillende posities (en de onderbouwing daarvan) van de stakeholders in kaart zijn gebracht en beschreven in een achtergrondrapport (De Gemeent & MSG Strategies, 2020). De gehanteerde methodiek is gebaseerd op werkwijzen die wel bekend staan als multi-stakeholder engagement processen, participatieve besluitvormingsprocessen, maatschappelijke onderhandelingsprocessen, public dispute resolution en aanverwant omschrijvingen. Een theoretische en praktische basis werd gelegd in het Harvard Negotiation Program (Susskind & Cruikshank, 1987). Veel benaderingswijzen die in de praktijk worden toegepast zijn verwant aan de bekende *Mutual Gains Approach* die daaruit voortkomt. Joint fact finding kan een onderdeel zijn van zo'n stakeholderproces, zie bijvoorbeeld de casuïstiek van de Waddenzee die uitvoerig is bestudeerd in onder andere Floor, van Koppen, & Lindeboom (2013). Joint fact finding kan ook eigenstandig, los van een breder participatief proces, worden toegepast. Dat is in dit biomassaproject gedaan, in grote lijnen conform de 'Handreiking joint fact finding' (Tonneijck & van Soest, 2019). Deze Handreiking bouwt voort op een rapport van Energie Dialoog Nederland (EDN) voor het Ministerie van Economische

Zaken en Klimaat uit 2017: *De betekenis van joint fact finding voor de kennisbasis van de energietransitie* (EDN, 2017)²⁰.

De belangrijkste verschillen in dit project met de werkwijze die de Handreiking voorstelt zijn dat de vraagstelling van het project niet mede door de stakeholders is vormgegeven maar op voorhand was vastgelegd, en dat ook de keuze van de uitvoerders (onderzoekers, procesfacilitatoren) niet mede door stakeholders is bepaald.

De jff beoogde aanvankelijk vooral om relevante input te leveren aan het cijfermatig onderzoek van CE Delft. In de loop van het project verschoof het accent van de jff echter steeds meer van een zoektocht naar 'feiten' naar het identificeren en ontwikkelen van visies op biomassa. Feiten bleken niet de enige en misschien zelfs niet de belangrijkste bron van meningsverschillen; die gingen vooral ook over de duiding van die feiten in het licht van uiteenlopende perspectieven, wereldbeelden en belangen (zie paragraaf 2.3). Een uitgebreide verantwoording van de gehanteerde methodische aanpak is beschreven in hoofdstuk 2 van het achtergrondrapport.

Selectie van stakeholders

Bij de selectie van de stakeholders is een inclusieve aanpak gekozen. Dat wil zeggen dat het jff-proces openstond voor iedereen die meende een inhoudelijke bijdrage te kunnen leveren aan de beantwoording van de vraagstelling: hetzij door kennis over de beschikbaarheid van biomassa, hetzij door kennis over de huidige en mogelijke toekomstige toepassingen, hetzij door kennis over duurzaamheidsaspecten. Kijkend naar de vraagstelling kan namelijk het volgende worden vastgesteld:

1. Het onderwerp biomassa is multidisciplinair.
2. Er is geen duidelijk afgebakende groep professionals die geconsulteerd zou kunnen worden om een antwoord te formuleren.
3. Een aantal deelvragen is trans-wetenschappelijk. Dat wil zeggen dat het vragen zijn die niet alleen door de wetenschap kunnen worden beantwoord, omdat ze ook tot het politiekmaatschappelijke domein behoren.
4. De expertise bevindt zich niet alleen bij wetenschappers die actief onderzoek doen naar verschillende aspecten van biomassa. Er is ook een groep stakeholders met praktijkkennis die relevant is voor het onderzoek. Daarnaast zijn er in dit debat experts die geen onderzoek of werk verrichten in relevante gebieden, maar die wel goed geïnformeerd zijn over wat er op dit gebied speelt.

De keuze voor een inclusieve aanpak is bij de start van het proces afgewogen tegen een meer exclusieve aanpak waarbij vooraf een strikte selectie van experts plaatsvindt op basis van kennis en onafhankelijkheid. Een inclusieve aanpak kan immers een aantal nadelen hebben:

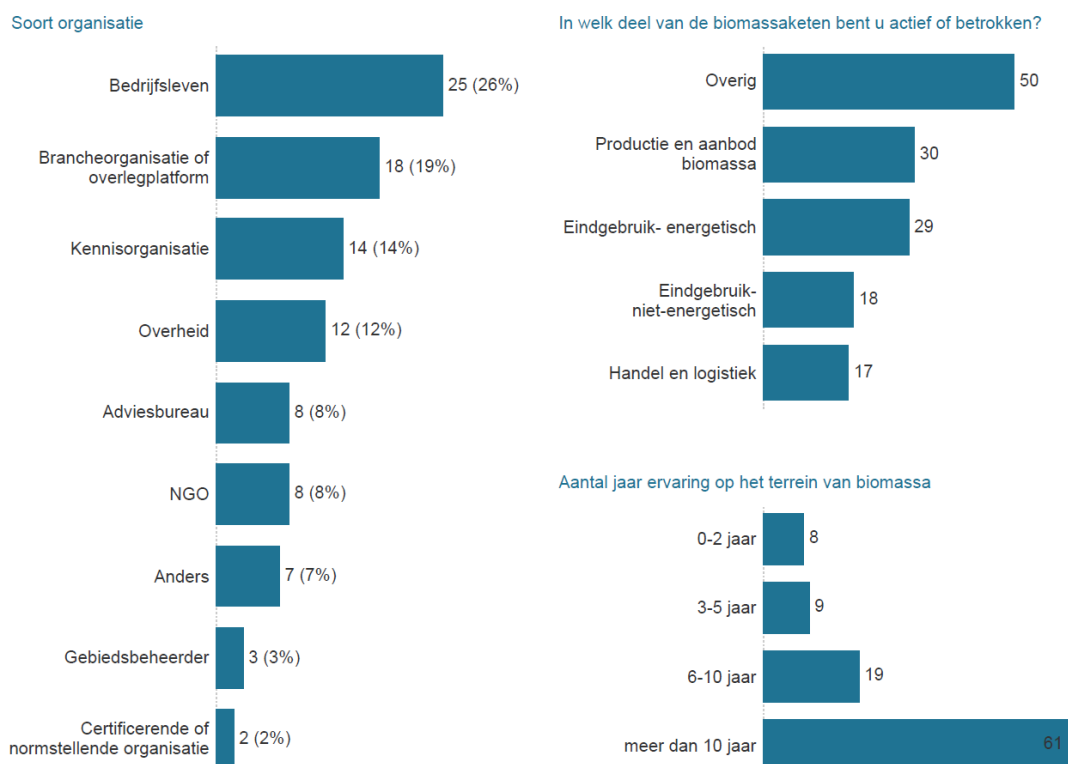
1. Met een grotere groep deelnemers is de kans kleiner dat er inzichten ontstaan die door iedereen worden gedeeld. Het projectteam heeft echter de afweging gemaakt dat legitimiteit van de uitkomsten van het proces belangrijker is dan consensus over opvattingen en getallen. Het is vooraf ook aan de deelnemers gecommuniceerd dat consensus niet het doel van het traject is.
2. De uitkomsten van het kennistraject kunnen worden beïnvloed door de belangen van stakeholders. Om dit zo goed mogelijk te ondervangen is stelselmatig gevraagd om ingebrachte opvattingen en argumenten te onderbouwen met studies en rapporten.

²⁰ Daarin is o.a. gebruik gemaakt van de volgende literatuur: Humble Analysis: the practice of Joint Fact Finding (Andrews, 2002), Technology, risk and democracy: The Dutch nuclear energy debate (1981-1984) (Hagendijk & Terpstra, 2004), A dialogue not a diatribe: effective Integration of Science and Policy through Joint Fact Finding (Karl, Susskind, & Wallace, 2007), Joint Fact Finding and Stakeholder Consensus Building at the Altamont Wind Resource Area in California (Bartlett, 2011) en Elf lessen voor een goede Energiedialoog (Est & Waes, 2016).

De breedte van het onderwerp en de gewenste legitimiteit van de uitkomsten van het proces hebben uiteindelijk de doorslag gegeven bij de keuze om een zo volledig mogelijke vertegenwoordiging van stakeholders en experts bij het jff-proces te betrekken. Het projectteam heeft op basis van eigen kennis van het Nederlandse netwerk en een beperkt internet-onderzoek een eerste lijst van stakeholders samengesteld. Tevens is het onderzoek op de website van het PBL publiek aangekondigd, en is in de enquête en de interviews aan de deelnemende partijen gevraagd welke personen of instanties er naar hun mening nog meer bij het jff-proces betrokken zouden moeten worden. Ook tijdens de uitvoering hebben zich nog belanghebbenden gemeld, of zijn op initiatief van het team alsnog uitgenodigd. Dit alles heeft geresulteerd in een lijst met 247 stakeholders, waarvan er uiteindelijk 151 actief betrokken zijn geweest in het proces. Er zijn met 34 stakeholders verdiepende interviews gehouden²¹. Gedurende het jff-proces zijn drie bijeenkomsten georganiseerd: Een informatie- en werkbijeenkomst op 30 september 2019 voor alle stakeholders, een expertmeeting op 13 november 2019 voor een kleinere groep experts en een slotsessie op 23 januari 2020.

Enquête

Bij aanvang van het jff-proces is een enquête onder stakeholders gehouden. De enquête had als doel om input te leveren aan de kwantitatieve beschouwing over beschikbaarheid voor en toepassingsmogelijkheden van biomassa in Nederland, en om een scherper beeld te krijgen van de verschillende posities in het biomassa-debat, inclusief de (cijfermatige) onderbouwing daarvan door de betreffende stakeholder. De enquête is ingevuld door een diverse groep van 97 respondenten met veel ervaring met het onderwerp. Figuur 2-1 geeft een overzicht van de kenmerken van de respondenten, waaronder de organisaties waarvoor ze werkzaam zijn.



Figuur 2-1 Kenmerken van de respondenten van de enquête. Onder overheid vallen beleidsmedewerkers van regionale overheden en uitvoeringsinstanties, geen politieke partijen; onder ngo's vallen alle typen niet-gouvernementele organisaties, niet uitsluitend natuur- en milieuverenigingen.

²¹ 10 bedrijven, 5 maatschappelijke organisaties, 10 kennisorganisaties, 5 brancheorganisaties, 1 gebiedsbeheerder en 3 overige instellingen; de volledige lijst is terug te vinden in het jff-achtergrondrapport.

De enquêteresultaten geven door de grote spreiding in kenmerken van de respondenten een goede indruk van de verschillende opvattingen die stakeholders hebben, maar zijn uiteraard niet representatief voor de gehele stakeholderpopulatie of bevolking. In bijlage 3 van het jff-rapport zijn de resultaten van de enquête weergegeven.

2.3 Opvattingen en argumenten per thema

De argumentenkaart

Op basis van de enquêtes, de interviews, bijeenkomsten en ook een nieuws-scan zijn een tiental belangrijke thema's onderscheiden en zijn de verschillende opvattingen en onderliggende argumenten van de stakeholders geïnventariseerd. De tien onderscheiden thema's zijn: 1) klimaat (incl. koolstofschuld), 2) landgebruikseffecten, 3) energietransitie (incl. cascadering), 4) 'people planet profit' (sociale, economische en natuuraspecten in herkomstgebieden), 5) kansen en bedreigingen voor de Nederlandse economie, 6) gevolgen voor de luchtkwaliteit, 7) certificering van biomassa, 8) koolstofboekhouding, 9) beleid (wetgeving en subsidies), en 10) fair share. Op basis van genoemde inventarisatie hebben De Gemeent/MSG Sustainable Strategies samen met het PBL aan de hand van de thema's een uitgebreide 'argumentenkaart' opgesteld (zie Tabel 2.1). 'Biodiversiteit' is niet als apart thema onderscheiden, maar maakt deel uit van de thema's landgebruik en 'people, planet, profit' en impliciet van het thema 'certificering'. Tevens vormt het mogelijk verlies van biodiversiteit ten gevolge van biomassa-teelt de basis voor één van de vijf perspectieven die in de volgende paragraaf worden onderscheiden.

Punten van overeenstemming

In de argumentenkaart zijn opvattingen en argumenten weergegeven die diametraal tegenover elkaar staan, waarbij de linkerzijde vooral argumenten representeert waarin biomassa als een kans wordt beschouwd om bepaalde problemen te helpen oplossen, en de rechterzijde vooral argumenten die de risico's op ongewenste effecten benadrukken. Dat kan de indruk wekken dat er in het biomassadebat alleen maar opvattingen en argumenten zijn geuit die uitgesproken voor of tegen het gebruik- en dan vooral als energiebron - van biomassa zijn. In werkelijkheid zijn in het debat ook opvattingen en argumenten naar voren gebracht die meer tussen de uitersten liggen en waarover men het in meer of mindere mate zelfs eens was.

In de stakeholdergesprekken over de beschikbaarheid en toepassing van biomassa bleek overeenstemming te bestaan over de volgende meer algemene punten, die overigens bij verdere uitwerking meestal alsnog leidden tot verschillen in opvatting.

Klimaat

- De klimaatdoelen van het Parijsakkoord en het Nederlandse Klimaatakkoord worden onderschreven waarbij de reductie van broeikasgassen in een circulaire economie als de grootste kans voor biomassa wordt gezien in zowel energietoepassingen als niet-energie-toepassingen.
- Voor het halen van de klimaatdoelen moeten meerdere technologieën worden ingezet; niemand pleit voor 100% bio-energie of bio-grondstoffen.
- Het zo lang mogelijk vastleggen van koolstof in materiaal heeft een positief klimaatteffect.
- Ketenemissies moeten worden meegeteld.
- Koolstofschuld moet worden meegenomen in de analyses (maar over de vraag of die effecten mee- of tegenvallen denkt men verschillend, zie paragraaf 4.3).

Productie in herkomstgebied

BIOMASSAPRODUCTIE KAN SAMENGAAN MET EEN VERBETERING VOOR MENS EN NATUUR

Een toenemende vraag naar biomassa kan een impuls zijn voor duurzame productie.

Productie van biomassa biedt werkgelegenheid en inkomsten.

Door toepassing van best-practices in landbouw en bosbouw is een verbetering van welzijn en natuur mogelijk.

People Planet Profit

PRODUCTIE VAN BIOMASSA KAN NEGATIEVE EFFECTEN HEBBEN OP MENS EN NATUUR

Productie van biomassa concurreert met de voedselvoorziening.

Er is een risico op een verslechtering van welzijn voor mensen in het herkomstgebied: arbeidsvoorwaarden, mensenrechten, de positie van de inheemse bevolking.

Er is een risico op verlies van natuurwaarden in het herkomstgebied: koolstofvoorraden, bodem, water, lucht, biodiversiteit, klimaatbestendigheid, milieuverantwoord handelen.

Toepassing in Nederland

BIOMASSA VERSTERKT DE NEDERLANDSE ECONOMIE

De biomassamarkt biedt economische kansen voor landelijk gebied en agri-business.

Biomassa(-reststromen) voor non-food toepassingen geeft nieuwe marktkansen.

Gebruik van biomassa maakt de economie minder afhankelijk van fossiele grond- en brandstoffen.

Economie

HUIDIG GEBRUIK VAN BIOMASSA REMT INNOVATIE

Verbranden van houtige biomassa leidt niet tot innovatie. Mijarden SDE-subsidie voor biomassa-meestook, warmte en in biomassaketels remt innovaties in 'echte' duurzame oplossingen.

Met het grootschalige gebruik van biomassa voor verbranding en andere toepassingen ontstaat een blijvende importafhankelijkheid.

BIOMASSAVERBRANDING GEEFT WEINIG VERSLECHTERING VAN LUCHTKWALITEIT

Moderne biomassacentrales voor warmte of elektriciteit hebben goede rookgasreiniging en geven nauwelijks verhoging van fijnstofconcentraties.

Fijnstof uit moderne biomassacentrales bestaat vooral uit zouten en is nauwelijks toxisch.

Stikstofemissies door moderne biomassacentrales zijn relatief (zeer) klein.

De uitstoot blijft binnen de wettelijke normen, die bovendien steeds strenger worden.

Niet gereguleerde particuliere openhaarden en oude kachels hebben een veel grotere impact op luchtkwaliteit dan moderne (grootschalige) biomassa-installaties.

Lucht

BIOMASSAVERBRANDING GEEFT LUCHTVERONTREINIGING

Het toenemende aantal biomassa-verbrandingsinstallaties verergert luchtvervuiling.

Biomassa-verbranding leidt tot hogere NO_x emissies, terwijl die verminderd moeten worden.

Er is geen veilige drempelwaarde voor fijnstof, dat betekent dat elke toename in de fijnstofconcentratie leidt tot nadelige effecten op de gezondheid.

Biomassacentrales doen de winst van maatregelen op andere terreinen teniet.

De gezondheidseffecten van grootschalige verbranden van biomassa zijn (nog) niet bekend.

Vertrouwen in implementatie

ER WORDEN STRENGE DUURZAAMHEIDSPRINCIPES EN CRITERIA GEHANTEERD

Een groot deel van de biomassa voor niet-voedseltoepassingen voldoet aan strenge eisen en wordt streng gecontroleerd.

Duurzaamheidseisen voor biomassa zijn goed maar zouden ook voor voedsel, veevoer en textiel moeten gelden.

Criteria die *volledige* duurzaamheid garanderen worden onuitvoerbaar in de praktijk.

Certificering

CERTIFICERING IS EEN PAPIEREN WERKELIJKHEID

De certificering is complex en fraudegevoelig en is erg moeilijk te handhaven buiten de EU.

De toenemende vraag naar biomassa leidt tot perverse prikkels en lokt fraude uit.

DE KOOLSTOFBOEKHOUDING IS SLUITEND EN VOORKOMT DUBBELTELLINGEN

Alle landen rapporteren aan de VN de CO₂-vastlegging door groei van bossen en in de bodem en CO₂-emissies door oogst.

De duurzaamheidscriteria borgen dat geen biomassa wordt geïmporteerd uit bossen waar koolstofvoorraden afnemen.

C-boekhouding

HUIDIGE KADERS BIEDEN ONVOLDENDE ZEKERHEID OP CO₂-REDUCTIE

In de internationale koolstofboekhouding wordt de emissie geregistreerd bij de biomassaproductent en telt de emissie door verbranding als nul. Dat geeft een vertekend beeld voor de nationale doelstellingen.

De CO₂ registratie in herkomstlanden schiet tekort, waarmee emissies onderschat worden.

HET ENERGIE- EN KLIMAATBELEID KAN DE TOEPASSING VAN BIOMASSA POSITIEF BEÏNVLOEDEN

De SDE+ is een subsidiemiddel dat stuurt op kosteneffectiviteit.

De overheid kan sturen waar biomassa voor wordt ingezet in de SDE+. Zo komen er geen nieuwe SDE-beschikkingen voor de meestook.

EU-wetgeving (o.a. REDII) geeft veel zekerheden voor duurzame herkomst en toepassing.

Beleid

HUIDIGE KADERS HINDEREN EEN HOOGWAARDIGE INZET VAN BIOMASSA IN DE ENERGIE- EN GRONDSTOFFENTRANSITIE

Voor beleidsdoelen wordt vooral naar emissies aan de schoorsteen gekeken (scope 1). Daarmee wordt het beperken van *embedded* koolstof (scope 3) onvoldoende gestimuleerd.

De SDE+ stimuleert laagwaardige energetische inzet van biomassa.

Stimulering, zoals SDE+, zou meer naar innovaties en hoogwaardigere toepassing moeten.

EERLIJKE HANDEL IS BELANGRIJK, MAAR FAIR SHARE IS GEEN WERKBAAR PRINCIPE

Nederland is een handelsland met veel import en export en een industrie die voor de mondiale markt produceert. Dat is niet goed te combineren met *fair share* op nationaal niveau.

Er is geen neutrale basis om *fair share* te bepalen en implementatie is lastig zo niet onmogelijk.

Fair share

HUIDIGE KADERS BIEDEN ONVOLDENDE ZEKERHEID OP EERLIJKE HANDEL

Nederland mag door import andere landen niet hun transitiepotentieel ontnemen.

Nederland moet niet meer biomassa importeren dan een eerlijk deel van het mondiale potentieel.

- Er lijkt grond voor overeenstemming²² (zie bijvoorbeeld (Natuur & Milieu, 2018), tabel 2) te bestaan dat tertiaire reststromen (stromen die vrijkomen na gebruik) beperkte klimaatrisico's hebben en dat hetzelfde geldt voor een nader te bepalen deel van de primaire reststromen (die bij de productie vrijkomen op de akker of in het bos) en secundaire reststromen (die vrijkomen bij de verwerking van de producten van bos- en landbouw).

Landgebruik

- Alle stakeholders vinden een gezonde en vruchtbare bodem, goed bodembeheer en voldoende organische stof belangrijk, maar op de vraag hoe dit belang het beste geborgd kan worden heeft men verschillende antwoorden.
- ILUC verdient serieuze aandacht. Veel stakeholders zijn positief over de Europese regelgeving die moet waarborgen dat alleen low-ILUC-brandstoffen worden toegepast (zie paragraaf 4.8).
- Vrijwel alle stakeholders gaven aan dat er onder voorwaarde van duurzaam bosbeheer (zoals het achterlaten van voldoende tak- en top hout ten behoeve van biodiversiteit en bodemkwaliteit) hout geoogst mag en kan worden, voor zover dit niet oerbossen of beschermde gebieden betreft. Er is wel verschil van inzicht over de vraag wat die voorwaarden voor duurzaam bosbeheer precies zijn en over de mate van vertrouwen dat die worden nageleefd.

Transitie

- Men ziet een blijvende rol voor biomassa als materiaal.
- Op dit moment zijn er nog weinig bezwaren tegen een rol als feedstock voor de chemie.
- Als energetische toepassing van biomassa onvermijdelijk is, dan moet het bij voorkeur worden ingezet waar geen of nauwelijks alternatieven beschikbaar zijn (zoals lucht- en zeescheepvaart).
- Het zo hoogwaardig mogelijk en gecascadeerd toepassen van biomassa wordt door alle stakeholders onderschreven (zie paragraaf 4.9), waarbij directe verbranding één van de minste geprefereerde opties is.

Productie in herkomstgebieden

- Het belang van de duurzaamheidsaspecten welzijn, natuur en welvaart wordt door alle stakeholders onderschreven, maar er zijn verschillen van inzicht in hoeverre concurrentie met voedselvoorziening, schending van mensenrechten en aantasting van biodiversiteit vermeden kunnen worden. Sommigen zien biomassa als een kans om deze aspecten te verbeteren, anderen zien biomassa als een risico.
- De mate van vertrouwen in de duurzaamheid van biomassa is het grootst wanneer deze afkomstig is uit Nederland omdat de invloed van beleid op nationaal niveau het grootst wordt geacht. Om dezelfde reden is de mate van vertrouwen in biomassa uit de EU groter dan voor biomassa die uit de rest van de wereld waarbij er verschillen tussen specifieke landen bestaan. Dit werd ook bevestigd door de uitkomsten van de enquête waarin (zeer) veel vertrouwen werd uitgesproken voor biomassa uit NL en de EU (respectievelijk 82% en 69% van de respondenten) en veel minder voor biomassa van buiten de EU (gelijk verdeeld over (zeer) veel vertrouwen, enig vertrouwen en weinig of totaal geen vertrouwen).

²² Deze voorzichtige formulering komt voort uit het feit dat deze observatie niet meer is teruggelegd bij de stakeholders. Het is de inschatting op basis van de tweede werksessie (expertsessie) waarin bleek dat ook de meest kritische stakeholders toegaven dat er rest- en afvalstromen zijn die geen klimaatrisico's hebben.

Economie

- Er is overeenstemming dat een transitie naar een biobased economy een economische impuls kan geven aan Nederland. Er zijn echter verschillen van inzicht over welke toepassingen een waardevolle bijdrage kunnen leveren en dus gestimuleerd moeten worden.

Beleid

- Er is overeenstemming dat de huidige stimulering via de SDE+-regeling onevenwichtig op energietoepassingen en kostenefficiëntie op de korte termijn is gericht, in plaats van op meer hoogwaardige toepassing (zoals chemie en materialen) en de langere termijn.
- Uit de enquête blijkt dat men relatief positief is over de effectiviteit van RED2, FQD en de Wet Milieubeheer maar tegelijkertijd werd ook benoemd dat men belemmeringen ondervindt vanuit wet- en regelgeving.

2.4 Vijf perspectieven op biomassa

Uit de hierboven opgesomde punten van overeenstemming komt het beeld naar voren dat men het wel eens is over de nut en noodzaak van de doelen die in elk van de thema's dominant zijn, maar een ander antwoord heeft op de vraag of en in welke mate biomassa een rol moet spelen bij het realiseren van die doelstelling, aan welke duurzaamheidseisen die moet voldoen, en waar die biomassa dan vandaan zou mogen komen. Er blijkt daarbij niet zozeer een debat te zijn over wat de feiten zouden zijn, maar veeleer lopen de opvattingen uiteen over de duiding van deze feiten in het licht van iemands perspectief op de wereld. Om die reden is door De Gemeyn/MSG Sustainable Strategies gezocht naar een indeling in perspectieven die de verschillende posities in het debat gedeeltelijk kunnen verklaren, en die daarmee kunnen helpen de verschillende redeneerlijnen beter te duiden. Op basis van de enquêteresultaten, gesprekken, bijeenkomsten en interviews heeft De Gemeyn/MSG Sustainable Strategies een vijftal onderscheidbare perspectieven geïdentificeerd, die elk redeneerlijnen volgen die op zich consistent en onderbouwd zijn en zich ook beroepen op onderliggende wetenschappelijke en/of grijze literatuur²³, maar die maar ten dele verenigbaar zijn met de redeneerlijnen uit de andere perspectieven. De indeling in vijf perspectieven betreft een eigen pragmatische indeling van De Gemeyn/MSG Sustainable Strategies, die niet gebaseerd is op een zuiver wetenschappelijke invalshoek maar die door de deelnemers van het jff-proces als een herkenbaar en vruchtbaar concept werd beschouwd om de verschillen en overeenkomsten diepgaander en constructief door te spreken. De vijf perspectieven worden aangeduid met:

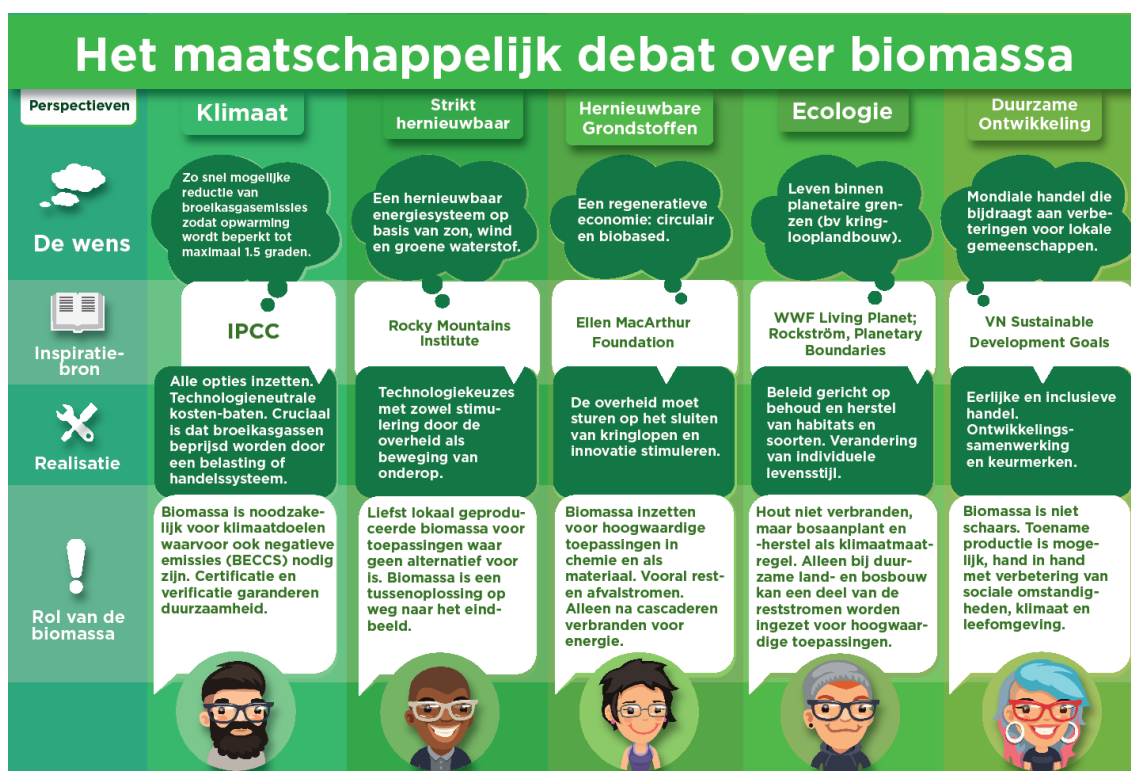
1. **Klimaat.** Vooral te vinden onder klimaat- en energiewetenschappers, economen, nationale beleidsmakers, werknemers van grote energiebedrijven en sommige maatschappelijke milieuorganisaties.
2. **Strikt hernieuwbaar.** Vooral ngo's die zich richten op energie alsook regionale en lokale overheden en enkele energiebedrijven.
3. **Hernieuwbare grondstoffen.** Vooral chemie- en afvalbedrijven, beleidsmakers op het terrein van milieu, actoren uit de agro-hoek (wetenschap, banken, beleidsmakers).
4. **Ecologie.** Vooral ecologen en bosbouwers, sommige gebiedsbeheerders en maatschappelijke organisaties met een focus op natuur en biodiversiteit.
5. **Duurzame ontwikkeling.** Vooral stakeholders die zich bezighouden met ontwikkelings-samenwerking.

Tabel 2.2 toont per perspectief kort het gewenste doel, de belangrijkste inspiratiebron, de weg naar realisatie en de rol van biomassa. In paragraaf 4.3 van (De Gemeyn & MSG Strategies, 2020) wordt per perspectief de achterliggende redeneerlijn uiteengezet.

²³ Dat wil zeggen rapporten van instellingen zoals de EEA, IEA, FAO, IPCC, maar ook die van PBL.

Elk van deze perspectieven heeft een eigen (maatschappelijke) hoofddoelstelling, en tevens een eigen beeld van de huidige en gewenste staat van het klimaat, de natuur, de biodiversiteit, de landbouw- en voedselvoorziening, de (lokale) economie en het energiesysteem. De perspectieven omvatten dan ook niet alleen een eigen visie op biomassa *an sich*, maar op het bredere systeem waarin biomassa al dan niet voor niet-voedseltoepassingen inzetbaar wordt geacht. Tegelijkertijd sluiten ze elkaar ook niet volledig uit: stakeholders die bijvoorbeeld redeneren vanuit een klimaatperspectief kunnen daarnaast ook argumenten uit een ecologisch perspectief hanteren.

Tabel 2-2 Karakterisering van de perspectieven. Bron: (De Gemeynt & MSG Strategies, 2020).



Tot slot: omdat elk van de onderscheiden perspectieven een andere visie heeft op welke duurzaamheidseisen hoe streng moeten worden gehanteerd en welke herkomstgebieden en toepassingen toelaatbaar zijn, komen ze ook alle vijf tot andere inschattingen van hoe groot de Nederlandse behoefte aan biomassa is en hoeveel er beschikbaar is. In paragraaf 3.3 van dit rapport is een aanzet gedaan dit te kwantificeren.

3 Biomassa: Beschikbaarheid en behoefte voor Nederland

CE Delft heeft in het kader van deze studie in kaart gebracht hoe groot de Nederlandse behoefte en beschikbaarheid van duurzame biomassa momenteel en in de toekomst (2030 en 2050) zouden kunnen zijn (CE Delft, 2020). Aan de behoefteskant zijn daarbij de volgende toepassingen onderscheiden:

- Feedstock voor de chemische industrie, bijvoorbeeld voor etheenproductie.
- Biobrandstoffen voor mobiliteit en transport.
- Hogetemperatuurwarmte in de industrie.
- Lagetemperatuurwarmte in de gebouwde omgeving en glastuinbouw, vooral in de vorm van groen gas.
- Elektriciteitsproductie.
- Materialen (hout, stro, riet, vlas en hennep).
- Als bodemverbeteraar in de landbouw.

Aan de beschikbaarheidskant is onderscheid gemaakt naar herkomstgebied (Nederland, de EU en de wereld), naar de sectoren landbouw en bosbouw en tevens naar de verschillende stromen:

- Productiestromen: de hoofdproducten waarop de landbouw of bosbouw is gericht, zoals graan, suikerbieten, micro-algen, melk, vlees, zaaghout en hout voor papierproductie.
- Primaire reststromen: stromen die in het veld vrijkomen bij de productie, zoals stro, loof, mest, dunningshout, takken en tophout.
- Secundaire reststromen: reststromen die vrijkomen bij het verwerkingsproces van de productiestroom, zoals kaf, doppen, bietenpulp, slachtafval en zaagsel.
- Tertiaire reststromen: reststromen die ontstaan na gebruik of consumptie van een product, zoals rioolwaterzuiveringsslib, GFT en afvalhout uit de bouw.

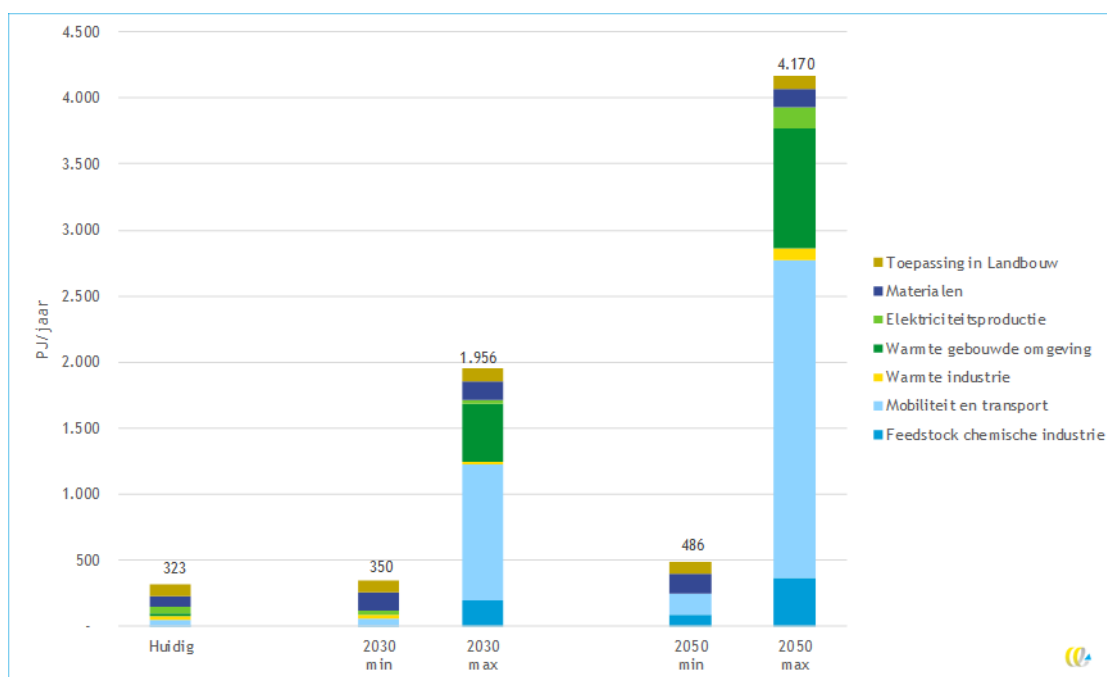
Ook is gekeken naar de beschikbaarheid van aquatische biomassa (macro-alg of 'zeewier'). Hoewel dit volgens sommige studies op termijn een groot potentieel zou kunnen zijn, bevat de beschikbare literatuur geen bruikbare kwantificering. Aquatische biomassa is daarom buiten beschouwing gelaten.

Voor elk van de onderscheiden herkomstgebieden, sectoren, stromen en toepassingen is nagegaan hoe groot de bandbreedte is in de hoeveelheden gewenste of beschikbare duurzame biomassa in de zichtjaren 2030 en 2050. Daarvoor zijn alleen getallen gebruikt waarover in de literatuur brede overeenstemming is, oftewel waarvan de gekozen veronderstellingen door velen als denkbaar worden beschouwd. Cijfers die slechts in een enkele bron zijn aangetroffen en/of die geen valide onderbouwing hebben zijn buiten beschouwing gelaten.

In de volgende paragrafen worden de door CE Delft geïnventariseerde behoefte- en beschikbaarheidscijfers door middel van staafdiagrammen gepresenteerd en vervolgens kort toegelicht. Het voert te ver om de achtergrond en onderliggende veronderstellingen bij de cijfers in voorliggend rapport uitgebreid te behandelen. Daarvoor wordt verwezen naar het rapport van CE Delft. Helaas zijn de uitgangspunten en de gehanteerde methodes in de onderzochte studies niet altijd even goed geëxpliciteerd en is CE Delft daarom niet altijd in staat geweest de verschillen tussen cijfers uit verschillende bronnen te verklaren.

3.1 Behoefte vanuit verschillende toepassingen

Figuur 3-1 en Tabel 3-1 tonen de huidige en toekomstige Nederlandse primaire behoefte in petajoules²⁴ van duurzame biomassa per onderscheiden toepassing. Voor 2030 en 2050 worden minimum- en maximumscenario's gegeven, die het gevolg zijn van verschillende veronderstellingen over de ontwikkeling van de behoefte aan energie, grondstoffen en materialen in de onderscheiden sectoren, van de mate van vervanging van traditionele door biobased grondstoffen en materialen, van de mate van circulariteit bij materialen en van de inzet van andere bronnen voor hernieuwbare energie (zoals wind, zon, geothermie). De gepresenteerde cijfers komen vooral uit studies die slechts één sector onder de loep hebben genomen, en die meestal geen rekening houden met de behoefte vanuit andere sectoren of andere landen, en ook niet met mogelijke schaarste van biomassa. In de praktijk zal de uiteindelijke vraag naar biomassa afhangen van de prijs en daarmee van de beschikbaarheid: schaarste leidt immers tot hogere prijzen en daardoor uiteindelijk tot minder vraag (tenzij er geen alternatieven zijn).



Figuur 3-1 Totaalcijfers behoefte aan duurzame biomassa in Nederland, per toepassing, in PJ per jaar. In de max-scenario's en het 2050 min-scenario is 80% van de behoefte voor mobiliteit en transport afkomstig van de scheepvaart en de luchtvaart. De behoefte voor materialen is beperkt meegenomen omdat er vrijwel geen schattingen bestaan voor 2030 en 2050. Bron: (CE Delft, 2020).

Aandeel in energietoepassingen

In de scenario's met maximale hoeveelheden - verder aangeduid als max-scenario's - stijgt de omvang van de energietoepassingen van biomassa in Nederland (elektriciteitsproductie, warmte en mobiliteit en transport, inclusief lucht- en scheepvaart) van de huidige 148 PJ naar 1.513 PJ in 2030 en naar 3.560 PJ in 2050, respectievelijk 77% en 85% van de totale inzet van biomassa. In de scenario's met minimale hoeveelheden (min-scenario's) is het aandeel veel kleiner: eerst dalend tot 115 PJ (33%) in 2030 om vervolgens weer te stijgen naar 164

²⁴ Het gaat hierbij om de energie-inhoud van de biomassa, niet om de hoeveelheid energie die ermee geproduceerd kan worden.

PJ (34%) in 2050²⁵. Uit deze cijfers kan worden afgeleid ook het totale energieverbruik sterk verschilt tussen de max- en min-scenario's.

Tabel 3-1 Biomassabehoefte in Nederland voor verschillende toepassingen. De behoefte voor materialen is beperkt meegenomen omdat er vrijwel geen schattingen bestaan voor 2030 en 2050. Bron: (CE Delft, 2020).

PJ/jaar	Huidig	2030 Min	2030 Max	2050 Min	2050 Max
Feedstock chemische industrie	3	3	200	90	368
Mobiliteit en transport	49	62	1.022	164	2.402
Warmtebehoefte industrie	24	23	23	-	88
Warmtebehoefte GO en glastuinbouw	25	-	438	-	911
Elektriciteitsproductie	50	30	30	-	159
Materialen	83	143	143	>143	>143
Toepassing in Landbouw	90	90	101	90	101
Totaal	323	350	1.956	>486	>4.170

Toepassing van biomassa in de landbouw

Biomassa vervult in de landbouw een belangrijke rol als bron voor organische stof en nutriënten. Het behoudt of verbetert de bodemkwaliteit en heeft daarmee een positief effect op de productiviteit van de landbouwgrond en op de biodiversiteit.

De totale aanvoer aan effectieve organische stof²⁶ in de landbouw bedroeg in 2009 naar schatting 5.000 kton per jaar waarvan grofweg de helft afkomstig is van gewasresten en de andere helft van mest (Lesschen, 2019). De huidige aanvoer is gemiddeld genomen voldoende om het gehalte aan bodemorganische stof op peil te houden, alhoewel er op regionaal niveau meer dan het minimum of juist minder dan de benodigde minimale toevoer wordt aangevoerd (TCB, 2016).

Vanuit het beleid wordt gestreefd naar verhoging van het gehalte organische stof in landbouwbodems, onder andere door verhoging van de toevoer. Maatregelen op gebied van landbouwbodems en volleggrondsteelt moeten volgens het Klimaatakkoord 0,4 tot 0,6 megaton CO₂-reductie per jaar opleveren — onder andere door toenemende opbouw van bodemorganische stof. Omdat niet precies is aangegeven hoeveel hiervan met additionele toevoer van biomassa moet worden gerealiseerd is ook niet in te schatten hoeveel biomassa additioneel zou moeten worden aangevoerd. Ter indicatie: een additionele vastlegging in de bodem van 0,5 megaton CO₂ per jaar vergt bij een gemiddelde humificatiecoëfficiënt van 50% circa 600 kiloton droge stof aan organisch materiaal. Samen met de huidige aanvoer van 5.000 kiloton droge stof per jaar komt de toekomstige behoefte daarmee uit op 5.600 kiloton droge stof. per jaar. Op basis hiervan komt CE Delft tot een (omgerekende) behoefte van 90 tot 100 PJ in 2030 en 2050.

