



Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen
TECHNISCH RAPPORT



Hoofdstuk 14

Ecosysteemdienst productie van energiegewassen

Andy Van Kerckvoorde, Wouter Van Reeth

Auteurs:

Andy Van Kerckvoorde, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Wouter Van Reeth, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070
www.inbo.be

e-mail:

andy.vankerckvoorde@inbo.be

Wijze van citeren:

Van Kerckvoorde A., Van Reeth W. (2014). Hoofdstuk 14 – Ecosysteemdienst productie van energiegewassen. (INBO.R.2014.1987641). In Stevens, M. et al. (eds.), Natuurrapport – Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2014.1988582, Brussel.

D/2014/3241/156

INBO.R.2014.1987641

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Jurgen Tack

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

Dotterbloemgrasland in Boutersem (Jeroen Mentens/Vildaphoto)

De andere hoofdstukken van het Natuurrapport 'Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen - Technisch rapport' kunt u raadplegen op www.nara.be.

Hoofdstuk 14 – Ecosysteemdienst productie van energiegewassen

Andy Van Kerckvoorde, Wouter Van Reeth

INBO.R.2014.1987641

Hoofdlijnen

- Energie vanuit biomassa is een vorm van hernieuwbare energie en komt tot stand via een breed scala aan productstromen en technieken. De ecosysteemdienst (ESD) 'productie van energiegewassen' omvat een deel van die biomassa. De productie van energie uit biomassa neemt toe en dekte in 2012, mede door het gebruik van geïmporteerde biomassa, iets minder dan 5 % van het energieverbruik in Vlaanderen.
- De Europese richtlijn inzake hernieuwbare energie van 2009 is een belangrijke driver voor de toenemende vraag naar hernieuwbare energie. In België wordt verwacht dat de bijdrage van biogebaseerde energie daarin tegen 2020 zal oplopen tot 89 % voor transport, 78 % voor groene verwarming en koeling en 48 % voor groene stroom.
- Het actueel aanbod in Vlaanderen van de ESD productie van energiegewassen omvat 2 PetaJoule (10^{15} Joule) per jaar. Dit dekt 0,13 % van de totale binnenlandse (Vlaamse) energievraag. Dit aanbod komt tot stand via ongeveer 250.000 hectare landoppervlakte, waaronder 6.900 ha landbouwgrond.
- Van het Vlaams actueel aanbod van silo- en korrelmaïs en suikerbiet wordt minder dan 2 % gebruikt voor energiedoeleinden, het grootste deel gaat naar voedselproductie. Het Vlaams actueel aanbod van kool- en raapzaad en granen ligt lager dan wat we voor energiedoeleinden gebruiken. Het tekort (> 50 %) wordt geïmporteerd uit het buitenland. Maaisel wordt nauwelijks (< 1 %) gebruikt voor de productie van energie.
- Van het Vlaams potentieel aanbod van houtige biomassa voor biogebaseerde energie wordt 5,5 % daadwerkelijk geoogst en gebruikt. Het grootste deel van de houtige biomassa die wordt gebruikt voor energiedoeleinden is afkomstig uit buitenlandse ecosystemen.
- De teelt van energiegewassen creëert een gedeeltelijke trade-off met de ESD voedselproductie en houtproductie en veroorzaakt directe en indirecte veranderingen in het landgebruik. Het aanwenden van reststromen voor energiedoelen heeft als belangrijk voordeel dat hiervoor nauwelijks bijkomende landoppervlakte vereist is. Er doet zich ook geen trade-off voor met de ESD voedselproductie en houtproductie.
- De teelt van éénjarige energiegewassen vereist een hogere input aan meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en kent een intensiever landgebruik dan de teelt van meerjarige energiegewassen. De concrete impact van de toename van landoppervlaktes voor energieteelten op biodiversiteit en milieu, hangt af van het oorspronkelijke landgebruik en van de teeltkeuze inzake gekweekte gewassen.
- De soortenrijkdom van graslanden gericht op een hoge biomassaproductie is lager doordat slechts enkele hoog-productieve soorten er domineren. Bossen gericht op een hoge biomassaproductie hebben weinig structuurvariatie en geringe volumes aan dood hout waardoor de ecologische waarden eerder beperkt zijn. Het oogsten van tak- en top hout uit bossen kan de nutriëntenbalans verstoren en verzuring van de bodem in de hand werken.
- De veronderstelde reductie aan broeikasgasemissies bij het aanwenden van bepaalde biogebaseerde brandstoffen ten opzichte van fossiele brandstoffen wordt meer en meer in vraag gesteld, vooral wanneer rekening wordt gehouden met de vrijgekomen broeikasgassen door (1) directe en indirecte veranderingen in het landgebruik en (2) de omzetting van biogebaseerde brandstoffen in energie.
- Een toekomstig groter gebruik van biogebaseerde brandstoffen als gevolg van beleidsdoelstellingen, kan zorgen voor een hoge import aan biomassa en biogebaseerde brandstoffen. Dit kan in de aanvoergebieden aanleiding geven tot directe en indirecte veranderingen in het landgebruik, een veranderend bosbeheer of tot landspeculatie met nadelige gevolgen voor de plaatselijke bevolking.

Inhoudsopgave

Hoofdpijnen.....	4
Inhoudsopgave	5
Inleiding en leeswijzer	6
1. Productie van energiegewassen in Vlaanderen	8
1.1. Probleemstelling.....	8
1.2. Wat verstaan we onder 'biomassa' ?	8
1.3. Wat verstaan we onder 'productie van energiegewassen' ?	9
1.4. Hernieuwbare energie en biogebaseerde brandstoffen.....	10
1.5. De ESD-cyclus van productie van energiegewassen	13
1.6. Van energiegewas tot biogebaseerde energie.....	18
2. Actuele toestand van de ESD.....	20
2.1. Fysische geschiktheid.....	20
2.2. Potentieel aanbod.....	22
2.3. Actueel aanbod	29
2.4. Vraag.....	35
2.5. Gebruik.....	36
2.6. Synthese	37
3. Trend van de ESD	39
3.1. Trends in het aanbod	39
3.2. Trends in de vraag en het gebruik	39
3.3. Aandeel hernieuwbare energiebronnen in totaal bruto energiegebruik	43
4. Drivers voor vraag en aanbod van de ESD.....	46
4.1. Indirecte drivers.....	46
4.2. Directe drivers	53
5. Productie van energiegewassen en biodiversiteit	57
5.1. De rol van biodiversiteit voor de ecosysteemdienst.....	57
5.2. Het effect van de ecosysteemdienst op milieu en biodiversiteit.....	59
6. Maatschappelijk welzijn en waardering	65
6.1. Maatschappelijk belang en waardering van de productie van energiegewassen.....	65
6.2. Belang en waardering voor leveranciers en verwerkers van energiegewassen	65
6.3. Indirecte welzijns- en welvaartseffecten van de productie en het gebruik van energiegewassen	66
7. ESD-interacties en duurzaam gebruik	68
7.1. Impact van het gebruik van energiegewassen op het toekomstig aanbod ervan	68
7.2. Impact van het gebruik van energiegewassen op de huidige én toekomstige levering van andere ecosysteemdiensten	68
7.3. Impact van de vraag naar en het gebruik van energiegewassen op ecosysteemdiensten elders in de wereld	74
7.4. Limieten en voorwaarden voor het gebruik van energiegewassen	74
7.5. Vergroten van positieve impacts en beperking van negatieve impacts in de praktijk	75
8. Kennislacunes	78
8.1. Kwantificering van de stromen	78
8.2. Koolstofschuld.....	78
8.3. Indirecte veranderingen in het landgebruik.....	78
8.4. Biodiversiteit.....	78
8.5. Van wieg tot graf.....	78
Lectoren	80
Referenties.....	81
Bijlage 1 Karteringsprocedures	89
Bijlage 2 Kartering van potentieel en actueel aanbod per energiegewas of per ecosysteem.....	94
Bijlage 3 Gemeenten waar vergistings-installaties in werking of in opstart zijn.....	98

Inleiding en leeswijzer

NARA-T 2014 bespreekt de toestand en trend van 16 ecosysteemdiensten in Vlaanderen. Ecosysteemdiensten (ESD) zijn de voordelen die de samenleving ontvangt van ecosystemen onder de vorm van materiële en immateriële goederen en diensten. Die ecosysteemdiensten worden geanalyseerd op basis van het analytisch kader van de ESD-cyclus (zie hoofdstuk 2 en Figuur 2).

In dit hoofdstuk bespreken we de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen'. Hiermee bedoelen we de productie, door een ecosysteem, van plantaardige biomassa die kan worden geconverteerd tot biogebaseerde brandstof (bv. biodiesel, houtskool) of die rechtstreeks kan worden aangewend voor het opwekken van energie (bv. brandhout). De analyse in dit hoofdstuk richt zich voornamelijk op drie biomassastromen: (1) niet-houtige gekweekte energiegewassen (bv. granen, suikerbieten, maïs, koolzaad), (2) maaisel (bv. uit bermen, tuinen of uit natuurgebieden) en (3) houtige biomassa (bv. tak- en tophout van bomen, kortomloophout).

In het **eerste deel** van dit hoofdstuk definiëren we de ecosysteemdienst en bespreken we het verband met biogebaseerde brandstoffen en hernieuwbare energie. Verder geven we aan welke biomassastromen, landgebruiken en belanghebbenden betrokken zijn bij het aanbod van de dienst en wie de voornaamste rechtstreekse en onrechtstreekse gebruikers zijn. **Deel 2** beschrijft de actuele toestand van de ecosysteemdienst. We kwantificeren het aanbod van energiegewassen in Vlaanderen. Vervolgens gaan we na in hoeverre dit aanbod de vraag naar energiegewassen dekt of kan dekken, en hoe die energiegewassen vooral worden gebruikt. Omdat het aanbod van en de vraag naar ecosysteemdiensten sterk kan verschillen in functie van ruimtelijke factoren, presenteren we de toestand van ecosysteemdiensten in NARA-T waar mogelijk aan de hand van kaarten (zie kader 1). **Deel 3** bespreekt de trend in het aanbod, de vraag en het gebruik van de ecosysteemdienst in Vlaanderen gedurende de voorbije 20 jaar ($\pm$ sinds 1990). In **deel 4** bespreken we de directe en indirecte drivers voor de vraag naar en het aanbod van energiegewassen. We doen dit op basis van de drivers die ook in het Millennium Ecosystem Assessment (Reid et al., 2005) onderscheiden worden, maar vullen die in vanuit de Vlaamse context. **Deel 5** bespreekt in welke mate het gebruik van de dienst de biodiversiteit beïnvloedt. In **deel 6** bespreken we de belangrijkste rechtstreekse welzijns- en welvaartseffecten van de ecosysteemdienst en gaan we na hoe die effecten kunnen worden gewaardeerd. In **deel 7** wordt onderzocht in hoeverre de huidige trend in

Kader 1: Kartering van de productie van energiegewassen

Voor de beschrijving, kwantificering en kartering van het **aanbod** aan energiegewassen maken we onderscheid tussen de fysische geschiktheid van het ecosysteem voor de levering van de dienst, het potentieel aanbod van de dienst en het actueel aanbod. De *fysische geschiktheidskaart* toont waar het ecosysteem fysisch meer of minder geschikt is, bijvoorbeeld in functie van de bodemtextuur of de helling. De *potentieel aanbodkaart* toont hoeveel energiegewas er in theorie jaarlijks kan geproduceerd worden, op basis van de fysische geschiktheid en de huidige bodembedekking. Zo gaan we er bijvoorbeeld van uit dat op plaatsen waar de bodem momenteel bedekt is door gebouwen of harde infrastructuur, geen energiegewassen kunnen worden geproduceerd. Voor de *actueel aanbodkaart* wordt naast de fysische geschiktheid en de huidige bodembedekking ook het huidig landgebruik, beheer en beleid in rekening gebracht. Zo zal de hoeveelheid top- en spilhout die een hectare bos levert, variëren in functie van het toegepast bosbeheer.

De **vraag** naar energiegewassen vloeit in belangrijke mate voort uit consumptie- en productiekeuzen inzake energie en landgebruik in Vlaanderen maar ook uit buitenlandse productie- en consumptieketens. Die keuzen worden ondermeer beïnvloed door impulsen die het beleid geeft, bijvoorbeeld in het kader van de doelstellingen inzake hernieuwbare energie.

Het **gebruik** van de dienst tenslotte, verwijst naar waar en in welke mate de geproduceerde energiegewassen ook daadwerkelijk afgenomen én gebruikt worden, bijvoorbeeld voor de productie van groene stroom of van biogebaseerde brandstoffen.

In principe kunnen we al deze elementen omschrijven, kwantificeren en karteren. In de praktijk wordt dit beperkt door leemten in kennis of data. Voor de productie van energiegewassen kunnen we momenteel de fysische geschiktheid, het potentieel en het actueel aanbod karteren. We doen dit afzonderlijk voor niet-houtige gekweekte energiegewassen, voor maaisel en voor houtige biomassa.

het aanbod van energiegewassen duurzaam is en in hoeverre die trend de beschikbaarheid van andere ecosysteemdiensten beïnvloedt, nu en in de toekomst. Hiervoor analyseren we de interacties tussen het aanbod en het gebruik van de productie van energiegewassen en andere ecosysteemdiensten op verschillende ruimtelijke schaalniveaus en doorheen de tijd. De impact van de conversie van energiegewassen naar biogebaseerde brandstoffen en van het gebruik van biobrandstoffen is vooral een technologisch verhaal en valt grotendeels buiten de scope van dit natuurrapport. **Deel 8** tenslotte geeft een overzicht van de kennis die nog ontbreekt voor het kwantificeren, in kaart brengen en waarderen van deze ecosysteemdienst.

1. Productie van energiegewassen in Vlaanderen

1.1. Probleemstelling

Energie, afkomstig uit biomassa, dekt momenteel in Vlaanderen minder dan 5 % van het bruto binnenlands energieverbruik (Jespers et al., 2013). Toch is biomassa vandaag de dag nog moeilijk weg te denken uit ons dagelijks energiegebruik. Voor verwarming worden hout of pellets veelvuldig gebruikt. Biogebaseerde brandstoffen worden in diesel of benzine bijgemengd zodat onrechtstreeks soja, koolzaad, palmolie en andere biomassastromen worden gebruikt (Geertsma, 2014). Het mengen van bio-ethanol of biodiesel in benzine of diesel van fossiele oorsprong is slechts één van de maatregelen die voortvloeien uit de Europese richtlijn 2009/28/EG ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen (Europese Unie, 2009a). Die richtlijn stelt voor België voorop dat tegen 2020 (1) minimaal 13 % van het energieverbruik uit hernieuwbare energievormen bestaat en dat (2) minimaal 10 % aan hernieuwbare energie in transport aanwezig is. In 2012 bedroeg het aandeel hernieuwbare energie in het totale bruto finale energieverbruik in Vlaanderen 5,5 % (zie Tabel 2). Bij een voortzetting van het huidige beleid valt dus nog een toename in de productie en het gebruik van biogebaseerde brandstoffen te verwachten.

Het toenemend gebruik van biogebaseerde en andere hernieuwbare energie voor transport, verwarming & koeling of elektriciteitsproductie vloeit onder meer voort uit het groeiend bewustzijn over de ernst en impact van de klimaatverandering, de verwachte schaarste en stijgende prijzen van fossiele brandstoffen en het afnemend draagvlak voor kernenergie. Voor de hernieuwbare energie uit biomassa is die toenemende trend omstreden. Met name voor het gebruik van biobrandstoffen van de 'eerste generatie' (zie paragraaf 1.4), worden negatieve sociale en ecologische effecten vastgesteld. Het gebruik van voedselgewassen of hout voor energieproductie komt in concurrentie met voedselproductie of met het gebruik van die grondstoffen voor de houtindustrie. Het genereert een opwaartse druk op voedselprijzen, leidt tot landroof bij kleine grondeigenaars in ontwikkelingslanden en genereert een toenemende druk om natuurlijke ecosystemen (bv. tropisch regenwoud) verder te cultiveren voor voedsel- en houtproductie. Anderzijds is de productie van biobrandstoffen inmiddels een commerciële activiteit geworden die nuttige (bv. eiwitrijke) bijproducten, tewerkstelling en bedrijfswinsten oplevert. Economische stakeholders zien een afbouw van het gebruik van biogebaseerde brandstoffen vooral als een rem op hun economische activiteit en pleiten voor een behoud van de huidige energiedoelen.

Eén van de kernvragen in deze problematiek gaat over de mate waarin onze ecosystemen in de toekomst de vraag naar biogebaseerde energie zullen kunnen blijven voldoen en welke trade-offs en keuzen dit meebrengt. Ook in Vlaanderen is de productie van biogebaseerde brandstoffen en groene stroom een economische activiteit die afhangt van zowel lokaal geproduceerde als geïmporteerde biomassa. Wat is het belang van de lokaal geproduceerde biomassa ten opzichte van de lokale vraag naar biogebaseerde energie? Wat is het belang van energiegewassen (plantaardige biomassa) hierin? Welke belanghebbenden kunnen dit aanbod leveren? In hoeverre interfereert het gebruik van plantaardige biomassa met andere ecosysteemdiensten? Levert dit gebruik nettobaten op? Dit zijn enkele van de vragen waarop we via de ESD-benadering van energiegewassen in dit hoofdstuk een antwoord zoeken.

In het vervolg van deze paragraaf definiëren we eerst welke productstromen concreet deel uitmaken van die biomassa (1.2), hoe we de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' precies definiëren en welke landgebruiken daarbij betrokken zijn (1.3). Vervolgens geven we een aantal definities inzake biogebaseerde brandstoffen en energie die voor de rest van dit hoofdstuk van belang zijn (1.4). Ten slotte geven we via het raamwerk van de ESD-cyclus een algemeen overzicht van hoe de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' 'werkt' in Vlaanderen (1.5).

1.2. Wat verstaan we onder 'biomassa' ?

Biomassa is de biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van biologische oorsprong uit de landbouw (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, met inbegrip van de visserij en de aquacultuur, alsmede de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval (Europese Unie, 2009a). Biomassa kan worden beschouwd als organisch materiaal waarin energie is opgeslagen in de vorm

van chemische verbindingen. Door het verbreken van die verbindingen, bijvoorbeeld bij verbranding of decompositie, komt er energie vrij (McKendry, 2002a).

We onderscheiden een twintigtal verschillende productstromen voor energieopwekking uit biomassa. Die indeling volgt grotendeels de inventaris biomassa (Braekevelt & Schelfhout, 2013):

1. gekweekte energiegewassen: niet-houtige gewassen zoals koolzaad, maïs en andere granen, aardappel, suikerbiet, zonnebloem, rietgras (*Phalaris arundinacea*), *Sorghum*, hennep, vingergras (*Panicum virgatum*), silphie (*Silphium perfoliatum*), igniscum (*Fallopia sachalinensis*), mosterdzaad, lijnzaad; houtige gewassen zoals korte-omloophout (wilg, populier), *Miscanthus* en bamboe;
2. biomassastromen (maaisel of houtige biomassa) uit natuur- en bosgebieden (bv. terreinen in eigendom van of in beheer van het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB), Natuurpunt, vzw Durme, Limburgs Landschap, bosgroepen...);
3. stromen uit parkgebieden (bv. via gemeenten of ANB);
4. stromen uit transportinfrastructuur (bv. wegbermen in beheer bij het Agentschap Wegen en Verkeer, gemeenten of provincies; berm langs waterwegen in beheer bij Waterwegen en Zeekanaal of De Scheepvaart; spoorwegbermen in beheer bij de NMBS; graslanden geassocieerd met luchthavens);
5. stromen uit recreatiegebieden (bv. golf- of voetbalterreinen);
6. stromen uit kleine landschapselementen (KLE's) zoals (knot)bomenrijen, houtkanten, hagen, bomenrijen, solitaire bomen, perceelsranden, bufferzones, hoogstamboomgaarden;
7. stromen uit onderhoud en beheer van particuliere tuinen en bedrijventerreinen ('groenafval');
8. stromen uit onverzegelde bedrijven- of haventerreinen;
9. GFT-afval gezinnen;
10. gewasresten en productieverliezen van land- & tuinbouwsector;
11. houtafval van bedrijven of huishoudens;
12. organisch-biologische stromen uit de voedingsindustrie;
13. organisch-biologische fractie van restafval van huishoudens en bedrijven (bv. uit voedingsindustrie, horeca, tuinbouw, papierindustrie, textielindustrie, distributiesector);
14. dierlijk afval;
15. mest;
16. frituurvetten en -oliën;
17. algen;
18. slib met organisch-biologische fractie;
19. importstromen (bv. houtpellets, palmolie, soja producten,...).

1.3. Wat verstaan we onder 'productie van energiegewassen' ?

We kwantificeren en karteren de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' voor Vlaanderen op basis van de productstromen 1–8 en gedeeltelijk productstroom 9 (biomassa afkomstig van tuinen). Deze stromen hangen ook het meest rechtstreeks samen met de toestand en trends van de ecosystemen die in NARA wordt gerapporteerd (zie Tabel 1). De overige stromen hangen vooral samen met technologische, productie- en consumptieprocessen en minder met (veranderingen in) ecosysteemstructuren en -functies. Om die reden worden zij niet meteen als 'ecosysteemdienst' beschouwd. Voor een algemene stand van zaken over het gebruik van hernieuwbare energie in Vlaanderen en de trends daarin, kijken we naar alle stromen die hiervoor worden aangewend. Het kwantificeren en karteren van de ESD uit houtige stromen gebeurt via het tak- en top hout en de ondergrondse houtige biomassa.

We kwantificeren de productie van energiegewassen door de hoeveelheid biomassa van de hierboven vermelde productstromen te vermenigvuldigen met de theoretische energie-inhoud ervan. Dit wordt uitgedrukt in de eenheid joule per oppervlakte-eenheid en per jaar.

Naast het tak- en tophout en de ondergrondse houtige biomassa wordt er ook spilhout (stam) als brandhout gebruikt. Het kwantificeren van spilhout (stam) maakt deel uit van de ESD houtproductie (zie hoofdstuk 13). Een deel van het spilhout wordt aangewend als grondstof voor de houtverwerkende industrie (bv. timmerhout, vezelhout), een ander deel wordt aangewend door particulieren voor eigen gebruik of via een informele markt. Gegevens hierover zijn slechts bij benadering bekend en worden waar mogelijk in het vervolg van dit hoofdstuk aangehaald.

Tabel 1 geeft een overzicht van de ecosysteem- en landgebruiksklassen die betrokken zijn bij het aanbod van de ecosysteemdienst. De ecosystemen zijn gerangschikt volgens een gradiënt natuurlijk (groen) – antropogeen (rood).

1.4. Hernieuwbare energie en biogebaseerde brandstoffen

Energie wordt in dit rapport omschreven als een verandering van toestand die de mens een zeker nut of een bepaalde dienst oplevert. Enkele voorbeelden hiervan zijn het transporteren van goederen of personen van punt A naar punt B; het garen van vlees in een pan op de elektrische kookplaat; het met een verwarmingstoestel of toestel voor airconditioning opwarmen of afkoelen van een ruimte; het verlichten van een ruimte; de productie van grondstoffen of goederen via industriële processen (MIRA, 2011a). Binnen dit kader kunnen er drie vormen van energiediensten worden onderscheiden (Pedroli et al., 2013):

- elektriciteit,
- verwarming en koeling,
- transport.

De internationale (SI) eenheid van energie is joule (symbool J). De joule is gedefinieerd als de energie die nodig is om een object te verplaatsen met een kracht van 1 newton over een afstand van 1 meter. Hierbij is 1 newton de kracht die nodig is om een massa van 1 kg een versnelling van 1 m/s^2 te geven. Een joule (1 J) is een betrekkelijk kleine hoeveelheid energie. Om die reden gebruikt men meestal veelvoud van joule:

- MJ: megajoule, $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$,
- GJ: gigajoule, $1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ J}$,
- TJ: terajoule, $1 \text{ TJ} = 10^{12} \text{ J}$,
- PJ: petajoule, $1 \text{ PJ} = 10^{15} \text{ J}$.

Een andere veel gebruikte eenheid is de kilowattuur, afgekort kWh. Deze eenheid is afgeleid van het natuurkundige 'vermogen'. Vermogen (SI-eenheid Watt, symbool W) is de hoeveelheid energie (in joule) die per tijdseenheid (in seconde) wordt gebruikt of opgewekt waarbij per definitie $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$. Hieruit volgt dat $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$.

Niet-hernieuwbare energie wordt dikwijls gehaald uit fossiele brandstoffen (o.a. aardolie, aardgas, steenkool) en minerale grondstoffen (bv. uranium-, plutonium- en thoriumertsen). Deze energiebronnen zijn eindig. Het gebruik ervan leidt immers tot een vermindering van de omvang van de voorraad op aarde omdat die voorraad in principe niet snel genoeg kan worden aangevuld. Zo gebeurt de omzetting van biomassa tot fossiele brandstoffen op een tijdschaal van duizenden tot miljoenen jaren. De uranium-, plutonium- en thoriumvoorraden op aarde zijn het resultaat van de vorming van ons zonnestelsel miljarden jaren geleden (MIRA, 2011a).

Hernieuwbare energie verwijst in het algemeen naar energie uit bronnen die geen vermindering van de omvang van de voorraad op aarde als gevolg hebben (bv. zon, wind, waterkracht en getijden) of uit energiebronnen waarvan de voorraad relatief snel kan worden aangevuld (bv. biomassa) (MIRA, 2011a). Biomassa wordt in het algemeen als bron van hernieuwbare energie beschouwd. Groene stroom verwijst naar elektriciteitsproductie uit hernieuwbare energiebronnen. Groene verwarming en koeling is warmteproductie of koeling uit hernieuwbare energiebronnen.

Biogebaseerde brandstoffen zijn vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen die gewonnen zijn uit biomassa en gebruikt worden voor energiedoelen. Biogebaseerde energie verwijst naar energie uit biogebaseerde brandstoffen.

Tabel 1. *Ecosystemen en landgebruiksklassen betrokken bij de productie van energiegewassen volgens de gradiënt natuurlijk-antropogeen.*

ongerepte ecosystemen	ecosystemen met een hoge mate van natuurlijkheid	gecultiveerde ecosystemen waarin ecologische processen en structuren worden gestuurd	gecultiveerde ecosystemen waarin ecologische processen technologisch of op industriële schaal worden gestuurd	ruimte waarin ecologische processen grotendeels worden geweerd of geneutraliseerd
komen niet voor in Vlaanderen	halfnatuurlijk structuurrijk bos	halfnatuurlijk structuurarm bos	productiebos	bedrijventerrein
	halfnatuurlijk structuurrijk parkgebied	ecologisch beheerd parkgebied	parkgebied	haventerrein
	halfnatuurlijk grasland	ecologisch beheerd recreatieterrein	recreatieterrein	luchthaven
	moeras	permanent cultuurgrasland met botanisch beheer	permanent cultuurgrasland	gebouwen (*)
	rietland	ecologisch beheerde (moes)tuin	tijdelijk cultuurgrasland	cultuur van algen of bacteriën (*)
	ruigte	ecologisch beheerd klein landschapselement	conventionele akkerbouw	biobrandstofcel (*)
	heide	ecologisch beheerd klein landschapselement	conventionele tuinbouw (inclusief glastuinbouw) (*)	
		hoogstamboomgaard	niet-ecologisch beheerd kleine landschapselement	
		duurzame landbouw	solitaire boom	
		biologische landbouw	laan met bomen	
		agro-ecologische landbouw	aangelegd moeras	
			(moes)tuin	

(*) De reststromen of de biogebaseerde energie afkomstig van ecosystemen gemarkeerd met een (*) zijn niet meegerekend bij het kwantificeren en karteren van het ESD-aanbod.

Een veel gebruikte indeling van biogebaseerde brandstoffen gebeurt op basis van het inputmateriaal (Nigam & Singh, 2011). Eerste generatie biogebaseerde brandstoffen zijn brandstoffen die worden geproduceerd uit granen en zaden van voedsel- of voedergewassen, zoals koolzaad, tarwe, suikerbiet of -riet. Tweede generatie biogebaseerde brandstoffen worden geproduceerd uit lignocellulosehoudend materiaal (niet-voedselgewassen). Derde generatie biogebaseerde brandstoffen worden gewonnen uit algen.

Het gebruik van een hernieuwbare energiebron is niet noodzakelijk duurzaam. Bij duurzaam energieverbruik spelen immers drie aspecten een rol: het niet uitputten van grondstoffen, het vermijden van milieubelastende effecten, en de duurzame bijdrage aan de sociale en economische ontwikkeling (MIRA, 2011a) (zie ook Hoofdstuk 2).

De omvang van hernieuwbare energie in Vlaanderen voor 2012 wordt beschreven in de inventaris duurzame energie (Jespers et al., 2013). Enkele gegevens hieruit worden opgelijst in Tabel 2. In 2012 was het aandeel van hernieuwbare energie in het totaal Vlaams bruto finaal energieverbruik 5,5 %. Het aandeel energie uit hernieuwbare bronnen in het bruto eindverbruik van elektriciteit in Vlaanderen was zo'n 10 %. 52 % van de totale bruto groenestroomproductie was afkomstig van biogebaseerde brandstoffen (vast, vloeibaar en gas). Het aandeel energie uit hernieuwbare bronnen in het bruto eindverbruik voor verwarming en koeling was 4,5 %. Biogebaseerde brandstoffen waren in 2012 verantwoordelijk voor 96 % (zie voetnoot c bij Tabel 2) van de groene verwarming en koeling, het overige gedeelte werd verwezenlijkt door zonneboilers, warmtepompen en -pompboilers. Het aandeel energie uit hernieuwbare bronnen in het bruto eindverbruik van transport bedroeg 4,5 % in 2012 waarvan het aandeel van biogebaseerde brandstoffen (via biodiesel en bio-ethanol) ongeveer 99 % was. Het overig % werd verwezenlijkt door het aanwenden van groene stroom in het vervoer (voornamelijk treinen). In 2012 had biogebaseerde energie een aandeel van 4,6 % in het totale energieverbruik in Vlaanderen.

Tabel 2. *Het aandeel hernieuwbare energie en het aandeel van biogebaseerde brandstoffen in het totaal bruto finaal energieverbruik, in het totaal bruto finaal elektriciteitsverbruik, in het bruto eindverbruik voor verwarming en koeling en in het bruto eindverbruik voor transport in 2012 voor Vlaanderen (bron: inventaris duurzame energie: Jespers et al., 2013).*

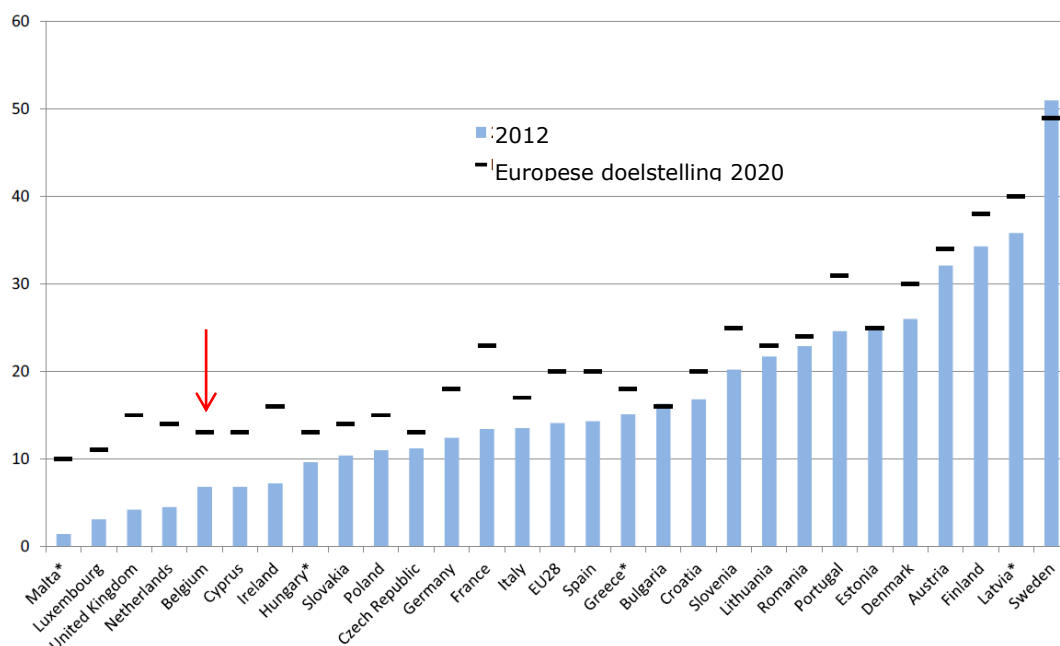
	totaal (%)	elektriciteit (%)	verwarming & koeling (%)	transport (%)
aandeel van hernieuwbare energie	5,5	10,1	4,5	4,5
aandeel van biogebaseerde brandstoffen in hernieuwbare energie		52,1^a	95,9^{a,c}	98,7^b

a: Het aandeel van biogebaseerde brandstoffen is bepaald door het samennemen van het aandeel van 'vaste en vloeibare biomassa' en 'biogas'.

b: Het aandeel van biogebaseerde brandstoffen is bepaald door het aandeel van biodiesel en bio-ethanol.

c: De biomassa die voor de berekening van de biogebaseerde brandstof in aanmerking werd genomen, bevat voor 'verwarming en koeling' ook het hernieuwbaar deel van afval, voor 'elektriciteit' is dit hernieuwbaar deel van afval niet mee inbegrepen.

Het aandeel van hernieuwbare energie in het totale bruto energieverbruik voor verschillende Europese landen in 2011 is aangegeven in Figuur 1. Het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in België behoort tot de laagste binnen Europa.



Figuur 1. Het aandeel van hernieuwbare energie in het totale energieverbruik in 2012 en de Europese 2020-doelstellingen voor verschillende Europese landen (bron: Eurostat; <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>). De rode pijl geeft de plaats aan van België.

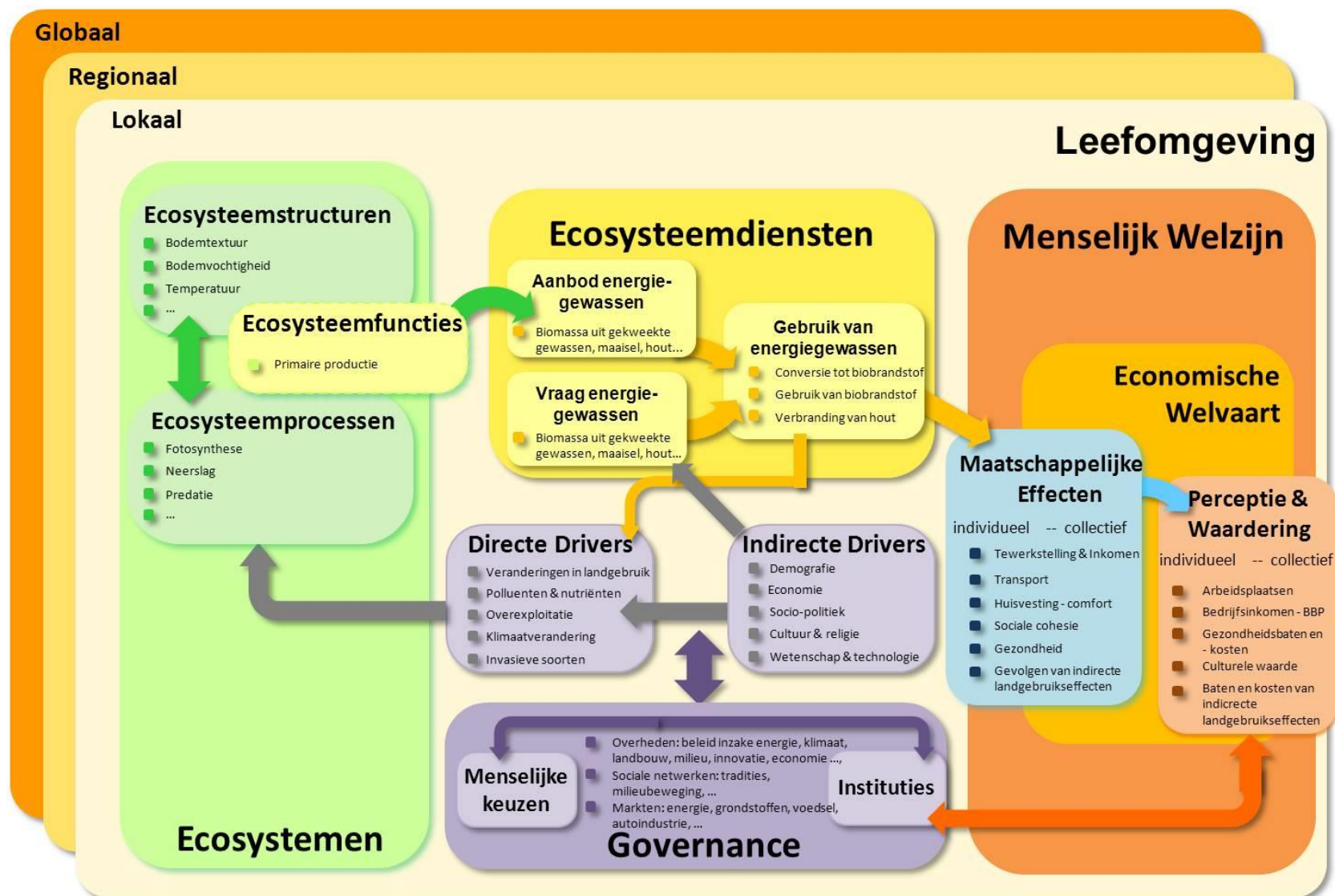
1.5. De ESD-cyclus van productie van energiegewassen

De ESD-cyclus (zie Figuur 2) geeft een vereenvoudigd overzicht van de relaties tussen ecosystemen, de productie van energiegewassen en menselijk welzijn. Een meer algemene bespreking van deze benadering is opgenomen in Hoofdstuk 2.

We gebruiken energie om ons te huisvesten en te voeden, om te werken, ons te verplaatsen of ons te onspannen. Die activiteiten genereren indirect ook een vraag naar energiebronnen. De **vraag naar productie van energiegewassen** voor het produceren van biogebaseerde energie vormt hier een onderdeel van. Welk type biomassa we nodig hebben en hoeveel, wordt beïnvloed door **indirecte drivers** zoals ontwikkelingen in wetenschap & technologie (bv. technische mogelijkheden en rendement van de energieproductie), door politieke stimuli en doelstellingen (bv. doelstellingen & regelgeving in het klimaat-, energie- en landbouwbeleid), door economie (bv. kostprijs van alternatieve energiebronnen), door demografie (bv. aantal consumenten) en door cultuur en traditie (bv. consumptievoorkeur inzake hernieuwbare energie).

Het **aanbod inzake productie van energiegewassen** omvat voor Vlaanderen onder meer biomassa van gekweekte energiegewassen, biomassa van maaisel en houtige biomassa. Deze ecosysteemdienst wordt geleverd via een complex samenspel van abiotische en biotische **ecosysteemstructuren, -processen en -functies** dat we hierna kort samenvatten.

Elk levend organisme heeft een energiebron en een koolstofbron nodig voor overleving en reproductie. Die energiebron kan bestaan uit zonlicht, anorganische stoffen of organisch materiaal. Koolstof kan verkregen worden uit koolstofdioxide (CO₂) of uit organische verbindingen. De opbouw van organische verbindingen door organismen die CO₂ als koolstofbron en zonlicht of anorganische stoffen als energiebron gebruiken, wordt 'primaire productie' genoemd. Deze ecosysteemfunctie levert de biomassa die voor mensen een producerende ecosysteemdienst vormt, bijvoorbeeld als voedsel of voedergewas, als materiaal of als energiegewas. De organismen die instaan voor primaire productie vormen de basis van de voedselketen op aarde. Primaire productie kan gebeuren via fotosynthese of chemosynthese. Fotosynthese is een biochemisch proces waarbij water en CO₂ door middel van zonlicht worden omgezet in energetische verbindingen (suikers) en zuurstof. De meeste hogere planten en algen en sommige éencelligen (bv. *Euglena* spp.) en bacteriën (bv. cyanobacteriën) doen aan fotosynthese. In terrestrische ecosystemen doen vooral planten aan fotosynthese, in aquatische ecosystemen zijn dit vooral algen.



Figuur 2. ESD-cyclus van de productie van energiegewassen.

Fotosynthese en primaire productie zijn afhankelijk van een aantal abiotische en biotische ecosysteemkenmerken (ecosysteemstructuren en -processen) (McKendry, 2002):

- klimatologische omstandigheden zoals temperatuur, zonneschijn, neerslag.
- bodemkenmerken (fysisch, chemisch en biologisch). Bijvoorbeeld graslanden op bodems met een zandige textuur produceren over het algemeen een lagere hoeveelheid biomassa dan graslanden op zwaardere bodems (leem of klei).
- soort/vegetatietype/cultivar. De gemiddelde biomassaopbrengst is afhankelijk van de soort, het vegetatietype of de cultivar. Zo heeft een glanshavergrasland een hogere biomassaopbrengst dan een struisgrasvegetatie. Verschillende cultivars van gekweekte energiegewassen zullen een andere biomassaopbrengst leveren (EEA, 2007).

Die ecosysteemstructuren en -processen functies worden in belangrijke mate beïnvloed door de landgebruikskeuzen van private of publieke belanghebbenden, zoals landbouwers en boseigenaars.

De energie-inhoud van biomassa uit primaire productie bedraagt gemiddeld slechts 0,3 % van de energie-inhoud van de zonnestraling. Fotosynthese is immers een inefficiënt biochemisch proces dat voor energiedoelen relatief veel oppervlakte vergt. Bovendien wordt dit proces sterk beïnvloed door klimaat- en seizoensgebonden factoren. Er zijn dan ook limieten aan een grootschalige energieproductie uit biomassa (Pearman, 2013). Een voordeel van biomassa is wel dat energie er in kan worden opgeslagen.

Het **gebruik van energiegewassen** omvat in Vlaanderen voornamelijk het converteren van de biomassa naar vaste, vloeibare of gasvormige biobrandstof (bv. houtskool, biodiesel en biogas). Die brandstof kan vervolgens worden omgezet in een energievorm die praktisch inzetbaar is (bv. elektriciteit, warmte/koeling, transport). Bij dit gebruik is een hele reeks actoren betrokken, waaronder de producenten van biobrandstoffen, de distributeurs van hernieuwbare energie en de eindgebruikers. De processen en methoden die hiervoor worden toegepast, worden kort beschreven in paragraaf 1.6. Een deel van de biomassa wordt niet geconverteerd tot biobrandstof maar wordt rechtstreeks gebruikt door de eindgebruiker. Uit een enquête naar houtverbruik bij Vlaamse gezinnen werd geconcludeerd dat 28 % van de Vlaamse huishoudens hout gebruikt voor residentiële verwarming en voor de gezelligheid (Renders et al., 2012).

Dit gebruik heeft zowel rechtstreekse als onrechtstreekse **maatschappelijke effecten**. De oogst en transport van biomassa en de conversie ervan tot biogebaseerde brandstof en energie creëren tewerkstelling, inkomen en welvaart voor werknemers en werkgevers. De verkregen biogebaseerde brandstoffen en energie maken huisvesting, voeding, transport en andere energieverbruikende activiteiten die mensen waardevol vinden, mogelijk. Veranderingen in het aanbod van deze ecosysteemdienst hebben ook een weerslag op het landschap waarin we leven en op het aanbod en de spreiding van andere ecosysteemdiensten (bv. timmerhout, voedselproductie). Naast voordelen of baten heeft de toename in het aanbod en het gebruik van biomassa voor energiedoelinden dus ook onrechtstreekse maatschappelijke effecten die door sommigen als negatief worden ervaren. Het toenemend aanbod en gebruik versterkt meer bepaald een aantal **directe drivers** zoals de uitstoot van polluenten (bv. fijn stof door verbranding van hout in oudere houtkachels of open haarden), klimaatverandering (bv. toename van concentratie CO₂), of veranderingen in landgebruik (bv. kappen van tropisch regenwoud voor landbouw en voedselproductie doordat landbouwgronden voor energieteelten worden gebruikt). De maatschappelijke effecten van ecosysteemdiensten situeren zich dan ook op diverse schaalniveaus, zowel in Vlaanderen als in het buitenland.

We kunnen het maatschappelijk belang van dit ESD-gebruik dan ook op verschillende manieren **perciëren en waarderen**. De waarden kunnen voorgesteld worden in economisch monetaire termen (bv. bedrijfs- of sectorinkomsten, gezondheidsbaten of -kosten), in economisch niet-monetaire termen (bv. arbeidsplaatsen), in kwantitatieve eenheden (bv. gezondheidseffect o.b.v. Disability Adjusted Life Years (DALY's)) of in kwalitatieve categorieën. Het waarderen van de productie van energiegewassen en het bepalen van het maatschappelijk belang ervan, vergt dan ook een goed inzicht in de belanghebbenden die bij deze ecosysteemdienst betrokken zijn (zie hoofdstuk 2, Kader 3: 'Belanghebbenden en hun rol in de ESD-cyclus').

Hoe we dit maatschappelijk belang perceëren en waarderen bepaalt mee welke **keuzen** we als individu of als groep maken t.a.v. de vraag naar en het aanbod van deze ecosysteemdienst. Die menselijke keuzen komen meestal tot stand in een **institutioneel kader**, in functie van de sociale netwerken waar we deel van uitmaken, de markten waarin we consumeren of produceren en de overheden die daarbij sturend optreden (zie hoofdstuk 2, Kader 2 'Instituten en

institutionalisering'). Instituties en menselijke keuzen liggen zelf op hun beurt aan de basis van hoe wij een ecosysteemdienst en de effecten die het gebruik ervan meebrengt, percipiëren en waarderen. Die interacties tussen individuele en collectieve **menselijke keuzen en instituties** worden samengevat onder de term **governance**. Ook de beleidsinstrumenten die overheden creëren zoals wetgeving, sensibilisatie, subsidies en belastingen, passen in dit kader.

