



Resultaten energiemaaistelers en rassenonderzoek

binnen project Energieboerderij

M.P.J. van der Voort
G.J.H.M. Meuffels
J.A.M. Groten



Resultaten energiemaïstelers en rassenonderzoek

binnen project Energieboerderij

M.P.J. van der Voort
G.J.H.M. Meuffels
J.A.M. Groten



© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO-publicatienr. 512

OPDRACHTGEVER:



Projectnummer: 3250034803

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, Lelystad
Tel. : +31 320 29 11 11
Fax : +31 320 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Telergroep energiemais	7
1.2 Deelnemers telergroepen	8
1.3 Berekeningen energie- en broeikasgasrendement.....	8
2 MEETLAT RESULTATEN TELERSGROEP ENERGIEMAIS	9
2.1 Resultaten 2008.....	9
2.2 Resultaten 2009.....	9
2.3 Resultaten 2010.....	10
3 STATISTISCHE VERBANDEN	11
3.1 Energierendement	11
3.2 Broeikasgasrendement	13
4 RASSENONDERZOEK ENERGIEMAIS.....	15
4.1 Opzet en uitvoering.....	15
4.2 Resultaten rassenonderzoek energiemais	15
4.3 Meetlat resultaten energiemais 2008	16
4.4 Meetlat resultaten energiemais 2009	17
4.5 Meetlat energiemais 2010.....	18
5 RESULTATEN EN 'BEST PRACTICES'	19
5.1 Energierendement	20
5.2 Broeikasgasrendement	21
5.3 Best practices	22
BIJLAGE 1: ENERGIEGEBRUIK- EN BROEIKASGASEMISSIE.....	23

Samenvatting

Er is in Energieboerderij gewerkt met een drietal in de praktijk functionerende ketens. De ketens dienen als basis voor de verzameling van bruikbare praktijkcijfers. Het betreft de volgende ketens:

1. Maïsteelt – vergisting - elektriciteit
2. Suikerbietenteelt – vergisting – elektriciteit
3. Koolzaad - PPO/biodiesel

Dit rapport gaat in op de resultaten van de eerste keten, die voor maïs als coproduct voor vergisting. Voor maïs zijn er twee sporen gevolgd. Ten eerste het volgen van een groep ondernemers die gedurende het project maïs hebben geteeld. Ten tweede het doen van rassenonderzoek naar energimaïs. Beide sporen hebben teeltgegevens opgeleverd die met de meetlat Energieboerderij zijn doorgerekend op energie- en broeikasgasrendement. Het doel hiervan was het zoeken naar 'Best Practices' die de teelt van maïs voor vergisting binnen de geldende milieutechnische criteria kan garanderen.

Het energierendement van alle telers over de drie jaren heen kwam op 88%. Het broeikasgasrendement voor alle telers over de drie jaren heen kwam op 73%. Voor het broeikasgasrendement is een richtlijn vastgesteld in de NTA 8080 van 70% als minimumeis voor elektriciteit en warmte (par. 5.2.1, NTA 8080:2009). De huidige teelt van energimaïs valt hiermee binnen de gestelde eisen qua duurzaamheid.

De best practices voor energimaïs zijn hieronder benoemd naar belang.

- Juiste keuze energimaïsras
De opbrengst vers, maar vooral ook in biogas zijn van invloed op het resultaat. In bijvoorbeeld het rassenonderzoek Biogasmaïs Zuid Nederland komt duidelijk naar voren dat er verschil is tussen energimaïsrasen. De biogas- of methaangasopbrengst is hierin meegenomen en loopt tussen de rassen sterk uiteen. De statistische analyse laat tevens zien dat biogasopbrengst, droge stof opbrengst en N-gift in grote mate bepalend zijn voor het broeikasgasrendement.
- Efficiënte inzet van dierlijke mest
De efficiënte inzet van dierlijke mest heeft niet direct te maken met de hoeveelheid dierlijke mest per hectare, maar juist de wijze en afstand van het transport. Het effect van aanwending van mest is het resultaat van de lachgasemissie berekening (IPCC). Het energieverbruik gerelateerd aan dierlijke mest betreft het transport van dierlijke mest. Het over een zo kort mogelijk afstand vervoeren van zo groot mogelijke hoeveelheden zouden hierbij uitgangspunt kunnen zijn.
- Efficiënte inzet van mechanisatie
De efficiënte inzet van mechanisatie ligt in lijn met de inzet van dierlijke mest. Het uitvoeren van bewerkingen in lijn met een aantal aanbevelingen kan het energieverbruik (diesel) mogelijk verder verlaagd worden. De inzet van een juiste trekker in relatie tot het werktuig is hier één van. Net zoals juiste bandenspanning en zo groot mogelijke bandenmaat.
- Beperken totale mestgift
Het beperken van de mestgift is een lastig thema. De mestwetgeving is voor zuidoost Nederland al scherp. Het nog verder beperken van de totale mestgift kan tevens invloed hebben op de opbrengst. De aandacht voor mogelijkheden om toch de totale mestgift te beperken is meer een aanbeveling. Een aanbeveling die vooral door de lachgasemissieberekening (IPCC) is ingegeven. Hierin wordt de mestgift (N-gift) meegenomen.