Mobiliteit en transport (inclusief bunkers voor internationale lucht- en scheepvaart)

In mobiliteit en transport is de bandbreedte in het mogelijke biomassagebruik tussen min- en max-scenario's in 2030 62 tot 1.022 PJ, en in 2050 164 tot 2.402 PJ. Deze ruime bandbreedtes

²⁵ Ter vergelijking: het in juni 2019 gepresenteerde klimaatakkoord kwam men op ongeveer 204 tot 224 PJ bruto eindgebruik van biomassa voor energietoepassingen wat neerkomt op een input van ongeveer 310 tot 350 PJ *exclusief* de lucht- en scheepvaart aangezien die geen onderdeel vormden van de emissiereductiedoelstelling van 49% in 2030 (Hekkenberg, 2019).

²⁶ Effectieve organische stof is het materiaal dat één jaar na het opbrengen en eventueel onderploegen van biomassa in de vorm van mest, gewasrest of groenbemester nog niet is verteerd en in de bodem achtergebleven is.

zijn enerzijds het gevolg van verschillende aannames rond de mate waarin fossiele brandstoffen worden vervangen door biobrandstoffen, en anderzijds door verschillende aannames voor het omzettingsrendement van biomassa in biobrandstoffen²⁷. In het wegverkeer hangt de inzet van biobrandstoffen sterk af van de snelheid waarmee de transitie naar nulmissievoertuigen plaatsvindt; als die tegenvalt is langere tijd (enkele decennia) relatief veel biobrandstof nodig om de gewenste CO₂-reductie te bereiken, en vice versa (CE Delft, 2020), op basis van (CPB & PBL, 2015; EC, 2018b, 2019b).

In de scheepvaart hangt de inzet vooral af van de groei van de hoeveelheid brandstof die in Nederland wordt gebunkerd en van in hoeverre de IMO-doelstelling²⁸ voor 2050 – 50% emissiereductie – al dan niet in wetgeving is verankerd. In het min-scenario is er geen wetgeving en is de inzet van biobrandstoffen nihil; in het max-scenario is er wetgeving die zelfs iets ambitieuzer is dan deze doelstelling en worden er voor het realiseren van de emissiereductiedoelstelling alleen biobrandstoffen ingezet²⁹. In combinatie met de bandbreedte in het omzettingsrendement van biomassa in biobrandstof resulteert dat in 2050 in een bandbreedte in de biomassabehoefte voor scheepvaart van 0 tot 1.640 PJ (EC, 2018b, 2019b; PBL, 2019b; Shell, 2018). Voor de bovenwaarde in 2030 – 663 PJ – heeft CE Delft verondersteld dat de IMO-doelstelling van 50% emissiereductie al in 2030 wordt gerealiseerd³⁰.

In de luchtvaart speelt Nederland al langer een voortrekkersrol bij de inzet van biokerosine en wordt er ook buiten ICAO/CORSIA³¹ om gesproken over een jaarverplichting voor het gebruik van hernieuwbare energie. Er is daarom verondersteld dat de emissiereductiedoelstelling van 50% in 2050 zal worden gerealiseerd. De inschatting van CE Delft van het aandeel biobrandstoffen in de door ICAO beoogde mix van maatregelen (waaronder ook technologische verbetering, operationele veranderingen en marktgerichte maatregelen) heeft een relatief kleine onzekerheidsband: de bandbreedte in de daarvoor benodigde hoeveelheid biomassa (127 tot 295 PJ, gebaseerd op Berg, Zuidema, Oudman, & Driessen (2019) en EP (2019)) is vooral het gevolg van onzekerheid in het omzettingsrendement. Voor 2030 wordt door CE Delft uitgegaan van 9 tot 154 PJ op basis van respectievelijk Berg et al. (2019) en CE Delft (2017b).

In het max-scenario's voor 2050 komt daarmee 80% van de behoefte aan biomassa in de mobiliteitssector voort uit bunkers voor de lucht- en scheepvaart. In het min-scenario in 2050 komt bijna 80% van de behoefte uit de mobiliteitssector voort uit de luchtvaart; de behoefte uit de scheepvaart is daar nul verondersteld.

Elektriciteitsopwekking en warmtevraag in de gebouwde omgeving, de glastuinbouw en de industrie

Voor de elektriciteitsopwekking en de warmtebehoefte in de gebouwde omgeving, de glastuinbouw en de industrie wordt in het min-scenario verondersteld dat de energievraag in 2050 volledig met andere hernieuwbare technieken³² worden ingevuld, waardoor tegen die tijd geen biomassa nodig is. In de aanloop daar naartoe worden in 2030 in de industrie en de elektriciteitsopwekking nog wel enige tientallen PJ's biomassa ingezet. In het max-scenario neemt de behoefte aan biomassa voor de gebouwde omgeving en glastuinbouw (vooral voor groengasproductie en deels voor inzet in bio-energiecentrales) sterk toe, tot 438 PJ in 2030 en 911 PJ

²⁷ Zie voor de geraamde inzet van biobrandstoffen, de veronderstelde conversiefactoren en de daaruit resulterende behoefte aan biomassa respectievelijk tabel 12, 14 en 15 van (CE Delft, 2020).

²⁸ International Maritime Organization.

²⁹ Technisch gezien kunnen naast biobrandstoffen ook andere hernieuwbare brandstoffen zoals groene of blauwe waterstof worden ingezet.

³⁰ Doordat de vraag naar bunkers in 2030 lager is dan in 2050 is de uit deze doelstelling resulterende biomassabehoefte lager dan in 2050.

³¹ CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) is een programma van de internationale burgerluchtvaartorganisatie ICAO.

³² Zoals 'all electric' (warmtepompen), geothermie, groene of blauwe waterstof in de gebouwde omgeving en industrie en windturbines en zonnepanelen voor de elektriciteitsopwekking.

in 2050 (den Ouden, Graafland, & Warnars, 2018). Door energieverliezen die optreden bij de omzetting van biomassa in groen gas en bij de productie en distributie van collectieve warmte³³ zijn deze hoeveelheden aanzienlijk hoger dan de finale warmtevraag waarmee gerekend is. Bij de elektriciteitsproductie is in het min-scenario verondersteld dat balanceringsinzet in 2050 grotendeels kan plaatsvinden door elektriciteitsopslag; in het max-scenario is daar ook inzet van groen gas in wkk-installaties voor nodig (CE Delft, 2017a; PBL, 2019b). Ook in de industrie gaat het in het max-scenario in 2050 vooral om inzet van groen gas in wkk-installaties en stoomketels.

Feedstock chemische industrie

De verwachtingen van de toekomstige behoefte aan biomassa als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie lopen sterk uiteen, onder andere vanwege de complexiteit en de internationale oriëntatie van de chemische sector. In CE Delft (2020) worden de belangrijkste factoren benoemd die ten grondslag liggen aan de complexiteit en onzekerheid, te weten:

- De diversiteit aan productieroutes. De eindproducten die de chemische industrie maakt zijn tot op zekere hoogte inwisselbaar (een nieuw soort biobased plastic kan een conventioneel fossiel plastic vervangen), en het aantal unieke eindproducten loopt in de tienduizenden. Daarnaast bestaan er verschillende biobased productieroutes om een bepaald eindproduct (bijvoorbeeld een kunststof) te maken, die op hun beurt vaak weer gebruik maken van verschillende soorten biomassa.
- De mate waarin 'drop-in' chemicaliën worden geproduceerd (die exact het zelfde zijn als de fossiele variant, zoals ethyleen) versus de mate waarin specifieke of nieuwe biochemicaliën worden geproduceerd die gelijksoortige eigenschappen hebben als hun fossiele evenknie, maar die gericht zijn op het behoud van de atomen en chemische structuren die in biomassa aanwezig zijn. Hierdoor zijn minder chemische stappen, en vaak ook minder biomassa en minder energie nodig in het productieproces.
- De stand van de techniek. Er zijn veel biochemicaliën en -polymeren die veelbelovend zijn, maar die nog niet op grote schaal worden geproduceerd en toegepast in eindproducten. Daarnaast kan in sommige eindproductmarkten zoals de verfindustrie niet zo maar één fossiel ingrediënt van het product worden vervangen door een vergelijkbaar biobased ingrediënt en is veel onderzoek nodig voordat de overstap naar biobased mogelijk is.
- Alternatieve koolstofbronnen. De koolstofbron voor de productie van organische chemicaliën kan biomassa zijn, maar er zijn ook andere alternatieven mogelijk zoals afgevangen CO₂ (CCU) of gerecyclede koolstofhoudende producten.
- Behoeft buiten Nederland. 80% van wat er door de Nederlandse chemie wordt geproduceerd, wordt geëxporteerd. 80% daarvan gaat naar Europese landen³⁴. De vraag naar grondstoffen voor de Nederlandse chemische industrie wordt dus vooral beïnvloed door de behoefte uit andere Europese landen.
- Beleid. Er is weinig specifiek beleid op biobased chemie. Er bestaat bijvoorbeeld geen verplichting om in 2030 x% van de kunststof verpakkingen biobased te maken en er is er ook geen heffing op de inzet van fossiele koolstofbronnen in chemicaliën. Het huidige politieke kader in de EU en Nederland wordt door veel studies als ongunstig gezien voor de ontwikkeling van de biobased chemie (E4Tech et. al, 2019; nova-Instituut, 2018a; Sederel, 2019).

³³ Voor groengasproductie is gerekend met een energetisch omzettingsrendement van gemiddeld 35%, voor bio-warmtecentrales is gerekend met een energetisch omzettingsrendement van 85% en 15% verlies in het warmtenet.

³⁴ Zie <https://www.vnci.nl/over-de-chemie/feiten-en-cijfers>

De uiteindelijk door CE Delft gerapporteerde bandbreedte in het gebruik van biomassa als feedstock in de chemische industrie is groot: van 3 tot 200 PJ³⁵ in 2030 en van 90 tot 368 PJ in 2050 (Ecofys & Berenschot, 2018; VEMW, 2017). In de min-scenario's is verondersteld dat het gebruik van biomassa als feedstock in 2030 op industriële schaal nog niet van de grond komt; in 2050 wordt het vooral ingezet bij de productie van etheen en 'specialty chemicals'. In het max-scenario's voor 2050 is verondersteld dat het vervangen van fossiele door biogene grondstoffen de goedkoopste manier is om 80-95% CO₂-emissiereductie te realiseren.

Materialen

Bij materialen gaat het om hout en andere plantaardig materiaal³⁶ dat gebruikt wordt in de grond-, weg- en waterbouw en de woning- en utiliteitsbouw en om hout, karton, papier. In de toekomst zal naar verwachting een substantiële hoeveelheid lignine – een restproduct uit de papierindustrie – worden toegepast in de asfaltproductie (NIBE Research bv, 2019). Hoeveel van de in Figuur 3-1 geraamde hoeveelheid in 2030 – 143 PJ – wordt gerealiseerd hangt sterk af van de prijsontwikkeling van de verschillende alternatieven. Anderzijds kan het doel van de overheid om in 2030 50% minder abiotische grondstoffen in te zetten (I&W, 2016; PBL, 2019a), met name door meer secundaire en hernieuwbare (lees biotische) materialen in te zetten, er ook toe leiden dat de behoefte in 2030 groter wordt dan de hier geschatte 143 PJ. Verwacht kan worden dat na 2030 de hoogwaardige inzet van biomassa voor materialen, inclusief vervanging van staal en beton, verder door zal zetten. Echter, studies die dit kwantificeren zijn (nog) niet beschikbaar³⁷. Daarom is er door CE Delft voor gekozen de behoefte in 2050 vooralsnog gelijk te houden aan die in 2030.

3.2 Beschikbaarheid van duurzame biomassa

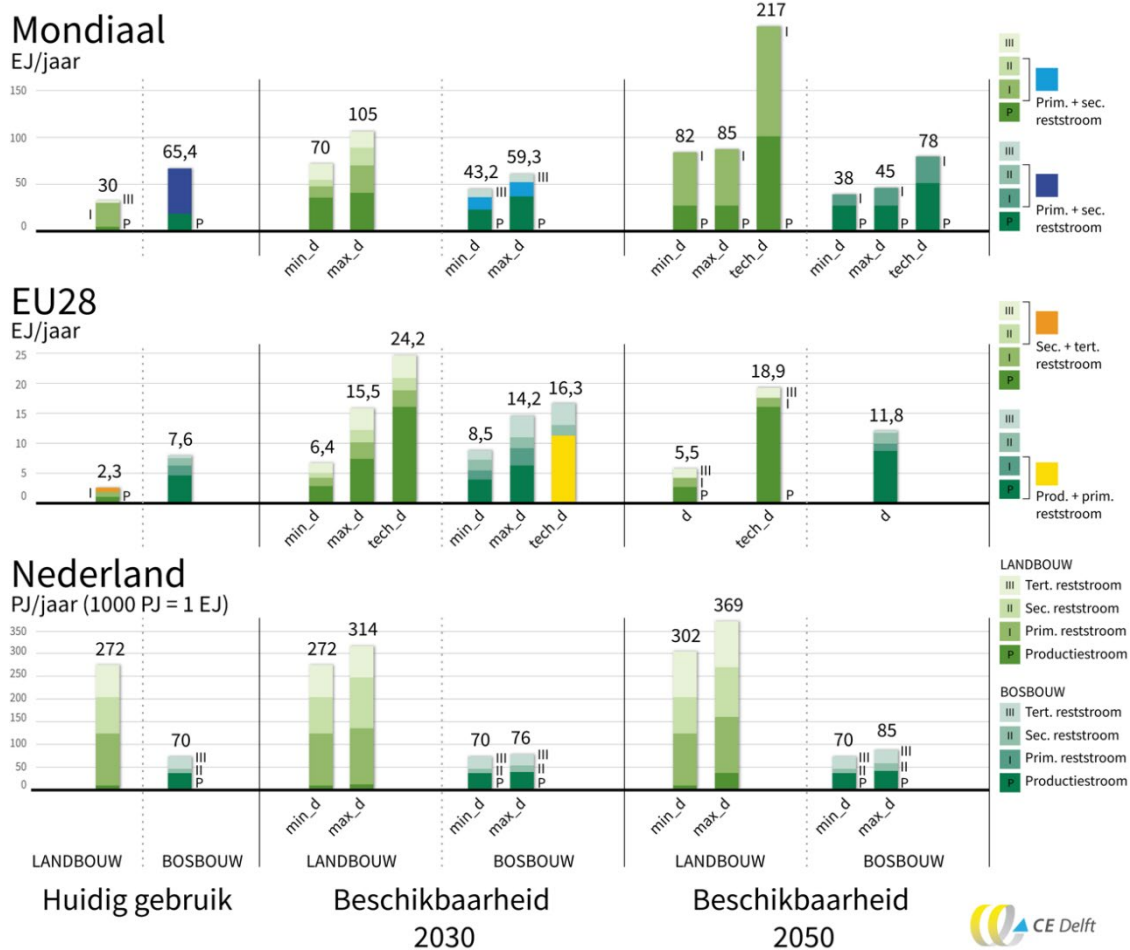
Figuur 3-2 toont de huidige en toekomstige (2030 en 2050) beschikbaarheid van duurzame biomassa uit landbouw- en bosbouwstromen voor energie-, chemie- en materiaaltoepassingen in de gehele wereld, de EU en in Nederland. Min_d en max_d zijn respectievelijk de onder- en de bovengrens van de hoeveelheden duurzame biomassa die volgens verschillende studies beschikbaar zijn, dat wil zeggen waarbij de auteurs van die studies expliciet hebben aangegeven dat er in de scenario's rekening is gehouden met vergaande ecologische duurzaamheidsbeperkingen, zoals uitsluiting van areaal met een watertekort of waterstress, areaal met een verhoogde kans op bodemdegradatie of areaal met hoge of 'aantrekkelijke' biodiversiteit. Tech_d staat voor 'technisch-duurzame' beschikbaarheid: dit is de maximale hoeveelheid biomassa die mogelijk beschikbaar is als rekening gehouden wordt twee basale duurzaamheidseisen: de behoefte aan landbouwgrond voor voedsel, veevoer en textiel om de wereldbevolking te voeden en te kleden heeft voorrang (het zogenoemde 'food, feed and fibre first principle'), en gebieden met beschermde natuur en oorspronkelijk bos worden niet aangetast. Voor zover dat mogelijk was zijn de stromen uit land- en bosbouw uitgesplitst naar productiestromen en primaire, secundaire en tertiaire reststromen (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk).

In het blok 'huidig gebruik' zijn bij 'Mondiaal' en 'EU' de meest recente cijfers over gebruik van biomassa voor energie en materialen weergegeven. Bij 'Mondiaal' is dat inclusief het traditionele gebruik van biomassa voor bijvoorbeeld open kookvuren in vooral ontwikkelingslanden; daarbij gaat het ongeveer om 40% van de genoemde 65,4 EJ.

³⁵ De 200 PJ is afkomstig uit de studie van de Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (CDB) ofwel de Commissie Corbey uit 2014 (CDB, 2014). Het doel van die studie was om een visie op te stellen voor een duurzame bio-economie in 2030. Er is daarbij uitgegaan van een hoge technologische ontwikkeling en een hoge beschikbaarheid van biomassa. Anno 2020 lijkt 200 PJ moeilijk haalbaar in 2030.

³⁶ Stro, riet, vlas en hennep.

³⁷ In een 'perspective' in Nature Sustainability (Churkina et al., 2020) wordt betoogd dat een groot deel van de mondiale vraag naar beton en staal tot 2050 kan worden vervangen door houtige biomassa (waaronder bamboe).



Figuur 3-2 Huidige en toekomstige (2030 en 2050) beschikbaarheid van duurzame biomassa uit landbouw- en bosbouwstromen voor energie- en materiaaltoepassingen in de wereld, de EU en in Nederland. Min_d en max_d zijn respectievelijk de minimale en maximale duurzame beschikbaarheid, tech_d is de technisch duurzame beschikbaarheid. De EU-28 totalen zijn lager in 2050 dan in 2030. Dit komt onder andere doordat er weinig studies zijn die dit hebben gekwantificeerd (secundaire reststromen ontbreken bijvoorbeeld). De Nederlandse beschikbaarheidscijfers voor 2030 en 2050 zijn inclusief het huidige gebruik. Bron: (CE Delft, 2020) op basis van voor mondiaal 2030: (FAO, 2017b; IRENA, 2014), mondiaal 2050: (Creutzig et al., 2015; Daioglou, Stehfest, Wicke, Faaij, & van Vuuren, 2016), EU 2030: (Berien Elbersen, Staritsky, Hengeveld, & Jeurissen, 2014; Faaij, 2018; IRENA, 2014), EU 2050: (EC, 2017; Faaij, 2018; JRC, 2018a).

De ranges in biomassabeschikbaarheid in 2030 en 2050 zijn vaak groot. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in aannames over (zie o.a. in De Wit, Londo, & Faaij (2011), Dornburg, Faaij, & Verweij (2008) en Dornburg et al. (2010)):

- Landbouwproductiviteit (of het dichten van de 'yield gap'), en welke landbouwgewassen er worden geteeld;
- de hoeveelheid land die beschikbaar is voor de teelt van gewassen voor energie, materialen en chemie na aftrek van de hoeveelheid land die nodig is voor de productie van voedsel, veevoeder en textielvezels;
- beleid in de herkomstlanden, bijvoorbeeld bijmengverplichtingen die geleidelijk worden opgevoerd;
- de bevolkingsgroei en het dieet (vooral meer of minder dierlijke producten);

- hoeveel restmateriaal er op landbouwgrond moet achterblijven om de bodemvruchtbaarheid in stand te houden;
- landdegradatie van huidige landbouwgrond;
- de mate waarin gedegradeerde en marginale gronden worden gebruikt voor biomassateelt (zie ook 4.7);
- bosbouwproductiviteit en bosbouwmanagementmethodes;
- het oppervlak beschermd gebied voor natuur en biodiversiteit;
- de behoefte aan en beschikbaarheid van water;
- de hoeveelheid restmateriaal dat op landbouwgrond moet achterblijven;
- het rendement van de inzameling van reststromen; en
- het verondersteld succes van de aquatische teelt (meestal afwezig in scenario's).

Beperkingen in literatuur

Zoals aan het begin van het hoofdstuk is opgemerkt, wordt in de onderzochte studies niet altijd even goed geëxpliciteerd welke uitgangspunten zijn gehanteerd. Vaak is daardoor niet duidelijk hoe de verschillen tussen cijfers uit verschillende bronnen verklaard kunnen worden. Bovendien bleek het aantal bruikbare (scenario)studies veel geringer dan vooraf was gedacht. Veel studies bevatten niet de beoogde doorsnijdingen (zichtjaren, soorten biomassa, soorten stromen), zijn gebaseerd op andere studies of hadden niet het gewenste ruimtelijke schaalniveau. Voor Nederland valt op dat er weliswaar veel gedetailleerde informatie beschikbaar is voor huidige biomassastromen en de inzet daarvan, maar niet voor toekomstige beschikbaarheid onder verschillende scenario-aannames, uitgezonderd bosbouw. Bovendien bleek een deel van de beschikbaarheidscijfers terug te voeren op slechts een studie uit 2009 die deels door nieuwere wet- en regelgeving is achterhaald (Koppejan et. al, 2009).

Mondiale en EU-beschikbaarheid van duurzame biomassa uit landbouw

De mondiale en EU-landbouwstromen hebben grotere groei mogelijkheden voor de levering van duurzame biomassa voor materialen en energietoepassingen dan de bosbouw, en dan vooral bij de technisch-duurzame beschikbaarheid. Bij de technisch-duurzame beschikbaarheid in 2050 - 217 EJ, waarvan 100 EJ productiestroom en 117 EJ primaire reststroom - is onderzocht hoeveel energiegewassen kunnen worden geteeld wanneer de opbrengsten met moderne landbouwtechnieken worden vergroot en er ook minder en/of efficiënter vlees wordt geproduceerd waardoor in die scenario's meer landbouwgrond beschikbaar kan komen voor energieteelt.

Voor de EU zijn dergelijke studies wel gedaan voor 2030, maar (nog) niet voor 2050. Daardoor zijn de in de literatuur gevonden beschikbaarheidscijfers voor de EU in 2050 lager dan in 2030; maar feitelijk zijn ze niet goed vergelijkbaar.

Daarnaast is het belangrijk te benoemen dat in het S2BIOM-project biomassapotentiëlen gedetailleerd in kaart zijn gebracht voor verlaten landbouwgronden en voor de bosbouw voor 37 Europese landen (Elbersen, 2019) in 2020 en 2030³⁸. De resultaten daarvan zijn in lijn met de potentiëlen uit Figuur 3-2.

Mondiale en EU-beschikbaarheid van duurzame biomassa uit bosbouw

Bij de mondiale bosbouw is de duurzame beschikbaarheid in 2030 en 2050 voor materialen en energietoepassingen schijnbaar lager dan het huidig gebruik, maar dat komt vooral doordat de cijfers voor huidig gebruik zoals gezegd ook het niet-duurzame gebruik van hout voor onder andere traditionele kookvuren omvatten, terwijl de ramingen voor de toekomst alleen betrekking hebben op werkelijk beschikbare, duurzaam geproduceerde biomassa. Als de cijfers voor

³⁸ Zie <https://s2biom.wenr.wur.nl/web/quest/home> voor meer details.

huidig gebruik daarvoor worden gecorrigeerd³⁹ dan is er tussen nu en 2030 in het min-scenario sprake van een verwaarloosbare kleine groei en in het max-scenario van een groei van 50%. Dat komt vooral door inzet van verbeterde bosbouwtechnieken en door vergroting van areaal. Bij de raming van de technisch-duurzame beschikbaarheid in 2050 is verondersteld dat dergelijke ontwikkelingen sterk doorzetten, waardoor het beschikbare potentieel in dat jaar bijna twee keer zo groot is als het huidige – voor traditionele kookvuren gecorrigeerde – gebruik.

In de EU – waar niet voor traditioneel houtgebruik hoeft te worden gecorrigeerd – is er tussen nu en 2030 bij min_d sprake van een bescheiden groei en bij max_d sprake van een bijna-verdubbeling van het beschikbare potentieel. De verschillen worden vooral veroorzaakt door verschillende veronderstellingen ten aanzien van bosareaal en bosbouwtechnieken. Bij tech_d is de groei nog iets groter, doordat er minder strenge duurzaamheidscriteria zijn gehanteerd. Dat wordt echter niet in de geraadpleegde literatuur geconcretiseerd.

Nederlandse beschikbaarheid van duurzame biomassa uit land- en bosbouw

De cijfers voor het huidige Nederlandse gebruik hebben hoofdzakelijk betrekking op reststromen die momenteel al een bestemming hebben. Dat sluit overigens niet uit dat sommige stromen een andere toepassing zouden kunnen krijgen: naar schatting geldt dit voor ongeveer 50 PJ van de in totaal 340 PJ. Het gaat daarbij voor een belangrijk deel over groenafval, zoals bermgras, natuurgras en maaisel. De beschikbaarheid voor 2030 en 2050 is, in tegenstelling tot de EU- en de mondiale cijfers, weergegeven *inclusief* het huidige gebruik vanuit de gedachte dat een betere benutting van de bestaande stromen in potentie ook extra biomassa oplevert, bijvoorbeeld door betere benutting van gewasresten en bioraffinage (zie ook paragraaf 4.9).

CE Delft schat in dat in de toekomst een bescheiden groei – tot 2050 maximaal 110 PJ - van de hoeveelheid Nederlandse duurzame biomassa verwezenlijkt kan worden, en dat die vooral uit de landbouw zal moeten komen⁴⁰. Voor een belangrijk deel gaat het om groenbemesters, waarvan een gedeelte geoogst kan worden (en waarbij de door het beleid gewenste verbetering van organische stof in de bodem in acht genomen moet worden, zie paragraaf 3.1).

³⁹ Volgens CE Delft wordt ongeveer 25 EJ - 55% van de primaire en secundaire reststromen oftewel 40% van de 65,4 EJ uit de figuur - voor traditionele kookvuren gebruikt.

⁴⁰ Het hier genoemde getal is een ruwe schatting op basis van bestaande studies. De 'Routekaart Biomassa' van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedsel gaat meer in detail in op wat er mogelijk is binnen Nederland (Corbey & Asselt, 2020).

3.3 Nederlandse behoefte in relatie tot de beschikbaarheid

In deze paragraaf wordt nagegaan hoe de Nederlandse behoefte aan biomassa zich verhoudt tot de mondiale en EU-beschikbaarheid. Daarbij is gepoogd een kwantitatieve vertaalslag te maken van de vijf stakeholderperspectieven uit de jff-studie zoals beschreven in hoofdstuk 2. Hiertoe heeft CE Delft de positie van elk perspectief ten aanzien van een zevental sleutel-issues of vraagstukken rond biomassa uitgewerkt:

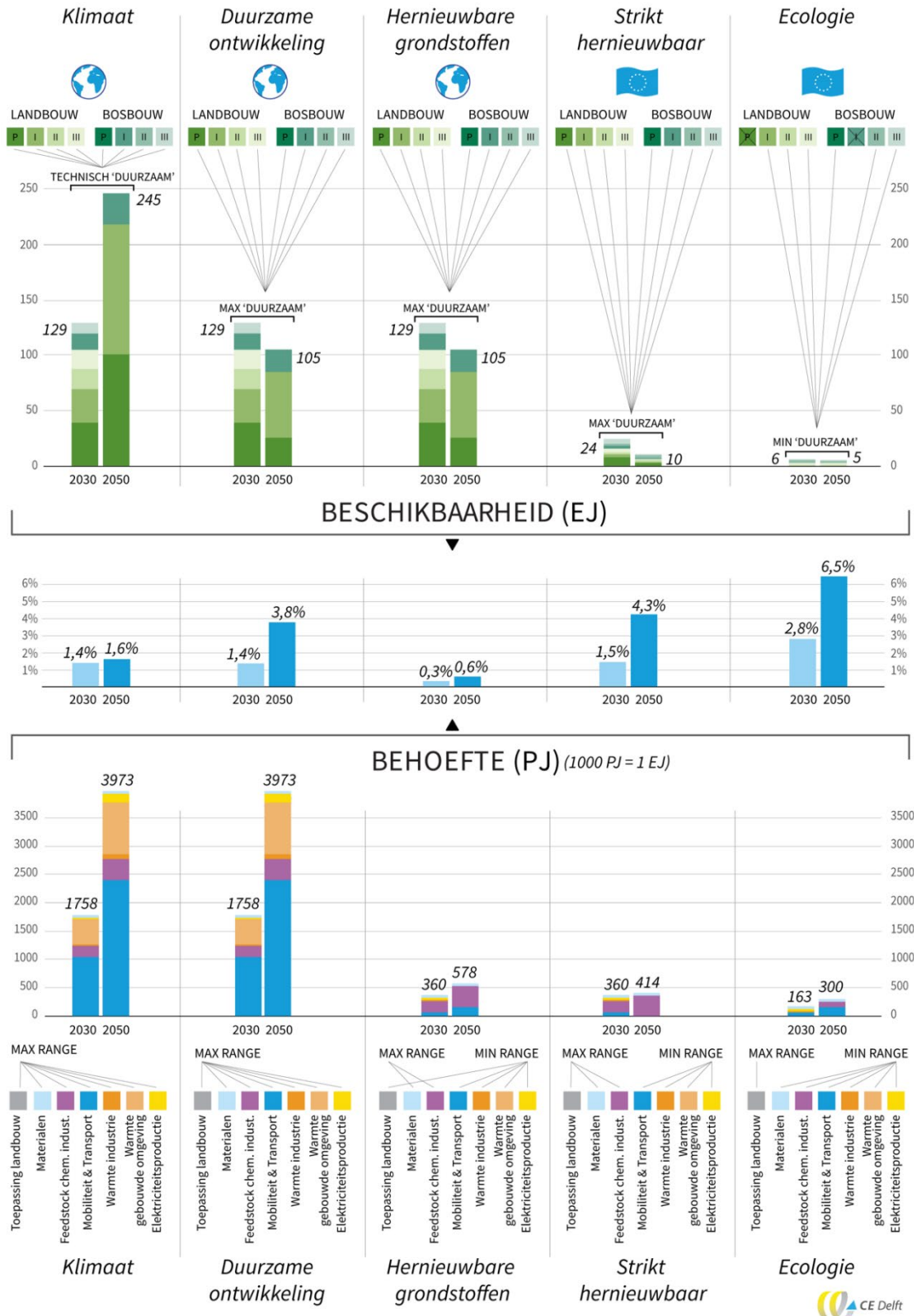
- de inzet van hout;
- de inzet van biomassa voor energie-toepassingen;
- het vertrouwen in import van biomassa;
- de teelt van energiegewassen;
- de inzet van BECCS;
- de mate waarin biomassa als kans dan wel bedreiging/risico wordt gezien;
- het deel van de beschikbare biomassa waar Nederland aanspraak op mag maken.

In Tabel 83 van het achtergrondrapport zijn die posities nader toegelicht. Tabel 3-2 laat voor de vijf stakeholderperspectieven zien welke kwantitatieve keuzes vervolgens door CE Delft zijn gemaakt. Uiteraard is deze uitwerking slechts een eerste aanzet van een mogelijke koppeling van de onderscheiden perspectieven aan de beschikbaarheids- en behoeftecijfers die weliswaar logisch is, maar waarin ook andere keuzes gemaakt hadden kunnen worden. Het gaat er hier vooral om om te laten zien hoe een bepaald wereldbeeld of perspectief kwantitatief zou kunnen doorwerken in de beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van biomassa.

Tabel 3-2 Koppeling van beschikbaarheids- en behoeftecijfers vanuit de verschillende toepassingen aan de vijf perspectieven (CE Delft, 2020).

Perspectief	Beschikbaarheid biomassa	Toepassingen
Klimaat	Import: Mondiaal Technisch-duurzaam (tech_d)	Bovenkant ranges
Duurzame ontwikkeling	Import: Mondiaal Maximale duurzame beschikbaarheid (max_d)	Bovenkant ranges
Hernieuwbare grondstoffen	Import: Mondiaal Maximale duurzame beschikbaarheid (max_d)	Onderkant ranges bij 'energie' Feedstock en materialen: bovenkant ranges
Strikt hernieuwbaar (met focus op zon, wind, en groene waterstof)	Import: EU Maximale duurzame beschikbaarheid (max_d)	2030: onderkant ranges 2050: geen biomassa-inzet meer voor 'energie'
Ecologie	Import: EU Minimale duurzame beschikbaarheid (min_d) Geen productiestroom uit landbouw Geen primaire reststromen	Onderkant ranges Bovenkant range bij toepassing in de landbouw

Op basis van deze koppelingstabel zijn de beschikbaarheids- en behoeftecijfers samengesteld die in Figuur 3-3 worden getoond. Vervolgens is nagegaan hoeveel procent van de aldus berekende beschikbaarheid door Nederland zou moeten worden geïmporteerd om aan de behoefte te voldoen.



Figuur 3-3 De beschikbaarheid (mondiaal of Europees) van en behoefte aan biomassa voor Nederland binnen de verschillende stakeholderperspectieven. De percentages geven aan welk deel van de beschikbaarheid (EU28 of mondiaal, afhankelijk van het perspectief) wordt ge-claimed door Nederland. Bron: (CE Delft, 2020).

Opgemerkt wordt dat in Figuur 3-3 (anders dan in Figuur 3-1 en Figuur 3-2) aan de beschikbaarheidskant *niet* de primaire productie van bosbouw is meegenomen en aan de behoeftekant niet de behoefte van hout voor woningen en de utiliteitsbouw (97 PJ). Het idee hierachter is dat hoogwaardig zaaghout alleen als zodanig toegepast zal worden⁴¹.

Ook de behoefte van de landbouw aan organisch materiaal als bodemverbeteraar, die Figuur 3-1 90 tot 100 PJ bijdraagt aan het totaal, is niet in Figuur 3-3 weergegeven omdat deze behoefte voor het overgrote deel (>90%) wordt afgedekt door de huidige stromen (oogstresten en mest), zie ook paragraaf 3.1.

De blauwe staafdiagrammen laten zien hoeveel procent van respectievelijk de mondiale (de eerste 3 kolommen) en de EU-beschikbaarheid (de laatste 2 kolommen) door Nederland wordt gebruikt om de Nederlandse behoefte te dekken. Dus bijvoorbeeld in het klimaatperspectief wordt door Nederland in 2030 beslag gelegd op 1,4% van de mondiale beschikbaarheid, waarbij zowel de beschikbaarheid als de behoefte vanuit dat perspectief zijn bepaald. En in het ecologisch perspectief, dat alleen import uit de EU toelaatbaar acht, wordt in 2050 beslag gelegd op 6,5% van de EU-beschikbaarheid.

Van belang is hierbij te benoemen dat, zoals aangegeven in de vorige paragraaf, het overgrote deel van de behoefte aan biomassa in de mobiliteitssector afkomstig is van de scheepvaart en de luchtvaart (bunkers) waarvan het de vraag is in hoeverre die biomassa als claim door Nederland beschouwd moet worden (zie ook de 'fair share' discussie, paragraaf 4.12). Ook in de chemische industrie speelt een dergelijke discussie omdat het overgrote deel van de productie wordt geëxporteerd.

Beschikbare hoeveelheden duurzame biomassa ten opzichte van Nederlandse energie- en materiaalvraag

Figuur 3-3 laat zien dat de onderlinge verschillen tussen beschikbaarheden en tussen behoeftes in de perspectieven groot zijn. Op zich geldt dat ook voor de percentages, maar in mindere mate en er kan worden geconcludeerd dat deze in alle gevallen – zelfs bij zeer lage beschikbaarheden – onder de 7% blijven⁴². Dat komt doordat de desbetreffende perspectieven ('strikt hernieuwbaar' en 'ecologie') – onder de interpretatie zoals weergegeven in Tabel 3.1 – van lage behoeftes uitgaan. Het betekent dat de benodigde importen binnen de context van één perspectief in ieder geval fysiek mogelijk zijn, en dat het een kwestie is van de invulling van het 'fair share' beginsel (zie paragraaf 4.12) en van markteconomische mechanismes en beleid of de desbetreffende hoeveelheden werkelijk (mogen) worden geïmporteerd.

Beschikbare hoeveelheden duurzame biomassa ten opzichte van mondiale en EU-energievraag

Om enig gevoel te geven voor de verhouding tussen de in 2030 en 2050 potentieel beschikbare hoeveelheden duurzame biomassa in respectievelijk de wereld en de EU en de mondiale en EU-energievraag: het primair energiegebruik van de wereld bedraagt momenteel ongeveer 600 EJ per jaar en dat van de EU ongeveer 65 EJ. Dat betekent dat in de perspectieven 'klimaat', 'duurzame ontwikkeling' en 'hernieuwbare grondstoffen' – met beschikbaarheden in de range van 105 tot 245 EJ – zelfs bij een toenemend energiegebruik en na aftrek van biomassa dat toegepast wordt voor materialen of de chemie desgewenst een substantieel deel van de energievraag in de wereld kan worden ingevuld met duurzame biomassa. Dit geldt ook in het perspectief 'strikt hernieuwbaar' – maar dan op de schaal van de EU – als het uitgangspunt om geen biomassa voor energiedoeleinden in te zetten (Tabel 3.1) opzij zou worden gezet. Bij

⁴¹ Dit is niet geheel juist omdat de primaire productie van bosbouw behalve zaaghout ook pulphout omvat, dat ook gebruikt kan worden voor andere toepassingen zoals houtpellets. Het deel dat beschikbaar is voor andere toepassingen is lastig te bepalen. Door de gehele primaire productie van bosbouw weg te laten wordt voorkomen dat een overschatting van de beschikbaarheid wordt gemaakt.

⁴² In hoeverre dit veel of weinig is, wordt behandeld in hoofdstuk 4 bij het onderwerp 'fair share' (paragraaf 4.13)

toepassing van de duurzaamheidscriteria die behoren bij het perspectief 'ecologie' is de beschikbare hoeveelheid duurzame biomassa te klein om een rol van betekenis te kunnen vervullen in de energievoorziening, zelfs als men het daarvoor in de toekomst zou willen gebruiken.

4 Argumenten nader beschouwd

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste argumenten uit de argumentenkaart getoetst aan de in het proces verzamelde literatuur. Het gaat daarbij om de meer dan 400 (wetenschappelijke) studies en rapporten⁴³ die deels in het jff-proces zijn aangedragen door de stakeholders en deels voortkomen uit eigen literatuuronderzoek.

De structuur van dit hoofdstuk volgt grofweg de structuur van de argumentenkaart (Tabel 2.1), uitgezonderd het onderwerp biodiversiteit dat als overkoepelend thema wordt behandeld in paragraaf 4.1. Elke paragraaf in dit hoofdstuk start met de voor die paragraaf relevante voor- en tegenargumenten uit de argumentenkaart; vervolgens wordt nagegaan hoe die argumenten zich verhouden tot de geraadpleegde en aangedragen literatuur. Elke paragraaf wordt afgesloten met een conclusie die (soms in uitgebreide vorm) is overgenomen in de bevindingen aan het begin van dit rapport.

4.1 Effecten biomassaproductie op biodiversiteit

Verlies van biodiversiteit door grootschalige productie van biomassa voor energie en materialen is een grote zorg binnen het biomassadebat, en dan vooral in relatie tot verandering van (indirect) landgebruik en de vraag in hoeverre dit kan samengaan met behoud van natuur en biodiversiteit. Het risico op verlies van biodiversiteit is daarom ook de basis voor het ecologische perspectief dat primair is gericht op behoud en herstel van habitats en soorten (zie Tabel 2.2). Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 is het onderwerp 'biodiversiteit' een overkoepelend thema dat expliciet en impliciet terugkomt in verschillende andere thema's en bijbehorende argumenten. Het (verlies van) biodiversiteit speelt een belangrijke rol in relatie tot duurzaam bosbeheer en de productie van houtpellets (paragraaf 4.5 en 4.6), marginale, gedegradeerde en verlaten landbouwgronden (paragraaf 4.7) en ILUC (paragraaf 4.8) en tevens binnen het thema 'Certificering' dat in paragraaf 4.11 aan de orde komt.

Landgebruik	
Bij goed bosbeheer is oogst mogelijk	Huidig bosbeheer laat geen groeiende vraag naar hout toe
<ul style="list-style-type: none"><i>Duurzaam bosbeheer en natuurkwaliteit zijn geborgd, in elk geval in de EU (RED II).</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>Bossen waar niet gekapt wordt hebben een grotere biodiversiteit.</i><i>De groeiende vraag naar hout geeft een risico op kaalslag en verlies aan kwaliteit van bossen.</i>
Met best-practices en innovaties in de landbouw kan gebruik voor energie groeien	Landbouw voor energiedoeleinden is niet mogelijk
<ul style="list-style-type: none"><i>Een deel van de rest- en nevenstromen beter nuttig toegepast worden, dan dat het achterblijft en vergaat.</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>Reststromen zijn dienen eerst ingezet te worden als bodemverbeteraar, voor nutriëntenbehoud en behoud van biodiversiteit.</i>
People, planet, profit	
Biomassaproductie kan samengaan met een verbetering voor mens en natuur	Biomassaproductie kan negatieve effecten hebben op mens en natuur

⁴³ De studies zijn opgeslagen in een Mendeley-database; een veel gebruikte openbare referentietool.