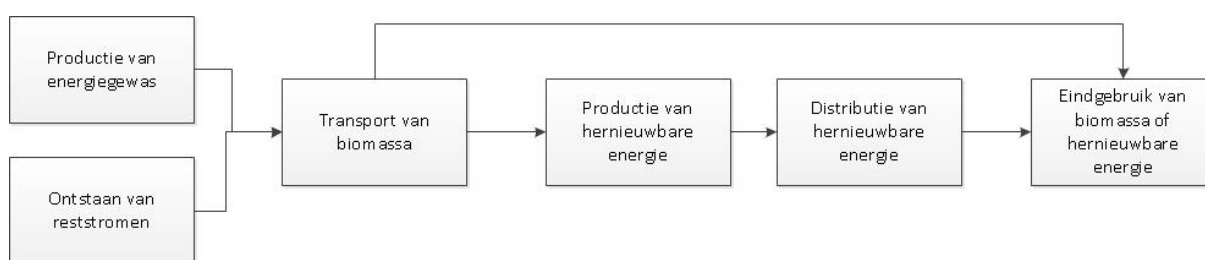
Een belangrijke driver van het toenemend gebruik van energiegewassen de voorbije jaren was de groeiende bewustwording rond het klimaateffect en de eindigheid van het gebruik van fossiele brandstoffen. Bij het aanwenden van biogebaseerde brandstoffen komt in principe eenzelfde hoeveelheid CO₂ vrij als die welke de biomassa recent heeft aangewend voor zijn groei. Onder meer vanuit die motivatie en ter ondersteuning van de landbouwsector verleende de Vlaamse overheid, in het kader van het Europees landbouwbeleid, sinds 2003 premies voor gekweekte energiegewassen van 45 €/ha (Pelkmans et al., 2009). In de daaropvolgende jaren zette zich een structurele stijging van de landbouwgrondstoffenprijzen door waardoor het effect van de premie beperkt werd. In 2010 werd de premie energiegewassen, samen met het instrument van de verplichte braak (incl. voor non-fooddoeleinden waaronder energie) definitief afgeschaft (schriftelijke mededeling Koenraad Holmstock). De overheid verleent nog wel andere maatregelen om het gebruik van biogebaseerde brandstoffen te ondersteunen (zie ook paragraaf 4.1 'socio-politieke drivers'), onder meer de verplichting tot bijmenging van biogebaseerde brandstof in benzine en diesel, het quotasysteem voor taksvrije biobrandstoffen en steun voor de ontwikkeling van technologie om het energiepotentieel van reststromen beter te benutten (VMM, Milieुरapport Vlaanderen, www.milieुरapport.be).

Uit het voorgaande blijkt dat bij het aanbod en het gebruik van energiegewassen diverse belangen en belanghebbenden zijn betrokken. We groeperen die stakeholders analytisch in een vijftal categorieën. In de praktijk maken belanghebbenden meestal deel uit van meer dan één categorie, en vervullen zij in de ESD-cyclus dus meerdere rollen tegelijkertijd.

1. Het aanbod wordt rechtstreeks beïnvloed door de **eigenaars en/of beheerders van ecosystemen**. Hun activiteiten leiden tot een aanbod van biomassa dat rechtstreeks of via een aantal tussenstappen kan worden omgezet in bruikbare energievormen (zie Figuur 3). Dit zijn onder meer landbouwers; boscigenaren en bosbeheerders waaronder ANB; erkende terreinbeherende verenigingen; federale, gewestelijke, provinciale en lokale overheden; bedrijven; uitbaters van recreatiedomeinen; en particulieren zoals houtexploitanten, tuinaannemers en huishoudens.
2. **Aanbieders van technisch, financieel en menselijk kapitaal** vormen een erg diverse groep stakeholders die onrechtstreeks een belangrijke invloed kunnen uitoefenen op het aanbod van de ecosysteemdienst, onder meer door de technologie en kennis die zij ter beschikking stellen van de eigenaars en beheerders van ecosystemen (bv. landbouwtechnologie, nieuwe cultuurvariëteiten, knowhow, nieuwe technologie voor conversie van biomassa tot biogebaseerde brandstof).
3. Een derde groep omvat de **gebruikers – begunstigden** van de ecosysteemdienst. Het gebruik van energiegewassen omvat een keten van activiteiten die vereenvoudigd wordt voorgesteld in Figuur 3. Primaire gebruikers van energiegewassen zijn de producenten van hernieuwbare energie (onder de vorm van elektriciteit, warmte & koeling en/of mechanische energie), meer bepaald de uitbaters van verbrandingsinstallaties, van vergistingsinstallaties en de producenten van biogebaseerde brandstoffen. Verderop in de keten vinden we de energiemaatschappijen als leveranciers van energie. Tenslotte zijn er de eindgebruikers van de geleverde energie. Bij de aanwending van energiehout, bijvoorbeeld wanneer particulieren thuis of op vakantie zelf hout verbranden, bevinden die eindgebruikers zich helemaal vooraan in de keten, of vallen ze samen met de eigenaars van ecosystemen. Verder rekenen we ook transporteurs en importeurs van biomassa tot deze groep. Ook buiten de energieketen (niet afgebeeld in Figuur 3) doen gebruikers van reststromen hun voordeel met deze ecosysteemdienst. Zo worden koolzaadschroot en DDGS, een restproduct dat ontstaat bij de winning van alcohol uit granen, gebruikt als grondstof in de veevoederindustrie (zie hoofdstuk 11).
4. **Gebruikers & niet gebruikers – benadeelden**: ondervinden door het gebruik van de ecosysteemdienst door hen zelf of door anderen, er nadelen van. Zo heeft het verbranden van hout door huishoudens een nadelige invloed op de luchtkwaliteit die in het dichtbevolkte Vlaanderen vooral op koude winterdagen tot het overschrijden van luchtkwaliteitsnormen kan leiden. Die hinder en mogelijke gezondheidseffecten worden zowel door de gebruikers zelf als door de omwonenden ervaren. Daarnaast ervaren ook

gebruikers van concurrerende ecosysteemdiensten zoals hout- en voedselproductie, nadelen van het gebruik van biomassa voor energiedoeleinden. Zo voerde Fedustria, de Belgische federatie van de textiel-, hout- en meubelindustrie in februari 2014 nog een actie in Brussel voor de gebouwen van de Vlaamse Regering uit protest tegen het subsidiebeleid ten voordele van de energieproducenten. Dit beleid moedigt het verbranden van houtige biomassa voor energiewinning aan, waardoor minder grondstof beschikbaar is voor de houtindustrie (VILT, 2014).

5. **Institutionele vertegenwoordigers** omvatten vertegenwoordigers van en besluitvormers in overheden, markten en/of sociale netwerken, zoals beleidsverantwoordelijken, belangengroepen van economische sectoren en niet gouvernementele organisaties. Meestal behoren deze actoren ook tot één of meer van de vorige groepen. Zo vertegenwoordigt de Boerenbond landbouwers die als eigenaar of beheerder van ecosystemen het aanbod van energiegewassen in Vlaanderen mee bepalen. Het Agentschap voor Natuur en Bos vertegenwoordigt het natuur- en bosbeleid in Vlaanderen maar is tegelijkertijd ook eigenaar en beheerder van ecosystemen die biomassa leveren.



Figuur 3. *Well-to-wheel keten van hernieuwbare energie uit biomassa (aangepast o.b.v. Pelkmans et al., 2009).*

Naast de eerder opgesomde ecosysteemkenmerken hangt het aanbod van de productie van energiegewassen vooral af van de menselijke keuzen en beslissingen van de hierboven vermelde belanghebbenden. Die keuzen hebben onder meer betrekking op:

- teeltkeuze. De keuze van landeigenaars en beheerders over welke vegetatie voorkomt op hun percelen, bepaalt in grote mate het potentieel aanbod (zie Kader 1) aan biomassa.
- de oogstfactor en toediening van nutriënten. Omwille van ecologische doelstellingen en het belang dat wordt gehecht aan duurzaamheid kan het deel van de biomassa dat daadwerkelijk wordt geoogst, variëren. In productiebossen wordt veelal gestreefd naar een maximale oogst van hout. In bosreservaten daarentegen wordt verwijdering van biomassa beperkt of soms helemaal verboden om de ecologische waarde van het bos te behouden of te verhogen (o.a. omwille van het belang van oude bomen en dood hout in het ecosysteem). Cultuurgraslanden krijgen over het algemeen een kunstmatige bemestingsinput waarbij maai- en begrazingsdata zijn afgestemd op het maximaliseren van de biomassa en de voederwaarde. Halfnatuurlijke graslanden kennen geen kunstmatige bemesting, tenzij onrechtstreeks door atmosferische depositie, en de oogstdata zijn dikwijls afgestemd op botanische doelsoorten of andere natuurdoelen. Hierdoor kennen halfnatuurlijke graslanden over het algemeen lagere biomassa-opbrengsten dan cultuurgraslanden. Bij gekweekte energiegewassen wordt er steeds gestreefd naar een maximale oogst.
- de bestemming en het gebruik van de oogst. Een groot deel van de gewassen en graslanden wordt gebruikt voor voedselproductie (bv. graan, suikerbiet of maïs als veevoer). Een deel van het geoogst hout kent een afzet naar bv. zagerijen of de spaanplaatindustrie (zie hoofdstuk 13). Daardoor kan slechts een beperkt deel van de geproduceerde biomassa aan de ESD 'productie van energiegewassen' worden toegerekend. Ook in natuur- en bosgebieden en op bermen langs wegen en waterwegen bestaan er alternatieve aanwendingsmogelijkheden voor de reststromen (maaisel en hout).

- andere beleidsinterventies. Het beleid kan beperkingen opleggen in het aanwenden van bestrijdingsmiddelen of meststoffen. Bepaalde beheervormen kunnen worden gestimuleerd via subsidies of worden verboden door ruimtelijke planning. Dit beleid kan zich ook richten op indirecte drivers, zoals door steun voor onderzoek en ontwikkeling of door een prijsbeleid ten aanzien van belendende markten (bv. voedsel, hout, fossiele brandstoffen). Het beleid kan ook bepalen voor welke toepassingen biomassa kan worden gebruikt, bijvoorbeeld om de luchtkwaliteit te beïnvloeden.
- andere ruimtelijke beperkingen of synergieën: een deel van het landoppervlak wordt gereserveerd of is reeds ingenomen voor wonen, industrie, transport, natuur, recreatie.

Tot slot van dit inleidend hoofdstuk geven we nog een overzicht van de processen die gebruik maken van deze ecosystemedienst.

1.6. Van energiegewas tot biogebaseerde energie

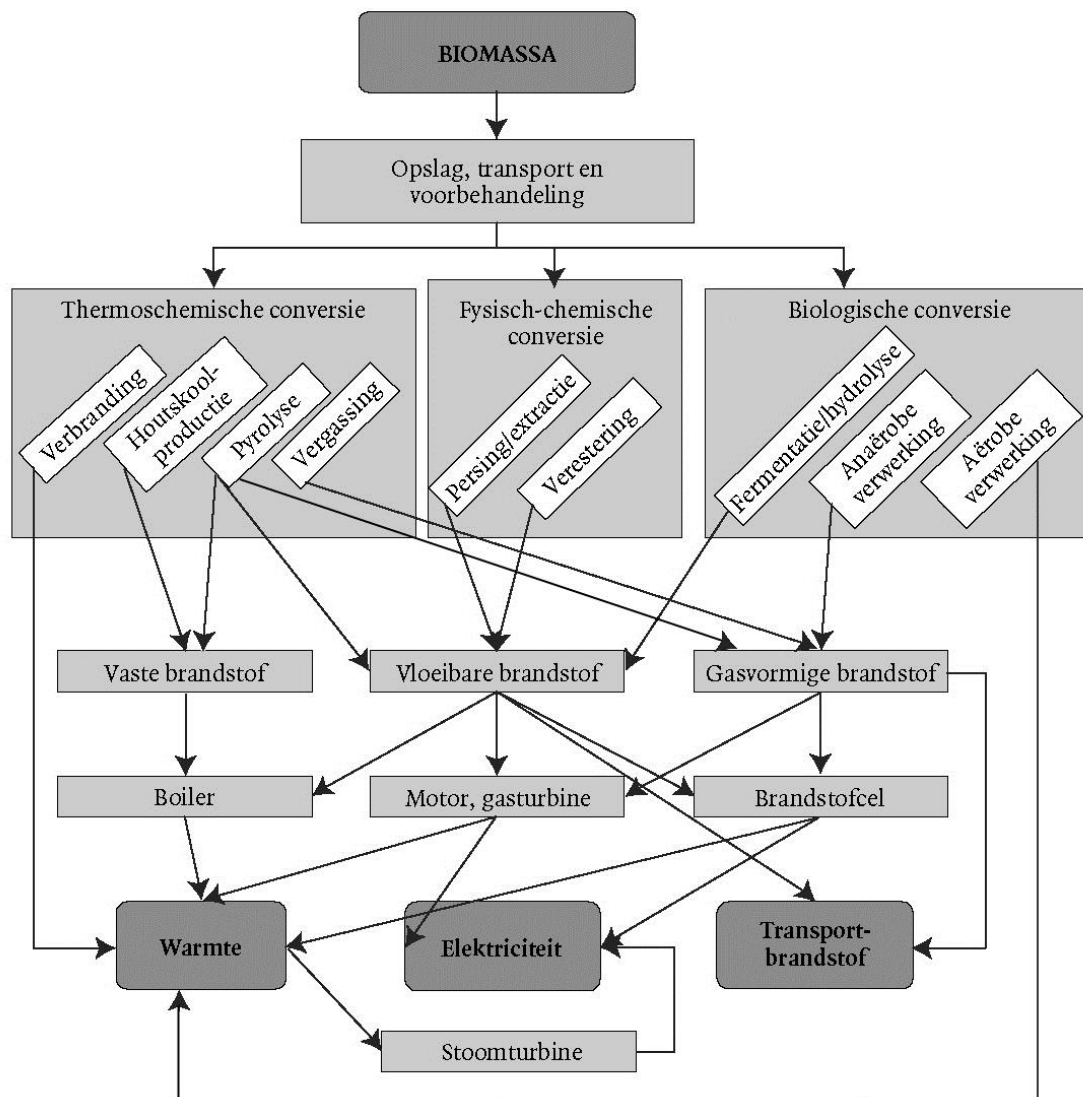
Het omzetten van biomassa naar energie kan gebeuren via een drietal procestypes die meestal leiden tot vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen (Figuur 4; WWF International & Aebiom, 2004; McKendry, 2002b):

- thermochemische conversie: via de verbranding (dus in aanwezigheid van zuurstof) van biomassa kan er rechtstreeks warmte geproduceerd worden. Via pyrolyse-technieken (zonder aanwezigheid van zuurstof; zoals houtskoolproductie of vergassing) kunnen vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen geproduceerd worden.
- fysisch-chemische conversie: uit biomassa kunnen vloeibare brandstoffen worden geproduceerd via persing en extractie (pure plantaardige olie) en via verestering (biodiesel, veelal gebaseerd op koolzaad).
- biologische conversie: via fermentatie en hydrolyse en via anaerobe vergisting kunnen respectievelijk vloeibare (bio-ethanol, veelal gebaseerd op graangewassen) en gasvormige brandstoffen (biogas) geproduceerd worden. Aerobe verwerking zoals compostering of biothermisch drogen levert rechtstreeks warmte.

Energie uit biomassa komt dus tot stand vanuit een breed scala aan grondstoffen, conversietechnieken en processen. Momenteel worden dikwijls voedsel- of voedergewassen aangewend voor energetische valorisatie (de zogenaamde eerste generatie biogebaseerde brandstoffen, bv. biodiesel op basis van koolzaad of bio-ethanol gewonnen uit granen). Biogebaseerde brandstoffen van de tweede generatie, vooral uit de benutting van reststromen, en van de derde generatie, vooral uit algen, zijn nog volop in ontwikkeling maar nog niet economisch rendabel (zie paragraaf 5.1, 'Wetenschappelijke en technologische drivers') (Pelkmans et al., 2009). De conversie van biomassa naar biogebaseerde brandstoffen en/of naar energie kan plaats vinden in warmtekrachtinstallaties, thermische elektriciteitscentrales, warmteproducerende installaties, vergistingsinstallaties, in productiesites voor biogebaseerde brandstoffen en in voertuigen. In Vlaanderen passen verschillende bedrijven deze methoden op commerciële basis toe, onder meer voor de productie van bio-ethanol (AlcoBioFuel, Gent en Syral, Aalst), biodiesel (Bioro, Gent; Olcon, Ertvelde; Provion, Oostende) (D'Haese et al., 2013). Daarnaast zijn ook 39 vergistingsinstallaties, verspreid over 31 gemeenten, actief (Demolder et al., 2012).

De economische waarde van de productie van biomassa wordt beïnvloed door:

- de beschikbaarheid en prijs (gate fee) van de biomassa;
- het type en de kwaliteit van de aangeboden biomassa;
- de energie-investering en kosten bij transport en voorbehandeling;
- de technologie en het rendement van energieomzetting;
- de kostprijs en opbrengst van alternatieve energievormen;
- prijsevoluties op de internationale markt voor land- en bosbouwproducten;
- ondersteuningsmechanismen aan de gebruikerszijde (bv. accijnsvrijstelling biodiesel en bio-ethanol, groenestroomcertificaten).



Figuur 4. Processen voor het omzetten van biomassa naar energie (aangepast naar WWF International & Aebiom, 2004).

2. Actuele toestand van de ESD

In deze paragraaf omschrijven, kwantificeren en karteren we het aanbod van de ecosysteemdienst. We doen dit apart voor niet houtige gekweekte energiegewassen, maaisel en houtige stromen. Tot die laatste groep behoren zowel de houtige gekweekte energiegewassen zoals korte-omloophout en *Miscanthus*, als tak- en tophout van gevelde bomen. Qua aanbod wordt er een onderscheid gemaakt tussen 'fysische geschiktheid' (2.1), 'potentieel aanbod' (2.2) en 'actueel aanbod' (2.3) (zie ook Kader 1). Vervolgens vergelijken we de omvang van dit aanbod met de vraag naar energiegewassen en met het gebruik ervan (2.4 - 2.6).

2.1. Fysische geschiktheid

Niet-houtige stromen

Voor de kartering van de fysische geschiktheid voor niet-houtige stromen wordt de bodemgeschiktheidskaart voor land- en tuinbouw aangewend en meer bepaald de bodemgeschiktheid voor akkerbouw en grasland (het karteringsschema is weergegeven in bijlage 1). Deze bodemgeschiktheidskaarten geven enkel de intrinsieke bodemgeschiktheid weer. De bodemkwaliteit kan in de praktijk verbeterd worden door onder meer bemesting, irrigatie, drainage en structuurverbeterende middelen. Een 'minder geschikte bodem' dient dus beschouwd te worden als 'een bodem die zonder extra investeringen en aangepaste teelt- en cultuurtechnische maatregelen, lagere opbrengsten geeft' (ALBON, 2001). De intrinsieke bodemgeschiktheid geeft dus goed de fysische geschiktheid voor de productie van de ESD weer.

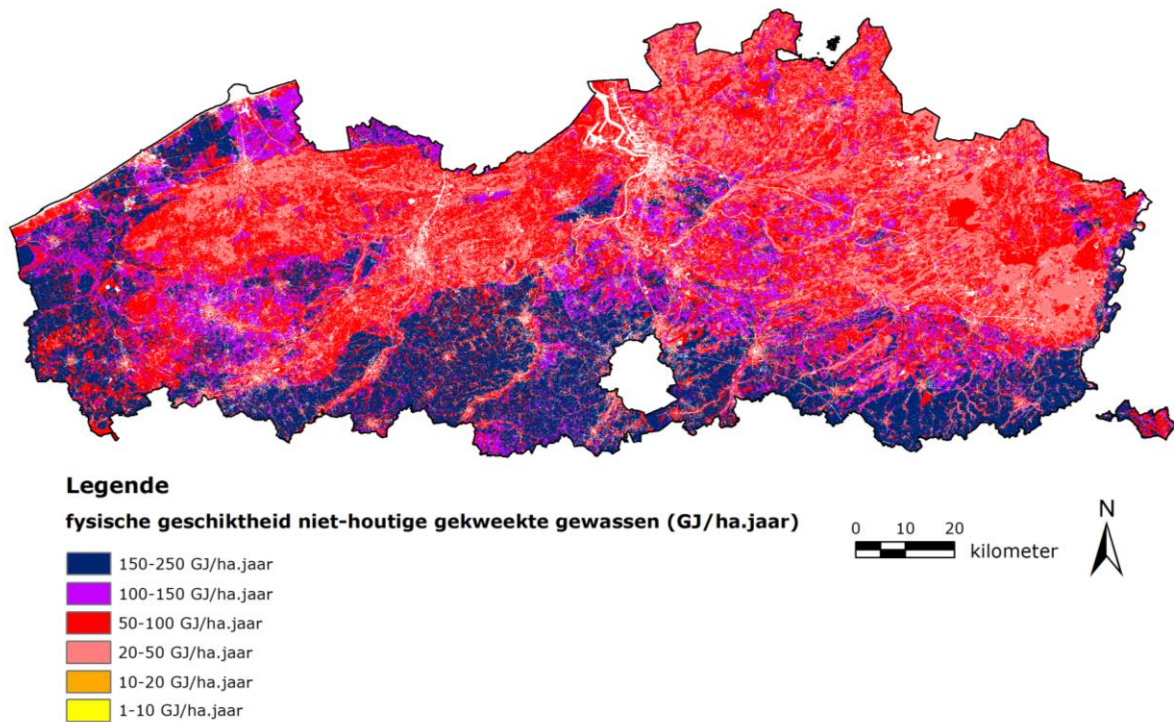
De fysische geschiktheid werd bekomen door de energiewaarde (157,8 GJ/ha.jaar voor gekweekte gewassen en 111,2 GJ/ha.jaar voor graslanden) te vermenigvuldigen met de gemiddelde opbrengsten. Alle aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan beschreven in bijlage 1.

Niet-houtige gekweekte energiegewassen

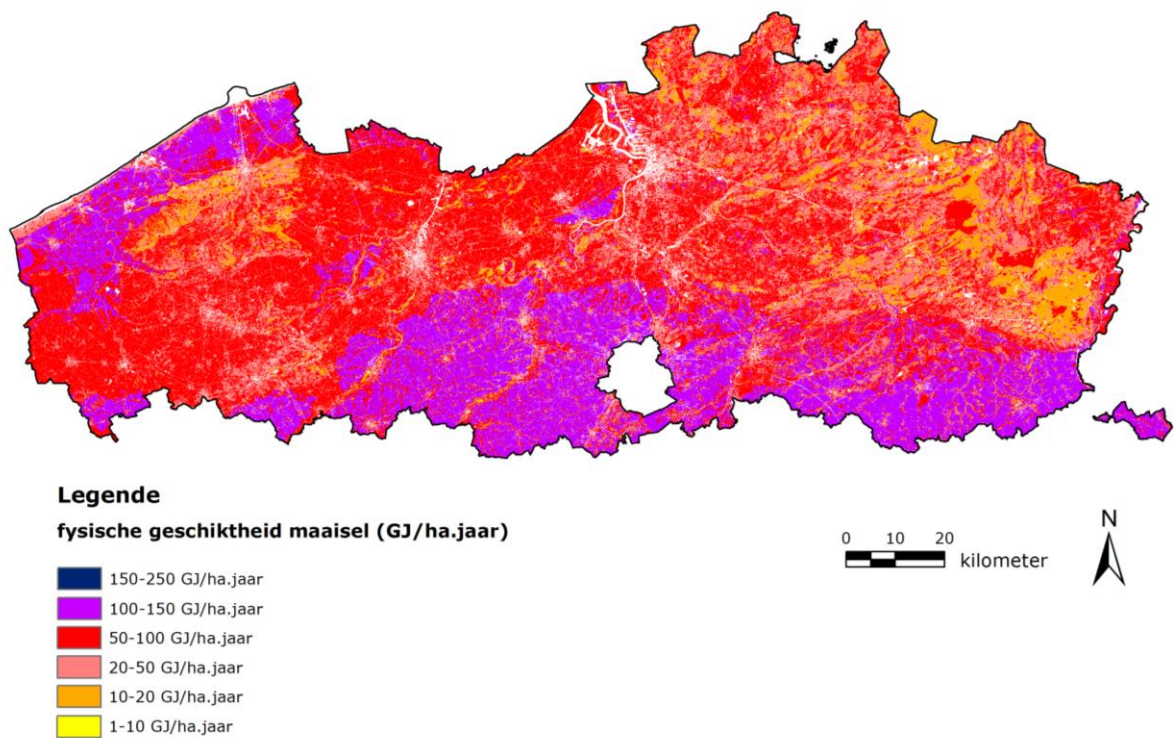
Kaart 1 toont de fysische geschiktheid voor gekweekte energiegewassen. Een belangrijke fysische geschiktheid voor akkerbouw en dus voor het telen van energiegewassen is aanwezig in het Kustpoldersdistrict, het lemig Leie-Schelde interfluviumdistrict, het Zuid-Vlaams lemig heuveldistrict, het Brabants lemig heuveldistrict, het droog Boven-Dijledistrict, het Haspengouws leemdistrict, het Haspengouws leemplateaudistrict en in het Maasdistrict. Een minder belangrijke fysische geschiktheid is er in de ecoregio Kempen, het Kustduinendistrict, het zandig Houtlandcuestadistrict, het zandig Maldegems cuestadistrict, het Noord-Vlaams dekzandruggendistrict, het Pleistoceen riviervalleiendistrict, het westelijk zandig Booms cuestadistrict en het Voerens krijtdistrict. In Vlaanderen ligt de fysische potentie voor gekweekte gewassen in totaal op zo'n 116.000 TJ/jaar.

Maaisel

Kaart 2 illustreert de fysische geschiktheid voor graslandmaaisel. Een belangrijke fysische geschiktheid voor maaisel van graslanden ligt in het Kustpoldersdistrict, het Meetjeslands poldersdistrict, het lemig Leie-Schelde interfluviumdistrict, het Zuid-Vlaams lemig heuveldistrict, het Brabants lemig heuveldistrict, het droog Boven-Dijledistrict, het Haspengouws leemdistrict, het Haspengouws leemplateaudistrict, het lemig Maasterrassendistrict, het Voerens krijtdistrict en het Maasdistrict. De fysische potentie is minder belangrijk voor het Kustduinendistrict, het westelijk deel van het Noord-Vlaams dekzandruggendistrict, het zandig Houtlandcuestadistrict en de ecoregio Kempen. In Vlaanderen ligt de fysische potentie voor maaisel uit graslanden in totaal op zo'n 90.000 TJ/jaar.



Kaart 1. *Fysische geschiktheidskaart voor energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen.*



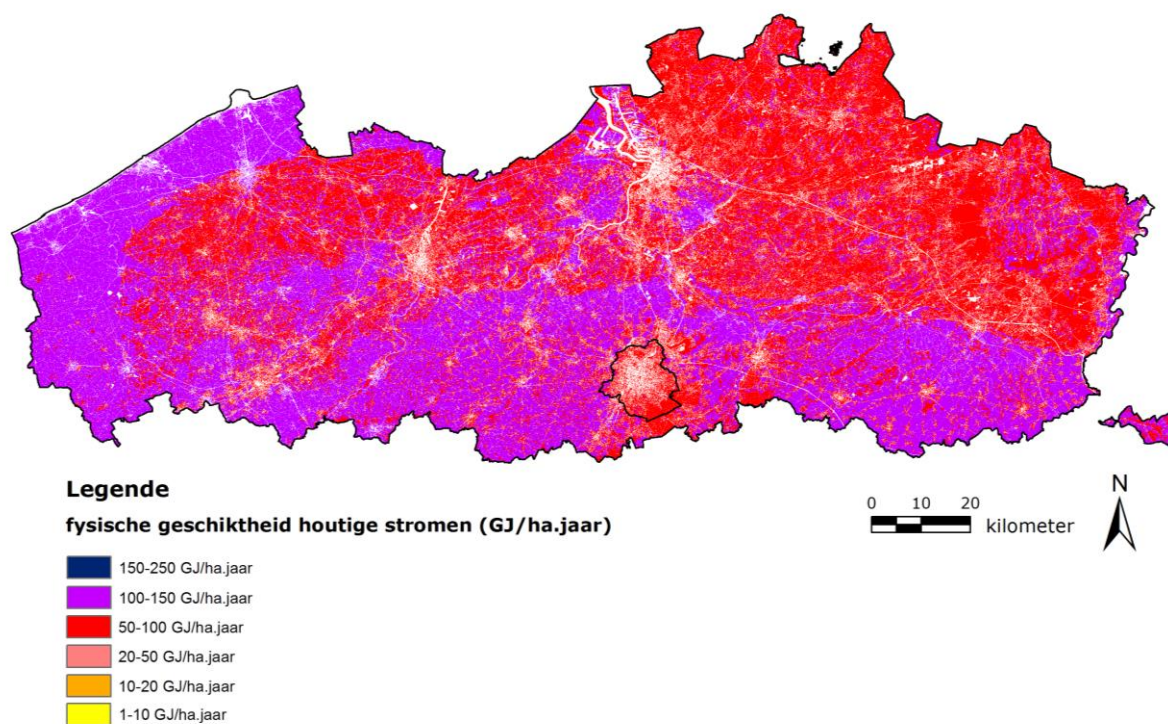
Kaart 2. *Fysische geschiktheidskaart voor energie uit maaisel van graslanden.*

Houtige stromen

De kartering van de fysische geschiktheid voor energie uit houtige stromen van loof- en naaldhout is bepaald op basis van het volume van het tak- en tophout en van de ondergrondse houtige biomassa.

Het spilhout wordt gekwantificeerd bij de ESD 'houtproductie', op basis van textuur- en drainageklassen uit de bodemkaart, en dient als basis voor de kartering. Het afleiden van volumes aan tak- en tophout en ondergrondse houtige biomassa gebeurt immers uit volumes aan spilhout en meer bepaald via biomassa expansie factoren (BEF's). Door vermenigvuldiging van de volumes aan tak- en tophout en ondergrondse houtige biomassa en de energie-inhoud van de biomassa wordt de energiewaarde bekomen (zie Tabel 4). De aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan beschreven in bijlage 1.

Kaart 3 toont de fysische geschiktheid voor houtige stromen. Die blijkt aanzienlijk te zijn voor geheel Vlaanderen. Enkel in de ecoregio van de Pleistocene riviervalleien, de ecoregio van de cuesta's en in de ecoregio van de Kempen ligt die iets lager. In Vlaanderen is de fysische geschiktheid voor houtige stromen in totaal zo'n 108.000 TJ/jaar, met zo'n 56.000 TJ/jaar voor tak- en tophout en zo'n 52.000 TJ/jaar door ondergrondse biomassa.



Kaart 3. *Fysische geschiktheidskaart voor energie uit houtige stromen.*

2.2. Potentieel aanbod

De potentieel aanbodkaart toont hoeveel energiegewas er, in theorie, jaarlijks kan worden geproduceerd, op basis van de huidige bodembedekking en de fysische geschiktheid.

De kartering maakt gebruik van Tabel 3 en Tabel 4 waarbij per landgebruikscategorie de biomassaproductie en de theoretische energie-inhoud van de biomassa worden opgelijst. Voor de theoretische energie-inhoud van de biomassa is de 'lower heating value' aangewend, zoals eveneens toegepast bij andere studies zoals Kuiper & de Lint (2008) en EEA (2007). Door vermenigvuldiging van de biomassaproductie en de energie-inhoud van de biomassa wordt de energiewaarde per hectare bekomen.

Tabel 3. Biomassaproductie, de theoretische energie-inhoud van de biomassa en de energiewaarden per ha voor niet-houtige biomassa.

	biomassaproductie		theoretische energie-inhoud biomassa (lower heating value)		energiewaarden ^b
	Ton ^c droge stof/ha.jaar	bron	GJ/ton droge stof	bron	GJ/ha.jaar
gekweekte gewassen					
silomaïs	12,5	schriftelijke mededeling Bart Vleeschouwers	16,5	EEA, 2007	206,3
korrelmaïs	11,0	schriftelijke mededeling Bart Vleeschouwers	21,4	EEA, 2007	235,4
overige graankorrels	7,7	schriftelijke mededeling Bart Vleeschouwers	17,0	EEA, 2007	130,9
koolzaad & raapzaad	3,6	schriftelijke mededeling Bart Vleeschouwers	26,5	EEA, 2007	95,4
lijnzaad	2,5	EEA, 2007	26,5	EEA, 2007	66,3
oliehoudende zaden (vnl. zonnebloem)	2,5	EEA, 2007	26,5	EEA, 2007	66,3
suikerbiet	15,3	schriftelijke mededeling Bart Vleeschouwers	16,6	Phyllis database ^a	254,0
aardappel	12,5	schriftelijke mededeling Bart Vleeschouwers	16,6	aanname	207,5

graslanden					
tijdelijk cultuurgrasland	8,0	Bervoets, 2008	17,1	Phyllis database ^a : gemiddelde waarden categorie 'grass'	136,8
permanent cultuurgrasland	6,5	Bervoets, 2008	17,1	Phyllis database ^a : gemiddelde waarden categorie 'grass'	111,2
grasland voedselrijk droog	4,3	Van Meerbeek et al., in review	16,6	Phyllis database ^a : gemiddelde waarden categorie 'grass from nature reserve'	71,4
grasland voedselrijk nat	4,8	Van Meerbeek et al., in review	16,6	Phyllis database ^a : gemiddelde waarden categorie 'grass from nature reserve'	79,7
grasland voedselarm droog & nat	2,7	Van Meerbeek et al., in review	16,6	Phyllis database ^a : gemiddelde waarden categorie 'grass from nature reserve'	44,8
overige					
laag groen	4,3	idem als 'grasland voedselrijk droog'	17,1	Phyllis database ^a : gemiddelde waarden categorie 'grass'	73,5
rietland	3,3	Van Meerbeek et al., in review	17,0	aanname	56,1
vergraste heide	4,0	Tolkamp et al., 2006	17,0	aanname	68,0
moeras	4,0	Bervoets, 2008	17,0	aanname	68,0
ruigte	2,1	Van Meerbeek et al., in review	17,0	aanname	35,7

a: database van Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN): www.ecn.nl/phyllis.

b: de energiewaarden zijn bekomen door het product van de biomassaproductie en de energie-inhoud van de biomassa.

c: bij granen, korrelmaïs en oliehoudende zaden is het stro niet meegerekend.

Tabel 4. Biomassaproductie, de theoretische energie-inhoud van de biomassa en de energiewaarden per ha voor houtige biomassa.

	biomassaproductie		theoretische energie-inhoud biomassa (lower heating value)		energiewaarden ^c
	ton droge stof/ha.jaar	bron	GJ/ton droge stof	bron	GJ/ha.jaar
gekweekte gewassen					
korte-omloophout	10,0	Don et al., 2011	18,5	EEA, 2007	185,0
<i>Miscanthus</i>	16,0	Don et al., 2011	18,0	EEA, 2007	288,0
loof- en naaldhout					
ondergrondse biomassa + top- en takhout	0,63-6,88 ^a	ESD 'hout-productie': 2-22 m ³ spilhout/ha.jaar	18,0	EEA, 2006	11,3-123,8
top- en takhout	0,33-3,58 ^b	ESD 'hout-productie': 2-22 m ³ spilhout/ha.jaar	18,0	EEA, 2006	5,9-64,4
heide					
niet-vergraste heide	0,5	Bervoets, 2008	18,0	EEA, 2006	9,0

a: berekend via biomassaproductie spilhout, BEF = 1,625 (Vande Walle et al., 2005) en 1 m³ vers = 0,5 ton droge stof (Gybels et al., 2012).

b: berekend via biomassaproductie spilhout, BEF = 1,325 (Vande Walle et al., 2005) en 1 m³ vers = 0,5 ton droge stof (Gybels et al., 2012).

c: de energiewaarden zijn bekomen door het product van de biomassaproductie en de energie-inhoud biomassa.

Niet-houtige gekweekte energiegewassen

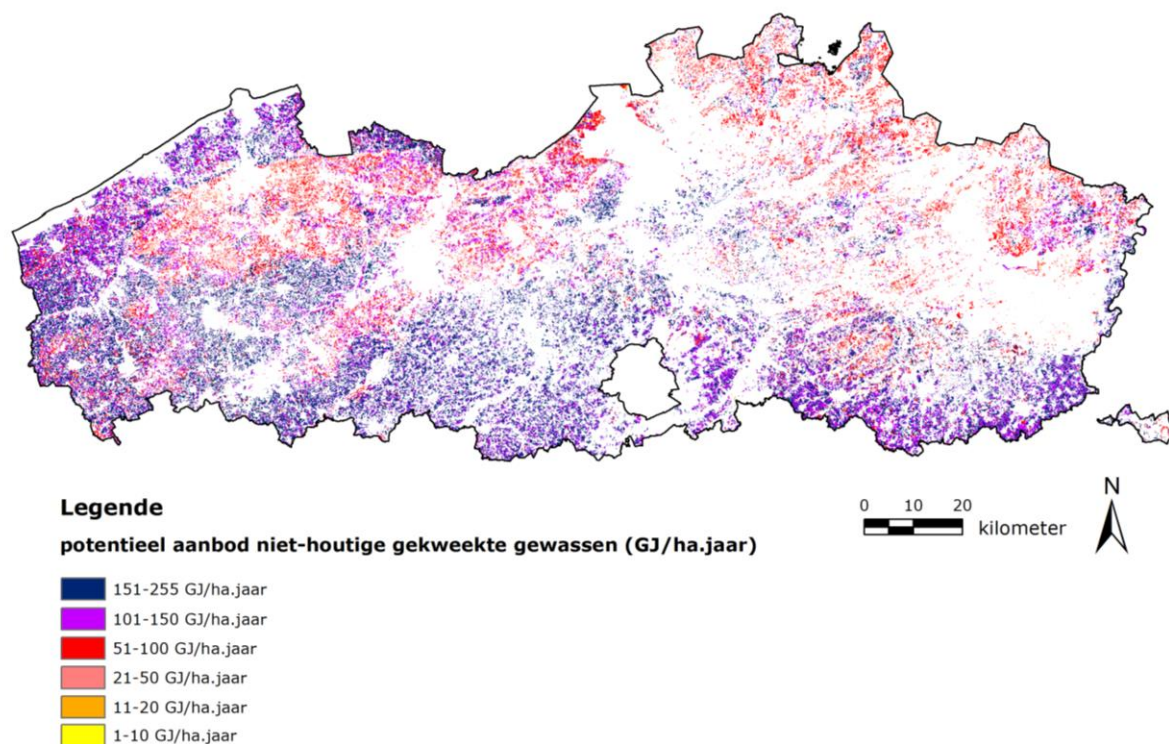
Gegevens over het potentieel aanbod in Vlaanderen van gekweekte energiegewassen kunnen worden afgeleid uit de inventaris biomassa 2011–2012 (Braekevelt & Schelfhout, 2013). Tabel 8 (zie paragraaf 2.5) lijst de totale Vlaamse productie op van gekweekte gewassen die in aanmerking komen voor energetische valorisatie. Het is van belang om aan te geven dat het merendeel van de huidige productie wordt aangewend voor voedsel- of voederdoeleinden. Er is in Vlaanderen vooral een belangrijk aanbod aan silo- en korrelmaïs en aan suikerbiet. Het aanbod aan koolzaad is minder omvangrijk. Cijfers over het aanbod aan aardappel worden niet vermeld in de inventaris biomassa.

Voor de kartering van het potentieel aanbod van energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen wordt aangenomen dat het volledig Vlaams areaal van de landgebruikscategorieën silomaïs, korrelmaïs, graan, suikerbiet, aardappel, kool- en raapzaad, vlas en zonnebloem energetisch wordt gevaloriseerd, en dus niet wordt gebruikt voor voedselproductie. De kartering werkt bovendien met de aangepaste bodemgeschiktheidskaart voor akkerbouw (zie hoofdstuk 11, bijlage 2) om rekening te houden met betere geschiktheden door bemesting en drainage en lagere geschiktheden door erosie of overstromingen. De aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan beschreven in bijlage 1.

Kaart 4 illustreert het potentieel aanbod van energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen. Een belangrijk potentieel aanbod ligt verspreid over Vlaanderen. Een iets lager potentieel aanbod is aanwezig in de ecoregio van de kustduinen, de ecoregio van de Pleistocene riviervalleien, de ecoregio van de cuesta's, de ecoregio van de Kempen en in de ecoregio van de krijtgebieden.

In totaal bedraagt het potentieel aanbod aan energie uit biomassa van niet-houtige gekweekte gewassen in Vlaanderen zo'n 46.400 TJ/jaar. Het ingeschat potentieel aanbod ligt het hoogst bij (kaart 1 in bijlage 2):

- silomaïs: in totaal ingeschat op zo'n 15.300 TJ/jaar afkomstig van zo'n 925.000 ton droge stof verspreid over zo'n 121.000 ha (zie ook voetnoot c bij Tabel 3),
- korrelmaïs: ingeschat op zo'n 11.000 TJ/jaar afkomstig van zo'n 500.000 ton droge stof verspreid over zo'n 68.000 ha,
- aardappel: geschat op zo'n 6.600 TJ/jaar afkomstig van zo'n 400.000 ton droge stof verspreid over zo'n 44.000 ha,
- graan: geschat op zo'n 8.600 TJ/jaar afkomstig van zo'n 500.000 ton droge stof verspreid over zo'n 78.400 ha,
- suikerbiet: ingeschat op zo'n 5.000 TJ/jaar afkomstig van zo'n 300.000 ton droge stof verspreid over zo'n 22.000 ha,
- koolzaad: geschat op zo'n 40 TJ/jaar via zo'n 1.500 ton droge stof voorkomend op zo'n 500 ha.



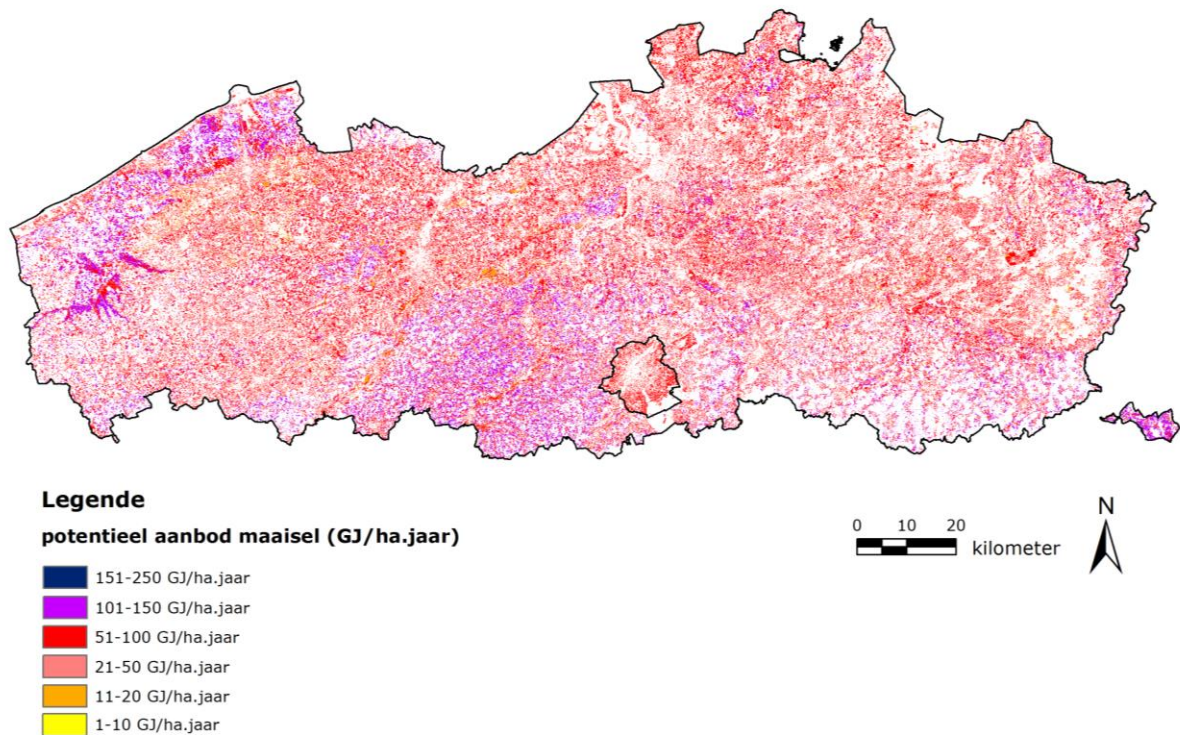
Kaart 4. *Potentieel aanbod van energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen.*

Maaisel

De kartering van het potentieel aanbod aan energie uit maaisel gaat ervan uit dat biomassa afkomstig is uit het volledig Vlaams areaal van de volgende landgebruikscategorieën: permanent en tijdelijk cultuurgrasland, halfnatuurlijk grasland, vergraste heide, moeras, rietland, ruigte en laag groen. Bij de kartering van het potentieel aanbod van cultuurgrasland is de aangepaste bodemgeschiktheidskaart voor grasland (zie hoofdstuk 11, bijlage 2) aangewend om rekening te houden met betere geschiktheden door bemesting en drainage en lagere geschiktheden door overstromingen. De aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan beschreven in bijlage 1.

