

Energie uit bintjes en bieten

Hoeveel energie kunnen gewassen op de akker vastleggen? Wat kost het om die in vloeibare of gasvormige energie om te zetten? Het resultaat van dergelijke berekeningen biedt weinig perspectief voor 'energy farming' onder Nederlandse omstandigheden.

Aangemoedigd door het alom heersende besef dat alternatieven voor de huidige energievoorziening dringend nodig zijn, duiken op vele plaatsen in de wereld initiatieven op om tot 'energy farming' te komen. In de Verenigde Staten is al enig onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van energiewinning door en uit landbouwproductie. Brazilië heeft een beleid ingezet waarbij op grote schaal suikerriet wordt verbouwd ten behoeve van gasohol productie voor auto's en ook in Frankrijk is onlangs de eerste alcoholfabriek geopend die de energiebehoefte van de Franse automobilist ten dele moet bevredigen.

Voor Nederland wordt ook met de gedachte van agrificatie gespeeld. Bij diverse gelegenheden heeft de voorzitter van het landbouwschap gezegd wel iets te voelen voor diversificatie van het produktenpakket van de landbouw. De productie van energie zou daarbij een van de mogelijkheden zijn. De in financiële nood gekomen zetmeelproducenten en hun ondernemingsraden propageren zo'n gedachte om de overschotten te verminderen en de continuïteit van de onderneming zeker te stellen. Daarnaast wordt er vanuit gegaan dat aankoop van zetmeel (mais) op de wereldmarkt voor dit doel rendabel is. In de veenkolonien zou, volgens de akkerbouwspecialisten van het landbouwschap overgeschakeld moeten worden op de productie van alcohol om een eind te maken aan de aardappelmeel problemen.

Ook een brainstorm groep van Shell speelt met de gedachte van agrificatie in Nederland en denkt daarbij aan teelt van bossen met een 4-jarige rotatie, bijvoorbeeld in de Markerwaard. Hoe realistisch is echter een dergelijk beleid?

Energievastlegging door de groene plant

De chloroplasten in de cellen van de groene plant leggen zonne-energie vast die wordt gebruikt om CO_2 uit de lucht te binden en suikers te vormen. Per Joule licht kan ongeveer 15×10^{-6} g CO_2 worden vastgelegd. Van het geabsorbeerde licht gebruikt de plant slechts een klein deel voor de vastlegging van CO_2 . Het merendeel wordt benut voor verdamping of weer in de vorm van langgolvlige straling uitgezonden.

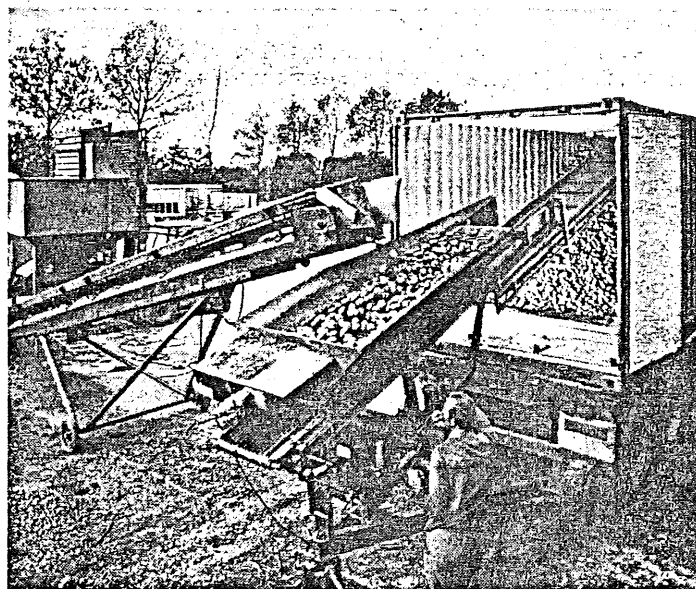
Het gemeten maximale rendement is $8-12 \times 10^{-6}$ g CH_2O per Joule licht geabsorbeerd door het blad. De suikers worden hier voor de eenvoud als CH_2O weergegeven. Het hangt verder af van de plantensoort en de bio-chemische weg die voor vastlegging van CO_2 wordt bewandeld. De maximale licht intensiteit (400-700 nm) is ruim $500 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($= 70.000 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$) zodat theoretisch een fotosynthese van circa 200 kg $\text{CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ uur}^{-1}$ bereikt kunnen worden. Bij deze hoge lichtintensiteiten is de transportsnelheid van CO_2 en de vastleggingssnelheid van CO_2 door het chlorofyl beperkend zodat dit maximale rendement nimmer wordt gerealiseerd. De maximale fotosynthese per eenheid van bladoppervlak blijkt daarom voor veel plantensoorten 30-40 kg $\text{CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ uur}^{-1}$ te bedragen en deze waarde wordt al bereikt bij $200 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Er gaat dus veel licht verloren.