<ul style="list-style-type: none"> • Een toenemende vraag naar biomassa kan een impuls zijn voor duurzame productie. • Door toepassing van best-practices in landbouw en bosbouw is een verbetering van welzijn en natuur mogelijk. 	<ul style="list-style-type: none"> • Er is een risico op verlies van natuurwaarden in het herkomstgebied: koolstofvoorraden, bodem, water, lucht, biodiversiteit, klimaatbestendigheid, milieuverantwoord handelen.
---	--

Relatie biodiversiteit en biomassaproductie: bottom-up studies

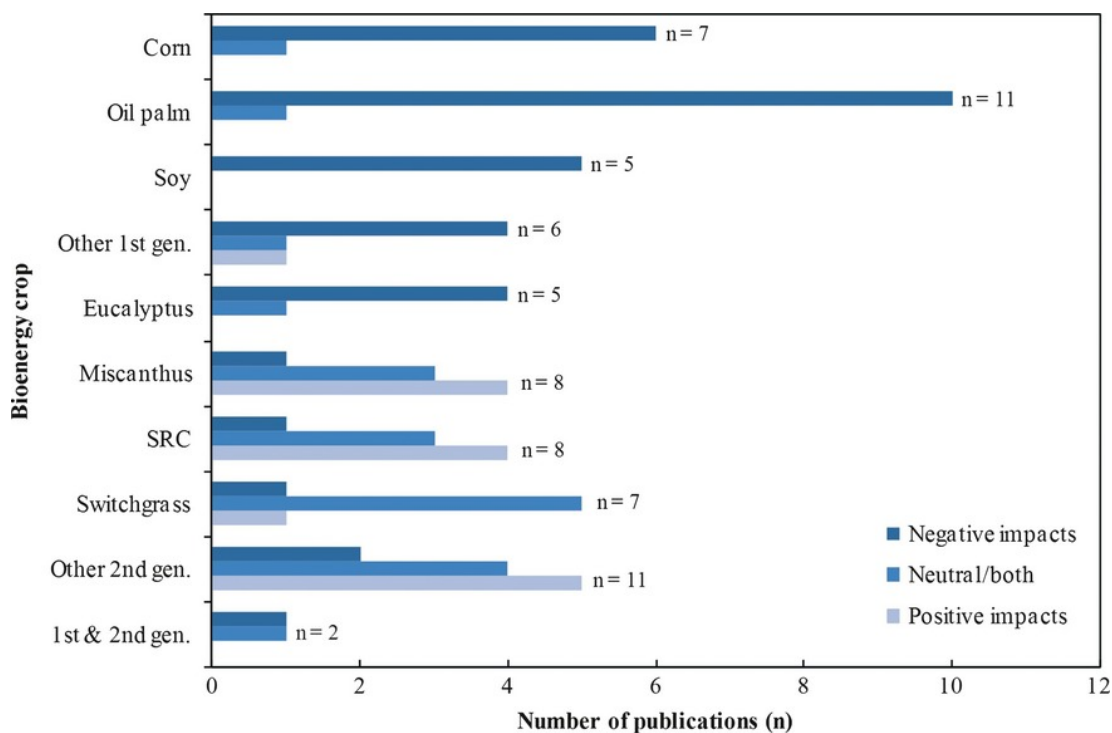
Uit bottom-up studies over de effecten van biomassaproductie op biodiversiteit komt een gevarieerd beeld naar voren. Ten aanzien van *biomassateelt* wordt in Immerzeel et al. (2014) op basis van 59 studies geconstateerd dat vooral eerste generatie biomassagewassen (zoals mais, palmolie en soja) een negatief effect hebben op biodiversiteit, maar dat de impact van tweede generatie biomassagewassen (zoals *Miscanthus*, korte rotatie plantages en vingergras) volgens veel studies neutraal of zelfs positief is bij toepassing in bestaande productiegebieden (zie Figuur 4-1). Dat geldt met name bij meerjarige gewassen doordat die leefgebied of beschutting kunnen bieden voor specifieke soorten (zoals trekvogels), de verbinding tussen leefgebieden kunnen verbeteren of herstellen dan wel kunnen bijdragen aan herstel van gedegradeerd of marginaal land (zie ook paragraaf 4.7). Het is evident dat de effecten uitgesproken negatief zijn indien de uitbreiding van biomassateelt plaatsvindt in natuurlijke ecosystemen zoals bijvoorbeeld de uitbreiding van sommige suikerrietplantages in Brazilië voor ethanolproductie in hotspots van biodiversiteit (Duden, 2020).

Ten aanzien van *bosbouw* wordt in Ranius et al. (2018) op basis van 279 studies een overzicht gegeven van de mogelijke gevolgen voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten (zoals bodem- en waterkwaliteit, gevoeligheid voor plagen, het voorkomen van zoogdieren en recreatie) van het op industriële schaal oogsten van bosbouwresiduen uit productiebossen (toppen, takken, bomen uit dunningen en stompen van geoogste bomen) in vooral Noord-Europa en Noord-Amerika. 37 studies behandelen de gevolgen voor biodiversiteit en dan met name voor soorten die leven in het dode hout ('slash' en 'stumps'). In minder dan de helft van de studies (17) zijn negatieve effecten gevonden en in 6 studies positieve. In bijna tweederde van de studies (22) zijn voor één of meer van de onderzochte soorten geen effecten gevonden⁴⁴. Met andere woorden, negatieve effecten lijken vaker voor te komen dan positieve effecten, maar nog vaker wordt er gerapporteerd dat er geen effecten zijn. Daar komt bij dat de zeldzame en bedreigde soorten vooral voorkomen in bossen die niet (intensief) beheerd worden en dus is het effectiever die bossen te beschermen dan het tegengaan van het oogsten van bosbouwresiduen in productiebossen. Ten aanzien van de nutriëntenbalans is het beeld duidelijk negatiever: in bijna driekwart (87) van de 121 bekeken studies wordt in meer of mindere mate een negatief effect gerapporteerd. Dit benadrukt het grote belang van goed bodembeheer.

In lijn met Ranius et al. geven Costanza et al. (2017) aan dat het effect van de productie van houtige biomassa voor energie tot 2050 op het landschap en de biodiversiteit in het Zuidoosten van de VS een complex en wisselend beeld laat zien en dat een toenemende vraag juist kan leiden tot *meer* bos en biodiversiteit. En ook Duden et al. (2018) laten zien dat de toenemende houtpelletproductie (zie paragraaf 4.6) in dit gebied zowel positieve als negatieve effecten heeft op biodiversiteit, waarbij wordt benadrukt dat andere factoren zoals urbanisatie en de toenemende vraag naar zaaghout een grotere impact hebben.

Ranius et al. (2018) geven ook enige suggesties voor maatregelen die de negatieve effecten zouden kunnen verminderen. Problematisch daarbij is dat dergelijke maatregelen bijna altijd zowel positieve als negatieve effecten hebben op verschillende ecosysteemdiensten en biodiversiteit en er dus gezocht moet worden naar een goede balans.

⁴⁴ Dit telt niet op tot 37 omdat een aantal studies over meer dan één soort gaat.



Figuur 4-1 Biodiversiteitsimpact van eerste en tweede generatie biomassagewassen op basis van 59 studies. SRC= 'Short Rotation Coppice' plantages. Bron: (Immerzeel et al., 2014).

Afweging klimaatverandering en biodiversiteitsverlies in top-down studies

In zijn algemeenheid is de constatering op basis van de ruim beschikbare literatuur dat er negatieve effecten op biodiversiteit te verwachten zijn als gevolg van het verbouwen van biomassagewassen en het oogsten van hout voor energiedoeleinden en andere toepassingen op grote schaal. Zo laten MNP (2007) en PBL (2010) zien dat er een hoger mondiaal biodiversiteitsverlies is in scenario's met een hoge biomassa-inzet. En in 'The global assessment report on biodiversity and ecosystems services' (IPBES, 2019) en het IPCC-rapport over landgebruik (IPCC, 2019b) wordt gewezen op het risico dat de grootschalige teelt van biomassa kan resulteren in monoculturen die in de plaats komen van natuurlijk bos of (zelfvoorzienende) landbouw met negatieve effecten op biodiversiteit en andere ecosysteemdiensten (voedselveiligheid en waterbeschikbaarheid).

Een belangrijke vraag is ook in hoeverre het middel erger is dan de kwaal ofwel in hoeverre het biodiversiteitsverlies door het gebruik van biomassa opweegt tegen de biodiversiteitswinst van de verminderde klimaatverandering. Zo toont PBL (2007) een scenario waarin de grootschalige inzet van biomassateelt het vermeden biodiversiteitsverlies door minder klimaatverandering tot 2050 niet opweegt tegen het biodiversiteitsverlies door toegenomen landgebruik. Het antwoord op de algemene vraag is echter niet eenduidig, en sterk afhankelijk van de wijze waarop de biomassa wordt geproduceerd en van de landgebruiksveranderingen die het veroorzaakt. Ook zijn de langetermijneffecten van klimaatverandering op de biodiversiteit zeer onzeker⁴⁵. Gegeven deze complexiteit wordt er vaak gewezen op het belang van het analyseren en nauwkeurig monitoren van de impacts van een toenemend biomassagebruik op landgebruiksveranderingen en biodiversiteit en op het belang van beleid waarin de afweging tussen

⁴⁵ Onder andere door de onzekerheid in de gevoeligheid van het klimaat voor de toename van CO₂ in de atmosfeer (de klimaatgevoeligheid), de relatie tussen klimaatverandering en het verlies van biodiversiteit (zoals die bijvoorbeeld kan worden uitgedrukt in een afname van de Mean Species Abundance of MSA ((Alkemade et al., 2009; Schipper et al., 2020)) en de indirecte broeikasgasemissies die samengaan met het gebruik van bio-energie.

vermindering van klimaatverandering, biodiversiteitsverlies (en maatschappelijke aanpassingen) zorgvuldig wordt gemaakt (OECD, 2012). In de literatuur wordt bijvoorbeeld gewezen op de mogelijkheden van 'agroforestry' systemen die een hoge biodiversiteitswaarde kunnen hebben door een goede combinatie van biomassateelt met voedselgewassen en bosbouw. Dit kan leiden tot minder erosie, verhoging van organische stof en voedingsstoffen, vermindering in het gebruik van pesticiden en vastleggen van meer koolstof in vergelijking tot monoculturen, zie bijvoorbeeld Elbersen & Eupen (2019), hoofdstuk 4 voor een overzicht en Torralbam et al. (2016).

Bescherming biodiversiteit en Europese wetgeving (RED II)

In de Renewable Energy Directive (RED II) worden strenge eisen gesteld aan de bescherming van biodiversiteit in relatie tot biomassa. Bio-energie mag niet geproduceerd worden op land met een hoge biodiversiteitswaarde (natuurlijke bossen, beschermde gebieden, grasland met hoge biodiversiteit). Dit moet vervolgens worden aangetoond op basis van (een combinatie van) erkende certificeringsschema's. Daarnaast moet de biomassa die in Nederland wordt gebruikt en gesubsidieerd onder de SDE+-regeling voldoen aan een vijftal biodiversiteitseisen die moeten garanderen dat de biodiversiteit in stand wordt gehouden en waar mogelijk versterkt⁴⁶. Door een onafhankelijk commissie – de ADBE – wordt getoetst in hoeverre de verschillende certificeringsschema's die eisen in voldoende mate afdekken⁴⁷. Ondanks al deze regelgeving is er onder een deel van de stakeholders veel weerstand en bestaat er wantrouwen over de uitvoerbaarheid en handhaving hiervan (zie verder paragraaf 4.11).

Conclusie

Samenvattend is - ondanks de huidige wetgeving in Europa en andere landen - het mogelijke verlies van biodiversiteit door grootschalige productie van biomassa voor energie en materialen een reëel risico. Zowel bottom-up als top-down studies laten een divers beeld zien van (toekomstige) negatieve maar ook positieve effecten. Het antwoord op de vraag in hoeverre biodiversiteitsverlies door het gebruik van biomassa opweegt tegen de biodiversiteitswinst van de verminderde klimaatverandering is sterk afhankelijk van de wijze waarop de biomassa wordt geproduceerd en de landgebruiksveranderingen die het veroorzaakt. Zo is het evident dat verlies van biodiversiteit groot is indien de uitbreiding van biomassateelt plaatsvindt in natuurlijke ecosystemen. Anderzijds kan intensivering van de landbouw landbouwgrond vrijspelen voor biomassateelt zodat die niet ten koste hoeft te gaan van natuurlijke ecosystemen en waardoor biodiversiteitsverlies wordt vermeden of beperkt optreedt. Maar ook de impact van klimaatverandering op de biodiversiteit is zeer onzeker. Daarom wordt er in veel studies gewezen op het belang van het nauwkeurig monitoren van de impacts van een toenemend biomassagebruik en op het belang van beleid waarin de afweging tussen vermindering van klimaatverandering en biodiversiteitsverlies zorgvuldig wordt gemaakt⁴⁸.

Uiteindelijk is dit maatwerk waarbij (een combinatie van) verschillende strategieën van belang zijn, waaronder bescherming van natuurlijke gebieden, gebieden met hoge biodiversiteit of hoog restauratiepotentieel, het stimuleren van duurzame intensivering van de landbouw ter vermindering van het ruimtebeslag en/of het beter benutten van marginale en verlaten landbouwgronden voor zover die een relatief beperkte biodiversiteitswaarde of restauratiepotentieel hebben (zie ook paragraaf 4.7), het toepassen van 'agroforestry' en/of het opzetten van track-and-trace systemen.

⁴⁶ Criterium 7.1 t/m 7.5 van het verificatieprotocol (RVO, 2020).

⁴⁷ Zie <https://www.adviescommissiedbe.nl/gepubliceerde-adviezen> voor een lijst van de schema's en de bijbehorende toetsingsrapporten die zijn uitgebracht.

⁴⁸ Daarbij gaat het uiteraard ook over maatschappelijke afwegingen die meespelen in het beleid en die kunnen bijdragen aan behoud van biodiversiteit of, breder, het realiseren van een duurzame samenleving.

4.2 Noodzakelijkheid van biomassa voor klimaatdoelen

In het Klimaatakkoord heeft het kabinet aangegeven ervan overtuigd te zijn dat de inzet van duurzame biomassa in de Nederlands energietransitie noodzakelijk is voor het behalen van de klimaatdoelen. In de stakeholdersdiscussie was niet iedereen daarvan overtuigd of werd aangegeven dat de inzet minimaal zou moeten zijn.

Klimaat	
Biomassa is noodzakelijk voor het behalen van klimaatdoelen	Klimaatdoelen kunnen ook zonder biomassa worden gehaald
<ul style="list-style-type: none"><i>Biomassa maakt deel uit van vrijwel alle 1,5 en 2 °C (IPCC-) scenario's.</i><i>BECCS realiseert negatieve emissies en is een belangrijke optie in vrijwel alle (IPCC-) scenario's.</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>Negatieve emissies kunnen beter worden bereikt door aanplant van nieuw bos dan door BECCS (zie ook paragraaf 4.5).</i>
Energietransitie	
Biomassa is noodzakelijk voor de energietransitie	Biomassa is een ongewenste optie in een duurzaam energiesysteem
<ul style="list-style-type: none"><i>Alle oplossingen zijn nodig. Zonder biomassa wordt de energietransitie veel duurder.</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>Er moet worden ingezet op minder consumptie, energiebesparing en energie-efficiency.</i>

Aandeel biomassa in mondiale scenariostudies

Het huidige aandeel van (vooral vaste) biomassa in de duurzame energie-mix is zowel mondiaal⁴⁹, Europees⁵⁰ als nationaal⁵¹ verreweg het grootst van alle hernieuwbare energie-opties. In de meeste mondiale scenario's die in 2050 richting een klimaatneutrale samenleving gaan is het aandeel van biomassa voor energie, materialen en feedstocks, weliswaar kleiner dan het huidige aandeel in de hernieuwbare mix, maar is biomassa nog altijd een belangrijk onderdeel van het palet aan mogelijkheden om klimaatneutraliteit te bereiken. Grootschalige toepassingen van biomassa worden daarbij meestal gecombineerd met de ondergrondse opslag van CO₂ (CCS) teneinde negatieve emissies te verwezenlijken (BECCS). In slechts een klein aantal scenario's is de inzet van biomassa beperkt en slechts in een enkel scenario wordt biomassa helemaal uitgesloten. De scenario's laten zien dat hoe minder biomassa wordt ingezet des te extremer en onwaarschijnlijker de aannames moeten zijn ten aanzien van cruciale parameters (Dehue, 2013; IPCC, 2018). Dat geldt des te sterker als ook de luchtvaart, de zeescheepvaart en de grondstoffen voor de chemie (nu olie) en de bouw klimaatneutraal moeten worden.

Dit beeld wordt ook bevestigd door een recente publicatie van het PBL in Nature (Van Vuuren et al., 2018) met het IMAGE-model. Die studie laat zien dat beperking van de mondiale opwarming tot 1,5 graden met een minimale inzet van BECCS⁵² - helemaal zonder lukt niet - alleen met meer dan 66% waarschijnlijkheid lukt met een combinatie van vergaande maatregelen en ontwikkelingen:

⁴⁹ 53% van het primaire hernieuwbare energieverbruik in 2018, *exclusief* vaste biomassa in traditionele toepassingen (vooral brandhout), tabel 1.1 (IEA Bioenergy, 2019). Als dit wordt meegerekend dan stijgt het aandeel naar 67%.

⁵⁰ 61% van de primaire hernieuwbare energievoorziening in 2017 op basis van gegevens van (Eurostat, 2019).

⁵¹ 59% van het bruto eindverbruik in 2019 volgens de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) tabel 6a (PBL, 2019b).

⁵² In mondiale modellen ligt de nadruk op BECCS en AFOLU (Agriculture, Forestry and Land Use). Hoewel andere opties voor negatieve emissies niet of veel minder aan bod komen (Direct Air Capture, Olivijn, hout in bouw) kan over het algemeen worden gesteld dat BECCS en AFOLU de grootste bijdrage leveren aan het potentieel voor negatieve emissies (zie bijvoorbeeld (Strengers et al., 2018)).

- Een snelle uitrol van alle 'best available technologies' (BATs) voor energie- en materiaal-efficiëntie in alle relevante sectoren en wereldregio's;
- Zeer snelle en vergaande elektrificatie van alle 'end-use' sectoren in combinatie met optimistische aannames over de doorbraak van goedkope opslagtechnologie en de kosten van elektriciteitsnetten;
- Hoge landbouwopbrengsten en een intensivering van de veeteelt;
- Wereldwijde implementatie van alle BATs voor het reduceren van niet-CO₂ broeikasgassen (vooral methaan en lachgas) en grootschalige introductie van in vitro (gecultiveerd) vlees;
- Leefstijlveranderingen vooral richting minder dierlijke producten, meer openbaar vervoer (naar het voorbeeld van Japan), minder koeling en verwarming (door binnenshuis hogere of juist lagere temperaturen te accepteren) en een beperking in het aantal huishoudelijke apparaten;
- Een bevolkingstoename tot 8,4 miljard in 2050 en een daarop volgende afname tot 6,9 miljard in 2100 in overeenstemming met de laagste bevolkingsgroei-scenario's, te bereiken door onder andere verbeterde educatie.

Ook in de recent uitgekomen World Energy Outlook (IEA, 2019) wordt een belangrijke rol weggelegd voor biomassa, waarbij tegelijkertijd wordt gewezen op het belang om het omvangrijke niet-duurzame 'traditionele' gebruik van biomassa - dat wil zeggen vooral gesprokeld brandhout voor kookvuren in met name ontwikkelingslanden - sterk terug te dringen. In het 'Sustainable development' scenario komt de vervanging van bijna 90% van het traditionele gebruik door duurzame alternatieven overeen met bijna twee derde van de groei van 'modern bio-energy' tot 2040. Overigens komt in *alle* scenario's naar voren dat het gebruik van biomassa voor energie, feedstock en materialen samen moet gaan met (her)bebossing, de bescherming van bestaande natuurlijke bossen en wetlands, de verbetering van management-technieken in de landbouw en bosbouw en het herstellen van veengronden (EASAC, 2019; Griscom et al., 2017; IPCC, 2019b; Roe et al., 2019). Zo wordt in Griscom et al. (2017) aangegeven dat alle landgerelateerde mitigatieopties optellen tot bijna 24 Gt CO₂e per jaar, waarvan bijna de helft tegen kosten van minder dan \$100 per ton CO₂e.

Aandeel biomassa in EU-scenario's

Ook op EU-niveau wordt biomassa gezien als een belangrijk onderdeel van de energietransitie. In 2018 bracht de Europese Commissie een strategische lange-termijn visie uit hoe in 2050 te komen tot een 'klimaatneutrale' economie (EC, 2018c, 2018a). Daarin worden negen scenario's onderscheiden die allemaal een absolute *en* relatieve toename voorzien in het gebruik van biomassa. Zelfs in het 'Low Biomass' scenario stijgt het gebruik in absolute zin met meer dan 40%. The European Green Deal benadrukt dat de bio-economie een belangrijke pijler is voor het bereiken van koolstofneutraliteit (EC, 2019d), die samen moet gaan met (her)bebossing, herstel van gedegradeerde bossen en een visie voor de rurale gebieden die dreigen leeg te lopen (zie ook paragraaf 4.7).

Aandeel biomassa in de nationale scenario's

In energietransitiescenario's op nationaal niveau is biomassa van alle opties vaak het lastigst te missen, aangezien groen gas en biobrandstoffen voor een aantal belangrijke energieverbruikers vrijwel de enige mogelijkheid zijn om in 2050 vergaande emissiereductie te realiseren. Zo is groen gas belangrijk voor woningen en gebouwen die niet geschikt zijn voor collectieve warmte of elektrische warmtepompen⁵³ en zijn vloeibare brandstoffen dat voor vliegverkeer, zeescheepvaart en mogelijk ook voor zwaar transport over de weg (Ros & Daniëls, 2017; Ros & Schure, 2016).

⁵³ Omdat ze niet in de buurt van een warmtenet liggen en/of slecht geïsoleerd zijn.

Ook de meest recente analyse van Urgenda (2019) laat zien dat klimaatneutraliteit zonder het gebruik van biomassa voor energie alleen mogelijk is als op andere punten vergaande maatregelen worden genomen. Die analyse schetst een toekomst waarin de energietransitie in Nederland al in 2030 wordt voltooid en waarin biomassa niet of nauwelijks nodig is. Daarbij wordt wel de kanttekening gemaakt dat de luchtvaart en de zeescheepvaart buiten beschouwing zijn gelaten. Maar om het door Urgenda gestelde doel te bereiken is het onder andere nodig dat het energieverbruik in 2030 daalt met 52% ten opzichte van 2015. Uitgaande van een bescheiden groei van de economie met 1% per jaar zou hiervoor een afname van de energie-intensiteit met zo'n 7% per jaar nodig zijn. Sinds 1980 is deze afname in Nederland (maar ook daar buiten) nooit groter geweest dan 2,5% per jaar. Een reductie van 7% per jaar vereist dus een zeer grote extra inspanning.

Conclusie

Een klimaatneutrale circulaire economie zonder een significante rol voor biomassa is theoretisch beschouwd niet onmogelijk, maar het betekent dat vergaande aannames gedaan moeten worden ten aanzien van bijvoorbeeld het uitroltempo van best beschikbare technologieën, elektrificatie, landbouwopbrengsten, reductie van niet-CO₂ gassen, consumptiepatronen en het tempo van efficiencyverbeteringen. Dat geldt des te sterker als ook de luchtvaart, de zeescheepvaart en de grondstoffen voor de chemie (nu olie) en de bouw klimaatneutraal moeten worden. Het lijkt dus een riskante strategie indien de overheid zou inzetten op een klimaatneutrale circulaire economie zonder (of met een zeer kleine) rol voor biomassa zonder dat er realistische alternatieven beschikbaar zijn.

4.3 Koolstofschild, terugverdientijd en koolstofpariteit

De discussie over koolstofschild, terugverdientijd en koolstofpariteit spitst zich meestal toe op de oogst en verbranding van houtpellets of houtsnippers uit de bosbouw die gebruikt worden in elektriciteitscentrales, bio-ketels of pelletkachels. Voor biomassateelt op basis van (houtige) kort-cyclische landbouwgewassen speelt de koolstofschild veel minder een rol. De benoemde argumenten in relatie tot dit onderwerp spitsen zich dan ook vooral toe op bosbouw.

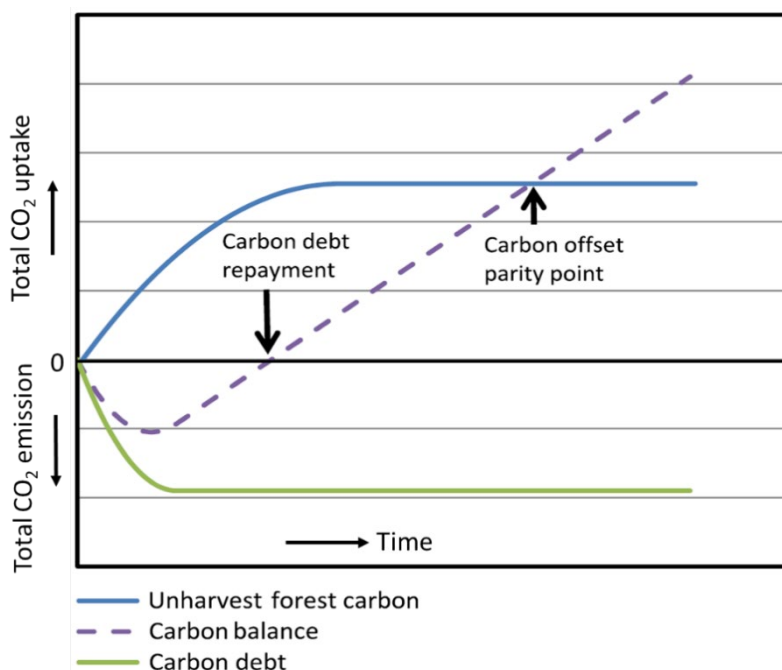
Klimaat	
Onder de juiste condities is koolstofschild niet relevant voor het klimaat	Door biomassaverbranding ontstaat een koolstofschild
<ul style="list-style-type: none"> Koolstofschild en koolstofopslag moeten op landschaps- of regioniveau worden bekeken over een langere periode. Koolstofschild (zeker van residuen en reststromen) is klein genoeg voor bijdrage aan klimaatwinst. In biobased producten en door BECCS of BECCU wordt koolstof langdurig vastgelegd en is er (vrijwel) geen koolstofschild. 	<ul style="list-style-type: none"> Verbranding van rondhout, c.q. hele bomen, geeft een grote koolstofschild. Door de koolstofschild worden klimaatdoelen niet of niet op tijd gehaald.
Biomassa verkleint het klimaatprobleem	Biomassaverbranding vergroot het klimaatprobleem
<ul style="list-style-type: none"> De CO₂-uitstoot door verbranding van biomassa is kortcyclisch en wordt in relatief korte tijd gecompenseerd door nieuwe aanwas. Verbranding van biomassa geeft uiteindelijk geen netto bijdrage aan CO₂ in de 	<ul style="list-style-type: none"> Verbranding van hout produceert per eenheid energie meer CO₂ dan fossiel (zie Box 4-1). De concentratie van CO₂ in de atmosfeer moet op korte termijn omlaag gebracht worden. Tijdelijk hogere uitstoot door biomassaverbranding is gevaarlijk voor klimaatdoelen.

atmosfeer, in tegenstelling tot fossiele brandstoffen. • Het effect van CO ₂ op het klimaat wordt bepaald door de concentratie in de atmosfeer, bekeken over een langere periode.	
---	--

Definities

Van belang – en verwarrend – is dat hierboven genoemde termen in de discussie vaak op verschillende manieren worden gedefinieerd. De simpele definitie, zoals ook gestileerd weer-gegeven in Figuur 4-2, is:

- I. Koolstofschuld is de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij het oogsten en gebruiken van een bos (de groene lijn in de figuur). De terugverdiëntijd is de tijd die nodig is om door groei de uitgestoten CO₂ weer vast te leggen verminderd met de vermeden CO₂-uitstoot doordat er minder fossiele brandstoffen worden verbruikt (=de tijd die nodig is om het punt aangeduid met 'carbon debt repayment' te bereiken). Van koolstofpariteit is sprake op het moment dat ook die CO₂ weer is vastgelegd die anders door het bos was vastgelegd indien het niet was geoogst ('carbon offset parity point' in de figuur).



Commentaar: Commis Walraven

De lijn van unharvest carbon behoort te zijn: de cumulatieve koolstof opname; deze lijn blijft groeien bij de meeste bomen tot meer dan 125 jaar en vlakkt dus niet abrupt af. Het carbon offset paritypoint wordt daardoor niet bereikt in het leven van de mensen die nu op aarde leven.

De herbebossing gaat geleidelijk en pas na 26 tot 50 jaar bereikt het jonge bos de oorspronkelijke Carbon Capture.

De hoeveelheid CO₂ die daardoor minder wordt ingevangen voor de bekende boomsoorten is meer dan 50% in de periode tot groei naar volwassen bos.

Als we de houtkap CO₂ neutraal maken omdat hierdoor geen fossiele energie wordt verstookt, Dan verliezen we nog steeds 50% van de Carbon Capture in de groei fase van het jonge bos t.o.v. niet kappen.

Feitelijk kun je zeggen dat hout verbranden / versus fossiel stoken geen CO₂ winst oplevert. Wat resteert is dat je een jong bos maakt dat 50% minder CO₂ invangt in 26 tot 50 jaar tijd. En dat subsidiëren we.

Figuur 4-2 Gestileerde weergave van koolstofschuld (Carbon debt), koolstofterugverdiëntijd (Carbon debt repayment) en koolstofpariteit (Carbon offset parity point) in **de context van definitie I**. Op tijdstip 0 wordt begonnen met het oogsten van een gedeelte van het bos. De blauwe lijn (Unharvest forest carbon) verwijst naar de groei van het bos indien er niet zou worden geoogst. De koolstofbalans (Carbon balance) heeft betrekking op de gehele keten van oogst tot gebruik, incl. uitstoot door transport en vermeden CO₂-uistoot doordat minder fossiele brandstoffen nodig zijn. De koolstofschuld vlakkt af doordat op zeker moment oogst en bijgroei in evenwicht geraken en de 'schuld' niet meer toeneemt. De koolstofbalans (Carbon balance) blijft toenemen door de constante stroom van biomassa uit het bos leidt tot vermindering van de uitstoot van fossiel CO₂. Bron: (Jonker, Junginger, & Faaij, 2014) gebaseerd op (Mitchell, Harmon, & O'Connell, 2012).

In deze definitie is door oogst dus *altijd* sprake van 'schuld' (die pas na langere tijd 'afgelost' kan worden), onafhankelijk van het bos- of landbouwsysteem waarbinnen de oogst van de biomassa plaatsvindt. Er is ook een bredere definitie die hieraan toevoegt dat:

- II. *Koolstofschild en terugverdientijd zoals gedefinieerd onder I moeten worden beschouwd in de context van het betreffende (bosbouw)systeem op grotere schaal (landschap, regio of land) en waarbinnen de oogst van het bos plaatsvindt, waarbij rekening wordt gehouden met de 'counterfactual' of het referentiesysteem, ofwel met hetgeen met het bos was gebeurd indien de biomassa niet geoogst zou zijn.*

In die benadering wordt gewezen op bestaande bosbouwpraktijken waarin sprake is van een toenemende koolstofvoorraad (zie paragraaf 4.5) en is Figuur 4-2 niet of nauwelijks relevant. Sommige stakeholders gingen nog een stap verder en stellen dat in plaats van een koolstofschild ook van een koolstofrente gesproken zou kunnen worden. In die visie wordt het (productie)bos beschouwd als een hernieuwbare bron die in het verleden is aangeplant en waar nu de 'rente' van wordt opgenomen. De counterfactual is dan de situatie waarin geen bos was aangeplant en er geen of veel minder CO₂ was opgenomen dan in het geval van een optimaal beheerd bosbouwsysteem.

Studies met relatief korte terugverdientijden en pariteitsperiodes

Het verschil in benaderingen zien we ook terug in de wetenschappelijke literatuur. Jonker et al. (2014) laten zien dat in het zuidoosten van de VS afhankelijk van methodologische keuzes⁵⁴ en referentiesystemen de terugverdientijd kan variëren tussen 1 jaar (op landschapsniveau) tot 27 jaar (op perceelniveau). Het moment van koolstofpariteit varieert tussen 2 en 106 jaar na de initiële oogst. Een tekortkoming in deze studie was dat men ervanuit ging dat de *gehele* oogst voor bio-energie gebruikt zou worden, hetgeen niet overeenkomt met de praktijk (zie paragraaf 4.6). In Hanssen et al. (2017) is de berekening verfijnd door rekening te houden met verschillende bosbouwstromen en met verschillende (combinaties van) alternatief gebruik van het geoogste hout. Hout uit commerciële dunningen, oogstresiduen en zaagsel geven de kortste koolstofpariteitsperiodes van 0 tot 6 jaar. De periode die wordt gevonden voor houtpellets voor elektriciteit is 0-21 jaar met een onzekerheidsmarge van 12 jaar. Wat betreft de Europese bossen, laten Nabuurs, Arets, & Schelhaas (2017) zien dat indien wordt uitgegaan van realistische bosbouwscenario's (dat wil zeggen toenemende oogst over een groot bosbouwoppervlak) er geen koolstofschild optreedt. De pariteitsperiode kan wel lang zijn (tot 80 jaar), maar alleen in het hypothetische geval dat er geen natuurlijke verstoringen (storm, brand) optreden.

Studies met relatief lange terugverdientijden en pariteitsperiodes

Tegenover deze studies, die relatief korte terugverdientijden en pariteitsperiodes vinden, staan studies zoals die van Sterman, Siegel, & Rooney-Varga (2018a) en NRDC (2015c) die uitkomen op terugverdientijden die variëren van 35 tot 104 jaar en waarin dus zelfs de ondergrens ruim boven de bovengrens van 27 jaar uit Jonker et al. (2014) ligt. In een reactie op dit artikel door Prisley et al. (2018) wordt betoogd dat deze berekeningen weinig met de realiteit te maken hebben omdat wordt uitgegaan van onrealistisch lange rotatietijden, geen gebruik van hout voor langdurige toepassingen in producten, en een eenmalige oogst na 100 jaar. Sterman, Siegel, & Rooney-Varga, (2018b) antwoordde dat dit niet veel uitmaakt omdat de bottom line is dat: 1) de verbranding van hout per kWh meer CO₂ uitstoot dan kolen (en veel meer dan gas) hetgeen een hoge initiële koolstofschild creëert (zie Box 4-1), 2) hergroei op geoogst land weliswaar CO₂ opneemt, maar dat veel tijd kost en bovendien onzeker is en 3) totdat de koolstofschild is terugbetaald de atmosferische CO₂-concentratie hoger is, hetgeen de mondi-

⁵⁴ Dit betreft de intensiteit van het management zoals voorbereiding van de groeilocatie, dunning, bemesting, en het moment van oogst (na b.v. 20 of 25 jaar) alsmede de efficiency van de kolencentrale waarmee de vermeden CO₂-emissies worden berekend.

ale opwarming gedurende die hele periode zal versterken. Andere invloedrijke studies die betogen dat de CO₂-uitstoot van het gebruik van hout en houtresstroom voor energie-toepassingen vrijwel altijd de vermeden CO₂-uitstoot van het fossiele alternatief overstijgen zijn Booth (2018) en Searchinger et al. (2018).

Verschillen in aannames en uitgangspunten tussen studies

Uit de argumentatie van Sterman, Booth en Searchinger blijkt dat men uitgaat van de eerste definitie (waarin altijd sprake is van een initiële koolstofschuld), terwijl de daarvoor genoemde auteurs Jonker, Hanssen en anderen de algehele context beschouwen waarbinnen het hout of de houtstromen wordt geoogst en gebruikt. De issues die hierbij spelen worden uitgebreid behandeld in Lamers & Junginger (2013).

Uit dit overzicht volgt dat men voor een bepaalde biomassaastroom alleen dan een terugverdiëntijd, pariteit en dus ook de hoeveelheid CO₂ die wordt vermeden over een bepaalde tijdsperiode kan bepalen als men het eens is over alle aannames en uitgangspunten die daaraan ten grondslag liggen, inclusief de 'counterfactual' (zie Box 4-1) en in hoeverre de analyse betrekking heeft op landschaps- of regionschaal waardoor lokale effecten als gevolg van oogst worden uitgemiddeld. Maar zelfs dan is het niet eenvoudig en pogingen om dit in beleid vorm te geven zijn buitengewoon lastig gebleken (zie Box 4-2 voor een toelichting).

Box 4-1 Biomassa stoot aan de schoorsteen meer CO₂ uit dan kolen en gas.

Een veel gehoord argument in het debat is dat biomassa per energie-eenheid meer CO₂ uitstoot dan kolen (en veel meer dan gas) en dus slecht is voor het klimaat. Hoewel het eerste deel van de bewering feitelijk juist is, is de conclusie dat biomassa *dus* slechter is voor het klimaat niet zondermeer te trekken. Om te kunnen beoordelen of biomassa CO₂-winst oplevert ten opzichte van fossiel moet niet alleen de CO₂-uitstoot bij de schoorsteen of de uitlaat worden bekeken, maar moet de gehele productieketen (teelt, oogst, verwerking, conversie, transport) en de 'counterfactual' – ofwel wat er zou zijn gebeurd als de biomassa niet was geoogst voor energie of feedstock – over een vooraf bepaalde tijdsperiode in de berekening worden meegenomen. Daarbij zou ook de gehele productieketen van kolen of gas in de vergelijking meegenomen moeten worden, inclusief methaan dat bij het winnen en transporteren vrijkomt. En omdat bij verbranding van biomassa de CO₂-concentratie in de rookgassen hoger is dan bij aardgas kan de CO₂ tegen lagere kosten worden afgevangen en opgeslagen.

'Veilige' terugverdiëntijd

Een extra complicerende factor in de discussie is dat men het vaak ook niet eens is over wat als een *veilige* terugverdiëntijd beschouwd zou kunnen worden. Voor het uiteindelijke opwarmende effect van de cumulatieve CO₂-emissies is een lange periode relevant, meestal uitgedrukt in een effect over 100 jaar (Cherubini et al., 2011; Dehue, 2013). Er zijn echter ook redenen benoemd om naar klimaateffecten op kortere termijn te kijken (decennia), bijvoorbeeld als het gaat om de risico's op onbeheersbare, zichzelf versterkende terugkoppelingen in het klimaatsysteem (*tipping points*). Voor sommigen ligt daarmee een 'veilige' terugverdiëntijd op 0 of maximaal 10 jaar (EASAC, 2017; Norton et al., 2019)⁵⁵ terwijl voor anderen ook langere tijdsperiodes verdedigbaar zijn. Uiteindelijk zijn dit ook normatieve en dus niet louter wetenschappelijke stellingnames.

⁵⁵ In augustus 2019 verscheen een 'policy commentary', mede opgesteld door het secretariaat van de EASAC (de Europese versie van de KNAW), die veel aandacht kreeg in het Nederlandse maatschappelijke en politieke biomassa debat en waarin o.a. werd betoogd dat terugverdiëntijden boven de 10 jaar onacceptabel zijn (Norton et al., 2019).

Conclusie

Er bestaan verschillende methodes voor de berekening van een koolstofschuld, een terugverdiëntijd of een koolstofpariteit. Daarom kan men kan deze grootheden - en dus ook de hoeveelheid CO₂ die wordt vermeden - voor een bepaalde tijdsperiode en een bepaalde biomassaastroom alleen dan goed berekenen als men helder is over de definitie en alle aannames en/of normatieve stellingnames die daaraan ten grondslag liggen, zoals de 'counterfactual', ofwel hetgeen gebeurd zou zijn indien de biomassa niet was geoogst en benut. Maar zelfs dan is dat niet eenvoudig en pogingen om dit in beleid vorm te geven zijn buitengewoon lastig gebleken. Zoals ook benoemd in de eerste stakeholdersbijeenkomst lijkt het niet mogelijk beleid te baseren op een harde maximale terugverdiëntijd. Er is immers geen wetenschappelijke consensus over wat een aanvaardbare terugverdiëntijd vanuit een klimaatmitigatieperspectief zou mogen zijn. Wel kunnen biomassastromen worden bepaald - en voor een deel gebeurt dit al in de REDII (zie paragraaf 4.11) - die het *risico* op een hoge koolstofschuld of een (te) lange terugverdiëntijd minimaliseren. Zoals ook aangegeven in de 'punten van overeenstemming' (paragraaf 2.2) leek er tussen de stakeholders grond voor overeenstemming te bestaan dat secundaire en tertiaire reststromen en een deel van de primaire reststromen een lage koolstofschuld hebben (en bovendien een laag risico op ILUC, zie paragraaf 4.8 en (Natuur & Milieu, 2018)).

Box 4-2 CO₂-emissiereductie is afhankelijk van uitgangspunten en counterfactual.

In de RED en de REDII en alle onderliggende certificatieschema's (zoals Better Biomass⁵⁶ en SBP⁵⁷ die voor een belangrijk deel ook ten grondslag liggen aan de SDE+), worden eisen gesteld aan de minimale CO₂-emissiereductie die het gebruik van vaste of vloeibare biomassa moet realiseren⁵⁸. Daarbij wordt een LCA/carbon footprint benadering gehanteerd die vooral gericht is op de emissies in de productieketen in vergelijking tot het fossiele alternatief in combinatie met andere kwalitatieve criteria (bijvoorbeeld ten aanzien van ILUC) die ertoe moeten leiden dat het gebruik van biomassa uit bosbouw of landbouw leidt tot een reële broeikasgasemissiereductie ten opzichte van het alternatief (zie ook paragraaf 4.11 en Tabel 2 in Royal Haskoning DHV (2020a) voor meer details). De REDII en veel certificeringsschema's maken hierbij gebruik van 'BioGrace' – gebaseerd op een door JRC ontwikkelde methode (Neeft et al., 2015) - waarin gedetailleerd de volledige keten-emissies (uitgezonderd oogst) van biobrandstoffen en andere toepassingen van biomassa uitgerekend kunnen worden (EC, 2020).

Het feit dat deze berekeningen niet alle aspecten meenemen is voor sommige stakeholders voldoende reden om niet op biomassa te willen vertrouwen, terwijl anderen stellen dat de (in hun ogen strenge) eisen voldoende garantie bieden. Pogingen om meer aspecten (zoals de counterfactual) in beleid te verankeren zijn in het verleden wel gedaan, maar dit bleek buitengewoon lastig.