Kaart 5 toont het potentieel aanbod van energie uit maaisel. Dit potentieel aanbod blijkt verspreid te liggen over gans Vlaanderen met een totale potentie van zo'n 35.000 TJ/jaar. De ingeschatte potentie ligt het hoogst bij volgende landgebruikscategorieën (kaart 2 in bijlage 2):

- permanent cultuurgrasland: ingeschat op zo'n 22.600 TJ/jaar afkomstig van zo'n 1.300.000 ton droge stof en verspreid over zo'n 280.000 ha,
- tijdelijk cultuurgrasland: ingeschat op zo'n 7.800 TJ/jaar afkomstig van zo'n 450.000 ton droge stof verspreid over zo'n 87.000 ha,
- laag groen geassocieerd met residentiële en commerciële bebouwing: geschat op zo'n 6.300 TJ afkomstig van zo'n 370.000 ton droge stof verspreid over zo'n 86.000 ha,
- laag groen geassocieerd met vervoersinfrastructuur: geschat op zo'n 1.200 TJ/jaar afkomstig van zo'n 71.000 ton droge stof verspreid over zo'n 16.500 ha,
- nat voedselrijk halfnatuurlijk grasland: geschat op zo'n 1.200 TJ/jaar afkomstig van zo'n 70.000 ton droge stof verspreid over zo'n 15.000 ha,
- laag groen geassocieerd met industrie, zeehavens en commerciële diensten: geschat op zo'n 700 TJ/jaar afkomstig van zo'n 42.000 ton droge stof verdeeld over zo'n 10.000 ha,
- laag groen geassocieerd met recreatie en sportterrein: geschat op zo'n 370 TJ/jaar afkomstig van zo'n 22.000 ton droge stof verspreid over zo'n 5.000 ha.



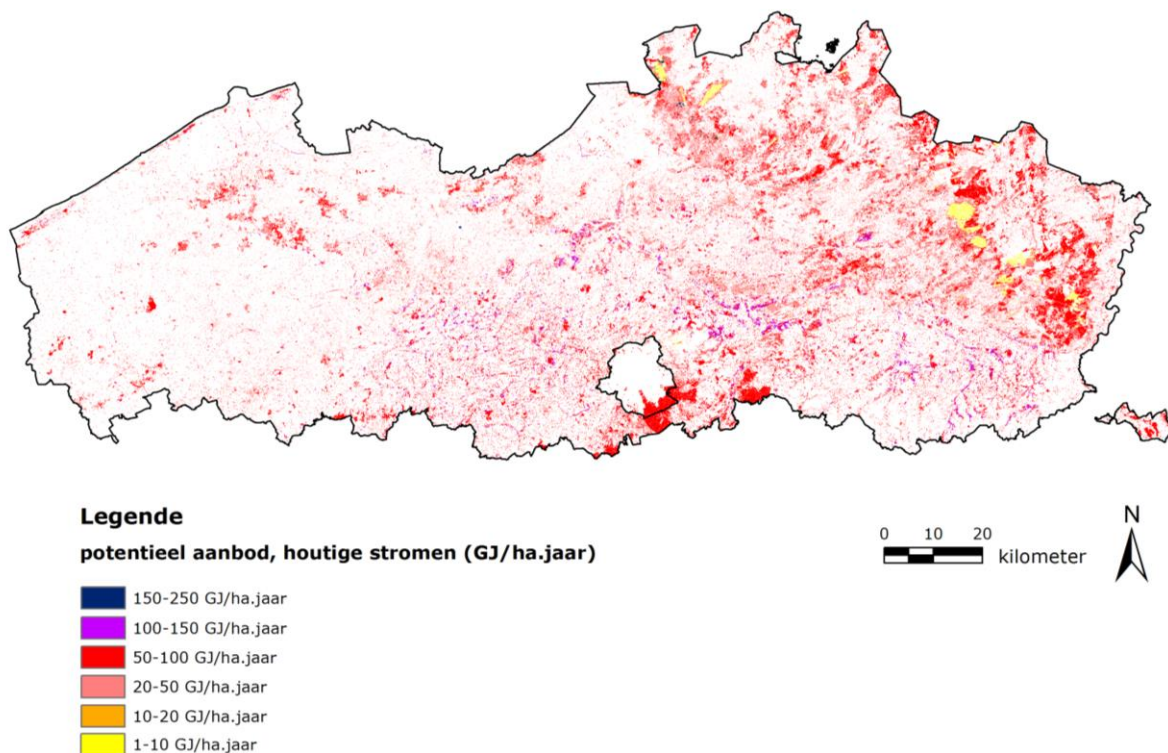
Kaart 5. *Potentieel aanbod van energie uit maaisel.*

Houtige stromen

De kartering van het potentieel aanbod aan energie uit houtige stromen vertrekt van volgende landgebruikscategorieën: naald- en loofbos, hoog groen buiten bos, korte-omloophout, *Miscanthus* en niet-vergraste heide. De kartering van het potentieel aanbod aan energie uit houtige stromen van loof- en naaldhout is bepaald via het kwantificeren van het tak- en tophout en van de ondergrondse houtige biomassa. Het spilhout wordt gekwantificeerd bij de ESD 'houtproductie' en dient als basis voor de kartering van het potentieel aanbod. Het afleiden van volumes aan tak- en tophout en ondergrondse houtige biomassa uit volumes aan spilhout gebeurt op basis van biomassa expansie factoren (BEF's). Door vermenigvuldiging van de volumes aan tak- en tophout en ondergrondse houtige biomassa en de energie-inhoud van de biomassa wordt vervolgens de energiewaarde bekomen (zie Tabel 4). De aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan in Bijlage 1.

Kaart 6 geeft het potentieel aanbod van houtige stromen voor energie weer. Het potentieel aanbod bedraagt in totaal zo'n 12.000 TJ/jaar, met zo'n 6.200 TJ/jaar voor tak- en tophout en zo'n 5.800 TJ/jaar voor ondergrondse houtige biomassa. Er is een belangrijk potentieel aanbod in de ecoregio van de Kempen. In de ecoregio van de polders en de getijdenschelde ligt een laag potentieel aanbod. Per landgebruikscategorieën bedraagt het potentieel aanbod (kaart 3 in bijlage 2):

- bos: zo'n 7.500 TJ/jaar afkomstig van zo'n 430.000 m³ vers tak- en tophout en zo'n 400.000 m³ ondergrondse biomassa verspreid over zo'n 140.000 ha;
- hoog groen buiten bos: zo'n 4.500 TJ/jaar afkomstig van zo'n 260.000 m³ vers tak- en tophout 240.000 m³ ondergrondse biomassa verspreid over zo'n 100.000 ha;
- heide: zo'n 37 TJ/jaar afkomstig van zo'n 2.000 ton droge stof verspreid over zo'n 2.000 ha;
- korte-omloophout: zo'n 11 TJ/jaar afkomstig van zo'n 600 ton droge stof verspreid over zo'n 60 ha;
- *Miscanthus*: zo'n 5 TJ/jaar afkomstig van zo'n 260 ton droge stof verspreid over zo'n 17 ha.



Kaart 6. *Potentieel aanbod van energie uit houtige stromen.*

2.3. Actueel aanbod

De kaart van het potentieel aanbod dient als basis voor de actueel aanbodkaart. Op basis van aanvullende gegevens betreffende het huidige landgebruik, beheer en beleid wordt dit potentieel aanbod bijgesteld tot een actueel aanbod. Die bijstelling kan te maken hebben met:

- sturing door het beleid (bv. natuurdoelstellingen of milieubeperkingen betreffende bestrijdingsmiddelen of meststoffen),
- productievoorkeuren van de eigenaars of beheerders (bv. gras gebruiken voor energieopwekking of als veevoer),
- technologie en kostprijzen,
- vraag naar en de prijs van (hernieuwbare) energie,
- vraag naar en de prijs van producten in gerelateerde markten (bv. voedsel, vezel, fossiele brandstoffen).

Niet-houtige gekweekte energiegewassen

Cijfermateriaal over oppervlakten in Vlaanderen van gewassen die effectief werden aangewend voor energieproductie is beperkt beschikbaar. Dit heeft wellicht te maken met het feit dat bepaalde gewassen voor verschillende doeleinden kunnen worden aangewend. Zo kan maïs als korrel of als silomaïs (gehele plant/deel van de plant) worden geoogst, dikwijls afhankelijk van groeiomstandigheden tijdens de zomer. Ook andere granen, koolzaad en suikerbiet kunnen worden aangewend voor verschillende (energie-, voeder- of voedsel-) doeleinden.

Het Departement Landbouw en Visserij (schriftelijke mededeling Koenraad Holmstock o.b.v. VREG-data) geeft aan dat de oppervlakte van silomaïs voor energiedoeleinden in Vlaanderen ligt tussen 2.500–3.000 ha (op basis van de registratie van de inputstromen bij vergistingsinstallaties). Dit cijfer ligt in de lijn van de berekeningen van de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG) in het antwoord op een schriftelijke vraag aan het Vlaams Parlement (nr. 431). De VREG berekende immers dat 165.000 ton silomaïs werd gebruikt in de Vlaamse vergistingsinstallaties in 2011. Dit is het equivalent van ongeveer 3.510 ha silomaïs, uitgaande van een opbrengst van 47 ton/ha.

In Vlaanderen zijn er geen oppervlaktes bekend voor de overige gekweekte energiegewassen (granen, suikerbiet, koolzaad, korrelmaïs ...) die worden aangewend voor energiedoeleinden (schriftelijke mededeling Koenraad Holmstock). Indirect zouden oppervlaktes kunnen worden afgeleid uit het Vlaams gebruik van gekweekte gewassen voor energietoepassingen (zie Tabel 8), op voorwaarde dat er geen import van biomassa gebeurt.

Het voortgangsrapport van België, opgesteld in navolging van de Europese richtlijn 2009/28 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen (zie paragraaf 4.1 onder sociopolitieke drivers) geeft een oppervlakte van 21.485 ha voor gewone landbouwgewassen (voornamelijk tarwe en suikerbieten) en oliehoudende zaden (vooral kool- en raapzaad) aangewend voor energiedoeleinden in België in 2010 (bron: Energieoverleggroep, 2012).

De kartering van het actueel aanbod aan energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen gaat ervan uit dat biomassa afkomstig is uit de volgende landgebruikscategorieën: koolzaad, silomaïs, korrelmaïs, graan en suikerbiet. De kartering van het actueel aanbod van energie uit silomaïs neemt aan biomassa hiervan enkel deze die afkomstig is uit 3.000 ha binnen de 31 gemeentes waar vergistingsinstallaties operationeel zijn. Ten opzichte van 2012 zijn er in 2013 enkele vergistingsinstallaties bijgekomen, maar ook enkele stopgezet. Tevens betekende 2013 een doorbraak van de kleinschalige vergisting bij melkveehouders (De Geest et al., 2013). Deze recente gegevens zijn niet verwerkt bij de kartering van het actueel aanbod. Voor de kartering van korrelmaïs, graan en suikerbiet is aangenomen dat enkel 2 % van Vlaams areaal in aanmerking komt voor energetische valorisatie, de rest wordt hoofdzakelijk gebruikt voor voedselproductie. Bij de kartering van koolzaad wordt ervan uitgegaan dat 30 % van het Vlaams areaal gekweekt wordt voor energiedoeleinden. De kartering werkt bovendien met de aangepaste bodemgeschiktheidskaart voor akkerbouw (zie hoofdstuk 11, bijlage 2) om rekening te houden met betere geschiktheden door bemesting en drainage en lagere geschiktheden door erosie of overstromingen. De aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan beschreven in bijlage 1.

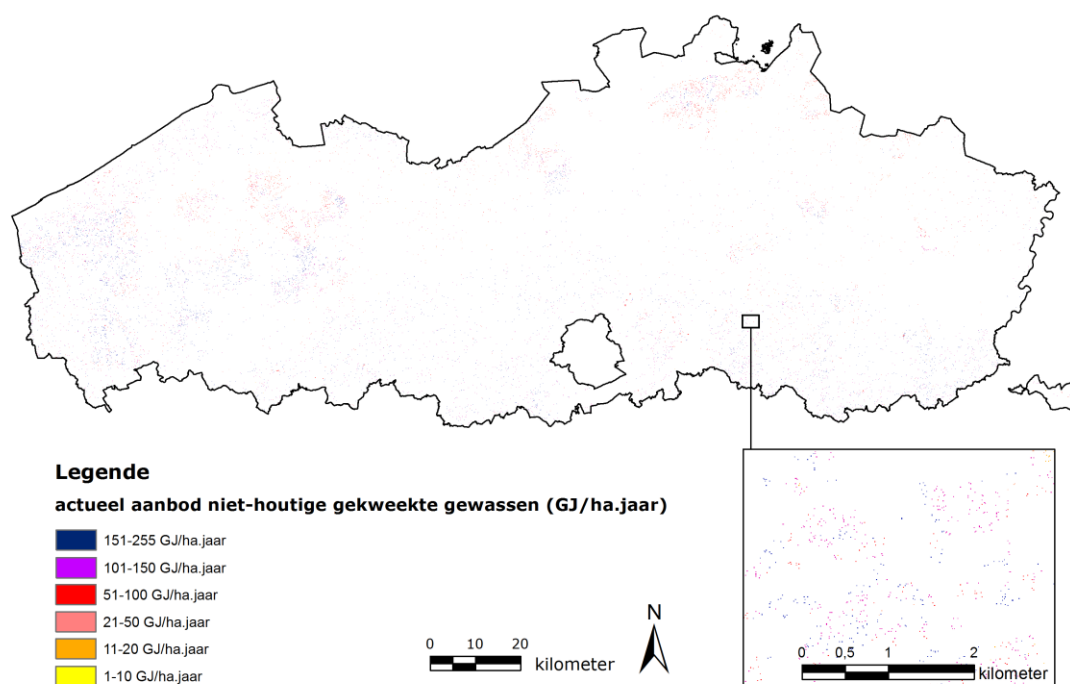
Kaart 7 toont het actueel aanbod van energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen. Het actueel aanbod bedraagt in Vlaanderen in totaal zo'n 860 TJ/jaar, verstrekt via ongeveer 6.800 ha landbouwgebied. In de provincie West-Vlaanderen is het actueel aanbod iets hoger, te verklaren door het aanzienlijk areaal silomaïs binnen gemeenten met vergistingsinstallaties.

Hoewel het actueel aanbod van niet-houtige gekweekte energiegewassen in Vlaanderen, uitgedrukt in TJ/jaar, hoger is dan dat van maaisel en houtige gewassen (zie Figuur 5) is het op Kaart 7 nauwelijks zichtbaar. Doordat bij niet-houtige gekweekte energiegewassen het aanbod sterker verspreid is over Vlaanderen dan bij maaisel en houtige gewassen, is het op de kaart met de getoonde schaal minder goed zichtbaar. Dit wordt geïllustreerd door de inset in Kaart 7 die het actueel aanbod in de regio ten oosten van Leuven toont.

Kaart 4 in bijlage 2 toont het actueel aanbod per gewas:

- voor silomaïs is er een aanbod van zo'n 365 TJ/jaar afkomstig van zo'n 22.000 ton droge stof binnen de gemeenten met vergistingsinstallaties;
- voor korrelmaïs ligt het aanbod op zo'n 220 TJ/jaar afkomstig van zo'n 10.000 ton droge stof verspreid over Vlaanderen,
- voor graan wordt het aanbod ingeschat op zo'n 170 TJ/jaar afkomstig van zo'n 10.000 ton droge stof verspreid over Vlaanderen,
- voor suikerbiet is het aanbod zo'n 100 TJ/jaar afkomstig van zo'n 6.000 ton droge stof verspreid over Vlaanderen,
- voor kool- en raapzaad ligt het aanbod op zo'n 12 TJ/jaar afkomstig van zo'n 460 ton droge stof verspreid over Vlaanderen.

Actueel aanbod, gekweekte gewassen



Kaart 7. Actueel aanbod van gekweekte energiegewassen.

Maaisel

Het project Graskracht onderzoekt het potentieel van grasmaaisel als duurzame en hernieuwbare energiebron. Het project bracht de expertise samen van dertien partners met een uiteenlopend werkingsveld (www.graskracht.be). Daarbij werden oppervlakte- en opbrengstgegevens van graslanden en bermen in Vlaanderen met beheer via openbare instanties of terreinbeherende natuurverenigingen samengebracht (Tabel 5). Het betreft oppervlakten van bermen en graslanden die effectief worden gemaaid (Delief & De Vocht, 2012). De berekende theoretische energie-inhoud van het biogas-potentieel van het (berm)maaisel beschikbaar in Vlaanderen ligt in de lijn van vroegere berekeningen (305 TJ/jaar; Andries et al., 2010).

Tabel 5. Effectief gemaaid oppervlakte (ha) en opbrengstgegevens (ton droge stof per jaar) van graslanden en bermen in Vlaanderen met beheer door openbare instanties of terreinbeherende natuurverenigingen (Delief & De Vocht, 2012) en de theoretische energie-inhoud bij vergisting (eigen berekeningen).

beheerder	effectief gemaaid oppervlakte (ha)	maaisel (ton droge stof/jaar)	theoretische energie-inhoud van het biogas-potentieel (TJ/jaar) ^d
bermen			
AWV (snelwegen en gewestwegen)	8.230	17.809 ^a	
bevaarbare waterwegen	2.434	6.798 ^a	
gemeentelijke wegbermen	12.113	44.527 ^b	
spoorwegen	724	2.898 ^c	
totaal	23.501	72.032	135–573
graslanden			
ANB	1.646	5.875 ^c	
Natuurpunt	2.529	7.975 ^c	
erkende terreinbeherende instanties	192	662 ^c	
luchthavens	760	2.805 ^c	
haventerreinen	497	720 ^c	
golfterreinen	763	3053 ^c	
totaal	6.387	21.089	39–168
graslanden en bermen			
algemeen totaal	29.888	93.121	174–741

a: op basis van weegbonnen

b: via attesten m.b.t. de meldingsplicht van 257 gemeenten; vervolgens extrapolatie naar gans Vlaanderen (308 gemeenten)

c: berekend uit effectief gemaaid oppervlakte

d: uitgaande van een biogasvolume van 40–170m³ biogas per ton vers (berm)maaisel (Verbeke, 2012), een conversiefactor van 2 om droge stofgehalten om te zetten in vers gewicht (Delief & De Vocht, 2012) en de energie-inhoud 1m³ biogas van 23,4 MJ (www.biogas-e.be)

Het maaisel van graslanden wordt gedeeltelijk aangewend als voeder in de veeteelt. Bervoets (2008) geeft aan dat gemiddeld 23,6 % van het maaisel van graslanden in beheer via Natuurpunt niet wordt gebruikt als veevoeder en dus beschikbaar kan komen voor energiedoeleinden.

De kartering van het actueel aanbod van energie uit maaisel vertrekt van volgende landgebruikscategorieën: permanent en tijdelijk cultuurgrasland, halfnatuurlijk grasland, vergraste heide, moeras, rietland, ruigte en laag groen. Er wordt voor de landgebruikscategorieën permanent en tijdelijk cultuurgrasland, halfnatuurlijk grasland, vergraste heide, moeras, rietland en ruigte aangenomen dat energetische valorisatie enkel mogelijk is:

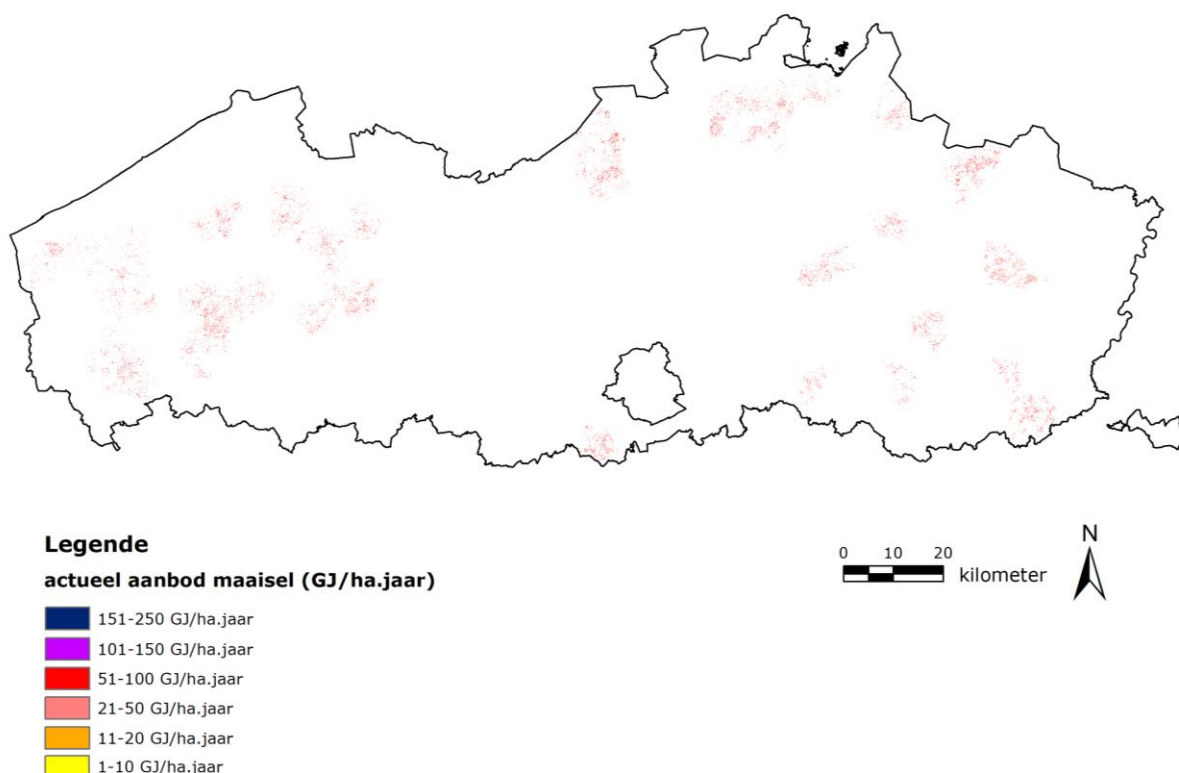
- binnen de 31 gemeentes waar vergistingsinstallaties operationeel zijn en
- binnen gebieden met beheer via ANB of erkende terreinbeherende instanties en
- bij 10 % van dit areaal.

Voor laag groen wordt aangenomen dat enkel de helft van het areaal binnen de gemeentes met operationele vergistingsinstallaties in aanmerking komt voor energiedoeleinden. De kartering van het actueel aanbod voor cultuurgrasland werkt bovendien met de bodemgeschiktheidskaart voor grasland. De aannames en de concrete werkwijze bij de kartering staan beschreven in bijlage 1.

Kaart 8 geeft het actueel aanbod van energie uit maaisel in Vlaanderen. Het actueel aanbod bedraagt in totaal zo'n 500 TJ/jaar, verstrekt via ongeveer 6.800 ha. Het actueel aanbod is hoofdzakelijk toe te schrijven aan de landgebruikscategorie laag groen (zo'n 6.400 ha; kaart 8 en kaart 5 in bijlage 2). De voornaamste landgebruikscategorieën kennen volgend actueel aanbod:

- zo'n 340 TJ/jaar afkomstig van zo'n 20.000 ton droge stof voor laag groen geassocieerd met residentiële en commerciële bebouwing;
- zo'n 66 TJ/jaar afkomstig van zo'n 4.000 ton droge stof voor laag groen geassocieerd met vervoersinfrastructuur;

- zo'n 39 TJ/jaar afkomstig van zo'n 2.300 ton droge stof voor laag groen geassocieerd met industrie, zeehavens en commerciële diensten;
- zo'n 13 TJ/jaar afkomstig van zo'n 780 ton droge stof voor permanent cultuurgrasland;
- zo'n 20 TJ/jaar afkomstig van zo'n 1.200 ton droge stof voor laag groen geassocieerd met recreatie en sportterrein;
- zo'n 6 TJ/jaar afkomstig van zo'n 400 ton droge stof voor heide;
- zo'n 2 TJ/jaar afkomstig van zo'n 120 ton droge stof voor tijdelijk cultuurgrasland;
- zo'n 2 TJ/jaar afkomstig van zo'n 140 ton droge stof voor voedselrijk nat halfnatuurlijk grasland.



Kaart 8. Actueel aanbod van energie uit maaisel.

Houtige stromen

De volumes van houtverkoop zijn in Vlaanderen beperkt in kaart gebracht. Data zijn slechts voorhanden van openbare houtverkoop uit openbare bossen of door privé beseigenaren aangesloten bij bosgroepen. Dit bedraagt zo'n 220.000 m³/jaar voor openbare bossen en zo'n 70.000 m³/jaar voor particuliere bossen (zie hoofdstuk 13, paragraaf 2.1). De totale jaarlijkse houtoogst (timmer-, vezel- en brandhout) in Vlaanderen wordt evenwel geschat op 500.000 à 600.000 m³/jaar. Er zijn geen cijfers voorhanden die aangeven welk volume hiervan bestemd is voor energiehout. Bovendien komt een belangrijk deel van de houtoogst niet op de reguliere markt terecht, maar betreft het oogst van brandhout door particulieren voor eigen gebruik of voor ruil of informele verkoop. Dit houtaanbod is niet enkel afkomstig uit bos maar ook uit 'ander hoog groen', waaronder opgaande bomen in parken, houtkanten, bomenrijen en grote tuinen. De FAO raamde de brandhoutoogst voor België op zo'n 500.000 m³/jaar (www.faostat.fao.org). Voor Vlaanderen wordt de oogst van brandhout door particuliere eigenaars op minstens 50.000 m³/jaar geraamd. Een ander aanbod is de verkochte hoeveelheid resthoutfractie van ANB welke in 2011 zo'n 2.000 ton bedroeg (inventaris biomassa: Braekevelt & Schelfhout, 2013). Die 2000 ton betreft de resthoutfractie welke was vrijgekomen vanuit werken in eigen regie. Daarnaast is er echter nog een aanzienlijk groter deel dat vrijkomt bij beheerwerken uitgevoerd door aannemers. Hier is de afvoer van de houtige restfractie meestal inbegrepen in de overheidsopdracht zelf.

Binnen het project 'Limburgs groen voor een groene economie' werd een haalbaarheidsstudie naar de inzet van houtige biomassa voor hernieuwbare energie uitgevoerd (Gybels et al., 2012). De

studie maakte een schatting van het actueel aanbod aan houtige biomassa voor de provincie Limburg (Tabel 6). Hierbij werd hout afkomstig van bossen, kleine landschapselementen, tuinen en bedrijventerreinen in rekening gebracht. Het aanbod van hout uit bossen en kleine landschapselementen werd berekend door gebruik te maken van bijgroeicijfers ($\text{m}^3/\text{ha.jaar}$; uit de literatuur) per bostype en per landschapselement van zowel het spilhout als van het tak- en tophout. De studie maakte bovendien gebruik van oogstpercentages voortvloeiend uit ecologische, technische en beleidsmatige randvoorwaarden.

Tabel 6. Aanbod aan houtige biomassa voor de provincie Limburg (Gybels et al., 2012).

	aanbod spilhout & tak- en tophout (ton droge stof/jaar)
bossen	59.200
kleine landschapselementen	13.000
tuinen van huishoudens	16.750
bedrijventerreinen	7.500
totaal	96.450

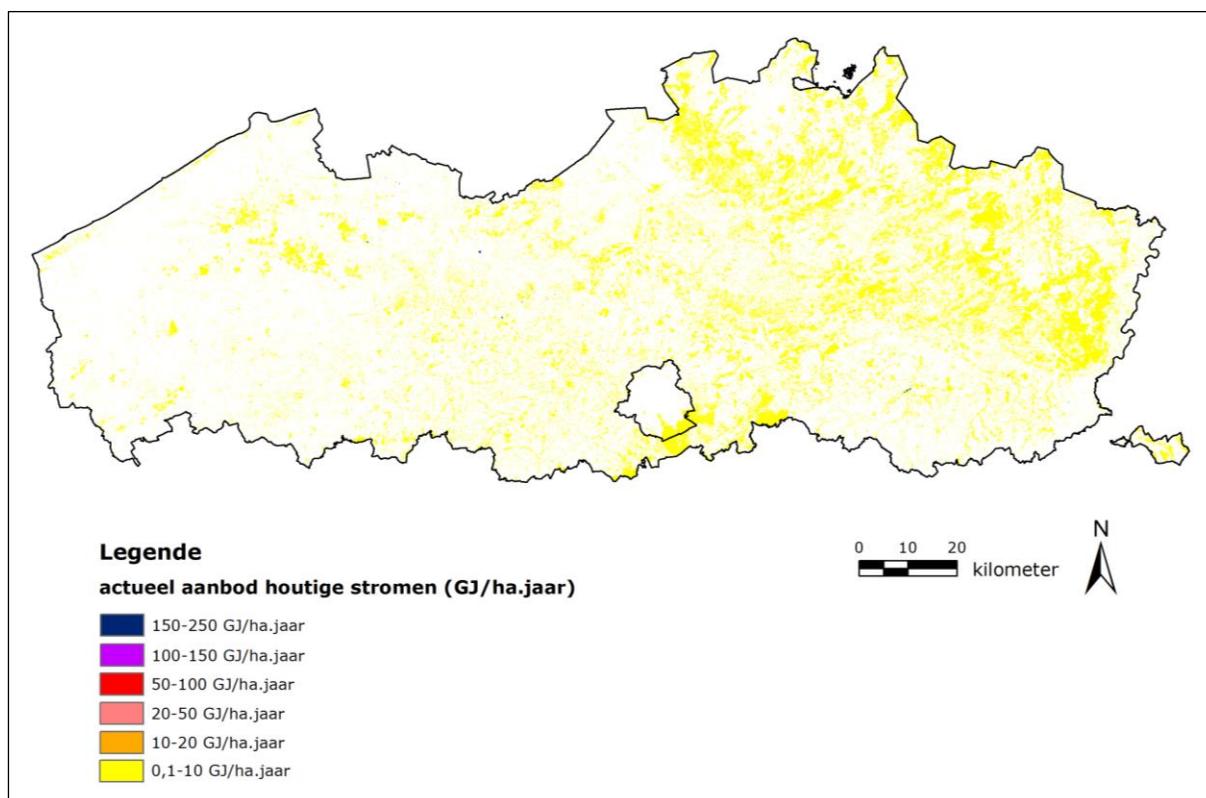
Uit de verzamelaanvraag (Departement Landbouw en Visserij; Afdeling Monitoring en Studie) kwam in 2012 96 ha korte-omloophout en 33 ha *Miscanthus* voor in Vlaanderen (in de landgebruikskaart die als basis dient voor de kartering is uitgegaan van 60 ha korte-omloophout en 17 ha *Miscanthus*). Het voortgangsrapport van België geeft 139 ha voor korte-omloophout en 82 ha voor grassen als energiegewas (quasi uitsluitend *Miscanthus*) aan in België voor 2010 (bron: Energieoverleggroep, 2012).

De kartering van het actueel aanbod aan energie uit houtige stromen vertrekt van volgende landgebruikscategorieën: naald- en loofbos, hoog groen buiten bos, korte-omloophout, *Miscanthus* en niet-vergraste heide. De kartering van het actueel aanbod voor houtige stromen van loof- en naaldhout gebeurt op basis van het aanbod aan tak- en tophout, dat is afgeleid van de het volume aan spilhout (zie hoofdstuk 13). Het volume aan spilhout is bepaald via benuttingsgraden, afhankelijk van het statuut (reservaat of niet), de eigendomssituatie (particulier of openbaar) en de functie (bos of hoog groen buiten bos). Tevens is gerekend met een oogstverlies van 30 % bij het verzamelen van tak- en tophout. Het karteringsschema en de aannames en de werkwijze van de kartering staan beschreven in bijlage 1.

Kaart 9 toont het actueel aanbod aan energie uit houtige stromen. Dit actueel aanbod bedraagt in totaal zo'n 655 TJ/jaar, verstrekt via ongeveer 240.000 ha. Een belangrijk aanbod is er in de ecoregio van de Kempen, in het droog boven-Dijledistrict en in het Brabants lemig heuveldistrict. Het actueel aanbod bij de voornaamste landgebruikscategorieën bedraagt (kaart 6 in bijlage 2):

- zo'n 460 TJ/jaar afkomstig van zo'n 50.000 m^3 vers tak- en tophout voor bos;
- zo'n 170 TJ/jaar afkomstig van zo'n 20.000 m^3 vers tak- en tophout voor hoog groen buiten bos;
- zo'n 11 TJ/jaar afkomstig van zo'n 600 ton droge stof voor korte-omloophout;
- zo'n 5 TJ/jaar afkomstig van zo'n 260 ton droge stof voor *Miscanthus*;
- zo'n 4 TJ/jaar afkomstig van zo'n 200 ton droge stof voor heide.

Particuliere bossen en particulier hoog groen hebben een aanbod van zo'n 400 TJ/jaar, openbare bossen en openbaar hoog groen zo'n 200 TJ/jaar en bossen en hoog groen in reservaatstatuut of eigendom van terreinbeherende natuurvereniging zijn goed voor zo'n 20 TJ/jaar.



Kaart 9. Actueel aanbod van energie uit houtige stromen.

Niet-houtige en houtige stroom: groenafval

Groenafval omvat zowel houtige als niet-houtige biomassa afkomstig van het onderhoud en beheer van particuliere tuinen, bedrijventerreinen of openbare groenvoorzieningen. In de inventaris biomassa 2011–2012 (Braekevelt & Schelfhout, 2013) worden de hoeveelheden aan groenafval aangegeven (houtstromen uit openbare domeinen in beheer via ANB zijn hierbij niet opgenomen). Tabel 7 toont aan dat het gemengd tuinafval van huishoudens de grootste stroom van groenafval inhoudt.

Tabel 7. Hoeveelheden groenafval afkomstig van huishoudens, bedrijventerreinen en gemeenten en overheden (bron: Braekevelt & Schelfhout, 2013)

	ton	jaar
gemeenten en overheden	88.239 ^a	2010
gemengd tuinafval van huishoudens	352.127 ^b	2011
snoeihout & boomstronken van huishoudens	111.341 ^b	2011
bedrijventerreinen	247.735 ^a	2010

a: hoeveelheden ingeschat op basis van het milieujaarverslag

b: hoeveelheden verzameld via containerparken en huis-aan-huisinzameling

2.4. Vraag

Er is een vraag naar energiegewassen voor de productie van biogebaseerde brandstoffen, naar gewassen als inputmateriaal voor vergistingsinstallaties en naar houtige gewassen. De vraag naar energiegewassen is afhankelijk van:

- de beschikbaarheid, de kostprijs en het aanwenden van fossiele brandstoffen,
- de evolutie in het gebruik van nucleaire kernbrandstof,
- het aanwenden van andere duurzame energiebronnen (bv. zon, wind),
- het aanwenden van afvalstromen voor energieopwekking,
- de technologische evoluties in de energieconversie van gewassen,

- de totale energievraag (onder andere de transportvraag),
- beleidsdoelstellingen inzake hernieuwbare energie.

Het bruto binnenlands energieverbruik in Vlaanderen voor 2012 bedroeg 1.556 petajoule (1 PJ = 10¹⁵ Joule) (Aernouts et al., 2013b; zie ook verder bij Figuur 6). Dit cijfer kan beschouwd worden als de binnenlandse energievraag in Vlaanderen.

Het actueel aanbod van niet-houtige gekweekte energiegewassen, maaisel en houtige biomassa dekt samen 0,13 % (respectievelijk 0,06 %, 0,03 % en 0,04 % voor de drie biomassastromen) van het bruto binnenlands energieverbruik in Vlaanderen (1.556 PJ). Het potentieel aanbod van diezelfde stromen in Vlaanderen dekt zo'n 6 % (3,0 %, 2,2 % en 0,8 % voor de aparte biomassastromen) van het bruto binnenlands energieverbruik. Het volledig gebruiken van dit potentieel aanbod voor de productie van biogebaseerde energie zou echter wel ten koste gaan van het gebruik van die biomassa voor voedselproductie of houtproductie.

De actuele vraag naar de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' kan wel deels worden afgeleid van de geïnstalleerde productiecapaciteit voor biobrandstoffen, maar in feite geven die waarden veeleer een indicatie van het actuele gebruik van de ecosysteemdienst, dan over de achterliggende vraag ernaar.

2.5. Gebruik

De gebruikers van de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' variëren in functie van de fase in de productie- en consumptieketen. Vooraan in die keten zitten de producenten van biogebaseerde brandstof (zie Figuur 3), aan het einde van die keten zitten de afnemers of eindgebruikers van groene stroom, groene verwarming en koeling of biobrandstof.

Niet-houtige gekweekte energiegewassen

Tabel 8 geeft voor 2011 de totale Vlaamse productie van een aantal landbouwgewassen (kolom 1-2). Kolom 3 geeft het aandeel dat daarvan wordt gebruikt voor energietoepassingen, het overige deel wordt gebruikt voor voedselproductie, inclusief veevoer (zie hoofdstuk 11). Het (in termen van biomassa) omvangrijkste gebruik is de aanwending van tarwe voor de productie van bio-ethanol. Ook het gebruik van silomaïs voor vergisting vertegenwoordigt een aanzienlijke hoeveelheid. De hoeveelheden van granen en kool- en raapzaad aangewend voor energiedoeleinden liggen hoger dan de Vlaamse productie. Voor Vlaanderen is er voor granen en koolzaad dan ook een belangrijke bijdrage van import.

Tabel 8. Vlaamse productie van een aantal landbouwgewassen en het gebruik daarvan voor energietoepassingen in 2011 (bron: Braekevelt & Schelfhout, 2013; D'Haese et al., 2013).

gewas	totale Vlaamse productie (ton)	gebruik voor energietoepassingen (ton)	energietoepassing
silomaïs	5.600.000	120.000	vergisting
korrelmaïs	1.887.350	18.300	bio-ethanol
kool- en raapzaad	2.200	9.180	biodiesel
overige granen	329.216		
gerst	a	53.100	bio-ethanol
tarwe	a	583.275	bio-ethanol
		10.605	vergisting
suikerbieten	1.850.160	1.524	bio-ethanol

a: productiecijfers voor gerst of tarwe staan niet apart vermeld in Braekevelt & Schelfhout (2013) of D'Haese et al. (2013). Productiecijfers voor gerst of tarwe zijn wellicht vervat in het cijfer onder 'overige granen'.

Maaisel

Momenteel wordt er in Vlaanderen quasi geen maaisel aangewend voor energieproductie (Braekevelt & Schelfhout, 2013).

Houtige stromen

VITO heeft een analyse uitgevoerd om het houtverbruik (zoals stukhout en pellets) door de huishoudens i.f.v. verwarming in te schatten. Dit houtverbruik wordt ingeschat op zo'n 1.010.000 ton (droge stof) voor 2010, zo'n 730.000 ton in 2011 en zo'n 880.000 ton in 2012 (op basis van de inschatting van het houtverbruik aangegeven in Dams et al. (2013) en een verbrandingswarmte van 15,47 GJ/ton). Deze cijfers liggen 4 tot 5 maal hoger in vergelijking met vroegere schattingen die een jaarlijks verbruik aangaven van zo'n 250.000 ton (Andries et al., 2010). Het houtverbruik voor verwarming in andere sectoren wordt jaarlijks vastgelegd in de Vlaamse energiebalansen en in de inventaris hernieuwbare energie. Deze cijfers zijn niet mee opgenomen in de kwantificering.

Door bedrijven werd in Vlaanderen in 2010 14.124 ton (vers) groenafval afkomstig van bedrijventerreinen en in 2011 89.031 ton (vers) resthout uit bosexploitatie verbrand (Braekevelt & Schelfhout, 2013).

In 2012 bedroeg de groene bruto elektriciteitsproductie in Vlaanderen uit vaste biogebaseerde brandstoffen zo'n 2.476.537 MWh (Jespers et al., 2013) of omgerekend zo'n 9.000 TJ. De aangewende brandstoffen komen hoofdzakelijk uit houtige stromen (zoals hout, pellets, houtsnippers, houtafval).

2.6. Synthese

Figuur 6 vat de kwantitatieve informatie uit de kartering van de fysische geschiktheid (2.1), het potentieel (2.2) en actueel aanbod (2.3) en van het gebruik (2.5) samen.

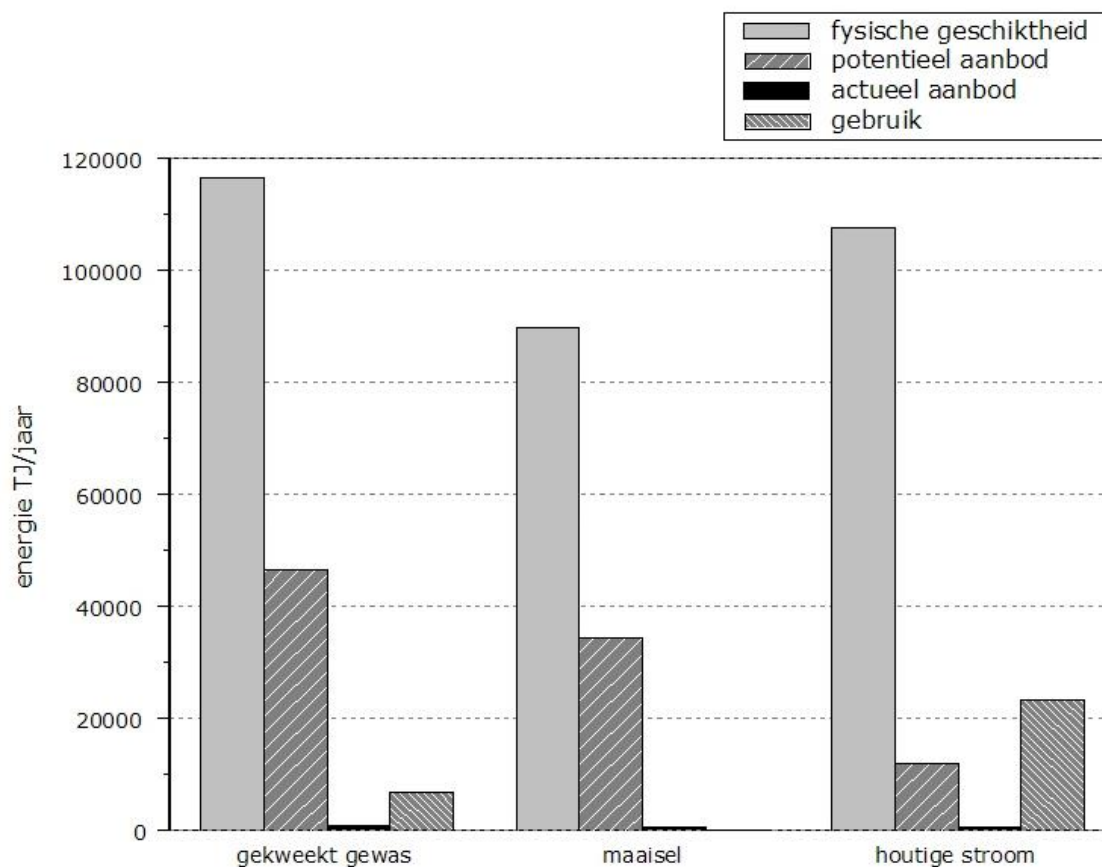
Het gebruik van de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' bedraagt voor silo- en korrelmaïs en voor suikerbiet slechts een fractie ($< 2\%$) van de productie ervan in Vlaanderen (Tabel 8). Dit komt doordat deze biomassa hoofdzakelijk wordt gebruikt voor de ecosysteemdienst voedselproductie.

Voor granen en kool- en raapzaad daarentegen overtreft het gebruik van de ESD ruimschoots het aanbod ervan in Vlaanderen (Tabel 8). Het verschil wordt gecompenseerd door het importeren van biomassa uit het buitenland.

Van het potentieel aanbod van maaisel wordt nauwelijks ($< 0,1\%$) iets aangeboden bij producenten van biobrandstoffen, omdat de verwerking ervan economisch nog niet rendabel is.

Het gebruik van de houtige stroom omvat niet enkel het gebruik voor groenestroomproductie, maar ook het gebruik door huishoudens, industrie, tertiaire en landbouwsector. Het surplus van het gebruik ten opzichte van het actueel aanbod in Vlaanderen wordt opgevuld door import. Anderzijds wordt van het potentieel aanbod van houtige biomassa (12.000 TJ/jaar) slechts zo'n 5 à 6 % daadwerkelijk aangeboden voor oogst (655 TJ/jaar). Een deel van dit verschil is te verklaren doordat de ondergrondse biomassa (ongeveer de helft van het potentieel aanbod) meestal niet mee wordt geoogst. Bovendien gelden in een deel van het areaal met een potentieel aanbod oogstbeperkingen omwille van doelen inzake natuurbehoud en -beleving. Tenslotte wordt bij de kwantificering van het actueel aanbod een oogstverlies van 30 % verondersteld vermits het technisch nooit mogelijk is om alle top- en takhout weg te halen.

De beschikbare gegevens suggereren een verbruik van houtige biomassa dat heel wat hoger ligt dan het actueel aanbod. Dit verschil wordt verklaard door de import van houtige biomassa (bv. pellets) van buiten Vlaanderen en door het aanwenden van spilhout voor energiedoelen.



De berekening van het gebruik werd verricht op basis van de gegevens vermeld in 2.5. Daarbij werd de energie-inhoud van de biomassa berekend uitgaande van Tabel 3 en Tabel 4. Er werd verondersteld dat 1 ton vers materiaal overeen komt met 0,5 ton droge stof.

Figuur 5. De theoretische energie-inhoud (TJ/jaar) van niet-houtige gekweekte gewassen, maaisel en houtige stromen bij de fysieke geschiktheid, het potentieel en actueel aanbod en het gebruik.

