



Planbureau voor de Leefomgeving

PBL-Achtergrondstudie

Bio-energieteelt: een onuitputtelijke bron?

Het potentieel van bio- energieteelt nader bekeken

Auteurs: Anne Gerdien Prins & Jan Ros

Contact: annegerdien.prins@pbl.nl

Maart 2014

PBL-publicatienummer 1369

Bio-energieteelt: een onzekere substantiële energiebron

De inzet van biomassa voor bio-energie ter vervanging van fossiele energiedragers (olie, gas, kolen) is één van de bouwstenen in de transitie naar een CO₂-arme economie. Snelgroeiende bomen of grassen zijn grondstoffen voor biomassa, die ook speciaal voor bio-energie kunnen worden geteeld. Er zijn verschillende studies die de potentiële energieproductie van deze bronnen voor bio-energie schatten. Ze brengen in beeld hoeveel land er voor deze teelten beschikbaar kan komen in 2050 als rekening wordt gehouden met voldoende productie van voedsel en bescherming van natuurgebieden. Het resultaat uit deze studies is een range van 0 tot 1.500 exajoule per jaar. Enkele van deze studies zijn echter zeer optimistisch over de productiviteitsstijging in de landbouw en die van de hier besproken energieteelt. Als deze studies buiten beschouwing worden gelaten en rekening wordt gehouden met duurzaamheidscriteria, ligt deze range tussen 0 tot circa 150 exajoule per jaar. Het lijkt verstandig om bij het ontwikkelen van beleid ter vermindering van de uitstoot van broeikasgasemissies in 2050 – met 80 tot 95 procent ten opzichte van 1990 – niet bij voorbaat al te optimistisch te zijn over het toekomstige aanbod voor biomassaproductie. Het uitgangspunt voor extra teelt van energiegewassen zou dan een verwachting van 40 exajoule per jaar kunnen zijn.

Aanleiding

De inzet van biomassa voor bio-energie ter vervanging van fossiele energiedragers (olie, gas, kolen) is één van de bouwstenen in de transitie naar een CO₂-arme economie in 2050. Voor de productie van bio-energie kunnen onder andere snelgroeiende bomen of grassen worden geteeld. Er zijn verschillende studies die de potentiële energieproductie van deze bronnen voor bio-energie schatten. De verschillen tussen de schattingen in deze studies zijn echter zeer groot. Hier laten we zien waardoor deze verschillen worden veroorzaakt, en welk uitgangspunt reëel is voor het ontwikkelen van beleid. In het afgelopen decennium zijn verschillende studies uitgekomen die het potentieel van specifieke energieteelt op de lange termijn inschatten. In alle gevallen met als doel om de bijdrage ervan voor klimaatmitigatie te kunnen ramen. De hoogte van de schatting wordt voor een belangrijk deel bepaald door onderliggende aannames van bijvoorbeeld ontwikkelingen in populatie, dieetverandering en landbouwproductiviteit. Die bepalen immers of en hoeveel land er duurzaam beschikbaar zou kunnen komen voor deze teelten. In deze notitie worden schattingen en aannames vergeleken om zo tot een raming van toekomstig potentieel aanbod te komen die als uitgangspunt kan dienen voor het ontwikkelen van beleid voor het realiseren van een vermindering van de uitstoot van broeikasgasemissies in 2050.