Een gewas is geen biljartlaken, maar bestaat uit bladeren die allerlei kanten opstaan en elkaar beschaduwden.



R. Rabbinge (34) is werkzaam aan de Landbouwhogeschool Wageningen op de Afdeling Theoretische teeltkunde.

Het blijkt dat de maximale fotosynthese van een gewasoppervlak bij helder weer wel $60 \text{ kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ uur}^{-1}$ kan bedragen. Bij bewolkt weer wordt de helft van deze waarde bereikt. De lichtintensiteit is dan weliswaar 4 tot 5 maal kleiner, maar de lichtverdeling over de bladeren is veel beter. De assimilatiesnelheid van een gesloten gewas in Nederland bedraagt in het groeiseizoen gemiddeld $500 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$. Dit komt overeen met een productie van $340 \text{ kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$. Van de bij de assimilatie geproduceerde suikers gaat 40% weer verloren door ademhalingsprocessen,



AARDAPPELTRANSPORT in bulk.

(onderhoudsademhaling en groeiademhaling), zodat de netto toename in structureel gewicht $340 - 0,40 \times 340 = 200 \text{ kg}$ droge stof $\text{ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ bedraagt. De verbrandingswaarde van deze stof is circa 20 MJ kg^{-1} , zodat het rendement van deze vastlegging van energie $4000/70.000 = 6\%$ van het licht en 3% van de totale globale straling bedraagt. Deze groeisnelheid wordt gerealiseerd door een gewas dat het grondoppervlak volledig bedekt.

Dat gebeurt maar een klein deel van het seizoen. Onder Nederlandse omstandigheden kunnen deze groeisnelheden grofweg van begin mei tot eind september worden gerealiseerd. In het overige deel van het jaar zijn de potentiële groeisnelheden veel lager als gevolg van de veel geringere stralingsintensiteit en de lage temperatuur. Een gewas dat maximaal de ingestraalde energie wil benutten moet daarom gedurende een zo lang mogelijke periode een volledige bedekking van het grondoppervlak als eigenschap hebben. Onder proefomstandigheden zijn zo bij aardappelen opbrengsten van 100 ton ha^{-1} of ruim 20.000 kg droge stof ha^{-1} bereikt. Met fabrieksaardappelen wordt in de praktijk een opbrengst van 40-50 ton vers knolgewicht ha^{-1} bereikt. Ook suikerbieten gebruiken een groot deel van het seizoen, hoewel hier door vervroeging nog wel enige winst te behalen is. Opbrengsten van 60 ton vers gewicht zijn voor dit gewas geen uitzondering. Nog hogere opbrengsten worden gerealiseerd door gewassen die de C_4 -weg gebruiken bij de vastlegging van het CO_2 . (Men onderscheidt C_3 en C_4 fotosynthese naar gelang er bij de eerste stap in de fotosynthese molekulen van 3 of 4 koolstofatomen worden gevormd). Bij suikerriet zijn potentiële

Tabel 1. Aardappelen voor energieproductie

40.000 kg fabrieksaardappelen	/ha 17% zetmeel
6800 kg zetmeel	/ha 1,1 kg glucose/kg zetmeel
7480 kg glucose (C ₆ H ₁₂ O ₆)	/ha 0,51 kg alcohol/kg glucose
3815 kg alcohol (C ₂ H ₅ OH) of 4829 l	/ha 29,7 G Joule/ton alcohol
113,3 G Joule	/ha 46,9 G Joule/ton benzine
2415 kg benzine	/ha 0,67 g benzine/cm ³
3605 l benzine	/ha
36.000 km autorijden	/ha

groeisnelheden van 350 kg CH₂O ha⁻¹ dag⁻¹ gemeten en zijn recordoogsten van 100 ton ha⁻¹ jaar⁻¹ behaald. Dit zijn opbrengsten die alleen bij gewassen onder zeer goede omstandigheden kunnen worden bereikt; ze zijn aanzienlijk hoger dan de opbrengsten die onder normale omstandigheden worden gerealiseerd, circa 12 ton droge stof ha⁻¹ jaar⁻¹.