3. Trend van de ESD

Zoals reeds blijkt uit paragraaf 2 zijn gegevens over het aanbod, de vraag en het gebruik van energiegewassen slechts beperkt beschikbaar. Daardoor kunnen ook de trends moeilijk worden beschreven. In dit hoofdstuk worden trends aangegeven van hernieuwbare energietoepassingen (elektriciteit, warmte & koeling, transport) samen met de rol van biogebaseerde brandstoffen (3.1 – 3.2). Voor de productie van die brandstoffen worden naast de biomassastromen besproken in paragraaf 2 evenwel ook nog andere biomassastromen gebruik (zie paragraaf 1.2). In paragraaf 3.3 bekijken we eveneens het aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het totale energieverbruik in Vlaanderen.

3.1. Trends in het aanbod

Over de trend van het aanbod zijn weinig gegevens bekend. Het toenemend gebruik (zie verder onder 3.3) laat een toenemend aanbod vermoeden maar dit kan variëren per productstroom (bv. snoeihout, maaisel, ...). Het aanbod wordt voornamelijk gestuurd door de (Europese) beleidsdoelstellingen rond hernieuwbare energie. Tevens is dit toenemend aanbod niet noodzakelijk afkomstig van de Belgische of Vlaamse productie.

3.2. Trends in de vraag en het gebruik

Figuur 6 toont het bruto binnenlands energieverbruik van Vlaanderen voor de periode 1990–2011. We interpreteren deze gegevens tevens als indicator voor de vraag naar energie. Tussen 1990 en 2005 kende het energieverbruik een haast continu stijgend verloop. Deze stijging is in belangrijke mate te verklaren door een stijging van het activiteitsniveau in de verschillende sectoren. Zo nam in diezelfde periode de omvang van de economie toe, groeide de bevolking en het aantal gezinnen en stegen de transportstromen. Na 2005 volgden 4 jaren van dalend energieverbruik. Dit is wellicht onder meer te wijten aan inspanningen om de energie-efficiëntie op te krikken, maar ook externe factoren hielpen het energieverbruik te beperken:

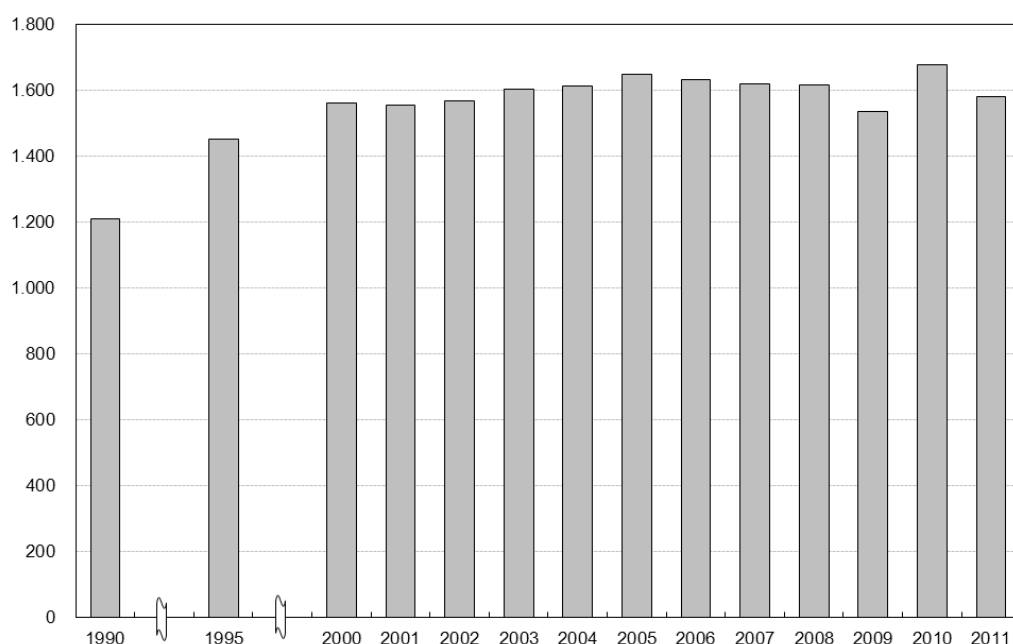
- zachte wintermaanden in 2007 met een verminderde verwarmingsbehoefte in gebouwen;
- de financieel-economische crisis in de tweede helft van 2008 en vooral 2009, met een duidelijk verlaagd activiteitsniveau in alle industriële deelsectoren.

In 2010 steeg het bruto binnenlands energieverbruik met ruim 9 % op één jaar tijd, door:

- het hernemen van de bedrijfsactiviteiten na de financieel-economische crisis van 2008/2009,
- de strenge wintermaanden.

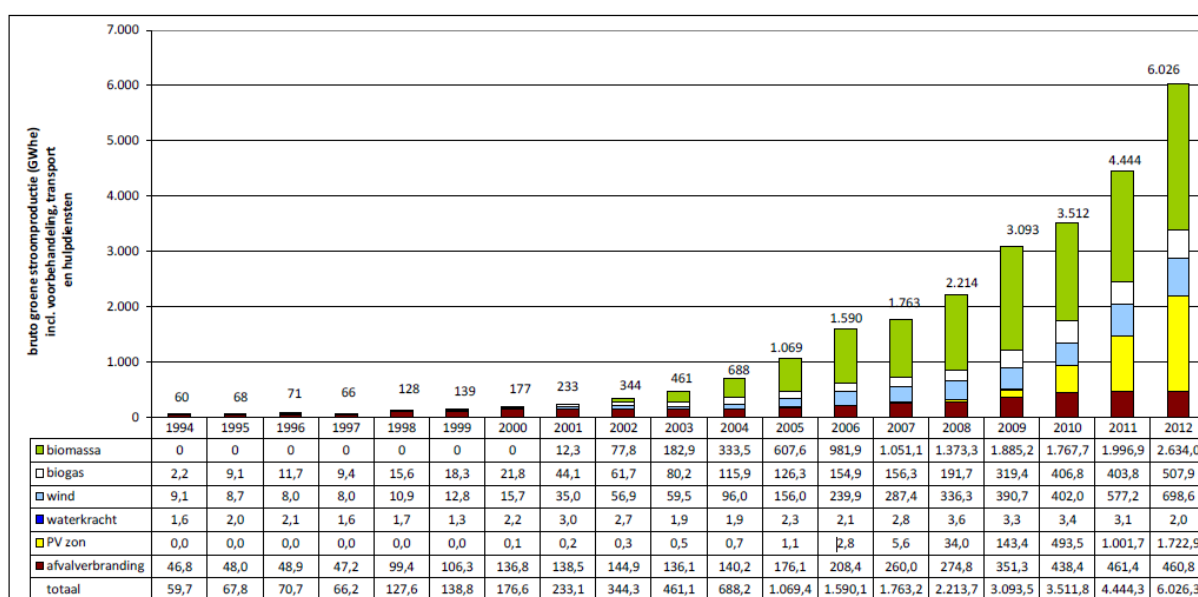
In 2011 werd terug aangeknoopt bij de dalende trend die na 2005 was ingezet: in alle sectoren daalde het energieverbruik in het laatste jaar. Dit is onder meer te verklaren door het minder streng (winter)klimaat en de verbeterde energie-efficiëntie (VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be).

energiegebruik (PJ)



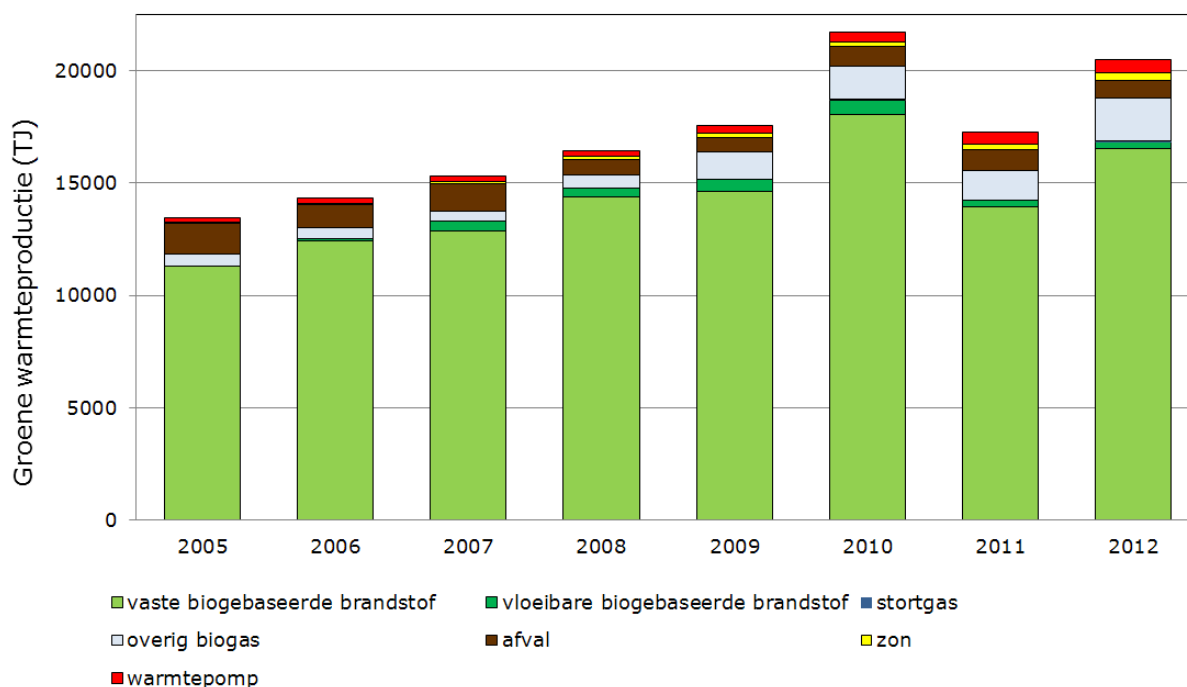
Figuur 6. Het bruto binnenlands energiegebruik van Vlaanderen voor de periode 1990–2011 (VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be).

Figuur 7 toont de bruto groenestroomproductie in Vlaanderen voor de periode 1994–2012 (inventaris duurzame energie: Jespers et al., 2013). De productie van groene stroom uit biogebaseerde brandstoffen stijgt continu sinds 2001. Sinds 2002 hebben vaste en vloeibare biogebaseerde brandstoffen (in de inventaris duurzame energie 'biomassa' genoemd) een belangrijk aandeel in de groenestroomproductie, gaande van 22 % in 2002 tot ongeveer 60 % in de periode 2006–2008 om vervolgens te dalen naar 44 % in 2012. De groenestroomproductie door biogas (dit is een gasvormige biogebaseerde brandstof) is in de periode 2008–2012 bijna verdrievoudigd. Het aandeel van biogas in de groenestroomproductie is 8 % in 2012.



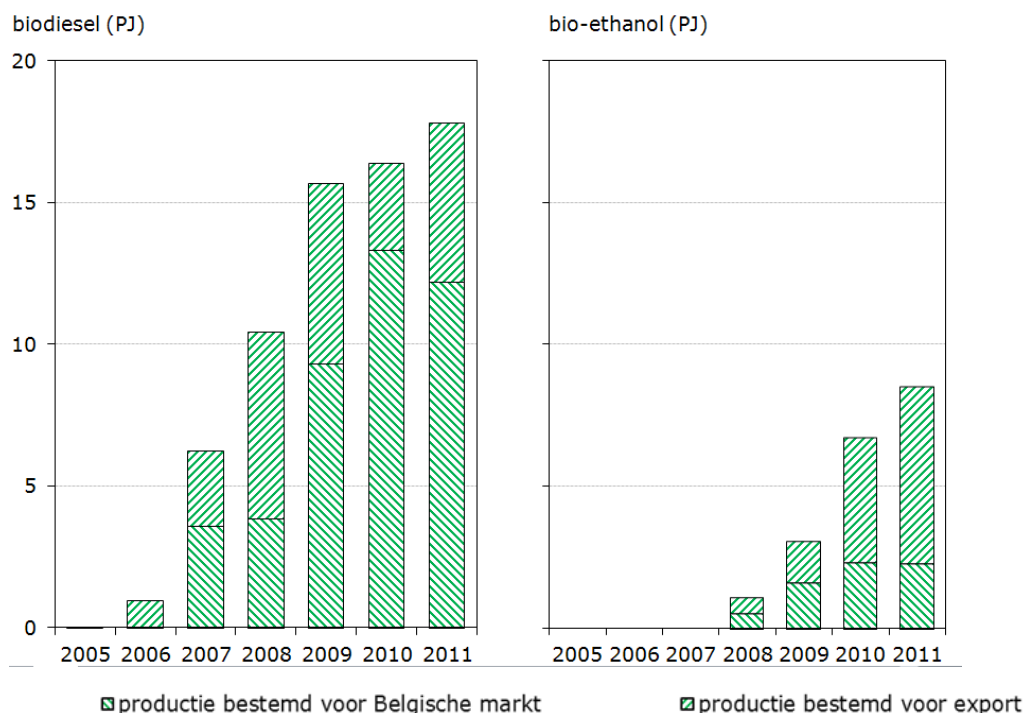
Figuur 7. De bruto groenestroomproductie door biogebaseerde brandstoffen, wind, waterkracht, zon en afval in Vlaanderen voor de periode 1994–2012 (bron: Jespers et al., 2013).

Figuur 8 toont de groenewarmteproductie in Vlaanderen in de periode 2005–2012 (bron: Jespers et al., 2013). Het aanwenden van vaste en vloeibare biogebaseerde brandstoffen heeft een groot belang bij de groenewarmteproductie in die periode met aandelen tussen 81 % en 87 %. Groene warmteproductie uit biogas kent een verdubbeling in de periode 2008–2012. Het aandeel van biogas in de groenewarmteproductie bedraagt 4 % voor 2008 en 9 % voor 2012.



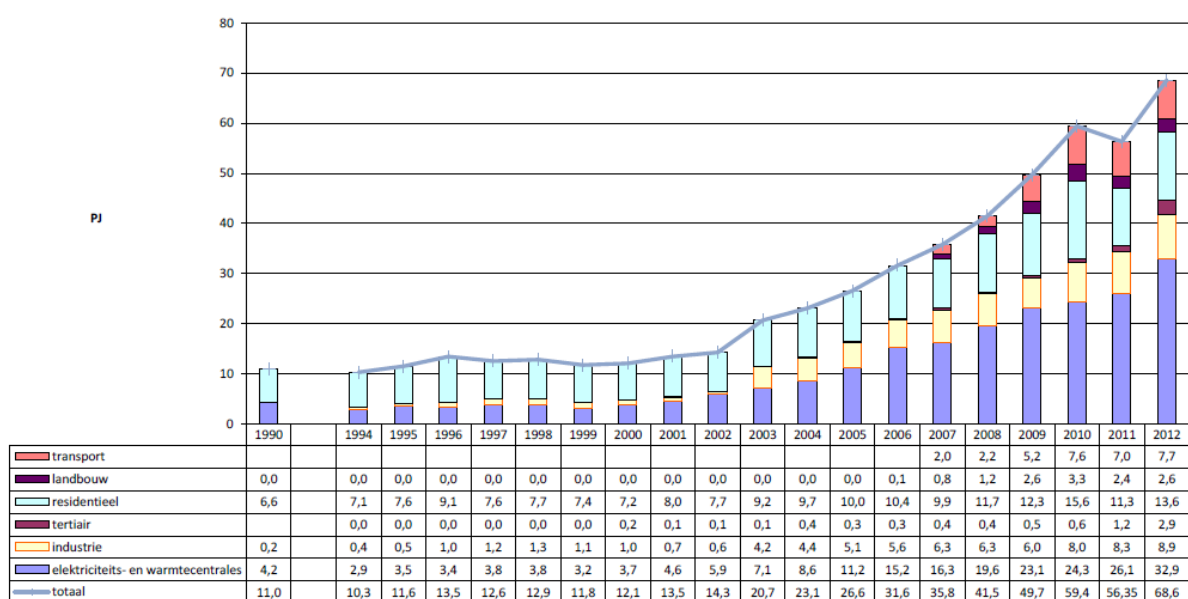
Figuur 8. De groenewarmteproductie in de periode 2005–2012 door vaste en vloeibare biogebaseerde brandstoffen, stortgas, overig biogas, afval, zon en warmtepompen (bron: Jespers et al., 2013).

Figuur 9 toont de productie van biodiesel en bio-ethanol in België voor de periode 2005–2011 (VMM, Milieurapport Vlaanderen, www.milieurapport.be). Biodiesel domineert boven bio-ethanol. De totale productie van biodiesel kent een sterke stijging in de periode 2006–2009. Voor de periode 2009–2011 is er een lichtere stijging. De totale productie van bio-ethanol kent een stijging in de periode 2008–2011. De productietoename in 2011 was volledig bestemd voor de export, het binnenlands verbruik bleef dat jaar constant of daalde ten opzichte van 2010. In 2011 was 31 % van de productie van biodiesel bestemd voor export, voor bio-ethanol lag dit op 74 %.



Figuur 9. De productie van biodiesel en bio-ethanol in België voor de periode 2005–2011 (bron: VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be).

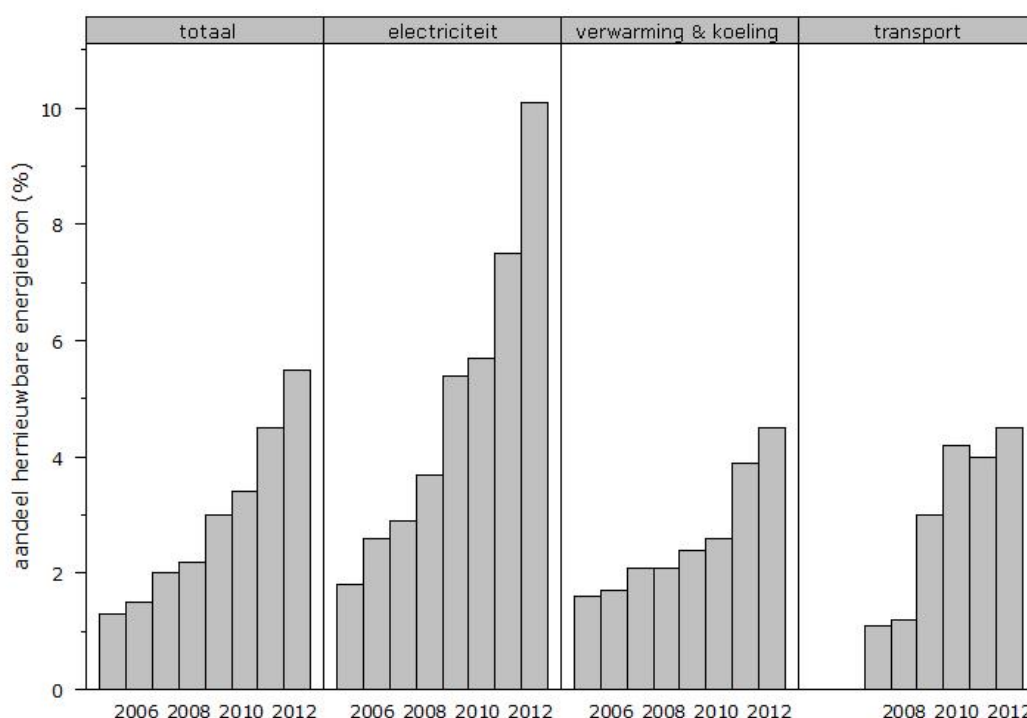
Figuur 10 toont het gebruik van biogebaseerde brandstoffen in de verschillende economische sectoren in Vlaanderen. Tussen 2003 en 2010 is er een stijgend gebruik vast te stellen. Het totaal gebruik kende een lichte daling in 2011 ten opzichte van 2010, met vooral afnames bij de huishoudens en de landbouwsector. Die lichte daling heeft wellicht te maken met het warme jaar 2011. Voor de transportsector zijn biogebaseerde brandstoffen aangewend vanaf 2007 met jaarlijkse stijgingen tot 2010. Een lichte daling van het gebruik valt te noteren voor 2011 in vergelijking met 2010. In 2012 is een stijging merkbaar in vergelijking met 2011 (Jespers et al., 2013).



Figuur 10. Evolutie van het gebruik van biogebaseerde brandstoffen in Vlaanderen in 1990 en in de periode 1994–2012 (Jespers et al., 2013).

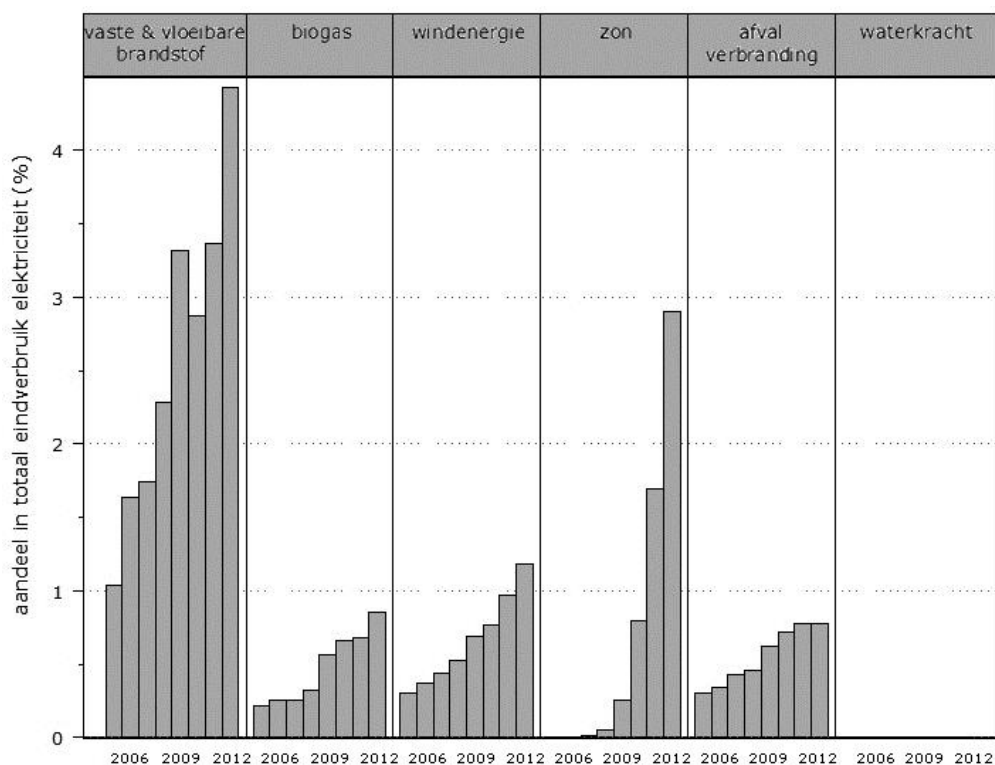
3.3. Aandeel hernieuwbare energiebronnen in totaal bruto energiegebruik

Figuur 11 toont het aandeel hernieuwbare energie in het totaal bruto totaal energiegebruik in Vlaanderen voor de periode 2005–2012, in het bruto totaal verbruik van elektriciteit, in het bruto totaal energiegebruik voor verwarming en koeling en in het bruto totaal verbruik voor transport (inventaris duurzame energie: Jespers et al., 2013). Het aandeel hernieuwbare energie in het totaal bruto totaal energiegebruik kent sinds 2005 een jaarlijkse stijging. Het aandeel in 2012 is bijna 3 maal hoger dan in 2005. Eveneens is een duidelijke stijging merkbaar voor het aandeel hernieuwbare energie in het bruto totaal elektriciteitsverbruik waarbij het aandeel van 2012 zo'n 5 maal hoger is dan in 2005. Het aandeel hernieuwbare energie in het verbruik voor verwarming en koeling kent een jaarlijkse stijging in de periode 2005–2012. Het aandeel in 2012 is zo'n 1,5 maal hoger dan in 2005. In het energiegebruik voor transport werd tot en met 2006 nauwelijks hernieuwbare energiebron aangewend. In de periode 2007–2012 is een stijging merkbaar van het aandeel hernieuwbare energie in het bruto totaal energiegebruik voor transport met een kleine terugval in 2011. Het aandeel van 2012 is 4 keer hoger dan het aandeel van 2007.

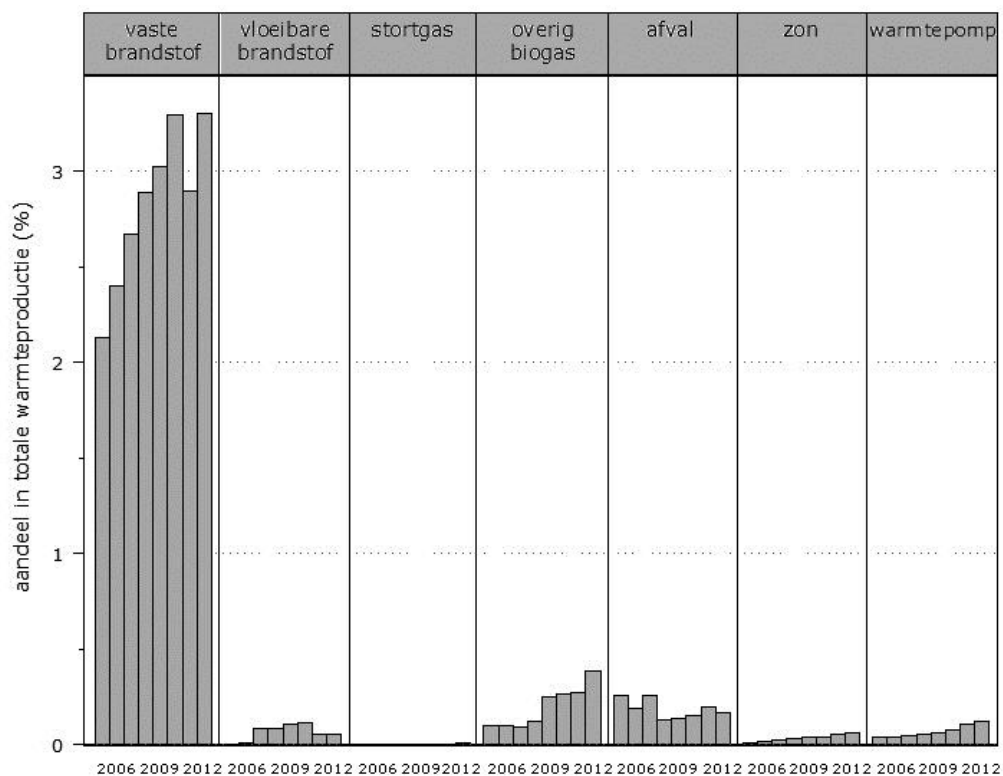


Figuur 11. Het aandeel hernieuwbare energie in Vlaanderen voor de periode 2005–2012 in het totaal bruto totaal energiegebruik, in het bruto eindverbruik van elektriciteit, in het bruto eindverbruik voor verwarming en koeling en in het bruto eindverbruik van vervoer. Bron: inventaris duurzame energie: Jespers et al. (2013).

Figuur 12 en 13 geven de bijdrage van verschillende hernieuwbare energiebronnen in het totale bruto eindverbruik van elektriciteit en in het totale bruto eindverbruik voor verwarming en koeling voor de periode 2005–2012. Vaste en vloeibare biogebaseerde brandstoffen zijn de belangrijkste hernieuwbare bronnen voor elektriciteit waarbij de bijdrage verviervoudigd is in 2012 ten opzichte van 2005. Het aandeel is in 2012 zo'n 1,5 maal hoger dan het aandeel van zonnepanelen en bijna 4 maal hoger dan het aandeel van windenergie. Het aandeel van biogas ligt in 2012 lager dan het aandeel van windenergie maar hoger dan het aandeel van afvalverbranding. Het aandeel van biogas verviervoudigde in de periode 2005–2012. Vaste biogebaseerde brandstoffen (vnl. hout) zijn de belangrijkste hernieuwbare bronnen voor warmteproductie met een beperkte toename in de periode 2005–2012. Biogas is in 2012 de derde belangrijkste hernieuwbare bron voor warmteproductie en verviervoudigde bijna in de periode 2005–2012.

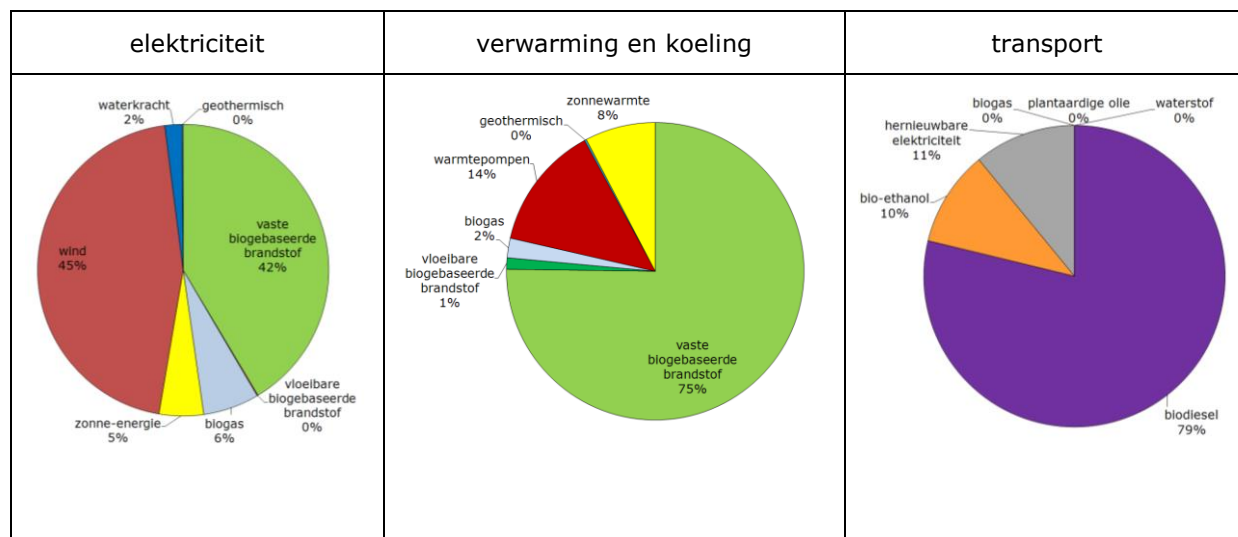


Figuur 12. De bijdrage van vaste en vloeibare biogebaseerde brandstoffen, biogas, windenergie, zon, afvalverbranding en waterkracht in het totale eindverbruik van elektriciteit in Vlaanderen voor de periode 2005–2012 (kolommen van de grafiek). Bron: inventaris duurzame energie: Jespers et al. (2013).



Figuur 13. De bijdrage van vaste en vloeibare biogebaseerde brandstoffen, stortgas, overig biogas, afval, zon en warmtepomp in de totale warmteproductie in Vlaanderen voor de periode 2005–2012 (kolommen van de grafiek). Bron: inventaris duurzame energie: Jespers et al. (2013).

In het Nationaal actieplan voor hernieuwbare energie wordt de verwachte bijdrage voor België in 2020 van verschillende energiebronnen aan hernieuwbare energie aangegeven om te voldoen aan de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie (zie verder bij sociopolitieke drivers; ENOVER, 2010). Een taartdiagram van deze schattingen is weergegeven in Figuur 14. De verwachte bijdrage van biogebaseerde brandstoffen (vast, vloeibaar en gasvormig) aan groene stroom in 2020 is 48 %. De bijdrage van biogebaseerde brandstoffen aan groene verwarming en koeling is 78 %. De bijdrage van biogebaseerde brandstoffen aan transport uit hernieuwbare energie is 89 %. De cijfers duiden op het toekomstig belang van biogebaseerde brandstoffen in hernieuwbare energie. De verwachte bijkomende vraag aan biomassa kan wellicht niet worden ingevuld met inlandse stromen.



Figuur 14. Schatting van de verwachte bijdrage voor België van verschillende energiebronnen in de hernieuwbare elektrische energie, verwarming en koeling en in het transport om te voldoen aan de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie (bron: Nationaal actieplan voor hernieuwbare energie; ENOVER, 2010).

4. Drivers voor vraag en aanbod van de ESD

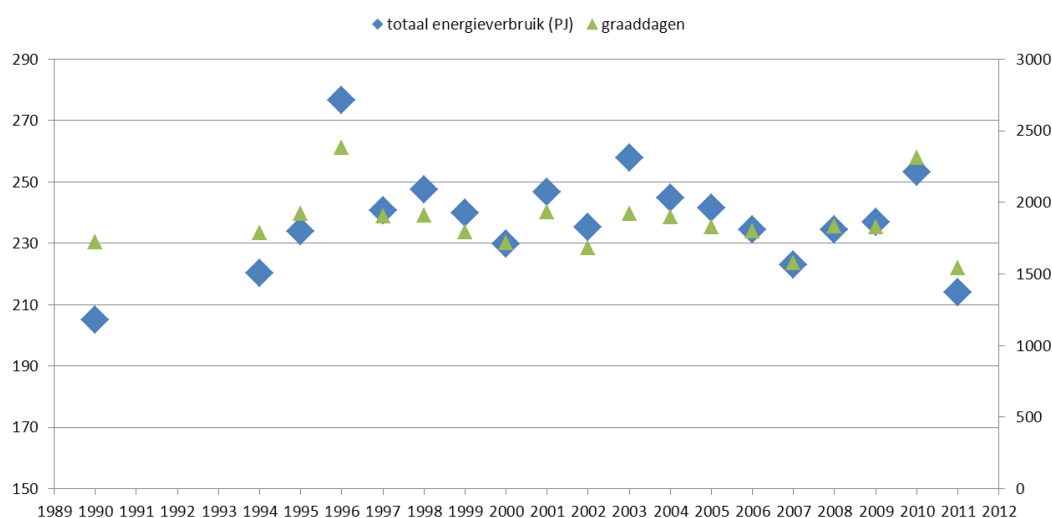
In deze paragraaf bespreken we vijf indirecte drivers die de vraag naar de productie van energiegewassen beïnvloeden. Die indirecte drivers hebben ook een invloed op vijf directe drivers, die aan de basis liggen van veranderingen in de ecosystemen die de productie van energiegewassen leveren. Zowel de indirecte als de directe drivers zijn gebaseerd op een standaardtypologie die op de 16 ecosysteemdiensten van NARA-T werd toegepast (zie hoofdstuk 3).

4.1. Indirecte drivers

4.1.1. Demografische drivers

In de periode 1991–2011 nam het aantal private huishoudens toe met 19 %. De toename situeerde zich volledig in de een- en tweepersoonshuishoudens. De groei van het aantal huishoudens is groter dan die van de totale bevolking (+10,6 % voor de periode 1990–2011) (bron: VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be).

Het energieverbruik in de huishoudelijke sector is sterk klimaatgebonden. In koudere jaren (hoger aantal graaddagen¹) is ook het verbruik hoger (zie Figuur 15). Bijna driekwart van het energiegebruik van huishoudens dient immers voor het verwarmen van de woning. In 2011 bedroeg het aandeel aan fossiele brandstoffen in het energiegebruik van huishoudens 76 %, het aandeel elektriciteit 19 % en het aandeel biogebaseerde brandstoffen 5 % (Aernouts et al., 2013a).



Figuur 15. Het energieverbruik van private huishoudens en het aantal graaddagen in de periode 1990–2011 (Aernouts et al., 2013a).

MIRA (2011b) stelt vast dat, zelfs als rekening gehouden wordt met het effect van milde versus strenge winters, zowel het brandstoffengebruik (+13 %) als het elektriciteitsgebruik (+42 %) van de huishoudens in de periode 1990–2009 sterk is toegenomen. Naast het toenemend gebruik van elektrische apparaten is ook het toenemend aantal huishoudens een belangrijke verklarende factor voor de stijging.

Tevens leidt bevolkingstoename wellicht tot een grotere energievraag. Ook een toenemende comfortvraag zorgt vermoedelijk voor een grotere energievraag. Naast het stijgend energieverbruik

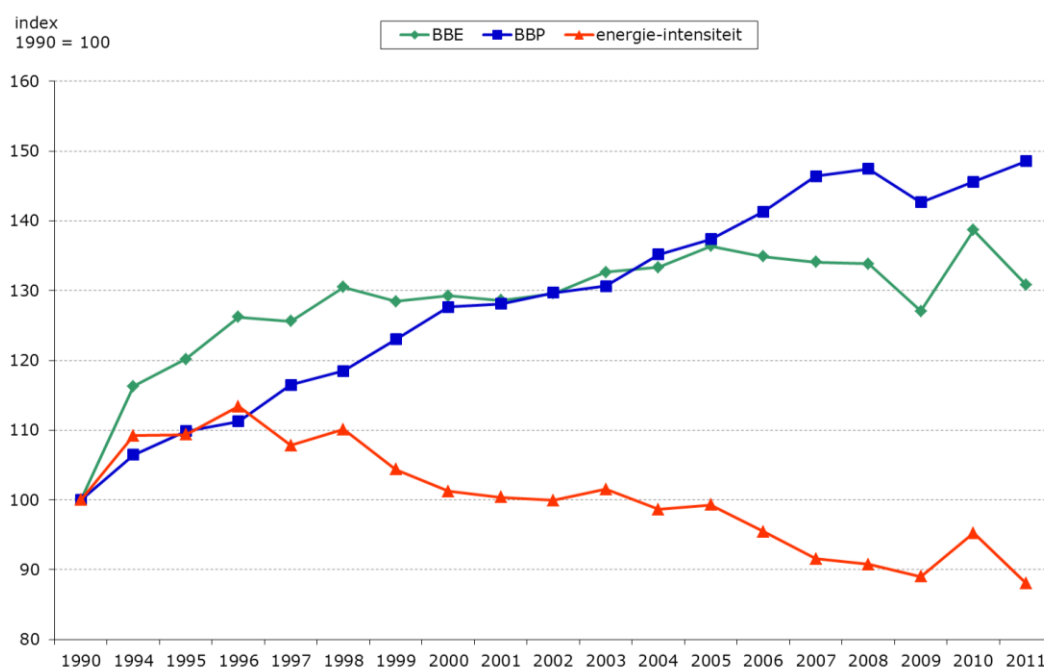
¹ Voor het berekenen van de graaddagen wordt de gemiddelde etmaaltemperatuur (opgemeten door KMI te Ukkel) vergeleken met een constant etmaalgemiddelde van 15 °C. Elke graad beneden 15 °C wordt een graaddag genoemd. Een gemiddelde etmaaltemperatuur van 10 °C betekent voor die bewuste dag 5 graaddagen. Alle etmalen van het jaar opgeteld leveren het aantal graaddagen per jaar op.

bij huishoudens wordt ook het verbruik van andere sectoren (transport, industrie, tertiair) in meer of mindere mate beïnvloed door een stijgend aantal huishoudens en een stijgende comfortvraag.

4.1.2. Economische drivers

Ten opzichte van 1990 is in 2011 het bruto binnenlands energieverbruik met 32 % gestegen (VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be; VRIND, 2013). Het economisch klimaat heeft een belangrijke invloed op het totaal energieverbruik. Zo is er een lager energieverbruik merkbaar in 2009 als een gevolg van de economische crisis die vooral een effect had op de energievraag van de industriële eindsectoren en het wegtransport (goederenvervoer) (Aernouts et al., 2013a).

De energie-intensiteit van de economie geeft een goed beeld van de mate waarin de economische productie afhangt van energieverbruik. De energie-intensiteit geeft de hoeveelheid bruto binnenlands energiegebruik per eenheid bruto binnenlands product. Sinds 1996 kent de energie-intensiteit van de Vlaamse economie een dalende trend. Het jaar 2010 (heropleving van de economie na het crisisjaar 2009 en bovendien een zeer koud jaar) was er een kortstondige toename. Die trend betekent dat er een toenemende ontkoppeling is tussen de binnenlandse economische groei en het binnenlands energiegebruik (zie Figuur 16). In 2011 ligt de energie-intensiteit 12 % lager dan in 1990. Dit is zowel het gevolg van structurele effecten (verschuivingen van het belang van sectoren in de Vlaamse economie, bv. de afname van zware industrie in Vlaanderen) als van een toegenomen energie-efficiëntie (VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be; VRIND, 2013).



Figuur 16. Het bruto binnenlands energiegebruik, het bruto binnenlands product en de energie-intensiteit in de periode 1990–2011 (VMM, Milieuraapport Vlaanderen, www.milieuraapport.be; VRIND, 2013).

Door een internationale prijsstijging van fossiele brandstoffen en een dalende trend in de kostprijs van hernieuwbare energie wordt hernieuwbare energie concurrentieel met fossiele energie. Uit de onrendabele toppen (OT) berekening van het Vlaams Energieagentschap blijkt dat biomassa niet de goedkoopste vorm van hernieuwbare energieproductie is (VEA, 2013). De onrendabele top is het bedrag per kWh warmtekrachtbesparing of groenestroomproductie dat financieel moet worden bijgelegd om een investering het vereiste rendement te laten halen. Die onrendabele top ligt relatief laag bij PV-installaties (OT: 26-42) en windturbines (OT: 75). Warmte-krachtinstallaties (WKK) tussen 5 MW en 20 MW op biogas uit vergisting van hoofdzakelijk mest- en/of land- en tuinbouwkundige stromen scoren lager (OT: 85) dan WKK-installaties tussen 5 MW en 20 MW op biogas uit GFT-vergisting met nacompostering (OT: 111). De verbranding van vaste biogebaseerde

brandstoffen (OT: 101) heeft een lagere OT dan de verbranding van vloeibare biogebaseerde brandstoffen (OT: 137). Biogasinstallaties tussen 5 MW en 20 MW voor de vergisting van hoofdzakelijk mest- en/of land- en tuinbouw gerelateerde stromen scoren lager (OT: 127) dan biogasinstallaties tussen 5 MW en 20 MW voor de vergisting van GFT met nacompostering (OT: 150).

Het gebruik van grasmaaisel als energiebron via vergistingsinstallaties is momenteel nog onrendabel. De kosten van het maaien, het vervoer, het zuiveren (bijvoorbeeld van zwerfvuil en bodemresten), het stockeren en bewaren (inkuilen), de afschrijving van de vergassingsinstallatie en de afzet van het digestaat compenseren niet de waarde van het biogas (methaan). Mogelijk verandert dit in de toekomst als de energieprijzen stijgen en het hele proces nog verbeterd wordt (Liekens et al., 2013).

4.1.3. Sociopolitieke drivers

Europees beleid

Op de Europese Raad te Brussel van 8 en 9 maart 2007 werden ambitieuze doelstellingen voor het klimaat- en energiebeleid overeengekomen, namelijk de zogenaamde 20-20-20 doelstellingen (Europese Raad, 2007):

- de Europese Unie moet tegen 2020 de uitstoot van CO₂ met 20 % terugdringen ten opzichte van het referentiejaar 1990,
- de verbetering van de energie-efficiëntie met 20 % in 2020 en
- een aandeel van 20 % hernieuwbare energie in 2020 ten opzichte van het bruto finale energieverbruik.

Voortvloeiend uit deze doelstellingen werd de Europese richtlijn 2009/28/EG ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen uitgewerkt. Deze richtlijn legt voor de verschillende lidstaten bindende doelstellingen vast voor het aandeel hernieuwbare energie in het energieverbruik (Europese Unie, 2009a). Deze richtlijn stelt voorop dat tegen 2020 20 % van het energieverbruik in Europa uit hernieuwbare energievormen bestaat. Elke lidstaat kreeg een bindende doelstelling opgelegd, en voor België bedraagt die 13 %. De richtlijn stelt ook een pad voor dat de lidstaten zouden moeten volgen om de doelstelling in 2020 te bereiken (voor België: 2011-2012: 4,4 %; 2013-2014: 5,4 %; 2015-2016: 7,1 %; 2017-2018: 9,2 % en dan in 2020: 13 %). Eveneens volgens die richtlijn moet er door elke lidstaat minimaal 10 % aan hernieuwbare energie in transport aanwezig zijn in 2020.

De richtlijn is omgezet via het nationaal actieplan voor hernieuwbare energie (ENOVER, 2010). Dit plan omvat een 'road map' die aangeeft hoe België het aandeel hernieuwbare energie zal opschroeven naar 13 % in 2020. Het plan geeft nationale streefcijfers voor 2020 van het aandeel van hernieuwbare bronnen in de drie energievormen:

- 11,9 % voor verwarming en koeling,
- 20,9 % voor elektriciteit en
- 10,1 % voor vervoer.

Voorlopig is er nog geen akkoord dat deze doelstelling verdeelt over de gewesten waardoor het precieze aandeel van Vlaanderen daarin nog niet duidelijk is.

De richtlijn geeft bovendien duurzaamheidscriteria aan voor biogebaseerde brandstoffen voor transport (in de richtlijn benoemd als 'biobrandstoffen') en voor vloeibare biogebaseerde brandstoffen (in de richtlijn benoemd als 'vloeibare biomassa'), zoals:

- de reductie van broeikasgasemissies, gemeten over de gehele keten van productie van grondstof tot eindgebruik en ten opzichte van fossiele brandstoffen, dient tenminste 35 % te bedragen (50 % tegen 1 januari 2018);
- deze biogebaseerde brandstoffen mogen niet geproduceerd zijn op basis van grondstoffen van land met een grote biodiversiteit zoals oerbos, beschermde natuurgebieden en graslanden met een grote biodiversiteit²;

² Het aanwenden i.f.v. biogebaseerde energie of bioraffinage van grondstoffen voortvloeiend uit een duurzaam beheer van dergelijke gebieden kan echter gezien worden als een opportuniteit voor de instandhouding en ontwikkeling van de ecologische waarden in dergelijke gebieden.

- deze biogebaseerde brandstoffen mogen niet geproduceerd zijn op basis van grondstoffen die afkomstig zijn van grond waarin veel koolstof is vastgelegd, zoals waterrijke gebieden en permanent beboste gebieden;
- deze biogebaseerde brandstoffen mogen niet vervaardigd zijn uit grondstoffen van veengebied.

