

BIOMASSAVISIE 2018

DE ROL VAN BIOMASSA IN EEN
DUURZAME ECONOMIE

november 2018

NATUUR
& MILIEU

SAMENVATTING

Met deze biomassavisie wil Natuur & Milieu een overkoepelend raamwerk neerleggen dat helpt om een antwoord te geven op de vraag hoe biomassa als grondstof zo goed mogelijk in diverse sectoren kan worden ingezet. De directe aanleiding voor het schrijven van deze update van de biomassavisie van Natuur & Milieu, is het huidige debat over de inzet van biomassa in de Nederlandse economie. Dit debat wordt zowel gevoerd vanuit het oogpunt van klimaatproblematiek, als vanuit de verduurzaming van de landbouw en het sluiten van kringlopen. Daarnaast speelt ook het verlies van biodiversiteit een belangrijke rol.

Het debat is urgent vanwege het Klimaat- en Energieakkoord dat in het eerste kwartaal van 2019 moet worden gesloten. Het kan echter niet los gezien worden van de uitwerking van de Landbouwvisie van minister Schouten van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en in de verdere uitwerking van het Grondstoffenakkoord dat in januari 2017 werd gesloten tussen overheden, bedrijven en tal van maatschappelijke organisaties.

In deze visie analyseert Natuur & Milieu de beschikbaarheid van duurzame biomassa en de vraag naar biomassa vanuit verschillende sectoren. Daaruit blijkt dat er geen ruimte is voor een grote groei van de inzet van biomassa. Om te voorkomen dat beschikbare biomassa te laagwaardig wordt benut en door stimulering onduurzame biomassa wordt aangetrokken, is het van groot belang dat de overheid heldere criteria en randvoorwaarden opstelt voor duurzaamheid, en voor de meest hoogwaardige inzet van beschikbare biomassa. In deze biomassavisie schetst Natuur & Milieu hoe deze criteria en randvoorwaarden er idealiter uitzien, vanuit een breed duurzaamheidsperspectief.

WAT IS BIOMASSA?

Biomassa is een verzamelterm voor al het materiaal dat afkomstig is van levende organismen (meestal planten). In de eerste plaats wordt biomassa ingezet als voedsel en voer. In de chemie kan biomassa ook een grondstof zijn voor materiaal, waarbij het olie en gas vervangt. Daarnaast kan het verbrand worden voor elektriciteit en warmte of omgezet worden in een biobrandstof voor transport.

Op papier is biomassa hernieuwbaar en "klimaatneutraal". De organismen nemen CO₂ op uit de lucht en zetten dit om in materiaal. Als de biomassa verbrand wordt komt de CO₂ weer vrij. Hierdoor lijkt het gebruik van bijvoorbeeld hout voor de productie van warmte te passen in een gesloten kringloop, en zou het dus duurzaam genoemd kunnen worden. De praktijk is echter weerbarstiger.

WAT IS HET PROBLEEM?

Biomassaproductie kent een aantal serieuze duurzaamheidsrisico's; ontbossing, het verslechteren van bodem- en waterkwaliteit, wereldwijd verlies aan biodiversiteit, voedsel en waterzekerheid, en landroof. Daarnaast is het werkelijke klimaateffect lang niet altijd positief. Dat komt doordat er energie nodig is om de biomassa te winnen, transporteren en verwerken. Ook vindt er CO₂-uitstoot plaats door veranderd landgebruik dat wordt veroorzaakt door de productie van biomassa. Tot slot zit er ook een significante vertraging tussen de emissie door het verbranden nu, en de opname van de CO₂ door de levende organismen. Al die tijd draagt de CO₂ die vrijkomt door het verbranden van biomassa bij aan de opwarming van de aarde.

Inzet van biomassa als alternatieve grondstof vraagt daarom een goede onderbouwing, waarbij een aantal factoren van belang zijn om ongewenste effecten te voorkomen. Allereerst mag de herkomst en productiewijze van de biomassastroom geen schade toebrengen aan klimaat, mens en milieu. Daarnaast is het belangrijk dat elke biomassastroom zo hoogwaardig en nuttig mogelijk wordt ingezet. In de praktijk betekent dit dat elke stroom wordt ingezet voor een specifieke toepassing die de grootste voordelen biedt in vergelijking met alternatieve grondstoffen voor die toepassing.

BESCHIKBAARHEID DUURZAME BIOMASSA

Er zijn vele studies gedaan naar de beschikbaarheid van biomassa. Op basis van deze studies concluderen wij dat de totale duurzame biomassabeschikbaarheid voor Nederland tussen 190 en 205 PJ per jaar ligt. In deze hoeveelheden zit heel weinig rek. Indien Nederland meer biomassa gaat toepassen zal dit ten koste gaan van mens en natuur. Hier, en elders op de wereld.

Deze hoeveelheid zal in 2020 op basis van voorgenomen en vastgesteld beleid al zijn overschreden. Aan de sectortafels van het klimaatakkoord worden plannen gemaakt voor additionele inzet van biomassa tussen 2020 en 2030. Een eerste schatting van PBL op basis van de hoofdlijnen voor een klimaatakkoord komt op 340 tot 570 PJ additionele inzet van biomassa per jaar. Echter, ook buiten het Klimaatakkoord stijgt de vraag naar biomassa, bijvoorbeeld voor de circulaire economie. In totaal zou de vraag in 2030 een veelvoud kunnen worden van de beschikbare duurzame biomassa. Bijsturing aan de hand van een overkoepelend duurzaamheidskader is nu noodzakelijk. Hiervoor is het belangrijk dat breed gekeken wordt naar de rol van biomassa in de Nederlandse economie, en dat ook de diversiteit van de verschillende typen biomassa wordt meegenomen.

TYPES BIOMASSA

Biomassa is geen homogene grondstof, maar bestaat uit vele verschillende stromen die elk hun eigen toepassingsmogelijkheden hebben, maar ook hun eigen duurzaamheidsrisico's. Om de discussie over duurzaamheidsrisico's en toepassing van biomassa te structureren maken wij onderscheid op basis van herkomst en waar de biomassa vrijkomt in de keten. Dit leidt tot acht verschillende categorieën biomassastromen zoals weergegeven in onderstaande tabel. Een toelichting voor de verschillende stromen staat in hoofdstuk 2.

	Productiestromen	Primaire nevenstromen	Secundaire nevenstromen	Tertiaire nevenstromen
Stromen uit bos	Productiestromen uit bos: eikenhout, wilgenhout, etc.	Primaire nevenstromen uit bos: takken, bladeren, schors, etc.	Secundaire nevenstromen uit bos: zaagsel, zaagverlies, etc.	Tertiaire nevenstromen uit bos: afvalhout uit bouw, afvalhout uit grofvuil, oud papier, etc.
Agrarische stromen	Agrarische productiestromen: bieten, graan, vlees, eieren, etc.	Agrarische primaire nevenstromen: bietenloof, stro, mest, etc.	Agrarische secundaire nevenstromen: bietenpulp, slachtafval, doppen, etc.	Agrarische tertiaire nevenstromen: GFT, rioolslib, afgedankt textiel (wol, katoen, etc.), organische fractie huisafval, etc.

DUURZAAMHEIDSRISICO'S

Voor duurzaamheid maken we onderscheid in verschillende typen risico's. We maken een onderscheid in milieurisico's en sociale risico's. De volgende milieurisico's zijn aan biomassa verbonden:

- Ontbossing: per seconde verdwijnt er in 2017 een voetbalveld aan bos. Dit is onder andere een belangrijke aanjager voor klimaatverandering.
- Verlies biodiversiteit: Het huidige tempo van uitsterven is een factor 100 tot 1000 hoger dan in de historie van de aarde gewoon was.
- Verslechteren bodem- of waterkwaliteit door niet sluiten stikstof- en fosforkringloop en overmatig gebruik zoetwater: Slechts 10% van de landbouwgrond wordt op een duurzame manier bewerkt.

Daarnaast heeft de toepassing van biomassa ook sociale risico's. Concreet gaat het hier om:

- Bedreiging voedsel- en waterzekerheid: de teelt van biomassa kan direct concurreren met de teelt van voedsel en heeft effect op de beschikbaarheid van drinkwater.
- Landroof: de druk om meer biomassa te telen kan leiden tot onrechtmatige onteigeningen.

Deze risico's moeten afgedekt worden bij elke toepassing van biomassa. Niet bij elke biomassastroom spelen dezelfde risico's. In het algemeen zijn de risico's bij tertiaire nevenstromen het kleinst. Met name bij productiestromen, primaire en secundaire nevenstromen moeten duurzaamheidscriteria gehanteerd worden die alle vijf duurzaamheidsrisico's afdekken.

TOEPASSING VAN BIOMASSA

Biomassa is beperkt duurzaam beschikbaar en moet dus zo slim mogelijk ingezet worden. Eerste prioriteit is het natuurlijke gebruik (voor bodem, voedsel en voer), omdat hiervoor geen alternatief beschikbaar is. Vervolgens kan de resterende biomassa worden gebruikt in de economie. Op basis van maatschappelijke waarde en cascadering¹ komen wij tot de volgende prioritering van toepassing:

1. Bodemverbeteraar;
2. Voedsel;
3. Veevoer;
4. Materiaaltoepassing;
5. Biobrandstof;
6. Elektriciteits- en warmteproductie.

Een goed beleidskader zorgt ervoor dat de meest hoogwaardige inzet altijd het meest aantrekkelijk is.

BIOMASSA VERGELEKEN MET ALTERNATIEVEN

Biomassa is lang niet altijd het meest duurzame alternatief voor fossiel. Soms is zelfs het fossiele product minder schadelijk voor mens en natuur. Het is belangrijk dat bij een keuze voor techniek of materiaal altijd gekeken wordt naar alle duurzaamheidsaspecten. Het kan zijn dat het meest duurzame alternatief nog niet marktrijp is. In dat geval moet het alternatief goed gestimuleerd worden. Biomassa-inzet kan dan tijdelijk een oplossing zijn, indien het beschikbaar is.

HOOFDPRINCIPES VOOR INZET BIOMASSA

De bovenstaande aspecten van biomassa vormen de basis voor de volgende vier hoofdprincipes:

1. Biomassa is geen homogene productcategorie. Het is een groepsnaam voor verschillende stromen die elk hun eigen voor- en nadelen kennen. Verschillende stromen moeten dan ook apart beschouwd worden voor wat betreft duurzaamheid en toepassing.
2. Directe en indirecte negatieve effecten op ontbossing, biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit, voedsel- en waterzekerheid, en landroof moeten afgedekt worden.
3. Beleid moet de stroomspecifieke voorkeursvolgorde van toepassing van biomassa versterken en niet verstoren.
4. Biomassatoepassing moet vergeleken worden op duurzaamheid (en niet enkel op het klimaateffect) met alternatieven. Als alternatieven beter scoren, verdienen die de voorkeur voor inzet/stimulering. Als het alternatief nog ontwikkeld moet worden, dan moet parallel aan een eventueel tijdelijke inzet van biomassa de focus liggen op concrete maatregelen die deze ontwikkeling maximaal stimuleren.

Op basis van deze hoofdprincipes hebben we een beslisboom opgesteld die kan worden toegepast bij de toetsing van beleid op het gebied van biomassa. Deze beslisboom staat op pagina 32 en wordt toegelicht in hoofdstuk 6.

1) Een grondstof zo vaak en zo nuttig mogelijk gebruiken; bijvoorbeeld eerst als constructiehout, daarna als meubelhout en uiteindelijk als brandhout.

AANBEVELINGEN

Om tot een duurzame inzet van biomassa te komen doet Natuur & Milieu de volgende beleidsaanbevelingen aan de rijksoverheid:

1. Stel per biomassastroom duurzaamheidscriteria op, onafhankelijk van de toepassing, die voorkomen dat de productie en toepassing van de biomassa direct of indirect leidt tot ontbossing, verslechterde bodem- of waterkwaliteit, verlies van biodiversiteit, verminderen van voedsel- en waterzekerheid, of landroof.
2. Pas het huidige subsidiebeleid voor biomassatoepassingen aan. Momenteel wordt vooral laagwaardige inzet van biomassa gestimuleerd doormiddel van de Stimulering Duurzame Energie (SDE). Er moeten ook enkel toepassingen gestimuleerd worden die op termijn op eigen benen kunnen staan. Dit betekent de volgende dingen:
 - Biomassa moet uit de SDE.
 - Biomassaketels en pelletkachels moeten uit de ISDE.
 - Om de kringlopen te sluiten in de landbouw zullen er meer nevenstromen ingezet moeten worden voor bodemvruchtbaarheid en voer in plaats van deze in te zetten als materiaal of brandstof. Hier zal nieuw stimuleringsbeleid voor moeten worden ontwikkeld. Dit betekent dan vooral het (professioneel) opwerken van mest en urine en biomassa-reststromen tot bodemverbeteraar moet worden gestimuleerd.
 - Stimuleer zo nodig specifieke materiaaltoepassingen in de pilot- en demofase. Maar controleer wel dat voor deze specifieke materiaaltoepassingen de toepassing daadwerkelijk een verbetering is op de vijf duurzaamheidsrisico's is ten opzichte van het (fossiele) alternatief.
3. Voor de uitwerking van de RED2-richtlijn voor transport (EU-richtlijn voor verduurzamen van transportbrandstoffen) moeten biobrandstoffen uit landbouwgewassen en productiehout uitgesloten worden. Er zijn alternatieven beschikbaar die de voorkeur hebben vanuit duurzaamheid.
4. Zet geavanceerde biobrandstoffen (indien beschikbaar) alleen daar in waar nog geen betere duurzame alternatieven beschikbaar zijn (internationale lucht- en scheepsvaart).
5. Stimuleer de (ontwikkeling van) duurzame alternatieven voor biomassa. Dit betekent per sector:
 - Elektriciteitssector: Voortzetting van de SDE voor wind en zon zolang dit nog nodig is om te kunnen concurreren met fossiele brandstoffen. Stimuleer alternatieve vormen van CO₂-vrij regelbaar vermogen zoals vraagsturing, waterstof, en batterijopslag (bijvoorbeeld in auto's).
 - Gebouwde omgeving: Voortzetting van de ISDE voor warmtepompen. Stimuleer aardwarmte, aquathermie en warmteopslag als alternatief voor biowarmtekets voor warmtenetten.
 - Industrie: Stimuleer alternatieve productietechnieken. Bijvoorbeeld de productie van synthetische brandstoffen uit groene waterstof en CO₂ uit de lucht². Stimuleer elektrificatie. Stimuleer hoogwaardige re- en upcycling (circulaire economie).
 - Mobiliteit: Stimuleer elektrisch rijden in OV, personenvervoer vrachtwagentransport en binnenvaart. Zet in op een verschuiving naar meer openbaar vervoer, fiets en lopen en minder asfalt en autogebruik. Hiervoor is ook een herinrichting van het infrabudget van het ministerie van IenW nodig. Momenteel is dit budget vrijwel alleen inzetbaar voor meer asfalt en laat het te weinig ruimte voor investeringen in andere vervoersoplossingen.
6. Reken bij de toepassing van biomassa met de werkelijke emissie van broeikasgassen over de gehele keten. Dus neem ook de uitstoot mee die ontstaat bij de teelt, de winning en verwerking, en die wordt veroorzaakt door verandering van landgebruik. Dit helpt voor een eerlijke vergelijking met alternatieven.