Om de aspecten die missen in de RED nader te onderzoeken is in 2014 in het Verenigd Koninkrijk een omvangrijke studie uitgevoerd naar de broeikasgasemissies bij gebruik van houtpellets uit Noord-Amerika voor elektriciteitsopwekking (Stephenson & MacKay, 2014). Daarin komt duidelijk naar voren dat de emissies grote variaties vertonen afhankelijk van de tijdsperiode waarover men kijkt, de biomassastroom (bosbouwresiduen, dode bomen door natuurlijke verstoring of zaagsel), de 'counterfactual' (residuen achterlaten in het bos of verbranden) en de fossiele brandstof (kolen of gas) waarmee vergeleken wordt. Maar ook binnen één bepaalde stroom is de range vaak groot. Een LCA-studie over het gebruik van houtpellets voor elektriciteitsopwekking bevestigde het beeld dat de uitkomsten sterk afhankelijk zijn van de aannames. Deze studie kwam uit op een wijde range van 83% broeikasgasemissiereductie tot 73% hogere emissies dan kolen. Daarbij vormden met name methaan-emissies tijdens opslag een belangrijke bron voor deze onzekerheid (Röder, Whittaker, & Thornley, 2015).

In een follow up van de Stephenson-studie door Howes et al. (2014) wordt vervolgens gepoogd een uitspraak te doen over de *waarschijnlijkheid* van een bepaalde uitkomst (incl. de gehanteerde counterfactual) op basis van een brede stakeholdersconsultatie, waaronder ngo's. De meeste uitkomsten met hoge broeikasgasemissies per eenheid geproduceerd product werden als minder realistisch beoordeeld. De uitkomsten met lage emissies werden gezien als een meer logische representatie van de Amerikaanse bosbouwsector.

Ten slotte werd in een rapport voor de Europese Commissie geconcludeerd dat het kwantificeren van de CO₂-impact van houtige biomassa die in de EU wordt gebruikt, niet haalbaar is gezien het grote aantal factoren waarvan dit afhankelijk is (Matthews et al., 2015). Matthews et al. stellen een risico-benadering voor op basis van een beslisboom waarmee houtige biomassa geclassificeerd kan worden als hoog, matig of laag risico in termen van broeikasgasemissies. Maar ook deze beslisboom is uiterst complex en niet eenvoudig in beleid vorm te geven.

⁵⁶ Zie <http://www.betterbiomass.com/nl/>

⁵⁷ Zie <https://sbp-cert.org/>

⁵⁸ Zo wordt voor de REDII (zie paragraaf 4.11) en veel certificeringsschema's gebruik gemaakt van BioGrace waarin gedetailleerd de volledige keten-emissies (uitgezonderd oogst) van biobrandstoffen en andere toepassingen van biomassa uitgerekend kunnen worden (EC, 2020).

4.4 Rendement fotosynthese versus zon en wind

Vaak is er door stakeholders, die kritisch zijn ten aanzien van het gebruik van biomassa voor energietoepassingen, op gewezen dat het rendement van fotosynthese veel lager is dan het rendement van zonnepanelen of windmolens op dezelfde oppervlakte.

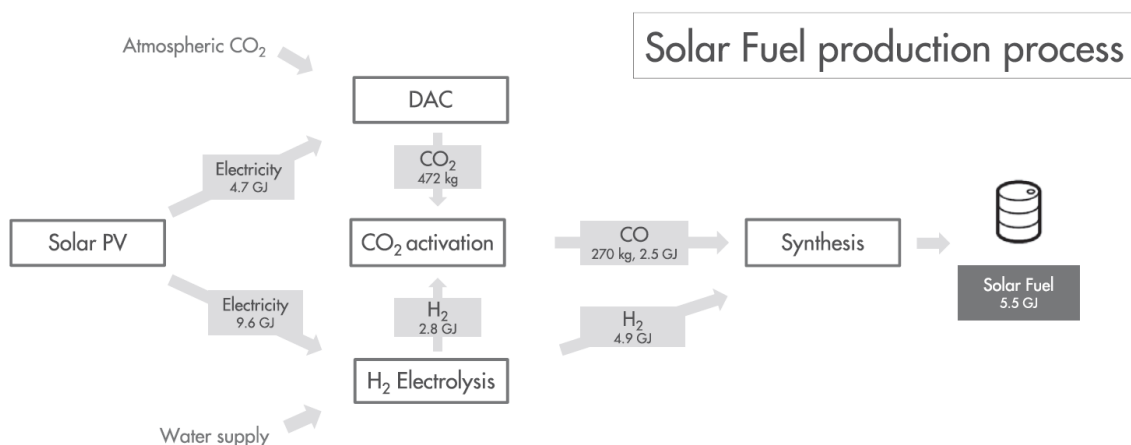
Klimaat	
Biomassa is noodzakelijk voor het behalen van klimaatdoelen	Klimaatdoelen kunnen ook zonder biomassa worden gehaald
	<ul style="list-style-type: none"> Zon en wind produceren meer energie per oppervlakte en hebben een lagere klimaatvoetafdruk.

Biomassa als koolstofdrager

In Searchinger et al. (2017) wordt betoogd dat zon-PV veertig tot driehonderd keer efficiënter is dan de productie van bio-ethanol voor transport. Los van de vraag of dit klopt – er wordt bijvoorbeeld gerekend met een zeer lage fotosynthese-efficiency van 0,2% terwijl 1% realistischer lijkt – is de vergelijking ongelijkwaardig omdat elektronen niet vergelijkbaar zijn met biomassa, dat bestaat uit (complexe) koolwaterstoffen en voor vele doeleinden benut kan worden. Biomassa is dus niet alleen een energiedrager, maar ook – en misschien wel vooral – een koolstofdrager.

Power-to-Liquid (PtL) versus biokerosine

In een studie van UBA (Umwelt Bundesamt) (Schmidt & Weindorf, 2016) is de vergelijking gemaakt tussen bio-kerosine op basis van verschillende feedstocks (zoals suikergewassen, korte rotatie bosbouw en algen) en synthetische kerosine uit zonne- of windenergie door waterstof uit elektrolyse te combineren met pure CO₂ uit Direct Air Capture (DAC) of een andere geconcentreerde bron, zie Figuur 4-3. Dit productieproces wordt Power-to-Liquid genoemd (PtL). Ook in deze studie komt het beeld naar voren dat PtL op basis van zonne- of windenergie minder oppervlak nodig heeft dan bio-kerosine: vanaf ruim een factor twee (voor micro-algen in vergelijking met lage temperatuur elektrolyse met DAC) tot een factor vijf of meer op basis van biomassagewassen of korte rotatie bosbouw. Daarbij hebben windmolens het voordeel dat een groot deel van het land nog voor andere doeleinden kan worden gebruikt en, net als zonnepanelen, geen eisen stellen aan de bodemkwaliteit.



Figuur 4-3 Productieproces van synthetische brandstof op basis van zonne-energie (Power-to-liquid of PtL). DAC=Direct Air Capture. Overgenomen uit:(Kraan, Kramer, Haigh, & Laurens, 2019).

De drie grootste uitdagingen voor PtL ten opzichte van biobrandstof zijn dat de (investerings)kosten nog erg hoog zijn (Kraan et al., 2019), dat de 'Technology Readiness Level (TRL)', vooral van Direct Air Capture, laag is, en dat er grenzen zijn aan de 'deployment rate' ofwel het tempo waarin deze technologie uitgerold kan worden. Ter illustratie: om 100% van de Nederlandse kerosineconsumptie in 2030 (215 PJ) met PtL te produceren is (op basis van Figuur 4-3) 560 PJ elektriciteit nodig. Dat is bijna het dubbele van de totale duurzame elektriciteitsdoelstelling voor 2030 (302 PJ) in het Klimaatakkoord. En ten slotte leidt PtL niet tot negatieve emissies. Bij de productie van bio-kerosine is dat wel mogelijk omdat daarbij een pure stroom CO₂ vrijkomt die onder de grond opgeslagen zou kunnen worden (Strengers, Smeets, Ros, & Kram, 2018) of kan worden gecombineerd met waterstof (H₂) waaruit methaan (CH₄) en langere koolstofketens geproduceerd kunnen worden.

Conclusie

Op basis van de genoemde voor- en nadelen van PtL ten opzichte van het biomassa-alternatief en in overeenstemming met de hoofdconclusies in alle hierboven genoemde studies (uitgezonderd (Searchinger et al., 2017)) lijkt het verstandig in te zetten op een strategie waarin *zowel* de productie van duurzame biomassa als van duurzame elektriciteit maximaal worden ontwikkeld als basis voor de productie van vloeibare of gasvormige koolwaterstoffen in een klimaat-neutrale economie. Hoewel nog in een experimenteel stadium, kan daarbij ook worden gedacht aan een *combinatie* van duurzame elektriciteit en biomassa waarbij de omzettingsverliezen van de koolstofinhoud van de gebruikte biomassa aanzienlijk kunnen worden verkleind (zie Box 4-3).

Box 4-3 Minder biomassa door combinatie met waterstof

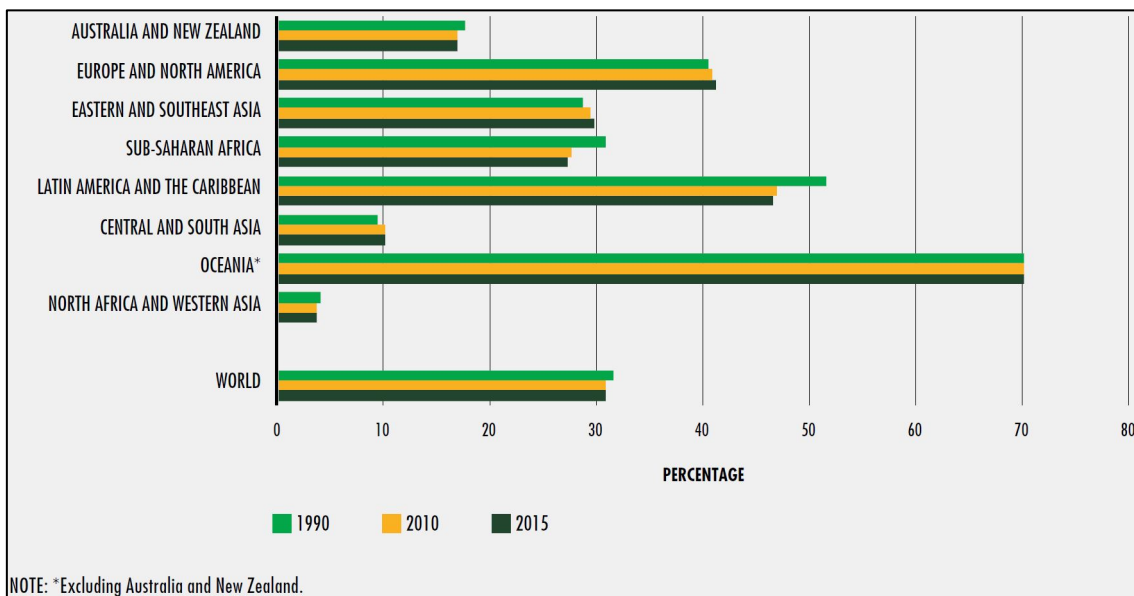
Wat niet is benoemd in de studie van CE Delft, noch in de stakeholdersdiscussie, maar wat op termijn van belang kan zijn, is dat er technische mogelijkheden lijken te zijn om de toekomstige behoefte aan biobrandstof, groen gas- en bio-feedstock met minder biomassa te vervullen. In de bestaande technologieën is de procesenergie die nodig is voor de omzetting van (houtige) biomassa in hoogwaardige brandstoffen en feedstocks afkomstig uit de biomassa zelf. Maar er zijn studies die laten zien dat als bij de productie niet alleen biomassa maar ook groene of blauwe waterstof⁵⁹ wordt gebruikt de omzettingsverliezen van de koolstofinhoud van de gebruikte biomassa – in theorie – met een factor 2 tot 2,5 kunnen worden verkleind (Hillestad et al., 2018). Dit betekent dat er een aanzienlijk extra potentieel is om bijvoorbeeld elektriciteit uit wind of zon vast te leggen in koolwaterstoffen als methaan, diesel, kerosine of grondstoffen voor de kunststofproductie.

4.5 Ontbossing, duurzaam bosbeheer en CO₂-vastlegging

Hoewel het wereldwijde bosareaal sinds 1990 slechts beperkt is afgenomen en sinds 2010 stabiel lijkt te zijn (zie Figuur 4-4), is ontbossing (en bosdegradatie) in een aantal regio's een serieus probleem. Dat geldt vooral voor Zuid-Amerika (Amazone) en Afrika (CCC, 2018; IPCC, 2019b) maar ook in andere, vooral tropische, regio's en in sommige Europese landen zoals Roemenië. In Roemenië leidde dat recent zelfs tot demonstraties (Stockmans, 2019). Voor een groot deel hangt ontbossing samen met uitbreiding van de landbouw (voor voedsel en veevoer) en, al dan niet illegale, houtkap. Maar de vrees die in het stakeholdersproces is geuit, is dat de toenemende biomassaproductie een factor van belang kan worden (of zelfs al is, zie ook paragraaf 4.6).

⁵⁹ Groene waterstof wordt door middel van elektrolyse uit water geproduceerd, blauwe waterstof wordt uit aardgas geproduceerd met afvang en opslag van de vrijkomende CO₂ (CCS).

Landgebruik	
Bij goed bosbeheer is oogst mogelijk.	Huidig bosbeheer laat geen groeiende vraag naar hout toe.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Duurzaam bosbeheer en natuurkwaliteit zijn geborgd, in elk geval in de EU.</i> • <i>Duurzame kap en/of verjongen van bos houdt opslagcapaciteit van koolstof in stand.</i> • <i>De Europese bossen, die toenemen in oppervlak, nemen netto veel CO₂ op.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>De groeiende vraag naar hout geeft een risico op kaalslag en verlies aan kwaliteit van bossen.</i> • <i>De netto CO₂-opname van Europese bossen vermindert o.a. door de toenemende bio-energievraag.</i> • <i>Er moet ingezet worden op bosherstel en aanplant.</i>
People, planet, profit	
Biomassaproductie kan samengaan met een verbetering voor mens en natuur	Biomassaproductie kan negatieve effecten hebben op mens en natuur
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Door toepassing van best-practices in landbouw en bosbouw is een verbetering van welzijn en natuur mogelijk.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Er is een risico op verlies van natuurwaarden in het herkomstgebied: koolstofvoorraden, bodem, water, lucht, biodiversiteit, klimaatbestendigheid, milieuverantwoord handelen.</i>

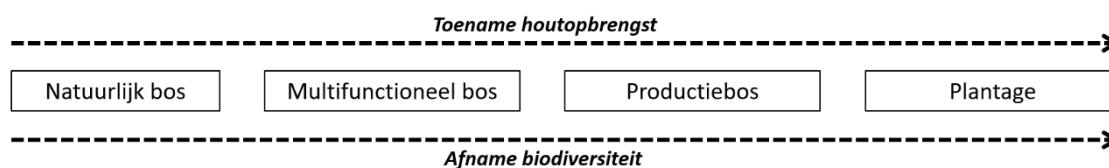


Figuur 4-4 Bosoppervlak als percentage van het landoppervlak in 1990, 2010 en 2015. Bron: (FAO, 2018).

'Natuurlijk' bos versus productiebos

Alle stakeholders in het biomassa-debat benadrukken dat als de productie van houtige biomassa zou leiden tot vernietiging of degradatie van natuurlijk bos, dit zou indruisen tegen ecologische doelen, (Europese) wetgeving en daaraan gekoppelde certificeringsschema's en als onwenselijk moeten worden beschouwd. Vervolgens is men het echter niet eens over de mate waarin dit al dan niet feitelijk plaatsvindt of dreigt plaats te vinden. Dit komt deels doordat de grens tussen 'natuurlijk' bos en productiebos niet scherp te trekken is. Zoals Figuur 4-5 laat zien is het een gradiënt van natuurlijk bos met hoge biodiversiteitswaarde waarin hooguit selectief wordt gekapt, via multifunctioneel bos (zoals in Nederland) dat wordt beheerd vanuit

een biodiversiteits-, productie- en recreatiedoelstelling en productiebossen (zoals in de Scandinavië en de VS) die monotoner zijn, tot plantages met korte cycli in een snelgroeiende monocultuur en weinig biodiversiteit, die bijna als een vorm van landbouw kunnen worden beschouwd.



Figuur 4-5 De glijdende schaal van 'natuurlijk' bos tot plantage.

Bosbeheer, bescherming van bossen en 'climate smart forestry'

Zoals vaak wordt benadrukt in de (wetenschappelijke) literatuur zou in de discussie over bossen meer de nadruk moeten liggen op de wijze waarop ze (beter) beheerd en vooral ook beschermd kunnen worden en dan niet alleen vanuit het oogpunt van biomassa. Bijvoorbeeld door het beschermde bosoppervlak waar geen (of nauwelijks) houtoogst plaatsvindt te vergroten en de (commerciële) bosbouw in de overige bossen maximaal te laten samengaan met andere belangrijke functies zoals biodiversiteitsbehoud (zie ook paragraaf 4.1), klimaatadaptatie, en recreatie. Een concept dat hier nauw bij aansluit is wat in (Nabuurs, Delacote, et al., 2017) 'climate smart forestry' wordt genoemd: dat concept is niet alleen gericht op het tegengaan van klimaatverandering, maar juist op het bereiken van maximale synergie met de andere genoemde functies. In Nabuurs, Verkerk, et al. (2018) wordt in een drietal casestudies in Spanje, Tsjechië en Ierland uitgewerkt hoe dit in de praktijk kan worden vormgegeven en voor Nederland geeft Staatsbosbeheer aan dat multifunctioneel duurzaam bosbeheer het uitgangspunt is⁶⁰. Door de Committee on Climate Change wordt aangegeven dat het beheren en ontwikkelen van de gedegradeerde bossen in Groot-Brittannië kan leiden tot meer bos, meer biodiversiteit, een toename in de oogst van biomassa en uiteindelijk een netto vastlegging van 21 Mton CO₂ per jaar (CCC, 2018). Dit alles sluit ook aan bij het pleidooi van de EASAC dat multifunctionaliteit van bossen belangrijk is en dat dit (veel) beter vormgegeven zou moeten worden in Europees beleid (EASAC, 2017). Volgens Nabuurs et al. (2019) is het hierbij van groot belang dat gebruik gemaakt wordt van de meest up-to-date informatie die beschikbaar is. Daartoe hebben zij een gedetailleerde 'forest management strategies map' ontwikkeld op basis waarvan EU-bosbeleid vormgegeven kan worden.

Bedreigingen van duurzaam bosbeheer

Daarnaast moeten de signalen van verschillende ngo's (zoals Biofuelwatch, Dogwood Alliance en de Global Forest Coalition), dat er praktijken (vooral in relatie tot de houtpelletproductie) gaande zijn die niet passen in duurzaam bosbeheer, serieus worden genomen. Dit brengen zij onder de aandacht in verschillende rapporten, verslagen en/of 'factsheets' (zie paragraaf 4.6). Dergelijke signalen kunnen het vertrouwen in duurzaam bosbeheer ernstig ondergraven, en lijken dat in zekere mate al te doen.

Koolstofopslagcapaciteit in de bosbouw

In het verlengde van deze discussie lijkt er vaak een onderliggende onenigheid te zijn over het huidige bosgebruik en de mate waarin dit vooral in Europa en de VS samengaat met CO₂-vastlegging en andere ecosysteemfuncties. Uit de literatuur kan worden afgeleid dat er in de

⁶⁰ Zo gaf Staatsbosbeheer aan dat op het moment dat reststromen vrijkomen bij de verjonging of dunning van een (productie)bos, rekening wordt gehouden met de bodemkwaliteit, het belang van dood hout voor biodiversiteit en de mineralenbalans. Vooral op arme verzuringsgevoelige gronden moeten tak- en tophout achterblijven zoals geborgd binnen het bosbeheer dat gecertificeerd is onder FSC.

bossen van Europa en het zuidoosten van de VS jaarlijks honderden megatonnen CO₂ worden vastgelegd. Uiteraard gaat duurzaamheid over meer dan houtvolume – zo wijzen Zweedse ngo's op vermeende misstanden in hun bossen⁶¹ – maar het is niettemin een belangrijk onderdeel daarvan. Uiteindelijk is dit ook onderdeel van de 'land sparing' versus 'land sharing' discussie waar – los van bio-energie – ook felle debatten en meningsverschillen over zijn.

De huidige toestand van het Europese bos (inclusief Rusland) volgens het meest recente 'State of Europe's forest report' (FAO & EFI, 2015) als volgt worden samengevat:

- 215 miljoen ha ofwel 33% van het Europese oppervlak is bos en dat oppervlak neemt toe.
- 30 miljoen ha is beschermd en dit neemt toe met 0,5 miljoen ha per jaar.
- De netto CO₂-vastlegging van het gehele bosareaal is 720 Mt CO₂ per jaar ofwel 9% van de Europese CO₂-emissies.
- Gemiddeld bevat het bos 163 m³ hout per ha en dat volume neemt toe.
- 3,7 miljoen ha is beschadigd door ziekte.
- 0,5 miljoen hectare per jaar wordt aangetast door vuur.

Statistieken van landen met een omvangrijke bosbouwsector zoals Zweden, Finland en het zuidoosten van de VS laten zien dat intensieve bosbouw kan samengaan met een toename van de hoeveelheid hout (en dus vastgelegde CO₂) in het bos (zie Figuur 4-6) over een lange periode. Dit is ook bevestigd door satellietwaarnemingen over de periode 2010-2015 (Santoro, Cartus, Carvalhais, Thurner, & Fransson, 2019). De verklaring is dat de oogst minder is dan de houtaanwas, en dat door gecontroleerde oogst en dunningen een deel van het bos in het jongere deel van de groeicurve blijft. Indien niet geoogst en gedund wordt, dan neemt de netto CO₂-opname steeds verder af tot uiteindelijk nul (Nabuurs et al., 2013). De huidige jaarlijkse vastlegging in Zweden van koolstof in bomen, bodems en geoogste houtproducten komt op ongeveer 10 Mton (44 Mton CO₂). Dat is bijna de helft van de Zweedse broeikasgasemissies in 2015 (JRC, 2020).

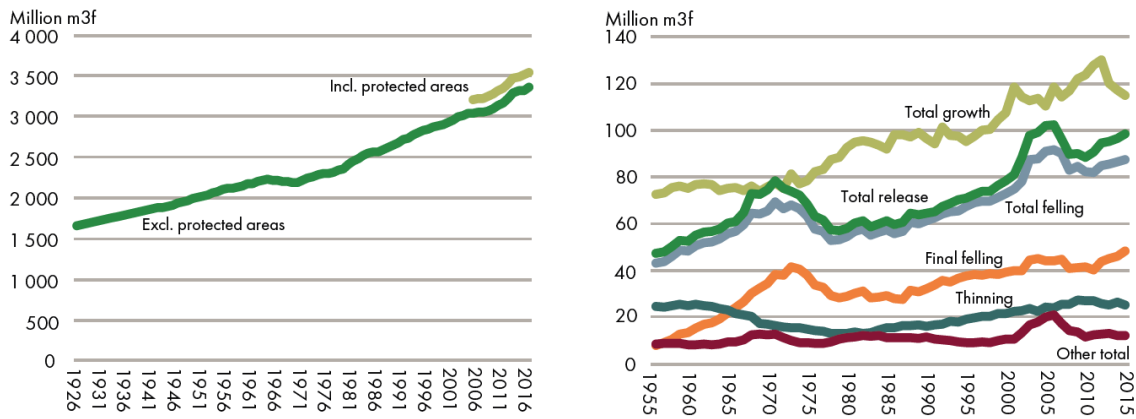
De bosbouwstatistieken van Finland laten een soortgelijk beeld zien als in Zweden: in de periode van 1951 tot 2017 groeide het houtvolume met 50% van ruim 1.600 miljoen m³ naar 2.400 miljoen m³, terwijl in die periode bijna 4.000 miljoen m³ werd geoogst⁶². Tegelijkertijd verviervoudigde het gebruik van bio-energie sinds 1970 tot 525 PJ in 2017 of 1/3 van het totale energieverbruik in Zweden (Kåberger, 2017). En in één van de grootste bosbouwgebieden ter wereld met hoge oogstintensiteit, het zuidoosten van de VS⁶³, is het houtvolume tussen 1953 en 2015 meer dan verdubbeld bij een vrijwel gelijkblijvend oppervlak⁶⁴. Dit is overigens ook het gevolg van overexploitatie en van (natuurlijke) herbebossing van voormalige landbouwgebieden in de periode daarvoor (Fan et al., 1998; Houghton, Hackler, & Lawrence, 1999; Hurtt et al., 2002). Volgens de USDA is in het gehele bosareaal in de VS sinds 1990 gemiddeld 750 Mton CO₂ per jaar vastgelegd en 785 Mton sinds 2005 (Woodall et al., 2015). Bovendien kan volgens Jonker et. al (2018) in het zuidoosten van de VS zowel de economische prestatie als de koolstofbalans over langere tijdschalen positief worden beïnvloed indien het huidige management verbeterd zou worden en men zou inzetten op integratie van houtoogst voor energie met het traditionele gebruik (vooral zaaghout, panels en papier).

⁶¹ Zo zouden de Zweedse bosbouwers de FSC-regels overtreden – bijvoorbeeld door het kappen van natuurlijk bos – en uit de Global Forest Coalition zorgen over het kappen van bos met hoge biodiversiteit in Zweden, zie <http://skyddaskogen.se/en>.

⁶² Zie <https://forest.fi/article/volume-and-removal-of-growing-stock-in-1951-2017/>

⁶³ De bosbouwindustrie in de VS als geheel omvat 17% van de wereldwijde rondhoutproductie (Oswalt, Smith, Miles, & Pugh, 2019).

⁶⁴ Zie <https://www.forest2market.com/blog/the-relationship-between-demand-and-forest-productivity-in-the-us-south-part-ii>



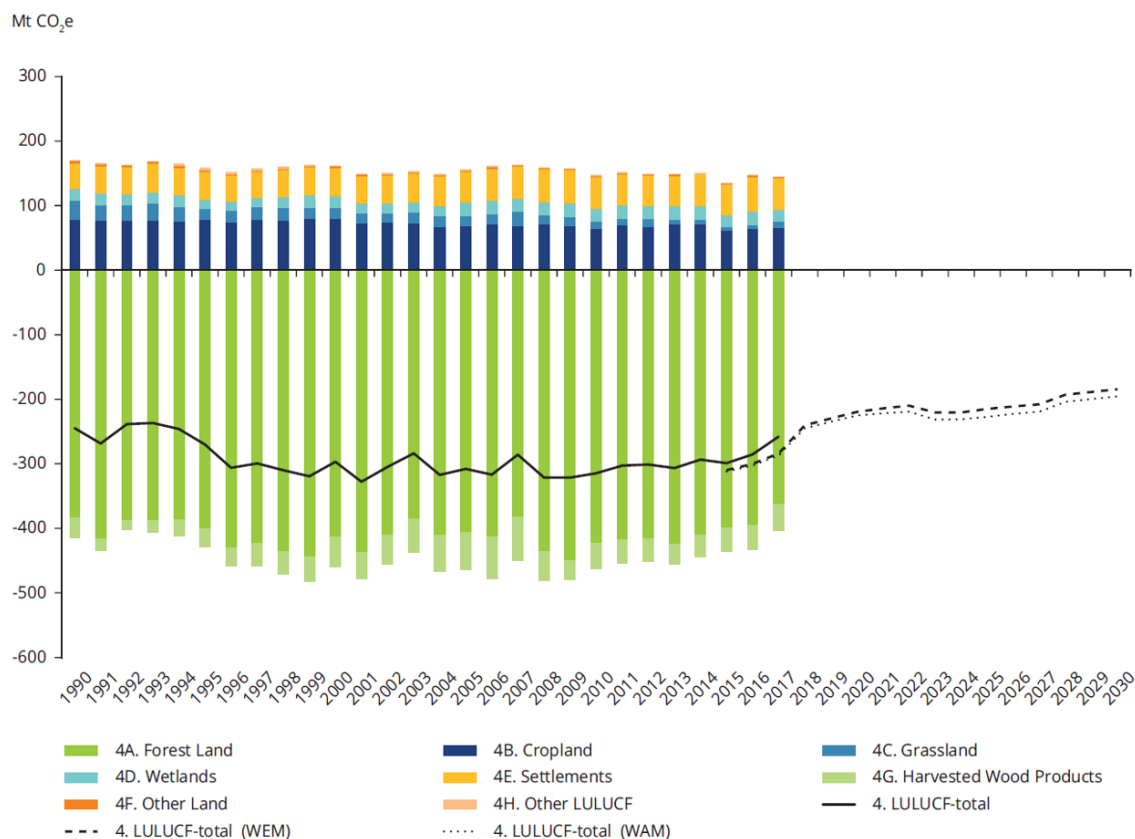
Figuur 4-6 Het houtvolume in de Zweedse bossen is sinds 1926 meer dan verdubbeld (linker grafiek). Ook de jaarlijkse netto groei is toegenomen sinds in elk geval 1975 bij een toenemende oogst (rechter grafiek). Bron: (Holmgren, 2019).

Afname van de netto CO₂-opname(?)

Hoewel er dus in Europese bossen sprake is van een netto CO₂-opname lijkt die in de EU als geheel wel af te nemen in de 'Land Use and Land Use Change and Forestry (LULUCF)' sector. In 2013 werd dit al geopperd in een Nature-artikel (Nabuurs et al., 2013) en zes jaar later kwam dit nog duidelijker naar voren in een rapportage van de EEA (EEA, 2019). Hierin werd gesteld dat de gemiddelde netto vastlegging sinds het jaar 2000 ongeveer 300 Mt CO₂ per jaar bedroeg (dit betreft alleen de EU, niet heel Europa), maar met een afnemende jaarlijkse opname in de afgelopen 8 jaar (zie Figuur 4-7). Volgens het rapport komt dit door een combinatie van veroudering van het bos, de toenemende impact van droogte, hitte en stormen door klimaatverandering⁶⁵ en door een toename van de oogst. Dat laatste is veroorzaakt door herstel van de economie na de recessie van 2008 en ook door meer houtmobilisatie voor bio-energie.

De EEA verwacht dat de afnemende trend van de CO₂-opname zal doorzetten (tot ruim 200 Mton in 2030), onder andere doordat klimaatverandering zal doorzetten, maar ook doordat de vraag naar hout zal toenemen voor materialen en bio-energie. Maar de onzekerheid of dat werkelijk gaat gebeuren is groot, bijvoorbeeld omdat een toenemende vraag ook zou kunnen leiden tot een uitbreiding van het bosareaal. Bovendien zal vanaf 2021 de LULUCF-regulatie van kracht zal zijn. Onder deze regulatie geldt de 'no-debit rule' die verplicht dat iedere EU-lidstaat emissies door landgebruik moet compenseren door een even grote vastlegging binnen de LULUCF-sector. Dit houdt bijvoorbeeld in dat houtkap gecompenseerd moet worden door aanplant of verbeterd bosbeheer, zie (Böttcher, Zell-ziegler, Herold, & Siemons, 2019) voor meer details. Echter, door Nabuurs, Arets, & Schelhaas (2018) wordt aangegeven dat ook onder de LULUCF-regulatie de afnemende CO₂-opname waarschijnlijk zal doorzetten tenzij dit actief wordt tegengegaan. Hierbij kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt kan worden van bestaande informatie-tools en kaarten die kunnen ondersteunen bij het bepalen van bos-managementstrategieën op basis van een ruimtelijke weging van de multifunctionaliteit van Europese bossen (Nabuurs et al., 2019).

⁶⁵ Bosbranden in 2017 in Portugal en Italië waren nog nooit zo omvangrijk. Storm richtte veel schade aan in Litouwen, Slovenië en Tsjechië. En de laatste jaren veroorzaakt de 'letterzetter' massale sterfte onder fijnsparren. Dit is een kleine kever die gangen vreet onder de schors. Normaal gesproken kan de fijnspar weerstand bieden door het aanmaken van hars, maar door droogte en hitte gaat dit (steeds) moeilijker en kan de kever hard toeslaan. In Polen en Duitsland is de sterfte massaal doordat veel bossen weinig divers zijn, maar ook in Drenthe slaat de kever toe. De sterfte in Centraal-Europa bedraagt inmiddels 200 miljoen m³.



Figuur 4-7 Uitstoot en opname van landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (LULUCF) in de EU volgens (EEA, 2019). 'WEM' en 'WAM' verwijzen naar twee verschillende toekomstscenario's. WEM=With Existing Measures. WAM=With Additional Measures

Aanplant van nieuw bos

In de stakeholdersdiscussie werd (vooral vanuit het ecologisch en 'strikt hernieuwbaar' perspectief) benoemd dat CO₂-opname (negatieve emissies) beter bereikt kunnen worden door maximaal in te zetten op bosherstel en aanplant van nieuw bos en dat het gebruik van biomassa voor energie en chemie geminimaliseerd zo niet uitgesloten moet worden. Hierbij werd o.a. verwezen naar een recent artikel in Science dat veel aandacht trok in de media en waarin wordt betoogd dat 0,9 miljard hectare (het oppervlak van de VS) extra bebost kan worden waarmee 205 gigaton koolstof (GtC) of 20 keer de huidige mondiale jaarlijkse uitstoot vastgelegd kan worden (Bastin et al., 2019). De studie heeft echter veel negatieve reacties gekregen, waarvan er zes geplaatst zijn in Science (o.a. (Friedlingstein, Allen, Canadell, Peters, & Seneviratne, 2019)). Daarin werd aangegeven dat niet alleen de berekening zelf discutabel en het realiteitsgehalte laag is, maar ook werd gewezen op de negatieve impacts die een operatie op een dergelijke schaal zou kunnen hebben op de voedselvoorziening in vooral tropische regio's, en ten slotte dat het albedo-effect in boreale gebieden (bomen zijn donkerder dan sneeuw) juist voor extra opwarming zou kunnen zorgen (Anderson et al., 2011; Doelman et al., 2019).

Dat neemt niet weg dat de bescherming en het herstel van gedegradeerde bossen en (her)bebossing op een meer haalbare schaal een belangrijk onderdeel is van vrijwel alle scenario's en onderdeel zou moeten uitmaken van verstandig klimaat- en biodiversiteitsbeleid, zowel op mondiale (IPCC, 2018), Europese (EC, 2019d) als nationale schaal (Probos, 2016).

Conclusies

Hoewel het netto wereldwijde bosareaal sinds 1990 slechts beperkt is afgenomen is het, zelfs in sommige Europese landen, een serieus probleem. Alle stakeholders in het biomassa-debat benadrukken dat als de oogst van biomassa zou leiden tot vernietiging of degradatie van natuurlijk bos, dit zou indruisen tegen ecologische doelen, (Europese) wetgeving en de daarbij gehanteerde certificeringsschema's en als onwenselijk moet worden beschouwd. Maar vervolgens is men het niet eens over de mate waarin dit al dan niet feitelijk plaatsvindt of dreigt plaats te vinden.

In de literatuur wordt aangegeven dat het zinvoller lijkt een discussie te voeren over de manier waarop (ook Nederlandse) bossen beter beheerd en vooral beschermd kunnen worden zodat het beschermde oppervlak waar geen (of nauwelijks) bosbouwpraktijken plaatsvinden wordt vergroot, dat er (her)bebossing plaatsvindt en dat (commerciële) bosbouw in niet beschermde bossen maximaal samengaat met andere belangrijke functies zoals CO₂-vastlegging, biodiversiteitsbehoud, klimaatadaptatie en recreatie ('climate smart forestry'). Tegelijk moeten signalen dat er praktijken gaande zijn die niet passen in duurzaam bosbeheer serieus worden onderzocht - en als ze kloppen worden tegengegaan - omdat die het vertrouwen in duurzaam bosbeheer ernstig kunnen ondergraven.

Verder laten statistieken van regio's met een omvangrijke bosbouwsector zien dat bosbouw kan samengaan met een structurele toename van de hoeveelheid levend hout (en dus vastgelegde CO₂) in het bos. Tegelijkertijd lijkt er in de EU-28 in de afgelopen jaren sprake te zijn van een afname van de opname van CO₂ van ruim 300 Mt CO₂ in 2000 tot zo'n 250 Mt in 2017. Dit komt door een combinatie van veroudering van het bos, de toenemende impact van droogte, hitte en stormen door klimaatverandering, maar ook door een toename van de oogst voor zaaghout en bio-energie. Zelfs met inachtneming van de LULUCF-regulatie die verplicht dat iedere EU-lidstaat emissies door landgebruik moet compenseren door een even grote vastlegging, is de verwachting dat deze reductie in CO₂-opname zal doorzetten (tot ruim 200 Mt in 2030) tenzij dit door additioneel EU-beleid wordt tegengegaan gebruik makend van de meest up-to-date informatie die beschikbaar is.

4.6 Gevolgen van een toenemende houtpelletproductie

De discussie over in hoeverre de groeiende vraag naar houtpellets slecht is voor bossen, het klimaat en biodiversiteit domineert de huidige Nederlandse discussie, maar ook op internationaal niveau wordt de discussie steeds feller⁶⁶. De discussie richt zich met name op het zuidoosten van de VS en de Baltische staten (en dan vooral Estland). In het stakeholderproces was er grote overeenstemming dat het onwenselijk zou zijn als er niet-duurzame praktijken zouden plaatsvinden die ingaan tegen de (Europese) wetgeving en de gehanteerde certificatieschema's (zie ook paragraaf 4.11). Vervolgens was er onenigheid in hoeverre dit daadwerkelijk plaatsvindt.

Landgebruik	
Bij goed bosbeheer is oogst mogelijk.	Huidig bosbeheer laat geen groeiende vraag naar hout toe.
<ul style="list-style-type: none">• <i>Er worden geen bossen gekapt voor bio-energie, of met als primaire drijfveer bio-energie.</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Bossen waar niet gekapt wordt hebben een grotere biodiversiteit.</i>• <i>De groeiende vraag naar hout geeft een risico op kaalslag en verlies aan kwaliteit van bossen.</i>

⁶⁶ Zoals bijvoorbeeld tijdens de recente EU-conferentie over bossen in relatie tot klimaat en biodiversiteit Zie https://ec.europa.eu/info/events/international-conference-forests-biodiversity-and-climate_en, voorgezeten door Frans Timmermans.

Bedreiging van natuurlijk bos en biodiversiteit door houtpelletproductie

Door de NRDC, Dogwood Alliance, en andere ngo's wordt beweerd dat Enviva en het Britse Drax Power, de grootste producenten van houtpellets ter wereld, in het zuidoosten van de VS natuurlijke bossen kapt voor de pelletproductie, en dan met name het laagland ('bottom land') loofbos dat voorkomt op de overgang tussen moeras en drogere gebieden (NRDC, 2015c, 2015b, 2019; NRDC & DogWood Alliance, 2017; SELC, 2018; Stein et al., 2013). Dit heeft volgens hen ernstige consequenties voor o.a. biodiversiteit, vooral in de uitgestrekte 'coastal plains' (NRDC, 2015a; SELC, 2018).

Enviva claimt dat deze beschuldigingen onwaar zijn⁶⁷ - want te controleren op basis van hun 'Track and Trace' systeem - maar dat overtuigt de genoemde partijen vooralsnog niet. Zij wijzen erop dat het 'Track and Trace' systeem niet is geïmplementeerd op perceelsniveau en dus kan de daadwerkelijke herkomst van geoogst hout niet exact gerapporteerd worden. Monitoring op landschapsschaal zou nodig zijn om de effecten op natuurlijke ecosystemen te kwantificeren.

Ook geeft Enviva aan dat de oogst uit natuurlijk gegroeide bossen, zoals de laagland loofbossen, minder dan 1% van de totale oogst omvat. Maar daar staat tegenover dat er in natuurlijk gegroeide bossen vooral vezelhout wordt geoogst (voor o.a. houtpellets) en relatief weinig zaaghout en dat er volgens de ngo's plannen bestaan voor uitbreiding van het aantal pelletfabrieken in deze kwetsbare en onvoldoende beschermde gebieden; volgens de NRDC heeft minder dan 10% een beschermde status (NRDC, 2015b, 2015a).

In Europa stelt BiofuelWatch, een Britse ngo, op basis van een tweetal bezoeken dat de Estlandse bossen overgeëxploiteerd zouden worden ten behoeve van de pelletproductie⁶⁸ en dat er gekapt wordt in Natura 2000-gebieden (Ernsting, 2019). En ook in Nederland komen berichten in de media dat 'hele bomen' in de verbrandingsovens zouden verdwijnen, zie bijvoorbeeld (Katan, 2019; Katan et al., 2018). Anderen wijzen er juist op dat er veel studies zijn die laten zien dat de productie voor bio-energie (waaronder houtpellets) juist een extra inkomen genereren voor boseigenaren en een stimulans vormen of kan vormen voor het in stand houden van het bos op een wijze die ten goede komt aan de waterkwaliteit en biodiversiteit, en het risico op vuur en insectenplagen verminderen (Dale et al., 2017).

Primaire drijfveer bosbouw is meestal de productie van zaaghout

Een veel gebruikt argument tegen de suggestie dat de houtpelletindustrie verantwoordelijk zou zijn voor de genoemde misstanden is dat de productie van houtpellets in volume slechts een klein onderdeel uitmaakt van de totale output en niet de primaire drijfveer is voor bosbouw: dat is bijna altijd (en zeker in de VS en Europa) de productie van hoogwaardig zaaghout ('sawnwood', zie Figuur 4-8 voor de VS en 'sawn timber' in Figuur 4-10 voor Zweden) dat tot 10 keer meer waard is dan (gesubsidieerde) houtpellets⁶⁹.