Bovendien worden aanbevelingen voor de ontwikkeling van duurzaamheidsregelingen bij de lidstaten voorgesteld in een verslag van de Europese Commissie (Europese Commissie, 2010). Momenteel lopen er op Europees niveau ook heel wat discussies over een mogelijke introductie van duurzaamheidscriteria voor vaste biogebaseerde brandstoffen.

Om meer rekening te houden met de indirecte effecten ten gevolge van het gebruik van biogebaseerde brandstoffen (bv. veranderingen in landgebruik en sociale gevolgen via druk op voedselproductie, zie ook paragraaf 7) heeft de Europese Commissie wijzigingen voorgesteld aan de richtlijn 2009/28/EG. Het voorstel omvat onder meer een beperking tot 5 % van de bijdrage die biogebaseerde brandstoffen op basis van voedingsgewassen kunnen leveren voor het behalen van het 10 %-streefcijfer, alsmede sterkere stimulansen voor de ontwikkeling van biogebaseerde brandstoffen uit gewassen die geen voedingsgewassen zijn, zoals afvalstromen of stro (Europese Commissie, 2012b).

Het Europees Parlement heeft op 11 september 2013 een tekst aangenomen om het gebruik van traditionele biogebaseerde brandstoffen te beperken en de omschakeling naar biogebaseerde brandstoffen uit alternatieve bronnen te versnellen. Het parlement koos voor een beperking van biogebaseerde brandstoffen afgeleid van voedselgewassen tot 6 % van het totale brandstofverbruik in het transport. Meer geavanceerde biogebaseerde brandstoffen van de tweede en derde generatie, gewonnen uit afval of algen, zouden in 2020 minimaal 2,5 % moeten uitmaken van het totale brandstofgebruik voor transportdoeleinden. Voorts zou het gebruik van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen in de transportsector moeten worden gestimuleerd en zouden energie-efficiëntie- en energiebesparingsmaatregelen in de transportsector moeten worden aangemoedigd.

De Europese richtlijn 2009/30/EG inzake brandstofkwaliteit heeft als doel het reduceren van de belangrijkste vervuulende emissies tijdens de productie en het gebruik van brandstoffen (Europese Unie, 2009b). Deze richtlijn bevat dezelfde broeikasgasemissiereductie- en duurzaamheidseisen als de Europese richtlijn hernieuwbare energie.

Een andere Europese richtlijn voortvloeiend uit de 20-20-20 doelstellingen is de Europese richtlijn 2012/27/EU inzake energie-efficiëntie. Deze richtlijn schept een gemeenschappelijk kader van maatregelen ter bevordering van energie-efficiëntie in de Europese Unie om de 20 % doelstelling inzake energie-efficiëntie te realiseren en maakt de weg vrij voor verdere verbeteringen op gebied van energie-efficiëntie na 2020 (Europese Unie, 2012). Volgens de richtlijn moeten lidstaten ervoor zorgen dat energiedistributeurs vanaf 2014 tot eind 2020 jaarlijkse energiebesparingen van 1,5 % helpen realiseren. Tevens verplicht de richtlijn lidstaten tot de bevordering van warmtekrachtkoppeling, warmtenetten en de benutting van restwarmte.

De Europese Richtlijn 2010/31/EU betreffende de energieprestatie van gebouwen legt minimumeisen inzake energieprestatie vast. Nieuwe gebouwen moeten aan de minimumeisen voldoen. Wanneer bestaande gebouwen een ingrijpende renovatie ondergaan, moet ervoor worden gezorgd dat de energieprestatie wordt opgevoerd tot het niveau van de minimumeisen. Een andere doelstelling is dat vanaf 31 december 2020 alle nieuwe gebouwen bijna-energie-neutraal moeten zijn (Europese Unie, 2010).

Dat biogebaseerde producten een steeds belangrijkere rol gaat spelen in de toekomst leidt geen twijfel. De Europese Commissie hanteert een biogebaseerde economie als één van haar prioriteiten (Europese Commissie, 2012a). Immers, fossiele grondstoffen raken uitgeput en ecologische, economische en sociale bekommernissen duiken op bij het aanwenden van fossiele grondstoffen. Hierdoor komt een shift van een fossiele economie naar een biogebaseerde economie steeds meer op de voorgrond. Echter, een shift naar biogebaseerde economie kan ook een impact hebben op het gebruik van biogebaseerde brandstoffen gezien de voorrang in het gebruik van biomassa als grondstof of materiaal.

De Europese Commissie wenst de Groene Infrastructuur te beschermen en te versterken. Groene Infrastructuur is een strategisch opgezet netwerk van natuurlijk en seminatuurlijke gebieden met diverse milieukenmerken, dat is ontworpen en wordt beheerd teneinde een brede reeks ecosysteemdiensten te leveren. Op het land is Groene Infrastructuur aanwezig in plattelands- en stedelijke omgevingen. Groene Infrastructuur kan immers een aanzienlijke bijdrage leveren tot de verwezenlijking van een aantal essentiële EU-beleidsdoelstellingen op het terrein van gezondheid,

regionale ontwikkeling, klimaatverandering, risicobeheer bij rampen, land- en bosbouw, milieu en biodiversiteit (Europese Commissie, 2013). De ontwikkeling van Groene Infrastructuur kan ervoor zorgen dat bijkomende biomassastromen ter beschikking komen.

Tot slot dient te worden aangegeven dat het mogelijk is om toeslagrechten te activeren voor de teelt van energiegewassen. Mogelijk wordt dit beleidsinstrument in de toekomst aangepast in het kader van het nieuw gemeenschappelijk landbouwbeleid.

Federaal beleid

In uitvoering van bovenvermelde Richtlijn (2009/28/EG) is een 'Koninklijk Besluit houdende bepaling van productnormen voor biobrandstoffen' uitgevaardigd (26 november 2011). Het besluit schrijft voor dat de broeikasgasemissiereductie door het gebruik van biogebaseerde brandstoffen voor transport minstens 35 % bedraagt ten opzichte van fossiele brandstoffen, berekend over alle stappen van de productieketen. Vanaf 2017 wordt dit percentage opgetrokken naar 50 %, en vanaf 2018 naar 60 % voor biogebaseerde brandstoffen voor transport geproduceerd in installaties opgestart vanaf 2017. Tevens mogen de biogebaseerde brandstoffen voor transport niet worden geproduceerd uit grondstoffen verkregen van land met een grote biodiversiteit (bossen, natuurlijke graslanden en gebieden die bij wet zijn aangewezen voor natuurbeschermingsdoeleinden of voor de bescherming van zeldzame, kwetsbare of bedreigde ecosystemen of soorten)³.

De federale regering stelde de productie van biodiesel en bio-ethanol voor de binnenlandse markt vrij van accijnzen. Op die manier wil de overheid de prijsconcurrentie met gewone diesel en benzine bevorderen (VMM, Milieurapport Vlaanderen, www.milieurapport.be). Eind 2012 werd de accijnsvrije bijmenging verlengd tot september 2019. Daarenboven werd voorzien om het bijmengpercentage op te trekken van 5 tot 7 vol % voor biodiesel en van 7 tot 10 vol % voor bio-ethanol ('Wet van 24 december 2012 tot wijziging van artikel 419 van de programmawet van 27 december 2004 en van artikel 4 van de wet van 10 juni 2006 betreffende de biobrandstoffen'; Wet van 17 juli 2013: 'Wet houdende de minimale nominale volumes duurzame biobrandstoffen die de volumes fossiele motorbrandstoffen, die jaarlijks tot verbruik worden uitgeslagen, moeten bevatten').

Vlaams beleid

De verschillende decreten met betrekking tot energie werden geïntegreerd in het Energiedecreet van 8 mei 2009. De bijbehorende uitvoeringsreglementering vormt samen één uitvoeringsbesluit, nl. het Energiebesluit van 19 november 2010.

De Vlaamse regering moedigt de productie van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen aan (de randvoorwaarden voor het gebruik van biogebaseerde brandstoffen worden in het Energiebesluit aangegeven) via het systeem van de groenestroomcertificaten (GSC). Dit systeem bestaat uit 2 delen (www.vreg.be):

- enerzijds ontvangen producenten wiens installatie aangesloten is op het transmissie- of distributienet in het Vlaamse gewest een aantal GSC van de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG) per eenheid geproduceerde elektriciteit op basis van hernieuwbare energiebronnen. Voor installaties met startdatum voor 1 januari 2013 kent de VREG één GSC toe per 1.000 kWh geproduceerde elektriciteit. Voor installaties met startdatum na 1 januari 2013 kent de VREG GSC toe voor elke 1.000 kWh elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen, vermenigvuldigd met de van toepassing zijnde bandingcoëfficiënt⁴;
- de leveranciers zijn op hun beurt verplicht om jaarlijks een hoeveelheid GSC in te leveren, in functie van de hoeveelheid elektriciteit die zij het voorgaande jaar leverden op toegangspunten in het Vlaamse Gewest en (sinds 1 januari 2013) ook in functie van de totale bandingcoëfficiënt.

³ Het aanwenden i.f.v. biogebaseerde energie of bioraffinage van grondstoffen voortvloeiend uit een duurzaam beheer van dergelijke gebieden kan een opportuniteit betekenen voor de instandhouding en de ontwikkeling van de ecologische waarden in dergelijke gebieden.

⁴ De bandingcoëfficiënt is de verhouding tussen het aantal toegekende groenestroomcertificaten in een bepaald jaar en de totale bruto productie van groene stroom in datzelfde jaar.

Kwalitatieve warmtekrachtinstallaties (WKK-installaties) kunnen investeringssteun ontvangen via warmte-krachtcertificaten. Een warmte-krachtcertificaat wordt toegekend op basis van de gerealiseerde primaire energiebesparing ten opzichte van gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte.

Het Energiedecreet van 8 mei 2009 (B.S. 7 juli 2009) voorziet in steunmaatregelen voor groene warmte via het toekennen van groenewarmtecertificaten. In het kader van het Actieplan Groene Warmte, wijzigde de Vlaamse Regering op 13 september 2013 het Energiebesluit. De invoering van een steunregeling voor groenewarmte-installaties met een bruto thermisch vermogen van > 1 MW, voor de benutting van restwarmte en voor de productie en injectie van biomethaan is nader uitgewerkt. Bedoeling is onder meer een verhoogde ecologiesteun in te voeren voor technologieën die gericht zijn op groene warmte en restwarmte.

Het Materialendecreet van 23 december 2011 (B.S. 28 februari 2012) geeft een prioriteitsvolgorde aan voor materialen:

1. de preventie van afvalstoffen en een efficiënter en minder milieubelastend gebruik en verbruik van materialen via aangepaste productie- en consumptiepatronen;
2. de voorbereiding van afvalstoffen voor hergebruik;
3. de recyclage van afvalstoffen en de inzet van materialen in gesloten materiaalkringlopen;
4. andere vormen van nuttige toepassing van afvalstoffen, zoals energierterugwinning en de inzet van materialen als energiebron;
5. de verwijdering van afvalstoffen, met storten als laatste optie.

Het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen legt in de zogenaamde ruimteboekhouding de hoeveelheid ruimte voor wonen, werken, landbouw, natuur en bos vast:

- 75.000 tot 100.000 ha grote eenheden natuur (GEN) en 25.000 tot 50.000 ha grote eenheden natuur in ontwikkeling (GENO) tot een totaal van 125.000 ha. Daarvoor is een toename van 38.000 ha natuur- en reservaatgebied (ten opzichte van 1 januari 1994) tot een totaal van 150.000 ha natuur- en reservaatgebied nodig;
- 10.000 ha bijkomend bosgebied of bosuitbreidingsgebied, tot een totaal van 53.000 ha;
- 150.000 ha natuurverwevingsgebied;
- 750.000 ha agrarisch gebied.

Momenteel wordt gewerkt aan een opvolger voor het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen, namelijk het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen.

Het decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu van 21 oktober 1997 (B.S. 10 januari 1998) richt zich op de bescherming, de ontwikkeling, het beheer en het herstel van de natuur en het natuurlijke milieu. Het decreet beschrijft een gebiedsgericht beleid door de bescherming van gebieden met een hoge (toekomstige) waarde voor de natuur (zoals het Vlaams Ecologisch Netwerk, de Speciale Beschermingszones en de natuurreservaten) via allerlei instrumenten (zoals de aankoop van terreinen, de subsidiëring van het beheer van reservaten, de passende beoordeling in Speciale Beschermingszones, natuurinrichting en natuurrichtplannen) en een soortgericht beleid.

Het bosdecreet van 13 juni 1990 (B.S. 28 september 1990) legt algemene regels vast betreffende het Vlaamse bosbeleid en -beheer. Het decreet beschrijft de criteria voor een duurzaam bosbeheer, de uitwerking van bosbeheerplannen en de uitbouw van bosreservaten. Het decreet bevordert een gevarieerde bosstructuur, door onder meer ongelijkjarigheid en ongelijkvormigheid na te streven en te streven naar een voldoende aanwezigheid van oude bomen en van dood hout.

De Vlaamse overheid stimuleert landbouwers om kleine landschapselementen te behouden, te beheren of in te richten (bv. via de beheerovereenkomsten perceelsrandenbeheer en beheerovereenkomsten kleine landschapselementen). Ook bij provincies en gemeenten zijn subsidiereglementen uitgewerkt om deze landschapsstructuren te behouden en te herstellen. Er lopen momenteel verschillende projecten rond het lokaal valoriseren van houtige biomassa uit landschapselementen zoals Energiek platteland, het Interreg (North-West Europe) IVB project TWECOM (Towards eco-energetic communities) of het Leader-project 'Energiek gebruik van resthout uit landschapsonderhoud'.

De Vlaamse overheid stimuleert boslandbouwsystemen, ook wel agroforestry genoemd. Dit is het combineren op eenzelfde landbouwperceel van een landbouwteelt met een aanplanting van bomen.

Door deze teeltcombinatie wordt houtopbrengst en een landbouwteelt als gelijkwaardig doel op een perceel beoogd.

4.1.4. Culturele drivers

Een groeiend bewustzijn bij consumenten kan leiden tot een verhoogde vraag naar hernieuwbare energie. De huidige technologie gebruikt vooral voedsel- en voedergewassen voor de productie van energie. Ecologische en ethische overwegingen kunnen bij consumenten leiden tot een voorkeur voor het aanwenden van duurzame biogebaseerde brandstoffen (Allen et al., 2013), zoals het aanwenden van stromen vrijgekomen bij onderhoud en beheer van gebieden of van 'afvalstromen'. Mogelijk kan, omwille van duurzaamheidsredenen, tevens een voorkeur gaan naar andere energiebronnen (bv. wind of zon).

4.1.5. Wetenschappelijke en technologische drivers

Momenteel worden biogebaseerde brandstoffen op commerciële schaal geproduceerd uit voedsel- of voedergewassen, zoals koolzaad, tarwe en suikerbiet (de zogenaamde eerste generatie biogebaseerde brandstoffen; Nigam & Singh, 2011). Ook een deel van de inputstroom voor de Vlaamse vergistingsinstallaties bestaat uit voedsel- of voedergewassen, voornamelijk maïs (Demolder et al., 2012). Door groeiende bezorgdheden op ecologisch, milieu, sociaal en ethisch vlak is er nood aan verdere ontwikkelingen en technologieën die geen gebruik maken van voedsel- of voedergewassen (Pimentel et al., 2009; Nigam & Singh, 2011)..

Het aanwenden van lignocellulosehoudende biomassa zal wellicht sterk aan belang winnen in de toekomst. Lignocellulosehoudende biomassa is plantaardige biomassa die voornamelijk bestaat uit cellulose, hemicellulose en lignine. Daarmee is het een van de meest voorkomende en onderbenutte natuurlijke hulpbronnen op aarde. Teelten die worden aangewend voor lignocellulosehoudende materialen omvatten korte-omloophout en meerjarige grassen. De productie van deze teelten heeft over het algemeen een geringere impact op biodiversiteit ten opzichte van de productie van éénjarige (energie)gewassen (Abbasi & Abbasi, 2010). Echter, effecten door indirecte landconversies treden ook bij deze teelten op (Fritsche et al., 2010). Bovendien kunnen lignocellulosehoudende materialen ook worden gewonnen uit reststromen van de land- en bosbouw of uit organisch-biologische stromen van huishoudens, gemeenten en bedrijven. De teelten voor lignocellulosehoudende biomassa zijn tevens geen voedsel- of voedergewassen. Lignocellulosehoudende biomassa wordt in toenemende mate ingezet in Vlaamse vergistingsinstallaties (Demolder et al., 2012). Verwerking van natuur- of bermgras door het in Vlaanderen meest voorkomende type vergistingsinstallaties (natte vergisting samen met mest) ter vervanging van een deel van de toegevoegde maïssilage wordt momenteel zelden toegepast maar is technisch mogelijk (Verbeke, 2012). De efficiënte productie van brandstoffen uit lignocellulosehoudende biomassa (de zogenaamde tweede generatie biogebaseerde brandstoffen; Nigam & Singh, 2011) is in volle ontwikkeling en gebeurt momenteel nog niet op een commerciële schaal (Naik et al., 2010).

Algen vormen een andere bron voor de productie van biogebaseerde brandstoffen (en worden dikwijls beschouwd als derde generatie biogebaseerde brandstoffen; Nigam & Singh, 2011). Belangrijke potenties van algen zijn de hoge groeisnelheden en de mogelijkheid van het kweken in reactoren (Abbasi & Abbasi, 2010; Naik et al., 2010). De technologie bevindt zich echter nog in een vroeg stadium. Ook is de behoefte aan landoppervlakte voor deze technologie nog niet duidelijk.

De Universiteit Hasselt en VITO namen in de periode 2010–2013 deel aan een internationale studie over energieopwekking uit reststromen in energieconversieparken (ECP). Hier worden via een combinatie van technieken lokaal aanwezige biomassastromen (bv. maaisel, snoeihout, GFT en mest) gebundeld en omgezet in elektriciteit, warmte of andere producten. De resultaten van de studie wijzen uit dat mits een goede combinatie van technieken en een marktconforme vergoeding voor warmtebenutting het ECP-concept economisch en energetisch rendabel is (<http://www.ecp-biomass.eu/>).

Energieopwekking uit biomassa zal wellicht in toenemende mate worden gecombineerd met de productie van nuttige materialen en chemicaliën. De Europese Commissie ziet een biogebaseerde economie immers als een belangrijke prioriteit (Europese Commissie, 2012). Bij de overgang van de huidige, op fossiele grondstoffen gebaseerde economie naar een biogebaseerde economie zal bioraffinage een sleutelrol spelen. Bioraffinage heeft tot doel om biomassa te transformeren tot een

combinatie van nuttige materialen, chemicaliën, transportbrandstoffen en energie via een keten van verschillende technologieën en processen (Fernando et al., 2006). Bioraffinage is in veel opzichten vergelijkbaar met de traditionele aardolieraffinage.

Wereldwijd wordt momenteel veel onderzoek verricht naar de bioraffinage van lignocellulosehoudende biomassa. Ook algen zijn interessant voor bioraffinage zeker gezien de aanzienlijke gehalten aan oliën en vetzuren synthetiseren en accumuleren (Abbasi & Abbasi, 2010; Naik et al., 2010).

Echter, een biogebaseerde economie kan een impact hebben op het gebruik van biomassa voor energietoepassingen gezien de voorrang kan gaan naar het gebruik van biomassa als grondstof of als materiaal.

4.2. Directe drivers

4.2.1. Habitatverandering

Habitatverandering is een voor de hand liggende directe driver voor de ESD. Hierbij kunnen twee facetten worden onderscheiden:

- Landconversie, de omzetting van de landbedekking in een andere landbedekking (bv. het bebossen van een akker),
- Gebruiksconversie, de omzetting naar een ander gebruik bij dezelfde landbedekking (bv. een cultuurgrasland uit landbouwgebruik halen om er natuurdoelen te realiseren).

Tabel 9 lijst enkele land- en gebruiksconversies op met het effect op de ESD 'productie van energiegewassen'. Gezien de beleidskeuzen worden niet-relevante conversies, bv. de conversie van halfnatuurlijk bos of grasland naar akkerbouw of de conversie van halfnatuurlijk bos naar productiebos, niet in overweging genomen. Binnen deze studie wordt ervan uitgegaan dat gewasresten van voeder- en voedselgewassen niet energetisch worden gevalideerd (zie paragrafen 1.2-1.3).

Urbanisatie zorgt voor een toename aan bebouwing en industrie en heeft de afdichting van de bodem tot gevolg. Urbanisatie vormde een belangrijke landconversie in de periode 1990–2006 op Europese, en dus ook op Vlaamse, schaal (EEA, 2010). Er is geen effect op de ESD 'productie van energiegewassen' bij de conversie van akker- en tuinbouw voor voedsel- of voedergewassen naar bebouwing en industrie (het energetisch valoriseren van gewasresten wordt hier immers buiten beschouwing gelaten). De conversie van grasland naar bebouwing heeft een negatief effect op het aanbod van de ESD 'productie van energiegewassen' doordat minder maaisel van graslanden kan worden aangewend voor energiedoeleinden. Voor Vlaanderen wordt nog een toename van de urbanisatie verwacht voor de periode 2010–2030 (www.natuurverkenning.be).

De afgelopen decennia is de omvorming van grasland naar akker een belangrijke verschuiving op Europese (EEA, 2010) en Vlaamse (Dumortier et al., 2005) schaal. Deze conversie leidt tot een afname in het aanbod van de ESD doordat minder graslandmaaisel ter beschikking kan komen voor energetische valorisatie. De scenario-oefening 2010–2030 van de Vlaamse natuurverkenning (NARA-S 2009) verwacht een toename van graslandareaal ten koste van akkerbouw waardoor er een positief effect is te verwachten in het aanbod van de ESD 'productie van energiegewassen'.

De scenario-oefening 2010–2030 van de Vlaamse natuurverkenning (NARA-S 2009) berekende een verwachte netto uitbreiding van de bosoppervlakte. Die uitbreiding zou een toename impliceren van houtige stromen die kunnen worden aangewend voor energietoepassingen.

De scenario-oefening 2010–2030 van de Vlaamse natuurverkenning stelde eveneens een toename van de oppervlakte 'landbouw met milieudoelen' in het vooruitzicht. Daarbij wordt een afname verwacht voor de ESD 'productie van energiegewassen' door lagere opbrengsten van gekweekte energiegewassen bij een lagere bemesting of een lagere inzet van gewasbeschermingsmiddelen.

In de scenario-oefening 2010–2030 van de Vlaamse natuurverkenning neemt de oppervlakte met natuurbeheer toe. Een verschuiving van productiebos naar halfnatuurlijk bos en bosreservaat en van cultuurgrasland naar halfnatuurlijk grasland is te verwachten. Het effect op het aanbod van de

ESD 'productie van energiegewassen' is een afname doordat een lagere hoeveelheid biomassa kan worden geoogst.

Tabel 9. *Effect op het aanbod van de ESD 'productie van energiegewassen' door verschillende land- en gebruiksconversies.*

oorspronkelijk	omzetting	effect ESD (houtige stroom)	effect ESD (niet-houtige stroom)
landconversie			
akker- en tuinbouw voor voedsel- /voedergewassen	bebouwing & industrie	geen	geen
grasland	bebouwing & industrie	geen	afname
grasland	akker- en tuinbouw voor voedsel- /voedergewassen	geen	afname
grasland	akkerbouw voor energiegewassen	toename	toename van biomassa uit energiegewassen; afname van maaisel uit graslanden
grasland	bos	toename	afname
akker- en tuinbouw voor voedsel- /voedergewassen	bos	toename	geen
productiebos	akkerbouw voor energiegewassen	toename van hout uit energiegewassen; afname van hout uit bos	toename
bos	bebouwing & industrie	afname	geen
gebruiksconversie			
akker- en tuinbouw voor voedsel- /voedergewassen	akkerbouw voor energiegewassen	toename	toename
landbouwgebied met weinig KLE's	landbouwgebied met veel KLE's	toename	toename
intensief uitgebaat landbouwgebied i.f.v. energiegewassen	landbouwgebied i.f.v. energiegewassen met beperkingen rond bemesting & gewasbeschermings- middelen	afname	afname
productiebos	halfnatuurlijk bos	afname	geen
halfnatuurlijk bos	bosreservaat	afname	geen
cultuurgrasland	halfnatuurlijk grasland	geen	afname
grasland met begrazingsbeheer	grasland met maai-beheer	geen	toename

4.2.2. Polluenten en nutriënten

Polluenten

Gewasbeschermingsmiddelen

In de periode 1990–2010 is het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in Vlaanderen ongeveer gehalveerd (VMM, Milieurapport Vlaanderen, www.milieurapport.be). Er wordt geen effect verwacht op de levering van de ESD uit meerjarige energiegewassen, graslanden, KLE of bosgebieden vermits gewasbeschermingsmiddelen er niet vereist zijn. De productie van koolzaad, suikerbiet, aardappel, maïs en andere granen vereist gewasbeschermingsmiddelen (EEA, 2007). Een afnemend gebruik hiervan kan leiden tot een afname in het aanbod van de ESD.

Verzuring

De totale verzurende depositie nam gemiddeld over Vlaanderen af met 55 % tussen 1990 en 2010. De laatste jaren zette de daling zich verder bij de SO_x-depositie terwijl de NH_x-depositie minder uitgesproken daalde. De NO_x-depositie steeg zelfs met 13 % tussen 2009 en 2010. De overschrijding van de kritische last voor verzuring kende een daling in de periode 1990–2008. Tussen 2009 en 2010 is de situatie min of meer constant gebleven. De bossen blijven het gevoeligst vermits 42 % van hun oppervlakte een overschrijding van de kritische last verzuring kende in 2010 (VMM, Milieurapport Vlaanderen, www.milieurapport.be). De overschrijding van de kritische last leidt op termijn tot een vermindering van de vitaliteit en de groei van bomen. Hierdoor wordt een lager aanbod aan houtige biomassa uit bosgebieden verwacht.

Nutriënten

De vermestende emissie daalde tussen 1990 en 2009 met 80 %. Sinds 2004 is de jaarlijkse daling afgezwakt. In overeenstemming hiermee daalde de gemiddelde stikstofdepositie in Vlaanderen tussen 1990 en 2009. In 2009 bedroeg de gemiddelde stikstofdepositie in Vlaanderen 26 kg N/ha. NH_x-depositie maakte 65 % uit van de stikstofdepositie in 2009. In 2010 werd op 75 % van de Vlaamse oppervlakte terrestrische ecosystemen de kritische last voor vermeting overschreden. Voor bos komt de overschrijding nog op 100 % uit, voor heide op 99 %. Soortenrijk grasland was voor 15 % van het areaal onderhevig aan overschrijding (VMM, Milieurapport Vlaanderen, www.milieurapport.be). Vermestende deposities kunnen enerzijds zorgen voor een hogere biomassaproductie en dus voor een toename in het aanbod van de ESD. Anderzijds kan de overschrijding van de kritische last zorgen voor een verminderde vitaliteit waardoor lagere hoeveelheden biomassa ter beschikking kunnen komen.

4.2.3. Overexploitatie

Wateronttrekking

De productie van gekweekte (energie)gewassen kan aanleiding geven tot een toename in het gebruik van grondwater. In Vlaanderen is de landbouwsector een belangrijke grondwatergebruiker, bijna een vierde van het totale grondwaterverbruik is voor rekening van de landbouw. De sector oefent dus, zeker lokaal, een grote druk uit op de watervoorraden. Het totale waterverbruik in de Vlaamse landbouw bedraagt ongeveer 50 miljoen m³, waarvan 40 % diep grondwater, 29 % ondiep grondwater, 16 % hemelwater, 3 % oppervlaktewater en 12 % leidingwater (Lenders et al. 2010).

Korte-omloophout, suikerbiet, aardappel, tarwe, maïs en koolzaad kennen een vrij grote waterbehoefte terwijl meerjarige grassen, grasland en bos lagere waterbehoeften hebben (EEA, 2007).

Bodemverarming

Een intensieve houtoogst, in productiebossen of via het afvoeren van tak- en top hout, en het weghalen van maaisel of van landbouwresten kan zorgen voor de afvoer van mineralen en dus voor bodemverarming (Vandekerckhove, 2011b; Framstad et al., 2009). Bodemverarming kan aanleiding geven tot een verminderde biomassaproductie en dus tot een afname in de levering van de ESD.

4.2.4. Klimaatverandering

Temperatuur

De toename van de gemiddelde temperatuur zorgt voor een langer groeiseizoen. Op voorwaarde dat andere factoren niet beperkend zijn voor de groei (bv. weersextremen zoals droogte, hagel of stormen) kan dit zorgen voor een hoger aanbod van energiewassen.

Stijging zeeniveau

Een afname van het aanbod van energiewassen vindt plaats indien bos, grasland of akkerbouw (voor de productie van energiegewassen) aan de kust verdwijnt of indien verzilting optreedt. Het belang van die afname is echter gering gezien het beperkt potentieel aanbod aan energiegewassen in die regio (kaart 4-6).

Toename extreme neerslag

Extreme neerslag kan zorgen voor overstromingen. Overstromingen kunnen leiden tot productieverliezen bij bepaalde energiegewassen en dus zorgen voor een afname in het aanbod van energiewassen.

Toename CO₂-concentratie

Een toename van de CO₂-concentratie kan zorgen voor een hogere biomassaproductie. Op voorwaarde dat andere factoren niet beperkend zijn voor de groei (bv. weersextremen zoals droogte, hagel of stormen) kan dit zorgen voor een hoger aanbod van energiewassen.

4.2.5. Introducties van exoten

Invasieve soorten

Invasieve soorten zoals grote waternavel, Japanse duizendknoop en Amerikaanse vogelkers worden over het algemeen intensief verwijderd. Deze biomassa kan ter beschikking komen voor energetische valorisatie. De doelstelling van het beheer van invasieve soorten is echter om ze permanent te verwijderen of sterk terug te dringen waardoor deze biomassastock op termijn vervalt. Tevens is het belangrijk dat de energetische valorisatie van invasieve soorten geen bijkomende risico's inhoudt voor verspreiding van deze soorten bij het transport en de verwerking.

Ziektes en aantastingen van bomen door invasieve fungi (bv. essenziekte, iepenziekte) of invasieve insecten (kastanjemineermot) leiden tot vroegtijdig kappen, waardoor een (tijdelijke) piek in het aanbod van biomassa kan optreden.

Verschillende niet-inheemse meerjarige grassen worden gezien als geschikte energiegewassen omwille van hun hoge biomassaproductie, hun tolerantie aan droogte en lage voedselbeschikbaarheid en door hun competitief karakter. Deze eigenschappen kunnen echter in bepaalde omstandigheden zorgen dat de soort een invasief karakter gaat vertonen (Dauber et al., 2010).

Niet-inheemse cultivars/rassen

Zoals hierboven gesteld worden verschillende niet-inheemse meerjarige grassen gezien als geschikte energiegewassen. Bovendien vertonen cultivars van populier, Amerikaanse eik, Douglasspar en Lork een hogere houtproductie in vergelijking met inheemse boomsoorten.

5. Productie van energiegewassen en biodiversiteit

Hieronder geven we een overzicht van de beschikbare kennis over de wederzijdse relatie tussen de productie van energiegewassen en biodiversiteit. In paragraaf 5.1 staan we stil bij de rol en het belang van biodiversiteit voor het ESD-aanbod. De impact van (veranderingen in) het ESD-aanbod en het landgebruik dat daarmee gepaard gaat, op biodiversiteit en milieu komen aan bod in paragraaf 5.2. De impact van de volledige conversieketen, van biomassa tot biogebaseerde brandstof, is in belangrijke mate een technologisch verhaal en valt buiten de scope van dit assessment.

5.1. De rol van biodiversiteit voor de ecosysteemdienst

De ecosysteemfunctie die aan de basis ligt van de ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' is primaire productie. De rol of het belang van biodiversiteit voor de productie van energiegewassen hangt dus af van de mate waarin verschillen in biodiversiteit variatie in primaire productie kunnen verklaren. Deze relatie is complex en nog niet in al z'n aspecten wetenschappelijk doorgrond. Welke componenten van biodiversiteit (zie hoofdstuk 2, paragraaf 1.5) vooral het functioneren van ecosystemen beïnvloeden, is nog een onderwerp van discussie (Flynn et al., 2011). Wellicht verschilt de relatie ook enigszins voor verschillende types energiegewassen. Het beter begrijpen van die relatie is belangrijk indien we de impact van veranderingen in biodiversiteit op primaire productie en op de productie van energiegewassen willen voorspellen.

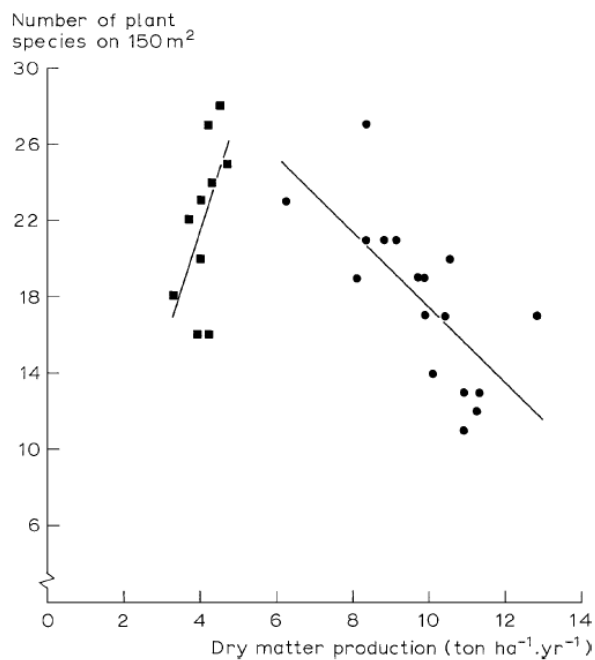
5.1.1. Niet-houtige en houtige gekweekte energiegewassen

Enkele energiegewassen worden gekweekt voor de zaden die ze produceren. Hierdoor is deze productie afhankelijk van bestuiving. Klein et al. (2007) maakten een literatuurstudie naar de bestuiverafhankelijkheid van verschillende landbouwgewassen. Voor de energiegewassen koolzaad, mosterdzaad en zonnebloem documenteren de auteurs een productieverlies tussen 10 % en 40 % bij de afwezigheid van bestuivers. De bestuiverafhankelijkheid voor deze gewassen wordt als gematigd beschouwd.

Biodiversiteit kan zowel een positieve impact hebben op biomassaproductie van gekweekte energiegewassen via natuurlijke plaagbeheersing als een negatieve impact door het ondersteunen van populaties van schadelijke organismen (bv. wildschade).

5.1.2. Graslanden

Bij het vergelijken van graslanden met een *range aan abiotische condities* wordt veelal een optimumcurve beschreven tussen de soortenrijkdom en de biomassaproductie (zie Figuur 17; Oomes, 1992; Al-Mufti et al., 1977). De hoogste soortenrijkdom treedt op bij een intermediaire biomassaproductie. Een hoge biomassaproductie gaat gepaard met een lage soortenrijkdom doordat slechts enkele hoog productieve soorten domineren. Ook laagproductieve graslanden kennen een eerder lage soortenrijkdom, maar met zeldzamere soorten die zijn aangepast aan extreme omstandigheden.

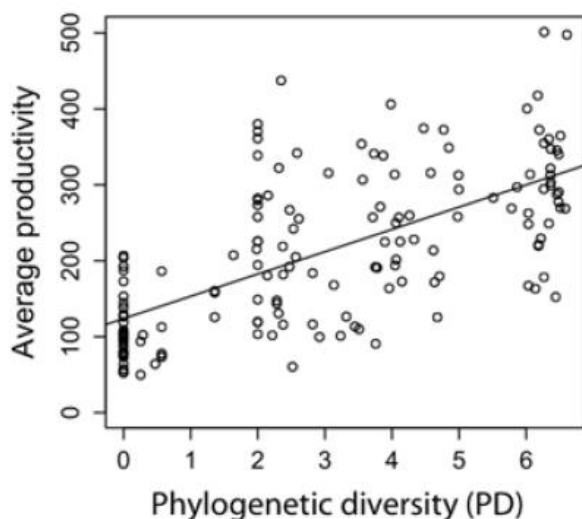


Figuur 17. De relatie tussen de biomassaproductie en de soortenrijkdom in graslanden (Oomes, 1992).

Tilman et al. (2001) onderzochten de relatie tussen soortenrijkdom en bovengrondse biomassaproductie in experimentele plots van graslanden met lage soortenaantallen (1–16) onder *eenzelfde abiotische condities* en zonder input van nutriënten. Toenemende soortenaantallen zorgen voor een hogere en stabielere bovengrondse biomassaproductie. De biomassaproductie voor plots met 16 soorten was 39 % hoger dan de hoogste biomassaproductie van bestanden met één soort (Tilman et al., 2001). De hogere biomassaproductie bij soortenrijkere plots is wellicht gerelateerd aan de stikstoffixatie via vlinderbloemigen en aan de inname van niches (Tilman et al., 2001).

(Cadotte et al., 2009) concludeerden uit een recent experiment dat in een graslandecosysteem de verschillen in bovengrondse biomassaproductie beter worden verklaard door de phylogenetische diversiteit van de grassen en kruiden dan door de soortenrijkdom (zie Figuur 18). De phylogenetische diversiteit tussen twee soorten neemt toe naarmate hun evolutionaire divergentie groter is, met andere woorden naarmate er meer stappen nodig zijn om tot een gemeenschappelijke voorouder te komen. Zo is de phylogenetische diversiteit tussen twee vlinders kleiner dan die tussen een vlinder en een libel; deze laatste is op haar beurt kleiner dan die tussen een vlinder en een vogel.

Een meta-analyse van 29 graslandexperimenten toonde evenwel aan dat zowel phylogenetische diversiteit als functionele diversiteit van de voorkomende vegetatie evengoed verschillen in biomassaproductie verklaarden (Flynn et al., 2011).



Figuur 18. De relatie tussen phylogenetische diversiteit en biomassaproductie in een grasland (Cadotte et al., 2009)

5.1.3. Bossen

De rol van de biodiversiteit in bossen voor de biomassaproductie is besproken in hoofdstuk 13.

5.2. Het effect van de ecosysteemdienst op milieu en biodiversiteit

5.2.1. Gekweekte energiegewassen

milieu

Commerciële gekweekte energiegewassen zijn over het algemeen bestanden met één soort die worden gekweekt met als doelstelling een economisch maximale oogst. Dit gaat gepaard met de bestrijding van onkruiden en ongewervelden (plagsoorten) en het toedienen van meststoffen (Dauber et al., 2010; Abbasi & Abbasi, 2010).

De productie van éénjarige energiegewassen (bv. koolzaad, maïs, granen) vereist over het algemeen een intensiever landgebruik dan het kweken van meerjarige energiegewassen (bv. korte-omloophout en *Miscanthus*). In vergelijking met meerjarige energiegewassen hebben éénjarige (energie)gewassen over het algemeen een hogere input van chemische bestrijdingsmiddelen en meststoffen nodig, is er een hogere intensiteit van bewerking tijdens de groeiperiode, is er een lagere bodembescherming en is de ruimtelijke structuurrijkdom geringer (Pedroli et al., 2013; Dauber et al., 2010). Het Europees Milieuagentschap onderzocht de impact van het kweken van verschillende energiegewassen naar enkele milieuaspecten en naar de biodiversiteit in het landbouwgebied (EEA, 2007). De studie scoort verschillende energiegewassen volgens hun risico naar enkele milieuaspecten. Op basis van deze milieuaspecten en indien de gewassen een belang hebben als rust-, voedsel- of voortplantingsbiotoop is een inschatting gegeven voor biodiversiteit (Tabel 10). Een hoog risico naar milieuaspecten wordt aangegeven voor maïs, aardappel, suikerbiet en koolzaad; dit zijn energiegewassen die momenteel het meest worden aangewend. Energiegewassen met lagere risico's omvatten tarwe, lijnzaad, mosterdzaad, hennep en klaver-luzerne. Lage impacten worden aangegeven voor meerjarige grassen, korte-omloophout (wilg en populier) en permanent grasland.

Tabel 10. Matrix van verschillende gekweekte energiegewassen en de impact naar enkele milieuaspecten en de biodiversiteit in het landbouwgebied; A= laag risico; B= gemiddeld risico; C= hoog risico (EEA, 2007).

	erosie	bodem-compactie	nutriënten uitloging en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater	bodem- en water-vervuiling door pesticiden	water-onttrekking	biodiversiteit in landbouwgebied
maïs	C	C	C	B	C	C
tarwe	B	B	B	B	B	B/C
overige granen	B	A	B	B	A	B
aardappel	C	C	B/C	C	B	C
suikerbiet	C	C	C	C	B	B
koolzaad	A	A	C	C	B	B/C
lijnzaad	B	A	B	B	A	B
mosterdzaad	A/B	A	A/B	A	B	A
zonnebloem	B/C	A	A	B	B	A
hennep	A	A	A	A	B	B
klaver-luzerne	A	A/B	B	A	A	A
Sorghum	B	A	B	B	B	B
meerjarige grassen (<i>Miscanthus</i> , vingergras)	A	A	A	A	A	A
korte-omloop-hout (wilg en populier)	A	A	A	A	B	A/B
permanent grasland	A	A	A	A	A	A

Sites met meerjarige energiegewassen bezitten, ten opzichte van sites met éénjarige (energie)gewassen, over het algemeen een hoger organisch koolstofgehalte, een lagere nitraatuitspoeling en vertonen een verminderd risico op bodemerosie (Rowe et al., 2009). Een hoger gehalte organische stof in de bodem speelt een rol in het verbeteren van de bodemstructuur, het verhogen van het waterbergend vermogen en de bodemvruchtbaarheid (LNE, 2009). In vergelijking met permanent grasland hebben sites met meerjarige energiegewassen over het algemeen een lager gehalte aan organische koolstof in de bodem (Rowe et al., 2009).

In een review van energiegewassen stellen Don et al. (2011) vast dat N₂O-emissies significant hoger liggen bij conventionele gewassen (maïs, graan, aardappel, suikerbiet) dan bij kortomloophout, *Miscanthus* of rietgras.

biodiversiteit

De mogelijke effecten van de productie van energiegewassen op biodiversiteit verschillen in functie van de oorspronkelijke ecologische waarden, het oorspronkelijk landgebruik en van de gekweekte gewassen. Mogelijke effecten op biodiversiteit kunnen optreden via directe en indirecte invloeden. De directe invloed gebeurt door habitatfragmentatie en de verandering in bodembedekking en in vegetatie. Indirecte invloeden omvatten minder geschikte abiotische milieucondities via de input van meststoffen en chemische bestrijdingsmiddelen of via het aanpassen van de hydrologische condities (EEA, 2007).

De soortenrijkdom van verschillende taxonomische groepen (vegetatie, ongewervelden, vogels, zoogdieren) ligt over het algemeen hoger in gebieden met meerjarige energiegewassen in vergelijking met éénjarige (energie)gewassen (Dauber et al., 2010; Rowe et al., 2009; Buggenhout, 2011). In vergelijking met bossen hebben meerjarige energiegewassen over het algemeen een lagere soortenrijkdom of worden er geen significante verschillen in soortenrijkdom gevonden (Dauber et al., 2010). Voor bloembezoekende insecten, zoals bijen, kunnen bloeiende wilgen een belangrijke pollen- en nectarbron vormen in het begin van het groeiseizoen (Rowe et al., 2009).

Een toename van korte-omloophout in een agrarisch landschap kan algemene en niet-bedreigde vogelsoorten bevoordelen en gespecialiseerde weide- en akkervogels die een meer open landschap verkiezen, benadelen (Dochy, 2011; Rowe et al., 2009).

De functionele eigenschappen van een ideaal energiegewas, o.a. het competitief karakter en de tolerantie aan droogte en lage voedselbeschikbaarheid, verhogen de kans dat het gewas invasief wordt en natuurlijke soorten verdringt. Bovendien zijn enkele functioneel geschikte energiegewassen (competitieve grassen) niet inheems wat een bijkomend risico voor invasiviteit betekent (Raghu et al., 2006; Dauber et al., 2010). Tevens is genetische pollutie van inheemse soorten door hybridisatie met niet-inheemse energiegewassen een risico wanneer op grote schaal energiegewassen worden gekweekt (Dauber et al., 2010).

5.2.2. Bossen

De biologische diversiteit in bossen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de structuur van de bosbestanden (Govaere & Vandekerkhove, 2006).

- Variatie in de horizontale structuur van een bosbestand door bv. openingen in het kronendak geven aanleiding tot microklimatologische verschillen en dus tot habitatvariatie en biodiversiteit;
- Een verticale structuurvariatie in een bos wordt verkregen door verschillende etages (kruid-, struik- en boomlaag). Een bosbestand met meerlagige verticale opbouw kent een hogere biodiversiteit dan bestanden met één etage.

Grote hoeveelheden zwaar dood hout (staand of liggend) en oude monumentale bomen zijn kenmerkende structuurelementen van de verouderingsfase van natuurlijke bossen. Een aanzienlijk deel van de aan bos gebonden biodiversiteit, waaronder zeldzame, aan hout gebonden insecten, mossen, paddenstoelen en vleermuizen, hangt af van deze structuurelementen (Vandekerkhove et al., 2011a; Vandekerkhove et al., 2011b; Jagers op Akkerhuis et al., 2007). Stobben herbergen een fauna die zeer vergelijkbaar is met die in zwaar staand en liggend dood hout. Ook fijn takhout vormt het leef-, voedsel- en schuilbiotoop voor een belangrijk deel van de biodiversiteit in bossen. Fijn dood hout vormt zeer soortenrijke biotopen die complementair zijn aan zwaar dood hout. Beiden zijn essentieel voor het behoud van een goed ontwikkelde saproxyele (houtafhankelijke) fauna en flora (Vandekerkhove, 2011b).