Energetisch rendement

Om wat meer inzicht te krijgen in het energetisch rendement van landbouwsystemen voor de energieproductie, kan met bovenstaande gegevens een simpel rekensommetje worden uitgevoerd. Dat maakt duidelijk dat de netto energieproductie van zulke systemen beperkt is. We illustreren dit aan het akkerbouwgewas dat voor Nederlandse omstandigheden wordt gepropageerd als de grondstof voor bio-energie: aardappelen. Dit gewas is in staat, zoals boven beschreven, tot een productie van 40 ton vers knolgewicht per hectare, wat overeenkomt met ongeveer 6800 kilogram zetmeel per ha. Met behulp van optimaal verloopende enzymatische omzetting kan dit ongeveer 3800 kilogram alcohol per hectare opleveren (zie tabel 1), ofwel 110 GJ energie.

Op zichzelf is dat een respectabele hoeveelheid alcohol. Maar het betekent toch maar een geringe opbrengst, als we ons realiseren hoeveel alcohol er moet worden verbrand om deze productie mogelijk te maken. Productie van grote hoeveelheden aardappelen per ha vergt namelijk nogal wat bewerking en toevoer van kunstmest. Voor de omzetting van zetmeel naar alcohol is nog meer energie nodig. Als we aannemen dat we met grond te maken hebben, die goed wordt bewerkt en die op de juiste wijze in een vruchtwisselingsschema is opgenomen, dan is voor iedere hectare aardappelen minimaal 250 kilogram N-kunstmest nodig. De productie langs technische weg van één kilogram N-kunstmest vergt evenwel 45 M Joule aan energie. De verbrandingswaarde van alcohol bedraagt 27 G Joule/ton alcohol, zodat alleen al 417 kilogram alcohol per hectare (= ca. 9%) nodig is voor de kunstmestvoorziening. Op diverse plaatsen zijn berekeningen verricht voor het totale verbruik aan energie op de akker voor de verbouw van gewassen. Een richtgetal dat veel gebruikt wordt is 50 G Joule/ha waarvan dus ongeveer 1/4 nodig is voor de kunstmestvoorziening. Verbetering van de processen die nodig zijn om de kunstmest te fabriceren en optimalisatie van teeltmaatregelen hebben de laatste jaren de energiebehoeften op het landbouwbedrijf iets verminderd. Netto is de productie aan energie op de akker positief (110 - 50 G Joule = 60 G Joule). Echter de omzetting van zetmeel in alcohol vraagt zoveel energie dat deze positieve balans teniet wordt gedaan. Dit wordt veroorzaakt door de energie-slurpende destillatieprocessen.

In tabel 2 is de energiebalans samengevat voor de alcoholproductie met aardappelen. De grote energiekosten zitten niet op het landbouwbedrijf maar bij de industriële verwerking van de biomassa. Verbetering van deze industriële processen wordt door technologen wel mogelijk geacht door energiebesparende maatregelen tijdens de productie. Echt lonend wordt deze technologische verbetering als overgegaan wordt op totaal andere processen zoals vergassing. Het is evenwel weinig zinvol om na vergassing van de biomassa een bij de synthese relatief veel energievragend produkt als ethanol of methanol te maken. Het is in dat geval beter om dit gasmengsel (synthesized gas) als begin-schakel voor diverse andere produkten te gebruiken. Op deze wijze kan de

landbouw wellicht een bijdrage leveren als grondstofproducent voor de chemische industrie, hetgeen natuurlijk in feite al jarenlang op andere wijze het geval is.

Wat betreft het landbouwkundig gedeelte is in deze balans van energie intensieve produktiemethoden uitgegaan. Maar het rendement in termen van energie bij minder energie intensieve produktiewijzen is nauwelijks groter. Bij produktieniveaus die het potentiële opbrengstniveau benaderen is het energetisch rendement, als er zuinig met input factoren is omgesprongen, doorgaans hoger dan bij de lage produktieniveaus die zonder inzet van fossiele energie en met inzet van veel mankracht worden gerealiseerd. De gedachte aan vervanging van energie-inzet door arbeid is daarom gespeend van iedere realiteitszin, zeker indien het gaat om toepassing onder Nederlandse omstandigheden.

Al met al klinkt dit niet erg optimistisch. Toch bepleiten velen de energieproductie op de akker met het argument dat op deze wijze een vaste energievorm gemakkelijk in vloeibare vorm of gas kan worden omgezet. Uit een Amerikaanse studie blijkt het economisch rendement van het omzetten van vaste brandstof naar een gasvormige of vloeibare brandstof door de groene plant veel lager dan die welke in industriële processen kan worden gerealiseerd.