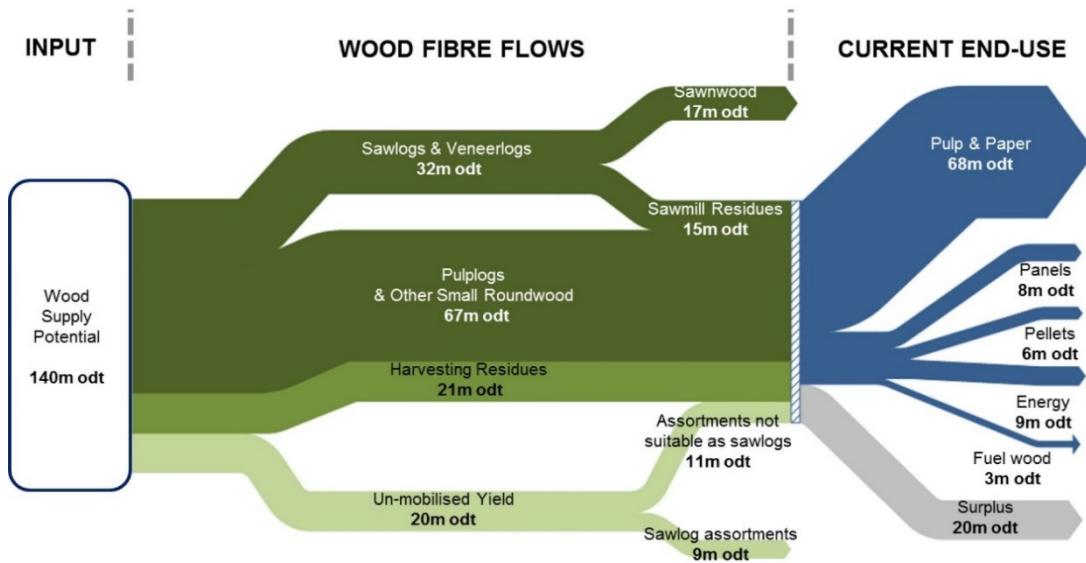
In volume is de belangrijkste output 'pulplogs and other small roundwood'; dit is het gedeelte van de oogst dat niet bruikbaar is als zaaghout, zoals toppen en takken, maar ook bomen die bijvoorbeeld te krom, te dun of rot zijn, maar nog wel voor andere toepassingen gebruikt kunnen worden (vooral voor papier, maar ook als grondstof voor vezelplaten en houtpellets). Dit deel van de oogst bevat dus ook 'hele bomen' en het bovenste deel van boomstammen dat te dun is voor zaaghout (toppen, die tot 10 meter lang kunnen zijn). De grens tussen 'sawlogs' en 'pulplogs' (zie Figuur 4-8) is niet scherp te trekken en wordt beïnvloed door de markt op

⁶⁷ Zie <https://www.linkedin.com/pulse/sustainably-sourced-biomass-key-player-global-energy-jennifer-jenkins/>

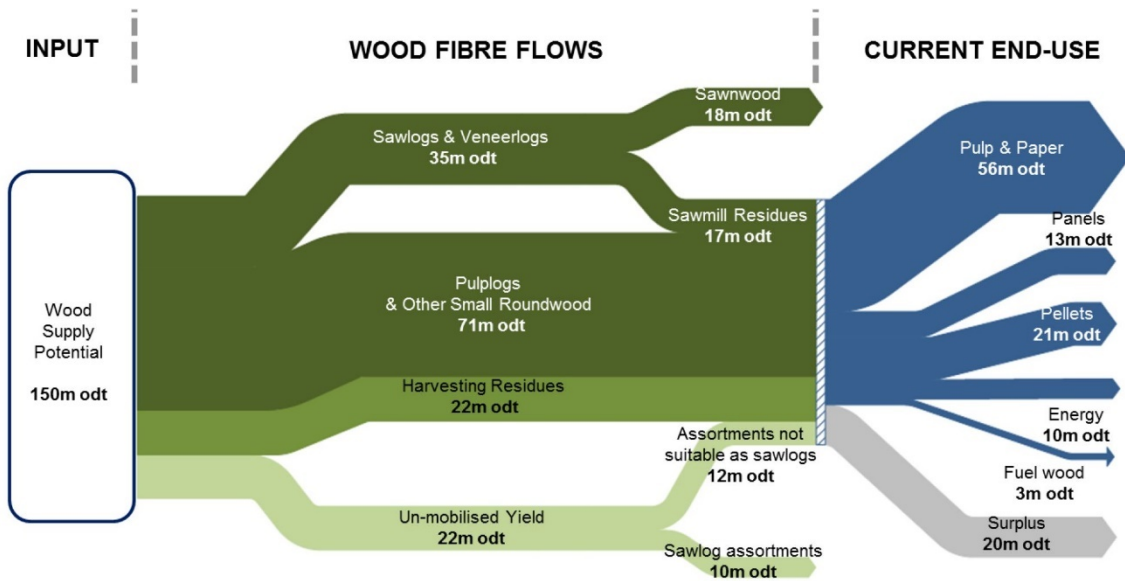
⁶⁸ De meest recente statistieken (tot 2017) bevestigen dit beeld vooralsnog niet, zie <https://estonianintimber.ee/statistics/>.

⁶⁹ Er zijn ook productiesystemen die primair gericht zijn op vezelhout dat weliswaar een lagere prijs heeft, maar in kortere rotaties en grotere hoeveelheden kan worden geoogst. Mondiaal lijkt er een verschuiving van zaaghout naar hout gebruikt voor vezelplaten, karton en papier (FAO, 2017a; Hetemäki, Palahi, & Nasi, 2020). Het aandeel houtpellets is ook in dergelijke productiesystemen gering maar zou op termijn belangrijker kunnen worden.

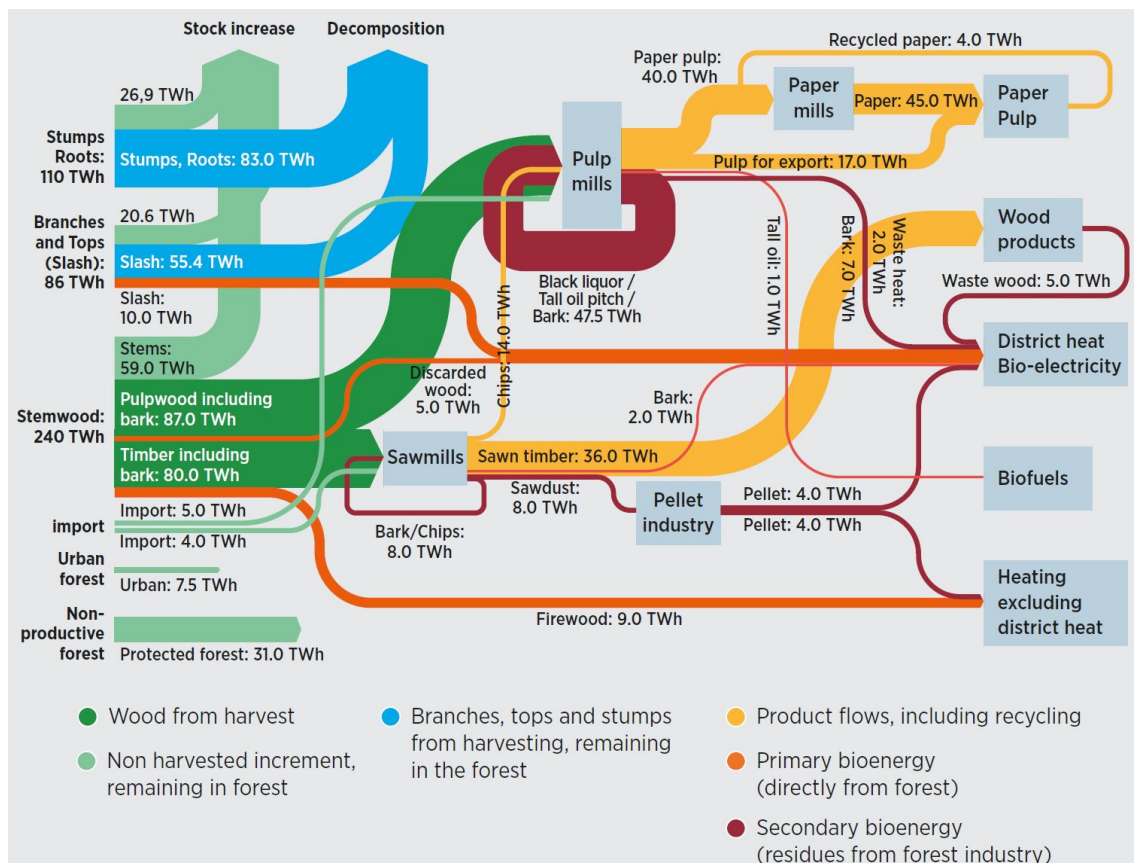
het moment van oogst, maar economisch gezien is het niet rationeel om hoogwaardig zaaghout tot pulp of pellets te verwerken.



Figuur 4-8 Houtstromen in zuidoost VS in 2014. Zaaghout betreft 12% van het oogstbare volume. Pulp en papier vormen bijna de helft daarvan. Houtpellets ruim 4%. Bron:(Pöry, 2014).



Figuur 4-9 Geprojecteerde houtstromen in zuidoost VS in 2025. Zaaghout is nog steeds 12% van het oogstbare volume (dat is toegenomen). Het aandeel pulp en papier is gedaald naar 37% met name ten behoeve van de houtpellets (gestegen van 4 naar 14%). Bron:(Pöry, 2014).



Figuur 4-10 Sanky van bosbouwpraktijk in Zweden in 2015. Zaaghout voor houtproducten (31 TWh op basis van 36 TWh 'Sawn Timber' input verminderd met 5 TWh 'Waste wood') vormt in volume ruim 9% van de totale oogst die optelt tot 330 TWh en is opgebouwd uit 'Stumps, Roots' (83 TWh), 'Slash' (55.4+10 TWh), 'Pulpwood' (87 TWh), 'Discarded wood' (5 TWh), 'Timber' (80 TWh) en 'Firewood' (9 TWh). De houtpellets omvatten ongeveer 2,5% van de oogst. Overgenomen uit: (IRENA, 2019).

Toenemende vraag naar zaaghout en houtpellets

De vraag naar zaaghout is in de vorige crisisjaren 2008-2009 in de VS (en in mindere mate daarbuiten) bijna gehalveerd om daarna weer langzaam toe te nemen tot een niveau dat nog altijd ver onder het niveau van voor de financiële crisis ligt, maar de komende jaren lijkt de vraag naar zaaghout verder toe te nemen. De vraag naar industriële houtpellets heeft pas na de crisis enige omvang gekregen en is gestegen van 5 Mt in 2010 tot 27 Mt in 2019. De verwachting is dat dit verder zal stijgen tot bijna 32 Mt in 2025, voor het overgrote deel in de Aziatische landen, zie Figuur 4-11.

De mondiale productie van houtpellets lag tot 2012 voor een belangrijk deel in de EU en Noord-Amerika, maar de afgelopen jaren is het overgrote deel van de groei afkomstig uit China en andere Aziatische landen zoals Vietnam, Maleisië en Thailand, zie Figuur 4-12.

Volgens Pöyry zal de stijgende vraag naar houtpellets in het zuidoosten van de VS grotendeels afgedekt kunnen worden door een verminderde vraag naar pulp en papier (zie Figuur 4-9). In feite springt (en sprong) de pelletproductie in de VS in het gat dat ontstaan is door de afnemende vraag in de papier- en pulpindustrie.

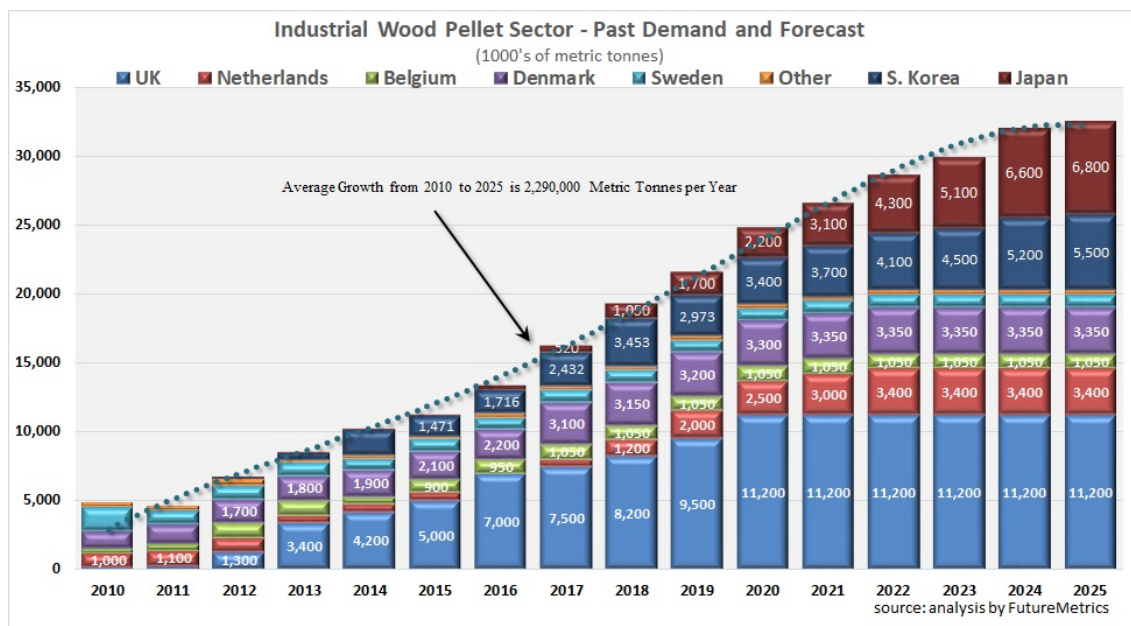
Duurzaamheid houtpellets bij toenemende vraag

Het is van belang dat de toenemende vraag in vooral Japan en Zuid-Korea op duurzame wijze zal worden afgedekt. Mede onder invloed van IEA-Bioenergy hebben deze landen inmiddels duurzaamheidseisen ingevoerd (Koppejan & Junginger, 2018). Japan importeert uit Canada

waarvan de pellets doorgaans voldoen aan strenge duurzaamheidseisen (90% van het bos is van de overheid) en daarnaast steeds meer uit Vietnam⁷⁰. Zuid-Korea importeert met name pellets uit Vietnam en Maleisië. Voor deze laatste twee landen is (nog) niet duidelijk in hoeverre zij zich aan (strenge) duurzaamheidseisen kunnen of willen houden. Japan overweegt om die reden van import uit Vietnam af te zien. Overigens hebben Vietnam en Maleisië nooit aan de EU geleverd en dat zal waarschijnlijk zo blijven omdat Japan en Zuid-Korea veel dichterbij zijn.

Bovengrens duurzame productiecapaciteit

Uiteraard is er wel een bovengrens aan de duurzame productiecapaciteit van het bestaande bos, maar volgens verschillende studies zou er nog ruimte zijn voor een duurzame uitbreiding van de houtpelletproductie in het Zuidoosten van de VS (tot zo'n 25 Mt, zie (Fingerman et al., 2019)) en in landen als Brazilië, Indonesië en Ukraine (Mai-Moulin et al., 2018). Daarnaast zal de verwachte toenemende vraag naar zaaghout voor materialen in bijvoorbeeld de huizenbouw leiden tot het aanplanten van nieuw bos (Churkina et al., 2020; IEA, 2019). De historie in de VS laat zien dat er meer bos wordt aangeplant als de vraag naar hout stijgt en vice versa waardoor er alleen korte periodes zijn geweest waarin de oogst werd overtroffen door de bijgroei (de 'growth to drain ratio') (Abt, 2013).



Figuur 4-11 Mondiale vraag naar industriële houtpellets onder huidig beleid. Vanaf 2021 is verondersteld dat de groei in EU en Groot-Brittannië ten gevolge van het gevoerde beleid zal stabiliseren. De groei is dan vooral afkomstig van Zuid-Korea en Japan. Bron: FutureMetrics, 2020.

Conclusie

Concluderend kan worden gesteld dat de productie van houtpellets:

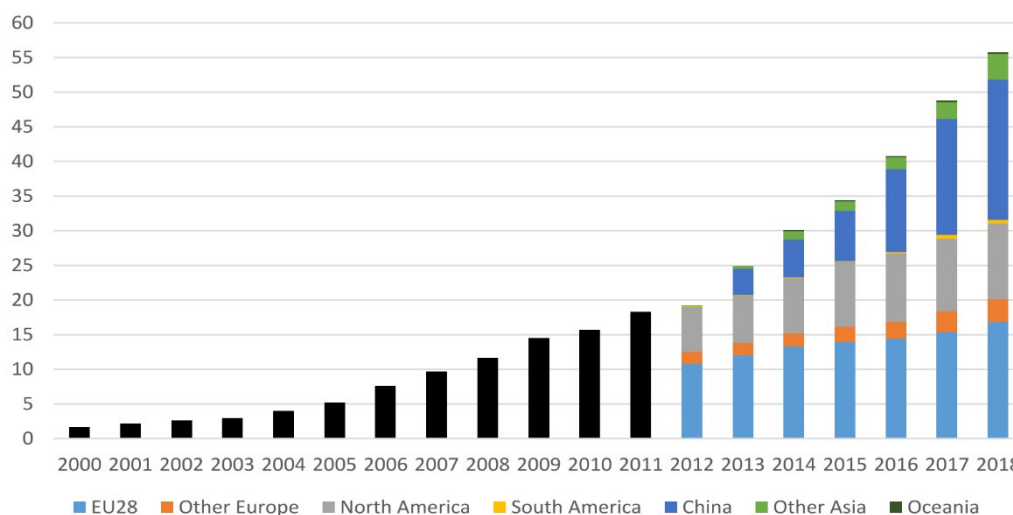
- doorgaans niet het hoofdproduct vormt van de bosbouw, ook niet in de toekomst;
- niet worden geproduceerd van kostbare 'hele bomen' van zaaghoutkwaliteit;

⁷⁰ Zie <http://www.biomassmagazine.com/articles/16733/sailing-into-japan-wood-pellet-demand-in-a-changing-energy-market>.

- c) wel uit bijvoorbeeld uit andere 'hele bomen' kan komen, zoals dunningshout, en bomen die bij een clear-cut geoogst worden maar beschadigd of krom zijn, en daarom niet als zaaghout in aanmerking komen;
- d) een belangrijker onderdeel kan worden van de houtoogst indien de vraag naar houtpellets toeneemt en de vraag naar pulp en papier afneemt (Brandeis & Abt, 2019);
- e) een bovengrens kennen in termen van de mogelijkheid om de productie uit te breiden binnen het huidige areaal.

Daarnaast zou beter onderzocht moeten worden – liefst door een onafhankelijke partij - in hoeverre de door de ngo's geconstateerde misstanden, zoals het kappen van natuurlijk bos ('bottom land') en het pelletiseren van 'hele bomen', daadwerkelijk structureel plaatsvinden of steeds meer dreigen plaats te vinden door uitbreiding van de pelletproductie in kwetsbare en onvoldoende beschermde gebieden. En als ze plaatsvinden moeten ze worden bestreden. Geen enkele bonafide partij heeft immers belang bij dergelijke praktijken en het is in strijd met de wetgeving op Europees en nationaal niveau en de door de producenten zelf gehanteerde certificeringsschema's (zoals Better Biomass en SBP die bijvoorbeeld vereisen dat voor bossen en plantages met een rotatietijd van meer dan 40 jaar, maximaal 50% van de oogst voor energie mag zijn, zie paragraaf 4.11).

Figure 1 Evolution of global pellet production (million tonnes)



Figuur 4-12 Mondiale houtpelletproductie in Mton per jaar. Let op: in tegenstelling tot de vorige figuur betreft dit de totale productie ten behoeve van alle toepassingen, niet alleen industrieel. Bron: (Bioenergy Europe & European Pellet Council, 2019).

4.7 Marginale, gedegradeerde en verlaten landbouwgronden voor biomassateelt

Een belangrijk deel van de huidige discussie gaat over houtige biomassa uit bosbouw, terwijl een veel groter deel van het toekomstig potentieel, zowel mondiaal als Europees, gezocht moet worden in de landbouw (zie hoofdstuk 3), zowel uit reststromen als uit het telen van (geavanceerde) biomassagewassen al dan niet in combinatie met voedselgewassen. In veel modelberekeningen wordt de groei voor een deel mogelijk gemaakt door het verhogen van de opbrengst per hectare (het dichten van de zogenaamde 'yield gap'), waardoor land wordt vrijgespeeld voor biomassateelt (zie paragraaf 4.8). Voor een ander deel komt de groei door het gebruik van marginale en gedegradeerde gronden en landbouwgronden die zijn of dreigen te worden verlaten (al dan niet als gevolg van landdegradatie). Als tegenargument wordt ingebracht dat top-down modelberekeningen te optimistisch zijn over het mogelijke vrijspelen van land en dat de praktijk laat zien dat dit soort ontwikkelingen veel moeilijker te realiseren zijn dan de modellen doen geloven. Deze paragraaf behandelt de kansen en uitdagingen die verlaten en marginale gronden bieden.

Landgebruik	
Met best-practices en innovaties in de landbouw kan gebruik voor energie groeien.	Landbouw voor energiedoeleinden is niet mogelijk
<ul style="list-style-type: none">• <i>Teelt op marginale, verlaten of gedegradeerde gronden geeft geen ILUC.</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Teelt op marginale gronden en intensivering van landbouw buiten Nederland is in de praktijk complex en vaak niet gelukt.</i>

Verlaten landbouwgronden

Op wereldniveau is de invloed van de EU op duurzaamheidsaspecten van biomassa beperkt. Binnen de EU zelf is de invloed groter omdat in het gemeenschappelijk landbouw- en energiebeleid duurzaamheidseisen worden geformuleerd, waarbij bovendien wordt gemonitord of lidstaten de afspraken nakomen. Binnen de EU is het vooral interessant om te kijken naar de rol die verlaten landbouwgronden er zouden kunnen spelen. De afgelopen 40 à 50 jaar zijn grote oppervlaktes landbouwgrond in Oost-, Centraal- en Zuid-Europa verlaten⁷¹. Veel van deze gebieden zijn verwilderd en dicht begroeid geraakt met struiken en bomen⁷². Omdat deze gebieden niet vanzelf terugkeren tot bio-diverse ecosystemen die het ooit waren - de daarvoor benodigde soorten zijn er vaak niet meer - is over het algemeen zelfs na lange tijd zowel de biodiversiteitswaarde als de productiviteit betrekkelijk laag (zie (Isbell, Tilman, Reich, & Clark, 2019) en het S2BIOM-project (Panoutsou, 2017)). Biodiversiteitswaarde zit juist in extensief gebruik (begrazing) en afwisseling van bos en open gebieden. Op papier zijn deze gebieden daarom bij uitstek geschikt om - zonder groot verlies van biodiversiteit - herontwikkeld te worden tot landbouwgrond, waarop onder andere ook biomassateelt kan plaatsvinden. Ontsluiting kost echter in de praktijk al snel 20 jaar of meer, soms ook doordat de eigendomsstructuur onduidelijk en ingewikkeld is (zoals bijvoorbeeld in Kroatië). Tot 2040 of misschien zelfs langer leveren dit soort gebieden daarom weinig potentieel voor biomassateelt.

Volgens JRC (2018b) bestaat er in de EU een hoog risico dat in de periode 2015–2030 nog eens meer dan 20 miljoen hectare (of 11% van het landbouwareaal) verlaten zou kunnen worden (zie Figuur 4-13). Hoewel er EU-beleid wordt gevoerd om dit tegen te gaan, schat JRC

⁷¹ De ineenstorting van de Sovjet-Unie in de 80-er jaren leidde tot grote oppervlaktes landbouwgebied die werden verlaten in Oost-Europa o.a. doordat eigendomsrechten slecht geregeld waren. Maar ook in Griekenland, Kroatië (door de oorlog), en zelfs delen van Frankrijk zijn er landbouwgebieden verlaten.

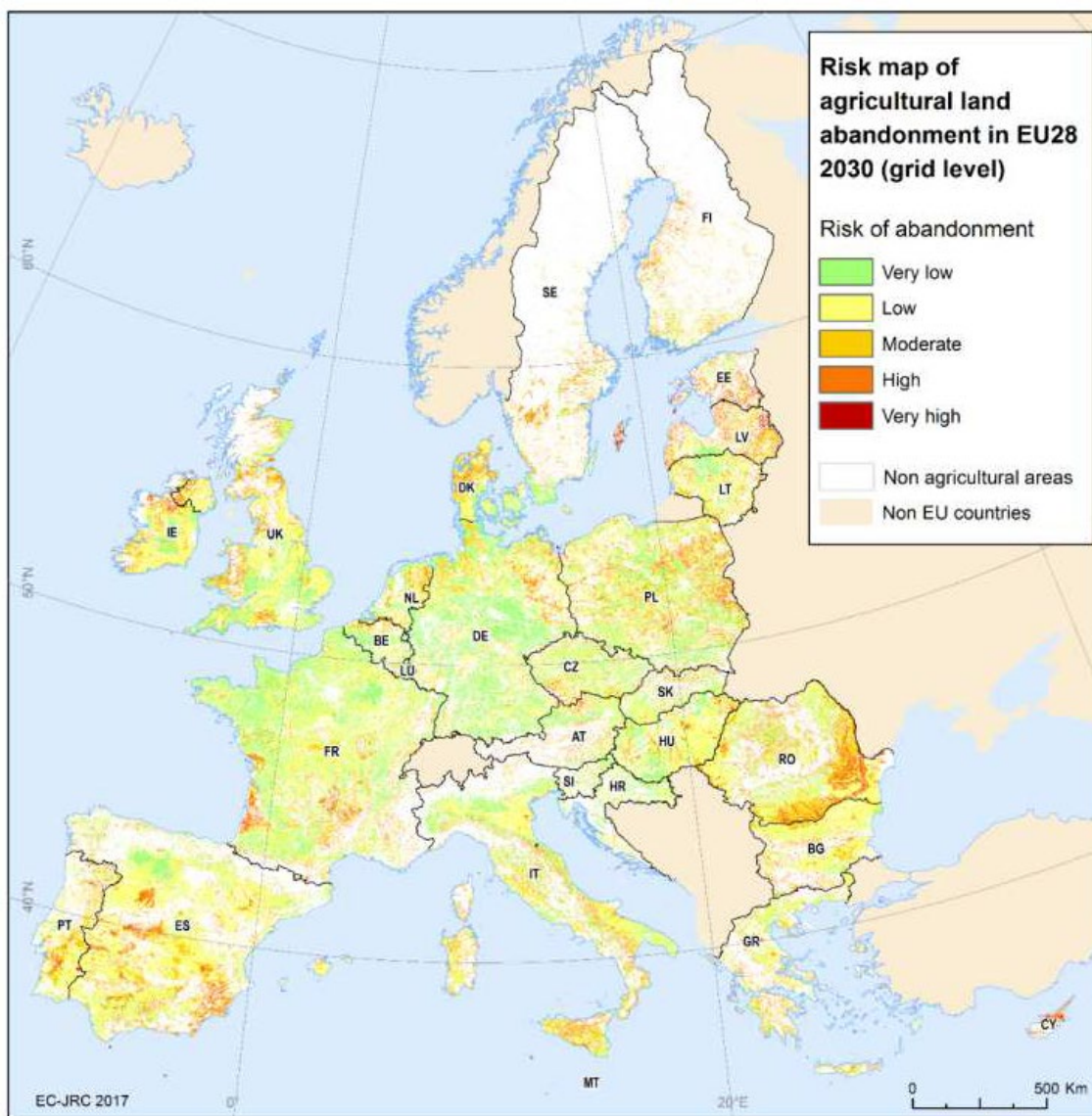
⁷² In Mediterrane gebieden is het volgroeien met struikgewas (Cysteus-achtige vegetatie) op ongebruikte gronden een groot gevaar voor branden en biedt dat soort dichte monotone vegetatie niet veel meerwaarde voor biodiversiteit.

dat het bij ten minste 4,8 miljoen hectare uiteindelijk toch zal gebeuren. Van der Zanden et al. (2017) schatten in dat, afhankelijk van de gehanteerde aannames, in 2040 7 tot 21 miljoen hectare landbouwgrond verlaten zal zijn. Dat heeft verschillende oorzaken. Biofysische factoren (zoals klimaatverandering), zijn dominant in landen als Polen, Spanje, Ierland en Groot-Brittannië en ook in Zuid-Frankrijk en Bulgarije. Economische factoren (inclusief vergrijzing van de boerenbevolking) spelen een rol in veel regio's in Spanje, Noord-Frankrijk, Griekenland, Italië, Oost-Bulgarije, Hongarije en de Baltische staten. En daarnaast spelen factoren als (lage) bevolkingsdichtheid en de mate van afgelegenheid een rol.

Sommige stakeholders brachten in dat het verlaten van landbouwgronden zal leiden tot minder productie binnen de EU en dat die productie buiten de EU gecompenseerd zal moeten worden, mogelijk met ontbossing tot gevolg. Zij stelden dat als Europese boeren de mogelijkheid wordt geboden een beter inkomen te genereren de kans kleiner is dat ze hun grond verlaten.

Van der Zanden et al. (2017) geven aan dat Europees landbouwbeleid een belangrijke rol zou moeten spelen in het behoud van landbouwgronden, maar dat subsidies voor de 'Less Favored Areas (LFAs)' en de subsidies uit de Common Agricultural Policy (CAP) ten behoeve van plattelandsontwikkeling tot op heden niet voldoende zijn geweest om landbouw in dit soort gebieden winstgevend te maken. Sterker nog, door directe betalingen vanuit de CAP wordt landbouwgrond in productie gehouden. Dat geldt bijvoorbeeld in Spanje voor marginale gebieden met een opbrengst van minder dan 1500 kg graan in een driejarige cyclus van 1 jaar graanteelt en 2 tot 3 jaar braakligging waarbij wel wordt geploegd of geëgd. Hierdoor wordt de grond gevoelig voor uitspoeling en erosie en gaat veel bodemkoolstof verloren. Een permanent gebruik met een langjarig gewas zou duurzamer zijn, zeker gezien vanuit het oogpunt van koolstofvastlegging, maar leidt in veel gevallen ook tot instandhouding of verbetering van de biodiversiteit (Ciria, Sanz, Carrasco, & Ciria, 2019). In de 'European Green Deal' (EC, 2019d) wordt daarom ook benadrukt dat er extra fondsen nodig zijn ter ondersteuning van plattelandsgebieden bij het leveren van een bijdrage aan de circulaire bio-economie. De Commissie gaat hiertoe een lange-termijn visie voor het platteland uitwerken.

In deze context is het belangrijk te benoemen dat in het S2BIOM-project voor alle landen van Europa gedetailleerd (op NUTS3-niveau) is uitgezocht wat de mogelijkheden zijn voor duurzame houtige biomassateelt op verlaten of vrijkomende landbouwgronden (Elbersen, 2019; Ramirez-Almeyda et al., 2017). Hierbij zijn gronden met een hoge natuurwaarde (waaronder Natura-2000 gebieden) en gronden met veel koolstof in de bodem uitgesloten.



Figuur 4-13 Risico op het verlaten van landbouwgronden in de EU in de periode 2015-2030. Bron: (JRC, 2018b).

Marginale gronden

In het biomassadebat wordt veelvuldig betoogd dat op mondiale schaal marginale en/of gedegradeerde gronden geschikt zouden kunnen zijn om biomassa te telen⁷³ waardoor concurrentie met voedselproductie wordt geminimaliseerd (zie ook paragraaf 4.8). Volgens Wicke (2011) is het mondiale technisch potentieel 90 EJ per jaar en kan de productie van (meerjarige) bio-energiegewassen op dit soort gronden leiden tot opslag van koolstof in de bodem, verbeterde bodemvruchtbaarheid en verminderde bodemaantasting zoals erosie, dispersie, en uitloging. Ook kunnen bio-energiegewassen - vooral als monoculturen en grote plantages worden vermeden - de hoeveelheid en variabiliteit van de biodiversiteit verhogen en kan de productie bijdragen aan de sociale en economische ontwikkeling van rurale gebieden. Daar staat tegenover dat de moeilijke groeiomstandigheden gedurende een lange tijd veel inspanning kunnen vergen tegen (te?) hoge kosten (Searchinger & Heimlich, 2015). Ook zijn de gronden vaak

⁷³ Door stakeholders werd gewezen op het door Nederlandse ecologen opgerichte 'commonland' project waarin marginale en gedegradeerde gronden worden hersteld ten behoeve van landbouw en biodiversiteit, ook in Nederland. Zie <https://www.commonland.com>.

een belangrijke bron van voedsel en inkomsten voor lokale gemeenschappen, in het bijzonder voor diegene zonder formele landrechten. Daarnaast kunnen deze gronden verschillende functies in het ecosysteem hebben en een biodiversiteitsniveau dat vergelijkbaar is met die van beheerde landschappen. Dergelijke gronden zouden in dat geval moeten worden uitgesloten van biomassateelt.

In de discussie is overigens vaak onduidelijk op basis waarvan gronden als 'marginaal' worden bestempeld; het ontbreekt aan een goede definitie (Kang et al., 2013; Shortall, 2013). In het EU Horizon 2020 project MAGIC wordt daarom gepoogd om op basis van eenduidige criteria marginale gronden in de EU in kaart te brengen. Deze criteria sluiten aan bij de door JRC opgestelde criteria voor het in kaart brengen van 'Areas of Natural Constraints'⁷⁴ (Terres, Hagyo, & Wania, 2014; van Orshoven, Terres, & Toth, 2014). Het MAGIC-project heeft onder andere geleid tot de kaart in Figuur 4-14, waarin voor de EU op basis van een zestal eenduidige criteria de mate van marginaliteit is weergegeven⁷⁵. Bijna een derde (29%) van het landbouwgebied in de EU-28 is marginaal. De meest voorkomende beperking is gerelateerd aan wortelcondities (12% van het totale landbouwgebied), klimaatcondities (11%) en te natte bodems (8%). Onderzocht is welke 'industriële' gewassen⁷⁶ het meest geschikt zijn om op extensieve wijze te telen in de verschillende marginale gebieden (Monti, 2018; Von Cossel et al., 2019). Overigens kunnen niet alle marginale landbouwgronden voor biomassaproductie gebruikt worden. Zo overlapt een derde (34%) met gebieden van hoge biodiversiteitswaarde (High Nature Value farmland, zie tabel 17 in (Elbersen et al., 2018)). Daarnaast, moet nog verder onderzocht worden welk deel van deze marginale gronden ook al verlaten/ongebruikt zijn. Meer specifiek, overeenkomen met de categorieën ongebruikt ('unused'), verlaten ('abandoned') of ernstig gegradeerd ('severely degraded') zoals gedefinieerd in de REDII⁷⁷.

Marginale gronden in Nederland

Van het agrarisch landgebruik in Nederland valt 18% in de klasse 'severe ANC': 10% heeft slechte wortelcondities, 6% overmatige natheid en 2% een lage bodemvruchtbaarheid. Slechte wortelcondities worden veroorzaakt door verschillende factoren die in de verschillende regio's spelen:

- Zeer zware kleigronden - meestal zeeklei – in gebieden in het Noorden en Zuidwesten of meer ruimtelijk verspreid waar zware rivierklei of een kleileemlaag uit de ijstijd ligt.
- Zandige bodems in Oost- en Zuid-Nederland die slecht water en nutriënten vasthouden.
- Veengronden in Friesland, Noord- en Zuid-Holland.

Overmatige natheid heeft in Nederland vooral betrekking op de natte veenweidegebieden in Holland en Friesland. Lage bodemvruchtbaarheid komt vooral voor in de arme zandgronden in Brabant en in Oost Nederland. Echter, op die bodems wordt veel mest uitgereden met veel uitspoeling tot gevolg.

Deze marginale gebieden zijn niet echt geschikt voor biomassateelt. Meestal gaat het om graslanden, gebruikte landbouwgrond en/of gebieden die overlappen met Natura 2000 gebied. In veenweidegebieden is dit meestal redelijk extensief voor Nederlandse begrippen. Op

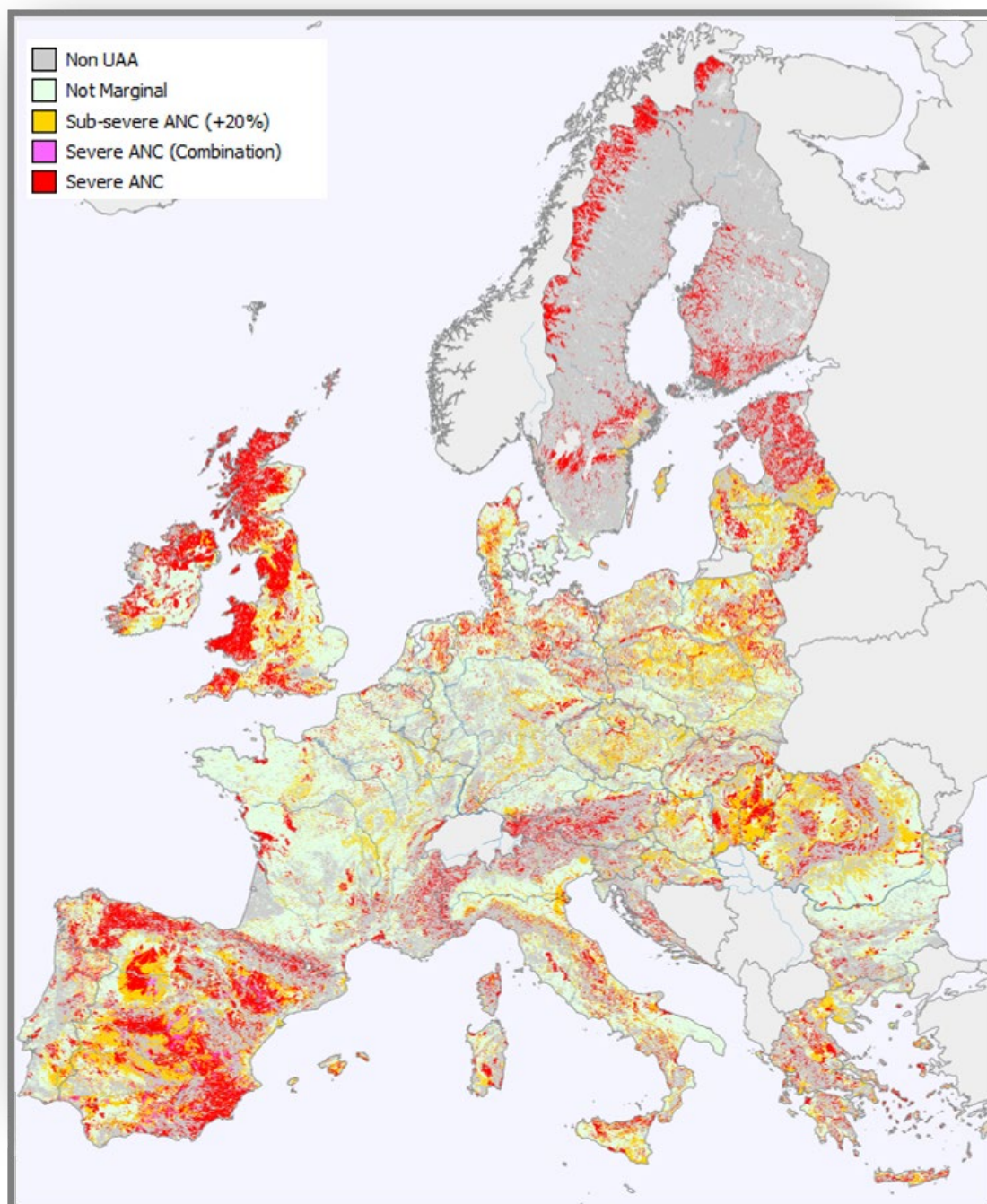
⁷⁴ Area of Natural Constraints (ANC) zoals bedoeld in EU-verordening 1305/2013 tot vaststelling van het gemeenschappelijk landbouwbeleid voor de periode 2014-2020. In deze verordening is een herziening van de afbakening van minder begunstigde gebieden (LFAs+ Less Favoured Areas) vereist, die een kader vereist dat de hele Europese biofysische diversiteit bestrijkt en moet gelden voor landbouwactiviteiten in het algemeen en niet voor specifieke gewassen.

⁷⁵ Klik [hier](#) en [hier](#) voor interactieve versies van de kaart binnen het MAGIC-project.

⁷⁶ 'Industrial crops' zijn gewassen die als grondstof kunnen dienen voor de bio-economie zoals sorghum, kardoen, reuzeriet, hennep, lupine, olifantsgras, populier, wilg, Siberische iep en wilde suikerriet.

⁷⁷ Definities staan in Annex 9 van de REDII: 'unused land' means areas which, for a consecutive period of at least 5 years were neither used for the cultivation of food and feed crops, other energy crops nor any substantial amount of fodder for grazing animals; 'abandoned land' means unused land, which was used in the past for the cultivation of food and feed crops but where the cultivation of food and feed crops was stopped due to biophysical or socioeconomic constraints; 'severely degraded land' means land that, for a significant period of time, has either been significantly salinated or presented significantly low organic matter content and has been severely eroded.

de arme zandgrondgebieden is er een redelijk hoge grasopbrengst door toepassing van veel mest (met grote uitspoeling van nutriënten tot gevolg).



Figuur 4-14 Marginale gronden of 'Areas with Natural Constraints' (ANC) in de EU op basis van een combinatie van zes criteria: 1) zwaar/extreem klimaat, 2) te natte bodem, 3) lage bodemvruchtbaarheid, 4) bodemverontreiniging, 5) slechte wortelcondities, 6) slechte terreincondities. UAA=Utilised Agricultural Area. Overgenomen uit: (Elbersen et al., 2018).

Conclusie

Concluderend zou het zeker op EU-niveau nuttig zijn, mede op basis van objectieve bottom-up informatie zoals deze in projecten (zoals het hierboven beschreven MAGIC) wordt bijeengebracht, te onderzoeken welke bestemmingen marginale, gedegradeerde en verlaten (landbouw)gronden zouden kunnen krijgen, bijvoorbeeld natuurontwikkeling, biomassateelt en/of

extensieve landbouw waarbij de Nederlandse marginale gebieden niet geschikt lijken voor biomassateelt. Biodiversiteit is daarbij een belangrijk aandachtspunt: het is bekend dat er een overlap is van marginale gronden met 'High Nature Value farmland'⁷⁸ en Natura 2000 gebieden van ongeveer 1/3 en dat biomassateelt op de resterende marginale gronden is te combineren met het behoud van biodiversiteit of kan zelfs leiden tot verbetering daarvan, maar daarvoor is het wel nodig dat de biodiversiteitswaarde op regionaal niveau vooraf goed wordt beoordeeld.