2) Het is mogelijk om de CO₂ direct uit de lucht af te vangen. Deze techniek heet direct air capture. De afgevangen CO₂ kan vervolgens met waterstof omgezet worden in een vloeibare brandstof.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	2
Inhoudsopgave	6
Inleiding	7
1 Beschikbaarheid biomassa	9
Petajoule (PJ) als eenheid voor beschikbare biomassa?	9
De grootte van het aanbod verhandelbare biomassa (import)	9
Beschikbare biomassastromen in Nederland	11
Totale beschikbaarheid biomassa voor Nederland in 2030	11
2 Types biomassa	13
3 Duurzaamheidsrisico's	14
Milieurisico's	14
Klimaatverandering en verandering in landgebruik door ontbossing	15
Verlies biodiversiteit	15
Verslechteren bodem- of waterkwaliteit door niet sluiten stikstof- en fosforkringloop en overmatig gebruik zoetwater	16
Sociale risico's	17
Bedreiging voedsel- en waterzekerheid	17
Landroof	17
Conclusie duurzaamheidsrisico's	18
Koppeling duurzaamheidsrisico's aan biomassastromen	18
Indirecte duurzaamheidsrisico's	19
4 Toepassing van biomassa	20
Prioriteren in een biobased economie	20
1. Bodemverbeteraar	20
2. Voedsel	21
3. Veevoer	21
4. Materiaaltoepassing	21
5. Biobrandstof	21
6. Elektrische- en warmteproductie	23
5 Alternatieven voor de toepassing van biomassa	25
Bioplastics	26
Concurrerende biomassastromen	27
Klimaatwinst biomassa onder de loep	30
6 Beslisboom	31
Conclusies en aanbevelingen	33
Bronnenlijst	35

INLEIDING

CONTEXT

De komende jaren moet de winning van eindige grondstoffen drastisch omlaag om de druk op klimaat, natuur en milieu te verminderen. Het streven is een circulaire economie waarin we grondstoffen eindeloos in onze economie rond laten gaan. Omdat volledige circulariteit in de praktijk niet mogelijk is, zullen er altijd in enige mate nieuwe grondstoffen aan de economie moeten worden toegevoegd, maar dan vanuit niet-schaarse of hernieuwbare bronnen. De fossiele grondstoffen die we momenteel in onze economie gebruiken moeten uitgefaseerd worden, omdat die na gebruik vaak in CO₂ worden omgezet en dus aan klimaatverandering bijdragen, vooral als ze als brandstof worden ingezet.

PROBLEEMSTELLING

Binnen de opgave om te verduurzamen wordt door diverse sectoren in de economie steeds meer naar de inzet van biomassa gekeken. Biomassa is afkomstig van levend materiaal (meestal planten) en is daarmee hernieuwbaar. De CO₂ die vrijkomt als het materiaal uiteindelijk verbrand wordt, is door de gebruikte planten opgenomen en daarmee is het gebruik in theorie klimaatneutraal.³ De praktijk is echter weerbarstiger, want **hernieuwbaar is niet automatisch hetzelfde als duurzaam**, zeker niet als de inzet van biomassa grootschalig wordt. Voor een grootschalige inzet is immers grootschalige teelt nodig en landbouw is een van de praktijken met de grootste impact op ons milieu wereldwijd. Klimaatneutraal is de inzet in de praktijk vaak ook niet, omdat er bij productie- en verwerkingsprocessen alsnog veel energie nodig is. **Biomassa is maar beperkt beschikbaar als werkelijk duurzaam alternatief, en dat maakt dat we goed na moeten denken over de vraag waar in onze economie we die schaarse biomassa het beste kunnen inzetten.** In deze biomassavisie schetst Natuur & Milieu welke rol biomassa idealiter speelt in de verduurzaming van de Nederlandse economie. Daarbij houden wij rekening met de verschillende stromen biomassa, de specifieke milieuproblemen die ontstaan bij de productie daarvan, de sectoren waarin die stromen ingezet kunnen worden en de alternatieven die er voor de inzet van biomassa zijn.

WAT IS BIOMASSA?

In dit document verstaan wij onder de term biomassa: alle plantaardige en dierlijke stromen die geproduceerd kunnen worden op land of op zee. Dit betreft dus niet alleen planten en bomen, maar ook algen, mest, GFT, kadavers, etc.. Het is allemaal natuurlijk materiaal, uit natuurlijke of uit 'gecultiveerde' gebieden. Daarbinnen onderscheiden we verschillende stromen. Biomassa heeft de potentie om meerdere onderdelen van onze economie te verduurzamen. Zo kan het gebruikt worden als bouwsteen in de chemie, als grondstof voor transportbrandstof of om energie (elektriciteit en warmte) te produceren. Dit alles valt onder de noemer van een biobased economy (BBE). De BBE biedt niet alleen kansen voor verduurzaming, maar kan ook een motor zijn van economische groei, nieuwe werkgelegenheid, innovatie, en onafhankelijkheid van de import van fossiele grondstoffen. De BBE is volop in de actualiteit, mede dankzij het Nederlandse initiatief voor een Grondstoffenakkoord⁴ met 180 ondertekenaars, waaronder Natuur & Milieu. Daarnaast zetten overheid, bedrijfsleven en maatschappij steeds meer in op een circulaire economie, waarin biomassa een belangrijke rol speelt. Het meest recente voorbeeld hiervan is de Landbouwvisie van minister Schouten van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

3) De snelheid waarmee de koolstof de cyclus doorgaat is hier wel van belang. Indien de snelheid van vrijkomen van koolstof in de atmosfeer hoger ligt dan die van de opname, is er juist een negatief klimaateffect. Sowieso zal opname altijd een tijd achterlopen op uitstoot. Hierdoor valt het effect op korte termijn te betwisten.

4) Rijksoverheid 2017.

LEESWIJZER

Deze biomassavisie werkt toe naar een beslisboom waarmee de inzet van biomassa en sturend beleid op het gebied van biomassa beoordeeld kan worden. Om hiertoe te komen worden eerst verschillende aspecten van biomassa en de BBE toegelicht.

- Hoofdstuk 1: Beschikbaarheid biomassa. In dit hoofdstuk wordt aan de hand van bestaande onderzoeken een beeld geschetst van de beschikbare hoeveelheden duurzame biomassa en hoe zich dat verhoudt tot de huidige grotendeels fossiele energievraag van Nederland.
- Hoofdstuk 2: Types biomassa. In dit hoofdstuk wordt geschetst welke verschillende stromen biomassa er zijn.
- Hoofdstuk 3: Duurzaamheidsrisico's. In dit hoofdstuk leggen wij uit welke duurzaamheidsrisico's er samenhangen met de productie en het gebruik van biomassa. Ook kijken wij daarbij vooruit naar welke problemen er zullen ontstaan als een bepaalde stroom grootschalig geproduceerd en toegepast gaat worden.
- Hoofdstuk 4: Toepassing biomassa. Dit hoofdstuk behandelt de verschillende toepassingen van biomassa en hoe daar een voorkeursvolgorde in kan worden aangebracht.
- Hoofdstuk 5: Alternatieven voor de toepassing van biomassa. In dit hoofdstuk beschrijven we per sector en toepassing welke alternatieven er zijn voor de inzet van biomassa. En we kijken naar hoe het alternatief zich voor wat betreft duurzaamheid verhoudt tot de inzet van biomassa. Hiermee wordt duidelijk waar inzet van biomassa onvermijdelijk is om te verduurzamen, en waar beter kan worden ingezet op alternatieven.
- In hoofdstuk 6 wordt de inhoud van hoofdstuk 2 tot en met hoofdstuk 5 gebundeld in een beslisboom.

Tot slot trekken we conclusies en doen we een aantal beleidsaanbevelingen.

De biomassavisie is opgesteld door de experts van Natuur & Milieu. Hierbij is gebruikgemaakt van hun jarenlange kennis en ervaring, onderbouwd met actuele rapporten en studies. De huidige biomassavisie is een update van die uit 2017. Aan de hand van de laatste inzichten op het gebied van duurzaam biomassagebruik, en op basis van recente ontwikkelingen, is een verdiepingsslag gemaakt. Het doel is handvatten te bieden om de moeizame maatschappelijke discussie over biomassa vooruit te helpen. Deze visie bevat een overkoepelend raamwerk dat helpt een antwoord te geven op de vraag: hoe kan biomassa als grondstof zo duurzaam mogelijk in diverse sectoren worden ingezet?

1. BESCHIKBAARHEID BIOMASSA

Er is veel onderzoek gedaan naar de hoeveelheid biomassa die wereldwijd of per land beschikbaar is voor de mens. De bevindingen uit deze studies lopen ver uiteen. Problematisch is dat niet al deze studies rekening houden met het potentieel beschikbare duurzame aanbod, of dat ze een afwijkende definitie hanteren van duurzame biomassa. Desalniettemin kunnen bestaande studies een orde van grootte geven van de beschikbaarheid van biomassa. In dit hoofdstuk zijn de hoeveelheden 'vrij beschikbare' biomassa beschouwd die er volgens de bestaande studies zijn. Met 'vrij beschikbaar' wordt die hoeveelheid biomassa bedoeld die nog beschikbaar is nadat er voorzien is in de vraag naar voedsel, veevoer en hout voor de bouw. Oftewel: de hoeveelheid biomassa die beschikbaar is voor nieuwe BBE-toepassingen zoals mobiliteit, energie, chemie en overige materialen.

PETAJoule (PJ) ALS EENHEID VOOR BESCHIKBARE BIOMASSA?

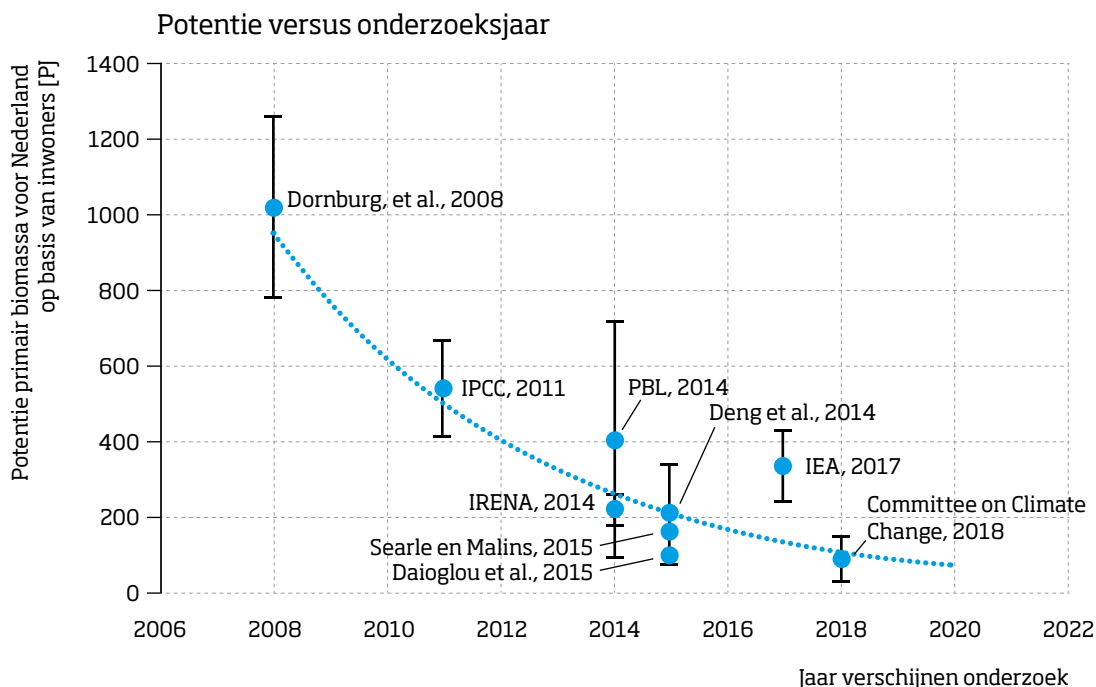
De meeste studies die naar beschikbare biomassa kijken, tellen de verschillende biomassastromen op aan de hand van hun energie-inhoud. Deze aanpak gaat volledig voorbij aan het feit dat biomassa ook veel nuttige functionele eigenschappen heeft. Door enkel te spreken over de hoeveelheid beschikbare biomassa in petajoules (PJ) wordt ook automatisch de koppeling gemaakt met een eventuele energietoepassing. Dit is echter vanuit cascadering gezien de laatste bestemming voor biomassa (zie voor uitleg over cascadering hoofdstuk 4). In deze visie wordt ook gesproken over PJ biomassa bij gebrek aan een gangbaar alternatief. Het is daarom belangrijk te realiseren dat voor bijvoorbeeld het bouwen van een huis het niet van belang is hoeveel energie in het hout zit, maar dat het gaat om de functionele eigenschappen. Bij gebrek aan een beter alternatief wordt in deze biomassavisie een aantal maal gesproken over biomassa in petajoule, mede omdat de bronnen hiermee rekenen. Wij bevelen echter aan om te zoeken naar een eenheid voor biomassa die meer recht doet aan de waarde ervan.

DE GROOTTE VAN HET AANBOD VERHANDELBARE BIOMASSA (IMPORT)

Overheden, bedrijven, adviesorganen en ngo's hebben de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar het aanbod van biomassa dat beschikbaar is voor Nederland. De bevindingen uit deze studies lopen ver uiteen, omdat de resultaten afhangen van de aannames over:

- de inzet van techniek (opbrengsten van de landbouw, bemestingstechnieken, gewasveredeling, teelt op zee);
- de noodzaak van het sluiten van kringlopen (voor vruchtbare gronden) en wat daarvoor nodig is;
- de allocatie van beschikbaar land;
- de (lokale) behoefte aan voedsel;
- en de veronderstelling dat die biomassa ook daadwerkelijk van over de hele wereld naar ons land zou kunnen, mogen of moeten komen.

Daarmee zijn deze berekende potentiëlen vaak niet bij voorbaat duurzaam geproduceerde potentiëlen. Wat wel opvalt is dat de potentie die de studies aangeven de laatste jaren steeds verder lijkt te dalen. Wij vermoeden dat deze bijstelling te maken heeft met enerzijds lagere verwachtingen over de mogelijkheden om agrarische productie te kunnen verhogen, en anderzijds met een toenemende voedselvraag en een toename van benodigde biomassa voor het sluiten van kringlopen. In Figuur 1 zijn een groot aantal studies die gekeken hebben naar de wereldwijde potentie van biomassa uitgezet in een grafiek. Het gaat hier om verhandelbare biomassa, dus hele lokale stromen zoals waterzuiveringsslib zijn hierin niet meegenomen. Nederlandse 'onverhandelbare' biomassa moet hier dus ook nog bij opgeteld worden. Dit doen we in de volgende paragraaf. De potentie voor Nederland vanuit import is bepaald aan de hand van het aantal inwoners. De trendlijn die hier doorheen getrokken is, laat zien dat de te verwachten potentie voor Nederland vanuit internationaal te verhandelen biomassa zich in de orde grootte van 50-100 PJ per jaar zal bevinden. Dat staat gelijk aan 1,5 tot 3 procent van de Nederlandse primaire energiebehoefte.