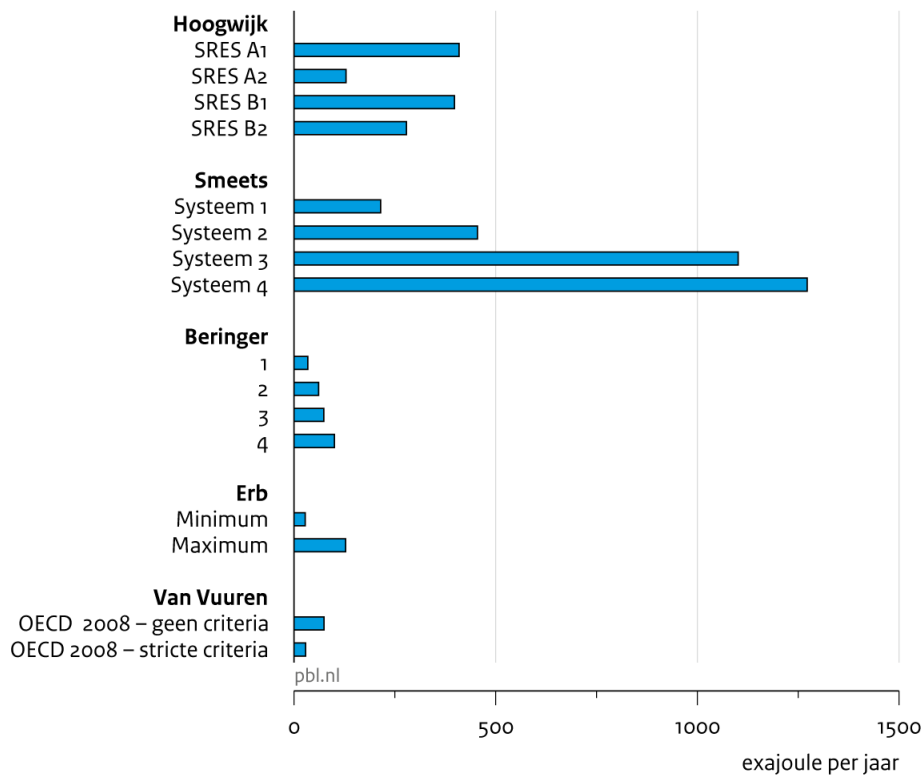
De oorspronkelijke studies die het potentieel voor biomassaproductie inschatten voor 2050 resulteren in een range van 0 tot 1.500 exajoule per jaar (zie figuur 1). Deze aanzienlijke range wordt veroorzaakt door verschillen in:

- 1) de grootte van het areaal dat beschikbaar is voor energieteelt;
- 2) de aangenomen energieopbrengsten per hectare, inclusief de ontwikkeling hiervan.

De manier waarop de verschillende studies het beschikbare areaal per wereldregio bepalen, loopt sterk uiteen. Een criterium dat als uitgangspunt onder al deze studies ligt is dat er geen concurrentie mag zijn met de voedselproductie. In al deze studies gaat het om het technisch potentieel: de hoeveelheid die maximaal geproduceerd kan worden onder bepaalde voorwaarden (zoals voedselzekerheid). Kosten voor de productie, beschikbaarheid van infrastructuur, energieprijzen of klimaatbeleid spelen hierbij geen rol. De beschikbaarheid van deze biomassa kan in de praktijk dus lager uitkomen.

Figuur 1

Totale potentiële opbrengst van energieteelt naar scenario, 2050



Bron: Hoogwijk et al. 2005; Smeets et al. 2007; Beringer & Lucht 2008; Erb et al. 2009; Van Vuuren 2009

Er is ook een aantal studies dat het potentieel op huidige verlaten landbouwgrond of gedegradeerde grond berekent. Campbell et al. (2008) berekenen hoeveel energie er geteeld kan worden op grond die in de afgelopen decenia is verlaten: 32-41 exajoule per jaar. Nijsen et al. (2012) berekenen de potentiële energie-opbrengst op land dat op dit moment gedegrademd is. Een groot deel van dit land wordt bedekt met bos of toch nog gebruikt voor landbouw. Op de rest kan 25-32 exajoule worden geteeld, rekening houdend met de lagere opbrengsten die op dit soort gronden verwacht worden.