Het onbenut laten van marginale, gedegradeerde en verlaten (landbouw)gronden betekent ceteris paribus dat de EU steeds afhankelijker wordt van import van voedsel, veevoer en biomassa, die mogelijk op niet-duurzame wijze buiten de EU worden geproduceerd. Bovendien biedt het weer in gebruik nemen van deze gronden kansen nieuwe inkomsten te genereren in landbouwregio's die op steeds grotere schaal verlaten (dreigen te) worden.

4.8 Indirect Land Use Change (ILUC)

De toenemende productie van biomassa kan leiden tot indirecte landgebruiksveranderingen (Indirect Land Use Change of ILUC) doordat het de productie van voedsel en veevoer kan verdringen. Deze verdringing wordt deels opgevangen door verhoogde opbrengsten en verminderde consumptie, maar in de meeste gevallen is er – in meer of mindere mate – sprake van indirecte landgebruiksverandering (Wicke, Verweij, Van Meijl, Van Vuuren, & Faaij, 2012). Dit kan leiden tot ongewenste effecten voor o.a. klimaat en biodiversiteit indien de uitbreiding van landbouwgrond plaatsvindt op land met een hoge koolstofwaarde, zoals tropische bossen of veengrond⁷⁹.

Landgebruik	
Met best-practices en innovaties in de landbouw kan gebruik voor energie groeien.	Landbouw voor energiedoeleinden is niet mogelijk
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Met beter landbeheer is productiviteitsverbetering mogelijk zonder LUC/ILUC.</i> • <i>Teelt op marginale, verlaten of gedegradeerde gronden geeft geen ILUC.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Emissies door (indirecte) verandering van landgebruik (ILUC) kunnen klimaatwinst tenietdoen.</i>

Maatregelen ter voorkoming van ILUC

Vanuit deze zorg zijn er in de afgelopen 15 jaar veel studies verricht naar ILUC. In een overzichtsstudie in het kader van de ILUC-richtlijn (EC, 2015) voor de Europese Commissie, mede uitgevoerd door het PBL, werd op basis van een groot aantal studies (>1200) geconcludeerd dat ILUC-factoren (ofwel de CO₂-emissies ten gevolge van ILUC) van de beschreven bio-energieketens een zeer grote spreiding laten zien (Woltjer et al., 2017) en Figuur 4-15) en dat er sinds 2012 eigenlijk geen sprake meer is van enige convergentie. Dat komt vooral doordat de intensiteit waarmee maatregelen ter voorkoming van ILUC worden ingezet per geval sterk kan variëren. Volgens Woltjer et al. (2017) zijn de belangrijkste (in volgorde van afnemende effectiviteit):

1. het beschermen van gebieden met hoge koolstofvoorraden en/of hoge biodiversiteitswaarde,
2. het verhogen van landbouwopbrengsten,
3. het produceren van biomassa op verlaten of anderszins ongebruikte en/of marginale (landbouw)gronden (zie paragraaf 4.7), en

⁷⁸ Dit is landbouwgrond met een hoge biodiversiteitswaarde.

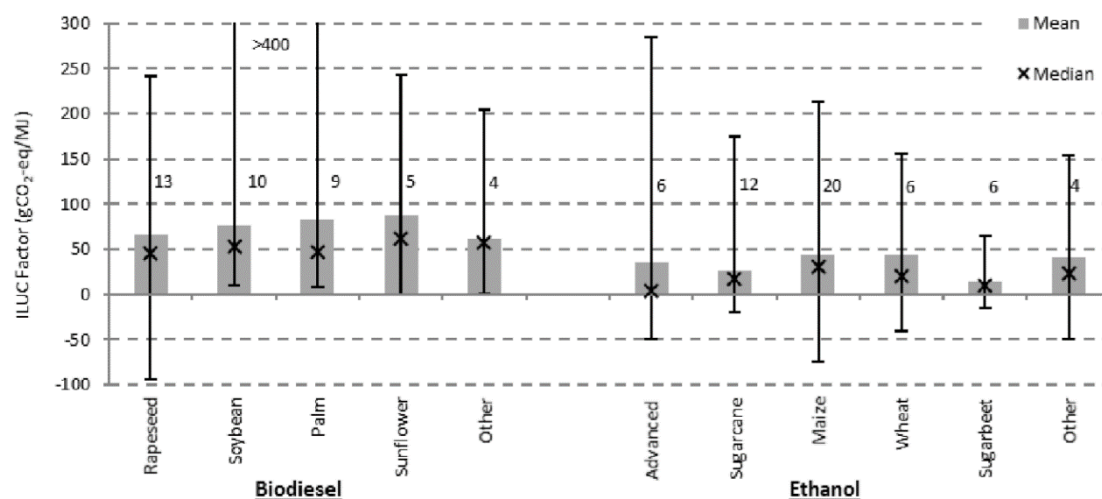
⁷⁹ De ILUC-discussie is gerelateerd aan de meer omvattende voedselveiligheidsdiscussie ('food versus fuel'), zie bijvoorbeeld (FAO, 2014).

4. het prioriteren van het gebruik van bepaalde reststromen uit land- en bosbouw en de voedselverwerkingsindustrie.

Wat betreft het laatste punt, geven (Woltjer et al., 2017) aan dat het gebruik van reststromen positief en negatief kan uitpakken. Bijvoorbeeld bij stro is er een bepaalde fractie die veilig van het land kan worden gehaald, maar daarboven neemt de koolstofschaade juist toe. 'Use Cooking Oil' (UCO) heeft in sommige landen (zoals de VS) op dit moment al een nuttige toepassing, waardoor het gebruik voor biobrandstoffen ertoe kan leiden dat het wordt vervangen door palmolie.

Minimaliseren ILUC-risico's

In het beleid is de focus vooral gericht op het minimaliseren van de ILUC-risico's en methodes om dat risico te bepalen (Brinkman et al., 2015; Peters et al., 2016)). Ook zijn er studies uitgevoerd die zich richten op het meer bottom-up bepalen van het potentieel van biomassa en biobrandstoffen met een laag ILUC-risico in de EU, en in verschillende landen zoals Polen (Gerssen-Gondelach et al., 2016), Roemenië, Hongarije (Brinkman, Wicke, & Faaij, 2017) en Noordoost-Kalimantan (palmolie) (Wicke et al., 2015). Zo concluderen Brinkman et al. (2017) dat Hongarije 22 tot 138 PJ ethanol uit mais kan produceren op het overtollige land. Dit maakt een integrale benadering van de voedsel en biobrandstofproductie noodzakelijk.



Figuur 4-15 ILUC-factoren over een periode van 20 jaar voor biodiesel en ethanol op basis van de literatuur. Grijze balken: gemiddelde. Zwarte kruizen: mediaan. Zwarte lijn: Maximum-Minimum. Het aantal studies is vermeld bij elke grijze balk. Ter vergelijking: de CO₂-uitstoot van fossiele diesel en benzine (incl. productieketen) is 90 g CO₂/MJ. Bron: (Woltjer et al., 2017).

Uitwerking ILUC-richtlijn

In de uitwerking van de eerdergenoemde ILUC-richtlijn heeft de Europese Commissie in het kader van de RED II (zie paragraaf 4.11) een 'delegated act' aangenomen waarin criteria staan voor het bepalen van 'high ILUC-risk' feedstocks en criteria voor het certificeren van 'low ILUC-risk' feedstocks (EC, 2019c). De RED II bevat daarnaast nationale limieten per lidstaat voor de periode 2021-2023 voor deze 'high ILUC-risk' biobrandstoffen. Daarna moeten deze geleidelijk, maar uiterlijk in 2030, worden teruggebracht tot nul. Daarbij wordt er een uitzondering gemaakt voor biomassa waarvoor kan worden aangetoond dat deze een laag ILUC-risico heeft. Vooralsnog geldt 'high-risk' alleen voor palmolie. Dit betekent dat palmolie na 2030 alleen dan gebruikt mag worden als deze als 'low ILUC-risk' is gecertificeerd. Het is nog niet geheel duidelijk of de afzonderlijke landen in de EU al dan niet de mogelijkheid hebben dit alsnog wettelijk te verbieden. Convenanten mogen sowieso wel. In het Nederlandse Klimaatakkoord is over-

eengekomen dat palmolie *niet* ingezet zal worden voor biomassatoepassingen zolang het integrale duurzaamheidskader voor biomassa er nog niet is; ook als er voor die tijd palmolie op de markt zou komen die als 'low ILUC risk' is gecertificeerd. Zie voor meer details: Box II in (Uslu, 2018).

In een EC-project wordt de 'Low ILUC' certificering uit de 'delegated act' vertaald naar praktische implementatie van de belangrijkste criteria, mede op basis van stakeholderbijeenkomsten⁸⁰. In het najaar van 2021 worden de certificeringsschema's bekend gemaakt. In principe moet dat leiden tot feedstocks voor biobrandstoffen en andere toepassingen met een gering ILUC-risico. Die schema's komen er niet alleen voor brandstoffen op basis van palmolie, maar ook op basis van andere gewassen. Een belangrijk discussiepunt gaat over het bewijzen van 'additionaliteit', ofwel de vraag in hoeverre een investering in nieuwe of verbeterde landbouw-systemen of een andere maatregel die leidt tot opbrengstverhoging werkelijk additioneel is en wellicht ook zonder de vraag naar biomassa of biobrandstoffen was gedaan⁸¹. 'Low ILUC' biobrandstoffen zullen echter alleen worden geproduceerd indien daar ook vraag naar komt. Bijvoorbeeld – maar niet uitsluitend – door stimulering via het Europese landbouwbeleid (de CAP). Er is dan wel een integratiestap nodig omdat de CAP nu stuurt op verschillende doelen.

In het stakeholdersproces was is door velen aangegeven dat het wat betreft ILUC het meest logisch is als wordt aangesloten bij het EU-traject. Wel werd daarbij aangegeven dat door een mogelijk sterke ongecontroleerde groei van de vraag naar biomassa in de toekomst het risico op ILUC en verdringingseffecten reëel is en blijft (Searchinger & Heimlich, 2015).

Conclusie

Er is een grote spreiding in CO₂-emissies ten gevolge van ILUC en uit de literatuur blijkt dat er sinds 2012 nauwelijks sprake is van een afname in die spreiding. In het (EU-)beleid, zoals in de uitwerking van de ILUC-richtlijn, is de focus daarom vooral gericht op het minimaliseren van de ILUC-risico's (o.a. door het uitfasen van biobrandstoffen uit grondstoffen met het hoogste ILUC-risico (palmolie) en door op voedselgewassen gebaseerde biobrandstoffen na 2020 nauwelijks te laten toenemen), en op het ontwikkelen van methodes om het ILUC-risico te bepalen. In het stakeholdersproces is door velen aangegeven dat het wat betreft ILUC het meest logisch is als wordt aangesloten bij het EU-traject (beperken van brandstoffen uit gewassen met een matig ILUC-risico en het uitfasen van gewassen met een hoog ILUC-risico). Wel werd daarbij benadrukt dat door een mogelijk sterke groei van de vraag naar biomassa in de toekomst het risico op ILUC en verdringingseffecten reëel is en blijft.

⁸⁰ Zie <http://www.efi.int/projects/rediibio-red-ii-sustainability-criteria>.

⁸¹ De 'delegated act' geeft twee uitzonderingen, waarbij het niet nodig is om additionaliteit te bewijzen. Namelijk als de additionele biomassa op verlaten landbouwgrond of op gedegradeerd land wordt geteeld (zie paragraaf 4.7) of als het door hele kleine smallholders wordt geteeld.

4.9 De vormgeving van het cascaderingsprincipe

Het principe van 'cascadering', ofwel het zo hoogwaardig mogelijk inzetten van biomassa in een circulaire (bio)economie, wordt breed gedragen door alle stakeholders. Maar vervolgens is er discussie tussen stakeholders over de vraag op basis van welk principe gecascadeerd zou moeten worden en of de overheid actief de 'optimale' cascadering zou moeten stimuleren.

Cascadering	
Biomassa is noodzakelijk voor een circulaire bio-economie <ul style="list-style-type: none"> De huidige markt van vraag en aanbod zorgt voor cascadering: hoogwaardige toepassingen krijgen al een veel hogere prijs (maar de in te zetten volumina zijn wel lager). Er zijn grotere volumestromen nodig om de markt voor biobased producten te ontwikkelen. Dat lukt niet meteen strikte top-down interpretatie van cascaderen. Het is goed als biomassa meervoudig wordt verwaard, maar cascaderen moet geen doel op zich worden. 	Landbouw voor energiedoeleinden is niet mogelijk <ul style="list-style-type: none"> Biomassa moet zo efficiënt en duurzaam mogelijk worden gebruikt. Alleen wat er na nuttig gebruik als restmateriaal over is, mag ingezet worden voor energie. De groeiende vraag naar biomassa voor verbranding concurreert met hoogwaardigere toepassingen. Marktprijzen reflecteren onvoldoende de sociale en milieuaspecten. Het beleid moet ervoor zorgen dat de meest hoogwaardige inzet ook financieel het meest aantrekkelijk is.
Beleid	
Het energie- en klimaatbeleid kan de toepassing van biomassa positief beïnvloeden <ul style="list-style-type: none"> De SDE+ is subsidie-middel dat stuurt op kosteneffectiviteit en dus wordt biomassa alleen dan gesubsidieerd als het goedkoper is dan andere opties. De overheid kan sturen waar biomassa voor wordt ingezet in de SDE+. Zo komen er geen nieuwe SDE-beschikkingen voor de meestook. 	Huidige kaders hinderen de hoogwaardige inzet van biomassa in de energie- en grondstoffen-transitie <ul style="list-style-type: none"> Voor beleidsdoelen wordt vooral naar emissies aan de schoorsteen gekeken (scope 1). Daarmee wordt het beperken van embedded koolstof (scope 3) onvoldoende gestimuleerd. De SDE+ stimuleert laagwaardige energetische inzet van biomassa. Stimulering, zoals SDE+, zou meer naar innovaties en hoogwaardigere toepassing moeten.

Criteria voor cascadering

Er zijn verschillende invalshoeken of criteria voor cascadering en hoogwaardigheid benoemd in het stakeholdersproces, zoals de toegevoegde waarde, het volume, de omzet, de verblijftijd in de keten, het (meest kosteneffectieve) CO₂-vermijdingsperspectief, de mate waarin negatieve emissies kunnen worden gerealiseerd, de optimale benutting van de in de biomassa aanwezige koolstofmoleculen, de mate waarin alternatieven beschikbaar zijn voor de betreffende toepassing of de maatschappelijke waarde (hoe belangrijk is de toepassing voor de samenleving?).

Gedeelde interpretaties van cascadering

Ondanks het feit dat er geen eenduidig criterium is voor de schaal waarlangs toepassingen van hoogwaardig naar laagwaardig worden gerangschikt, zijn er toch breed gedeelde interpretaties van het begrip cascadering. Zo is men het er over het algemeen over eens dat de inzet voor materialen, meubels en de bouw ter vervanging van staal en beton⁸² (Churkina et al., 2020) als (meest) hoogwaardig kan worden gezien, (vanwege hoog CO₂-vermijdingsperspectief, hoge maatschappelijke waarde, benutting van de koolstof, lange verblijftijd en mogelijkheden voor recycling en circulariteit), gevolgd door de chemie (van hoogwaardige fijn-chemie met

⁸² Zie www.biobasedbouwen.nl voor een overzicht van de huidige mogelijkheden.

een hoge toegevoegde waarde maar met een klein volume, naar laagwaardige bulk-chemie (met een groot volume) en ten slotte verbranding voor de opwekking van warmte of elektriciteit, waarbij de verbranding voor hogetemperatuurwarmte bij de industrie over het algemeen als hoogwaardiger wordt beschouwd dan verbranding voor lagetemperatuurwarmte voor bijvoorbeeld ruimteverwarming.

Daarnaast wordt breed gedeeld dat toepassing van biobrandstoffen als feedstock voor de chemie (bijvoorbeeld bio-ethanol) hoogwaardiger is dan de toepassing als brandstof voor de transportsector. Binnen de transportsector wordt de toepassing in die sectoren waar (in elk geval op de kortere termijn) geen alternatief is - zoals zwaar transport, zeescheepvaart en de luchtvaartsector⁸³ - dan weer als het meest hoogwaardig beschouwd.

Verschillen in visies op cascadering

Maar, zoals gezegd, zijn er ook veel verschillen in visies op cascadering te benoemen. Zo wordt vanuit het klimaatperspectief de verbranding van biomassa of het produceren van biobrandstoffen voor transport in combinatie met CCS gezien als een 'hoogwaardige' toepassing omdat daarbij negatieve emissies worden gegenereerd. Echter vanuit het perspectief van de 'Hernieuwbare grondstoffen' leidt dit niet tot optimale benutting van koolstof en circulariteit omdat met CCS de koolstof uit het systeem wordt gehaald. Vanuit het ecologisch perspectief, maar ook het 'strikt hernieuwbaar' perspectief wordt het opslaan van koolstof in de bodem - waarbij biomassa als bodemverbeteraar wordt gebruikt - als cruciaal beschouwd. Dit laatste werd op zich breed gedeeld door alle stakeholders, maar in de concrete invulling verschilt men van mening, bijvoorbeeld over de vraag hoeveel reststromen moeten achterblijven na de oogst en of het terugbrengen van koolstof in de vorm van biochar niet een meer persistente vorm is van het opslaan van koolstof in de bodem (zie ook hoofdstuk 2 en de implicaties daarvan voor de biomassabeschikbaarheid in paragraaf 3.3).

Daarnaast zijn er verschillende visies op het traject waarlangs de gewenste eindsituatie van cascadering bereikt zou moeten worden. Namelijk van hoogwaardig naar laagwaardig (top-down) of andersom (bottom-up) of via een benadering vanuit een integraal of cross-sectoraal perspectief.

In de eerste benadering moet biomassa zo hoogwaardig mogelijk worden ingezet en alleen wat er na nuttig gebruik als restmateriaal over is, mag laagwaardiger ingezet worden. De groeiende vraag naar biomassa voor verbranding creëert in die zienswijze een lock-in en concurreert met hoogwaardigere toepassingen. Idealiter wordt pas na volledige benutting het deel van de biomassa waar echt geen andere toepassing voor is verbrand.

De tweede benadering stelt dat de suggestie dat inzetkeuzes van hoogwaardig naar laagwaardig kunnen worden gemaakt niet aansluiten bij de huidige praktijk omdat het ontwikkelingsproces van toepassingen andersom plaatsvindt. In praktijk is er in eerste instantie juist sprake van laagwaardige toepassingen waar grote volumes zijn te halen (elektriciteit en warmte). Daarna, en daarop voortbouwend vindt vervolgens verdere innovatie plaats naar toepassingen hoger in de cascaderinghiërarchie met kleinere volumes (bulkchemie, fijn-chemie, innovatieve materialen in de bouwsector). Dit sluit aan bij het gegeven dat innovatieve technologieën zoals bio-raffinage nog relatief veel tijd nodig hebben (10 jaar of meer) alvorens opgeschaald te kunnen worden. In deze visie beschouwt men het lock-in risico minder groot dan in de top-down benadering omdat men er van uit gaat dat laagwaardige warmte (via warmtepompen) en elektriciteit op termijn door elektriciteit uit windmolens en zonnepanelen afgedekt kan en zal worden.

Ten derde werd een 'integrale' of 'cross-sectorale' benadering benoemd waarbij niet lineair wordt geredeneerd van hoogwaardig naar laagwaardig of andersom, maar waarbij wordt gekeken naar welke biomassa- of biomassastroom het best geschikt is voor welke toepassing.

⁸³ Dit aspect wordt ook nadrukkelijk benoemd in de strategische visie biomassa van Economische Zaken uit 2015 (EZ, 2015).

Deze benadering sluit aan bij een optimale benutting van koolstofmoleculen. Zo moeten grondstoffen voor bio-raffinage of fijn-chemie een hoge en stabiele kwaliteit hebben, terwijl biomassa voor warmte- of elektriciteitsopwekking aan lagere eisen kan voldoen. Zolang die chemische productieprocessen nog niet zijn ontwikkeld kunnen de hoogwaardige grondstoffen (zoals bio-ethanol) worden toegepast in de transportsector.

Er is tevens benoemd dat de integratie met voedsel- en veevoerproductie kansen biedt, bijvoorbeeld door via bio-raffinage eerst de verteerbare bestanddelen uit een gewas te halen (eiwitten, vet, koolhydraten) en de rest te gebruiken als grondstof voor de chemie of voor energie⁸⁴ (Sanders & Langeveld, 2020).

Rol van de markt

Diverse stakeholders hebben benadrukt dat de markt 'vanzelf' zorgt voor cascadering: hoogwaardige toepassingen krijgen immers een (veel) hogere prijs en hebben dus een hoge toegevoegde waarde. Eventuele subsidies of het opleggen van rigide cascaderingsprincipes kunnen in die visie verstorend werken en innovaties belemmeren. Anderen – waaronder de ngo's – benadrukten dat de markt alleen dan goed zou werken als marktprijzen sociale en milieu-aspecten reflecteren, o.a. door het beprijzen van CO₂ of de fossiele koolstofinhoud van producten. Aangezien dat nu in onvoldoende mate het geval is zou het beleid er met financiële instrumenten voor moeten zorgen dat de meest hoogwaardige inzet het meest aantrekkelijk wordt en de meest laagwaardige inzet het minst aantrekkelijk.

Rol van de overheid

Zolang de markt (nog) niet in voldoende mate de sociale en milieu-aspecten reflecteert, kunnen regulerende instrumenten in bepaalde situaties en/of in een bepaalde fase de beste optie zijn.

De transitieagenda 'Biomassa en voedsel' in het kader van het Grondstoffenakkoord om te komen tot een circulaire economie gaat hier ook op in (zie Box 4-4). De overheid wil werk maken van de transitie-agenda waarin ook voorstellen worden gedaan over hoe hoogwaardige inzet van biomassa gestimuleerd zou moeten worden. Daarbij wordt benadrukt dat cascadering weliswaar een belangrijk doel is, maar – zoals ook benadrukt door veel stakeholders – dat dit niet rigide nagestreefd moet worden; het is geen doel op zich.

De agenda stelt dat wanneer hoogwaardige toepassingen (tijdelijk) niet haalbaar zijn, bijvoorbeeld omdat de marktvraag (nog) beperkt is of de conversieroutes nog niet kunnen concurreren met de gangbare routes, minder hoogwaardige toepassingen in bijvoorbeeld transport of energie ter overbrugging een goed alternatief kunnen zijn, ook in het licht van de geldende emissiereductiedoelen in 2030. Daarbij is dan wel van belang dat helder wordt gemaakt welke omvang deze tussenoplossingen mogen krijgen en hoe lang ze mogen duren ten einde lock-ins te voorkomen, en te zorgen dat de gewenste innovatietrajecten worden ingezet. Deze aspecten moeten nog nader worden uitgewerkt (zoals bijvoorbeeld ook benadrukt in de recent gepubliceerde 'Routekaart Cascadering' (RVO et al., 2020)).

De transitieagenda, maar ook de strategische visie op biomassa uit 2015 (EZ, 2015) en de uitgangspunten van cascadering zoals benoemd door de Europese Commissie (EC, 2019b), sluiten daarmee dus meer aan bij de tweede (bottom-up) en de derde (cross-sectoraal) benadering, dan bij de eerste (top-down). Door veel stakeholders werd echter benoemd dat het huidige beleid, waaronder de SDE+ die primair stuurt op kosteneffectiviteit, er tot op heden vooral toe leidt dat laagwaardige toepassingen worden bevoordeeld boven hoogwaardige toepassingen, en er te weinig aandacht en budget is voor het opschalen van pilots naar een grootschalige productie van specifieke koolwaterstoffen uit (vooral droge) biomassa. Een aandachtspunt dat hierbij is benoemd is dat het beleid ook op gerecyclede of circulaire moleculen

⁸⁴ Volgens o.a. (Kasper et al., 2015) zou bioraffinage van bijna alle grondstoffen die nu als veevoer worden gebruikt of doorgevoerd naar Duitsland, 10 tot 15 Mton biomassa vrij kunnen spelen voor andere doeleinden.

van toepassing zou moeten zijn, *onafhankelijk* van de herkomst (fossiel of biogeen) maar wel rekening houdend met het gegeven dat recycling veel energie kan vergen.

Box 4-4 De transitieagenda 'Biomassa en voedsel'.

De transitieagenda presenteert een strategie voor het optimaal benutten van biomassa waarbij alle grondstoffen en (half-)producten zo lang en zo hoogwaardig mogelijk in de kringloop blijven (I&W, 2018). Er wordt benadrukt dat het investeringsklimaat voor de biobased industrie moet worden versterkt en dat (langdurige) koolstofvastlegging in bodem en producten moet worden gehonoreerd. Beleidsinterventies die in de agenda worden benoemd zijn:

- Overheden en bedrijven moeten ketenafspraken maken waarin ze zich committeren om in 2030 en 2050 oplopende percentages fossiele grondstoffen te hebben vervangen door biobased grondstoffen in kunststoffen en bouwmaterialen⁸⁵. Voor kunststoffen voor de Nederlandse markt is het doel 15% vervanging van fossiele door biobased grondstoffen in 2030, en 30% vervanging in 2050. Dit geldt ook voor geïmporteerde kunststoffen. Voor bouwmaterialen is het doel dat het gebruik van biobased bouwmaterialen in 2030 is verdubbeld en in 2050 verdrievoudigd.
- Het waarborgen van een 'level playing field' voor alle toepassingen. Beleidsinterventies die meer laagwaardige toepassingen bevorderen boven meer hoogwaardige toepassingen moeten worden afgebouwd. Of de meer hoogwaardige toepassingen worden op vergelijkbare wijze gestimuleerd.
- Daar waar de gewenste hoogwaardige toepassingen niet economisch haalbaar zijn, omdat de milieukosten niet in de prijzen van de niet-circulaire alternatieven zijn verwerkt, worden specifieke beleidsinterventies ingezet. Er zouden bijvoorbeeld langjarige bodemcontracten kunnen worden afgesloten met boeren voor het op lange termijn vruchtbaar houden van de bodem⁸⁶.
- Belangrijk voor (nieuwe) biomassatoepassingen is dát de markt betreden wordt en niet in de eerste plaats op welk niveau van de waardepiramide deze marktintroductie plaatsvindt. Na het eenmaal betreden van de markt, kan vanuit lagere regionen van de piramide als gevolg van markt-acceptatie opgeklommen worden naar meer hoogwaardiger toepassingen. Er moet wel voor gewaakt worden dat er geen lock-in optreedt van minder hoogwaardige toepassingen.

Conclusie

Hoewel het principe van 'cascadering' breed wordt gedragen door alle stakeholders, en er ook enige overeenstemming is over welke toepassingen als hoogwaardig dan wel laagwaardig kunnen worden beschouwd, is er nog veel discussie over de wijze waarop cascadering ingevuld zou moeten of kunnen worden. Verschillende invalshoeken of criteria leiden tot een andere voorkeurstoepassing van bepaalde stromen van biomassa, waarbij er tevens verschillende visies zijn op het traject waarlangs de gewenste situatie bereikt zou moeten worden: van hoogwaardig naar laagwaardig ofwel top-down (laagwaardigere toepassingen 'mogen' alleen indien de biomassa eerst hoogwaardiger is benut), van laagwaardig naar hoogwaardig ofwel bottom-up (laagwaardige toepassingen hebben grote volumes en van daaruit vindt innovatie plaats naar toepassingen hoger in de cascaderingshierarchy), of integraal/cross-sectoraal (welke biomassa- of biomassastroom het best geschikt is voor welke toepassing),

⁸⁵ Door sommige experts werd benadrukt dat deze percentages mede afhankelijk zouden moeten zijn van de oogst zodat ongewenste prijsfluctuaties worden gedompt. Dit is naar het voorbeeld van het systeem in Brazilië waar suikerriet afhankelijk van de oogst en de prijzen wordt ingezet voor ethanol dan wel de suikerproductie.

⁸⁶ In Oostenrijk worden boeren betaald voor het verhogen van bio-organische stoffen (BOS) in de bodem, vooral door meerjarige gewassen, groenbemesters en andere teeltmethodes.

waarbij ook gekeken kan worden naar integratie met de voedsel- en veevoerproductie op basis van bio-raffinage.

De markt stimuleert tot op zekere hoogte hoogwaardige toepassingen (namelijk als die een hoge prijs hebben), maar veel stakeholders geven aan dat sociale en milieueffecten nu nog niet in de prijs tot uitdrukking komen en pleiten bijvoorbeeld voor een heffing op CO₂ of koolstofinhoud ('embedded' koolstof). In de transitieagenda 'biomassa en voedsel', die de overheid zegt te willen volgen, wordt een aanzet voor een richting gegeven ten aanzien van het te hanteren cascaderingsprincipe en de gewenste beleidsinterventies (zoals het gebruik van een oplopend percentage biobased grondstoffen⁸⁷), maar er wordt door de stakeholders geconstateerd dat het huidige beleid, zoals de SDE+, hier onvoldoende bij aansluit. Aangezien de posities van de stakeholders niet volledig verenigbaar zijn, is het van belang dat de overheid uiteindelijk de afweging maakt en kiest voor een helder cascaderingsprincipe, dit actief communiceert en vervolgens haar beleid daarop afstemt (zie ook de 'Routekaart Cascadering' (RVO et al., 2020) en de 'Routekaart Nationale Biograndstoffen' (Corbey & Asselt, 2020)).

4.10 Luchtkwaliteit en gezondheidseffecten

Hoewel dit onderwerp feitelijk geen onderdeel was van de vraagstelling, is het effect van biomassaverbranding op de luchtkwaliteit en de daaraan gekoppelde gezondheidseffecten een grote zorg in het maatschappelijk en politieke debat en regelmatig in dit project aan de orde geweest.

Lucht	
Biomassa geeft weinig verslechtering van luchtkwaliteit	Biomassaverbranding geeft luchtverontreiniging
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Moderne biomassacentrales voor warmte of elektriciteit hebben goede rookgasreiniging en geven nauwelijks verhoging van fijnstofconcentraties.</i> • <i>Fijnstof uit moderne biomassacentrales bestaat vooral uit zouten en is nauwelijks toxisch.</i> • <i>Stikstofemissies door moderne biomassacentrales zijn relatief (zeer) klein.</i> • <i>De uitstoot blijft binnen de wettelijke normen, die bovendien steeds strenger worden.</i> • <i>Niet gereguleerde particuliere openhaarden en oude kachels hebben een veel grotere impact op luchtkwaliteit dan moderne (grootschalige) biomassa-installaties.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Het toenemende aantal biomassa-verbrandingsinstallaties verergert luchtvervuiling.</i> • <i>Biomassaverbranding leidt tot hogere NO_x-emissies, terwijl die verminderd moeten worden.</i> • <i>Er is geen veilige drempelwaarde voor fijnstof, dat betekent dat elke toename in de fijnstofconcentratie leidt tot nadelige effecten op de gezondheid.</i> • <i>Biomassacentrales doen de winst van maatregelen op andere terreinen teniet.</i> • <i>De gezondheidseffecten van grootschalige verbranden van biomassa zijn (nog) niet bekend.</i>

Uitstoot en gezondheidseffecten haarden, kachels en ketels tot 5 MW

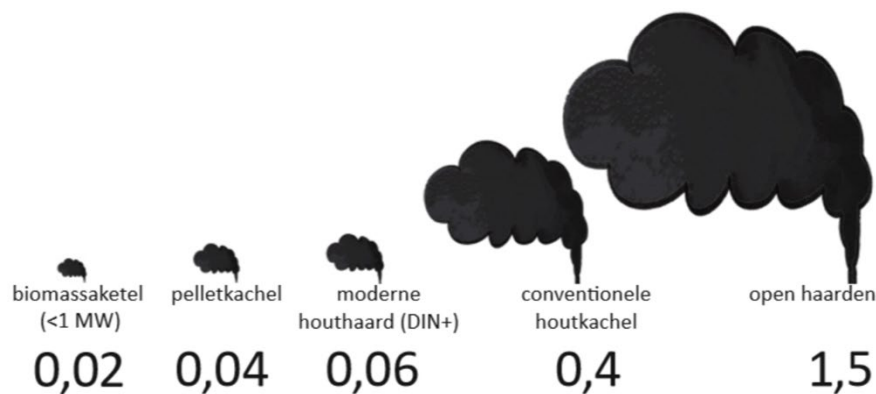
Door Koppejan (2018) wordt een overzicht gegeven van de uitstoot en de gezondheidseffecten rondom de stook van biomassa voor warmteopwekking in de gebouwde omgeving door particuliere open haarden en kachels en bedrijfsmatige toepassingen tot een vermogen van 5 MW. Het rapport komt tot een aantal belangrijke conclusies:

- Er zijn grote verschillen in energetisch rendement, uitstoot en gezondheidseffecten tussen de verschillende typen kachels en ketels die anno 2018 in Nederland in gebruik zijn. Open

⁸⁷ Door sommige experts werd benadrukt dat deze percentages mede afhankelijk zouden moeten zijn van de oogst zodat ongewenste prijsfluctuaties worden gedempt. Dit is naar het voorbeeld van het systeem in Brazilië waar suikerriet afhankelijk van de oogst en de prijzen wordt ingezet voor ethanol dan wel de suikerproductie.

haarden, oudere kachels en oudere ketels laten een aanzienlijk hogere uitstoot zien dan nieuwere kachels en ketels (zie Figuur 4-16) en dus kan door vervanging een aanzienlijke verbetering in uitstoot en rendement worden bereikt.

- Alle vrijstaande kachels, inzethaarden en open haarden verstookten samen in 2018 75% (19,4 PJ) van de biomassa die in eerdergenoemde installaties tot 5MW wordt verstookt, waarmee 69% van de totale effectieve warmte uit die biomassa werd geleverd, maar waren daarmee verantwoordelijk voor 94% van de fijnstofuitstoot, en meer dan 99% van de VOS, PAK en dioxine-uitstoot.
- De landelijke bijdrage van particuliere houtstook aan de landelijke $PM_{2,5}$ uitstoot bedraagt ruim 11%. Door fysische en chemische reacties van koolwaterstoffen die in de schoorsteen nog als damp of gas worden uitgestoten kan de feitelijke bijdrage van houtstook aan de $PM_{2,5}$ concentratie in de omgeving zelfs substantieel hoger uitvallen.
- De toxiciteit van het uitgestoten stof kan sterk uiteenlopen. Het fijnstof uit een oudere houtkachel bestaat uit roet en teren die een sterke reactie op celweefsel uitlokken. Het fijnstof uit een goed brandende pelletkachel of een volautomatische ketel bestaat vooral uit zouten, waarop celweefsel veel minder sterk reageert.



Figuur 4-16 De uitstoot van fijnstof ($PM_{2,5}$) door verschillende stooktechnieken in 1000 ton per opgewekte PJ aan warmte. Een open haard stoot per PJ 75 keer meer fijnstof uit dan een moderne biomassaketel. Bron: (Koppejan, 2018), visualisatie door de NVDE.

Effect modern ketels, kachels en haarden op luchtkwaliteit

Kort gezegd komt het erop neer dat het effect van *moderne* biomassaketels, pelletkachels en moderne houthaarden (DIN+) op de luchtkwaliteit in vergelijking met oudere conventionele houtkachels en open haarden zeer gering is. Daar komt bij dat in het kader van het Klimaatakkoord is afgesproken dat de luchtkwaliteitsemissienormen vanaf 2022 met name voor NO_x en fijnstof verder worden aangescherpt. Hiervoor is binnen de sector ook draagvlak.

Effect grotere installaties op luchtkwaliteit

De discussie is ook gericht op grotere installaties zoals de beoogde 120 MW warmtecentrale op houtpellets in Diemen van Vattenfall. Die centrale zal volgens Hallmann (2018) leiden tot een geringe verslechtering van de luchtkwaliteit: het effect op de jaargemiddelde PM_{10} -concentratie in de omgeving van de centrale zal nihil zijn ($+0,01 \mu g/m^3$) en de NO_2 -concentratie zal toenemen met 2,3%.

Op EU-schaal heeft de Europese ngo 'Fern' in een kritisch rapport berekend dat de 27 reeds bestaande elektriciteitscentrales in de EU die biomassa verbranden verantwoordelijk zijn voor 1.300 doden per jaar en 20 duizend gevallen van bronchitis (Holland, 2018). Afhankelijk van de mate waarin biomassa als duurzame energiebron wordt ingezet zal realisatie van de doelen voor 2030 uit de REDII leiden tot nog eens 435 tot 1.100 extra doden en 7 tot 9 duizend extra gevallen van bronchitis. Dat moet wel worden afgezet tegen de 40.000 doden en 130.000

gevallen van bronchitis door *particuliere* biomassaverbranding zoals vermeld in hetzelfde rapport.

Biomassaverbranding leidt tot verslechtering luchtkwaliteit

Niettemin zijn de zorgen van omwonenden begrijpelijk. Het is een feit dat ook de modernste ketels, warmte- en elektriciteitscentrales gestookt op biomassa meer uitstoot genereren dan gasgestookte installaties (Royal Haskoning DHV, 2020b) en dus een negatief effect hebben op de luchtkwaliteit (ook al is dat in sommige gevallen verwaarloosbaar), zeker als het er steeds meer zouden worden (zie Box 4-5). Als kolen worden vervangen door biomassa kan dat volgens sommige berichten leiden tot verslechtering van de luchtkwaliteit voor stoffen als koolmonoxide, benzeen, toluen en formaldehyde⁸⁸, hoewel onduidelijk is onder welke omstandigheden dat plaatsvindt en deze stoffen ook nooit zijn gemeten bij de Nederlandse centrales. Ook zijn er zorgen dat – vooral kleinere – installaties niet voldoen aan de emissie-eisen, of dat ze de strengere eisen voor ketels groter dan 5 MW ontlopen door de verschillende ketels in 1 installatie apart te beschouwen zodat die elk onder de grens van 5 MW blijven⁸⁹.

Los van de vraag of dit soort signalen feitelijk juist zijn, moeten ze serieus worden genomen en moet er maximale transparantie worden gegeven. Tevens zou het goed zijn als een onafhankelijke partij hier nader onderzoek naar zou doen (en dan vooral naar het reële effect van kleinere ketels bij bedrijven en in de gebouwde omgeving). Het RIVM is hiervoor benaderd door een aantal ministeries, maar tot op het moment van schrijven van dit rapport is dit onderzoek niet gestart.

Box 4-5 Directe biomassaverbranding volgens de KEV en in de SDE+

In 2020 is de verwachting volgens de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) dat de directe verbranding van biomassa door meestook en in bio-ketels bij bedrijven zal optellen tot ruim 56 PJ (PBL, 2019b). Aangezien de subsidie op de meestook na het aflopen van de subsidieperiode van 12 jaar niet voortgezet zal worden, is de verwachting dat dit uiterlijk in 2030 is gestopt. De biomassaketels (gesubsidieerd door de SDE+) zullen onder vastgesteld beleid – nog zonder inachtneming van het Klimaatakkoord – verder groeien van de huidige 26 PJ in 2019 naar ruim 48 PJ in 2030. Binnen de SDE+ waren er eind januari 2020 ruim 300 projecten in beheer, waarvan ongeveer 200 gerealiseerd⁹⁰. Deze projecten tellen op tot ruim 3400 MW en een jaarproductie van 55 PJ waarmee over een periode van 12 jaar een subsidiebedrag van maximaal 8,3 miljard Euro is gemoeid. Dit is inclusief 25 PJ per jaar door de meestook in kolencentrales. Omdat de SDE+ de onrendabele top subsidieert, wordt het maximale subsidiebedrag alleen dan gehaald indien de elektriciteits- of warmteprijs lager is dan de minimale prijs waarmee is gerekend in de subsidietoekenning. In de praktijk wordt 60 tot 80% van het maximale bedrag ook werkelijk uitgekeerd.

Conclusie

Het effect van moderne biomassaketels, pelletkachels en moderne houthaarden (DIN+) tot 5 MW op de luchtkwaliteit is gering in vergelijking met oudere conventionele houtkachels en open haarden. Bovendien is de toxiciteit van het fijnstof uit een goed brandende ketel of pelletkachel veel kleiner dan die van fijnstof uit een oudere houtkachel. Door vervanging van oudere kachels en haarden door moderne kan een aanzienlijke vermindering in de uitstoot (en verbetering van het rendement) worden bereikt.

⁸⁸ Zie bijvoorbeeld <https://www.pfpi.net/air-pollution-2>

⁸⁹ Dit speelt bijvoorbeeld in Ede, zie <https://www.gelderlander.nl/ede/biomassacentrales-ede-stoten-fors-meer-fijnstof-uit-dan-toegestaan~a94b53f8/>

⁹⁰ Zie <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/stimulering-duurzame-energieproductie-sde/feiten-en-cijfers/feiten-en-cijfers-sde-algemeen> voor het meest recente overzicht.

Hoewel ook grotere moderne installaties - mits ze voldoen aan de emissie-eisen - tot een geringe verslechtering van de luchtkwaliteit leiden, genereren ze meer uitstoot dan een vergelijkbare gasgestookte installatie. Zeker als het aantal biomassa-installaties verder toeneemt zou er een negatief effect kunnen zijn op de luchtkwaliteit. Zoals aangekondigd in het Klimaatakkoord worden emissienormen voor kleinere ketels vanaf 2022 aangescherpt, waarvoor ook draagvlak is in de sector. Daarnaast is het van belang dat zorgen en signalen ten aanzien van overschrijding van emissie-eisen serieus worden genomen en maximale transparantie wordt betracht. Tevens zou het goed zijn als een onafhankelijke partij zoals het RIVM hier nader onderzoek naar zou doen en dan vooral naar het reële effect van kleinere ketels bij bedrijven en in de gebouwde omgeving.