Figuur 1: Potentie versus publicatiedatum onderzoek; wereldwijde potentie is omgerekend naar een potentie voor Nederland op basis van aantal inwoners

Vanwege de verschillen in duurzaamheidsrisico's (zie hoofdstuk 3) en toepassingsmogelijkheden tussen de types biomassastromen, is het ook van belang om te kijken wat volgens de verschillende studies de verdeling van de stromen is. Niet alle studies hanteren eenzelfde onderverdeling. Een onderverdeling die vaak gemaakt wordt, is in landbouw, bosbouw en 'reststromen'. Voor het berekenen van de verdeling is het gemiddelde van aangegeven ranges gebruikt. De uitkomsten van de vergelijking zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1: Verdeling potentieel verschillende studies

Studie	Landbouw	Bosbouw	Reststromen
Dornburg, et al. 2008	58%	14%	28%
IRENA 2014	30%	28%	42%
Daioglou et al. 2015	49%	23%	28%
Deng et al. 2015	29%	49%	22%
Searle en Malins 2015	83%		17%
IEA 2017	43%		57%
Committee on Climate Change	63%	23%	14%

Uit Tabel 1 blijkt dat de meeste studies zwaar leunen op productie uit landbouw en bosbouw. Deze stromen kampen met de grootste duurzaamheidsrisico's. Dit lichten we in hoofdstuk 3 toe. Om deze reden achten wij het verstandig om enkel uit te gaan van de beschikbare biomassa uit 'reststromen'. Gemiddeld is dit ongeveer 30% van de door de verschillende studies ingeschatte hoeveelheden biomassa. Dit betekent dat er vanuit import voor Nederland 15 tot 30 PJ beschikbaar is.

BESCHIKBARE BIOMASSASTROMEN IN NEDERLAND

Bovenop de internationaal verhandelbare biomassastromen (import) zijn er ook nog binnenlandse biomassa-stromen voor Nederland beschikbaar. Het gaat dan om stromen zoals waterzuiveringsslib en natuur- en bermgras. Indien de kringlopen gesloten worden, komt dit neer op ongeveer 55 PJ⁵. Dat staat gelijk aan 1,8 procent van de jaarlijkse Nederlandse primaire energievraag. Dit is biomassa die nu nog niet gebruikt wordt, exclusief eerdergenoemde import. In onderstaande tabel is aangegeven hoe dit aanbod is opgebouwd.

Biomassastroom	Ongebruikt potentieel [PJ]
Natuur en bermgras	20
Waterzuiveringsslib	10
Agrarische residuen	9
Hout uit landschap	8
Reststromen uit voedings- en genotsmiddelenindustrie (VGI)	8
Totaal	55

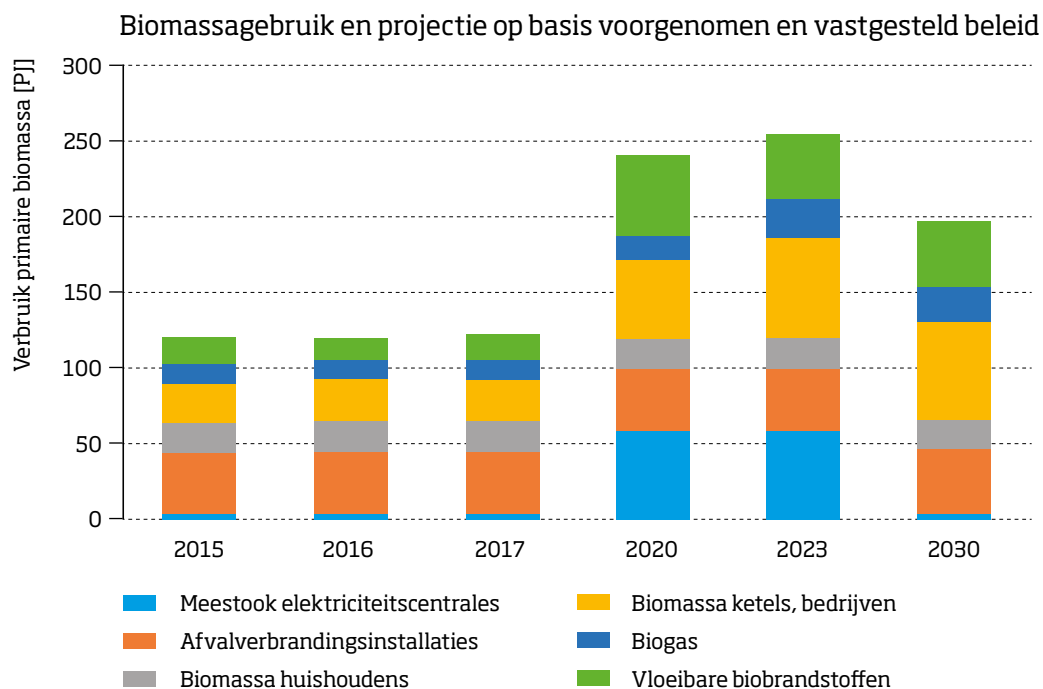
Biomassa met een regionale herkomst heeft altijd sterk de voorkeur, omdat dit bijdraagt aan een eerlijke verdeling van biomassastromen wereldwijd en vanwege de gewenste controle op de duurzaamheid van de stromen. Daarnaast is de energie die benodigd is om de biomassa te verplaatsen vaak ook aanzienlijk lager. Hierdoor wordt de klimaatwinst van de gebruikte biomassa groter.

TOTALE BESCHIKBAARHEID BIOMASSA VOOR NEDERLAND IN 2030

Indien we de potentie voor import en binnenlandse biomassa optellen, zien we dat de hoeveelheid biomassa die nog niet gebruikt wordt voor Nederland nu nog tussen 70 en 85 PJ ligt. Het gaat hier om vrije potentie die beschikbaar is boven op de huidige biomassa-inzet voor energiedoeleinden (120 PJ).⁶ Dit komt neer op een totale beschikbaarheid van 190 tot 205 PJ. Vastgesteld en voorgenomen beleid gaat echter in de nabije toekomst leiden tot een grote toename van het Nederlandse biomassaverbruik. Tussen nu en 2020 zullen verschillende kolencentrales bijvoorbeeld beginnen met het grootschalig meestoken van biomassa. In Figuur 2 staat een projectie van het Nederlandse biomassagebruik op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid, dit is dus nog exclusief plannen van het klimaatakkoord.

5) PBL 2018

6) CBS 2018.



Figuur 2: Energetisch biomassaverbruik en projectie op basis van voorgenomen en vastgesteld beleid. Bron NEV 2017, CBS 2018

Uit deze figuur valt op te maken dat Nederland in 2020 op basis van voorgenomen en vastgesteld beleid al zijn jaarlijks beschikbare biomassa overschrijdt. Na het staken van de bij- en meestook van biomassa in kolencentrales zal er in 2030 weer ongeveer evenveel biomassa in Nederland verbruikt worden als waar Nederland op basis van inwoners aanspraak op kan maken. Er is dus weinig tot geen ruimte voor additionele biomassatoepassingen, zoals vanuit de klimaatakkoordplannen, en er zal bezien moeten worden hoe de beschikbare biomassa zo goed mogelijk ingezet kan worden.

2. TYPES BIOMASSA

Biomassa is een containerbegrip waaronder veel verschillende stromen met veel verschillende toepassingen vallen. Niet elke biomassastroom kan voor dezelfde toepassing gebruikt worden. Spreken over 'beschikbare hoeveelheden biomassa' kan daarom snel misleidend zijn. In dit hoofdstuk ontrafelen we het containerbegrip biomassa, om daarna beter de discussie over de risico's en kansen van de verschillende stromen te kunnen voeren.

ONDERVERDELING

Biomassa verdelen we langs twee assen in verschillende stromen. De eerste onderverdeling maken we langs de as van de herkomst van de biomassa. Hierin onderscheiden we twee categorieën:

- I. Biomassa uit bossen; dit zijn relatief droge organische stoffen.
- II. Biomassa uit landbouw, veeteelt en aquatische systemen; dit zijn relatief natte organische stoffen. In het vervolg spreken we over agrarische stromen.

Als tweede kijken we naar de as van waar de biomassastroom vrijkomt in de keten. Hier worden vier posities onderscheiden:

- a) De productiestroom; dit is de biomassa waarop een bepaalde productie of landschapsonderhoud specifiek gericht is.
- b) De primaire nevenstroom; dit zijn biomassastromen die 'in het veld'⁷ vrijkomen bij de productie.
- c) De secundaire nevenstroom; stromen die vrijkomen bij het verwerkingsproces, maar die niet het hoofddoel van het proces zijn.
- d) De tertiaire nevenstroom; deze stromen ontstaan ná consumptie door de consument.

Beide onderverdelingen gecombineerd geven voldoende detailniveau om zinvolle uitspraken te kunnen doen over de duurzame beschikbaarheid van biomassa voor de verschillende toepassingen. Dit geeft de volgende acht categorieën:

	Productiestromen	Primaire nevenstromen	Secundaire nevenstromen	Tertiaire nevenstromen
Stromen uit bos	Productiestromen uit bos: eikenhout, wilgenhout, etc.	Primaire nevenstromen uit bos: takken, bladeren, schors, etc.	Secundaire nevenstromen uit bos: zaagsel, zaagverlies, etc.	Tertiaire nevenstromen uit bos: afvalhout uit bouw, afvalhout uit grofvuil, oud papier, etc.
Agrarische stromen	Agrarische productiestromen: bieten, graan, vlees, eieren, etc.	Agrarische primaire nevenstromen: bietenloof, stro, mest, etc.	Agrarische secundaire nevenstromen: bietenpulp, slachtafval, doppen, etc.	Agrarische tertiaire nevenstromen: GFT, rioolslib, afgedankt textiel (wol, katoen, etc.), organische fractie huisafval, etc.

7) Hieronder vallen ook de stromen die in de stal vrijkomen.

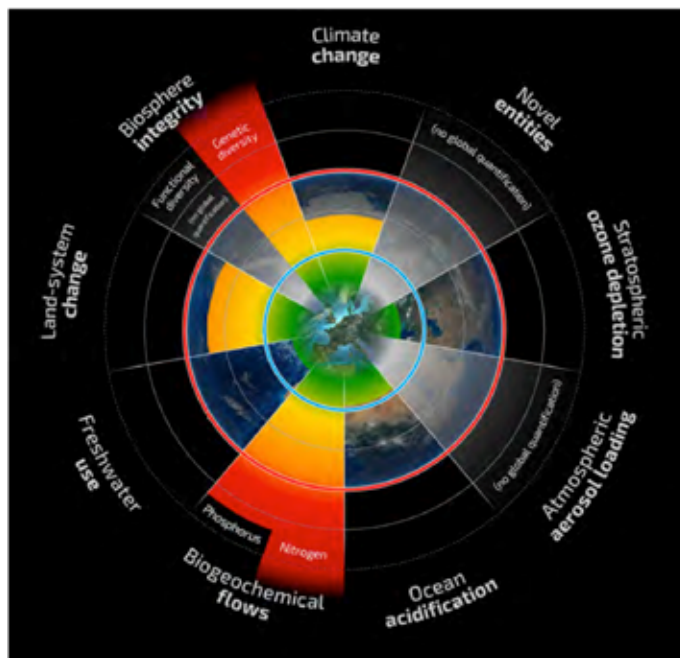
3. DUURZAAMHEIDSRISICO'S

Er zijn verschillende duurzaamheidsrisico's verbonden aan de toepassing van de diverse stromen biomassa. Zo wordt het lang niet altijd geproduceerd met oog voor mens en milieu. Ook kan de toenemende vraag naar gewassen en hout leiden tot concurrentie om grond die ook voor andere doeleinden gebruikt kan worden, zoals voor voedselteelt. Het gebruik van biomassa als alternatief voor fossiele grondstoffen is dus niet altijd duurzaam te noemen. In dit hoofdstuk staan we stil bij de verschillende duurzaamheidsrisico's.

MILIEURISICO'S

De milieurisico's zijn ontleend aan het systeem van planetaire grenzen, zoals dat in 2009 door 29 wetenschappers in het wetenschapsblad Nature is geïntroduceerd.

Hierin worden negen planetaire grenzen geïntroduceerd waarbinnen de mensheid moet blijven om duurzaam gebruik te kunnen maken van de aarde. Deze grenzen zijn:



1. Klimaatverandering;
2. Verlies biodiversiteit (verlies aan genetische en functionele diversiteit);
3. Stikstofkringloop en fosforkringloop;
4. Stratosferische ozon;
5. Verzuring oceanen;
6. Zoetwatergebruik;
7. Verandering in landgebruik;
8. Chemische verontreiniging;
9. Aerosolen in de atmosfeer.

Figuur 3: planetaire grenzen. Bron: Steffen et al. 2015

Dit systeem geeft een compleet overzicht van alle milieuproblemen. Niet al deze problemen spelen ook een rol bij de productie en toepassing van biomassa. Hieronder gaan we in op de grenzen die relevant zijn voor de biomassadiscussie. Dat zijn er vijf van de negen.

Klimaatverandering en verandering in landgebruik door ontbossing

Ontbossing heeft effect op de planetaire grenzen klimaatverandering en landgebruik. Uit onderzoek van Global Forest Watch blijkt dat in 2017 elke seconde een voetbalveld aan bos is verdwenen⁸ (zie ook Figuur 4).



Figuur 4: Ontbossing tussen 2000 en 2018. Met paars wordt aangegeven waar er een afname van meer dan 30% bladerdek bedekking is waargenomen. Bron: globalforestwatch.org

Ontbossing is één van de grote oorzaken van het klimaatprobleem.⁹ Daarnaast leidt het tot het verlies aan ecosystemendiensten, zoals het bieden van habitats aan wilde dieren en andere biodiversiteit. De voornaamste drijfveren achter de ontbossing zijn de wereldwijd stijgende vraag naar producten zoals hout, palmolie, soja en andere biologische grondstoffen, met name voor veevoer en voedsel. Opschaling van productie als gevolg van het gebruik van deze grondstoffen voor de biobased economie draagt direct of indirect bij aan versnelling van ontbossing, zowel via LUC als ILUC (zie tekstbox).