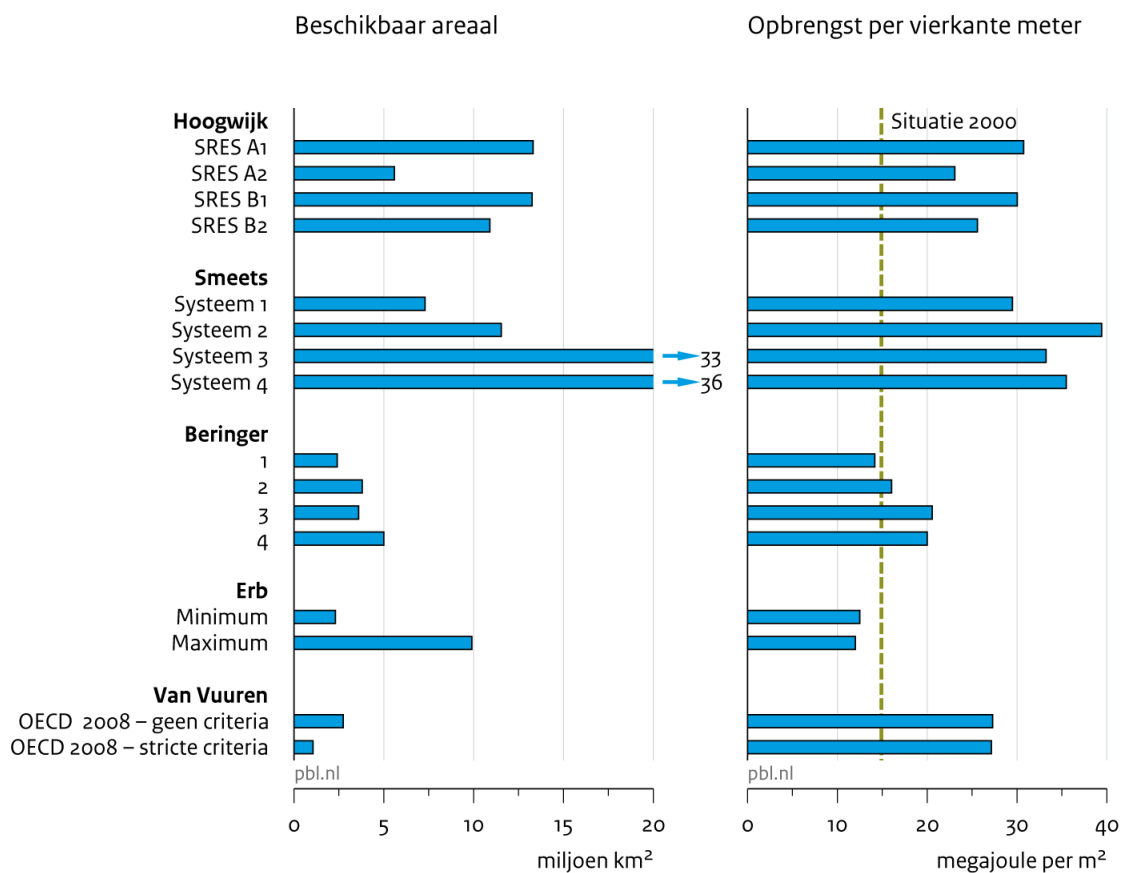
Areaal voor bio-energieteelt

Het areaal dat in 2050 voor bio-energieteelt zou kunnen worden gebruikt, loopt volgens de verschillende onderzoekers erg uiteen. Van 1 miljoen tot ruim 35 miljoen vierkante kilometer. Zoals eerder aangegeven, houden alle studies rekening met het landbouwareaal dat nodig is om in 2050 voldoende voedsel en veevoer te produceren. Dat wil zeggen dat eerst de grond voor landbouw (voor de productie van voedsel, veeteelt en veevoer) op de wereld wordt toegewezen, en dan pas wordt bepaald welk deel van het resterende areaal voor energieteelt kan worden gebruikt. Ook natuurlijke gebieden worden vaak geheel of gedeeltelijk uitgesloten. Smeets et al. (2007) gaan uit van een grote opbrengststijging in de landbouw: variërend van 2,9 tot 4,6 keer de opbrengst van 1998. Hierdoor komt er veel landbouwareaal vrij in de berekening, dat kan worden gebruikt voor energieteelt. Dit lijkt echter een onrealistische verwachting. De FAO verwacht op dit moment een stijging van 85 procent in de opbrengsten per hectare in 2050 ten opzichte van 1998 (FAO 2012). De scenario's die in Hoogwijk et al. (2005) worden gebruikt, geven relatief veel verschuiving van landbouwareaal aan ten opzichte van de studie in Van Vuuren et al. (2009), die dezelfde methode gebruiken. Hierdoor is er een ruime hoeveelheid verlaten landbouwareaal in