Bossen gericht op een hoge houtproductie zijn eerder homogene bestanden met beperkte structuurvariatie en beperkte volumes aan dood hout. Door de relatief beperkte rotatietijd tussen het oogsten in dergelijke bossen kunnen oude of grote bomen of stabiele bosvegetaties zich moeilijk nog ontwikkelen (Framstad et al., 2009). Bosaanplantingen gericht op maximale oogst zijn meestal opgebouwd uit één soort (monobestanden) met een beperkte verticale (enkel boomlaag) en gelijkvormige horizontale structuur (egaal kronendak). Tevens is er op bestandsniveau geen leeftijdsvariatie in de bomen doordat er regelmatig vlaksgewijs via kaalslag wordt geoogst en verjongd. Op landschapsniveau is er in grote boscomplexen waar vlaksgewijs geoogst wordt wel een horizontale structuurvariatie.

Een verhoogde oogst van biomassa uit halfnatuurlijke bossen kan zorgen voor een lager volume aan dik of fijn dood hout en kan zo een bedreiging vormen voor biodiversiteit in bossen (Framstad et al., 2009). In bossen met dunningsachterstand kan een verhoogde biomassa-oogst positief zijn voor biodiversiteit.

Tak- en tophout, bladeren en naalden bezitten een hogere nutriënteninhoud dan stamhout, vooral aan basische kationen. Een verhoogde exploitatie van tak- en tophout kan een invloed hebben op de nutriëntenbalans en op de buffercapaciteit van de bodem tegen verzurende deposities (Vandekerkhove, 2011b; Framstad et al., 2009). Dit verschijnsel is sterk afhankelijk van het

bodemtype, de boomsoort en de intensiteit van de exploitatie zodat verder onderzoek hiernaar wenselijk is. Vooral bij voedselarme en verzuringgevoelige bodems wordt aanbevolen om terughoudend te zijn met het oogsten van tak- en top hout (de Jong, 2011). De afvoer van nutriënten kan worden beperkt door bladeren en naalden zoveel mogelijk in het bos achter te laten (de Jong, 2011).

Een verhoogde oogst van biomassa uit bossen gaat vaak gepaard met een extra werkgang in het bos wat kan leiden tot bijkomende exploitatieschade, bodemverdichting en verstoring. Bodemverdichting en exploitatieschade kunnen leiden tot een lagere toekomstige oogst.

Strooisel uit bossen kan ook gebruikt worden als biomassa-bron voor energieopwekking. Het weghalen van strooisel heeft echter nefaste gevolgen voor biodiversiteit en bodemvruchtbaarheid in boscossystemen.

5.2.3. Graslanden

Graslanden met beperkte of verspreide biologische waarden zijn dikwijls gericht op een hoge oogst van biomassa. Om een hoge oogst in stand te houden is kunstmatige bemesting dikwijls noodzakelijk. Kunstmatige bemesting van grasland zorgt bij de vegetatie voor een verschuiving van een ondergrondse competitie voor nutriënten naar een bovengrondse competitie voor licht (Hejcman et al., 2010). Het gevolg is dat productieve snel groeiende plantensoorten worden bevoorrecht ten koste van minder competitieve soorten. Bemesting van graslanden leidt dan ook tot een verlaging van de biodiversiteit (Hejcman et al., 2007; Kleijn & Snoeijs, 1997). Tevens kunnen nutriënten worden uitgespoeld naar omliggende waterlopen of gebieden (Prochnow et al., 2009).

Een hoge oogst van biomassa gaat dikwijls gepaard met het gebruik van bestrijdingsmiddelen, het herinzaaien van (delen van) graslanden en hoge maaifrequenties gedurende het groeiseizoen. Ook deze praktijken hebben negatieve ecologische gevolgen (Prochnow et al., 2009).

De biologisch meest waardevolle graslanden (halfnatuurlijke graslanden en soortenrijke permanente graslanden) vereisen een vorm van beheer voor hun behoud. Het oogsten van de biomassa (door te maaien en het maaisel weg te halen) op een ecologisch duurzame manier is een manier voor de instandhouding van graslanden en de hieraan gebonden biodiversiteit (Pedroli et al., 2013). Een ecologisch maaibeheer kan immers de biodiversiteit van halfnatuurlijke graslanden ten goede komen doordat forse en productieve (gras)soorten worden benadeeld (Huhta et al., 2001; Parr & Way, 1988). Daardoor kunnen minder productieve soorten zich vestigen en ontwikkelen in de vegetatie (Huhta et al., 2001). Afhankelijk van de hoeveelheid aan atmosferische depositie kan een maaibeheer, op lange termijn, leiden tot een verschraving van de bodem (Bakker, 1989) waardoor gunstiger groeiomstandigheden ontstaan voor soorten kenmerkend voor voedselarme omstandigheden. Een maaibeheer met twee maaibeurten per jaar kan meer nutriënten weghalen dan een maaibeurt per jaar. Door de verschraving leidt maaibeheer tot lagere hoeveelheden maaisel (de Jong et al., 2001; Oomes, 1990).

Ongewervelden gebonden aan graslanden zijn gebaat bij een gefaseerd maaibeheer, waarbij delen van de vegetatie niet of later worden gemaaid. Hierdoor ontstaat een grote structuurvariatie in de vegetatie wat van belang is voor ongewervelden (Noorddijk et al., 2009).

Kunstmatige bemesting van biologisch waardevolle graslanden om de maaiselhoeveelheden te verhogen heeft negatieve ecologische gevolgen voor de soortenrijkdom van planten en ongewervelden (Hejcman et al., 2007; Kleijn & Snoeijs, 1997).

5.2.4. Kleine landschapselementen

Bermen en dijken kunnen een belang hebben voor halfnatuurlijke graslandsoorten, vooral in gebieden met weinig en kleine halfnatuurlijke relicten (Auestad et al., 2011). Zoals bij halfnatuurlijke graslanden kan de ecologische kwaliteit van bermen en dijken worden verhoogd door het maaien en het weghalen van het maaisel (Schaffers et al., 1998). Omwille van het maaibeheer en de bodemcondities kunnen bermen en dijken belangrijk zijn voor soorten typisch voor glanshavergrasland (Zwaenepoel et al., 2002; Sykora et al., 1993). In Vlaanderen is de oppervlakte aan glanshavergrasland beperkt: Paelinckx et al. (2009) vermelden een oppervlak tussen 1.350–1.750 ha (beschreven onder het habitatype 'laaggelegen schraal hooiland'), waarbij

slechts zo'n 23 % ligt binnen habitatrichtlijngebied. Een groot deel van glanshavergrasland komt voor op bermen en dijken (Paelinckx et al., 2009).

Ook bufferzones en perceelsranden kunnen een belang hebben voor graslandsoorten. Een ecologisch maaibeheer kan voor deze landschapselementen een positieve invloed hebben op hun ecologische kwaliteit.

Andere kleine landschapselementen zoals (knot)bomenrijen, houtkanten, hagen, hoogstamboomgaarden of bomenrijen leveren houtige biomassa. Dergelijke landschapselementen vereisen immers een hakhoutbeheer, knotbeheer of vorm(snoei) voor instandhouding.

Het energetisch valoriseren van biomassa uit kleine landschapselementen kan een stimulans betekenen voor het aanhouden of het invoeren van een duurzaam ecologisch beheer en dus voor het behoud en de ontwikkeling van dergelijke landschapselementen.

5.2.5. Groene urbane gebieden

Onder groene urbane gebieden worden tuinen, parken, recreatiegebieden en onverzegelde bedrijven- en (lucht)haventerreinen verstaan. Het oogsten van biomassa in groene urbane gebieden maakt dikwijls deel uit van het normale onderhoud van deze gebieden (Pedrioli et al., 2013).

5.2.6. Directe en indirecte veranderingen in landgebruik⁵

Om biomassa voor energiedoeleinden te produceren is er doorgaans landoppervlakte vereist. Wanneer gekweekte energiegewassen worden geproduceerd op percelen waarop voordien geen akkerbouw werd toegepast, zorgt dit voor directe veranderingen in het landgebruik door een inname van het landoppervlak.

Veranderingen in het landgebruik worden beschouwd als een belangrijke directe driver van het verlies van biodiversiteit. De invloed van een oppervlaktetoename van gekweekte energiegewassen voor biodiversiteit en milieu hangt evenwel sterk af van de oorspronkelijke ecologische waarden, het oorspronkelijk landgebruik en van de gekweekte gewassen (Pedroli et al., 2013).

Gebieden met intensieve akker- of (glas)tuinbouw hebben in het algemeen beperkte ecologische waarden. Een toename van energiegewassen in dergelijke landschappen, vooral wanneer meerjarige energiegewassen worden geïntroduceerd, kan een positieve impact hebben op biodiversiteit en milieu door een lagere input van bestrijdingsmiddelen en voedingstoffen en een lagere intensiteit van bewerking. Tevens kan de structuurdiversiteit van het landschap worden verhoogd, wat de biodiversiteit ten goede komt (Pedroli et al., 2013).

Gebieden met een vrij extensief landgebruik, bv. met een hoge oppervlakte aan permanente cultuurgraslanden, kunnen aanzienlijke ecologische waarden bezitten doordat zij habitats voor waardevolle soorten vormen. Een oppervlaktetoename van gekweekte energiegewassen in dergelijke landschappen kan zorgen voor een hogere input van bestrijdingsmiddelen en voedingstoffen, een aanpassing van het grondwaterregime en een hogere verstoring (Pedroli et al., 2013).

Gebieden met een heel extensief landgebruik, zoals halfnatuurlijke graslanden, heide of moerassen hebben belangrijke ecologische waarden. In dergelijke gebieden komen ecologisch waardevolle habitats voor waaronder habitats opgelijst in bijlage 1 van de Habitatrichtlijn. De introductie van energiegewassen in dergelijke landschappen leidt tot negatieve milieudrukken door een hogere input van bestrijdingsmiddelen en voedingstoffen, een aanpassing van het grondwaterregime en een hogere mate van verstoring. Tevens treedt er een verlies op van specifieke landschapsstructuren en habitats. Anderzijds kan het energetisch valoriseren van biomassa in dergelijke gebieden een stimulans zijn om het extensief beheer te behouden waardoor een verminderd risico bestaat op het compleet verlaten van het gebied (Pedroli et al., 2013).

Tevens kan de productie van energiegewassen zorgen voor indirecte veranderingen in het landgebruik. Wanneer landbouwareaal wordt ingezet voor de productie van energiegewassen moet

⁵ Verandering in landgebruik is een letterlijke vertaling van het in de internationale literatuur beschreven topic 'land-use change'. Dit omvat echter zowel landconversie als gebruikconversie (zie 4.2.1).

nog steeds worden voldaan aan de oorspronkelijke vraag naar voedsel, voeders of vezels. Dit kan door intensivering van de oorspronkelijke productie of door land, dat voordien niet voor landbouwdoeleinden werd gebruikt, in productie te brengen. In dit laatste geval gebeurt de verandering in het landgebruik dus op indirecte wijze. Wanneer natuurlijke habitats (bv. bossen of graslanden) worden omgezet naar akkerland zijn er belangrijke gevolgen voor biodiversiteit en milieu (Fargione et al., 2008; Melillo et al., 2009; Searchinger et al., 2008; EEA, 2013). De huidige methodes voor het inschatten van de gevolgen naar biodiversiteit of milieu kunnen moeilijk omgaan met deze indirecte veranderingen van het landgebruik (Gamborg et al., 2012). Bowyer (2011)⁶ berekende dat het hoger gebruik voor transport van conventionele (eerste generatie) biogebaseerde brandstoffen in de EU-lidstaten, als toepassing van de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie, leidt tot 4,7–7,9 miljoen ha aan indirecte veranderingen in het landgebruik. Voor België zou de toepassing van de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie aanleiding geven tot 0,14–0,25 miljoen ha aan indirecte veranderingen in het landgebruik, ruwweg 1/20 tot 1/12 van België.

⁶ Bowyer (2011) gaat uit van de doelstelling aangegeven in de Europese Richtlijn hernieuwbare energie dat, in 2020, 10 % van de energie voor transport komt uit hernieuwbare energiebronnen. Er wordt aangenomen dat, in 2020, in 92 % van energiebehoefte voor transport wordt voorzien door conventionele biogebaseerde brandstoffen met volgende verdeling: 72 % biodiesel en 28 % bio-ethanol. Voor de inschatting van ILUC (Indirect Land Use Changes) worden volgende conversiefactoren aangewend (afgeleid uit verschillende modellen) voor ILUC: biodiesel 230-440 ha/ktoe; bio-ethanol: 390-520 ha/ktoe. De veranderingen in het landgebruik worden vervolgens vertaald naar broeikasgasemissies via volgende waarden (een brede range is aangewend om rekening te houden met verschillende soorten veranderingen in het landgebruik): 38-95 tC/ha. Deze waarden zijn gebaseerd op modellen van Joint Research Centre (JRC) en van The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

6. Maatschappelijk welzijn en waardering

De ecosysteemdienst 'productie van energiegewassen' beïnvloedt ons welzijn en onze welvaart zowel rechtstreeks als onrechtstreeks, en dit zowel voor de samenleving als geheel (bv. energiegebruikers) als voor bepaalde stakeholders (bv. landbouwers en energieproducenten). In dit hoofdstuk gaan we na voor welke welzijns- en welvaartscomponenten de productie van energiegewassen van belang is en welke belanghebbenden dit raakt. We illustreren waar mogelijk dit belang ook aan de hand van economische cijfers. Tot slot lichten we enkele indirecte welzijns- en welvaartseffecten van deze ecosysteemdienst toe.

6.1. Maatschappelijk belang en waardering van de productie van energiegewassen

Het kunnen voorzien in energiebehoeften is voor elke mens een basisbehoefte. Ieder van ons gebruikt energie voor bijvoorbeeld het verwerven of het bereiden van voedsel of voor het verwarmen en verlichten van de woning en de werkomgeving. In die zin is het voorzien in de behoefte ook belangrijk voor onze gezondheid. Voorts maken we gebruik van allerlei gefabriceerde producten en diensten waarvan de productie ook energie vergde. Energie is tevens noodzakelijk voor transport, waardoor ze van belang is voor economische welvaart en tewerkstelling en voor sociale contacten in een ruimere omgeving. Uiteraard wordt slechts een kleine proportie van die energiebehoefte voorzien via energie uit biogebaseerde brandstoffen. In 2012 was iets meer dan 5 % van het Vlaams elektriciteitsverbruik en iets meer dan 4 % van de energie verbruikt voor warmte of koeling afkomstig van biogebaseerde brandstoffen. De energie voor transport kwam voor iets meer dan 4 % van biogebaseerde brandstoffen (zie Tabel 2). In die zin is ons welzijn op dit ogenblik maar in beperkte mate afhankelijk van deze ecosysteemdienst. Anderzijds maakt wel 28 % van de Vlaamse huishoudens gebruik van brandhout voor het (aanvullend) verwarmen van hun woning en/of voor sfeerschepping (Renders et al., 2012).

Voor de economische waardering van vermarkte ecosysteemdiensten (bv. voedsel, hout, energiegewassen) wordt doorgaans geadviseerd om de marktwaaarde als referentie te nemen, mits correctie voor subsidies of andere marktverstoringen die de ESD-producent (via de overheid) van de samenleving ontvangt (Hutsebaut et al., 2007; Liekens et al., 2009). De marktprijs die de eindgebruikers van de ESD 'productie energiegewassen', namelijk energieverbruikers, betalen aan hun energieleveranciers bevat naast de waarde van de ecosysteemdienst evenwel ook de waarde van het menselijk, technisch en financieel kapitaal dat wordt ingezet om die energie te produceren. Daarom adviseren we de economische waarde van deze ecosysteemdienst te bepalen op basis van de marktprijs die wordt betaald bij het begin van de energieproductieketen (zie ook paragraaf 1.5, Figuur 3), met name de prijs die de aanbieder van de biomassa ontvangt van de afnemer ervan. Hierop wordt kort ingegaan in paragraaf 6.2.

Het marktaandeel van groene energie afkomstig uit hernieuwbare bronnen (waaronder biomassa), zit in de lift. Het aantal consumenten dat hiervoor een meerprijs wil betalen ten opzichte van energie uit fossiele brandstoffen, neemt toe. Bovendien gebruiken private ondernemingen het groene karakter van hun product als argument in promotiecampagnes. Die evoluties suggereren dat biogebaseerde energie en de achterliggende ecosysteemdienst voor althans een deel van de Vlaamse samenleving een meerwaarde heeft. Valt die meerwaarde ook af te leiden uit de effecten van de productie van energiegewassen op het terrein? Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 6.3 en in paragraaf 7.

6.2. Belang en waardering voor leveranciers en verwerkers van energiegewassen

Voor de gekweekte energiegewassen kan de economische waarde in principe worden bepaald op basis van kostprijs- en opbrengstgegevens uit de landbouwsector. Voorlopig zijn die gegevens niet beschikbaar op teelniveau zodat de economische waarde van deze biomassaastroom en het belang ervan voor de landbouwsector nog niet kan worden gerapporteerd (Departement Landbouw en Visserij, 2013; Enerpedia: <http://www.enerpedia.be/nl/energiegewassen>). Ook voor de

economische waarde van de houtige energiegewassen zijn nog geen analyses op schaal Vlaanderen gekend.

Uit het recentste voortgangsrapport van de biogassector blijkt dat de capaciteit van vergisters en het geïnstalleerd vermogen toeneemt, maar dat de sector toch ook met economische problemen kampt (De Geest et al., 2013). De sector, die ongeveer 450 mensen tewerkstelt, groeit ook minder snel dan de energieproductie uit wind- en zonne-energie. In 2011-2012 gingen 8 van de 40 vergistingsinstallaties failliet, waarbij enkele hun activiteiten overdroegen aan derden. Deelnemers aan een discussieforum over de sector weten de moeilijkheden onder meer aan de hoge investeringskosten en aan een vermindering van de minimumsteun voor biogas, die de groei zou belemmeren. Ook beperkingen in de afzetmogelijkheden van digestaat indien mest wordt bijgemengd in de vergisting, beperken de rendabiliteit. De afzetbaarheid van dit digestaat in Vlaanderen is immers beperkt door het nutriëntoverschot op de bodembalans (mestoverschot). Hierdoor is verwerking van digestaat vereist, wat een supplementaire kost betekent.

De conversie van maaisel in biogebaseerde energie lijkt momenteel economisch enkel rendabel mits combinatie met andere biomassastromen in 'energieconversieparken' (zie paragraaf 4.1, 'Wetenschappelijke en technologische drivers').

In 2011 leverde de biogebaseerde energiesector meer dan 5.000 arbeidsplaatsen in België : 3.000 voor vaste biogebaseerde brandstoffen, 2.000 voor vloeibare biogebaseerde brandstoffen en 350 voor biogas (EurObserver, 2012). Die drie deelsectoren vertegenwoordigden een omzet van respectievelijk 290, 305 en 60 miljoen euro. Binnen Europa behoort België evenwel, met Nederland, Luxemburg en het Verenigd Koninkrijk tot de landen met het laagste aandeel van hernieuwbare energie in het totale energieverbruik (zie Figuur 1). Het EU-gemiddelde van dit aandeel is drie maal hoger dan dat in België. Het aantal arbeidsplaatsen in de biogebaseerde energiesector bedraagt in Europa 274.150 (vaste biogebaseerde brandstoffen), 109.150 (vloeibare biogebaseerde brandstoffen) en 70.950 (biogas).

6.3. Indirecte welzijns- en welvaartseffecten van de productie en het gebruik van energiegewassen

Tot nu toe ging de aandacht vooral naar het rechtstreeks belang van de ecosysteemdienst voor het welzijn en de welvaart van energiegebruikers in het algemeen, en voor de producenten van energiegewassen. De toename in het aanbod en het gebruik van deze ecosysteemdienst beïnvloedt het maatschappelijk welzijn en de economische welvaart echter ook op een meer omvattende, zij het indirecte manier. Naarmate landbouwers of bosexploitanten zich meer en meer toeleggen op het versterken van hun aanbod, en naarmate energieconsumenten dit door hun verbruik ondersteunen, leidt dit tot productieprocessen en activiteiten die een invloed uitoefenen op de voorraad natuurlijk kapitaal en op andere ecosysteemdiensten (zie Figuur 3, blauwe pijl). Zo impliceert een aanpassing van landbouwteelten ten voordele van houtige of niet-houtige energiegewassen dat die oppervlakte niet meer beschikbaar is voor voedsel- of vezelproductie. Een sterke toename van de vraag naar houtige energiegewassen kan dan weer tot gevolg hebben dat de koolstofvoorraad van bosecosystemen daalt en meer broeikasgassen in de atmosfeer worden uitgestoten. Voor een kleine open economie als die van Vlaanderen werken dergelijke effecten vaak grensoverschrijdend, waardoor zij internationale handelsstromen kunnen beïnvloeden en welzijns- en welvaartseffecten in het buitenland kunnen hebben. Enkele voorbeelden van mogelijke effectketens:

- De toename van energieteelten in Vlaanderen kan leiden tot een kleiner aanbod en een verminderde export van Vlaamse land- en tuinbouwproducten. Hierdoor vermindert dan ook de ecologische voetafdruk van Vlaanderen in het buitenland, en mogelijk de negatieve invloed van de export van in Vlaanderen geproduceerde goederen op de lokale buitenlandse markt. Anderzijds daalt hierdoor ook de Vlaamse haventrafiek of het wegtransport.
- De binnenlandse vraag naar houtige biomassa kan leiden tot een verhoogde import ervan uit het buitenland. Dit kan de ecologische voetafdruk van Vlaanderen in het buitenland verhogen, maar creëert ook banen en inkomsten voor de buitenlandse aanbieders van die biomassa. Indien die buitenlandse biomassa op een niet-duurzame wijze wordt geoogst ten koste van natuurlijke ecosystemen (bv. tropisch regenwoud of boreale bossen) dan zal dit, op termijn,

het welzijn en de welvaart van gemeenschappen, die van die ecosystemen afhangen, negatief beïnvloeden.

- De toename van energieteelten in Vlaanderen kan leiden tot een toename in de import van veevoer of voedselgewassen uit het buitenland. Dit kan zorgen voor stijgende prijzen voor grondstoffen (veevoer) voor landbouwers, of voor prijsstijgingen in voedselproducten bij eindgebruikers (Pimentel et al., 2009). Zo zou de Europese doelstelling om tegen 2020 het energieverbruik voor 10 % uit hernieuwbare energie te halen, leiden tot prijsstijgingen van 3–6 % op graan indien die doelstelling uitsluitend op basis van eerste generatie biogebaseerde brandstoffen zou worden gerealiseerd. Een verhoogde import van voedsel of voedergewassen creëert banen, inkomsten en welvaart voor de buitenlandse aanbieders van die biomassa. Het kan ook banen creëren in het binnenland, bijvoorbeeld door bijkomende trafiek via havens. Het betekent anderzijds ook een toename van de ecologische voetafdruk van Vlaanderen in het buitenland. Indien die buitenlandse landbouw gebeurt ten koste van natuurlijke ecosystemen (bv. tropisch regenwoud) dan kan dit het welzijn en de welvaart van gemeenschappen hiervan afhankelijk negatief beïnvloeden.

Niet enkel het aanbod van energiegewassen maar ook het gebruik ervan genereert indirecte maatschappelijke welvaartseffecten. Zo werd de uitstoot van fijn stof, door de eerder aangehaalde 28 % Vlaamse huishoudens die thuis hout verbranden, voor 2009 geraamd op 10.982 ton fijn stof (Renders et al., 2012). De gezondheidsschade van fijn stof wordt geraamd op 54 €/kg PM₁₀ (Liekens et al., 2013). Dit komt voor Vlaanderen neer op een gezondheidskost van 593 miljoen €/jaar.

De welvaarts- en welzijnseffecten van aanbod en gebruik van energiegewassen zijn met andere woorden complex, grensoverschrijdend en verschillen per productstroom. Door snelle evoluties in prijzen en technologische mogelijkheden (zowel van die producten zelf als van substituten) zijn ze ook erg dynamisch in de tijd en moeilijk om op lange termijn te voorspellen. Niettemin is het duidelijk dat het sterk inzetten op productie van energiegewassen in Vlaanderen repercussies heeft op landgebruik en handelsstromen en op het aanbod en de spreiding van andere ecosysteemdiensten. Die synergieën en trade-offs worden grondiger besproken in paragraaf 7.

Een monetaire waardering van deze ecosysteemdienst op basis van de marktprijzen van de energiegewassen of van hun energie-output weerspiegelt slechts een (klein) deel van hun maatschappelijke impact en 'maatschappelijke waarde'. Dit heeft tot gevolg dat de markt voor energiegewassen aan belangrijke ecologische en sociale externaliteiten, zowel positieve als negatieve, onderhevig is. Een maatschappelijk verantwoorde exploitatie van biomassa voor energiedoeleinden dient dan ook te worden ingebed in een breder institutioneel mechanisme dat deze externaliteiten erkent en mee laat doorwegen in de besluitvorming en in de economische keuzen van landgebruikers, energieproducenten en energiegebruikers.

7. ESD-interacties en duurzaam gebruik

Uit de voorgaande paragraaf blijkt dat veranderingen in de vraag naar, het aanbod van en het gebruik van energiegewassen niet alleen rechtstreekse welzijns- en welvaartseffecten heeft maar ook onrechtstreeks in ruimte en tijd, onder meer door interacties met andere ecosysteemdiensten. Die interacties vormen het voorwerp van paragraaf 7. In de eerste plaats bespreken we de impact van het huidige gebruik van energiegewassen op het toekomstig aanbod ervan (7.1). Vervolgens bespreken we de impact van het gebruik van energiegewassen op andere ecosysteemdiensten in Vlaanderen (7.2) en in het buitenland (7.3). Vervolgens bespreken we de vraag of er grenzen of limieten kunnen worden bepaald voor het gebruik van de productie van energiegewassen (7.4), of de positieve effecten van het ESD-gebruik kunnen worden vergroot en de negatieve effecten kunnen worden ingeperkt (7.5). De impact van de volledige conversieketen, van biomassa tot biogebaseerde brandstof, is in belangrijke mate een technologisch verhaal en valt buiten de scope van dit assessment.

7.1. Impact van het gebruik van energiegewassen op het toekomstig aanbod ervan

De productie van éénjarige (energie)gewassen vraagt een intensief landgebruik. Hierdoor is bodemdegradatie mogelijk door een niet-gepast nutriënten- en waterbeheer en kan bodemerosie optreden. Op termijn kan hierdoor productieverlies optreden en dus een lagere levering van de ESD.

Een maaibeheer van graslanden zonder kunstmatige bemesting kan, op termijn, leiden tot een vershraling van de bodem en dus tot een lagere biomassaproductie (Bakker, 1989).

Extra oogst van biomassa uit bossen kan bodemschade veroorzaken en kan een invloed hebben op de nutriëntenbalans (zeker als tak- en top hout geoogst wordt) en op de buffercapaciteit van de bodem tegen verzurende deposities. Op termijn kan dit leiden tot verminderde aangroei van biomassa in bossen.

7.2. Impact van het gebruik van energiegewassen op de huidige én toekomstige levering van andere ecosysteemdiensten

7.2.1. Voedselproductie

Een toenemende inname van landoppervlakte door biomassa voor energiewinning, via een hogere oppervlakte aan energieteelten of bosgebieden, kan ten koste gaan van de oppervlakte voor voedsel- of voederteelten (Rowe et al., 2009). Hierdoor kan de levering van de ESD 'voedselproductie' negatief worden beïnvloed.

Een toenemende energetische valorisatie van biomassa afkomstig van het beheer of onderhoud van natuur-, park-, recreatiegebieden, bermen, luchthavens, tuinen of bedrijventerreinen heeft geen impact op de levering van de ESD 'voedselproductie' (zie hoofdstuk 11).

7.2.2. Houtproductie

Een hogere vraag naar biogebaseerde energie kan zorgen dat de oppervlakte aan korte-omloophout, (productief) bosgebied of houtige kleine landschapselementen toeneemt. Hierdoor zal de levering van de ESD 'houtproductie' (dit is de capaciteit van het ecosysteem om de hernieuwbare grondstof 'hout' te produceren) toenemen. Er zijn echter verschuivingen voor de afzetmarkt van hout te verwachten. Een toenemende vraag naar hout voor energiedoelinden kan zorgen voor een verminderende beschikbaarheid van hout voor niet-energetische doeleinden (bv. bouw, verpakkingen, constructie). Zo voerde Fedustria, de Belgische federatie van de textiel-, hout- en meubelindustrie in februari 2014 nog een actie in Brussel voor de gebouwen van de Vlaamse Regering uit protest tegen het subsidiebeleid ten voordele van de energieproducenten. Dit

beleid moedigt het verbranden van houtige biomassa voor energiewinning aan, waardoor minder grondstof beschikbaar is voor de houtindustrie (VILT, 2014).

7.2.3. Regulatie van het globaal klimaat

Bij het aanwenden van fossiele brandstoffen komt CO₂ vrij die miljoenen jaren geleden werden gesequestreerd. Het gevolg is een toename van het CO₂-gehalte in de atmosfeer met als gevolg de opwarming van de aarde en klimaatverandering. Bij het aanwenden van biogebaseerde brandstoffen voor energie komt in principe eenzelfde hoeveelheid CO₂ vrij als die welke de biomassa recent heeft aangewend voor zijn groei. Vandaar dat het aanwenden van biogebaseerde brandstoffen gezien wordt als een middel tegen klimaatverandering (Dauber et al., 2010). In de praktijk wordt echter fossiele energie gebruikt bij de productie van biomassa (meststoffen, bestrijdingsmiddelen, grondbewerking, oogst, ...), bij het transport en bij de conversie naar brandstof. Zo vereist de productie van bio-ethanol uit granen in bepaalde gevallen tot 46 % meer energie dan de energie-inhoud die ze oplevert; biodiesel uit koolzaad heeft in bepaalde gevallen een 58 % hogere energie-input nodig (Pimentel et al., 2009).

Bovendien kan de inname van landoppervlakte door biomassa voor energiedoeleinden zorgen voor directe en indirecte veranderingen in het landgebruik (zie ook paragraaf 5.2.6; Fritsche et al., 2010; EEA, 2013). Wanneer gebieden met grote koolstofvoorraden (bv. bossen, graslanden, veengebieden) worden omgezet naar akkerland, zorgt de conversie daarvan op korte termijn voor aanzienlijke CO₂-emissies in de atmosfeer (Don et al., 2011). Op die manier ontstaat er een koolstofschuld. Doordat het gebruik van biogebaseerde brandstoffen lagere broeikasgasemissies heeft in vergelijking met de fossiele brandstoffen wordt dit op termijn gecompenseerd. Echter de terugverdientijd loopt op van enkele decennia tot eeuwen (Fargione et al., 2008; Searchinger et al., 2008).

Er worden meer en meer vragen gesteld bij de veronderstelde reductie aan broeikasgasemissies bij het gebruik van biogebaseerde brandstoffen ter vervanging van fossiele brandstoffen. Zo tonen verschillende studies net hogere broeikasgasemissies aan voor enkele biogebaseerde brandstoffen ten opzichte van fossiele brandstoffen, vooral als gevolg van indirecte veranderingen in het landgebruik (Van Noorden, 2013; figuur 19). Bowyer (2011) berekende dat het toenemend gebruik van eerste generatie biogebaseerde brandstoffen voor transport door de verschillende Europese lidstaten, in uitvoering van de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie 2009/28/EG, tegen 2020 net zorgt voor een toename in de broeikasgasemissies met 81 % tot 167 % als gevolg van indirecte veranderingen in het landgebruik (voor de achtergrond van de berekening zie voetnoot bij 5.2.6).

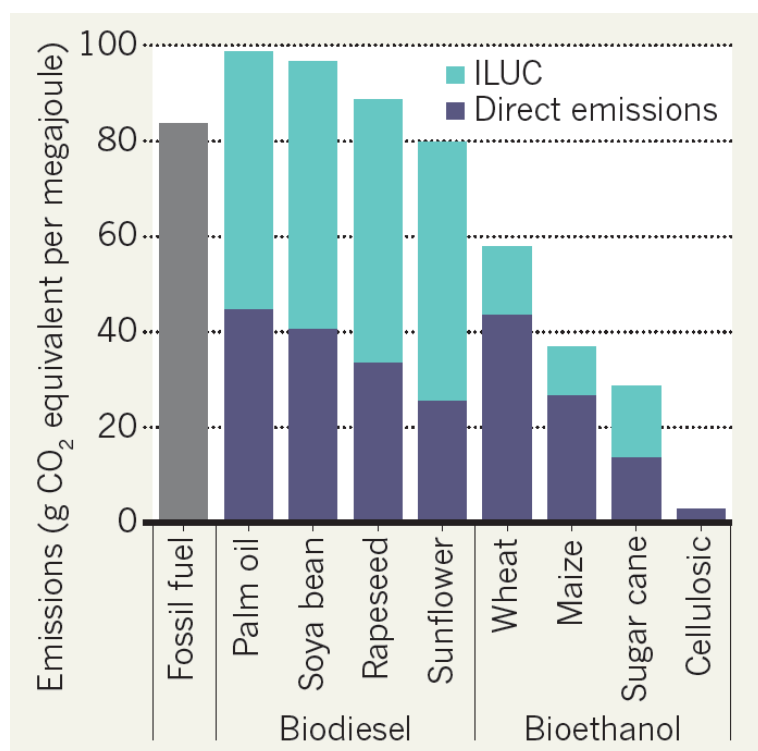
Bij de conversie van akker en cultuurgrasland te Lochristi naar korte-omloophout (bestaande uit populierklonen) werd er gedurende het eerste anderhalf jaar zowel koolstofsequestratie en emissie van N₂O (lachgas) en CH₄ (methaan) vastgesteld. De broeikasgasbalans over de volledige periode was een netto-emissie. De belangrijke emissies aan N₂O en CH₄ worden in verband gebracht met historisch landgebruik en de hoge nutriënten in de bodem. Doordat korte-omloophout 20-25 jaar meegaat wordt verwacht dat de broeikasemissies op termijn terug worden opgenomen. Langlopend onderzoek is hierover echter niet gekend (Zona et al., 2013).

Ook het aanwenden van hout voor energie zorgt voor een koolstofschuld. In het geval van hout duurt het enkele decennia voor het gekapte bos voldoende terug gegroeid is om de uitgestoten broeikasgassen op te nemen (McKechnie et al., 2011). Op korte termijn zorgt het gebruik van hout als biomassa dus niet voor een daling van de uitstoot van broeikasgassen.

Koolstofsequestratie is vastgesteld bij de omzetting van akker met eenjarige (energie)gewassen of van tijdelijk grasland naar een akker met meerjarige energiegewassen (Rowe et al., 2009; Don et al., 2011; Zona et al., 2013), naar permanent grasland (Tilman et al., 2006; Post & Kwon, 2000) of naar bos (Post & Kwon, 2000). Dit kan een mitigatie betekenen voor de hoge atmosferische concentraties aan CO₂.

N₂O (lachgas) is een broeikasgas met een 296 maal grotere broeikaswerking dan die van CO₂. Bovendien heeft N₂O een negatief effect op het stratosferisch ozongehalte (Crutzen et al., 2008). Kunstmatige bemesting kan zorgen voor emissies van N₂O. Meerjarige energiegewassen vertonen significant lagere N₂O-emissies in vergelijking met conventionele éénjarige energiegewassen (maïs, graan, aardappel, suikerbiet; Don et al., 2011).

De impact op deze ESD door de productie van energiegewassen hangt sterk af van het oorspronkelijk landgebruik en van de gekweekte gewassen (zie ook paragrafen 5.2.6 en 7.2.15).



Figuur 19. Broeikasgasemissies bij het aanwenden van enkele biogebaseerde brandstoffen. ILUC= indirecte veranderingen in het landgebruik. Bron: Van Noorden (2013).

7.2.4. Regulatie van erosierisico

Het kweken van bepaalde (energie)gewassen kan aanleiding geven tot erosieproblemen (Abbasi & Abbasi, 2010; Pimentel et al., 2009). Erosieproblemen kunnen vooral optreden bij de productie van éénjarige gewassen onder meer doordat de teelten geen goed ontwikkeld wortelstelsel kennen en doordat een vrij intensief landgebruik vereist is. Energieteelten met een hoog risico voor erosie omvatten maïs, aardappel en suikerbiet (Tabel 10). Koolzaad heeft een lager risico voor erosie door een hoge bodembedekking tijdens de wintermaanden (Tabel 10). Er worden weinig erosieproblemen verwacht bij meerjarige gewassen, permanente graslanden en bossen. Integendeel, het goed ontwikkeld wortelstelsel bij permanent grasland en meerjarige gewassen vermindert het erosierisico.

De impact op deze ESD door de productie van energiegewassen hangt sterk af van het oorspronkelijk landgebruik en van de gekweekte gewassen (zie ook paragrafen 5.2.6 en 7.2.15).

7.2.5. Behoud van de bodemvruchtbaarheid

De productie van éénjarige (energie)gewassen zorgt over het algemeen voor eerder lage gehalten aan organische koolstof in de bodem. Gebieden met meerjarige energiegewassen vertonen hogere gehalten aan organische koolstof in de bodem (Rowe et al., 2009). Binnen landbouwsystemen wordt de grootste C-winst in de bodem gerealiseerd door zoveel mogelijk biomassa ter plaatse te laten (bv. gewasresten), door grondbewerking tot een minimum te beperken, door erosiebestrijdingstechnieken toe te passen, door het aanwenden van stalmest en compost in plaats van kunstmest en door het inbrengen van organisch materiaal met hoge C/N-verhouding en een hoog ligninegehalte (bv. houtige biomassa). Koolstofsequestratie vindt over het algemeen plaats bij een conversie van akker of tijdelijk grasland naar permanent grasland of bos (Post & Kwon, 2000).

De impact op deze ESD door de productie van energiegewassen hangt sterk af van het oorspronkelijk landgebruik en van de gekweekte gewassen (zie ook paragrafen 5.2.6 en 7.2.15).

De extra oogst van biomassa uit bossen kan een invloed hebben op de nutriëntenbalans (zeker als tak- en top hout geoogst wordt) en op de buffercapaciteit van de bodem tegen verzurende deposities.

Momenteel worden veel niet-houtige stromen gecomposteerd. Compost heeft een belangrijke waarde voor de bodemvruchtbaarheid (zie hoofdstuk 18). Wanneer niet-houtige stromen worden aangewend voor energietoepassingen kan er minder compost ter beschikking komen. Anderzijds hebben residuen van vergistingsinstallaties (digestaat) een waarde voor de bodemvruchtbaarheid door een hoog gehalte aan organische stof waarbij de nutriënten snel beschikbaar komen (Vandaele & Vandenbroek, 2012).

Ook enkele houtige stromen (bv. snoeihout, boomwortels, haagscheersel) kunnen worden gecomposteerd. Wanneer deze stromen worden gebruikt voor energetische valorisatie kan er eveneens minder compost ter beschikking komen.

7.2.6. Bestuiving en plaagbeheersing

Koolzaadvelden kunnen zorgen voor hogere abundanties van solitaire bijen in nabije halfnatuurlijke relicten. Een toename aan koolzaadvelden kan positief zijn voor wilde bijenpopulaties als er, aanliggend, halfnatuurlijke relicten voorkomen of worden gecreëerd (Holzschuh et al., 2013). Ook wilgen als korte-omloophout kunnen een aanvullende pollen- en nectarbron vormen, vooral in het begin van het groeiseizoen (Rowe et al., 2009).

KLE's en halfnatuurlijke graslanden kunnen bijdragen aan de levering van de ESD 'bestuiving' en de ESD 'plaagbeheersing', vooral in landschappen met weinig halfnatuurlijke elementen (Tscharntke et al., 2011). De productie van éénjarige (energie)gewassen vergt over het algemeen een intensief landgebruik met input van chemische bestrijdingsmiddelen en meststoffen. Hierdoor ontstaan minder geschikte milieuomstandigheden voor ongewervelden en kan natuurlijke plaagbeheersing en bestuiving verminderen.

7.2.7. Regulatie van de waterkwaliteit

Vermits er bij de productie van bepaalde (energie)gewassen bestrijdingsmiddelen of meststoffen worden ingezet, kan dit invloed hebben op de waterkwaliteit. Via uitloging of afspoeling kunnen deze stoffen in het grond- of oppervlaktewater terecht komen (Abbasi & Abbasi, 2010; EEA 2007). Bij de productie van éénjarige energiegewassen kan de uitloging of afspoeling hoger zijn dan bij meerjarige energiegewassen onder meer doordat een hogere input aan bestrijdingsmiddelen en meststoffen wenselijk is, door een minder dens ontwikkeld wortelgestel en door een minder dense vegetatiebedekking (Rowe et al., 2009; EEA, 2007). Energieteelten met een hoog risico voor watercontaminatie omvatten koolzaad, aardappel, suikerbiet en maïs (Tabel 10). Bij cultuurgraslanden wordt over het algemeen kunstmatige bemesting toegepast zodat uitloging of afspoeling mogelijk is. Er wordt geen of een positieve impact verwacht op de waterkwaliteit bij halfnatuurlijke graslanden en bossen.

De impact op deze ESD door de productie van energiegewassen hangt sterk af van het oorspronkelijk landgebruik en van de gekweekte gewassen (zie ook paragrafen 5.2.6 en 7.2.15).

Een bufferzone van grasland rond waterlopen kan de waterkwaliteit beïnvloeden door een reductie van nutriënten-, bestrijdingsmiddelen- en sedimentvrachten door verminderde afspoeling en het optimaliseren van denitrificatiemogelijkheden in de bodem (Van Der Welle & Decler, 2001; Reichenberger et al., 2007). De inrichting van meerjarige energiegewassen of halfnatuurlijke graslanden rond waterlopen biedt eveneens een dergelijke bufferende werking (EEA, 2007).

Aangelegde moerassen met moerasvegetatie (helofyten) kunnen zorgen voor een zuivering van afvalwater door een samenspel van micro-organismen, de wortels van de planten en de bodem. Een win-win situatie ontstaat wanneer ook de biomassa geproduceerd door het nutriëntenrijk afvalwater energetisch wordt gevaloriseerd (Liu et al., 2012).

7.2.8. Regulatie van het waterdebiet en waterproductie

Korte-omloophout en in mindere mate *Miscanthus* hebben een hoge waterbehoefte. Een aanzienlijke oppervlakte aan deze energiegewassen rond (kleine) bovenlopen of stroomopwaarts van moerasgebieden kan effecten hebben op de hydrologie (Rowe et al., 2009).

De productie van gekweekte (energie)gewassen kan aanleiding geven tot een toename in het gebruik van grondwater. Vooral wanneer slechts een deel van de biomassa wordt aangewend voor energiedoeleinden (bv. de productie van biodiesel uit zaden van koolzaad) is er een grote waterbehoefte. Zo is er in bepaalde omstandigheden tot 14.000 l water nodig voor de productie van 1 l biodiesel uit koolzaad (Gerbens-Leenes et al., 2009).

7.2.9. Regulatie van overstromingsrisico

Korte-omloophout (wilg of populier), *Miscanthus* en bepaalde grasland- en bostypes kunnen groeien in overstromingsgebieden. Door de hoge mate van verdamping kunnen korte-omloophout (wilgen of populier) en *Miscanthus* worden gebruikt bij het beheer van overstromingen (Rowe et al., 2009). Een toename van overstromingsgebieden biedt, in theorie, extra ruimtepotentieel voor dergelijke ecosystemen. Echter, het oogsten van biomassa op natte terreinen kan een knelpunt vormen. Bovendien kunnen CH₄-emissies (een belangrijk broeikasgas) optreden in gebieden met hoge waterstanden (Don et al., 2011).

7.2.10. Regulatie van de luchtkwaliteit

Bij de productie van (energie)gewassen komt fijn stof vrij, vooral via het bewerken van de akkers en door brandstofgebruik van machines (Bernaerts et al., 2012b). De productie van inputs (bv. kunstmeststoffen) zorgt eveneens voor fijnstofemissies. De teelten nemen echter ook fijn stof op.

De productie van (energie)gewassen kan gasvormige emissies genereren, zoals stikstofoxiden (NO_x) of ammoniak (NH₃) (Bernaerts et al., 2012a; Crutzen et al., 2008). Beltman et al. (2013) geven aan dat boomsoorten die worden aangewend bij korte-omloophout (populier, wilg) hoge isopreenemissies vertonen. Isopreen draagt bij aan de vorming van troposferisch ozon. Een grootschalige toepassing van korte-omloophout kan aldus leiden tot hogere ozonwaarden.

Bosgebieden, houtkanten en bomenrijen kunnen een bijdrage leveren aan de verlaging van de concentratie aan emissies in de lucht. Ze vangen fijn stof af, vooral deeltjes tussen 3 en 10 µm, en nemen stikstofhoudende gasvormige stoffen op (bv. NH₃ uit landbouw, NO₂ uit verkeer) en benutten die voor hun groei (Pronk et al., 2013). Een hoge structuurvariatie in bossen verhoogt het filterend vermogen voor het afvangen van fijn stof en pollutanten uit de lucht.

Bosbestanden gericht op een maximale biomassaproductie kennen vaak een geringe verticale en horizontale structuurvariatie waardoor het filterend vermogen afneemt. Ook houtkanten die intensief worden geoogst hebben een lager filterend vermogen.

Op het vlak van luchtkwaliteit is de verbranding van biomassa minder schadelijk in vergelijking met de verbranding van steenkool, maar schadelijker dan de verbranding van gas. Zo worden bij het verbranden van biomassa meer dan 200 verschillende chemische pollutanten vrijgesteld waaronder 14 carcinogenen en 4 co-carcinogenen (Pimentel et al., 2009).