Verlies biodiversiteit

De planetaire grens verlies biodiversiteit is rechtstreeks gekoppeld aan de manier waarop we omgaan met biomassa. Veel soorten staan onder zware druk en berichten over het uitsterven van dier- en plantensoorten zijn aan de orde van de dag.¹⁰

Het huidige tempo van uitsterven is een factor 100 tot 1000 hoger dan in de historie van de aarde gewoon was.¹¹ Zie ook Figuur 5. Wetenschappers waarschuwen dat 58 procent van de aarde al meer dan 10 procent van zijn biodiversiteit heeft verloren. Deze grens van 10 procent wordt gezien als veilige grens voor stabiele ecosystemen. Figuur 3 laat zien dat van alle milieuproblemen die de grenzen van de aarde dreigen te overschrijden, het verlies van biodiversiteit verreweg het meest gevorderd is.

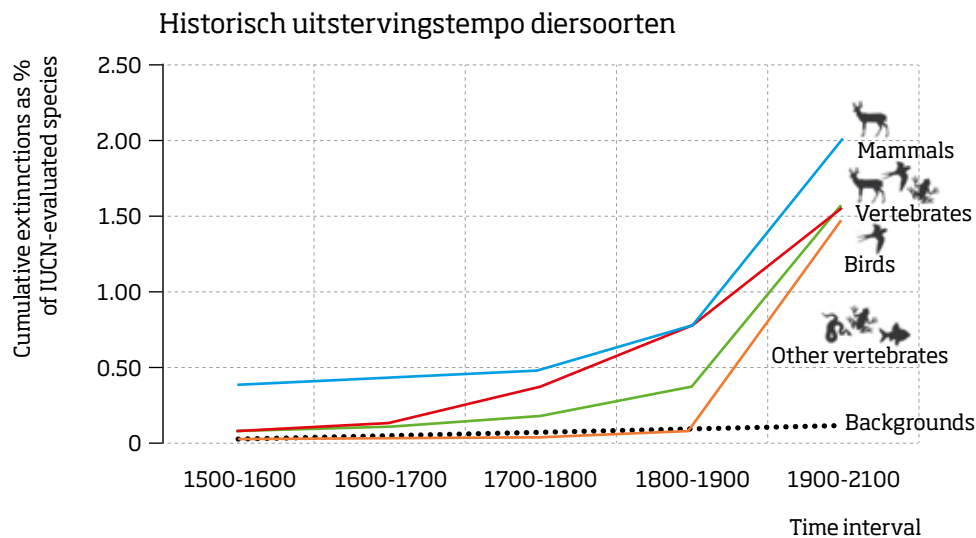
8) *The Guardian* 2017.

9) *Als de totale CO2-uitstoot door tropische ontbossing zou worden toegekend aan één land, dan staat tropische ontbossing op de derde plaats van grootste uitstoters ter wereld, enkel achter China en de Verenigde Staten.* World Resources Institute, 2018.

10) *Tussen 1970 en 2014 nam het aantal wilde dieren op aarde met 60 procent af.* WWF 2018.
Insectenpopulaties in Nederland en Duitsland namen met 76 procent af tussen 1989 en 2016. Scientias 2017.
In het regenwoud van Zuid-Amerika daalde het aantal waargenomen insecten in bijna veertig jaar met een factor 60. Independent 2018

11) *Ceballos et al. 2015 en De Vos et al. 2014.*

Het gebruik van biomassa kan bijdragen aan verlies van biodiversiteit. Deels door ontbossing, maar ook doordat andere biodiversiteitshotspots, zoals graslanden, worden omgevormd tot productiegronden. Ook verarmde gronden met een lage lokale biodiversiteit kunnen de habitat zijn van unieke soorten op wereldschaal. Indien deze verarmde gronden worden omgevormd tot rijke gronden, met een hogere biodiversiteit, kan het gevolg zijn dat bedreigde soorten die de verarmde gronden als habitat hebben verdreven worden. Voor de wereldwijde biodiversiteit heeft dit dan een negatief effect, terwijl dit voor de lokale biodiversiteit positief is. Effecten op biodiversiteit moeten dus ook op wereldwijde schaal worden bekeken.



Figuur 5: Historisch uitstervingstempo diersoorten. Bron: Ceballos et al.

LUC en ILUC

Het is belangrijk ons te realiseren dat de productie van biomassa altijd ruimte kost, waar ook ter wereld. En dat extra productie van biomassa, voor welke toepassing dan ook, altijd zorgt voor concurrentie om grond. Als ergens hout wordt geproduceerd voor een materiaaltoepassing kan dezelfde grond niet ook gebruikt worden voor de productie van voedsel.

Als grond een andere functie krijgt, bijvoorbeeld van natuur naar landbouwgrond, spreken we van Land Use Change (LUC). Naast dit directe effect kan ook indirect het landgebruik worden veranderd. Als bijvoorbeeld landbouwgrond gebruikt wordt voor de productie van energiegewassen in plaats van voedselgewassen, dan daalt de voedselproductie. Dit leidt tot een stijging van de voedselprijs, en dat maakt het weer aantrekkelijker om bos elders om te vormen tot landbouwgrond. Op deze manier kan het telen van energiegewassen in Nederland leiden tot ontbossing in de tropen. Dit indirecte effect heet Indirect Land Use Change (ILUC).

Verslechteren bodem- of waterkwaliteit door niet sluiten stikstof- en fosforkringloop en overmatig gebruik zoetwater

Ook de planetaire grenzen stikstofkringloop en fosforkringloop en zoetwatergebruik zijn gekoppeld aan de toepassing van biomassa; het verslechteren van bodem- of waterkwaliteit is het specifieke risico in dit verband.

De eerste behoefte voor al het leven op aarde is een vruchtbare bodem en drinkbaar water. In de afgelopen honderdvijftig jaar is al de helft van de vruchtbare top laag van de bodem verloren gegaan.¹² Dit verlies wordt veroorzaakt door erosie, gekoppeld aan een verandering van de functie van de grond, bijvoorbeeld van bos naar landbouwgrond. De VN-Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO) concludeert dat 80 procent van de landbouwgrond

12) WWF 2018.

te lijden heeft onder matige tot ernstige erosie, en dat er in 10 procent van de gevallen sprake is van lichte erosie.¹³ Slechts 10 procent van de landbouwgrond wordt dus op een duurzame manier bewerkt. Landbouw leidt niet per definitie tot een armere bodem, maar wel als er meer nutriënten van het land gehaald worden dan dat er worden aangevoerd. Of als het organische stofgehalte van de bodem daalt door het te veel afvoeren van primaire nevenstromen. Dat kan gebeuren als hiervoor geschikte nevenstromen een functie in de biobased economie krijgen.

Een ander risico van intensieve landbouw is een verslechtering van de waterkwaliteit door het gebruik van bestrijdingsmiddelen of het overmatig gebruik van kunstmest. Dit kan namelijk leiden tot algenbloei en vervolgens tot sterfte van het leven in het oppervlaktewater door zuurstoftekort. Dit effect heet 'eutrofiëring'. Door erosie en afname van de organische fractie in de bodem verliest de bodem ook het vermogen om water vast te houden en te fungeren als buffer; dit leidt tot modderstromen en te snelle afvoer van regenwater. Dat komt boven op de verwachte concurrentie in vraag naar water de aankomende jaren, niet alleen vanuit de landbouw, maar ook vanuit de energie- en industriesectoren, met een tekort aan schoon water als gevolg.¹⁴

SOCIALE RISICO'S

De toepassing van biomassa kan naast milieuproblemen ook sociale problemen veroorzaken. In brede zin zien we dat een stijgende vraag naar biomassa kan leiden tot aantasting van mensenrechten; specifiek gaat het hier om de bedreiging van het recht op voedsel- en waterzekerheid, en om landroof.

Bedreiging voedsel- en waterzekerheid

De wereldbevolking groeit volgens de Verenigde Naties naar verwachting van 7,5 miljard mensen nu tot 11 miljard in 2087.¹⁵ Deze groei van 47 procent gaat gepaard met een verandering van het dieet van ontwikkelingslanden: steeds meer mensen gaan vlees en zuivel eten. Voor de productie van dierlijke producten is per calorie veel meer landbouwgrond nodig dan voor de productie van groente of fruit. Deze twee ontwikkelingen samen zullen leiden tot een grote stijging van de vraag naar voedsel, tot wel 70 procent in 2050.¹⁶ Als landbouwgrond wordt gebruikt voor de productie van biomassa voor andere doeleinden dan voedsel of voer, bestaat er een risico dat deze productie de voedselzekerheid bedreigt. Nu is de voedselvoorziening in het grootste deel van de wereld nog afdoende. Gezien de verwachte stijging van de vraag naar voedsel is het echter niet verstandig onze economie zo in te richten dat deze nog afhankelijker wordt van productiestromen biomassa. De verhoogde agrarische activiteiten gaan ook gepaard met een grotere vraag naar zoet water. Op deze manier kan lokaal ook de zoetwaterzekerheid in het geding komen.

Landroof

De vraag naar extra grond om biomassa te telen kan niet alleen leiden tot ontbossing, maar ook tot het verjagen van inheemse volkeren. Vooral in landen met een zwak rechtssysteem, een slechte eigendomsregistratie van land en veel corruptie gaat biomassaproductie hier helaas vaak mee gepaard. Door grote vraag naar bepaalde productiestromen, zowel agrarisch als uit bos, wordt dit risico groter.

13) De Morgen/IPSS 2016.

14) OECD 2016.

15) Ekamper 2017.

16) Tittonell 2013.

CONCLUSIE DUURZAAMHEIDSRISICO'S

Wij identificeren de volgende duurzaamheidsrisico's bij het gebruik van biomassa:

- Ontbossing;
- Verlies biodiversiteit (verlies aan genetische en functionele diversiteit);
- Verslechteren bodem- of waterkwaliteit;
- Bedreiging voedsel- en waterzekerheid;
- Landroof.

De eerste drie risico's zijn milieurisico's en de laatste twee zijn sociale risico's.

KOPPELING DUURZAAMHEIDSRISICO'S AAN BIOMASSASTROMEN

Niet alle duurzaamheidsrisico's zijn even sterk aan elke biomassastroom gekoppeld.

- Ontbossing: Met name bij de toepassing van productiestromen speelt dit risico.
- Verlies biodiversiteit: Dit risico speelt bij productiestromen, maar ook bij primaire nevenstromen uit bos en bij agrarische primaire en secundaire nevenstromen. Zie Tabel 1. In het geval van de nevenstromen zit het risico in het niet terugbrengen achterlaten van de stromen in het bos of op de akker. Dit kan leiden tot het verdwijnen van insectensoorten, schimmels, etc. die leven op de voedingsstoffen die in deze nevenstromen zitten.
- Verslechteren bodem- of waterkwaliteit: Zowel de toepassing van productiestromen als die van primaire en secundaire nevenstromen is sterk verbonden met dit risico. Dit is ook te zien in Tabel 1. In het geval van nevenstromen gaat het om het terugbrengen van nutriënten voor bodemkwaliteit, bij de productiestroom om bestrijdingsmiddelengebruik en om zoetwatergebruik. Tot slot hebben ook tertiaire agrarische nevenstromen een koppeling met dit risico, vanwege de nutriënten die uit deze stromen terug naar de bodem gebracht moeten worden.
- Bedreiging voedsel- en waterzekerheid: Dit risico speelt bij productiestromen uit bos vanwege het benodigde zoetwater, en vanwege LUC- en ILUC-effecten die optreden als land van voedselproductie overgaat naar houtproductie. Bij agrarische productiestromen is het risico gekoppeld aan het zoetwatergebruik en de toepassing van het voedsel dat geteeld wordt. Tot slot is dit risico ook gekoppeld aan agrarische primaire en secundaire nevenstromen. Deze zijn vaak geschikt voor toepassing als veevoer. Andere toepassingen kunnen voedselzekerheid in geding brengen. Zie Tabel 1 voor een overzicht van de relaties tussen duurzaamheidsrisico's en biomassastromen.
- Landroof: Dit risico treedt op wanneer mensen onteigend worden voor de productie van biomassa. Het is dus in eerste plaats gekoppeld aan productiestromen.

Tabel 2: Duurzaamheidsrisico's bij toepassing biomassaströmen.
Rood is een sterke koppeling. Groen is geen of zeer lichte koppeling.

Biomassaström	Ontbossing	Verlies biodiversiteit	Verslechteren bodem- of waterkwaliteit	Bedreiging voedsel- en waterzekerheid	Landroof
Productieström uit bos					
Primaire nevenströmen uit bos					
Secundaire nevenströmen uit bos					
Tertiaire nevenströmen uit bos					
Agrarische productieström					
Agrarische primaire nevenströmen					
Agrarische secundaire nevenströmen					
Agrarische tertiaire nevenströmen					

Tabel 2 laat zien dat tertiaire nevenströmen de minste duurzaamheidsrisico's kennen die één op één verbonden zijn met de toepassing van de biomassaström. Aan de andere kant van het spectrum staat de toepassing van de productieströmen. Daarbij zullen meerdere duurzaamheidsrisico's afgedekt moeten worden, en moet in het algemeen toepassing in de BBE worden vermeden. Het is echter niet automatisch zo dat het omgekeerde geldt voor de toepassing van nevenströmen; die toepassing staat namelijk niet los van de productieström. Dit wordt toegelicht in de volgende paragraaf.

INDIRECTE DUURZAAMHEIDSRISICO'S

De toepassing van biomassaströmen heeft, naast de duurzaamheidsrisico's die hierboven zijn opgesomd, ook meer indirecte duurzaamheidsrisico's. Het belangrijkste is ILUC (zie kader), maar dit is niet het enige indirecte effect waarmee rekening moet worden gehouden. Een ander is dat de toepassing van de nevenström ervoor kan zorgen dat een niet-duurzaam proces wordt gestimuleerd, wat zelfs kan leiden tot een zogenaamde 'lock-in' ervan.

De vergisting van mest is hiervan een goed voorbeeld. Mest is een primaire nevenström uit veeteelt. Nederland heeft een groot mestoverschot, dus het lijkt logisch om dit om te zetten in energie door middel van mestvergisting. Hierdoor wordt echter de nutriëntenkringloop niet gesloten en wordt er niets gedaan aan de problemen die kleven aan grootschalige veeteelt. Dit terwijl we wel afhankelijk worden van een nevenproduct van grootschalige veeteelt voor onze energievoorziening. Zo creëren we dus een noodzaak om een niet-duurzame situatie in stand te houden, oftewel: een lock-in. Andere voorbeelden zijn de toepassing van de secundaire agrarische nevenströmen palmolie-effluent (een nevenproduct van de palmolieproductie) en sojaschroot. In beide gevallen gaat het om nevenproducten uit gewassenteelt die vaak gepaard gaat met ontbossing, verlies van biodiversiteit en landroof. Door het grootschalig toepassen van deze nevenströmen stijgen inkomsten van de exploitant van soja- en palmplantages, wat het vervolgens aantrekkelijker maakt om meer soja- en palmplantages aan te leggen.