Tabel 2. Energiekosten van alcoholproductie uit aardappelen

Netto opbrengst (verbrandingswarmte van de geproduceerde alcohol):	26,7 GJ	
Vrijkomend bij afvalverwerking in de fabriek:	3,4 GJ	
	30,1 GJ	
Verbruikt op het landbouwbedrijf (50 GJ per ha, waarvan 1/4 voor kunstmest):	-13 GJ	
Bij een zuinig landbouwbedrijf: Verbruikt in de fabriek		-10 GJ
Met conventionele technologie:	-30 GJ	
Met moderne technologie:		-15 GJ
Rendement	-12,9 GJ	+ 5,1 GJ

Alcohol- en methaangisting van afval

Nu hoeven degenen die het over energieproductie uit landbouwprodukten hebben niet te doelen op de productie van brandstof door motoren. Het kan hun ook gaan om rechtstreekse verbranding van landbouwprodukten of om het gebruik van afval van landbouwkundige productie. Wat dit laatste betreft zijn de perspectieven aanmerkelijk gunstiger dan voor de zojuist besproken brandstofproductie (alcoholproductie) uit daartoe geteelde landbouwgewassen. Alcoholproductie uit afvalprodukten is al sinds jaar en dag praktijk bij de Gist en Spiritus fabrieken. Melasse, het restant bij de suikerproductie, wordt omgezet in alcohol (3 kg melasse voor 1 kg alcohol) en indien de zetmeelfabrikanten de moeilijk te verwerken zetmeelfractie voor hetzelfde doel wensen te gebruiken is er wellicht sprake van een nuttige aktiviteit. Mogelijk zelfs van een lucratieve onderneming. Anders wordt het als het nevenprodukt hoofdprodukt dreigt te worden want dan wordt het paard achter de wagen gespannen.

Bosbouw voor energiewinning

De teelt van brandhout wordt door sommigen ook als een redelijke energievoorziening gepresenteerd. In het Landbouwkundig Tijdschrift verscheen hierover in 1978 een artikel, waarin deze optie niet erg rooskleurig lijkt (Landbouwkundig Tijdschrift, 91 no. 3, pg. 55). Ook recente berekeningen van de samenwerkende electriciteitsproducenten zijn niet erg gunstig (energie in Nederland SVEN, 1981).

Vervolg op pag. 685

Afgezien van het ruimtebeslag dat deze produktie met zich brengt is het economisch rendement zo laag dat het een bijzonder onaantrekkelijke gedachte is om daartoe op grote schaal over te gaan. Anders ligt het wellicht bij kleinschalige toepassing van de benutting van hout dat als nevenprodukt beschikbaar komt in vele houtproduktiebedrijven.

Waarom elders wel energieproduktie van de akker

Toch vindt er in diverse delen van de wereld energieproduktie op de akker plaats. De produktie van alcohol door suikerrietverbouw in Brazilië vindt op grote schaal plaats en heeft een indrukwekkende invloed op de betalingsbalans van dit land. De oorzaak hiervan is enerzijds gelegen in de produktiemogelijkheden en -wijzen in Brazilië en anderzijds in de sociale structuur van dit snel industrialiserende ontwikkelingsland. Zo blijken de opbrengsten van suikerrietproduktie in vergelijking met aardappelen tweemaal zo hoog. Dit wordt veroorzaakt door de hogere assimilatiesnelheid (C₄-plant) en het langere groeiseizoen.

Bovendien is er relatief veel arbeid en weinig fossiele energie nodig voor produktie en kunnen de uitgeperste rietstengels gebruikt worden voor ondervuring van de energie-slurpende destillatiekolommen. De lage beloning van de arbeiders die de suikerriet in stand houden maakt deze produktiewijze mogelijk. Daarom is er in Brazilië dank zij de grote sociale tegenstellingen in dit land, en bij afwezigheid van zorg voor de omgeving 'energy farming' mogelijk. Dit komt overeen met de historische tendens tot verbouw van handelsgewassen teneinde meer deviezen het land binnen te laten komen.

Als de sociale situatie van dit land verandert dan zal, aangezien de netto produktie van energie in vergelijking met de bruto produktie zeer gering is, de uitkomst in geld onder zeer zware druk komen te staan. Mogelijk ligt deze situatie anders indien aan andere energieproduktiesystemen wordt gedacht, zoals die van hout met daaraan gekoppeld gasificatie. De zo geproduceerde gassen zijn ook voor andere dan energiedoeleinden bruikbaar.

Daarom ligt hier wellicht nog een gebied voor nader onderzoek. Voor Nederlandse omstandigheden is dit evenwel een uitgesloten mogelijkheid. De produktie van bulkprodukten heeft de Nederlandse landbouw nooit veel opgeleverd en de specialisatie in tuinbouw- en sierteeltprodukten (verpakt water, verpakte energie) heeft bepaald geen windeieren gelegd.