In het project Energieboerderij komen voor energiemais twee aanbevelingen naar voren. Deze twee aanbevelingen gelden tevens voor de suikerbietenteelt en deels voor de koolzaadteelt. De aanbevelingen zijn:

- Meten van lachgasemissies
Lachgasemissies van de teelt worden veelal berekend op basis van modellen. Het is onvoldoende getoetst en er is onvoldoende inzicht of de uitkomsten van de lachgasemissie modelberekeningen wel kloppen met de praktijk. De IPCC-methodiek geldt als algemeen geaccepteerde methode. Daarnaast zijn er wel fijnmazigere modellen (DNDC en JRC), alleen waren deze modellen niet geschikt geacht voor gebruik in een praktijknetwerk, zoals Energieboerderij.
- Meten van lekverliezen vergister
De lekverliezen van de vergister maken een aanzienlijk deel uit van de broeikasgasemissies. Het lekverlies van 1% is een literatuur waarde. De bedrijven in het project met een vergister, geven aan dat de vergister 'gasdicht' wordt opgeleverd. Tevens bleek in discussie dat 1% van de productie aan biogas verliezen al snel om grote hoeveelheden biogas gaat. De hoeveelheden waren dusdanig groot, dat een aantal betrokken bedrijven sterke twijfels over de juistheid van de 1% heeft.

Voor beide aanbevelingen gaat het om het helder krijgen of de theoretisch berekende waarden ook daadwerkelijk in de praktijk voorkomen. Beide posten vormen 73% van de broeikasgasemissie voor de gehele energiemaisketen. Dit grote aandeel rechtvaardigt een beter inzicht in de juistheid van de aanname.

1 Inleiding

Deze rapportage is onderdeel van het project Energieboerderij. Het project Energieboerderij heeft als doel om de duurzaamheid van in Nederland geproduceerde biomassa inzichtelijk te maken en te verbeteren. In plaats van het rekenen met gegevens uit de literatuur worden op praktijkbedrijven gegevens verzameld en geanalyseerd. Deze informatie vormt de basis voor het berekenen van duurzaamheidskengetallen en het optimaliseren van energieteelten.

Achtergrond van het project is de discussie over de oplossingsrichtingen voor het energievraagstuk en de bijdrage die hernieuwbare grondstoffen (in het bijzonder energieteelten) daaraan kunnen leveren. De initiatiefnemers van Energieboerderij hanteren als uitgangspunt dat de energieteelt dient te voldoen aan de duurzaamheidscriteria zoals vastgelegd in de EU richtlijn voor energie uit hernieuwbare grondstoffen (RED). Ook de regionale impact van meer energieteelten dient inzichtelijk te zijn. Uitgangspunt daarbij is dat alle berekeningen en resultaten eenduidig en transparant zijn voor alle betrokkenen en geïnteresseerden.

Er is in Energieboerderij gewerkt met een drietal in de praktijk functionerende ketens. De ketens dienen als basis voor de verzameling van bruikbare praktijkcijfers. Het betreft de volgende ketens:

4. Maïsteelt – vergisting - elektriciteit
5. Suikerbietenteelt – vergisting – elektriciteit
6. Koolzaad - PPO/biodiesel

Per keten is een groep ondernemers betrokken waar een van de bovengenoemde gewassen is geteeld. In de keten zijn teelt en verwerking gevolgd (registratie) en de benodigde metingen uitgevoerd. Met deze gegevens is over een periode van 4 jaar de duurzaamheid van het energiegewas voor de totale keten bepaald.

Daarnaast zijn van elk gewas jaarlijks proefvelden en zogenaamde 'best practice' demo's aangelegd waarin teeltvarianten zijn vergeleken en de invloed op de duurzaamheid is bepaald. De verzamelde praktijkcijfers en de cijfers van de proefvelden en de demo's zijn met de verschillende telersgroepen besproken, met als doel vast te stellen waar de verbeterpunten liggen.