4. TOEPASSING VAN BIOMASSA

In hoofdstuk 1 is gekeken naar de beschikbare hoeveelheid biomassa. Omdat biomassa schaars is, en omdat meerdere sectoren de ambitie hebben uitgesproken biomassa toe te passen om hun CO₂-uitstoot te verminderen, is het belangrijk te bepalen hoe de allocatie van duurzame biomassa het beste kan plaatsvinden. Welke toepassingen genieten de voorkeur? En hoe komen duurzaam aanbod en voorkeurstoepassing optimaal samen?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, wordt in dit hoofdstuk een voorkeursvolgorde van inzet geïntroduceerd op basis van het cascaderingsprincipe en maatschappelijke waarde. Vervolgens wordt een aantal vraagstukken rondom het toepassen van biomassa en het gebruik van alternatieven aan de orde gesteld aan de hand van een paar voorbeelden uit de mobiliteits-, kunststoffen- en energiesector. Daarna wordt de potentiële maximale biomassavraag van alle sectoren weergegeven. Tot slot wordt bepaald wat de juiste volgorde van allocatie is, aan de hand van de eerdere paragrafen en de alternatieven voor biomassa per sector.

PRIORITEREN IN EEN BIOBASED ECONOMIE

Voor het juist inzetten van de in hoofdstuk 2 gedefinieerde biomassastromen gaan we uit van een getrapte keuze in voorkeurstoepassing van deze stromen. Vaak kunnen biomassastromen een eerste functie vervullen op een hogere trede, waarna ze op een later moment een functie op een lagere trede vervullen. Omgekeerd is dit vaak niet mogelijk. Deze getrapte inzet heet 'cascadering'. Op basis van de noodzakelijkheid van de functie (haar maatschappelijke waarde) en mogelijke cascadering wordt de volgende volgorde aangehouden van wenselijkheid van toepassing:

1. Bodemverbeteraar;
2. Voedsel;
3. Veevoer;
4. Materiaaltoepassing;
5. Biobrandstof;
6. Elektrische- en warmteproductie.

In deze volgorde zijn hoogwaardige toepassingen waarvan de wereldvraag altijd relatief klein zal zijn buiten beschouwing gelaten. Specifiek gaat het dan om medicijnen en cosmetica. De economische marktwaarde van dergelijke producten is vaak dusdanig hoog dat het risico dat de productie ervan verdrongen wordt door andere biomassatoepassingen als zeer laag wordt ingeschat.

Het is ook mogelijk dat een biomassastroom gesplitst wordt in meerdere functionele stromen. Zo kunnen agrarische nevenstromen gesplitst worden in nutriënten voor bodemverbetering, eiwitten voor voedsel of veevoer, en een restant dat vergist of vergast kan worden. Het verkregen groene gas kan toegepast worden als materiaal (chemie), biobrandstof, of - in de laatste plaats - als bron van warmte en/of elektriciteit. Op deze manier wordt de cascadering ook goed doorlopen.

Hieronder worden de verschillende trappen nader toegelicht.

1. Bodemverbeteraar

Bodemvruchtbaarheid is essentieel voor de toekomstige beschikbaarheid van voedsel, voer en overige biomassa, en heeft daarmee de hoogste maatschappelijke waarde. Zonder bodemvruchtbaarheid houdt alles op. De economische waarde van bodemvruchtbaarheid is echter lager dan die van andere toepassingen, en is daarmee niet goed geregeld in het economische systeem. Aanvullend beleid is daarom noodzakelijk om te garanderen dat de bodemvruchtbaarheid niet in het geding komt bij een groei van de BBE. Het aandeel beschikbare biomassa dat wordt ingezet voor bodemvruchtbaarheid is momenteel niet voldoende. Dit heeft tot gevolg dat kunstmest noodzakelijk is en kringlopen niet gesloten worden. Het rijk streeft ernaar om in 2030 over te gaan op kringlooplandbouw. Dat is een wenselijke ontwikkeling. Het is belangrijk om te beseffen dat ook bodemvruchtbaarheid dus een deel van het geschatte aanbod zal claimen.

2. Voedsel

Voedsel moet ook als voedsel worden benut. Met een groeiende wereldbevolking is de toekomstige voedselvoorziening een grote uitdaging. Het is van belang dat de BBE niet gaat concurreren met voedselvoorziening. Voedselvoorziening is op dit moment grotendeels een verdeelvraagstuk. Voedingsgewassen worden als commodities over de wereld verhandeld. Het risico van een grote succesvolle BBE is dat deze economie bereid is om meer te betalen voor gewassen, en daardoor een aanzuigende werking en prijsverhogend effect gaat hebben op voedselgewassen. Met alle gevaren van dien (voedseltekort, te hoge prijzen, vraag naar meer landbouwgrond leidend tot boskap). Daarom is het uitgangspunt dat er geen voedselgewassen of landbouwgewassen worden ingezet in een duurzame BBE en dat er geen landbouwgronden waarop voedsel wordt geteeld, ingezet gaan worden voor de productie van biomassa.

3. Veevoer

Daarna is het gebruik van biomassa voor veevoer de beste toepassing. Veevoer is indirect noodzakelijk voor de voedselvoorziening. Met een groeiende middenstand is de verwachting dat eetpatronen wereldwijd zullen verschuiven naar meer dierlijke eiwitten. In de westerse wereld ontstaat nu juist meer het besef om in ons menu over te stappen van dierlijke op plantaardige eiwitten. Vooralsnog zorgt de wereldwijde behoefte aan vlees (en zuivel) dat men in volume nu grote hoeveelheden veevoer nodig heeft, en daarmee vruchtbaar land.

Er is in de westerse wereld een beginnende trend van duurzame veeteelt, met een grotere focus op regionale ketens voor de levering van veevoer. Nederland heeft zich gecommitteerd aan een omslag naar kringlooplandbouw in 2030.¹⁷ Dit is maatschappelijk gezien wenselijk. Hierdoor kan meer gestuurd worden op betere en duurzame productie van veevoer. Consequentie voor de BBE is dat een groot deel van de agrarische nevenstromen ingezet moet worden voor veevoer, en dus niet beschikbaar is voor de volgende, overige toepassingen die lager in de volgorde van toepassing staan.

4. Materiaaltoepassing

Vervolgens is de meest hoogwaardige toepassing voor materialen. Hiermee wordt koolstof langdurig vastgelegd. Daarnaast kan de biomassa nadat het als materiaal is ingezet nog verder gecascadeerd worden als tot energie. Omgekeerd kan dit niet.

De chemiesector verbruikt momenteel fossiele grondstoffen voor de productie van onder andere plastics. In de toekomst zal de focus in deze sector moeten liggen op het terugwinnen en recyclen van de grondstoffen. Dit geldt met name voor de bulkchemie. Er is niet voldoende biomassa beschikbaar om aan de volledige vraag¹⁸ van de chemische sector te voldoen, maar voor specialistische producten (en halffabricaten) gebaseerd op biomassa is wel ruimte.

Naast materiaaltoepassing van biomassa in de chemie bestaat er ook de meer klassieke vorm van materiaaltoepassing, zoals het gebruik van hout in de bouw. Het voordeel van gebruik van biomassa als materiaal (en niet als brandstof) is dat de koolstof die erin zit op deze manier wordt opgeslagen. Door de totale hoeveelheid biomassa in materialen te vergroten, wordt er effectief koolstof opgeslagen. Nadat de biomassa niet meer geschikt is om gebruikt te worden als materiaal, kan het verder worden gecascadeerd. In dat geval wordt de biomassastroom een tertiaire nevenstroom.

5. Biobrandstof

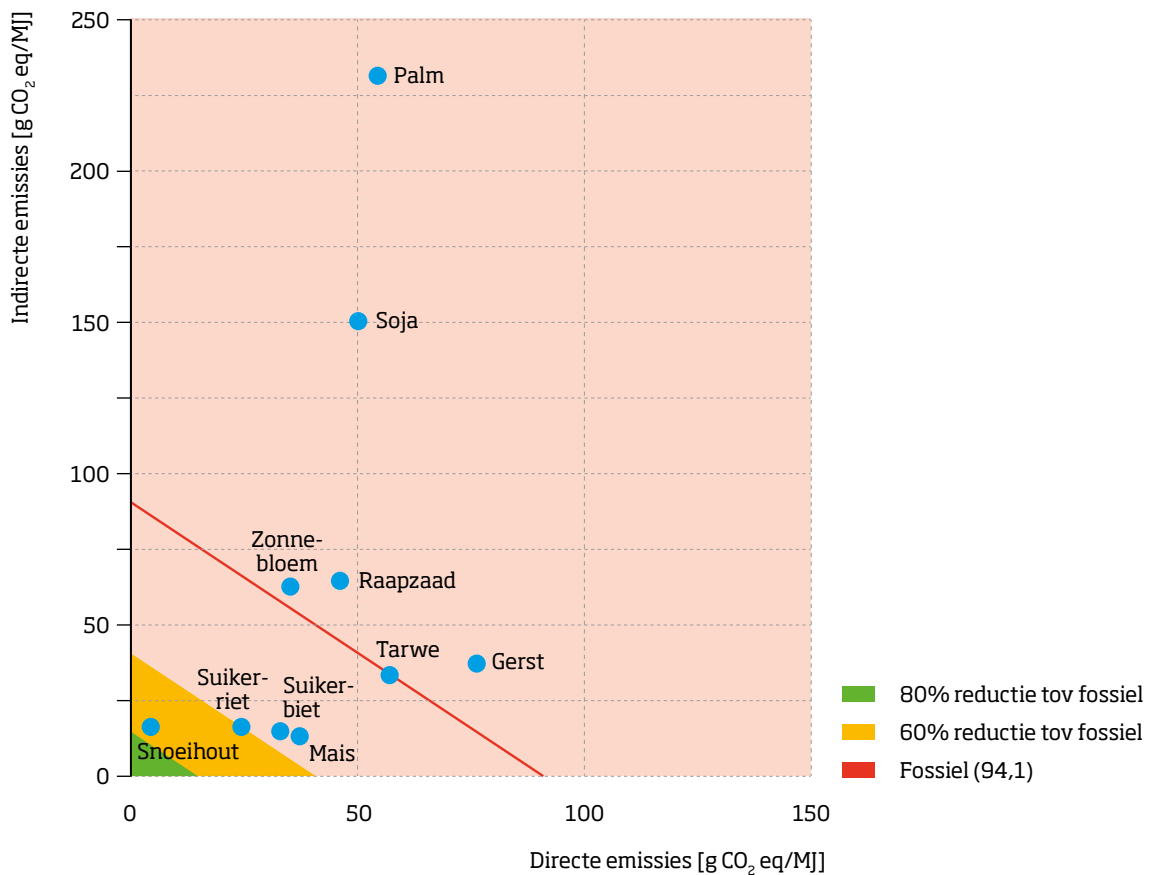
Een laagwaardige benutting van biomassa is als biobrandstof. Na gebruik als biobrandstof kan de biomassa niet verder gecascadeerd worden. Daarnaast is de maatschappelijke noodzaak van biobrandstoffen ook lager dan die van bodemverbeteraar, voedsel, voer en materialen. In Nederland wordt de energie voor het transporteren van goederen en personen voor het grootste deel gehaald uit transportbrandstoffen: benzine, diesel, stookolie, kerosine en autogas. Deze brandstoffen hebben allemaal een fossiele oorsprong en dragen dus bij aan het klimaatprobleem. Het is mogelijk om uit biomassa brandstoffen te maken met dezelfde eigenschappen als de fossiele transportbrandstoffen. Dit gebeurt nu al: bijna 12 procent van de 120 PJ aan biomassa die in Nederland

¹⁷) Rijksoverheid 2018a.

¹⁸) Indien uitgegaan wordt van 1-op-1 vervanging van fossiel door biomassa (inclusief conversieverliezen).

wordt gebruikt voor energiedoeleinden,¹⁹ is biobrandstof. Dit is echter slechts een fractie van het totale energieverbruik van 600 PJ voor transport en mobiliteit in Nederland. Biobrandstoffen zullen dus nooit al het benzine en diesilverbruik voor mobiliteit kunnen vervangen.

Biobrandstoffen kunnen uit alle verschillende biomassastromen worden geproduceerd. Vanwege het effect op de voedselvoorziening en op ontbossing moet worden voorkomen dat er biobrandstoffen op basis van landbouwgewassen worden ingezet. Het effect van het gebruik van landbouwgewassen voor andere doelen dan voedsel is vaak indirect (ILUC, zie hoofdstuk 2). Als voorbeeld: als hier mais wordt ingezet voor biobrandstoffen, kan dit betekenen dat elders extra mais moet worden geteeld; de vraag naar mais gaat immers niet omlaag. Die teelt van mais elders kan vervolgens weer ten koste gaan van bos. In Figuur 6 is ter illustratie voor enkele gewassen het klimaateffect van het gebruik voor biobrandstoffen uitgezet.²⁰ Op de verticale as staan de indirecte emissies (ILUC) en op de horizontale de directe (transport, productie). Het laat duidelijk zien dat biobrandstoffen uit veel gewassen een groter negatief klimaateffect hebben dan fossiele brandstof.



Figuur 6: Indirecte en directe emissies van verschillende gewassen voor de productie van biobrandstoffen

19) CBS 2018.

20) T&E 2016.

Biomassa voor negatieve emissies?

De laatste jaren lees je steeds meer over negatieve emissies en de noodzaak om biomassa daarvoor in te zetten. Met negatieve emissies wordt bedoeld dat de hoeveelheid broeikasgassen die al in de atmosfeer zit verminderd wordt; dit kan door de CO₂ te binden en op te slaan. Om broeikasgassen te binden wordt naar biomassa gekeken, aangezien bomen koolstofdioxide (CO₂) uit de lucht halen om te groeien en opslaan in het hout. Vervolgens is het idee dat de CO₂ na verbranding opgevangen wordt en onder de grond gepompt. De term voor dit proces is BECCS: 'Bioenergy with Carbon Capture and Storage'. In praktijk is dit proces weerbarstig.

Het laten aangroeien van bossen, die CO₂ opnemen, om vervolgens de CO₂ die vrijkomt bij de verbranding van het bos onder de grond op te slaan, leidt onder de streep vaak niet tot een vermindering van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer. Er komen tijdens het productie-, transport- en verwerkingsproces van houtstook, in combinatie met de energievraag van het proces van CO₂-opslag (CCS), dusdanig veel broeikasgassen vrij, dat het aangroeien van bossen niet loont om op korte termijn CO₂ uit de lucht te halen. Daar komt bij dat er een gigantische hoeveelheid grondoppervlak nodig is om genoeg bossen aan te planten om de tweegradendoelstelling van het Klimaatakkoord van Parijs te halen, namelijk één tot twee keer de oppervlakte van India.²¹ Deze grote vraag naar vruchtbare grond doet waarschijnlijk de voedselprijzen stijgen. Naast excessief landgebruik hebben productiebossen ook veel water nodig, en bovendien gaat er biodiversiteit verloren als productiebossen worden aangeplant op plekken waar oorspronkelijk natuurbos stond. BECCS kan dus geen legitimering zijn voor het verstoren van de voorkeursvolgorde van inzet. Voor de te behalen negatieve emissies kan beter gekeken worden naar de ontwikkeling van technieken zoals direct-air-capture en het vastleggen van koolstof in mineralen en (bouw)materialen. Ook het vergroten van het bosareaal in de wereld en de koolstofvoorraad in de bodem is een duurzame vorm van negatieve emissies.