De verbranding van hout en pellets in Vlaamse huishoudens brengt hoge emissies van fijn stof en NO_x met zich mee (Renders et al., 2011). Zo wordt de uitstoot van fijn stof, door de 28 % Vlaamse huishoudens die thuis hout verbranden, voor 2009 geraamd op 10.982 ton (Renders et al., 2012).

7.2.11. Kustbescherming

Graslanden, struwelen, bossen en houtkanten kunnen zorgen voor een fixatie van de duinengordel. Uit deze ecosystemen kan biomassa worden geoogst. Indien dit niet gepaard gaat met veranderingen in landgebruik heeft dit geen impact op de kustbescherming.

7.2.12. Regulatie van geluidsoverlast

Houtkanten en bossen hebben een geluidsbufferende werking. Meer en bredere houtkanten langs wegen en spoorwegen verhogen het potentieel voor houtproductie. Anderzijds kan een intensiever beheer van die lijnvormige elementen hun geluidsbufferende werking tijdelijk verminderen.

7.2.13. Groene ruimte voor buitenactiviteiten

Er wordt een geringe impact op recreatie en beleving tijdens buitenactiviteiten verwacht bij de conversie van akkers met voeder- of voedselgewassen naar eenjarige energiegewassen (Framstad, 2009). De kleur van bloeiend koolzaad kan echter variatie aan landschap toevoegen (Framstad, 2009).

Meerjarige energiegewassen kunnen het landschappelijk uitzicht belemmeren en kunnen landschapskenmerken maskeren. Tevens kan er een plotse visuele landschapsverandering optreden door het oogsten (Rowe et al., 2009). Anderzijds kunnen meerjarige energiegewassen het landschappelijk uitzicht aantrekkelijker maken door het afschermen van (grootschalige) bebouwing.

Dood hout in bossen of resterend takhout bij houtkanten of bomenrijen worden doorgaans als slordig beschouwd. Het oogsten van dood hout of takhout kan hierdoor als positief worden aanzien naar landschapsbeleving (Framstad, 2009).

Een intensievere houtoogst in bossen kan een positief effect hebben op landschapsbeleving door het openen van dense bosbestanden en het verhogen van de toegankelijkheid. Er zijn echter aanwijzingen dat bosexploitatie met machines, bodem- of bomenbeschadiging doorgaans als negatief wordt ervaren (Framstad, 2009).

De Vlaming heeft een behoefte aan bijkomend groen (via de bevraging van de Vlaamse overheid 'Ruimte voor morgen'). Dit blijkt ook bij de inrichting van stads(rand)bossen of CO₂-bossen en via campagnes zoals 'bos voor iedereen' of '10miljoenbomen'. Bebossing wordt dan ook merendeels als positief ervaren.

7.2.14. Wildbraadproductie

Korte-omloophout en meerjarige energiegewassen kunnen een belang hebben als habitat of schuilplaats voor zoogdieren en vogels (EEA, 2007; Rowe et al., 2009). In die zin kunnen ze ook bejaagbare populaties mee ondersteunen. De impact op deze ESD door de productie van energiegewassen hangt sterk af van het oorspronkelijk landgebruik en van de teeltkeuze inzake gekweekte gewassen (zie ook 5.2.6 en 7.2.15).

7.2.15. Verschillende diensten

De impact op tal van ESD's (regulatie van het globaal klimaat, regulatie van erosierisico, behoud van de bodemvruchtbaarheid, bestuiving en plaagbestrijding, regulatie van de waterkwaliteit, wildbraadproductie) varieert sterk naargelang de uitgangssituatie en de land- of gebruiksconversie. De impact op deze ESD's is positief bij een conversie waarbij éénjarige (energie)teelten worden omgezet naar meerjarige energiegewassen (korte-omloophout, meerjarige grassen; Rowe et al., 2009) of naar permanente (halfnatuurlijke) graslanden of naar (halfnatuurlijk) bos. De impact is negatief wanneer permanente (halfnatuurlijke) graslanden worden omgezet naar tijdelijke cultuurgraslanden of naar akker met éénjarige teelten. Er wordt geen impact verwacht bij de omzetting van akkergebieden voor de productie van voeder- of voedselgewassen naar akkergebieden met een productie van éénjarige energiegewassen.

Bovendien kunnen indirecte gevolgen optreden wanneer aanzienlijke oppervlaktes worden aangewend voor de productie van energiegewassen. Hierdoor kan immers een druk komen te liggen op de landoppervlakte voor andere producerende diensten (bv. voeding of vezel) waardoor de landbouwvoering er kan worden geïntensiveerd om de biomassaproductie te optimaliseren.

De hierboven geschreven effecten zijn niet duidelijk gecorreleerd met de gradiënt van natuurlijke tot antropogene landgebruiksklassen (zie Tabel 1) die bij de productie van energiegewassen betrokken zijn. Die impact varieert immers heel sterk naargelang het geaffecteerde ecosysteem, de

uitgangssituatie en de concrete veranderingen in het landgebruik. Echter, meer technologische methodes zoals de productie van éénjarige energiegewassen, hebben een grotere negatieve impact, terwijl een duurzaam aanwenden van reststromen positieve interacties kunnen bevorderen.

7.3. Impact van de vraag naar en het gebruik van energiegewassen op ecosysteemdiensten elders in de wereld

Een toenemende vraag naar energiegewassen kan in de EU zorgen van de inname van niet-gebruikte landbouwgronden, dit zijn bv. verlaten, gedegradeerde of marginale landbouwgronden. Vooral in Centraal-, Oost- en Zuid-Europa liggen aanzienlijke oppervlaktes aan niet-gebruikte landbouwgronden (EEA, 2006; Allen et al., 2013). Dergelijke gronden kunnen echter hoge koolstofgehaltes en belangrijke natuurwaarden herbergen door natuurlijke vegetatiesuccessie (Don et al., 2011). Het in productie brengen van dergelijke gronden kan aanleiding geven tot emissies van broeikasgassen door vrijstelling van deze gesequestreerde koolstof of, indirect, doordat deze gronden een input aan nutriënten of water vereisen (Gamborg et al., 2012) of doordat bijkomende transportinfrastructuur wenselijk is.

Europa kent reeds een belangrijke import van biomassa. Om tegemoet te komen aan de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie wordt een verhoogde import van biomassa en biogebaseerde brandstoffen verwacht. De EU is momenteel de grootste markt voor houtpellets, met een consumptie in 2012 van zo'n 14 miljoen ton. De productie binnen de EU (voornamelijk uit Duitsland, Zweden en Oostenrijk) bedroeg in 2012 zo'n 10 miljoen ton. Tevens werd zo'n 4,5 miljoen ton geïmporteerd, voornamelijk uit de V.S, Canada en Rusland (GAIN, 2013). Ook bij een de hogere vraag naar energiehout wordt een verhoogde aanvoer vanuit het buitenland verwacht (Steierer, 2010). Zo wordt in de haven van Antwerpen een grote verbrandingscentrale voor houtpellets gepland. De pellets zullen worden aangekocht en aangevoerd uit Canada. Een hogere import van energiehout kan een invloed uitoefenen op het bosbeheer in de aanvoergebieden.

Dergelijke importstromen verminderen de druk op Europees land maar riskeren dat de druk naar andere regio's wordt verplaatst. De productie van biomassa voor energiedoeleinden vereist immers een inname van landoppervlakte waardoor directe en indirecte veranderingen in het landgebruik optreden. Er wordt verwacht dat vooral weilanden en beheerde bosgebieden zullen worden omgezet naar akkerland, gevolgd door de omzetting van respectievelijk savannes, graslanden en primaire boscossystemen (Laborde, 2011). Zo haalt Fearnside (2008) aan dat de verhoogde productie van suikerriet in Brazilië zorgt voor een verplaatsing van de veeteelt met een ontbossing van het Amazonegebied als gevolg. Laborde (2011) geeft aan dat een toenemend gebruik van eerste generatie biogebaseerde brandstoffen zorgt voor bijkomend akkerland, vooral in Brazilië, Rusland, Oekraïne, Wit-Rusland en Sub-Saharisch Afrika. Tevens kunnen veengebieden in Maleisië en Indonesië worden gedraineerd voor oliepalmsavannes (Marelli et al., 2011). Bowyer (2011) berekende dat het hoger gebruik voor transport van eerste generatie biogebaseerde brandstoffen in de EU-lidstaten, als toepassing van de Europese richtlijn betreffende hernieuwbare energie, leidt tot 4,7 à 7,9 miljoen ha aan indirecte veranderingen in het landgebruik (voor de achtergrond van de berekening zie voetnoot bij 5.2.6). Voor België wordt, cumulatief tot 2020, 0,14 à 0,25 miljoen ha aan indirecte veranderingen in het landgebruik berekend.

Door de vraag naar biomassa kunnen er grote oppervlaktes land worden gekocht of geleased door voornamelijk bedrijven en staatsinstellingen ('land grabbing'). Een mogelijke drijfveer voor dergelijke landspeculatie is het produceren van biomassa voor energiedoeleinden (Borras & Franco, 2012). Als gevolg van de Europese richtlijn hernieuwbare energie, worden er meer dan 5 miljoen hectares land geclaimd door Europese bedrijven voor de productie van biogebaseerde brandstoffen, voornamelijk in Zuid-Amerika, Zuidoost Azië en Afrika (Miyake et al., 2012).

7.4. Limieten en voorwaarden voor het gebruik van energiegewassen

In deze paragraaf staan we stil bij de vraag of er, theoretisch gezien, limieten en voorwaarden kunnen worden bepaald, gekwantificeerd en geëvalueerd in de toekomst en welke criteria, data of onderzoeken daartoe zouden kunnen bijdragen.

Momenteel zijn er in de Europese richtlijn hernieuwbare energie duurzaamheidscriteria uitgewerkt voor vloeibare biogebaseerde brandstoffen en voor biogebaseerde brandstoffen ten behoeve van transport (zie paragraaf 4.1 onder 'sociopolitieke drivers'). Ook met betrekking tot vaste biogebaseerde brandstoffen is de uitwerking van duurzaamheidscriteria wenselijk. Aanbevelingen voor de ontwikkeling van duurzaamheidsregelingen voor vaste en gasvormige biogebaseerde brandstoffen bij de lidstaten zijn voorgesteld in een verslag van de Europese Commissie (Europese Commissie, 2010). De duurzaamheidscriteria in de Europese richtlijn hernieuwbare energie houden enkel rekening met directe veranderingen in het landgebruik. Aanvullende duurzaamheidscriteria zouden ook de emissies van broeikasgassen via indirecte veranderingen in landgebruik moeten behandelen en zouden bovendien aandacht moeten besteden aan de bredere implicaties als gevolg van een veranderend landgebruik, zoals het verlies van ecosysteemdiensten (Allen et al., 2013).

Vóór de (grootschalige) aanleg van gekweekte energiegewassen wordt best een gebiedsgerichte beoordeling gemaakt van de impact voor milieu, ecosysteemdiensten, huidige en potentiële natuurwaarden. Inzichten hierover kunnen vervolgens helpen voor een strategisch design en planning van energiegewassen in het landschap (Dauber et al., 2010). Zo kan de inrichting van korte-omloophout of bossen een bedreiging vormen voor soorten typisch voor open landbouwgebied (Rowe et al., 2009).

Verschillende studies geven aan dat minstens 20 % van de oppervlakte in een gebied dient te bestaan uit (half)natuurlijk habitats om negatieve effecten op populaties te voorkomen (Tscharrntke et al., 2011; Dauber et al., 2010; Brosi et al., 2008).

Het is wenselijk om het risico op invasiviteit van gekweekte energiegewassen te onderzoeken door het uitvoeren van een risicoanalyse (Raghu et al., 2006). Dergelijk onderzoek wordt best regiospecifiek verricht en bij verschillende abiotische condities (Dauber et al., 2010).

Er worden best voorwaarden aangegeven voor het bosbeheer om een voldoende hoeveelheid dood hout te behouden zodat negatieve impact op biodiversiteit wordt geminimaliseerd. Bovendien is er nood aan een kader dat definieert welke intensiteit van biomassa-oogst duurzaam kan zijn voor de bodemvruchtbaarheid van een bosbestand in functie van bodem, boomsoort en voorgeschiedenis (al dan niet oud bos, al dan niet bebossing op landbouwgrond).

Het aanwenden en beheer van N-meststoffen bij de productie van energiegewassen dient best zodanig te gebeuren dat het risico op N₂O-emissies wordt beperkt (Snyder et al., 2009; Melillo et al., 2009).

7.5. Vergroten van positieve impacts en beperking van negatieve impacts in de praktijk

7.5.1. Prioritering van het gebruik van biomassa

Het gebruik van biomassa gebeurt best volgens een hiërarchie waarbij toepassingen voor voeding prioritair zijn, gevolgd door biomassatoepassingen als grondstof of als materiaal en tenslotte de energetische valorisatie van biomassa. Deze basiscascade geeft het duurzame gebruik en verwerking van biomassa weer, rekening houdend met de draagkracht van het leefmilieu (Minaraad & SALV, 2013).

7.5.2. Energie-intensiteit & energieverbruik

Het is wenselijk om de energie-intensiteit van de economie en het energieverbruik per capita te verminderen. Hierdoor kan een ontkoppeling tussen indirecte drivers als demografische en economische groei en het energiegebruik worden gerealiseerd.

De omvorming van biomassa naar biogebaseerde brandstof wordt in het algemeen als minder energie-efficiënt beschouwd dan het gelijktijdig produceren van groene warmte en groene stroom uit biomassa (Fritsche et al., 2010).

7.5.3. Landinrichting

Het is wenselijk om land- of gebruiksconversies in gebieden met hoge ecologische waarden te beperken wegens de negatieve impact op biodiversiteit en milieu. De conversie van intensief uitgebate agrarische landschappen naar meerjarige energiegewassen kan mogelijk positief zijn voor biodiversiteit (EEA, 2013; Pedrolí et al., 2013).

Door de grote waterbehoefte van korte-omloophout en *Miscanthus* is een grootschalige productie van deze energiegewassen niet wenselijk in ecologisch kwetsbare natte gebieden, zoals rond (kleine) bovenlopen of stroomopwaarts moerasgebieden (Rowe et al., 2009).

Meerjarige energiegewassen of permanente graslanden kunnen in een lineair verband worden ingericht, bv. rondom akkers of langs waterlopen. Hierdoor kan de structuurdiversiteit van het landschap worden vergroot, kan erosiebescherming optreden en wordt de afspoeling van nutriënten naar waterlopen gereduceerd (EEA, 2007).

Het inrichten en onderhouden van kleine landschapselementen (bermen, perceelsranden, bufferzones naar bv. waterlopen, kopakkers, houtkanten, bomenrijen, grachten) ten behoeve van energiewinning in intensief uitgebate agrarische landschappen kan de biodiversiteit en ecologische processen ten goede komen en kan bijdragen aan verschillende ecosysteemdiensten (Dauber et al., 2010; Rowe et al., 2009).

Landoppervlakte kan een belangrijke limiterende factor vormen voor energetische valorisatie van biomassa. Land wordt aldus bij voorkeur multifunctioneel ingericht met, naast de producerende functie van biomassa, ook de mogelijkheid van de ondersteunende functie voor ecosystemen en de erkenning van de intrinsieke waarde (Allen et al., 2013; Dauber et al., 2010). Voorbeelden van multifunctionele inrichtingen zijn:

- agroforestry: het combineren van bomen met een landbouwteelt op eenzelfde landbouwperceel,
- het aanplanten van korte-omloophout in buitenlopen van kippen (www.arbornwe.eu),
- het aanwenden van niet-gebruikte bedrijven- of haventerreinen voor korte-omloophout (www.arbornwe.eu).

7.5.4. Gekweekte energiegewassen

Meerjarige energiegewassen vereisen een minder intensief landgebruik en hebben minder input aan gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen nodig in vergelijking met éénjarige energiegewassen zodat hun negatieve impact op milieu en biodiversiteit geringer is (EEA, 2007).

Om genetische contaminatie voor de inheemse vegetatie te beperken is het wenselijk om steriele klonen of vrouwelijke klonen van uitheemse soorten te gebruiken of om inheemse soorten en variëteiten aan te wenden als energiegewas (Dauber et al., 2010).

Positieve ecologische gevolgen kunnen voortvloeien uit een hoge structuurdiversiteit door verschillende soorten energiegewassen of verschillende variëteiten aan te wenden per veld of door een gedifferentieerd (in tijd en plaats) beheer in te stellen (Dauber et al., 2010; Pedrolí et al., 2013).

Het belang van energiegewassen als pollen- en nectarbron kan worden verhoogd door verschillende variëteiten van wilgen in korte-omloophout of door verschillende variëteiten van koolzaad aan te wenden zodat een en langere bloeiperiode ontstaat (Rowe et al., 2009).

7.5.5. Landbouwvoering

Het is wenselijk om bij de landbouwvoering de codes van goede landbouwpraktijk te volgen (Rowe et al., 2009).

Het is wenselijk om gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen zoveel mogelijk te beperken bij de productie van energiegewassen (Dauber et al., 2010; Rowe et al., 2009).

Periodes zonder vegetatiebedekking in een veld zijn te vermijden door verschillende gewassen te kweken gedurende het jaar ('double or multiple cropping'; EEA, 2007).

Het is wenselijk om de oppervlakte onbedekte grond zoveel mogelijk te beperken bij de teelt van energiegewassen. Een mogelijkheid is het toelaten en aanmoedigen van inheemse schaduw-

tolerante vegetatie bij korte-omloophout (Rowe et al., 2009; dit is de regel bij Vlaamse percelen met korte-omloophout) of het toelaten van onkruiden na voldoende vestiging van het gewas (Dauber et al., 2010).

7.5.6. Inputstromen

Het aanwenden van 'afvalstromen' zoals (berm)maaisel (Verbeke, 2012), organisch-biologisch afval van bedrijven, groenafval uit (moes)tuinen of bedrijfsterreinen of huishoudelijk groenten-fruit- en tuinafval (Gillabel et al., 2012) heeft het belangrijk voordeel dat milieu-impacts worden beperkt en dat er geen effecten optreden door (in)directe landconversies (EEA, 2013; de Vries et al., 2012; Minaraad & SALV, 2013). Belangrijk voordeel in dit verband is dat er in Vlaanderen een uitgebreide logistiek en ervaring is met het verzamelen van afvalstromen. Bovendien is er in België en Vlaanderen slechts een beperkte oppervlakte beschikbaar voor een grootschalige productie van energiegewassen (EEA, 2007).

Vlaanderen beschikt over ongeveer 30.000 ha bermen en graslanden die jaarlijks zo'n 100.000 ton (droge stof) bermgras kunnen opleveren (Tabel 5). Indien we enkel kijken naar de productie van elektrische energie kunnen we met de vergisting van grasmaaisel van bermen en natuurgebieden ongeveer 1 % van de elektriciteitsbehoefte van de Vlaamse gezinnen dekken. Als de warmte die hierbij vrijkomt ook nuttig toegepast wordt dan kan het rendement verhoogd worden (Verbeke, 2012). Toch wordt dit maaisel in vele gevallen zelfs niet afgevoerd; ongeveer 10 % wordt gebruikt voor compostering. Recent werd een eenjarig demonstratie- en disseminatieproject opgestart (project 'bermg(r)as') om de mogelijkheden van droge vergisting van grasmaaisel verder te onderzoeken (VILT, 2013). Ook het project 'GR3' promoot het gebruik van grasmaaisel als een substraat voor biogasproductie waarbij de beschikbaarheid van grasmaaisel wordt gekwantificeerd en waarbij de organisatorische aspecten doorheen de volledige keten worden onderzocht in vijf regio's België, Italië, Duitsland, Denemarken en Portugal (www.grassgreenresource.eu).

Rond het aanwenden van 'afvalstromen' loopt momenteel het project 'VISIONS' (<http://www.bbeu.org/nl/visions-0>). Doelstelling van het project is om organische nevenstromen te identificeren die gebruikt kunnen worden als grondstof voor biogebaseerde processen en om een geschikte valorisatiemethode te ontwikkelen. Zo wordt er een database ontwikkeld van organische nevenstromen in Vlaanderen.

7.5.7. Technologieën en processen

Het is wenselijk om processen en technologieën uit te bouwen die de nutriëntenkringloop sluiten. Zo is het mogelijk om residuen van vergistingsinstallaties (digestaat) aan te wenden als meststof bij de productie van gewassen nodig voor vergisting (Herrmann, 2013; EEA, 2007; Vandaele & Vandenbroek, 2012). Dit dient te worden bekeken in het kader van de beperkingen opgelegd door de mestwetgeving.

Een kleinschalige centralisatie van energieproductie (meest efficiënt via warmtekrachtkoppelingen) heeft heel wat voordelen op een individuele installatie, bv. op het vlak van logistiek (aanvoer van biomassa) of op het beperken van de emissies. Dergelijke technologie kan worden toegepast bij bijvoorbeeld de verwarming van woonwijken. De warmte wordt door een centrale kachel geproduceerd en via buizen naar de woningen in de wijk gebracht.

8. Kennislacunes

8.1. Kwantificering van de stromen

Cijfers over het aanbod, de vraag en het gebruik (zowel huidige toestand als trends) van de ESD 'productie van energiegewassen' in Vlaanderen zijn beperkt. Enkele datalacunes omvatten onder meer volgende zaken:

- Er zijn slechts beperkte data beschikbaar over de oppervlakten aan gekweekte energiegewassen (bv. koolzaad, graan of silomaïs) in Vlaanderen.
- Exacte hoeveelheden aan ingevoerde, uitgevoerde, zelf geproduceerde en geconsumeerde gekweekte energiegewassen zijn momenteel niet bekend (Devriendt et al., 2012).
- Er zijn geen totaaloverzichten over import- en exportstromen van hout. Er zijn geen totaalcijfers beschikbaar van de effectief verhandelde hoeveelheid hout in Vlaanderen. Tevens zijn er slechts beperkte inschattingen over houtvolumes aangewend als energiehout voor huishoudens, industrie, landbouw en de tertiaire sector.
- Biomassastromen die vrij komen bij terreinbeheer worden niet altijd gedocumenteerd. Bv. de hoeveelheid hakhout afgezet door AWV/W&Z wordt niet geregistreerd.
- Ook de overige organisch-biologische reststromen kunnen nauwkeuriger worden gekwantificeerd.
- De hierboven opgesomde gegevensbeperkingen hebben ook tot gevolg dat de welzijns- en welvaartseffecten van (veranderingen in) deze ecosysteemdienst slechts in beperkte mate kunnen worden ingeschat.

8.2. Koolstofschuld

Zoals reeds aangegeven in dit rapport genereert het aanwenden van biomassa voor energetische valorisatie een koolstofschuld doordat CO₂ in korte tijd vrijkomt terwijl de productie van biomassa een tijd nodig heeft voor het vastleggen van de koolstof via fotosynthese. Verder onderzoek is wenselijk over de koolstofschuld bij het aanwenden van bepaalde biogebaseerde brandstoffen, bv. op basis van lignocellulose-houdende biomassa. Ook is weinig gekend rond de gegenereerde koolstofschuld wanneer marginale of gedegradeerde (landbouw)gebieden, waar koolstofvastlegging in min of meerder mate gebeurde via natuurlijke successie, in cultuur worden genomen voor biomassa-productie.

8.3. Indirecte veranderingen in het landgebruik

De effecten door indirecte veranderingen in het landgebruik via de inname van landoppervlakte voor biomassaproductie zijn momenteel nog niet voldoende gekend en in kaart gebracht (Gamborg et al., 2012; EEA, 2013). Naast gevolgen voor milieu (o.a. emissies van broeikasgassen) en biodiversiteit kunnen er effecten optreden op voedselprijzen en op andere welvaarts- en welzijnscomponenten. Gezien de grensoverschrijdende problematiek is het wenselijk om deze indirecte effecten na te gaan op een mondiale schaal, onder meer in functie van internationale handelsstromen.

8.4. Biodiversiteit

Het inschatten van de impact die het gebruik van biomassa voor energiedoelen heeft op de biodiversiteit is momenteel moeilijk door de kennislacunes inzake koolstofschuld, de veranderingen in het landgebruik en de mate aan inname van landoppervlakte. Bovendien is nog niet duidelijk welke gewassen zullen worden aangewend voor energieproductie.

8.5. Van wieg tot graf

De benadering gevolgd in paragraaf 5.2 beschrijft vooral de gevolgen voor milieu en biodiversiteit bij de productie van biomassa. Naast deze productie dient echter ook rekening te worden gehouden

met de conversie tot biogebaseerde brandstoffen en het gebruik ervan. De conversie en het gebruik kan (1) energie, water en/of chemische stoffen vereisen of kan (2) water- en/of luchtmissies (o.a. CO₂) en/of afvalstoffen genereren (Abbasi & Abbasi, 2010; Pimentel et al., 2009). De totale effecten naar milieu en biodiversiteit en de energie-efficiëntie dienen dan ook te worden nagegaan voor de volledige keten van productie, conversie en gebruik.

Bepaalde gekweekte energiegewassen die op het eerste gezicht een beperkte druk op milieu of biodiversiteit uitoefenen, zoals bv. meerjarige energiegewassen, kunnen een beperkte energetische opbrengst herbergen. Het gevolg is dat er aanzienlijke oppervlakten vereist zijn waardoor de druk voor milieu en biodiversiteit alsnog aanzienlijk wordt (EEA, 2007). Door het uitvoeren van dergelijke analyses kan de focus worden gelegd op de meest energie-efficiënte technologieën en processen (EEA, 2013). Tevens kan een hogere energie-efficiëntie optreden wanneer biogebaseerde brandstoffen worden omgezet naar zowel elektriciteit als warmte (warmtekrachtkoppeling), in vergelijking met bv. de biogebaseerde brandstof enkel aan te wenden voor transport (Fritsche et al., 2010).

Een mogelijke methode voor het nagaan van effecten bij productie, conversie en gebruik van biogebaseerde brandstoffen is het uitvoeren van levenscyclusanalyses. Dergelijke analyses brengen effecten tijdens de hele levenscyclus in kaart, dat wil zeggen gaande van grondstoffen, productie, transport en conversie tot gebruik en afvalverwerking (Buytaert et al., 2011).

Lectoren

Christophe Boogaerts, Vlaco vzw

Johan Brouwers, VMM, Dienst Milieuraapportering

Ruben Gybels, Bart Van der Aa, ANB

Koenraad Holmstock, Departement L&V, afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling

Frederik Lerouge, KU Leuven, Steunpunt Ruimte

Linda Meiresonne, Lieve Vriens, INBO

Kris Rongé, Departement LNE, afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid

Sara Van Dyck, BBL

Koenraad Van Meerbeek, KU Leuven, afdeling Bos, Natuur en Landschap

Pieter Vangansbeke, UGent, vakgroep Bos- en Waterbeheer

Willy Verbeke, INVERDE

Pieter Verdonckt, Inagro vzw

Bart Vleeschouwers, Boerenbond

Referenties

- Abbasi T. & Abbasi S.A. (2010). Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 919–937.
- Aernouts K., Jespers K. & Dams Y. (2013a). Energiebalans Vlaanderen 2011. Eindrapport VITO, 2013/TEM/R79, 175 p.
- Aernouts K., Jespers K. & Dams Y. (2013b). Energiebalans Vlaanderen 2012 (beknopt). Eindrapport VITO, 2013/TEM/R80, 74 p.
- ALBON. (2001). Gebruikershandleiding Bodemgeschiktheidskaarten Vlaanderen. Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen (ALBON), 58 p.
- Allen B.R., Keegan D. & Elbersen B. (2013). Biomass and bioenergy in the wider land-use context of the European Union. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 7: 207–216.
- Al-Mufti M.M., Sydes C.L., Furness S.B., Grime J.P. & Band S.R. (1977). A Quantitative Analysis of Shoot Phenology and Dominance in Herbaceous Vegetation. *The Journal of Ecology* 65: 759–791.
- Andries A., Loncke P. & Braekevelt A. (2010). Inventarisatie biomassa 2007–2008 (deel 2009) met potentieel 2020. OVAM, 176 p.
- Auestad I., Rydgren K. & Austad I. (2011). Road verges: potential refuges for declining grassland species despite remnant vegetation dynamics. *Annales Botanici Fennici* 48: 289–303.
- Bakker J.P. (1989). Nature management by grazing and cutting: on the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 400 p.
- Beltman J.B., Hendriks C., Tumb M. & Schaap M. (2013). The impact of large scale biomass production on ozone air pollution in Europe. *Atmospheric Environment* 71: 352–363.
- Bernaerts E., Demuyne E., Lenders S., Maertens E., Van Buggenhout E. & Vuylsteke A. (2012a). Landbouw in Vlaanderen. In: Platteau J., Van Gijsegem D., Van Bogaert T. & Maertens E. (reds.) Landbouwrapport 2012, Departement Landbouw en Visserij, Brussel, 423 p.
- Bernaerts E., Demuyne E., Lenders S., Maertens E., Raes W., Van Buggenhout E. & Vuylsteke A. (2012b). Akkerbouw. In: Platteau J., Van Gijsegem D., Van Bogaert T. & Maertens E. (reds.) Landbouwrapport 2012, Departement Landbouw en Visserij, Brussel, 423 p.
- Bervoets K. (2008). Nieuwe perspectieven voor beheerresten. Rapport Natuur.beheer.
- Borras S.M. Jr. & Franco J.C. (2012). Global Land Grabbing and Trajectories of Agrarian Change: A Preliminary Analysis. *Journal of Agrarian Change* 12: 34–59.
- Bowyer C. (2011). Anticipated Indirect Land Use Change Associated with Expanded Use of Biofuels and Bioliquids in the EU – An Analysis of the National Renewable Energy Action Plans. Report prepared by the Institute for European Environmental Policy (IEEP) for Transport and Environment and partners, 24 p.
- Braekevelt A. & Schelfhout K. (2013). Inventaris biomassa 2011–2012. OVAM, 95 p.
- Brosi, B.J., Armsworth P.R. & Daily G.C. (2008). Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. *Conservation Letters* 1: 27–36.
- Buggenhout M. (2011). Belang van korte omloophoutplantages voor de biodiversiteit in het buitengebied. Masterproef voorgedragen tot het behalen van de graad van Master in de bio-ingenieurswetenschappen. Universiteit Gent.
- Buytaert V., Muys B., Devriendt N., Pelkmans L., Kretschmar J.G. & Samson R. (2011). Towards integrated sustainability assessment for energetic use of biomass: A state of the art evaluation of assessment tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 3918–3933.
- Cadotte M.W., Cavender-Bares J., Tilman D., Oakley T.H. (2009). Using phylogenetic, functional and trait diversity to understand patterns of plant community productivity. *PloS ONE* 4(5). 9 pp.

Crutzen P.J., Mosier A.R., Smith K.A., Winiwarter W. (2008). N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8: 389–395.

D'Haese N., Nelen D., Manshoven S., Vanderreydt I., Devriendt N. & Uyttebroek M. (2013). Verkennde studie naar de inzetbaarheid van biomassa en biomassa-reststromen in bioraffinageketens in Vlaanderen. Studie in opdracht van OVAM uitgevoerd door VITO, 192 p.

Dams Y., Aernouts K., Jespers K. & Renders N. (2013). Methodologie Energiebalans residentiële sector met focus op het houtverbruik - Extractie voor INBO, studie uitgevoerd in kader van referentietask, VITO-rapport 2013/TEM/R/90.

Dauber J., Jones M.B., Stout J.C. (2010). The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity. *Global Change Biology Bioenergy* 2: 289–309.

De Geest V., De Mey J., Vanacker K. & Meers E. (2013). Voortgangsrapport 2013. Anaerobe vergisting in Vlaanderen. Biogas-E, 45 p.

de Jong J.J., Spijker J.H., Wolf R.J.A.M., Koster A. & Schaafsma A.H. (2001). Beheerskosten en natuurwaarden van groenvoorzieningen langs rijkswegen. Een vergelijking tussen traditioneel beheer en ecologisch beheer van grazige bermen, boomweiden en berm sloten. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, Rapport W-DWW-2001-074, 28 p.

de Jong J.J. (2011). Effecten van oogst van takhout op de voedingstoestand en bijgroei van bos: een literatuurstudie. Alterra-rapport 2202, 50 p.

De Vries J.W., Vinken T.M.W.J., Hamelin L., De Boer I.J.M. (2012). Comparing environmental consequences of anaerobic mono- and co-digestion of pig manure to produce bio-energy--a life cycle perspective. *Bioresource Technology* 125: 239–248.

Delief A. & De Vocht A. (2012). Eindrapport Graskracht. Werkpakket 2: Inventarisatie. PHL Bio-Research, 46 p.

Demolder L., De Mey J., Rousseau D. & Meers E. (2012). Voortgangsrapport 2012. Anaerobe vergisting in Vlaanderen. Biogas-E, 33 p.

Departement Landbouw en Visserij. (2013). Schriftelijke mededeling van Dirk Van Gijsegem & Luc Somers, afdeling Monitoring & Studies, Departement L&V op 17 oktober 2013 naar aanleiding van een vraag over de beschikbaarheid van kostprijs- en opbrengstgegevens op teeltniveau van een aantal energiegewassen.

Devriendt, N., Gorissen, L., Vanbroekhoven, K., Pieper, H., Roels S., Pieret, N., Hauzeur, E. (2012). Studie ter kwantificering van de biomassa-stromen geproduceerd en geïmporteerd in het territorium van het Belgische koninkrijk met het oog op de productie van energie en van industriële producten. Uitgevoerd door VITO in opdracht van Federale overheidsdienst (FOD) Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Dochy O. (2011). Advies betreffende de impact van kortoomloop hout op de biodiversiteit op drie locaties in het buitengebied van West-Vlaanderen. Advies van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.A.2011.133.

Don A., Osborne B., Hastings A., Skiba U., Carter M.S., Drewer J., Flessa H., Freibauer A., Hyvonen N., Jones M.B., Mander U., Monti A., Njaku Djomo S., Valentine J., Walter K., Zegada Lizarazu W. & Zenone T. (2011). Land use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. *Global Change Biology Bioenergy* 4: 372–391.

Dumortier M., De Bruyn L., Wils C., Paelinckx D. & Brys R. (2005). #10 Historisch permanent grasland. In: Dumortier M., De Bruyn L., Hens M., Peymen J., Schneiders A., Van Daele T., Van Reeth W., Weyembergh G. & Kuijken E. *Natuurrapport 2005. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid*. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 24, Brussel.

EEA. (2006). How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? European Environment Agency, Technical report No 7/2006, 67 pp.

EEA. (2007). Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture. European Environment Agency, Technical report No 12/2007, 134 p.

EEA. (2010). The European environment. State and outlook 2010: land use. European Environment Agency, 48 pp.

EEA. (2013). EU bioenergy potential from a resource-efficiency perspective. European Environment Agency, Technical report No 6/2013, 61 p.

Energieoverleggroep (2012). Voortgangrapport van België. Nationale Compilatie 24/04/2012.

ENOVER. (2010). België: Nationaal actieplan voor hernieuwbare energie. Opgesteld door de Energie Overleggroep Staat-Gewesten.

EurObserv'ER. (2012). The State of Renewable Energies in Europe. 12th EurObserv'ER Report, 241 pp.

Europese Commissie. (2010). Verslag van de Commissie aan de Raad en het Europees Parlement betreffende de duurzaamheidseisen voor het gebruik van vaste en gasvormige biomassa bij elektriciteitsproductie, verwarming en koeling. EC-COM(2010)11, 21 p.

Europese Commissie. (2012a). Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions, EC-COM(2012)60, 9 p.

Europese Commissie. (2012b). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, EC-COM(2012)595, 23 p.

Europese Commissie. (2013). Groene Infrastructuur (GI) — Versterking van Europa's natuurlijke kapitaal. Mededeling van de commissie aan het Europees parlement, de raad, het Europees economisch en sociaal comité en het comité van de regio's, EC-COM(2013)249, 13 p.

Europese raad. (2007). Conclusies van het voorzitterschap - Brussel, 8/9 maart 2007. 7224/1/07.

Europese Unie. (2009a). Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van Richtlijn 2001/77/EG en Richtlijn 2003/30/EG. Publicatieblad van de Europese Unie L 140/16.

Europese Unie. (2009b). Richtlijn 2009/30/EG van het Europees parlement en de Raad van 23 april 2009 tot wijziging van Richtlijn 98/70/EG met betrekking tot de specificatie van benzine, dieselbrandstof en gasolie en tot invoering van een mechanisme om de emissies van broeikasgassen te monitoren en te verminderen, tot wijziging van Richtlijn 1999/32/EG van de Raad met betrekking tot de specificatie van door binnenschepen gebruikte brandstoffen en tot intrekking van Richtlijn 93/12/EEG. Publicatieblad van de Europese Unie L 140/88.

Europese Unie. (2010). Richtlijn 2010/31/EU van het Europees Parlement en de Raad van 19 mei 2010 betreffende de energieprestatie van gebouwen. Publicatieblad van de Europese Unie L 153/13.

Europese Unie. (2012). Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 oktober 2012 betreffende energie-efficiëntie, tot wijziging van Richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en houdende intrekking van de Richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG. Publicatieblad van de Europese Unie L 315/1.

Fargione J., Hill J., Tilman D. Polasky S. & Hawthorne P. (2008). Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. Science 319: 1235-1238.

Fearnside P.M. (2008). The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia. Ecology and Society 13: 23.

Fernando S., Adhikari S., Chandrapal C. & Murali N. (2006). Biorefineries: Current Status, Challenges, and Future Direction. Energy & Fuels 20: 1727-1737.

Flynn D.F.B., Mirotnick N., Jain M., Palmer M.I., Naeem S. (2011). Functional and phylogenetic diversity as predictors of biodiversity – ecosystem function relationships. Ecology 92(8): 1573-1581.

Framstad E. (ed.) (2009). Increased biomass harvesting for bioenergy – effects on biodiversity, landscape amenities and cultural heritage values. Nordic Council of Ministers, TemaNord 2009:591, 161 pp.

Fritsche U.R., Sims R.E.H. & Monti A. (2010). Direct and indirect land-use competition issues for energy crops and their sustainable production – an overview. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 4: 692-704.

GAIN. (2013). EU Biofuels Annual 2013. USDA Foreign Agricultural Service's, Global Agricultural Information Network, Den Haag, NL3034.

Gamborg C., Millar K., Shortall O. & Sandøe P. (2012). Bioenergy and Land Use: Framing the Ethical Debate. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 25: 909-925.

Geertsma, B. (2013). Bedreigde bossen in onze benzinetank. *Natuur.Blad sept/okt/nov 2013*: 20-22

Gerbens-Leenesa W., Hoekstra A.Y. & van der Meer T.H. (2009). The water footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 10219-10223.

Gillabel J., De Mey J., Derveaux K., Van Dyck S., Vanacker K., Belis F., Claes P., Somers K. (2012). Onderzoek naar de Ecologische, Maatschappelijke en Economische Haalbaarheid van Bio-energieregio's in Vlaanderen. *Eindrapport Biomassa*, 91 p.

Govaere L. & Vandekerckhove K. (2006). Afwegingskader voor de creatie van open plekken en de uitvoering van kleinschalige ontbossingen in functie van natuurontwikkeling. Een leidraad aan de hand van een wetenschappelijk becommentarieerde checklist. *Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2006.26*.

Gybels R., Wouters R., Schuurmans B. & Verbeke W. (2012). Houtige biomassa voor energie in Limburg. *Eindrapport van het MIP2-project "Limburgs groen voor een groene economie"*.

Haines-Young R., Potschin M. (2008). England's Terrestrial Ecosystem Services and the Rationale for an Ecosystem Approach. Full technical report CEM, School of Geography, University of Nottingham. Defra Project Code NR0107, 89 p.

Haines-Young R., Potschin M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. Report to the European Environment Agency. Centre for Environmental Management, University of Nottingham. EEA Framework Contract number EEA/IEA/09/003, 34 p.

Herrmann A. (2013). Biogas Production from Maize: Current State, Challenges and Prospects. 2. Agronomic and Environmental Aspects. *BioEnergy Research* 6: 372-387.

Hejcman M., Klaudisová M., Schellberg J. & Honsová D. (2007). The rengen grassland experiment: plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 259-266.

Hejcman M., Schellberg J. & Pavlu V. (2010). Long-term effects of cutting frequency and liming on soil chemical properties, biomass production and plant species composition of *Lolio-Cynosuretum* grassland after the cessation of fertilizer application. *Applied Vegetation Science* 13: 257-269.

Holzschuh A., Dormann C. F., Tschamtk T. & Steffan-Dewenter I. (2013). Mass-flowering crops enhance wild bee abundance. *Oecologia* 172: 477-484.

Huhta A., Rautio P., Tuomi J. & Laine K. (2001). Restorative mowing on an abandoned semi-natural meadow : short-term and predicted long-term effects. *Journal of vegetation science* 12: 677-686.

Hutsebaut E., Ochelen S., Cerulus T., Putzeijs B. (2007). Milieubaten of milieuschadetekosten – waarderingsstudies in Vlaanderen. Departement Leefmilieu, Natuur en Energie. Brussel

Jagers op Akkerhuis G.A.J.M., Moraal L.G., Veerkamp M.T., Bijlsma R.J., Vorst O.F.J. & van Dort K. (2007). De rol van doodhoutspots voor de biodiversiteit van het bos : veldonderzoek naar de rol van doodhoutspots bij de vestiging van zeldzame insecten, paddenstoelen en mossen. *Alterra-rapport 1435*, Wageningen.

Jespers K., Aernouts K., Dams Y. (2012). Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2011. Deel I: hernieuwbare energie. *Eindrapport Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV (VITO), 2012/TEM/R/157*.

Jespers K., Aernouts K., Dams Y. (2013). Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2012. Deel I: hernieuwbare energie. *Eindrapport Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV (VITO), 2013/TEM/R/82*.

Kleijn D., Snoeijs G.I.J. (1997). Field boundary vegetation and the effects of agrochemical drift: botanical change caused by low levels of herbicide and fertilizer. *Journal of Applied Ecology* 34: 1413-1425.

- Klein, A.-M., Vaissière B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., & Tscharntke T.. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 303-313.
- Kuiper L. & de Lint S. (2008). Binnenlands biomassapotentieel. Biomassa uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en houtketen. Uitgewerkt door Ecofys Nederland B.V., in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en het Boschap, 19p.
- Laborde D. (2011). Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. Study carried out by the International Food Policy Institute (IFPRI) for the Directorate General for Trade of the European Commission, 111 p.
- Lenders S., D'Hooghe J., Coulier T. (2010). Milieudruk vanuit de landbouw. Op basis van gegevens van het landbouwmonitoringsnetwerk 2005-2008. Afdeling Monitoring & Studie, Departement Landbouw & Visserij, Brussel.
- Liekens I., Staes J., Schaafsma M., De Nocker L., Brouwer R. & Meire P. (2009). Economische waarderingsstudie van ecosysteemdiensten voor MKBA. Studie uitgevoerd door VITO in opdracht van het departement LNE, afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid. 2009/RMA/R308, 189 p.
- Liekens I., Van der Biest K., Staes J., De Nocker L., Aertsens J. & Broekx S. (2013). Waardering van ecosysteemdiensten: een handleiding. Studie uitgevoerd door VITO in opdracht van LNE, afdeling milieu-, natuur- en energiebeleid, 2013/RMA/R/46, 147 p.
- Liu D., Wu X., Chang J., Gu B., Min Y., Ge Y., Shi Y., Xue H., Peng C. & Wu J. (2012). Constructed wetlands as biofuel production systems. *Nature Climate Change* 2: 190-194.
- LNE. (2009). Organische stof: sleutel tot bodemvruchtbaarheid. Vlaamse overheid. Departement Leefmilieu, Natuur en Energie. Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen.
- Marelli L., Ramos F., Hiederer R. & Koeble R. (2011). Estimate of GHG emissions from global land use change scenarios. Technical note of European Commission Joint Research Centre, Institute for Energy, EUR 24817 EN, 37 p.
- McKechnie J., Colombo S., Chen J., Mabee W. & Maclean H. (2011). Forest Bioenergy or Forest Carbon? Assessing Trade-Offs in Greenhouse Gas Mitigation with Wood-Based Fuels. *Environmental Science & Technology* 45: 789-795.
- McKendry P. (2002a). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83: 37-46.
- McKendry P. (2002b). Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology* 83: 47-54.
- Melillo J.M., Reilly J.M., Kicklighter D.W., Gurgel A.C., Cronin T.W., Paltsev S., Felzer B.S., Wang X., Sokolov A.P., Schlosser C.A. (2009). Indirect Emissions from Biofuels: How Important? *Science* 326: 1397-1399.
- Minaraad & SALV. (2013). Duurzaam gebruik van biomassa in een bio-economie. Gezamenlijk advies van Milieu- en Natuurraad van Vlaanderen en Strategische Adviesraad voor Landbouw en Visserij, 2013/15, 76 p.
- MIRA. (2011a) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument Energie 2010, Brouwers J., Couder J., Verbruggen A., Devriendt N., Aernouts K., Nijs W., Guisson R., Cornelis E., Pelkmans L., Vangeel S., Moorkens I. en Vanmarcke H., Vlaamse Milieumaatschappij, www.milieurapport.be.
- MIRA. (2011b) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2010, Sector Huishoudens. Maene S., Vlaamse Milieumaatschappij, www.milieurapport.be.
- Miyake S., Renouf M., Peterson A., McAlpine C. & Smith C. (2012). Land-use and environmental pressures resulting from current and future bioenergy crop expansion: A review. *Journal of Rural Studies* 28: 650-658.
- Naik S.N., Goud V.V., Rout P.K., Dalai A.K. (2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 578-597.
- Nigam P.S., Singh A. (2011). Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion. Science* 37: 52-68.