sommige regio's, terwijl het totale landbouwareaal wel toeneemt. Overigens neemt het totaal gerapporteerde potentieel in deze studie ook een deel van het areaal natuurlijke graslanden als mogelijk beschikbaar mee. Erb et al. (2009) gaan uit van een bepaald areaal voor landbouw gebaseerd op Bruinsma (2003) (*World Agriculture: Towards 2015/2030 An FAO Perspective*) en een variant waarin dit areaal groter is. Op dit areaal moet aan de productie van voedsel en veevoer worden voldaan volgens scenario's die verschillende aannames hebben over intensivering en dieetverandering. Het areaal dat overblijft kan worden gebruikt voor de teelt van energiegewassen. De aannames in de scenario's over dieetverandering en intensivering sluiten echter niet aan bij de aanname van de FAO over landbouwareaal, wat de interpretatie van de resultaten bemoeilijkt.

Figuur 2

Energieteelt naar scenario, 2050



Bron: Hoogwijk et al. 2005; Smeets et al. 2007; Beringer & Lucht 2008; Erb et al. 2009; Van Vuuren 2009

Zowel Van Vuuren et al. (2009) als Beringer & Lucht (2008) houden rekening met een aantal duurzaamheidscriteria. Niet alleen land voor voedsel- en veevoerproductie is uitgesloten, maar ook areaal dat is gedegradeerd, met waterschaarste kampt, natuurgebied of toekomstig natuurgebied is, wetland is of een hoge koolstofinhoud heeft. Door deze uitsluitregels in verschillende mate te gebruiken ligt het areaal tussen 1 en 5 miljoen vierkante kilometer.

Opbrengsten van energieteelt

De huidige bosbouw levert een energie-oogst van 14,9 megajoule per vierkante meter per jaar op (Haberl et al. 2010). De meeste studies zitten hier ruim boven (zie figuur 2). In Smeets et al. (2007) wordt niet alleen een hoge opbrengst in de landbouw verwacht, ook voor de biomassateelten wordt een flinke productiviteitsstijging aangenomen. Op dit moment bevindt de

teelt van grassen zich in het stadium van kleinschalige experimenten. Kennis over de relatie tussen bodemkwaliteit, managementpraktijk en opbrengst is in opbouw.

Wat betekenen deze schattingen voor ontwikkeling van beleid?

De huidige studies geven overigens alleen het technisch potentieel weer: de maximale beschikbaarheid. Dit houdt geen rekening met kosten van productie of andere barrières die het produceren van energiegewassen lastig maken. Alle (model-)studies alloceren eerst voedsel- en veevoergewassen en daarna, op niet-gebruikt land, de teelten van bio-energie. Er zijn verschillende redenen om voor het maken van beleid ter stimulering van hernieuwbare energie en reductie van broeikasgasemissies enige voorzichtigheid te betrachten in de verwachtingen over het toekomstige aanbod:

- Het is een grote uitdaging om het landbouwareaal voor de productie van voedsel en veevoer niet ten koste van natuurlijke gebieden te laten uitbreiden in de komende 40 jaar. Dit is mogelijk, maar vergt nog wel een aantal fundamentele beleidsveranderingen (PBL 2012). Wel zullen er verschuivingen in de landbouwproductie optreden, waardoor er plekken zijn waar land wordt verlaten. Dit land kan worden gebruikt voor energieteelt, volgens het mechanisme dat in een aantal van bovenstaande studies is aangenomen.
- Het is niet vanzelfsprekend dat voor energieteelt gebruik wordt gemaakt van verlaten landbouwgrond. Veel verlaten landbouwgrond in bijvoorbeeld oostelijk Europa en Rusland is nog steeds geschikt voor het produceren van voedsel of veevoer. Dit suggereert dat deze gronden zijn verlaten om andere, bijvoorbeeld sociaal-economische, redenen (Alcantara et al. 2013) die ook een belemmering kunnen vormen voor energieteelt.
- Zonder extra beleid zullen claims op land voor energieteelt waarschijnlijk gaan concurreren met andere claims, zoals voedselproductie. Er zijn op dit moment geen gebieden aangewezen voor ofwel voedsel ofwel energieteelt. Het is daarom onwaarschijnlijk dat bio-energie teelt in de toekomst ook daadwerkelijk op de plekken zal plaatsvinden die de bovengenoemde theoretische studies aanduiden. Waarschijnlijker is dat grootschalige commerciële teelten zullen plaatsvinden op toegankelijke plekken waar een hoge opbrengst gegenereerd kan worden. Hierdoor zou de huidige voedsel- of veevoertproductie verdrongen kunnen worden naar plekken die nu minder geschikt zijn voor landbouw, of recentelijk verlaten zijn. Het kan ook zijn dat de duurzaamheidscriteria niet strikt genoeg zijn om omzetting van natuurlijke gebieden te voorkomen.

Bovenstaande kanttekeningen bij de hier beschreven modelmatige methodes zijn redenen om in beleid uit te gaan van lage schattingen voor de teelt van bio-energie. Om deze range aan te geven, gaan we hier uit van een schatting van de gemiddelde te verwachten opbrengst en een areaal wat redelijk lijkt. We nemen aan dat er ook voor deze specifieke energieteelten enkele duurzaamheidscriteria zullen gelden. De studies die relevante criteria expliciet meenemen (Beringer & Lucht 2008; Van Vuuren et al. 2009) hebben een beschikbaar areaal onder de 6 miljoen vierkante kilometer. Dit komt overeen met iets meer dan een derde van het huidige areaal akkerland, en lijkt in die zin dus substantieel. Het areaal wordt hier tussen de 0 en 6 miljoen vierkante kilometer geschat, met 2,5 miljoen als middenverwachting (gebaseerd op de lage waarden van Van Vuuren et al. 2009 en Beringer & Lucht 2008). Voor de opbrengst van de energieteelt wordt een range tussen 15 en 25 megajoule per vierkante meter aangehouden; 15 megajoule per vierkante meter was de (gemiddelde) opbrengst in de bosbouw in 2000 (Haberl et al. 2007): 25 megajoule per vierkante meter betekent een opbrengststijging van ruim 60 procent ten opzichte hiervan. Dit leidt tot een totale energieopbrengst van 37,5 exajoule per jaar in de middenverwachting en 150 exajoule in de hoge verwachting.

In tabel 1 staan voor deze verwachtingen de totale energieopbrengsten. Ook geeft de tabel de totale opbrengsten bij andere aannames weer en enig gevoel voor de grootte van de onzekerheid.

Tabel 1 Opbrengst uit energieteelt (exajoule per jaar)

Opbrengst (megajoule/m ²)	Areaal (miljoen km ²)				
	1	2,5	5	6	10
10	10	25	50	60	100
15	15	37,5	75	90	150
20	20	50	100	120	200
25	25	62,5	125	150	250
30	30	75	150	180	300

Bij de lage schatting gaan we uit van een potentieel areaal van nul. De huidige voorstellen van de Europese Commissie voor duurzaamheidscriteria gaan in de richting van het uitsluiten van landbouwgewassen die worden geteeld voor biobrandstoffen om de ongewenste effecten van de directe of indirecte omzetting van natuurlijke gebieden in landbouwgrond geheel te vermijden. Als deze lijn voor alle typen van energieteelten wordt aangehouden, zal het potentieel voor energieteelten in de toekomst dus nul zijn.