6. Elektriciteits- en warmteproductie

De allerlaatste toepassing is benutting voor elektriciteits- en warmteproductie. Biomassa kan samen met kolen verbrand worden in een kolencentrale, of in een centrale die puur op biomassa draait. Ook het verbranden van huisvuil valt hieronder; een deel van het huisvuil is namelijk biomassa. Bij verbranding van huisvuil wordt vaak ook elektriciteit en/of warmte opgewekt. In 2017 is 74 van de 120 PJ biomassa die in Nederland jaarlijks voor energie wordt gebruikt, ingezet voor de productie van elektriciteit en warmte²².

Deze toepassing staat lager dan biobrandstoffen omdat biobrandstoffen voor bepaalde toepassingen noodzakelijk zijn; er zijn nog geen duurzame alternatieven. Voor warmte en elektriciteit is er wel altijd een duurzamer alternatief. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 5. Ook komen er bij het stoken van biomassa broeikasgassen en andere schadelijke emissies zoals fijnstof vrij. Er is door een consortium van Europese en Amerikaanse wetenschappers berekend dat het gebruik van biomassa uit bossen voor energie de klimaatdoelen van Parijs niet dichterbij brengt. Integendeel: het gebruik van houtige biomassa voor het produceren van energie zal de broeikasgasemissies doen laten stijgen met 5 tot 10 procent.²³ Ook in Nederland hebben hoogleraren zich meermaals tegen het stoken van houtige biomassa voor energie gekeerd²⁴.

21) FERN 2016.

22) CBS 2018

23) Searchinger et al. 2018.

24) NRC 2018

Tijdelijk inzetten voor energiedoelinden?

Omdat de vraag naar biomassa vanuit de materialensector nog klein is, wordt soms gesteld dat duurzame biomassastromen in de tussentijd kunnen worden ingezet voor energietoepassingen. Hierbij lopen we echter het risico dat we onszelf voor onze warmte- en elektriciteitsvoorziening afhankelijk maken van biomassa. Er worden nu al op zo'n grote schaal plannen gemaakt voor het toepassen van houtstook voor energie, dat recent onderzoek aangeeft dat bij onveranderd beleid in 2030 de vraag naar houtige biomassa 15 procent hoger is dan het binnenlandse aanbod.²⁵ Ook uit onze eigen inventarisatie van vraag en aanbod in hoofdstuk 1 blijkt dit op te gaan voor het volledige aanbod en de volledige vraag. Voor een groot deel gaat de vraag naar houtige biomassa over biowarmteprojecten. Als er grootschalig wordt ingezet op warmte uit biomassacentrales, betekent dat dat vele huishoudens voor hun warmtevoorziening afhankelijk zullen zijn van houtstook. Gecombineerd met de afschrijvingstermijn van bio-energiecentrales van tientallen jaren, leidt dit tot een ongewenste lock-in op een niet-duurzame toepassing van biomassa. Dat terwijl er voor warmte voldoende duurzame alternatieven zijn, zoals verbeterde isolatie in combinatie met een warmtepomp of geothermie.

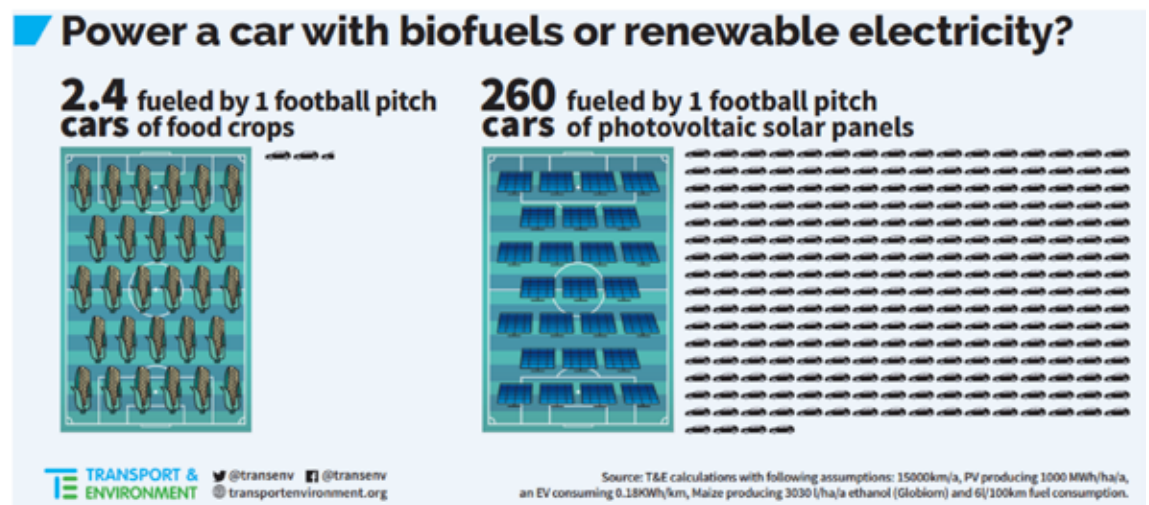
25) Probos 2018.

5. ALTERNATIEVEN VOOR DE TOEPASSING VAN BIOMASSA

Aangezien de beschikbaarheid van duurzame biomassa beperkt is, is er een sterke noodzaak tot slimme keuzes om te garanderen dat biomassa op de juiste plekken wordt ingezet. De voorkeursvolgorde van inzet op basis van het cascaderingsprincipe en de maatschappelijke noodzaak zijn hierbij leidend.

Voor elke toepassing van biomassa waarvan de inzet van een biomassastroom niet noodzakelijk is, kan gekeken worden naar beschikbare alternatieve grondstoffen. Voor veel toepassingen kunnen gelukkig ook andere duurzame keuzes gemaakt worden dan biomassa. Hieronder een aantal voorbeelden.

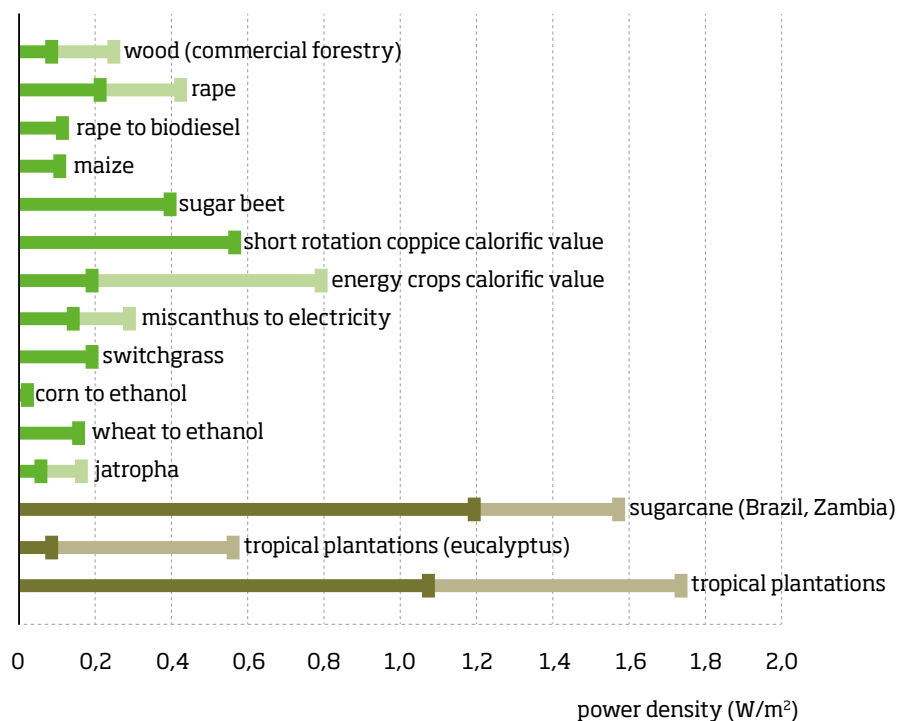
Zo zijn er voor het duurzaam verwarmen van woningen meerdere alternatieven, bijvoorbeeld de warmtepomp. Een warmtepomp werkt op stroom en is een zeer efficiënte manier om een woning te verwarmen. Hierdoor kunnen van een voetbalveld aan zonnepanelen 227 woningen worden verwarmd, terwijl hetzelfde voetbalveld aan productiebos slechts één woning met een pelletkachel kan verwarmen. Ook in de transportsector zijn alternatieven beschikbaar. Zo kunnen personenauto's op elektriciteit rijden in plaats van op biobrandstoffen. Dit is niet alleen beter voor de biodiversiteit en de voedselvoorziening, het is ook nog eens veel efficiënter. Van een voetbalveld aan voedselgewassen kan jaarlijks voldoende biobrandstof gemaakt worden voor slechts 2,4 auto's. Hetzelfde voetbalveld met zonnepanelen kan jaarlijks 260 auto's laten rijden.



Afbeelding: Vergelijking opbrengst biobrandstoffen en zonne-energie voor personenvervoer. Bron: T&E 2017.

Deze verschillen in efficiëntie komen ook naar voren in het boek *Sustainable energy without the hot air*,²⁶ waarin verschillende hernieuwbare energiebronnen met elkaar worden vergeleken qua energieopbrengst per vierkante meter. In Figuur 7 is te zien hoe verschillende planten presteren. Hout komt niet boven een productie van 0,3 W per vierkante meter en de meeste energiegewassen blijven steken op 0,5 W/m². Windmolens leveren daarentegen 2 W/m² en zonnepanelen maar liefst 22 W/m².

26) MacKay 2009.



Figuur 7: Energieopbrengst planten per vierkante meter. Bron: McKay 2009

BIOPLASTICS

Naast de transport- en energiesector ziet ook de kunststofindustrie kansen in biomassa als grondstof. De VNCI - de belangenvereniging voor de chemische industrie in Nederland - en de 'Transitieagenda Kunststoffen' - onderdeel van het Grondstoffenakkoord - hebben de ambitie om de inzet van bioplastics met 350 kiloton te laten groeien, van 20 Kton nu tot 370 Kton in 2030.²⁷ Binnen de kunststofsector is de discussie over 'biobased' nog een stukje complexer dan in andere sectoren. Dat komt doordat eerst onderscheid moet worden gemaakt tussen kunststoffen die biodegradeerbaar zijn en kunststoffen die van biomassa zijn gemaakt. Het eerste is een materiaaleigenschap en dat laatste zegt iets over de grondstof. In de praktijk kunnen kunststoffen wel of niet biobased zijn én wel of niet biodegradeerbaar, in alle combinaties.

Biodegradeerbare kunststoffen hebben in onze visie slechts een beperkte toepassing. In lijn met het rapport dat CE Delft maakte in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat,²⁸ zijn wij van mening dat biodegradeerbare kunststof alleen een functie heeft als sprak is van een zogenaamde 'co-benefit'; toepassingen waarbij het degradeerbare kunststof de opbrengst van echt GFT-afval verhoogt. Biodegradeerbare kunststoffen vormen, anders dan de naam suggereert, geen oplossing voor de plastic soup, omdat de overgrote meerderheid van deze kunststoffen onder natuurlijke omstandigheden niet afbreken²⁹. Ook vanuit de circulaire gedachte hebben ze weinig toegevoegde waarde, omdat de tot compost of biogas 'afgebroken' kunststoffen vervangen moeten worden door nieuwe virgin kunststoffen, in plaats van dat ze worden gerecycled.

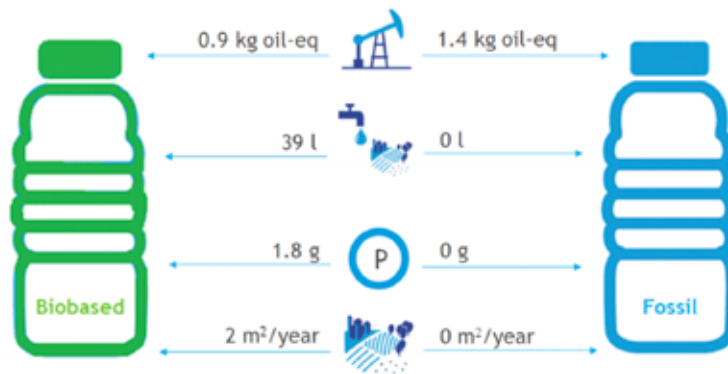
Ook bij de inzet van biomassa voor de productie van kunststoffen die wel kunnen worden gerecycled, zijn kanttekeningen te plaatsen. Bioplastics zijn vanuit klimaatperspectief vaak beter dan fossiele alternatieven. Maar ook hier spelen andere milieu-impacts zoals (I)LUC, nutriëntenkringlopen biodiversiteitsverlies en

27) Rijksoverheid 2018b

28) CE Delft 2017

29) CE Delft 2017

zoetwatergebruik een belangrijke rol (zie Figuur 8), soms zo groot dat zelfs het klimaateffect twijfelachtig wordt³⁰. Ook speelt bij plastics de invloed op de recycling een rol. Sommige bioplastics zijn chemisch identiek aan fossiele plastics (bio-PE en bio-PET) en hebben geen invloed op de recycling. Andere plastics vormen een extra stroom in het afval en zullen daarmee impact hebben op de efficiency van de afvalinzameling en -recycling. Wat de exacte gevolgen voor het milieu zijn van verschillende bioplastics in de verpakingsketen moet nog nader worden onderzocht.



Figuur 8: Vergelijking op milieu-impacts tussen een drankflesje gemaakt uit biobased en fossiel plastic. Bron: CE Delft 2017

CONCURRERENDE BIOMASSASTROMEN

Om een overzicht te geven van welke toepassingen direct met elkaar concurreren om het beperkte aanbod biomassa, zijn de onderstaande tabellen gemaakt. De gewenste toepassingsvolgorde op basis van maatschappelijke wenselijkheid en cascadering loopt van links naar rechts. Daarnaast kan globaal ook gesteld worden, op basis van hoofdstuk 3, dat de aan de biomassastroom gekoppelde duurzaamheidsrisico's talrijker en groter worden van onder naar boven.

Allereerst het overzicht voor biomassa uit bos. Uit Tabel 3 valt af te lezen dat biomassa uit bos het meest hoogwaardig toegepast kan worden voor materiaaltoepassingen, zoals hout als bouw materiaal. De meest laagwaardige toepassing voor biomassa uit bos is het produceren van warmte; daarbij komen veel schadelijke stoffen vrij en de waarde van de biomassa is direct verminderd na verbranding.