4.11 Wetgeving en certificering

Wetgeving en de daaraan gekoppelde certificeringsschema's zijn belangrijke middelen om de duurzaamheid van biomassa en het gebruik daarvan in positieve zin te beïnvloeden. Tegelijkertijd is er bij sommigen veel weerstand en wantrouwen omdat regelgeving volgens hen nooit volledige duurzaamheid kan garanderen, en er altijd sprake zal zijn van een kans op fraude.

Certificering	
Er worden strenge duurzaamheidsprincipes en criteria gehanteerd	Certificering is een papieren werkelijkheid
<ul style="list-style-type: none"> Een groot deel van de biomassa voor niet-voedseltoepassingen voldoet aan strenge eisen en wordt streng gecontroleerd. Duurzaamheidseisen voor biomassa zijn goed maar zouden ook voor voedsel, veevoer en textiel moeten gelden. Criteria die volledige duurzaamheid garanderen worden onuitvoerbaar in de praktijk 	<ul style="list-style-type: none"> Certificering is complex en fraudegevoelig en is erg moeilijk te handhaven buiten de EU. De toenemende vraag naar biomassa leidt tot perverse prikkels en lokt fraude uit.
Beleid	
Het energie- en klimaatbeleid kan de toepassing van biomassa positief beïnvloeden	Huidige kaders hinderen de hoogwaardige inzet van biomassa in de energie- en grondstoffen-transitie.
<ul style="list-style-type: none"> EU-wetgeving (o.a. REDII) geeft veel zekerheden voor duurzame herkomst en toepassing. 	

Certificering

Certificering van duurzame biomassa is in dit rapport aan de orde gekomen in relatie tot de thema's biodiversiteit (paragraaf 4.1), koolstofschuld (paragraaf 4.3), duurzaam bosbeheer (paragraaf 4.5), de houtpelletproductie (paragraaf 4.6) en ILUC (paragraaf 4.8). In de in hoofdstuk 1 genoemde parallel uitgevoerde studie door Royal Haskoning BV wordt ingegaan op de inhoud en effectiviteit van de vele certificeringsschema's die er bestaan waarbij ook de hierboven benoemde argumenten, en wat dat betekent voor een eventueel duurzaamheidskader in Nederland, uitgebreid aan de orde komen (Royal Haskoning DHV, 2020a). Daarin wordt onder andere geconcludeerd dat:

- bestaande certificeringssystemen reeds een brede set aan criteria afdekken;

- de (soms) papieren werkelijkheid vraagt om een goede kwaliteitsborging en monitoring op de markt en vraagt om inzet op handhaving om wantoestanden zo snel mogelijk te ontdekken en te stoppen Dit is echter niet altijd even realistisch is, zeker niet als het productie in andere landen betreft (met name buiten de EU);
- duurzaamheidseisen voor niet-energietoepassingen complexer zijn dan bij energietoepassingen, omdat er minder eenvoudig een vergelijking kan worden gemaakt met alternatieven;
- de integratie met (duurzaamheids)criteria voor voedsel wenselijk maar zeer uitdagend is.

EU-wetgeving

De EU-wetgeving en de uitwerking daarvan in de verschillende lidstaten zijn leidend voor de wijze waarop duurzaamheid van biomassa wordt gegarandeerd. In het stakeholdersproces is aangegeven dat de EU-wetgeving en bestaande handelsverdragen belemmeringen kunnen opwerpen voor de mate waarin aanvullende criteria en wetgeving op nationaal niveau zijn toegestaan, maar het is niet geheel duidelijk wat wel en niet mag (convenanten mogen sowieso wel). De belangrijkste regelgeving op Europees niveau wordt gevormd door de Europese Renewable Energy Directive (RED) uit 2009 (EC, 2009) en de Fuel Quality Directive (FQD) (EC, 2015) en de opvolger van de RED, de RED II (EC, 2018a), die uiterlijk op 1 juli 2021 in de lidstaten moet zijn geëffectueerd.

De RED en de FQD

De RED uit 2009 bevat lidstaatspecifieke taakstellingen voor 2020 voor het aandeel hernieuwbaar in het finale energieverbruik (voor Nederland 14%). Daarnaast is er voor elke lidstaat een algemene transportdoelstelling van 10% hernieuwbare energie. De nationale doelstelling wordt in Nederland sinds 2012 vooral via de SDE+ gestimuleerd. De transportdoelstelling wordt bereikt door een bijmengverplichting aan brandstofleveranciers op te leggen. Daarbij wordt gewerkt met aantal multipliers⁹¹ om hernieuwbare brandstoffen die niet uit voedsel- of voedergewassen zijn geproduceerd extra te stimuleren. Daarnaast is er vanuit de Fuel Quality Directive (FQD) een verplichting voor brandstofleveranciers om in 2020 ten opzichte van 2010 een reductie met 6% van de gemiddelde CO₂-intensiteit van hun brandstoffen (tijdens productie en gebruik) te realiseren. Dit kan door het gebruik van biobrandstoffen, maar ook door alternatieve brandstoffen (elektriciteit en waterstof) en de vermindering van het affakkelen en ontlichten in olieproductie-installaties.

In de RED moeten vloeibare biobrandstoffen, ook als ze gebruikt worden voor warmte of elektriciteit, aan duurzaamheidseisen voldoen. Alleen dan tellen ze mee voor de taakstelling en mogen ze in aanmerking komen voor financiële steun. Ten eerste moet de reductie van broeikasgasemissies, gemeten over de gehele keten van productie van grondstof tot eindgebruik en ten opzichte van fossiele brandstoffen, tenminste 35% zijn. Met ingang van 1 januari 2017 is de eis aangescherpt tot minimaal 50% en vanaf 1 januari 2018 werd dit minstens 60% voor installaties die op of na 1 januari 2017 operationeel zijn geworden.

Daarnaast mag de gebruikte biomassa niet afkomstig zijn van land met een hoge biodiversiteitswaarde zoals oerbos, beschermde natuurgebieden en graslanden met een grote biodiversiteit. Ook mag de biomassa niet geproduceerd zijn op land met hoge koolstofvoorraden, zoals waterrijke gebieden en permanent beboste gebieden. Dit geldt ook voor veengebied, tenzij aangetoond wordt dat de biomassaproductie niet leidt tot ontwatering van voorheen niet-ontwaterde bodem. Voor bovenstaande is de status van gronden in januari 2008 bepalend. De RED was steeds in ontwikkeling; zo heeft de Europese Commissie in 2013 de definitie voor graslanden met een hoge biodiversiteitswaarde nader aangescherpt.

⁹¹ Dat wil zeggen dat dergelijke biobrandstoffen zwaarder meetellen in de doelstelling dan op basis van hun energie-inhoud het geval zou zijn. Biobrandstoffen op basis van afval, reststromen, non-food cellulose materiaal en ligno-cellulose tellen dubbel mee voor de nationale doelstelling en/of de verplichting voor biobrandstoffen, en de (hernieuwbare) energie die wordt verbruikt door elektrische voertuigen telt daarin 2,5 maal mee.

Elke lidstaat moet om de twee jaar verslag doen bij de Commissie over de voortgang in het bevorderen en het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen. Daarnaast moet worden gerapporteerd over het herstel van verarmde gronden, sociale aspecten, voedselprijzen en landgebruiksrechten. Indirecte effecten of verdringingseffecten die kunnen optreden als gevolg van het gebruik van biobrandstoffen worden eveneens behandeld in de RED. De Europese Commissie brengt elke twee jaar een rapportage uit over deze aspecten (EC, 2019a).

Ook geeft de RED de EC de bevoegdheid om (inter)nationale certificeringsschema te erkennen die marktdeelnemers kunnen gebruiken om aan te tonen dat ze voldoen aan de duurzaamheids- en broeikasgasemissiereductiecriteria uit de richtlijn. Er zijn inmiddels meer dan 10 vrijwillige schema's. De Commissie erkent alleen schema's die voldoen aan adequate standaarden voor betrouwbaarheid, transparantie en onafhankelijke auditing.

De REDII

De opvolger van de RED is de REDII en bevat voor 2030 een hernieuwbare-energiedoelstelling van 32% in het bruto finale energiegebruik voor de EU als geheel en daarnaast voor de transportsector een doelstelling van 14% waaraan alle lidstaten afzonderlijk moeten voldoen. Wat betreft duurzaamheidscriteria is de REDII ook van toepassing op vaste biomassa en biogas voor warmte en elektriciteit. De emissiereductie moet, afhankelijk van de soort biomassa, de toepassing en de leeftijd van de installatie, ten minste 50% tot 80% zijn (zie paragraaf 4.3, Box 4-2 voor een discussie over hoe die berekend worden). Bij de duurzaamheidscriteria (zie bijvoorbeeld (Uslu, 2018) voor een helder overzicht) wordt onderscheid gemaakt tussen biomassa/biobrandstoffen die worden geproduceerd uit:

- Residuen en afvalstoffen die *niet* afkomstig zijn uit landbouw, aquacultuur, visserij of bosbouw. Deze categorie hoeft alleen te voldoen aan de broeikasgasemissiereductiecriteria.
- Residuen die van landbouwgrond (en niet uit bosbouw) afkomstig zijn. Voor deze categorie moeten de exploitanten of nationale autoriteiten toezicht- of beheersplannen hebben om de effecten op de bodemkwaliteit en de koolstof in de bodem aan te pakken.
- Agrarische biomassa mag niet geproduceerd worden uit grondstoffen verkregen van land met een hoge biodiversiteitswaarde en/of hoge koolstofvoorraden. De REDII geeft een uitgebreide opsomming van landsoorten die als zodanig worden aangemerkt. Het kan gaan om natuurlijk bos, graslanden en permanent beboste, natuurbeschermde of waterrijke (veen)gebieden. Voorwaarde is dat de gebieden in of na januari 2008 een van de vermelde statussen heeft gekregen.
- Voor biomassa uit bossen moeten wetgeving (nationaal of sub-nationaal) of beheerssystemen van kracht zijn die ervoor zorgen dat de oogstactiviteiten wettig of rechtmatig zijn, de gebieden waaruit geoogst is worden herbebost, de bodemkwaliteit en biodiversiteit in stand worden gehouden en de productiecapaciteit op de langere termijn behouden blijft of vergroot wordt. Gebieden waarvoor natuurbeschermingsdoelen gelden (waaronder ook waterrijke en veengebieden) worden beschermd, tenzij wordt aangetoond dat de oogst geen nadelige invloed op de natuurbeschermingsdoelen heeft. Het land van herkomst moet een partij zijn in het Parijsakkoord en hetzij een NDC hebben geleverd waarin emissies en verwijderingen van landbouw, bosbouw en landgebruik worden meegeteld, hetzij (sub)nationale wetgeving hebben die gericht is op instandhouding en versterking van de koolstofvoorraden en -putten.

Deze criteria gelden *ongeacht* de geografische herkomst. In artikel 25 wordt voor biobrandstoffen voor de transportsector een aantal restricties benoemd:

- De bijdrage van geavanceerde biobrandstoffen en -gassen die worden geproduceerd uit een aantal gespecificeerde grondstoffen⁹² bedraagt in 2030 ten minste 3,5 % van het finale energiegebruik van de transportsector.
- Het aandeel van biobrandstoffen die gemaakt zijn uit gebruikte bak- en braadolie en dierlijke vetten (Used Cooking Oil of UCO) bedraagt maximaal 1,7% van de energie-inhoud van de transportbrandstoffen⁹³. Ook deze biobrandstoffen tellen dubbel.
- De bijdrage van aan de lucht- en scheepvaartsector geleverde brandstoffen wordt geacht 1,2 maal hun energie-inhoud te zijn. Dit geldt niet voor uit voedsel- en voedergewassen geproduceerde brandstoffen.

Ten aanzien van voedsel- en voedergewassen gelden daarnaast de volgende restricties:

- Het aandeel van uit voedsel- en voedergewassen geproduceerde biomassa in het totale eindverbruik van een lidstaat én in de transportsector van een lidstaat mag hoogstens 1 procentpunt hoger zijn dan dat aandeel in de transportsector in 2020, met een maximum van 7 % in de transportsector. In Nederland is in het kader van het Klimaatakkoord afgesproken dat het aandeel niet hoger zal zijn dan in 2020.
- Het aandeel biobrandstoffen dat gemaakt is van grondstoffen met een hoog risico op ILUC moet in 2030 tot nul zijn gereduceerd. Alleen als die biobrandstoffen low-ILUC gecertificeerd zijn mogen ze alsnog worden ingezet (zie paragraaf 4.8). In het Klimaatakkoord is echter afgesproken dat de low-ILUC gecertificeerde biobrandstoffen niet mogen worden ingezet zolang er nog geen integraal duurzaamheidskader is.

Tot slot is het integraal duurzaamheidskader, zoals in het Klimaatakkoord is aangekondigd, in principe leidend bij de implementatiekeuzes, tenzij dit door bepalingen uit de RED II of vanwege borging, uitvoerbaarheid of handhaving niet mogelijk is.

Omzetting RED II in nationale wetgeving

De RED II heeft ten opzichte van de RED strengere regels voor de verificatie van de duurzaamheidscriteria, waaronder sterker nationaal en EU-toezicht op de vrijwillige schema's en onafhankelijke auditing (zie de rapportage van Royal Haskoning DHV (2020a) voor meer details op dit punt). In dit kader ontwikkelt de Commissie ook een database om de routes die duurzame biobrandstoffen afleggen beter te kunnen volgen.

Ter ondersteuning van de lidstaten bij de implementatie van de duurzaamheidscriteria in de RED II, heeft de Europese Commissie het REDIIIBIO-project geïnitieerd⁹⁴. Duurzaam bosbeheer is in veel Europese landen (in meer of minder mate) standaard, maar de Commissie vindt het van groot belang dat er een goede aansluiting komt bij de RED II-eisen (die zijn gebaseerd op een risicobenadering). Voor landbouw gaat het vooral om het vinden van werkbare definities voor wat residuen zijn en hoe deze duurzaam geoogst kunnen worden zonder dat dit tot verarming van de bodem leidt. Dit laatste is sterk regio-specifiek en daarom wordt per gebied een plan vereist, zonder dat de EC overigens een norm per gebied op wil leggen. Hiertoe worden er een aantal onderzoeken gedaan naar landen waaruit veel import plaatsvindt.

Tekortkomingen in wetgeving en certificering

In de discussie wordt gewezen op een aantal tekortkomingen in de wetgeving en certificering. In het stakeholdersproces werd vaak aangegeven dat wetgeving en certificering leiden tot hoge administratiekosten, de uitsluiting van kleine producenten en beperkte transparantie door een te hoge mate van complexiteit (bijvoorbeeld rond het auditing proces) (CCC, 2018)

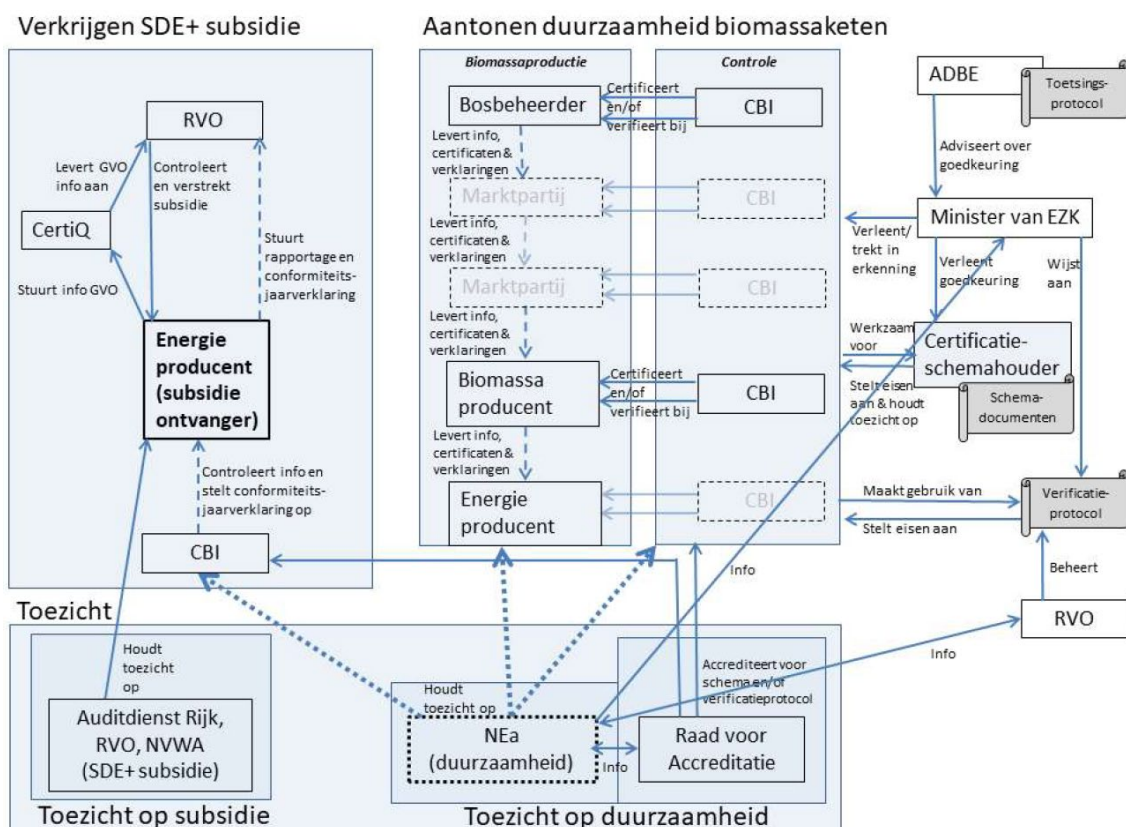
⁹² Bijlage IX, deel A. Het gaat onder andere om gekweekte algen, dierlijke mest en zuiveringsslib, biomassa-fractionen in verschillende soorten afval en residuen uit de landbouw en bosbouw.

⁹³ Deze beperking geldt vermoedelijk ter voorkoming van fraude. UCO telt dubbel en kan daardoor meer waard worden dan gewone, enkeltellende biodiesel uit bijv. koolzaad. Uit onderzoek van de ILT bij een Kampens bedrijf bleek dat 1/3 van de verkoop onterecht als duurzame biobrandstof was aangemerkt (ILT, 2019).

⁹⁴ Zie <https://www.efi.int/projects/rediibio-red-ii-sustainability-criteria>.

en dat er daarom een balans moet worden gezocht tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid.

Een voorbeeld van die complexiteit is het verificatieprotocol dat is voortgekomen uit het Energieakkoord ten behoeve van de duurzaamheid van de verbranding van vaste biomassa uit bosbouw binnen de SDE+. Zowel het Rijksinstituut voor Ondernemend Nederland (RVO) als het ministerie van I&W geven aan dat de uitvoering van dit verificatieprotocol buitengewoon complex is (zie Figuur 4-17) en weinig mogelijkheden biedt om aanpassingen of verbeteringen door te voeren.



Figuur 4-17 Illustratie van de complexiteit van de regelgeving rond het aantonen van duurzaamheid van biomassa ter verkrijging van SDE+ subsidie. Bron: (Satelligence, 2019).

CBI= conformiteitsbeoordelingsinstantie. ADBE= Adviescommissie Duurzaamheid Biomassa voor Energietoepassingen, zie <https://www.adviescommissiedbe.nl/>.

Een tweede punt is dat duurzaamheidscriteria moeilijker door middel van wetgeving opgelegd kunnen worden indien de betreffende biomassa niet wordt gesubsidieerd. Zo ziet men in Denemarken een aanzienlijke markt voor toepassingen zonder duurzaamheidscriteria ontstaan; vooral voor toepassingen met kleine vermogens.

Zaken als ILUC (zie paragraaf 4.8), koolstofschuld (zie paragraaf 4.3) en de impact op biodiversiteit (zie paragraaf 4.1) kunnen maar tot op zeker hoogte worden afgedekt binnen certificeringsschema's en zijn er zorgen dat de RED II ten aanzien van (vooral houtige) biomassa niet ver genoeg gaat en niet zal leiden tot de gewenste of veronderstelde reductie in CO₂-uitstoot (Searchinger et al., 2018).

Ook werd door stakeholders benoemd dat voor biomassa voor niet-energietoepassingen, zoals zaaghout, veel minder duurzaamheidscriteria in wetgeving zijn vastgelegd (zoals bijvoorbeeld dat het legaal gekapt moet zijn). Certificering van bossen is daardoor lastig omdat slechts een

klein gedeelte van de economische waarde bestemd is voor energiedoelinden. Vooral kleine boseigenaren zullen daarom niet snel geneigd zijn hun managementpraktijken aan te passen.

En tot slot is vaak benadrukt dat er eigenlijk geen strikte scheiding bestaat tussen voedsel- en veevoedergewassen enerzijds en biomassagewassen anderzijds waardoor het verbieden van voedsel- en veevoedergewassen voor biomassa ineffectief kan zijn. Veel gewassen kunnen, eventueel door bio-raffinage, beide doelen dienen (zie ook paragraaf 4.9). In die zin zou een integrale aanpak waarbij klimaat, landbouw, energie, circulariteit en biodiversiteit samen komen de voorkeur verdienen en een rol moeten spelen bij de Green Deal, de Common Agricultural Policy (CAP), de Renewable Energy Directive (RED) en de Waste Framework Directive.

Conclusies

(EU-)wetgeving en de daaraan gekoppelde certificering kunnen nooit volledige duurzaamheid garanderen en de kans op fraude – al is dit tot op heden niet aangetoond – kunnen uitsluiten. Zo kunnen ILUC, koolstofschuld en de impact op biodiversiteit maar tot op zekere hoogte worden afgedekt door wetgeving en certificering. Wel wordt erkend dat wetgeving en certificering meer zekerheid bieden dat biomassa voor energietoepassingen duurzamer is dan wanneer er geen wetgeving zou zijn en de duurzaamheid van biomassa positief beïnvloeden. Daarnaast loopt certificering van biomassa voor niet-energietoepassingen duidelijk achter. Het is daarom van belang dat het gesprek over verdere aanscherping en/of handhaving van de EU-wetgeving gevoerd blijft worden (ook al omdat op nationaal niveau niet zondermeer strengere regelgeving ingevoerd mag worden). Tegelijkertijd is in het stakeholdersproces aangegeven dat te strenge en/of gedetailleerde wetgeving kan leiden tot een dusdanige complexiteit en hoge kosten dat het moeilijk uitvoerbaar wordt en moet in het duurzaamheidskader gezocht worden naar een balans tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid.

4.12 Koolstofboekhouding

Bijna alle landen ter wereld rapporteren hun jaarlijkse broeikasgasemissies aan de UNFCCC⁹⁵ – ook als ze niet het Parijsakkoord ondertekend hebben – volgens strikt gedefinieerde emissieregistratieregels (IPCC, 2019a). In het stakeholdersproces werden naast vertrouwen in het systeem ook zorgen geuit over deze regels ten aanzien van bosbouw en de mate waarin de registratie op orde is. Ook zouden ze een vertekend beeld geven voor de nationale doelstellingen.

Koolstofboekhouding	
De koolstofboekhouding is sluitend en voorkomt dubbelstellingen	Huidige kaders bieden onvoldoende zekerheid op CO ₂ -reductie
<ul style="list-style-type: none">• <i>Alle landen rapporteren aan de VN de CO₂-vastlegging door groei van bossen en in de bodem en CO₂-emissies door oogst.</i>• <i>De duurzaamheidscriteria borgen dat geen biomassa wordt geïmporteerd uit bossen waar koolstofvoorraden afnemen.</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>In de internationale koolstofboekhouding wordt de emissie geregistreerd bij de biomassa-producent en telt de emissie door verbranding als nul. Dat geeft een vertekend beeld voor de nationale doelstellingen.</i>• <i>De CO₂-registratie in herkomstlanden schiet tekort, waarmee emissies onderschat worden.</i>

⁹⁵ Het UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) is een raamverdrag dat in 1992 onder verantwoordelijkheid van de Verenigde Naties werd afgesloten en ondertekend tijdens de "Earth Summit" in Rio de Janeiro en dat heeft het geleid tot het Klimaatverdrag van Parijs in december 2015.

Emissies op het moment van oogst

De meest gebruikte of 'default' benadering voor het berekenen van emissies gerelateerd aan het oogsten en gebruiken van bossen is dat deze worden geregistreerd op het moment dat een bos wordt geoogst, en aldus worden toegekend aan de landgebruikssector (de LULUCF⁹⁶-sector) van het land waar de oogst plaatsvindt⁹⁷. Op dezelfde wijze wordt de vastlegging van CO₂ door bossen eveneens toegekend aan het land waar die bossen groeien. Op het moment dat het hout wordt verbrand, al dan niet nadat het eerst voor andere doeleinden is gebruikt, worden de emissies als nul gerekend omdat er anders sprake zou zijn van een dubbeltelling.

Kritiekpunten

Volgens critici leidt dit ertoe dat landen die bijvoorbeeld geïmporteerde houtpellets verbranden voor de productie van elektriciteit en/of warmte hun verantwoordelijkheid 'afschuiven' op de landen waar deze pellets vandaan komen⁹⁸ (Norton et al., 2019). Echter, als de emissies toegekend zouden worden aan het land of de sector die de biomassa verbrandt, dan zou dat ertoe leiden dat in het land van herkomst ongestraft geoogst kan worden, terwijl het gebruik van die oogst in een ander land geen enkel voordeel zou opleveren in termen van CO₂-reductie (of zelfs zou leiden tot hogere emissies). **Het zou het gebruik van biomassa sterk ontmoedigen voor iedere toepassing**, inclusief het gebruik van hout voor hoogwaardige toepassingen (zaaghout).

Een tweede kritiekpunt is dat de implementatie en verificatie van de emissieregistratie in veel landen van herkomst niet transparant en niet op orde zou zijn. Dit lijkt deels terechte kritiek zoals ook aangegeven in (Cowie, Berndes, Junginger, & Ximenes, 2017), maar over de mate waarin dit het geval is, is onenigheid tussen de stakeholders.

Conclusie

In de broeikasgasemissieregistratie in het kader het UNFCCC is de 'default' benadering dat de emissies die voortkomen uit de koolstof in het geoogste hout worden toegekend aan het land waar de oogst plaatsvindt. Op het moment van verbranding worden de emissies als nul gerekend om dubbeltelling te voorkomen. Critici beargumenteren dat de landen waar de biomassa wordt gebruikt hierdoor hun verantwoordelijkheid 'afschuiven' op de landen waar wordt geoogst. Echter, als de emissies toegekend zouden worden aan het land dat of de sector die de biomassa verbrandt, dan zou dat geen enkel voordeel opleveren voor het betreffende land. Een tweede kritiekpunt is dat de implementatie en verificatie van de emissieregistratie in veel landen van herkomst niet op orde zou zijn. Dit lijkt deels terechte kritiek, maar over de mate waarin dit het geval is bestaat onenigheid.

⁹⁶ LULUCF = Land Use Land Use Change and Forestry

⁹⁷ Het rekenen van emissies bij de oogst ('instantaneous oxidation') is de default methode, maar er worden zes verschillende benaderingen onderscheiden die verschillende systeemgrenzen hanteren en een verschillende timing van het moment waarop emissies worden gerekend, zie o.a. (Sato & Nojiri, 2019) voor een overzicht.

⁹⁸ Merk op dat dit argument breder toepasbaar voor alle goederen die worden geïmporteerd uit het buitenland en waarbij bij de productie broeikasgasemissies vrijkomen (bijvoorbeeld zonnepanelen uit China).

4.13 Het fair share principe

De 'fair share' discussie handelt over de vraag hoe groot de claim is die Nederland op de mondiale en Europese duurzame biomassa mag leggen, aangezien ook andere landen in de wereld recht hebben op een duurzame ontwikkeling en daarbij ook biomassa moeten kunnen inzetten.

Fair Share	
Eerlijke handel is belangrijk, maar fair share is geen werkbaar principe	Huidige kaders bieden onvoldoende zekerheid op eerlijke handel
<ul style="list-style-type: none"> Nederland is een handelsland met veel import en export en een industrie die voor de mondiale markt produceert. Dat is niet goed te combineren met fair share op nationaal niveau. Er is geen neutrale basis om fair share te bepalen en implementatie is lastig zo niet onmogelijk. 	<ul style="list-style-type: none"> Nederland mag door import andere landen niet hun transitiepotentieel ontnemen. Nederland moet niet meer biomassa importeren dan een eerlijk deel van het mondiale potentieel.

Verdeelsleutels voor een fair share

Als maat voor de claim die Nederland zou mogen doen op biomassa zijn verschillende verdeelsleutels voorgesteld, zoals:

- het aandeel van Nederland in het mondiale bnp (nu 0,9% en afnemend) of het Europese bnp (3,2%) indien alleen geïmporteerd zou worden uit Europa (EU28 + 16 landen).
- het aantal Nederlanders ten opzichte van de wereldbevolking (nu 0,22% en afnemend) dan wel ten opzichte van de EU (3,9%),
- het Nederlandse aandeel in het mondiale dan wel EU landoppervlak (respectievelijk 0,03% en 1,0%).

Claim op biomassa groter dan de fair share?

Indien bovenstaande percentages worden vergeleken met de claims zoals gepresenteerd in onderstaande samenvatting van Figuur 3-3, dan valt op dat in bijna alle gevallen de claim groter tot veel groter is dan op grond van deze verdeelsleutels fair zou zijn.

Tabel 4-1 Beschikbaarheid en behoefte per perspectief, in 2030 en 2050 en de behoefte als percentage van de beschikbaarheid (Verhouding). Beschikbaarheidscijfers in de tabel zijn afgerond. Bron: (CE Delft, 2020).

	Klimaat	Strikt hernieuwbaar	Ecologie	Duurzame ontwikkeling	Hernieuwbare grondstoffen
Importmogelijkheid:	Mondiaal	EU28	EU28	Mondiaal	Mondiaal
2030					
Beschikbaarheid (EJ/jaar)	129	24	6	129	129
Behoefte (PJ/jaar)	1.760	360	163	1.760	360
Verhouding	1,4%	1,5%	2,8%	1,4%	0,3%
2050					
Beschikbaarheid (EJ/jaar)	245	10	5	105	105
Behoefte (PJ/jaar)	3.970	414	300	3.970	580
Verhouding	1,6%	4,3%	6,5%	3,8%	0,6%

Een belangrijke kanttekening bij deze constatering is dat daarbij geen rekening is gehouden met het feit dat binnen het klimaat- en het duurzame ontwikkelingsperspectief het overgrote deel van de biomassa-behoefte in de mobiliteitssector afkomstig is van de bunkers voor de internationale lucht- en scheepvaart en dat de chemiesector het overgrote deel van haar productie exporteert. Er kan worden betoogd dat de daarvoor benodigde biomassa feitelijk niet aan Nederland toegekend zou moeten worden maar moet worden verdeeld over de landen die profiteren van de lucht- en scheepvaartsector dan wel onze producten uit de chemische industrie importeren.

Maar los van dit soort overwegingen kwam - in lijn met een eerdere notitie van het PBL in de context van het Klimaatakkoord (Hekkenberg, Strengers, & Ros, 2018) - in de discussie met stakeholders naar voren dat dit soort verdeelsleutels vooral als indicaties beschouwd moeten worden. Ze kunnen de balans tussen vraag en aanbod inzichtelijker maken, en hooguit dienen als een startpunt voor een bredere 'fair share' discussie en niet om vanuit het beleid importlimieten op te baseren.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat het maken van afspraken in beleid **over harde limieten voor de hoeveelheid biomassa die mag worden gebruikt in de Nederlandse economie buitengewoon lastig is**, en dat deze ook niet worden gemaakt voor de verwerking door de Nederlandse industrie van de mondiale cacaoproductie (25%) of soja (0,7%). Ze kunnen ook een belemmering zijn voor de kansen van Nederlandse bedrijven om hun beschikbare infrastructuur en kennis optimaal te laten bijdragen aan een internationale bio-economie. In de discussie met stakeholders werd daarom benoemd dat vooral eerlijke handel nagestreefd dient te worden ('fair trade'), waarbij de verhandelde biomassa 'ecologisch en sociaal duurzaam' is, en waarbij de verdeling van de inkomsten over de keten ervoor zorgt dat duurzame ontwikkeling in andere landen mogelijk is. Door stakeholders is aangegeven dat het primaat - ook als het om reststromen gaat - moet liggen bij goede (sociale) duurzaamheidscriteria, voor zover deze niet al afgedekt zijn door de bestaande certificeringsschema's zoals Better Biomass, RBS en ISCC (zie (Royal Haskoning DHV, 2020a), Tabel 2 voor meer details). Een goede monitoring is daarbij een voorwaarde.

Ook is benoemd dat de 'fair share' discussie als een vraagstuk beschouwd kan worden waarachter een breed gedeelde wens schuil gaat van een betere verdeling van grondstoffen die bijdraagt aan een eerlijker verdeling van rijkdom en welvaart in de wereld. Daarmee zou de discussie eigenlijk gevoerd moeten worden op een hoger en integraler niveau.

5 Het duurzaamheidskader

Zoals in hoofdstuk 1 is aangegeven is in het Klimaatakkoord de wens geuit om te komen tot een integraal duurzaamheidskader voor biomassa. Echter, de grote ranges in toekomstige beschikbaarheid van en behoefte aan duurzame biomassa – voor een belangrijk deel veroorzaakt doordat hier vanuit verschillende perspectieven verschillend naar gekeken wordt -vormen een uitdaging voor de inhoud en vormgeving van dit duurzaamheidskader. Hoewel deze studie niet is bedoeld om verregaand invulling te geven aan dit kader – die SER is hierover om advies gevraagd – kunnen op basis van het stakeholderproces, de studie van CE Delft en de door het PBL beschreven conclusies wel een aantal algemene en een aantal meer specifieke aandachtspunten worden benoemd die rond een op te stellen duurzaamheidskader van belang kunnen zijn.

5.1 Algemene aandachtspunten

Allereerst is het van belang te benadrukken dat de onverenigbaarheid van de eisen en wensen van stakeholders voor de productie en toepassing van duurzame biomassa de noodzaak impliceert van een helder beargumenteerde en gecommuniceerde afweging van de kant van de overheid. Dit schept duidelijkheid naar marktpartijen en maatschappelijke organisatie en vergroot de kans op acceptatie van of mogelijk zelfs draagvlak voor de keuzes die in een integraal duurzaamheidskader gemaakt gaan worden. Bij die afweging zijn volgens ons de volgende aandachtspunten van belang:

- Het lijkt een riskante strategie als de overheid zou inzetten op een klimaatneutrale circulaire economie zonder significante rol voor biomassa zolang daarvoor geen realistische alternatieven beschikbaar zijn (zie paragraaf 4.2).
- Nederland zou daarbij allereerst moeten inzetten op het enerzijds vergroten van de beschikbaarheid van duurzame biomassa – en dan met name in de landbouw - en anderzijds op het verminderen van de behoefte, met name van 'laagwaardige' toepassingen (zie paragraaf 4.9).
- Vooralsnog en naar verwachting ook in de toekomst zal Nederland in geen enkel perspectief of wereldbeeld in de eigen biomassa-behoefte kunnen voorzien, en heeft het dus importstromen nodig uit de EU of de rest van de wereld (zie paragraaf 3.3). Daarbij is het buitengewoon lastig om de 'fair share'-beginselen te vertalen in harde limieten voor de hoeveelheid biomassa die mag worden gebruikt in de Nederlandse economie; daarom lijken door de overheid opgelegde importrestricties niet geschikt als onderdeel van een duurzaamheidskader (zie paragraaf 4.13).
- Om de behoefte aan biomassa in de toekomst te verminderen zou Nederland moeten inzetten op de ontwikkeling van de productie van vloeibare of gasvormige koolwaterstoffen uit CO₂ en waterstof uit duurzame elektriciteit (zie paragraaf 4.4). Op termijn kunnen dergelijke synthetische brandstoffen of e-fuels een belangrijk alternatief of aanvulling vormen voor koolwaterstoffen uit biomassa.
- Hoewel Nederland een significante importeur is van biomassa (en wellicht steeds meer zal worden), is en blijft de Nederlandse rol uiteindelijk beperkt, zeker voor die biomassastromen die wereldwijd worden verhandeld.

Betrekken stakeholdergemeenschap en opstellen ontwikkelagenda

De kans op acceptatie en draagvlak voor de keuzes van de overheid kan worden vergroot door de actieve stakeholder- en expertgemeenschap die zich rond dit project heeft gevormd op enigerlei wijze voort te zetten en daarbij te betrekken. Dat kan bijvoorbeeld in de vorm van een platform dat gericht is op uitwisseling van kennis en inzichten, en het verhelderen van controverses rond gerichte nieuwe vraagstukken. Door de overheid te voeden met deze kennis

kan de besluitvorming rond het te ontwikkelen integrale duurzaamheidskader aan kwaliteit winnen en hopelijk minder controversieel worden – zonder daarbij de illusie te hebben dat de controverses rond de productie en toepassing van biomassa ooit geheel zullen worden opgelost. In het verleden had de commissie Corbey⁹⁹ een vergelijkbare rol die ook toen het debat tot op zeker hoogte heeft gedepolariseerd. De kans op slagen van voortzetting is het grootst indien dit kan worden gekoppeld aan een concreet product, zoals het opstellen van een gezamenlijke ontwikkelagenda (en de programmatische uitvoering daarvan).

In zo'n agenda zouden de huidige controverses kunnen dienen als input voor onderzoeks-, innovatie- en implementatieopgaven waaraan stakeholders, ook als ze uiteenlopende perspectieven hebben, samen kunnen werken. Door de bevindingen die hieruit naar voren komen te benutten om tussentijds vast te stellen of bepaalde doelen nog wenselijk of haalbaar zijn - en zo nodig bij te stellen - kunnen tegenstellingen beter hanteerbaar worden gemaakt.

In lijn met de opvatting van veel stakeholders wordt hierbij aanbevolen de ontwikkelagenda mede te richten op het ontwikkelen van robuuste biomassaconversie- en scheidingstechnieken op industriële schaal. Daarmee worden technieken bedoeld die in staat zijn om van verschillende soorten biomassa via een tussenproduct verschillende eindproducten te maken, zoals vergassing, superkritische watervergassing, pyrolyse, torrefactie en bioraffinageconcepten¹⁰⁰. De beschikbaarheid van dergelijke technieken zorgt zowel voor flexibiliteit aan de aanbodzijde als aan de vraagzijde. Het gehele 'biomassasysteem' wordt daardoor robuuster omdat dan bij schaarste of juist wegvallende vraag kan worden overgestapt op een andere biomassasoort of toepassing.

5.2 Specifieke aandachtspunten

Op basis van de conclusies die in de paragrafen 4.1 t/m 4.13 zijn geformuleerd voor de verschillende thema's, kan een aantal meer specifieke aandachtspunten voor het te ontwikkelen duurzaamheidskader worden geformuleerd:

- Voor biodiversiteit worden al strenge eisen gesteld in de huidige Nederlandse en EU-wetgeving (de REDII), maar dat neemt niet weg dat de productie van duurzame biomassa negatieve (en soms ook positieve) consequenties kan hebben voor biodiversiteit. Omdat de aard en het risico van eventuele nadelige effecten variëren per stroom en herkomstgebied is maatwerk nodig (zie 'Monitoring en onderzoek', paragraaf 5.3).
- Een gezonde en vruchtbare bodem met voldoende organische stof is cruciaal en moet worden geborgd (zie o.a. paragrafen 2.3, 3.2, 3.3, 4.1 en 4.7), bijvoorbeeld door het afsluiten van langjarige bodemcontracten met boeren (zie paragraaf 4.9). Hierbij moet aangesloten worden bij de REDII (zie paragraaf 4.11).
- Hanteer een eenduidig cascaderingsprincipe (zie paragraaf 4.9), mede op basis van de Routekaart Cascadering en de transitieagenda 'Biomassa en Voedsel' waarin eerste aanzetten worden gegeven, inclusief mogelijke beleidsinterventies (zoals het gebruik van een over de tijd oplopend percentage biobased grondstoffen).
- Ten aanzien van ILUC lijkt het verstandig aan te sluiten bij het EU-wetgevingstraject (beperken van brandstoffen uit gewassen met een matig ILUC-risico en uitfaseren van gewassen met een hoog ILUC-risico), maar waakzaamheid voor mogelijke ILUC door een sterke groei van de vraag naar biomassa blijft daarbij nodig (zie paragraaf 4.8).
- Het lijkt niet mogelijk het duurzaamheidskader te baseren op een harde maximale koolstofschuld of terugverdientijd voor biomassa (zie paragraaf 4.3). Wel kunnen biomassastromen worden aangewezen die het risico op een hoge koolstofschuld of een (te) lange

⁹⁹ Zie www.corbey.nl

¹⁰⁰ In de 'Routekaart Nationale Biograndstoffen' wordt dit nader uitgewerkt (Corbey & Asselt, 2020).

terugverdiendtijd minimaliseren, zoals bijvoorbeeld stromen die vallen onder de secundaire en tertiaire reststromen en een deel van de primaire reststromen.

- Moderne biomassaverbrandingsinstallaties dragen in beperkte mate bij aan een verslechtering van de luchtkwaliteit en de gezondheid (zie paragraaf 4.10). Toch lijkt het, gezien de zorgen die er bestaan en het gewenste draagvlak, dat luchtkwaliteit en gezondheidseffecten meegenomen zouden moeten worden in een duurzaamheidskader. Het is aan de SER hoe daar mee om te gaan

Bij het opstellen van een duurzaamheidskader is het nog wel de vraag in hoeverre het juridisch mogelijk is dat Nederland scherpere eisen stelt aan geïmporteerde biomassa dan door de Europese Unie worden gehanteerd. Het gesprek over verdere aanscherping en/of handhaving van de EU-wetgeving zal dus ook op Europees niveau gevoerd moeten blijven worden. Daarbij speelt het dilemma dat te strenge en/of gedetailleerde wetgeving kan leiden tot een dusdanige complexiteit en hoge kosten dat die moeilijk uitvoerbaar wordt. In het duurzaamheidskader zou daarom gezocht moeten worden naar een balans tussen fraudebestendigheid en uitvoerbaarheid.