Naast gespecialiseerde energieteelt zijn er ook andere bronnen van biomassa om als vervanging van fossiele grondstoffen te gebruiken, zoals reststromen uit land- en bosbouw, afvalstromen van organisch materiaal en aquatische biomassa. Potentieelschattingen van deze andere stromen samen liggen in dezelfde orde van grootte als de potentieelschattingen van gespecialiseerde energieteelt alleen ((Haberl et al. 2010; Chum et al. 2011; PBL 2014). Dat betekent dat de onzekerheid in de hier beschreven schattingen van gespecialiseerde energieteelt een grote invloed heeft op het totale potentieel voor energie uit biomassa.

Bio-energie is één van de belangrijke bouwstenen voor een toekomstig systeem met veel lagere broeikasgasemissies dan nu. Er geldt echter wel: hoe minder duurzame biomassa er beschikbaar zal komen, des te afhankelijker wordt het klimaatbeleid van andere schone technieken. Voorkomen moet worden dat uitgaan van een al te hoge verwachting over het biomassa-aanbod leidt tot te weinig aandacht voor andere opties voor schone energie, waardoor emissiedoelstellingen onhaalbaar worden.

Literatuur

- Alcantara, C., T. Kuemmerle, M. Baumann, E. V. Bragina, P. Griffiths, P. Hostert, J. Knorn, D. Müller, A. V. Prishchepov, F. Schierhorn, A. Sieber and V. C. Radeloff (2013). "Mapping the extent of abandoned farmland in Central and Eastern Europe using MODIS time series satellite data." Environmental Research Letters **8**(3): 035035.
- Beringer, T. and W. Lucht (2008). Simulation nachhaltiger Bioenergiepotentiale. Berlin, WBGU.
- Bruinsma, J. (2003). World Agriculture: Towards 2015/2030 An FAO Perspective Rome, Food and Agriculture Organization.
- Campbell, J. E., D. B. Lobell, R. C. Genova and C. B. Field (2008). "The global potential of bioenergy on abandoned agriculture lands." Environmental Science and Technology **42**(15): 5791-5794.
- Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa and K. Pingoud (2011). Bioenergy. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona et al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press.
- Dornburg, V., D. Van Vuuren, G. Van De Ven, H. Langeveld, M. Meeusen, M. Banse, M. Van Oorschot, J. Ros, G. Jan Van Den Born, H. Aiking, M. Londo, H. Mozaffarian, P. Verweij, E. Lysen and A. Faaij (2010). "Bioenergy revisited: Key factors in global potentials of bioenergy." Energy and Environmental Science **3**(3): 258-267.
- Erb, K. H., H. Haberl, F. Krausmann, C. Lauk, C. Plutzar, J. K. Steinberger, C. Müller, A. Bondeau, K. Waha and G. Pollcak (2009). Eating the planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study. Vienna, Austria and Potsdam, Germany, Institute of Social Ecology and Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK).
- Haberl, H., T. Beringer, S. C. Bhattacharya, K. H. Erb and M. Hoogwijk (2010). "The global technical potential of bio-energy in 2050 considering sustainability constraints." Current Opinion in Environmental Sustainability **2**(5-6): 394-403.
- Hoogwijk, M., A. Faaij, B. Eickhout, B. De Vries and W. Turkenburg (2005). "Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios." Biomass and Bioenergy **29**(4): 225-257.
- Nijssen, M., E. Smeets, E. Stehfest and D. P. van Vuuren (2012). "An evaluation of the global potential of bioenergy production on degraded lands." GCB Bioenergy **4**(2): 130-147.
- PBL (2012). Roads from Rio+20. Pathways to achieve global sustainability goals by 2050. the Hague, Netherlands Environmental Assessment Agency.
- PBL (2014). "Biomassa: wens en grenzen." www.pbl.nl/biomassa, bezocht op 13 maart 2014.
- Smeets, E. M. W., A. P. C. Faaij, I. M. Lewandowski and W. C. Turkenburg (2007). "A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050." Progress in Energy and Combustion Science **33**(1): 56-106.
- Van Vuuren, D. P., J. Van Vliet and E. Stehfest (2009). "Future bio-energy potential under various natural constraints." Energy Policy **37**(11): 4220-4230.