Tabel 3: Biomassastromen uit bos

Biomassa-categorie	Bodem-verbeteraar	Materiaal-toepassing	Biobrandstof	Elektriciteits-productie	Warmte-productie
Productiestroom uit bos (hout)	n.v.t.	Yellow	Orange	Red	Dark Red
Primaire nevenstromen uit bos (takken)	Green	Light Green	Yellow	Orange	Red
Secundaire nevenstromen uit bos (zaagsel)	Green	Light Green	Yellow	Orange	Orange
Tertiaire nevenstromen uit bos (oud papier)	n.v.t.	Green	Light Green	Light Green	Yellow

↑ Toename duurzaamheidsrisico's

Voorkeursvolgorde van toepassing o.b.v. maatschappelijke wenselijkheid en cascadering →

30) Liptow et Tillman 2009

Tabel 4: Agrarische biomassa

Biomassa-categorie	Bodem-verbeteraar	Voedsel	Veevoer	Materiaal-toepassing	Bio-brandstof	Elektriciteits-productie	Warmte-productie
Agrarische productie-stroom (bieten)	n.v.t.						
Agrarische primaire nevenstromen (bietenloof)		n.v.t.					
Agrarische secundaire nevenstromen (bietenpulp)		n.v.t.					
Agrarische tertiaire nevenstromen (GFT)		n.v.t.					

↑ Toename duurzaamheidsrisico's

Voorkeursvolgorde van toepassing o.b.v. maatschappelijke wenselijkheid en cascadering →

Omdat biomassastromen met elkaar concurreren om het beperkte aanbod duurzame biomassa, is het noodzakelijk om ook naar alternatieven te kijken. In Tabel 5 staan de verschillende toepassingsgebieden voor biomassa en alternatieven voor het biomassagebruik. In het geval van materiaaltoepassing, biobrandstof en elektriciteits- en warmteproductie kan biomassa het gebruik van fossiele grondstoffen vervangen.

Besparing van biomassa

Voor elke toepassing van biomassa geldt dat een vermindering van het gebruik ervan een duurzaam alternatief is. Dat kan de vorm hebben van minder vliegen, waardoor de vraag naar brandstof daalt. Ook het verminderen van het gebruik van bioplastische verpakkingsmateriaal per product scheelt in de materiaaltoepassing van biomassa. Een ander voorbeeld is een verschuiving van een - dierlijk - eiwitrijk dieet naar een meer plantaardig dieet, waardoor de veestapel krimpt en dus de vraag naar veevoer afneemt. In hetzelfde rijtje valt het tegengaan van voedselverspilling.

Tabel 5: Alternatieven voor biomassa per toepassing

Toepassing	Alternatieven voor biomassa
Bodemverbeteraar	Geen alternatieven beschikbaar
Voedsel	Geen alternatieven beschikbaar
Veevoer	Geen alternatieven beschikbaar
Materialentoepassing	Deels kan er gekeken worden naar alternatieve materialen zoals metaal of steen. Waar dit niet mogelijk is, bijvoorbeeld bij plastic, kan er meer ingezet worden op het sluiten van kringlopen door betere toepassing van grondstoffen door re- en upcycling. Op termijn kan er in het geval van chemie gekeken worden naar productie op basis van uit de lucht gewonnen koolstof (CO ₂) en groene waterstof.
Biobrandstof	<p>Voor personenvervoer en wegtransport tot 400 km: Elektrificatie en verschuiving naar andere vormen van mobiliteit</p> <p>Mobiele werktuigen: Elektrificatie en waterstof</p> <p>Voor wegtransport verder dan 400 km: Groene waterstof, conductie (trolleys etc.) en verschuiving naar andere vormen van mobiliteit</p> <p>Voor scheepvaart: Elektrificatie voor korte afstand (tot 400 km) en waterstof</p> <p>Voor luchtvaart: Overschakelen naar trein binnen Europa en op termijn beperkte elektrificatie</p>
Elektriciteit	Wind, zon en waterkracht, in combinatie met balancerings van de stroomvoorziening door middel van bijvoorbeeld opslag of demand side management.
Warmte	Direct elektrisch verwarmen, het aftappen van warmte uit de bodem, de lucht, het oppervlaktewater, of het afvalwater, geothermie en zonneboilers

Uit de tabel blijkt dat er voor bodemvruchtbaarheid, voedsel en veevoer geen alternatieven voor biomassa zijn. Daarnaast zijn de alternatieven voor scheepvaart en luchtvaart beperkt. Voor de materialentoepassing zal recycling op termijn het logische alternatief zijn. Biobrandstof zal vooral bij de lucht- en scheepvaart ingezet moeten worden. Personenvervoer, mobiele werktuigen en wegtransport tot 400 km kunnen nu al goed elektrisch. Op termijn zal ook het langere-afstandswegtransport op elektriciteit of waterstof kunnen.

In een biobased economie is biomassa-inzet altijd zo veel mogelijk een tijdelijke oplossing. Deze oplossing wordt pas na besparing, elektrificatie en andere technische oplossingen ingezet, en wordt weer uitgefaseerd wanneer nieuwe technische oplossingen meer structurele verduurzaming kunnen realiseren. Dit vanwege de schaarse beschikbaarheid van duurzame biomassa.

Bioraffinage

Het cascaderen van biomassa is een belangrijke voorwaarde voor het duurzaam gebruik ervan. Volgens sommigen is er momenteel een simpele oplossing om bijna alle soorten biomassa op een zo hoog mogelijke trede op de cascaderingsladder te kunnen toepassen, namelijk via raffinage. Daarbij worden eerst nuttige bestanddelen voor de chemie of de eiwitten voor het veevoer uit de biomassa gehaald, waarna het restant alsnog verbrand wordt.

Dit klinkt in theorie heel goed, maar een aantal kanttekeningen moeten worden geplaatst. De vraag naar veevoer en de potentiële vraag van de chemie is veel kleiner dan de potentiële vraag van de energiesector en de transportsector. Nevenproducten uit bioraffinage voor veevoer en chemie zullen dus slechts een klein deel van de vraag kunnen dekken en dit zal dus geen complete oplossing voor de schaarste zijn. Daarnaast zijn er ook functionele toepassingen van biomassa, zoals constructiehout, waarvoor bioraffinage geen optie is. Tot slot: bioraffinage is nog zeer experimenteel. Om dit op te schalen is veel tijd en geld nodig, en dan nog is het de vraag of het niet te energie-inefficiënt en te duur is om duurzaam te kunnen worden toegepast.

KLIMAATWINST BIOMASSA ONDER DE LOEP

Er wordt vaak naar verschillende toepassingen van biomassa vanwege de mogelijke klimaatwinst die te halen is. Uit Figuur 6 blijkt dat de klimaatwinst van biobrandstoffen vaak uiterst beperkt is en in veel gevallen zelfs negatief. Niet alleen voor biobrandstoffen geldt dat de klimaatwinst beperkt is. Ook voor de productie van elektriciteit en warmte is dit het geval. Om die reden hanteert het Verenigd Koninkrijk een emissiefactor voor biomassa van 15 gram per kWh³¹. In Nederland wordt nog steeds met 0 gram per kWh gerekend. Wij bevelen de overheid aan om bij de CO₂-boekhouding te rekenen met de werkelijke emissiefactor van biomassa, zo ontstaat een eerlijke vergelijking tussen biomassa en alternatieven.

Een ander onderbelicht probleem met de toepassing van biomassa voor energie is het risico op het opbouwen van een koolstofschuld. Doordat het een tijd duurt voordat bossen weer zijn aangegroeid zal het inzetten van biomassa uit bos voor energie eerst leiden tot een verhoging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer. Deze tijdelijke verhoging wordt koolstofschuld genoemd. Hoe lang het duurt voordat de koolstofschuld is ingelost is van veel factoren afhankelijk. Om deze reden laten de verschillende studies naar koolstofschuld een bereik zien dat loopt van 80 tot 280 jaar³². Ongeacht het exacte aantal jaar voordat een koolstofschuld geheel is ingelost, heeft het geen zin om voor het klimaat om productiestromen uit bos in te zetten voor energietoepassingen. Om binnen de doelstellingen van het Parijsakkoord te blijven, moet de CO₂-uitstoot op veel kortere termijn omlaag; in 2050 moet de wereldwijde uitstoot vrijwel nul zijn. Daarmee is 80-280 jaar een veel te lange tijdsspanne om op te wachten.

31) UK Government 2018

32) Ter-Mikaelian et al. 2015, Nabuurs et al. 2017, Bird et al. 2010

6. BESLISBOOM

De theorie uit hoofdstuk twee tot en met vijf kan samengevat worden in vier hoofdprincipes die de basis zouden moeten vormen onder de beslissing om biomassa wel of niet toe te staan voor een bepaalde toepassing:

- Hoofdstuk 2: Biomassa is geen homogene productcategorie, maar bestaat uit verschillende stromen die apart beschouwd moeten worden voor wat betreft duurzaamheid en toepassing.
- Hoofdstuk 3: Directe en indirecte negatieve effecten op ontbossing, biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit, voedsel- en waterzekerheid, en landroof moeten afgedekt worden.
- Hoofdstuk 4: Beleid moet de voorkeursvolgorde van inzet versterken en niet verstoren. Deze voorkeursvolgorde is afhankelijk van de specifieke stroom biomassa.
- Hoofdstuk 5: Biomassatoepassing moet vergeleken worden op duurzaamheid (en niet enkel op het klimaat-effect) met alternatieven. Als alternatieven beter scoren, verdienen die de voorkeur voor inzet en stimulering via beleid. Als het alternatief nog ontwikkeld moet worden, dan moet parallel aan de tijdelijke inzet van biomassa deze ontwikkeling ook worden gestimuleerd.

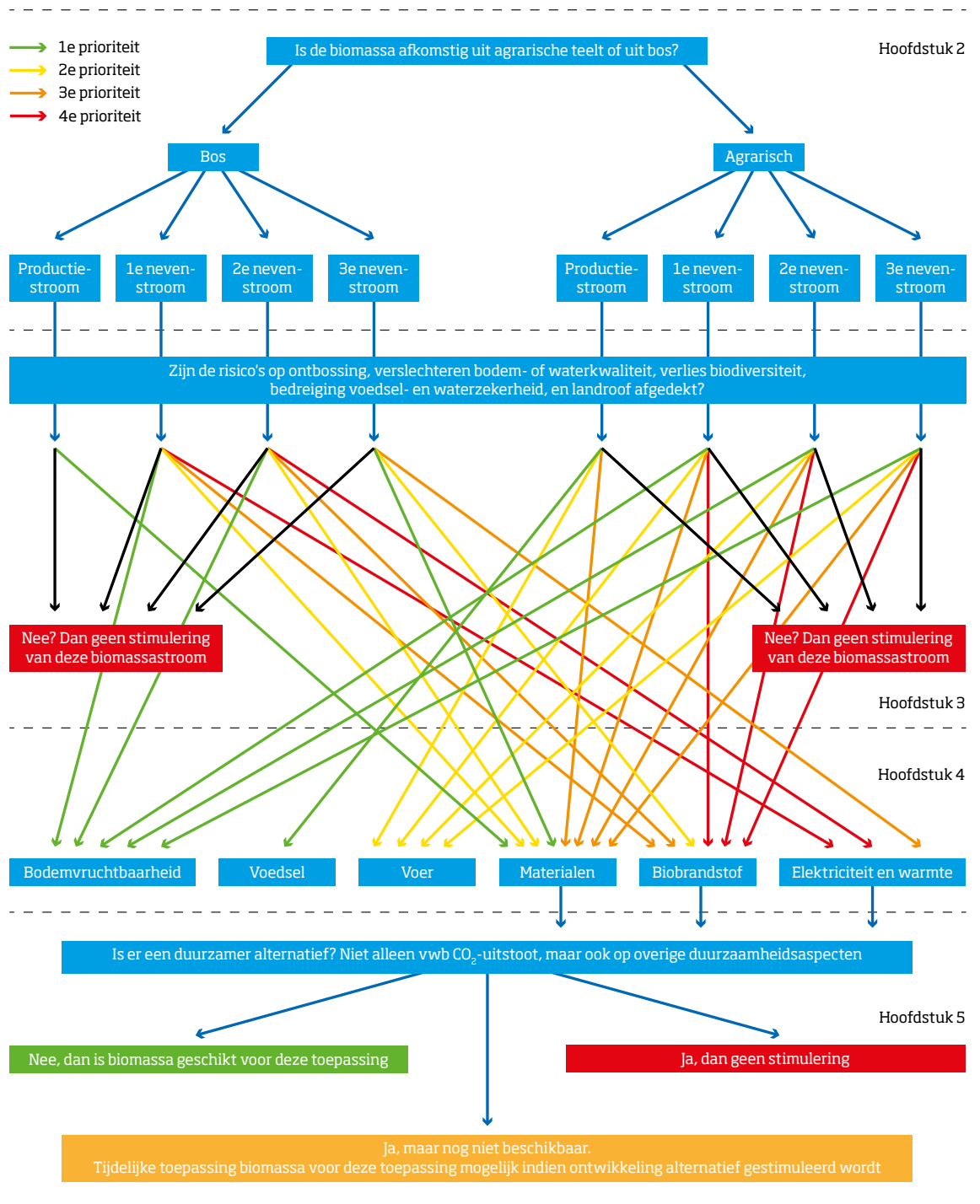
Deze hoofdprincipes zijn gecombineerd tot een beslisboom voor de toepassing van biomassa die gehanteerd kan worden door overheid en bedrijfsleven om de inzet van biomassa en het ondersteunende beleidskader te toetsen. Deze beslisboom is hieronder weergegeven.

Het bovenste deel van de beslisboom behandelt de informatie over het opknippen van biomassa in verschillende stromen, zoals besproken in hoofdstuk 2. Deze onderverdeling is nodig om een zinvolle discussie te kunnen voeren over de duurzaamheidsrisico's (hoofdstuk 3) en de toepassingen (hoofdstuk 4).

Het tweede deel van de beslisboom is waar de duurzaamheid van de biomassastroom wordt geborgd. Hier spelen goede, voldoende brede duurzaamheidscriteria een rol. Deze duurzaamheidscriteria moeten alle vijf duurzaamheidsrisico's uit hoofdstuk 3 afdekken.

Het derde deel van de beslisboom is waar stimulerings- of ontmoedigingsbeleid van de overheid het hardst op ingrijpt. Deze laag van de beslisboom is een eenvoudige en belangrijke toets voor voorgenomen overheidsbeleid op het gebied van biomassa. Door bepaalde toepassingen van bepaalde biomassastromen te stimuleren, kan de gewenste voorkeursvolgorde van inzet worden verstoord of versterkt. Bijvoorbeeld bij de toepassing van nevenstromen voor bodemvruchtbaarheid zal een overheid moeten helpen om deze beweging op gang te krijgen; specifiek gaat dit over het bevorderen van kringlooplandbouw. Dit kan alleen van de grond komen als de overheid de benodigde financiële en wettelijke kaders aanbrengt. Aan de andere kant van het spectrum ligt de energetische toepassing van biomassa. Bij gebrek aan financiële stimulering zal alleen biomassa met een negatieve of zeer lage economische waarde worden toegepast, voor zover dit niet door de hogere treden worden opgesoupeerd. Dit is een wenselijk speelveld dat door overheidsbeleid verder moet worden versterkt, en niet moet worden verstoord.