5.3 Monitoring en onderzoek

EU-wetgeving (bestaand en in ontwikkeling) en certificeringssystemen dekken reeds een brede set van duurzaamheidscriteria af. Echter, zoals veelvuldig aangegeven door stakeholders die kritisch zijn ten aanzien van de productie en toepassing van biomassa, kunnen (EU-)wetgeving en de daaraan gekoppelde certificering nooit volledige duurzaamheid garanderen en de kans op fraude uitsluiten (zie paragraaf 4.11). Zo kunnen ILUC, koolstofschuld en de impact op biodiversiteit maar tot op zekere hoogte worden afgedekt (zie hierboven) en zijn er vele documenten en rapporten van ngo's ingebracht die signaleren dat er sprake is van niet-duurzame of frauduleuze praktijken. De consequentie is dat er binnen het duurzaamheidskader niet voettoots van kan worden uitgegaan dat bestaande wetgeving en certificering afdoende zijn. In dit rapport doen we daarom op verschillende punten suggesties ten aanzien van aanvullende maatregelen in de sfeer van monitoring en onderzoek:

- Het opzetten van (verbeterde) track-and-trace systemen en het monitoren van de gevolgen op landschapsschaal van een toenemende biomassaproductie op (indirecte) landgebruiksveranderingen en biodiversiteit (paragraaf 4.1)
- Het serieus onderzoeken van signalen over - en als die kloppen tegengaan van - praktijken die niet passen in duurzaam bosbeheer, omdat die het vertrouwen in duurzaam bosbeheer ernstig kunnen ondergraven (paragraaf 4.5). Zo zou beter onderzocht moeten worden – liefst door een onafhankelijke partij – in hoeverre de door de ngo's geconstateerde misstanden, zoals het kappen van natuurlijk bos ('bottom land') en het pelletiseren van 'hele bomen', daadwerkelijk structureel plaatsvinden of steeds meer dreigen plaats te vinden door uitbreiding van de pelletproductie in kwetsbare en onvoldoende beschermde gebieden (paragraaf 4.6).
- Het moet een punt van aandacht zijn dat de emissieregistratie of de koolstofboekhouding van de LULUCF-sector in het land van waaruit biomassa wordt geïmporteerd op orde is (paragraaf 4.12).
- Het in EU-verband onderzoeken welke marginale, gedegradeerde en verlaten (landbouw)gronden in de EU (of Europa) geschikt zouden kunnen zijn voor biomassateelt binnen de context van andere ecosysteemdiensten die dergelijke gronden kunnen bieden (zoals behoud of herstel van biodiversiteit). Dit biedt kansen voor landbouwregio's die op grote schaal verlaten of uit productie genomen (driegen) te worden. Sluit hierbij aan bij de reeds lopende onderzoeksprogramma's (paragraaf 4.7).
- Vanwege de ambitieuze doelen die door de overheid zijn geformuleerd voor het gebruik van biomassa voor materialen in onder meer de bouw is het belangrijk dat onderzoek

wordt gedaan naar de mogelijke behoefte in de toekomst; op dit moment is daar weinig over bekend (zie paragraaf 3.1).

Referenties

- Abt, B. (2013). *Southern Timber Markets and Forest Sustainability*. Retrieved from <http://www.pinshot.org/doc/468/#panel5>
- Alkemade, R., Van Oorschot, M., Miles, L., Nellesmann, C., Bakkenes, M., & Ten Brink, B. (2009). GLOBIO3: A framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss. *Ecosystems*, 12(3), 374–390. <https://doi.org/10.1007/s10021-009-9229-5>
- Anderson, R. G., Canadell, J. G., Randerson, J. T., Jackson, R. B., Hungate, B. A., Baldocchi, D. D., ... O'Halloran, T. L. (2011). Biophysical considerations in forestry for climate protection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(3), 174–182. <https://doi.org/10.1890/090179>
- Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., ... Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 364(6448), 76–79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
- Berg, M. Van Den, Zuidema, J., Oudman, F., & Driessen, C. (2019). *Emissiereductiepotentieel in de Nederlandse Luchtvaart*. Retrieved from <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2019/04/Emissiereductie-in-de-Luchtvaart-Royal-HaskoningDHV.pdf>
- Bioenergy Europe, & European Pellet Council. (2019). *Bioenergy Europe Statistical Report 2019 - Report Pellet*. Retrieved from <https://bioenergyeurope.org/statistical-report.html>
- Booth, M. S. (2018). Not carbon neutral: Assessing the net emissions impact of residues burned for bioenergy. *Environmental Research Letters*, 13(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaac88>
- Böttcher, H., Zell-ziegler, C., Herold, A., & Siemons, A. (2019). *EU LULUCF Regulation explained. Summary of core provisions and expected effects*. Retrieved from <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Analysis-of-LULUCF-Regulation.pdf>
- Brandeis, C., & Abt, K. L. (2019). Roundwood Use by Southern Wood Pellet Mills: Findings from Timber Product Output Mill Surveys. *Journal of Forestry*, 117(5), 427–434. <https://doi.org/10.1093/jofore/fvz042>
- Brinkman, M. L. J., Wicke, B., & Faaij, A. P. C. (2017). Low-ILUC-risk ethanol from Hungarian maize. *Biomass and Bioenergy*, 99, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.02.006>
- Brinkman, M., Wicke, B., Gerssen-Gondelach, S., van der Laan, C., & Faaij, A. (2015). *Methodology for assessing and quantifying ILUC prevention options*. Retrieved from http://www.uu.nl/sites/default/files/20150106-iluc_methodology_report.pdf
- CCC. (2018). *Biomass in a low-carbon economy*. Retrieved from <https://www.theccc.org.uk/publication/biomass-in-a-low-carbon-economy/>
- CDB. (2014). *Visie op een duurzame bio-economie in 2030: de hoofdlijnen*.
- CDB. (2016). *Advies Duurzaamheidscriteria POST-2020*. Retrieved from <https://www.nvdb.org/getattachment/7e1c28d3-2bd3-42be-ae4a-58265910246a/20160225.aspx>
- CE Delft. (2017a). *Business met biomassa en biobased gas*. Retrieved from <https://www.ce.nl/publicaties/2129/business-met-biomassa-en-biobased-gas>
- CE Delft. (2017b). *Overheidsmaatregelen biokerosine. Mogelijkheden om de vraag naar biokerosine te stimuleren en de effecten op de luchtvaart en de economie*. Retrieved

from <https://www.ce.nl/publicaties/1980/overheidsmaatregelen-biokerosine>

- CE Delft. (2020). *Bio-Scope. Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa*. Delft.
- Cherubini, F., Peters, G. P., Berntsen, T., Strømman, A. H., & Hertwich, E. (2011). CO₂ emissions from biomass combustion for bioenergy: Atmospheric decay and contribution to global warming. *GCB Bioenergy*, 3(5), 413–426. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01102.x>
- Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P. O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., ... Schellnhuber, H. J. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability* 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>
- Ciria, C. S., Sanz, M., Carrasco, J., & Ciria, P. (2019). Identification of arable marginal lands under rainfed conditions for bioenergy purposes in Spain. *Sustainability (Switzerland)*, 11(7), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su11071833>
- Corbey, D., & Asselt, B. van. (2020). *Routekaart Nationale Biograndstoffen, naar een groter aanbod en betere benutting*. Rapport komt uit in juni 2020.
- Costanza, J. K., Abt, R. C., McKerrow, A. J., & Collazo, J. A. (2017). Bioenergy production and forest landscape change in the southeastern United States. *GCB Bioenergy*, 9(5), 924–939. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12386>
- Cowie, A., Berndes, G., Junginger, H. M., & Ximenes, F. (2017). *Response to Chatham House report: Woody Biomass for Power and Heat: Impacts on the Global Climate*; Retrieved from <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/2017-04-05-IEABioenergy.pdf>
- CPB, & PBL. (2015). *Cahier mobiliteit; Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving*. Retrieved from <https://www.wlo2015.nl/rapporten-wlo/mobiliteit>
- Cramer, J. (2006). Criteria voor duurzame biomassa productie. *Criteria Voor Duurzame Biomassa Productie*, 1–33. Retrieved from http://www.senternovem.nl/mmfiles/w690_tcm24-280290.pdf
- Creutzig, F., Ravindranath, N. H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F., ... Masera, O. (2015). Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *Global Change Biology Bioenergy*, 7(5), 916–944. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12205>
- Daiooglou, V., Stehfest, E., Wicke, B., Faaij, A., & van Vuuren, D. P. (2016). Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry. *GCB Bioenergy*, 8(2), 456–470. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12285>
- Dale, V. H., Kline, K. L., Parish, E. S., Cowie, A. L., Emory, R., Malmsheimer, R. W., ... Wellisch, M. (2017). Status and prospects for renewable energy using wood pellets from the southeastern United States. *GCB Bioenergy*, 9(8), 1296–1305. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12445>
- De Gemeiynt, & MSG Strategies. (2020). *Biomassa in perspectief. Joint fact-finding biomassa – een zoektocht naar feiten in een verhitte discussie*.
- De Wit, M., Londo, M., & Faaij, A. (2011). Productivity developments in European agriculture: Relations to and opportunities for biomass production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2397–2412. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.022>
- Dehue, B. (2013). Implications of a 'carbon debt' on bioenergy's potential to mitigate climate change. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(3), 228–234. <https://doi.org/10.1002/bbb.1383>
- den Ouden, B., Graafland, P., & Warnars, J. (2018). *Elektronen en/of Moleculen. Twee transitiepaden voor een CO₂-neutrale toekomst*. Retrieved from <https://www.berenschot.nl/actueel/2018/april/elektronen-moleculen-transitie/>

- Doelman, J. C., Stehfest, E., van Vuuren, D. P., Tabeau, A., Hof, A. F., Braakhekke, M. C., ... Lucas, P. L. (2019). Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks and trade-offs. *Global Change Biology*, (October 2018), 1–16. <https://doi.org/10.1111/gcb.14887>
- Dornburg, V., Faaij, A. P. C., & Verweij, P. A. (2008). *Assessment of global biomass potentials and their links to food , water , biodiversity , energy demand and economy*. <https://doi.org/10.1007/s00521-010-0414-4>
- Dornburg, Veronika, Vuuren, D. van, Ven, G. van de, Langeveld, H., Meeusen, M., Banse, M., ... Faaij, A. (2010). Bioenergy revisited: Key factors in global potentials of bioenergy. *Energy & Environmental Science*, (3), 258–267. Retrieved from <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/ee/b922422j#!divAbstract>
- Duden, A. S. (2020). Environmental impacts of bioenergy. Universiteit Utrecht.
- Duden, A. S., Rubino, M. J., Tarr, N. M., Verweij, P. A., Faaij, A. P. C., & Hilst, F. van der. (2018). Impact of increased wood pellet demand on biodiversity in the south-eastern United States. *GCB Bioenergy*, 10(11), 841–860. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12554>
- EASAC. (2017). Multi-functionality and sustainability in the European Union's forests. In *EASAC policy report 32. April 2017*. Retrieved from <https://easac.eu/publications/details/multi-functionality-and-sustainability-in-the-european-unions-forests/>
- EASAC. (2019). *Forest bioenergy, carbon capture and storage, and carbon dioxide removal: an update*. Retrieved from <https://easac.eu/publications/details/forest-bioenergy-carbon-capture-and-storage-and-carbon-dioxide-removal-an-update/>
- EC. (2009). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the council on the promotion of the use of energy from renewable sources. In *Publicatieblad van de Europese Unie* (Vol. 2008). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>
- EC. (2015). *RICHTLIJN (EU) 2015/1513 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 9 september 2015 tot wijziging van Richtlijn 98/70/EG betreffende de kwaliteit van benzine en dieselbrandstof en tot wijziging van Richtlijn 2009/28/EG ter bevordering van het gebruik van* (Vol. 4). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1513&from=NL>
- EC. (2017). *Research and Innovation perspective of the mid - and long-term Potential for Advanced Biofuels in Europe*. <https://doi.org/10.2777/05471>
- EC. (2018a). A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. In *Com(2018) 773*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>
- EC. (2018b). *A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*. <https://doi.org/10.2777/478385>
- EC. (2018c). *IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018) 773 A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous , modern , competitive and climate neutral economy*.
- EC. (2019a). *Preparing the ground for raising long-term ambition - EU action progress report 2019*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/EN/COM-2019-559-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
- EC. (2019b). *Richtsnoeren inzake de cascadering van biomassa, met voorbeelden van goede praktijken inzake houtachtige biomassa*. Retrieved from <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9b823034-ebad-11e8-b690-01aa75ed71a1>
- EC. (2019c). *Supplementing Directive (EU) 2018/2001 as regards the determination of high*

- indirect land-use change-risk feedstock for which a significant expansion of the production area into land with high carbon stock is observed and the certification of low indirect.* Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2_en_act_part1_v3.pdf
- EC. (2019d). *The European Green Deal*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf
- EC. (2020). *BioGrace GHG calculation tool*. Retrieved from <https://www.biograce.net/>
- Ecofys, & Berenschot. (2018). *Chemistry for Climate. Acting on the need for speed. Roadmap for the Dutch Chemical Industry towards 2050*. Retrieved from https://www.vnci.nl/Content/Files/file/Downloads/VNCI_Routekaart-2050.pdf
- EDN. (2017). *De betekenis van joint fact finding voor de kennisbasis van de energietransitie*. Retrieved from <http://www.energiesdialoog.nl/afgeronde-projecten/joint-fact-finding-voor-de-kennisbasis-van-de-energieovergang/>
- EEA. (2019). *Trends and projections in Europe 2019. Tracking progress towards Europe's climate and energy targets*. Retrieved from eea.europa.eu
- Elbersen, B. (2019). *S2BIOM biomass potentials*.
- Elbersen, B., & Eupen, van M. (2019). *Agriculture, forestry and soil related pressures of relevance to the maes study: task 1 agroforestry agriculture, forestry and soil related pressures of relevance to the maes study: task 1 agroforestry*. Wageningen.
- Elbersen, B., Van Eupen, M., Mantel, S., Verzaandvoort, S., Boogaard, H., Mucher, S., ... Eleftheriadis, I. (2018). *Methodological approaches to identify and map marginal land suitable for industrial crops in Europe*. Wageningen: WUR.
- Elbersen, Berien, Staritsky, I., Hengeveld, G., & Jeurissen, L. (2014). *Briefing - Work Package 2 – Task 2.3: Outlook of Spatial Biomass Value Chains in EU28*. Retrieved from file:///C:/Biomassa/Biomassastudie/OKA/Literatuur/BPo_BriefingD2.3_11_2014_FINAL.PDF
- EP. (2019). *At a Glance: ICAO Agreement on CO₂ emissions from aviation* (p. 2). p. 2. Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2019/640169/EPRS_ATA\(2019\)640169_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2019/640169/EPRS_ATA(2019)640169_EN.pdf)
- Ernsting, A. (2019). *Visits to Estonian forests and pellet mills – April 2018 and July 2019*. Retrieved from <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Estonia-Logging-and-pellet-production.pdf>
- Eurostat. (2019). *Renewable energy statistics*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics
- EZ. (2015). *Biomassa 2030. Strategische visie voor de inzet van biomassa op weg naar 2030*. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2015/12/01/biomassa-2030>
- EZK. (2019). *Klimaatakkoord*. Retrieved from <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>
- Faaij, A. (2018). *Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature*. Retrieved from <https://bioenergyeurope.org/wp-content/uploads/2018/11/Bioenergy-Europe-EU-Biomass-Resources-André-Faaij-Final.pdf>
- Fan, S., Gloor, M., Mahlman, J., Pacala, S., Sarmiento, J., Takahashi, T., & Tans, P. (1998). A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. *Science*, 282(5388), 442–446. <https://doi.org/10.1126/science.282.5388.442>

- FAO. (2014). *FAO Bioenergy & Food Security Approach: Implementation Guide*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i3672e/i3672e.pdf>
- FAO. (2017a). *Forest Products 2017*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5703m/ca5703m.pdf>
- FAO. (2017b). *GLOBAL FOREST PRODUCTS FACTS AND FIGURES 2016*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i7034en/i7034en.pdf>
- FAO. (2018). The state of the world's forests 2018. In *Encyclopedia of Forest Sciences*. <https://doi.org/10.1016/b0-12-145160-7/00156-3>
- FAO, & EFI. (2015). *State of Europe's forests 2015*. <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- Fingerman, K. R., Nabuurs, G.-J., Iriarte, L., Fritsche, U. R., Staritsky, I., Visser, L., ... Junginger, M. (2019). Opportunities and risks for sustainable biomass export from the south-eastern United States to Europe. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(2), 281–292. <https://doi.org/10.1002/bbb.1845>
- Floor, J. R., van Koppen, C. S. A., & Lindeboom, H. J. (2013). A review of science-policy interactions in the Dutch Wadden Sea - The cockle fishery and gas exploitation controversies. *Journal of Sea Research*, 82, 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.06.001>
- Friedlingstein, P., Allen, M., Canadell, J. G., Peters, G. P., & Seneviratne, S. I. (2019). Comment on "The global tree restoration potential." *Science*.
- Gerssen-Gondelach, S. J., Wicke, B., & Faaij, A. P. C. (2016). GHG emissions and other environmental impacts of indirect land use change mitigation. *GCB Bioenergy*. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12394>
- Goh, C. S., & Junginger, M. (2013). *Sustainable Biomass and Bioenergy in the Netherlands: Report 2013*. Retrieved from https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Sustainable_biomass_flows_final_draft_120113.pdf
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., ... Far-gione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(44), 11645–11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Hallmann, M. (2018). *Luchtkwaliteitsonderzoek Nuon biomassacentrale Diemen*.
- Hanssen, S. V., Duden, A. S., Junginger, M., Dale, V. H., & van der Hilst, F. (2017). Wood pellets, what else? Greenhouse gas parity times of European electricity from wood pellets produced in the south-eastern United States using different softwood feedstocks. *GCB Bioenergy*, 9(9), 1406–1422. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12426>
- Hekkenberg, M., Strengers, B., & Ros, J. (2018). *Structureerende rationale voor inzet van duurzame biomassa*. Retrieved from <https://www.klimaataakkoord.nl/documenten/publicaties/2018/05/24/pbl-notitie-biomassa>
- Hetemäki, L., Palahi, M., & Nasi, R. (2020). *Seeing the wood in the forests*. Retrieved from https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2020/EFI_K2A_01_2020.pdf
- Hillestad, M., Ostadi, M., Alamo Serrano, G. D., Rytter, E., Austbø, B., Pharoah, J. G., & Burheim, O. S. (2018). Improving carbon efficiency and profitability of the biomass to liquid process with hydrogen from renewable power. *Fuel*, 234(August), 1431–1451. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.08.004>
- Holland, M. (2018). *Covered in smoke: Why burning wood threatens the health of Europeans*. Retrieved from [https://fern.org/sites/default/files/news-pdf/Covered in smoke.pdf](https://fern.org/sites/default/files/news-pdf/Covered%20in%20smoke.pdf)

- Holmgren, P. (2019). *Contribution of the Swedish forestry sector to global climate efforts*.
- Houghton, R. A., Hackler, J. L., & Lawrence, K. T. (1999). The U.S. carbon budget: Contributions from land-use change. *Science*, 285(5427), 574–578. <https://doi.org/10.1126/science.285.5427.574>
- Howes, P., O'Brien, S., Smithers, R., Rushton, K., Jenkins, J., Abt, B., & Wright, P. (2014). *Use of North American Woody Biomass in UK Electricity Generation: Assessment of high carbon biomass fuel sourcing scenarios*. Retrieved from https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/600477/PED60674_final_report_270416_Tec_Report_FINAL_v2_AMENDMENTS_ACCEPTED.pdf
- Hurttt, G. C., Pacala, S. W., Moorcroft, P. R., Caspersen, J., Shevliakova, E., Houghton, R. A., & Moore, B. (2002). Projecting the future of the U.S. carbon sink. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(3), 1389–1394. <https://doi.org/10.1073/pnas.012249999>
- I&W. (2016). *Nederland circulair in 2050*. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/09/14/bijlage-1-nederland-circulair-in-2050>
- I&W. (2018). *Transitieagenda Circulaire Economie - Biomassa & voedsel*. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/01/15/bijlage-5-transitieagenda-biomassa-en-voedsel>
- IEA. (2019). *World Energy Outlook 2019*. [https://doi.org/DOE/EIA-0383\(2012\) U.S.](https://doi.org/DOE/EIA-0383(2012) U.S.)
- IEA Bioenergy. (2019). *The use of forest biomass for climate change mitigation: response to statements of EASAC*. Retrieved from file:///C:/Biomassa/Biomassastudie OKA/Literatuur/WoodyBiomass-Climate_EASACresponse_Nov2019.pdf
- ILT. (2019). *Signaalrapportage - Fraude met certificering duurzame biodiesel*.
- Immerzeel, D. J., Verweij, P. A., van der Hilst, F., & Faaij, A. P. C. (2014). Biodiversity impacts of bioenergy crop production: A state-of-the-art review. *GCB Bioenergy*, 6(3), 183–209. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12067>
- IPBES. (2019). *The ipbes global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Summary for Policymakers*. Retrieved from https://ipbes.net/system/tdf/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf?file=1&type=node&id=35329
- IPCC. (2018). *Global warming of 1.5 °C*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf
- IPCC. (2019a). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- IPCC. (2019b). *Climate change and land*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Edited-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf
- IRENA. (2014). *Global Bioenergy. Supply and Demand Projections. A working paper for REmap 2030*. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/Solid-Biomass-Supply-for-Heat-and-Power>
- IRENA. (2019). *Bioenergy from boreal forests: Swedish approach to sustainable wood use*. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Bioenergy-from-boreal-forests-Swedish-approach-to-sustainable-wood-use>
- Isbell, F., Tilman, D., Reich, P. B., & Clark, A. T. (2019). Deficits of biodiversity and productivity linger a century after agricultural abandonment. *Nature Ecology and Evolution*, 3(11), 1533–1538. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1012-1>
- Jonker, J., Junginger, M., & Faaij, A. (2014). Carbon payback period and carbon offset parity

- point of wood pellet production in the South-eastern United States. *GCB Bioenergy*, 6(4), 371–389. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12056>
- Jonker, J., van der Hilst, F., Markewitz, D., Faaij, A. P. C., & Junginger, H. M. (2018). Carbon balance and economic performance of pine plantations for bioenergy production in the Southeastern United States. *Biomass and Bioenergy*, 117(May 2017), 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.06.017>
- JRC. (2018a). *Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment*. <https://doi.org/10.2760/539520>
- JRC. (2018b). *JRC Policy Insights - AGRICULTURAL LAND ABANDONMENT IN THE EU WITHIN 2015-2030*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc113718.pdf>
- JRC. (2020). *EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research*. Retrieved from <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019>
- Kåberger, T. (2017). *Future perspectives of Swedish bioenergy development*.
- Kang, S., Post, W. M., Nichols, J. A., Wang, D., West, T. O., Bandaru, V., & Izaurralde, R. C. (2013). Marginal Lands: Concept, Assessment and Management. *Journal of Agricultural Science*, 5(5), 129–139. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n5p129>
- Kasper, G. J., Duinkerken, G. van, Krimpen, M. M. van, Wagenberg, C. P. A. van, Kals, J., Sanders, J. P. M., & Visser, C. L. M. de. (2015). *Efficiënter gebruik van voedermiddelen en (geïmporteerde) diervoedergrondstoffen. Mogelijkheden als grondstoffenbron voor de Biobased Economy*. Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/live-stock-reports/501739>
- Katan, M. (2019). *Bomen stoken in centrales? Waanzin!* Retrieved from <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/11/29/bomen-stoken-in-centrales-waanzin-a3982185>
- Katan, M., Feringa, B., Frenkel, D., Grondelle, R. van, Meer, J. van der, Mohren, F., ... Vet, L. (2018). *Biomassa is een ramp voor het klimaat*. Retrieved from <https://www.nrc.nl/nieuws/2018/11/16/biomassa-stoken-is-een-ramp-voor-het-klimaat-a2755398>
- Koppejan, J., Elbersen, W., Meeusen, M., & Bindraban, P. (2009). *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020*. (November). Retrieved from <http://edepot.wur.nl/51989>
- Koppejan, Jaap. (2018). *Kennisdocument Houtstook in Nederland*. Retrieved from https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/09/Kennisdocument_houtstook_20180910definitief.pdf
- Koppejan, Jaap, & Junginger, M. (2018). *International Workshop: Future Perspective of Bio-energy Development in Asia* (p. 12). p. 12. Retrieved from <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/09/1.3-Timothy-Ong.pdf>
- Kraan, O., Kramer, G. J., Haigh, M., & Laurens, C. (2019). An Energy Transition That Relies Only on Technology Leads to a Bet on Solar Fuels. *Joule*, 3(10), 2286–2290. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.07.029>
- Lamers, P., & Junginger, M. (2013). The 'debt' is in the detail: A synthesis of recent temporal forest carbon analyses on woody biomass for energy. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(4), 373–385. <https://doi.org/10.1002/bbb.1407>
- Lesschen, J. P. (2019). *Hoe en waar kunnen we organische stof verhogen in Nederlandse landbouwbodems?* (p. 23). p. 23. Retrieved from <https://www.aequator.nl/wp-content/uploads/2019/11/3.-Jan-Peter-Lesschen-Koolstofvastlegging-compressed.pdf>
- Mai-Moulin, T., Visser, L., Fingerman, K. R., Elbersen, W., Elbersen, B., Nabuurs, G.-J., ... Junginger, M. (2018). Sourcing overseas biomass for EU ambitions: assessing net sus-

- tainable export potential from various sourcing countries. *Biofuels, Bioproducts and Bio-refining*, 13(2), 293–324. <https://doi.org/10.1002/bbb.1853>
- Matthews, R., Mortimer, N., Lesschen, J. P., Lindroos, T. J., Sokka, L., Morris, A., ... Sayce, M. (2015). *Carbon impacts of biomass consumed in the EU: quantitative assessment. Final report, project: DG ENER/C1/427 Part A: Main Report.*
- Mitchell, S. R., Harmon, M. E., & O'Connell, K. E. B. (2012). Carbon debt and carbon sequestration parity in forest bioenergy production. *GCB Bioenergy*, 4(6), 818–827. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2012.01173.x>
- MNP. (2007). *Cross-Roads of Life on Earth*. Retrieved from <https://www.pbl.nl/publicaties/crossroads>
- Monti, A. (2018). *First version of MAGIC-CROPS* (Vol. 12). Retrieved from <https://zenodo.org/record/3539192#.Xkpfgm5FxaR>
- Nabuurs, G. J., Arets, E. J. M. M., & Schelhaas, M. J. (2017). European forests show no carbon debt, only a long parity effect. *Forest Policy and Economics*, 75, 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.10.009>
- Nabuurs, G. J., Arets, E. J. M. M., & Schelhaas, M. J. (2018). Understanding the implications of the EU-LULUCF regulation for the wood supply from EU forests to the EU. *Carbon Balance and Management*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13021-018-0107-3>
- Nabuurs, G. J., Delacote, P., Ellison, D., Hanewinkel, M., Hetemäki, L., Lindner, M., & Ollikainen, M. (2017). By 2050 the mitigation effects of EU forests could nearly double through climate smart forestry. *Forests*, 8(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/f8120484>
- Nabuurs, G. J., Lindner, M., Verkerk, P. J., Gunia, K., Deda, P., Michalak, R., & Grassi, G. (2013). First signs of carbon sink saturation in European forest biomass. *Nature Climate Change*, 3(9), 792–796. <https://doi.org/10.1038/nclimate1853>
- Nabuurs, G. J., Verkerk, P. J., Schelhaas, M.-J., González Olabarria, J., Ramón Trasobares, A., & Cienciala, E. (2018). *Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions*. Retrieved from https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_fstp_6_2018.pdf
- Nabuurs, G. J., Verweij, P., Van Eupen, M., Pérez-Soba, M., Pölzl, H., & Hendriks, K. (2019). Next-generation information to support a sustainable course for European forests. *Nature Sustainability*, 2(9), 815–818. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0374-3>
- Natuur & Milieu. (2018). *Biomassavisie 2018 - De rol van biomassa in een duurzame economie*. Retrieved from <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2018/12/Biomassavisie-Natuur-Milieu-2018.pdf>
- Neeft, J., Muisers, J., Gerlagh, T., Calderón, C., Jossart, J.-M., Ludwiczek, N., ... Loodts, J. (2015). *BioGrace-II Publishable final report*. Retrieved from biograce.net/img/files/BioGrace_-_Final_publishable_report.pdf
- NIBE Research bv. (2019). *Potentie van biobased materialen in de bouw*. Retrieved from <http://www.fsc.nl/preview.nibe-potentie-biobased-materialen-in-de-bouw.a-2365.pdf>
- Norton, M., Baldi, A., Buda, V., Carli, B., Cudlin, P., Jones, M. B., ... Wijkman, A. (2019). Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. *GCB Bioenergy*, (August), 1–8. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12643>
- NRDC. (2015a). *Bioenergy Threatens the Heart of North American Wetland Forests*. Retrieved from <https://www.nrdc.org/sites/default/files/southeast-biomass-exports-FS.pdf>
- NRDC. (2015b). *In the U.S. Southeast, Natural Forests Are Being Felled to Send Fuel Overseas*. Retrieved from <https://www.nrdc.org/resources/us-southeast-natural-forests-are-being-felled-send-fuel-overseas>

- NRDC. (2015c). Think Wood Pellets are Green? Think Again. In *NRDC issue brief*. Retrieved from <http://www.nrdc.org/land/files/bioenergy-modelling-IB.pdf>
- NRDC. (2019). *Global Markets for Biomass Energy are devastating U.S. Forests*. Retrieved from <https://www.nrdc.org/sites/default/files/global-markets-biomass-energy-06172019.pdf>
- NRDC, & DogWood Alliance. (2017). *The Sustainable Biomass Program: Smokescreen for Forest Destruction and Corporate Non-Accountability*. Retrieved from <https://www.nrdc.org/sites/default/files/sustainable-biomass-program-partnership-project-ip.pdf>
- OECD. (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050*. <https://doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- Oswalt, S., Smith, B., Miles, P., & Pugh, S. (2019). Forest resources of the United States, 2017. In *General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.101492>
- Panoutsou, C. (2017). *Modeling and optimization of biomass supply chains. Top down and bottom-up assessment for agricultural, forest and waste feedstock*. London, UK: Academic Press.
- PBL. (2010). Rethinking Global Biodiversity Strategies. In *Netherlands Environmental Assessment Agency*.
- PBL. (2019a). *Doelstelling Circulaire Economie 2030 - policy brief*. Den Haag.
- PBL. (2019b). *Klimaat en Energieverkenning 2019*. Retrieved from www.pbl.nl/kev
- Peters, D., Spöttle, M., Hahl, T., Kuhner, A.-K., & Cuijpers, M. (2016). *Methodologies for the identification and certification of Low ILUC risk biofuels*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ecofys_methodologies_for_low_iluc_risk_biofuels_for_publication.pdf
- Pöyry. (2014). The Risk of Indirect Wood Use Change. In *Final report*. Retrieved from <https://english.rvo.nl/sites/default/files/2017/07/IWUC-Report-20140728.pdf>
- Prins, A. G., Pouwels, R., Clement, J., Hendriks, M., De Knegt, B., Petz, K., ... Van Tol, S. (2017). *Perspectives on the future of nature in Europe: Impacts and combinations*. 117. Retrieved from <https://www.pbl.nl/en/publications/perspectives-on-the-future-of-nature-in-europe-impacts-and-combinations-0>
- Prisley, S. P., Gaudreault, C., Lamers, P., Stewart, W., Miner, R., Junginger, H. M., ... Volk, T. A. (2018). Comment on "Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy." *Environmental Research Letters*, 13(12), 128002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf203>
- Probos. (2016). *Actieplan bos en hout*. Retrieved from <https://www.probos.nl/publicaties/index-pers/1325-actieplan-bos-en-hout>
- Ramirez-Almeyda, J., Elbersen, B., Monti, M., Staritsky, I., Panoutsou, P., Alexopoulou, E., ... Elbersen, W. (2017). Chapter 9 Assessing the potentials for non-food crops. In *Modeling and Optimisation of Biomass Supply Chains. Top down and bottom up assessment for agricultural, forest and waste feedstock*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812303-4.00009-4>
- Ranius, T., Hämäläinen, A., Egnell, G., Olsson, B., Eklöf, K., Stendahl, J., ... Felton, A. (2018). The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of Environmental Management*, 209, 409–425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048>
- Röder, M., Whittaker, C., & Thornley, P. (2015). How certain are greenhouse gas reductions

- from bioenergy? Life cycle assessment and uncertainty analysis of wood pellet-to-electricity supply chains from forest residues. *Biomass and Bioenergy*, 79, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.03.030>
- Roe, S., Lawrence, D., Streck, C., Obersteiner, M., Frank, S., Griscom, B., ... Smith, P. (2019). Contribution of the land sector to a 1.5°C World. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0591-9>
- Ros, J., & Daniëls, B. (2017). *Verkenning van klimaatdoelen: van lange termijn beelden naar korte termijn acties*. Retrieved from <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-verkenning-van-klimaatdoelen-van-lange-termijnbeelden-naar-korte-termijn-actie-2966.pdf>
- Ros, J., & Schure, K. (2016). *Vormgeving van de energietransitie*. Retrieved from <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-vormgeving-van-de-energietransitie-1749.pdf>
- Royal Haskoning DHV. (2020a). *Breed toepasbare duurzaamheidscriteria biomassa*. Amersfoort. Komt binnenkort uit.
- Royal Haskoning DHV. (2020b). *Warmte uit aardgas of uit biomassa? Klimaatimpact over de keten en effecten op luchtkwaliteit vergeleken voor warmtelevering aan industrie en bebouwde omgeving*. Amersfoort.
- RVO. (2020). *Verificatieprotocol duurzaamheid vaste biomassa voor energietoepassingen. Versie januari 2020*. Retrieved from https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/02/SDE_verificatieprotocol_NL.pdf
- RVO, SABIC, VNCI, Platform Duurzame Biobrandstoffen, RWE, Suiker Unie, ... VNP. (2020). *Routekaart Biomassa Cascadering & maximaal hergebruik van koolstof uit biomassa*.
- Sanders, J. P. M., & Langeveld, J. W. A. (2020). Development perspectives for the bio-based economy. In *Biobased Products and Industries* (pp. 41–78). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818493-6.00002-6>
- Santoro, M., Cartus, O., Carvalhais, N., Thurner, M., & Fransson, J. (2019). *Dynamics of forest biomass pools estimated from spaceborne SAR data*. 1. Retrieved from <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2019/EGU2019-16279-1.pdf>
- Satelligence. (2019). *Satellite applications for verification of sustainable biomass production*.
- Sato, A., & Nojiri, Y. (2019). Assessing the contribution of harvested wood products under greenhouse gas estimation: Accounting under the Paris Agreement and the potential for double-counting among the choice of approaches. *Carbon Balance and Management*, 14(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s13021-019-0129-5>
- Schipper, A. M., Hilbers, J. P., Meijer, J. R., Antão, L. H., Benítez-López, A., de Jonge, M. M. J., ... Huijbregts, M. A. J. (2020). Projecting terrestrial biodiversity intactness with GLOBIO 4. *Global Change Biology*, 26(2), 760–771. <https://doi.org/10.1111/gcb.14848>
- Schmidt, P., & Weindorf, W. (2016). *Power-to-Liquids: Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel*. Retrieved from <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/power-to-liquids-potential-perspectives-for-the>
- Searchinger, T. D., Beringer, T., Holtsmark, B., Kammen, D. M., Lambin, E. F., Lucht, W., ... van Ypersele, J. P. (2018). Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. *Nature Communications*, 9(1), 10–13. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06175-4>
- Searchinger, T. D., Beringer, T., & Strong, A. (2017). Does the world have low-carbon bioenergy potential from the dedicated use of land? *Energy Policy*, 110, 434–446. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.08.016>
- Searchinger, T. D., & Heimlich, R. (2015). Avoiding Bioenergy Competition for Food Crops

- and Land, Creating a Sustainable Food Future. In *World Resources Institute Working Paper*. Retrieved from <https://www.wri.org/publication/avoiding-bioenergy-competition-food-crops-and-land>
- SELC. (2018). *BURNING TREES FOR POWER. The truth about woody biomass, energy & wild-life*. Retrieved from https://www.southernenvironment.org/uploads/publications/Bio-mass_Biodiversity_white_paper.pdf
- Shell. (2018). *Shell Scenarios: Sky - Meeting the goals of the Paris agreement*. 72. Retrieved from <https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenario-sky.html>
- Shortall, O. K. (2013). "Marginal land" for energy crops: Exploring definitions and embedded assumptions. *Energy Policy*, 62, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.048>
- Stein, B., Sibbing, J., Larson, B., & Glaser, A. (2013). Forestry Bioenergy in the Southeast United States: Implications for Wildlife Habitat and Biodiversity. *Southern Environmental Law Center*, (November), 2–18. Retrieved from https://www.southernenvironment.org/uploads/pages/file/biomass/nwf_exec_summary.pdf
- Stephenson, A. L., & MacKay, D. J. (2014). *Life Cycle Impacts of Biomass Electricity in 2020: Scenarios for assessing the greenhouse gas impacts and energy input requirements of using North American woody biomass for electricity generation in the UK*. Retrieved from https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/349024/BEAC_Report_290814.pdf
- Sterman, J., Siegel, L., & Rooney-Varga, J. (2018a). Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. *Environmental Research Letters*, 13(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa512>
- Sterman, J., Siegel, L., & Rooney-Varga, J. N. (2018b). Reply to comment on "Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy." *Environmental Research Letters*, 13(12), 128003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf354>
- Stockmans, P. (2019, November 5). Duizenden Roemenen betogen tegen illegale houtkap en de verdwijning van oerbossen. *Mondiaal Nieuws*. Retrieved from <https://www.mo.be/nieuws/duizenden-roemenen-betogen-tegen-illegale-houtkap-en-de-verdwijning-van-oerbossen>
- Strengers, B., Smeets, W., Ros, J., & Kram, T. (2018). *Negatieve emissies. Technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland*. Retrieved from <https://www.pbl.nl/publicaties/negatieve-emissies-technisch-potentieel-realistisch-potentieel-en-kosten-voor-nederland>
- Susskind, L., & Cruikshank, J. (1987). *Breaking the Impasse: Consensual Approaches to Resolving Public Disputes*. New York, NY.
- TCB. (2016). *Advies Toestand en dynamiek van organische stof in Nederlandse landbouwbodems TCB A110(2016)*. Retrieved from <https://www.tcbodem.nl/publicaties/landbouw/881-a110-2016-advies-toestand-en-dynamiek-van-organische-stof-in-nederlandse-landbouwbodems-2>
- Terres, J. M., Hagyo, A., & Wania, A. (2014). Scientific contribution on combining biophysical criteria underpinning the delineation of agricultural areas affected by specific constraints: methodology and factsheets for plausible criteria combinations. In *JRC Science and Policy Reports*. <https://doi.org/10.2788/844501>
- Tonneijck, S., & van Soest, J. P. (2019). *Gedeelde feiten zijn dubbele feiten. Handreiking joint fact-finding voor een meer gezamenlijke kennisbasis voor de energietransitie*.
- Torrallba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 150–161.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>

Urgenda. (2019). *Nederland 100% duurzame energie in 2030. Het kan als je het wilt!*

Uslu, A. (2018). *Biomass for energy – managing the risks recognising the benefits*. Amsterdam.

van der Zanden, E. H., Verburg, P. H., Schulp, C. J. E., & Verkerk, P. J. (2017). Trade-offs of European agricultural abandonment. *Land Use Policy*, 62, 290–301. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.01.003>

van Orshoven, J., Terres, J. M., & Toth, T. (2014). Updated common bio-physical criteria to define natural constraints for agriculture in Europe. Definition and scientific justification for the common biophysical criteria. In *JRC Science and Policy Reports*. <https://doi.org/10.2788/79958>

Van Vuuren, D. P., Stehfest, E., Gernaat, D. E. H. J., Van Den Berg, M., Bijl, D. L., De Boer, H. S., ... Van Sluisveld, M. A. E. (2018). Alternative pathways to the 1.5 °C target reduce the need for negative emission technologies. *Nature Climate Change*, 8(5), 391–397. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0119-8>

VEMW. (2017). *Decisions on the industrial energy transition*. Woerden.

Von Cossel, M., Lewandowski, I., Elbersen, B., Staritsky, I., Van Eupen, M., Iqbal, Y., ... Alexopoulou, E. (2019). Marginal agricultural land low-input systems for biomass production. *Energies*, 12(16), 25. <https://doi.org/10.3390/en12163123>

Wicke, B. (2011). *Bioenergy Production on Degraded and Marginal Land*. Retrieved from <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2011-0412-200703/UUindex.html>

Wicke, B., Brinkman, M. L. J., Gerssen-gondelach, S. J., van der Laan, C., & Faaij, A. P. (2015). *ILUC Prevention Strategies for Sustainable Biofuels: Synthesis report*. (January).

Wicke, B., Verweij, P., Van Meijl, H., Van Vuuren, D. P., & Faaij, A. P. C. (2012). Indirect land use change: Review of existing models and strategies for mitigation. *Biofuels*, 3(1), 87–100. <https://doi.org/10.4155/bfs.11.154>

Woltjer, G., Daioglou, V., Elbersen, B., Ibañez, G. B., Smeets, E., Sánchez González, D., & Barnó, J. G. (2017). *Study Report on Reporting Requirements on Biofuels and Bioliq-uids*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20170816_iluc_finalstudyreport.pdf

Woodall, C. W., Coulston, J. W., Domke, G. M., Walters, B. F., Wear, D. N., Smith, J. E., ... Griffith, D. M. (2015). *The US forest carbon accounting framework: stocks and stock change, 1990-2016*. Retrieved from https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs154.pdf