- Noordijk J., Delille K., Schaffers A.P., Sykora K.V. (2009). Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges. *Biological Conservation* 142: 2097–2103.
- Oomes M.J.M. (1990). Changes in dry matter and nutrient yields during the restoration of species-rich grasslands. *Journal of Vegetation Science* 1:333–338.
- Oomes, M.J.M. (1992). Yield and species density of grasslands during restoration management. *Journal of Vegetation Science* 3: 271–274.
- Paelinckx D., Sannen K., Goethals V., Louette G., Rutten J. & Hoffmann M. (2009). Gewestelijke doelstellingen voor de habitats en soorten van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn voor Vlaanderen. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2009.6.
- Parr T.W. & Way J.M. (1988). Management of roadside vegetation: the long term effects of cutting. *Journal of Applied Ecology* 25: 1073–1087.
- Pearman, G.I. (2013). Limits to the potential of bio-fuels and bio-sequestration of carbon. *Energy Policy* 59: 523–535.
- Pedroli B., Elbersen B., Frederiksen P., Grandin U., Heikkilä R., Krogh P.H., Izakovičová Z., Johansen A., Meiresonne L. & Spijker J. (2013). Is energy cropping in Europe compatible with biodiversity? Opportunities and threats to biodiversity from land-based production of biomass for bioenergy purposes. *Biomass and bioenergy* 55: 73–86.
- Pelkmans L., Dobbelaere S. & Borgo E. (2009). Situatieschets biobrandstoffen. Studie uitgevoerd door VITO, UGent en BBL in opdracht van het Instituut Samenleving & Technologie (IST), 225 p.
- Pimentel D., Marklein A., Toth M.A., Karpoff M.N., Paul G.S., McCormack R., Kyriazis J. & Krueger T. (2009). Food Versus Biofuels: Environmental and Economic Costs. *Human Ecology* 37: 1–12.
- Post W.M., Kwon K.C. (2000). Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and Potential. *Global Change Biology* 6: 317–328
- Prochnow A., Heiermann M., Plöchl M., Linke B., Idler C., Amon B. & Hobbs P.J. (2009). Bioenergy from permanent grassland – A review: 1. Biogas. *Bioresource Technology* 100: 4931–4944.
- Pronk A., Ogink N., Holterman H.J., Hofschreuder P. & Vermeij I. (2013). Effecten van groenelementen op de luchtkwaliteit. Wageningen UR, Plant Research International, Business Unit Agrosysteemkunde, rapport 493.
- Raghu S., Anderson R.C., Daehler C.C., Davis A.S., Wiedenmann R.N., Simberloff D. & Mack R.N. (2006). Adding Biofuels to the Invasive Species Fire? *Science* 313: 1742.
- Reichenberger S., Bach M., Skitschak A. & Frede H.G. (2007). Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness: a review. *Science of the Total Environment* 384: 1–35.
- Reid W.V., Mooney H.A., Cropper A., Capistrano D., Carpenter S.R., Chopra K., Dasgupta P., Dietz T., Duraipah A.K., Hassan R., Kasperson R., Leemans R., May R.M., McMichael T.A.J., Pingali P., Samper C., Scholes R., Watson R.T., Zakri A.H., Shidong Z., Ash N.J., Bennett E., Kumar P., Lee M.J., Raudsepp-Hearne C., Simons H., Thonell J., & Zurek M.B. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. World Resources Institute, Island Press, Washington DC, 137 p.
- Renders N., Duerinck J., Altdorfer F. & Baillot Y. (2011). Potentiële emissiereducties van de verwarmingssector tegen 2030. Studie uitgevoerd door VITO en ECONOTEC in opdracht van FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en Leefmilieu, 2011/TEM/R/8, 218 p.
- Renders N., Jaspers K., Van Esch L., Wevers M., De Weerd Y., Gijsbers M. & Van den Hende M. (2012). Verwarming op hout bij Vlaamse huishoudens. *Milieutechnologie* 5: 3–6.
- Rowe R.L., Street N.R. & Taylor G. (2009). Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 271–290.
- Schaffers A.P., Vesseur M.C. & Sykora K.V. (1998). Effects of delayed hay removal on the nutrient balance of roadside plant communities. *Journal of Applied Ecology* 35: 349–364.
- Searchinger T., Heimlich R., Houghton R.A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D. & Yu T.-H. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science* 319: 1238–1240.

- Snyder C.S., Bruulsema T.W., Jensen T.L. & Fixen P.E. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 247–266.
- Steierer F. (2010). Energy use. pp 43–55. In: Mantau U. et al. EUwood - Real potential for changes in growth and use of EU forests. Final report. Hamburg/Germany, 160 p.
- Sykora K.V., De Nijs L.J. & T.A.H. M. Pelsma. (1993). Plantengemeenschappen van Nederlandse wegbermen. Stichting Uitgeverij van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, 280 p.
- Tilman D., Hill J. & Lehman C. (2006). Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass. *Science* 314: 1598–1600.
- Tilman D., Reich P.B., Knops J., Wedin D.A. & Mielke T. (2001). Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. *Science* 294: 843–845.
- Tscharntke T., Batárya P., Dormann C.B. (2011). Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 143: 37–44.
- Tolkamp G.W., van den Berg C.A., Nabuurs G.J.M.M. & Olsthoorn A.F.M. (2006). Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen. Alterra-rapport 1380.
- Van Der Welle J. & Declerck K. (2001). Bufferzones: natuurlijke oeverzones en bufferstroken voor herstel van onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud 2001.07, 147 p.
- Van Meerbeek K., Van Beek J., Bellings L., Aertsen W., Muys B. & Hermy M. (in review). Quantification and prediction of biomass yield of temperate Low-Input High-Diversity ecosystems.
- Van Noorden R. (2013). EU debates U-turn on biofuels policy. *Nature* 499: 13–14.
- Vandaele E. & Vandenbroek K. (2012). Eindrapport Graskracht. Werkpakket 4: Ecologische en economische voordelen digestaat. Vlaamse compostorganisatie vzw (VLACO), 16 p.
- Vande Walle I., Van Camp N., Perrinc D., Lemeur R., Verheyen K., Van Wesemael B. & Laitat E. (2005). Growing stock-based assessment of the carbon stock in the Belgian forest biomass. *Annals of Forest Science* 62: 853–864.
- Vandekerckhove K., De Keersmaeker L., Walley R., Köhler F. & Crevecoeur L. (2011a). Meer zwaar dood hout en oude bomen in de Vlaamse bossen. Nieuwe kansen voor gespecialiseerde biodiversiteit? *Natuur.focus* 10(4): 155–160.
- Vandekerckhove K., De Keersmaeker L. & Van der Aa B. (2011b). Advies betreffende de ecologische effecten van een bijkomende oogst van exploitatieresten (kroonhout, stobben) bij bosexploitatie. Advies van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.A.2011.69.
- VEA. (2013). Rapport 2013/2. Deel 1: definitief rapport OT/Bf voor projecten met een startdatum vanaf 1 januari 2014. Vlaams Energieagentschap, 159 p.
- Verbeke W. (red.) (2012). Graskracht, eindrapport. Inverde, 62 p.
- VILT. (2013). Bermgras onderzoekt bermgras als vergistingsmateriaal. Nieuwsoverzicht woensdag 10 juli. Vlaams Infocentrum Land- en Tuinbouw. [http://www.vilt.be/Bermgras onderzoekt bermgras als vergistingsmateriaal](http://www.vilt.be/Bermgras%20onderzoekt%20bermgras%20als%20vergistingsmateriaal)
- VILT. (2014). Houtindustrie vervloekt het opstoken van hun grondstof. Nieuwsbrief Vlaams Infocentrum voor Land- en Tuinbouw, 21 februari 2014. [http://www.vilt.be/Houtindustrie vervloekt het opstoken van hun grondstof](http://www.vilt.be/Houtindustrie%20vervloekt%20het%20opstoken%20van%20hun%20grondstof)
- VRIND. (2013). Vlaamse Regionale Indicatoren. Uitgave van de studiedienst van de Vlaamse Regering, depotnummer: D/2013/3241/222, 469 p.
- WWF International & Aebiom. (2004). Biopowerswitch! A Biomass Blueprint to meet 15 % of OECD electricity demand by 2020.
- Zona D., Janssens I.A., Aubinet M., Gioli B., Vicca S., Fichot R. & Ceulemans R. (2013). Fluxes of the greenhouse gases (CO₂, CH₄ and N₂O) above a short-rotation poplar plantation after conversion from agricultural land. *Agricultural and Forest Meteorology* 169: 100–110.

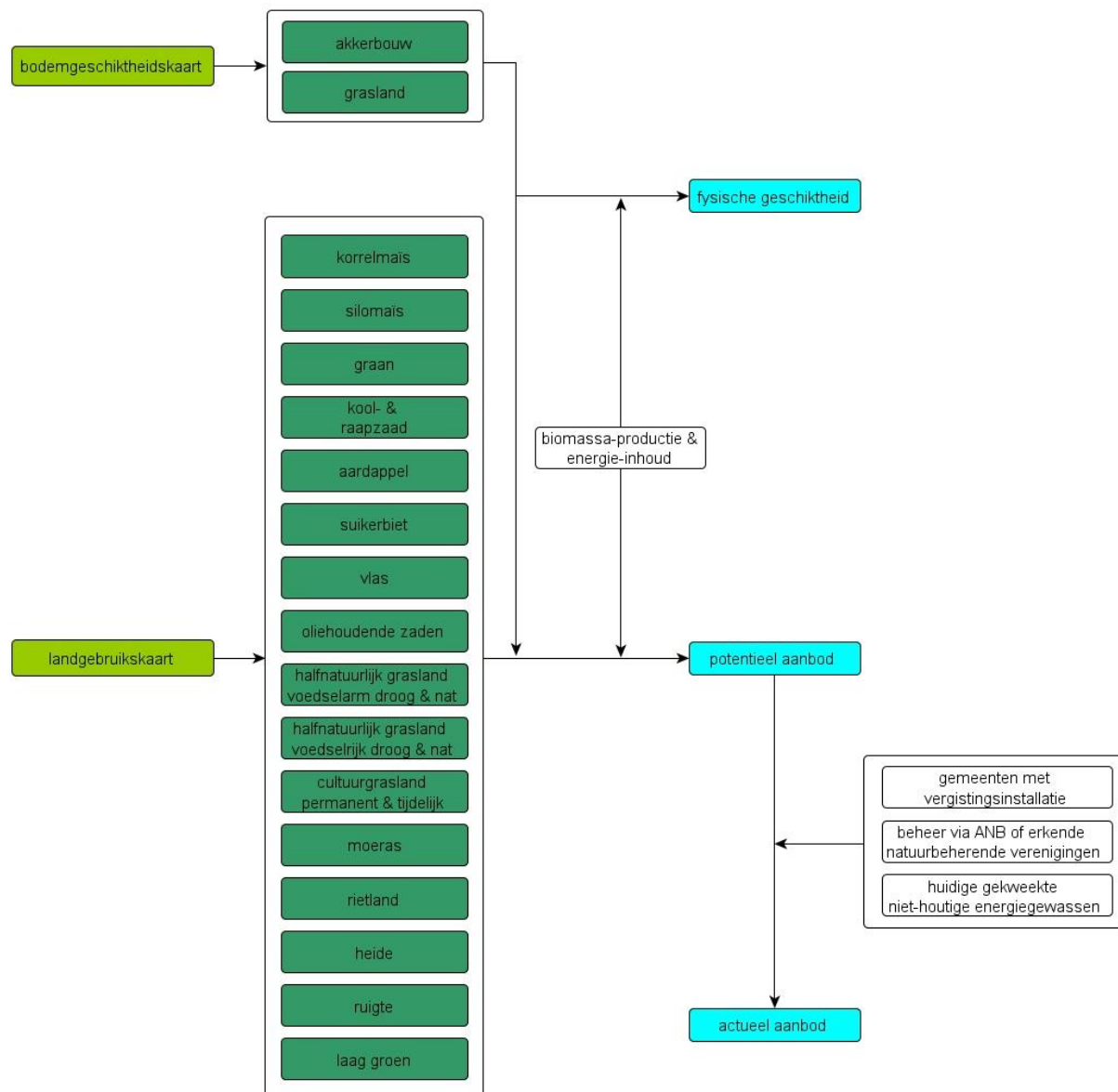
Zwaenepoel A. (2000). Veldgids Ontwikkeling van botanisch waardevol grasland in West-Vlaanderen. Opgemaakt door de West-Vlaamse Intercommunale (WVI) en Leiedal in opdracht van de Provincie West-Vlaanderen, 99 p.

Zwaenepoel A, T'Jollyn F., Vandenbussche V. & Hoffmann M. (2002). Systematiek van natuurtypen voor het biotoop grasland. Uitgevoerd door het Instituut voor Natuurbehoud (IN), Universiteit Gent (RUG) en de West-Vlaamse Intercommunale voor Economische Expansie, Huisvestingsbeleid en Technische Bijstand (WVI). In opdracht van AMINAL afdeling Natuur, 532 p.

Bijlage 1 Karteringsprocedures

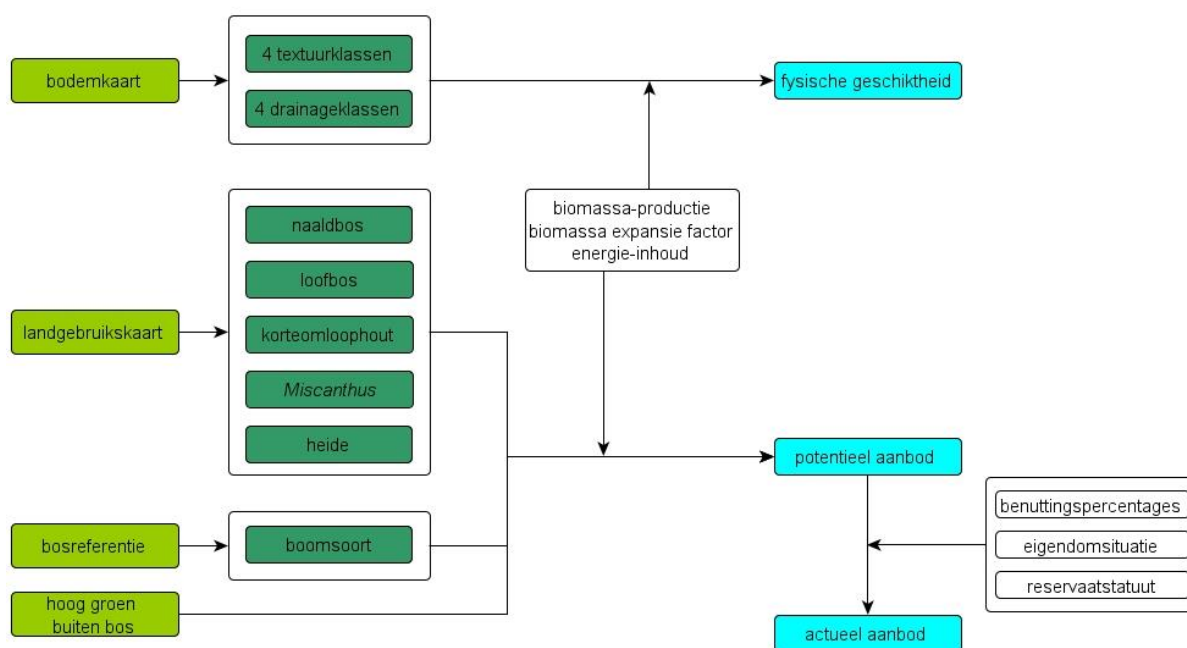
1. Schematische weergave kartering

niet-houtige stromen



Figuur 1. Schematische weergave van de kartering van de niet-houtige stromen.

houtige stromen



Figuur 2. Schematische weergave van de kartering van de houtige stromen.

2. Aannames en werkwijze kartering

Bij het karteren worden alle bebouwde oppervlaktes uitgesloten.

Fysische geschiktheid

Niet-houtige stromen

De aannames bij de kartering van de fysische geschiktheid van *niet-houtige stromen* zijn:

- een energiewaarde voor gekweekte gewassen van 157,8 GJ/ha.jaar (de gemiddelde waarde van de gekweekte gewassen opgelijst in Tabel 3);
- een energiewaarde voor grasland van 111,2 GJ/ha. (de waarde van permanent cultuurgrasland in Tabel 3).

De werkwijze voor de kartering van de fysische geschiktheid voor *niet-houtige stromen* is:

- de basiskaart is de bodemgeschiktheidskaart voor enerzijds akkerbouw en anderzijds grasland;
- volgende opbrengsten worden aangewend bij de verschillende klassen uit de geschiktheidskaart: klasse 1: 100 %; klasse 2: 80 %; klasse 3: 60 %; klasse 4: 40 %; klasse 5: 15 %; klasse 0 of klasse 9: 59% (dit is het gemiddeld percentage van klasse 1 tot en met klasse 5);
- de fysische geschiktheid is bekomen door de energiewaarde te vermenigvuldigen met de gemiddelde opbrengst.

Houtige stromen

De aannames bij de kartering van de fysische geschiktheid van *houtige stromen* omvatten:

- de energiewaarden per hectare uit Tabel 4;
- de biomassaproductiecijfers voor spilhout van loof- en naaldhout zijn overgenomen uit de karteringsprocedure van de ESD 'houtproductie' en variëren tussen 6 en 22 m³/ha.jaar;
- van het loof- en naaldhout worden zowel de ondergrondse biomassa als het top- en takhout aangewend voor energetische valorisatie.

De werkwijze voor de kartering van de fysische geschiktheid van *houtige stromen* omvat:

- het aanwenden van de fysische geschiktheidskaart uit de ESD 'houtproductie' als basis;

- de biomassaproductie aan ondergrondse biomassa en top- en takhout wordt berekend via een biomassa expansie factor (BEF): biomassaproductie ondergrondse biomassa & tak- en tophout = (biomassaproductie spilhout x BEF) – biomassaproductie spilhout. De BEF voor het bepalen van de ondergrondse en bovengrondse biomassa bedraagt gemiddeld 1,50 voor loofhout en gemiddeld 1,75 voor naaldhout (Vande Walle et al., 2005). Bij de kartering wordt gerekend met een BEF van 1,625;
- de energiewaarden per hectare uit Tabel 4 koppelen aan loof- en naaldhout.

Potentieel aanbod

Niet-houtige stromen

De aannames bij de kartering van het potentieel aanbod voor *niet-houtige stromen* zijn:

- de energiewaarden uit Tabel 3;
- 50 % van het heide-oppervlak is vergrast.

De werkwijze voor de kartering van het potentieel aanbod voor *niet-houtige gekweekte energiegewassen* is:

- basiskaart is de aangepaste bodemgeschiktheidskaart voor akkerbouw (opbrengstklassen: zie fysische geschiktheid);
- selectie van silomaïs, korrelmaïs, graan, suikerbiet, aardappel, kool- en raapzaad, vlas en zonnebloem uit de landgebruikskaart (zie karteringsschema);
- de hierboven aangehaalde akkergewassen worden op kaart gezet en hun energiewaarden uit Tabel 3 worden vermenigvuldigd met de opbrengsten van de aangepaste bodemgeschiktheidskaart.

De werkwijze voor de kartering van het potentieel aanbod voor *maaisel* is:

- een basiskaart is de aangepaste bodemgeschiktheidskaart voor grasland (opbrengstklassen: zie fysische geschiktheid);
- selectie van permanent en tijdelijk cultuurgrasland, halfnatuurlijk grasland, heide (50 % random selectie), moeras, rietland, ruigte en laag groen uit de landgebruikskaart (zie karteringsschema);
- permanent en tijdelijk cultuurgrasland worden op kaart gezet en hun energiewaarden uit Tabel 3 worden vermenigvuldigd met de opbrengsten van de aangepaste bodemgeschiktheidskaart;
- de overige categorieën worden op kaart gezet en gekoppeld met de energiewaarden uit Tabel 3.

Houtige stromen

De aannames bij de kartering van het potentieel aanbod van *houtige stromen* zijn:

- de energiewaarden per hectare uit Tabel 4;
- de biomassaproductiecijfers voor loof- en naaldhout zijn overgenomen uit de karteringsprocedure van de ESD 'houtproductie';
- van het loof- en naaldhout worden zowel de ondergrondse biomassa als het top- en takhout aangewend voor energetische valorisatie;
- 50 % van het heide-oppervlak is niet-vergrast.

De werkwijze voor de kartering van het potentieel aanbod van *houtige stromen* is:

- de kaart van het potentieel aanbod uit ESD 'houtproductie' is gebruikt als basis;
- BEF = 1,625 (zie bij fysische geschiktheid);
- 50 % random selectie voor korte-omloophout, *Miscanthus* en niet-vergraste heide;
- de categorieën hout, korte-omloophout, *Miscanthus* en heide worden op kaart gezet en gekoppeld aan de energiewaarden per hectare (Tabel 4).

Actueel aanbod

Niet-houtige stromen

De aannames bij de kartering van het actueel aanbod *niet-houtige gekweekte energiegewassen* zijn:

- de energiewaarden per hectare uit Tabel 3;
- momenteel wordt in Vlaanderen energie gewonnen uit graan, suikerbiet, silo- en korrelmaïs, kool- en raapzaad;
- de biomassa van silomaïs wordt enkel aangewend voor energetische valorisatie binnen de 31 gemeentes waar vergistingsinstallaties operationeel zijn (Demolder et al., 2012; zie bijlage 2);
- in Vlaanderen wordt zo'n 3.000 ha silomaïs gebruikt voor vergisting (zie 2.3. actueel aanbod), dit is zo'n 14 % van het areaal aan silomaïs binnen de gemeentes met operationele vergistingsinstallaties;
- de biomassa van graan, suikerbiet, korrelmaïs, kool- en raapzaad voor de productie van biogebaseerde brandstoffen wordt gehaald uit gans Vlaanderen;
- er wordt aangenomen dat 30 % van het Vlaams areaal aan kool- en raapzaad (150 ha) bestemd is voor energiedoeleinden;
- er wordt aangenomen dat 2 % van het Vlaams areaal aan graan, suikerbiet en korrelmaïs bestemd is voor energiedoeleinden; dit betekent zo'n 440 ha suikerbiet, zo'n 1.400 ha korrelmaïs en zo'n 1.600 ha graan.

De werkwijze voor de kartering van het actueel aanbod *niet-houtige gekweekte energiegewassen*:

- basiskaart is de aangepaste bodemgeschiktheidskaart voor akkerbouw (opbrengstklassen: zie fysische geschiktheid);
- selectie van silomaïs, korrelmaïs, graan, suikerbiet, kool- en raapzaad uit de landgebruikskaart (zie karteringsschema);
- 2 % random selectie van graan, suikerbiet en korrelmaïs;
- 14 % random selectie van silomaïs binnen 31 gemeentes met operationele vergistingsinstallaties;
- de hierboven aangehaalde (selecties van) akkergewassen worden op kaart gezet en hun energiewaarden uit Tabel 3 worden vermenigvuldigd met de opbrengsten van de aangepaste bodemgeschiktheidskaart.

De aannames bij de kartering van het actueel aanbod *maaisel* omvatten:

- de energiewaarden per hectare uit Tabel 3;
- biomassa van graslanden, heide, moeras, ruigte, rietland en laag groen wordt enkel aangewend voor energetische valorisatie binnen de 31 gemeentes waar vergistingsinstallaties operationeel zijn;
- biomassa van graslanden, heide, moeras, ruigte en rietland bestemd voor vergisting wordt enkel gewonnen via natuurbeherende verenigingen (ANB en erkende natuurbeherende instanties);
- er wordt aangenomen dat 10 % van het grasland beschikbaar komt voor energiedoelen. Dit blijkt realistisch te zijn aangezien gemiddeld 37 % van de graslanden in natuurbeheer wordt gemaaid (berekend uit cijfermateriaal verzameld bij het project Graskracht door de verhouding van de oppervlakte grasland (in beheer via ANB en via de erkende natuurbeherende instanties) met de oppervlakte gemaaid grasland) en waarbij gemiddeld 23,6 % van het maaisel van grasland beschikbaar is voor energiedoelen (Bervoets, 2008);
- er wordt aangenomen dat 10 % van het rietland, moeras, ruigte en vergraste heide beschikbaar is voor energiedoeleinden;
- er wordt aangenomen dat 50 % van de heide-oppervlakte is vergrast;
- er wordt aangenomen dat 50 % van het laag groen ter beschikking komt voor energiedoeleinden.

De werkwijze voor de kartering van het actueel aanbod *maaisel* is:

- een basiskaart is de bodemgeschiktheidskaart voor grasland (opbrengstklassen: zie fysische geschiktheid);
- 10 % random selectie van permanent en tijdelijk cultuurgrasland, halfnatuurlijk grasland, heide, moeras, rietland en ruigte in beheer via natuurbeherende verenigingen en binnen gemeentes met vergistingsinstallaties;
- 50 % random selectie van heide in beheer via natuurbeherende verenigingen en binnen gemeentes met vergistingsinstallaties;
- 50 % selectie van laag groen binnen gemeentes met vergistingsinstallaties;

- de selectie van permanent en tijdelijk cultuurgrasland worden op kaart gezet en hun energiewaarden uit Tabel 3 worden vermenigvuldigd met de opbrengsten van de bodemgeschiktheidskaart;
- de overige categorieën worden op kaart gezet en gekoppeld met de energiewaarden uit Tabel 3.

Houtige stromen

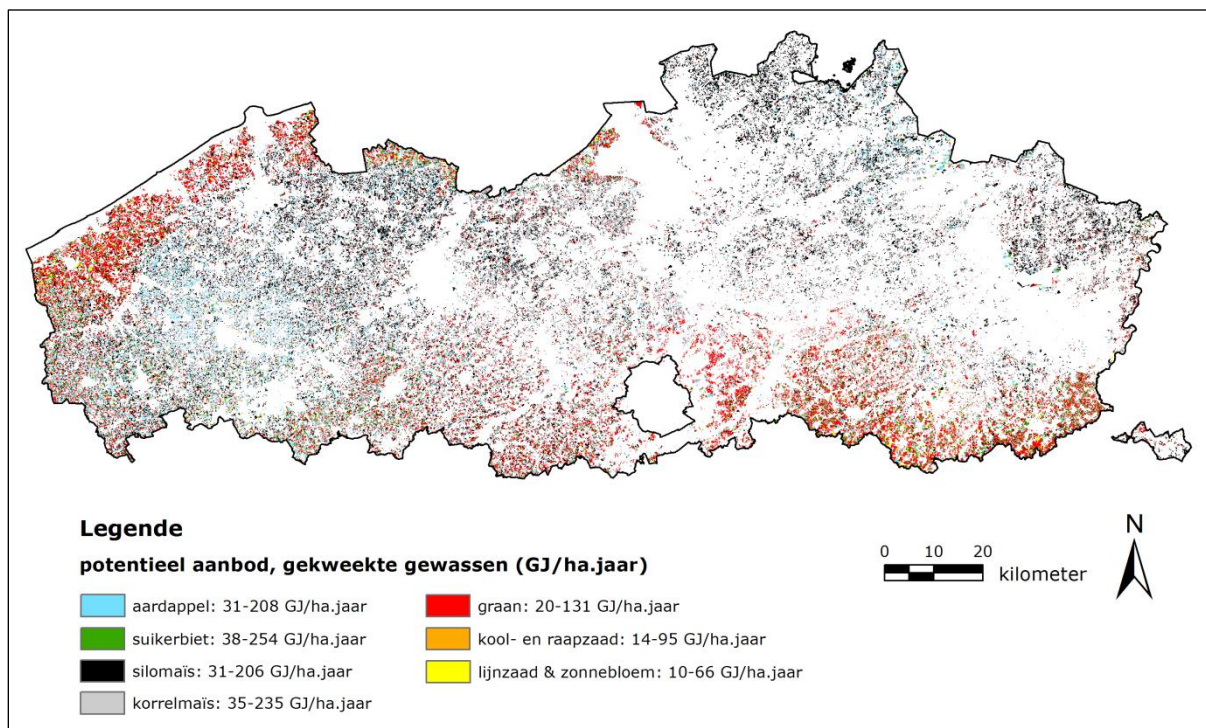
Aannames bij de kartering van het actueel aanbod van *houtige stromen* zijn:

- de energiewaarden per hectare uit Tabel 4;
- de biomassaproductiecijfers voor loof- en naaldhout zijn overgenomen uit de karteringsprocedure van de ESD 'houtproductie';
- bij het loof- en naaldhout wordt enkel top- en takhout benut voor energetische valorisatie;
- de benuttingspercentages van hout zijn overgenomen uit de karteringsprocedure van de ESD 'houtproductie': 60 % voor openbare bossen; 35 % voor particuliere bossen; 10 % voor bos met reservaatstatuut of in eigendom van terreinbeherende natuurverenigingen; 30 % voor hoog groen buiten bos;
- een oogstverlies van 30 % voor het top- en takhout;
- 10 % van de niet-vergraste heide (5 % van het heide-oppervlak) kan beschikbaar komen voor energiedoeleinden.

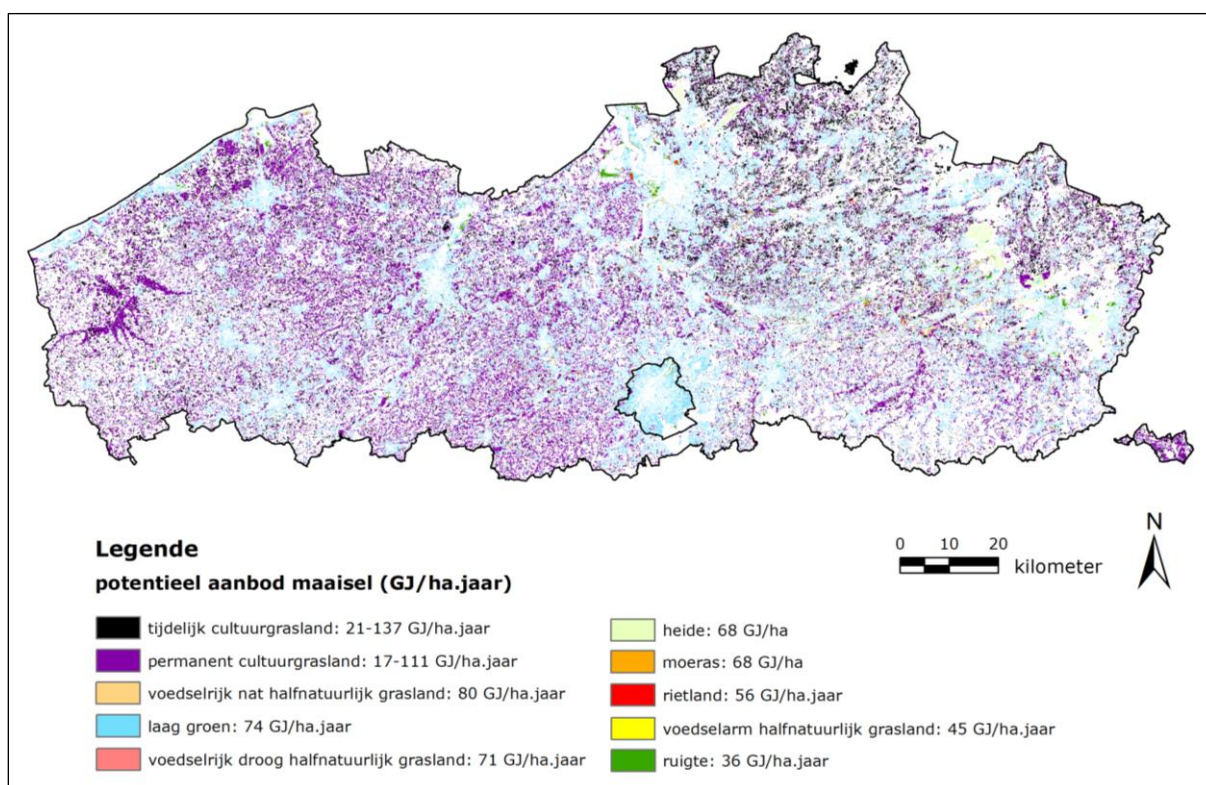
De werkwijze voor de kartering van het actueel aanbod van *houtige stromen* is:

- de kaart van het actueel aanbod uit de ESD 'houtproductie' is gebruikt als basis;
- biomassaproductie aan top- en takhout wordt berekend via een biomassa expansie factor (BEF): biomassaproductie tak- en tophout = (biomassaproductie spilhout x BEF) – biomassaproductie spilhout. De BEF voor het bepalen van de bovengrondse biomassa bedraagt gemiddeld 1,32 voor loofhout en gemiddeld 1,33 voor naaldhout (Vande Walle et al., 2005). Bij de kartering wordt gerekend met 1.325;
- de energiewaarden per hectare voor de categorieën loof- en naaldhout (Tabel 4) vermenigvuldigen met de benuttingsgraad;
- de categorieën korte-omloophout en *Miscanthus* selecteren uit de landgebruikskaart;
- 5 % random selectie van heide uit de landgebruikskaart;
- de categorieën korte-omloophout, *Miscanthus* en heide worden op kaart gezet en gekoppeld met de energiewaarden per hectare uit Tabel 4.

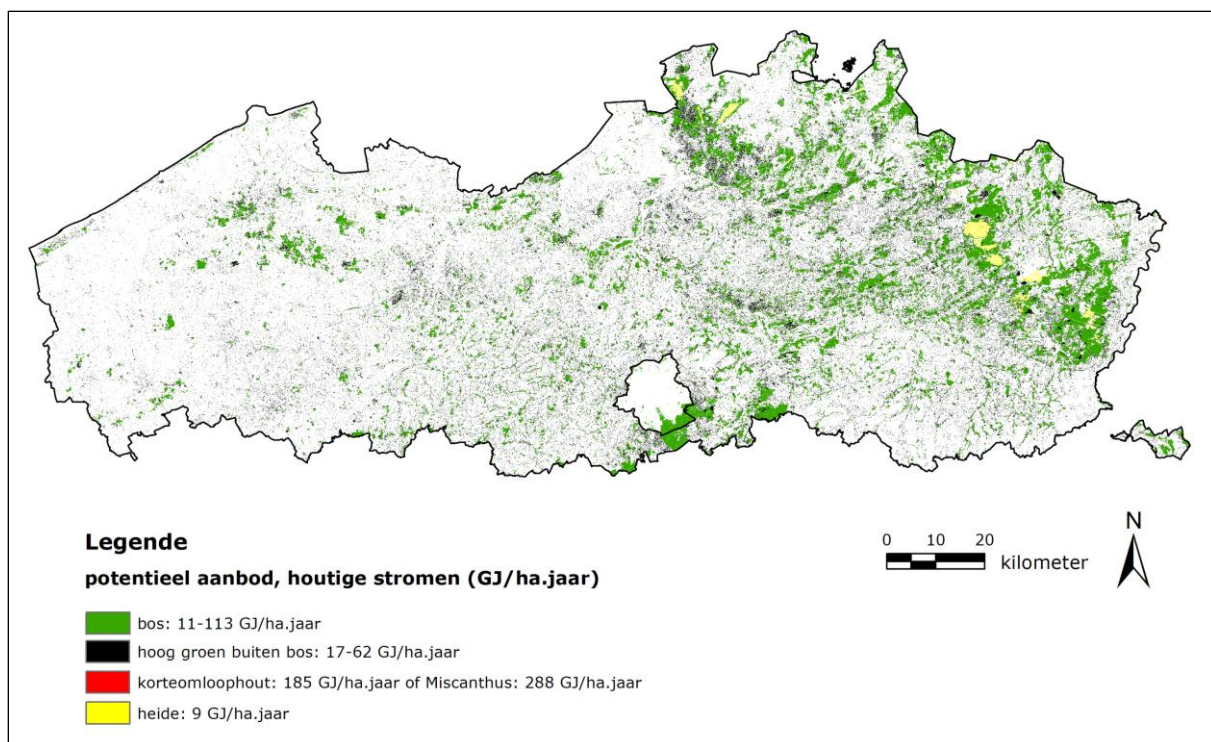
Bijlage 2 **Kartering van potentieel en actueel aanbod per energiegewas of per ecosysteem**



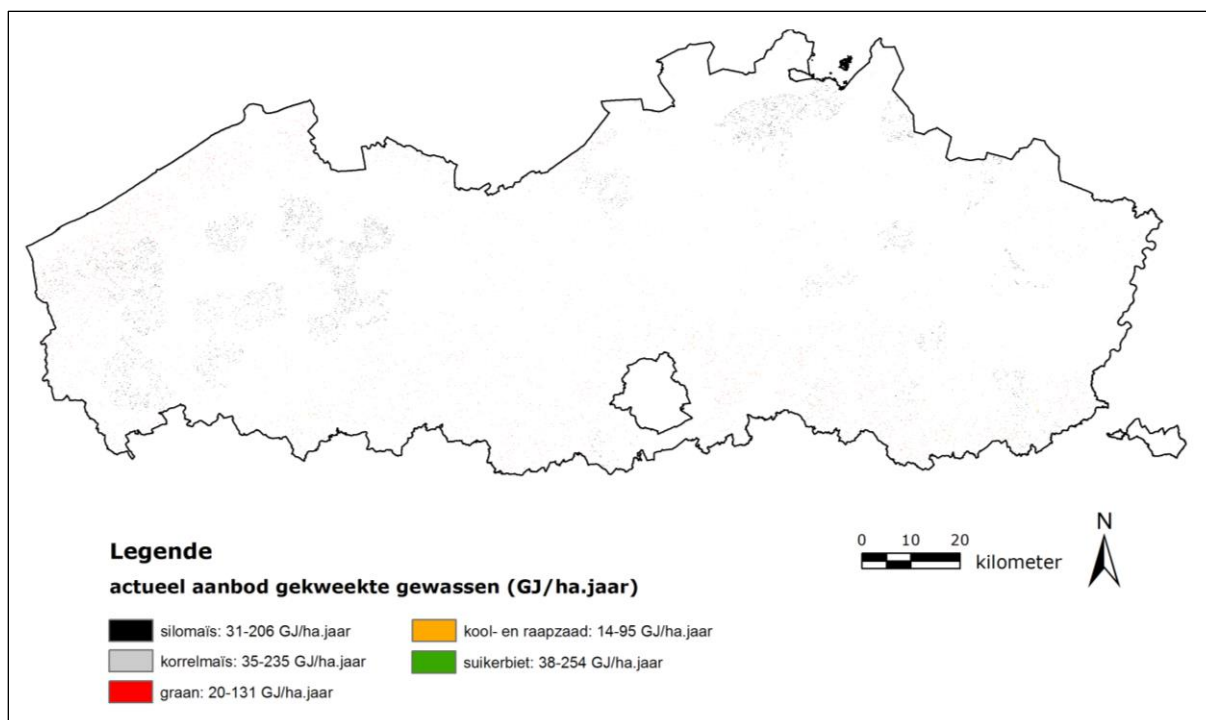
Kaart 1. *Potentieel aanbod van energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen per gewas.*



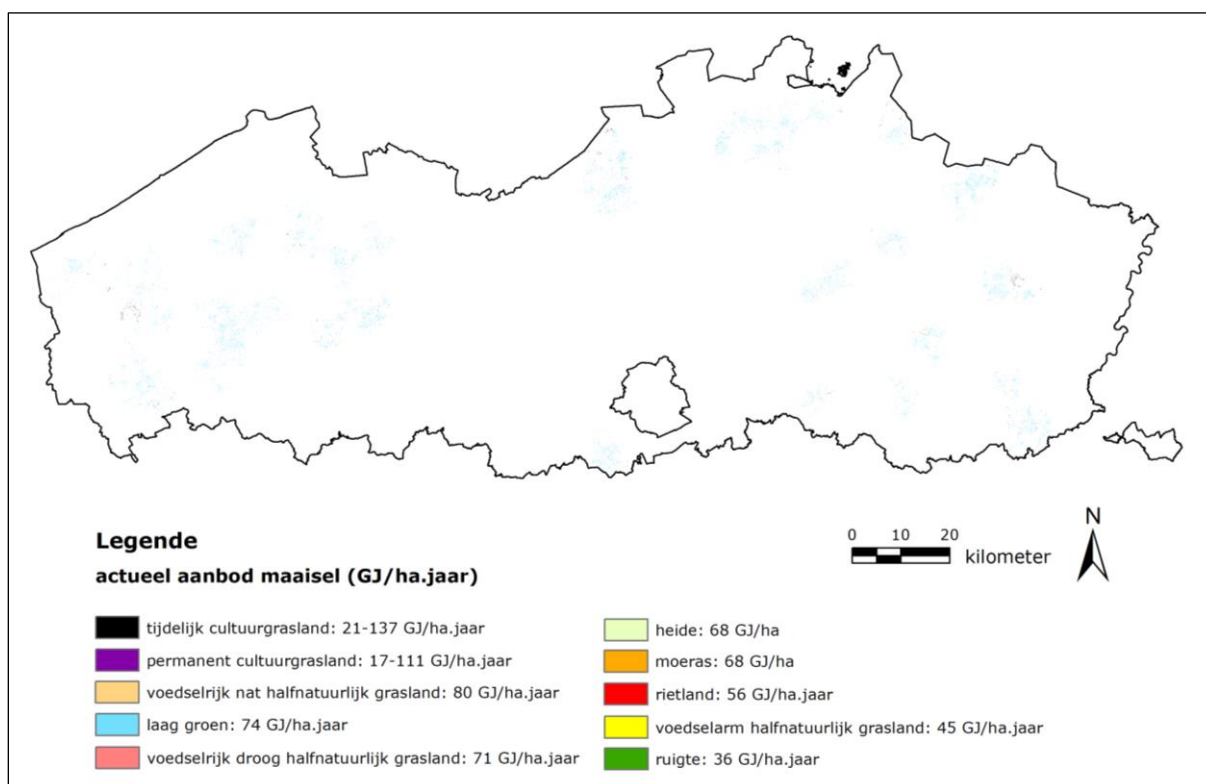
Kaart 2. *Potentieel aanbod van energie uit maaisel per ecosysteem.*



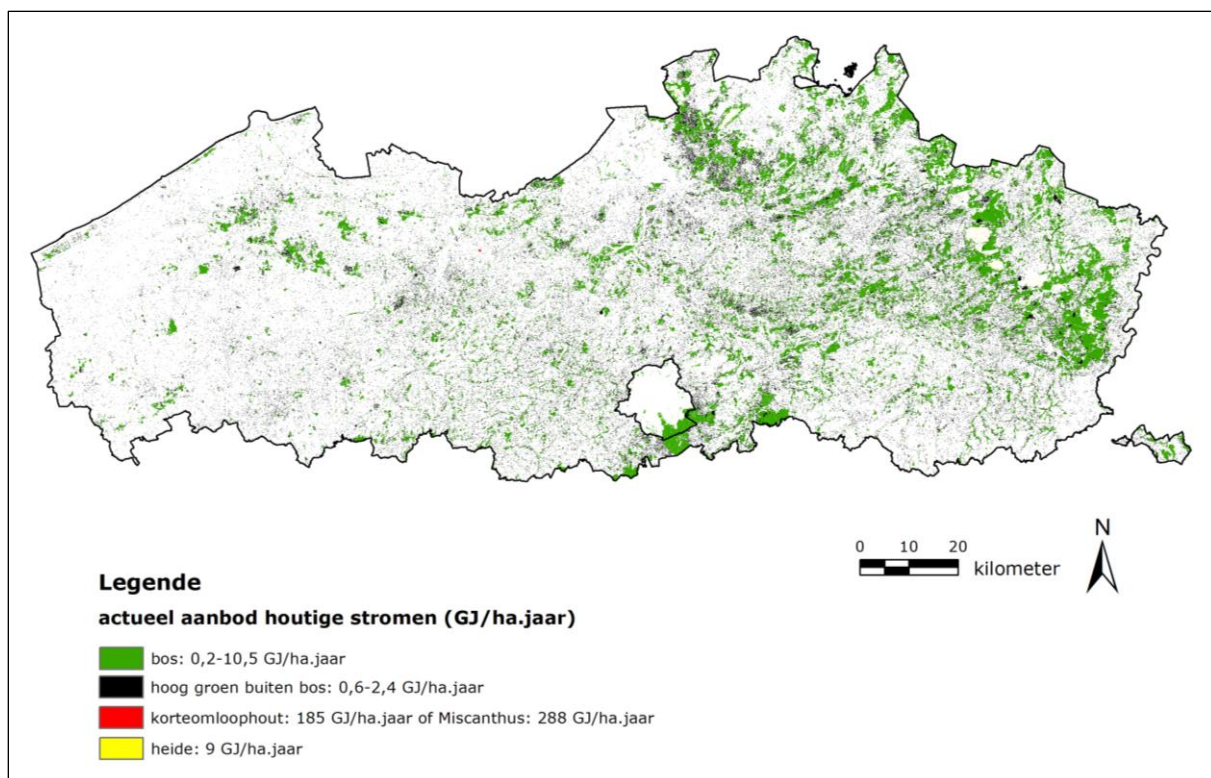
Kaart 3. *Potentieel aanbod van energie uit houtige stromen per ecosysteem.*



Kaart 4. Actueel aanbod van energie uit niet-houtige gekweekte energiegewassen per gewas.



Kaart 5. Actueel aanbod van energie uit maaisel per ecosysteem.



Kaart 6. Actueel aanbod van energie uit houtige stromen per ecosysteem.

Bijlage 3 Gemeenten waar vergistings-installaties in werking of in opstart zijn

Aalter
Ardooie
Arendonk
Beernem
Beveren
Boutersem
Brecht
Deinze
Dentergem
Diksmuide
Halle
Herk-de-Stad
Herselt
Hooglede
Houthalen-Helchteren
Houthulst
Ieper
Kortesseem
Lommel
Malle
Meerhout
Merksplas
Moorslede
Pittem
Rijkevorsel
Roeselare
Tongeren
Veurne
Zedelgem
Zomergem
Zoutleeuw

Bron: Demolder et al., 2012