Het vierde deel van de beslisboom is waar innovatie- en duurzaamheidsbeleid in brede zin terugkomen. De toepassing van biomassa moet altijd gezien worden in het licht van de alternatieven. Als er duurzamere alternatieven zijn, zal overheidsbeleid erop gericht moeten zijn om deze sterker te stimuleren. Als deze alternatieven nog verder moeten worden doorontwikkeld, zal het innovatiebeleid zich daarop moeten richten.



CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Natuur & Milieu biedt met deze visie handvatten voor de verantwoorde inzet van de beperkt beschikbare hoeveelheden biomassa. In hoofdstuk 1 is toegelicht dat er voor Nederland waarschijnlijk maar 190 tot 205 PJ biomassa beschikbaar is, opgedeeld in de verschillende biomassastromen die in hoofdstuk 2 zijn besproken. Bestaand Nederlands beleid zal deze hoeveelheid biomassa al grotendeels opsouperen. Aan de sectortafels van het klimaatakkoord worden plannen gemaakt voor additionele inzet van biomassa tussen 2020 en 2030. Een eerste schatting van PBL op basis van de hoofdlijnen voor een klimaatakkoord komt op 340 tot 570 PJ additionele inzet van biomassa³³. Echter, ook buiten het Klimaatakkoord stijgt de vraag naar biomassa, bijvoorbeeld voor de circulaire economie. In totaal zou de vraag in 2030 een veelvoud kunnen worden van de beschikbare duurzame biomassa. Bijsturing aan de hand van een overkoepelend duurzaamheidskader is nu noodzakelijk. Hiervoor is het belangrijk dat breed gekeken wordt naar de rol van biomassa in de Nederlandse economie, en dat ook de diversiteit van de verschillende types biomassa wordt meegenomen.

Voor een wenselijke toepassing van biomassa in de Nederlandse economie zal het bestaande beleid dan ook herzien moeten worden. Ook moet aanvullend beleid rekening houden met de optimalisatie van de inzet van biomassa.

DUURZAAMHEIDSRISICO'S

Om de duurzaamheid van de in Nederland toegepaste biomassa te garanderen zullen er, onafhankelijk van de toepassing, duurzaamheidscriteria voor biomassa moeten worden afgesproken. Deze criteria moeten voorkomen dat de productie en toepassing van de biomassa direct of indirect leidt tot ontbossing, verslechterde bodem- of waterkwaliteit, verlies biodiversiteit, verminderen voedsel- en waterzekerheid, of landroof.

TOEPASSINGEN

De beperkt beschikbare duurzame biomassa is een waardevolle grondstof die vele toepassingsmogelijkheden kent. Deze toepassingsmogelijkheden kennen een duidelijke voorkeurs-hiërarchie op basis van maatschappelijke waarde en cascadering. Bodemvruchtbaarheid en voedseltoepassingen staan bovenaan. Hiervoor is geen alternatief. Hierna komt het gebruik voor materialen. Het voordeel van een materiaaltoepassing is dat de CO₂ (koolstof) uit biomassa langdurig opgeslagen kan zijn. Biobrandstoffen en warmte en elektriciteitsopwekking staan het laagste op die hiërarchie en kennen alternatieven voor de inzet van biomassa. Daarom is het zonde om schaarse biomassa aan te wenden voor deze toepassingen. Huidig beleid, zoals de SDE-subsidie op bijstook en de bijmengplicht, zorgt ervoor dat de inzet van biomassa niet conform de voorkeurshiërarchie plaatsvindt. Daardoor gaat schaarse biomassa voor waardevoller toepassingen verloren.

BELEIDSAANBEVELINGEN

Om tot een toekomstbestendige inzet van biomassa te komen, doet Natuur & Milieu de volgende beleidsaanbevelingen aan de rijksoverheid:

1. Stel per biomassastroom duurzaamheidscriteria op, onafhankelijk van de toepassing, die voorkomen dat de productie en toepassing van de biomassa direct of indirect leidt tot ontbossing, verslechterde bodem- of waterkwaliteit, verlies van biodiversiteit, verminderen van voedsel- en waterzekerheid, of landroof.
2. Pas het huidige subsidiebeleid voor biomassatoepassingen aan. Momenteel wordt vooral laagwaardige inzet van biomassa gestimuleerd doormiddel van de Stimulering Duurzame Energie (SDE). Er moeten ook enkel toepassingen gestimuleerd worden die op termijn op eigen benen kunnen staan. Dit betekent de volgende dingen:
 - Biomassa moet uit de SDE.
 - Biomassaketels en pelletkachels moeten uit de ISDE.
 - Om de kringlopen te sluiten in de landbouw zullen er meer nevenstromen ingezet moeten worden voor

- bodemvruchtbaarheid en voer in plaats van deze in te zetten als materiaal of brandstof Hier zal nieuw stimuleringsbeleid voor moeten worden ontwikkeld. Dit betekent dan vooral het (professioneel) opwerken van mest en urine en biomassa-reststromen tot bodemverbeteraar moet worden gestimuleerd.
- Stimuleer zo nodig specifieke materiaaltoepassingen in de pilot- en demofase. Maar controleer wel dat voor deze specifieke materiaaltoepassingen de toepassing daadwerkelijk een verbetering is op de vijf duurzaamheidsrisico's is ten opzichte van het (fossiele) alternatief.
3. Voor de uitwerking van de RED2-richtlijn voor transport (EU-richtlijn voor verduurzamen van transportbrandstoffen) moeten biobrandstoffen uit landbouwgewassen en productiehout uitgesloten worden. Er zijn alternatieven beschikbaar die de voorkeur hebben vanuit duurzaamheid.
 4. Zet geavanceerde biobrandstoffen (indien beschikbaar) alleen daar in waar nog geen betere duurzame alternatieven beschikbaar zijn (internationale lucht- en scheepsvaart).
 5. Stimuleer de (ontwikkeling van) duurzame alternatieven voor biomassa. Dit betekent per sector:
 - Elektriciteitssector: Voortzetting van de SDE voor wind en zon zolang dit nog nodig is om te kunnen concurreren met fossiele brandstoffen. Stimuleer alternatieve vormen van CO₂-vrij regelbaar vermogen zoals vraagsturing, waterstof, en batterijopslag (bijvoorbeeld in auto's).
 - Gebouwde omgeving: Voortzetting van de ISDE voor warmtepompen. Stimuleer aardwarmte, aquathermie en warmteopslag als alternatief voor biowarmteketels voor warmtenetten.
 - Industrie: Stimuleer alternatieve productietechnieken. Bijvoorbeeld de productie van synthetische brandstoffen uit groene waterstof en CO₂ uit de lucht³⁴. Stimuleer elektrificatie. Stimuleer hoogwaardige re- en upcycling (circulaire economie).
 - Mobiliteit: Stimuleer elektrisch rijden in OV, personenvervoer vrachtwagentransport en binnenvaart. Zet in op een verschuiving naar meer openbaar vervoer, fiets en lopen en minder asfalt en autogebruik. Hiervoor is ook een herinrichting van het infrabudget van het ministerie van IenW nodig. Momenteel is dit budget vrijwel alleen inzetbaar voor meer asfalt en laat het te weinig ruimte voor investeringen in andere vervoersoplossingen.
 6. Reken bij de toepassing van biomassa met de werkelijke emissie van broeikasgassen over de gehele keten. Dus neem ook de uitstoot mee die ontstaat bij de teelt, de winning en verwerking, en die wordt veroorzaakt door verandering van landgebruik. Dit helpt voor een eerlijke vergelijking met alternatieven.

³⁴) Het is mogelijk om de CO₂ direct uit de lucht af te vangen. Deze techniek heet direct air capture. De afgevangen CO₂ kan vervolgens met waterstof omgezet worden in een vloeibare brandstof.

BRONNENLIJST

Bird et al. 2010, 'The upfront carbon debt of bioenergy'

CBS 2018, 'Biomassa; verbruik en energieproductie uit biomassa per techniek', 3 juli 2018, <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=82004NED>.

CBS 2015, 'Elektriciteitsverbruik 16 keer hoger dan in 1950'.

CE Delft 2017, 'Biobased Plastics in a Circular Economy, Policy suggestions for biobased and biobased biodegradable plastics', september 2017, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/10/24/biobased-plastics-in-a-circular-economy>.

CE Delft 2014, 'Kansen voor warmte'.

Ceballos, G., Ehrlich, P., Barnosky, A., García, A., Pringle, R. 2015, 'Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction', ScienceAdvances, Vol. 1, nr. 5, <http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253>.

Compendium voor de leefomgeving 2014, 'Energieverbruik door verkeer en vervoer, 1990-2013'

Committee on Climate Change 2018, 'Biomass in a low carbon economy'

Daioglou, V., Stehfest, E., Wicke, B., Faaij, A., Van Vuuren, D. 2015, 'Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry', GCB Bioenergy (2016), vol. 8, pp. 456-470.

De Morgen/IPS 2016, 'Zuid-Amerika verliest de strijd tegen woestijnvorming', 30 juli 2016, <http://www.actuali.be/blog/Zuid-Amerika+verliest+de+strijd+tegen+woestijnvorming>.

Deng, Y., Koper, M., Haigh, M., Dornburg, V. 2015, 'Country-level assessment of long-term global bioenergy potential', 4 February 2015.

Dornburg et al. 2008, 'Biomass Assessment: Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy'

Ekamper, P. 2017, 'Wereldbevolking van 7½ naar 11 miljard? Bevolkingsprognose Verenigde Naties', Demos: bulletin over bevolking en samenleving, jaargang 33, vol 7, p.8, <https://www.nidi.nl/nl/demos/2017/07/03>.

Elbersen 2005, 'Biobased Economy info sheet'.

FERN 2016, 'Six problems with BECCS', September 2016.

IEA 2017, 'Technology Roadmap, Delivering Sustainable Bioenergy'.

Independent 2018, "'Hyper-alarming" study reveals dramatic decline of insect population in rainforest', Ben Guarino, 16 oktober 2018, <https://www.independent.co.uk/news/science/insect-population-decrease-hyper-alarming-puerto-rico-rainforest-invertebrate-bugs-america-a8586126.html>.

IPCC 2011, 'Bioenergy; IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Mitigation'.

IRENA 2014, 'Global Bioenergy Supply and Demand Projections'.

Katan, M. (2018), Hoeveel bos is er nodig om elektriciteitscentrales te stoken op hout?, <http://mkatan.nl/76-algemeen/560-hoeveel-bos-is-er-nodig-om-electriciteitscentrales-te-stoken-op-hout>

- Liptow et Tillman 2009, 'Comparative Life Cycle Assessment of Polyethylene based on sugarcane and crude oil'
- MacKay, D. 2009, 'Sustainable energy without the hot air', Cambridge, <http://www.withouthotair.com/cft.pdf>.
- Nabuurs et al. 2017, 'European forests show no carbon debt, only a long parity effect'
- NRC, 2018, 'Biomassa stoken is een ramp voor het klimaat', november 2018, <https://www.nrc.nl/nieuws/2018/11/16/biomassa-stoken-is-een-ramp-voor-het-klimaat-a2755398>.
- OECD 2016, 'Background note, meeting of Agriculture Ministers', april 2016, http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/5_background_note.pdf.
- PBL 2018, 'Notitie: Structurerende rationale voor inzet van duurzame biomassa', Michiel Hekkenberg, Bart Strengers, Jan Ros, 24 mei 2018.
- PBL 2018b, 'Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord'
- PBL 2014, 'Wensen en Grenzen van biomassa'.
- Probos 2018, 'Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtige biomassa in 2030 en 2050'.
- Rijksoverheid 2018a, 'Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden', 8 september 2018, <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden>.
- Rijksoverheid 2018b, 'Transitie-agenda kunststoffen circulaire economie', 15 januari 2018, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/10/24/biobased-plastics-in-a-circular-economy>.
- Rijksoverheid 2017, '180 ondertekenaars Nationaal Grondstoffenakkoord', 24 januari 2017, <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2017/01/24/180-ondertekenaars-nationaal-grondstoffenakkoord>
- Rijksoverheid 2015, 'Biomassa voor 2030', <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2015/12/01/biomassa-2030>.
- Scientias 2017, 'Beschermd natuurgebieden zien driekwart van hun insectenpopulatie verdwijnen'.
- Caroline Kraaijvanger 19 oktober 2017, <https://www.scientias.nl/beschermd-natuurgebieden-zien-driekwart-insectenpopulatie-verdwijnen/>
- Searchinger, T., Beringer, T., Holtsmark, B., Kammen, D., Lambin, E., Lucht, W., Raven, P., Van Ypersele, J.P. 2018, 'Europe's renewable energy directive poised to harm global forests, Nature Communications'.
- Searle, S., en Malins, C. 2015, 'A reassessment of global bioenergy potential in 2050', GCB Bioenergy (2015), vol. 7, pp. 328-336.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennet, E., Biggs, R., Carpenter, S., De Vries, W., De Wit, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G., Persson, L., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. 2015, 'Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet', Science, Vol. 347, Issue 6223, 13 februari 2015, http://www.stockholmresilience.org/images/18.3110ee8c1495db74432676c/1459560265221/PB_FIG33_globaia+16+Jan.jpg, <http://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855.full>
- Ter-Mikaelian et al. 2015, 'Carbon debt repayment or carbon sequestration parity? Lessons from a forest bioenergy case study in Ontario, Canada'

- The Guardian 2017, 'One football pitch of forest lost every second in 2017, data reveals', Damian Carrington, Niko Kommenda, Pablo Gutiérrez en Cath Levett, 27 juni 2018, <https://www.theguardian.com/environment/ng-interactive/2018/jun/27/one-football-pitch-of-forest-lost-every-second-in-2017-data-reveals>.
- Tittonell P. 2013, 'Landbouw ecologisch intensiveren', 14 mei 2013, WUR, <https://www.wur.nl/nl/nieuws-wur/Show/Landbouw-ecologisch-intensiveren.htm>.
- T&E 2016, 'Globiom: the basis for biofuel policy post-2020', April 2016, https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2016_04_TE_Globiom_paper_FINAL_0.pdf.
- T&E 2017, 'Factsheet: Moving ahead, The world without food-based biofuels'.
- UK Government 2018, 'Greenhouse gas reporting: conversion factors 2018', 8 juni 2018, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2018>.
- World Resources Institute 2018, 'By the Numbers: The Value of Tropical Forests in the Climate Change Equation', David Gibbs, Nancy Harris and Frances Seymour, 4 oktober 2018, <https://www.wri.org/blog/2018/10/numbers-value-tropical-forests-climate-change-equation>.
- WWF 2018, 'Soil Erosion and Degradation', <https://www.worldwildlife.org/threats/soil-erosion-and-degradation>.
- WWF 2018, 'Living Planet Report', http://www.livingplanetindex.org/projects?main_page_project=LivingPlanetReport&home_flag=1.
- De Vos, J., Joppa, L., Gittleman, J., Stephens, P., Pimm, S. 2014, 'Estimating the normal background rate of species extinction', 26 August 2014, Conservation Biology, Vol. 29, nr.2, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.12380>.

Colofon

Uitgave

Natuur & Milieu
November 2018
Utrecht

Tekst en inhoud

Natuur & Milieu

Vormgeving

DeUitwerkStudio