De duurzaamheid is bepaald met een, in het project ontwikkelde, meetlat voor energie-efficiency en broeikasgasemissiereductie.

Energieboerderij is een initiatief van Vereniging Innovatief Platteland. De uitvoering is in handen van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR), IRS en Cultus Agro advies.

Het project wordt mogelijk gemaakt door de volgende organisaties: Ministerie van EL&I, Wageningen UR, provincie Limburg, LLTB, Productschap Akkerbouw, Cosun en IRS, Argos Oil, Attero, Carnola, Vitelia, HAS Kennistransfer en OCI-Nitrogen.

1.1 Telergroep energiemais

Een van de doelstellingen van het project Energieboerderij is het ontwikkelen en implementeren van economisch, ecologisch en sociaal verantwoorde teeltwijzen voor de productie van biomassa voor bio-energie of andere biobased toepassingen. Dit moet leiden tot 'best practices' voor de productie van deze biomassa, waarbij in de teelt wordt voldaan aan duurzaamheidscriteria. De ambitie is een bijdrage aan de CO₂ emissie op basis van deze teeltwijzen ten opzichte van de fossiele referentie te ontwikkelen, dit in relatie tot gestelde eisen.

Om dit doel te bereiken zijn er per keten ondernemers geworven die het betreffende gewas, en bij voorkeur voor energietoepassing telen. Voor energiemais zijn via bestaande vergisters en het netwerk van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving te Vredepeel ondernemers benaderd. Hieruit is een groep van vijf deelnemers ontstaan. Van de betrokken bedrijven zijn er drie die zelf een mestvergister op het bedrijf

hebben.

Over de jaren heen is er een groep van drie bedrijven die permanent onderdeel vormde van de telersgroep. De wisselingen in de deelnemers per jaren werden veroorzaakt door het niet meer telen van energiemais.

1.2 Deelnemers telergroepen

De deelnemende bedrijven in de telersgroepen per jaar waren de volgende.

Jaar	Bedrijf
2008	Landgroep 'De Princepeel' Rievershof B.V. Rozendaal Agri v.o.f. Van Gennip Mts. Wilms

Jaar	Bedrijf
2009	Landgroep 'De Princepeel' Rievershof B.V. Rozendaal Agri v.o.f. Van Gennip Van Dijck Agro Merselo

Jaar	Bedrijf
2010	Landgroep 'De Princepeel' Rievershof B.V. Rozendaal Agri Houbensteyn

1.3 Berekeningen energie- en broeikasgasrendement

Het energie- en broeikasgasrendement is berekend met de Energieboerderij meetlat. Voor de juiste interpretatie van de in dit rapport opgenomen waarden wordt naar rapport Beschrijving Energieboerderij meetlat (Van der Voort et al., 2011) verwezen. Dit rapport belicht alleen de resultaten van de berekeningen. Belangrijke kanttekening is dat, naast directe teelt gerelateerde inputs, tevens indirecte energie en broeikasgasemissies zijn meegenomen in de berekening (o.a. mechanisatie en installatie). Dit wijkt af van bekende tools, bijvoorbeeld BioGrace en de CO₂-tool biobrandstoffen, voor de bepaling van het energie- en broeikasgasrendement. De reden hiervoor is het streven naar een volledig beeld qua energiegebruik en broeikasgasemissies, onder andere van belang bij aanscherping van de eisen voor biomassa. Hiermee is inzicht verkregen of de biomassa niet alleen nu, maar ook in de toekomst kan voldoen aan gestelde duurzaamheidseisen.

De resultaten per jaar van de telersgroepen zijn uitgedrukt in een tabel. Deze tabel geeft per teler het resultaat op een aantal gebieden zoals opbrengsten, directe teeltaspecten, indirecte teeltaspecten en rendementen (gehele keten). De opbrengsten zijn gemeten in het veld (vers opbrengst) of via lab analyses bepaald (Droge stof, biogas en methaan). Op basis van de teeltgegevens die per teler zijn opgevraagd en beoordeeld, zijn berekeningen uitgevoerd. De teeltgegevens zijn omgerekend naar energie- en broeikasgasemissiewaarden. Dit is voor de gehele covergistingketen uitgevoerd. De, in dit rapport opgenomen, resultaten per teler betreffen voornamelijk de teeltgegevens. Het energie- en broeikasgasrendement is wel voor de gehele keten.

2 Meetlat resultaten telersgroep energiemais

2.1 Resultaten 2008

In de onderstaande tabel zijn de resultaten voor 2008 van de telersgroep energiemais opgenomen.

Tabel 1.: **Resultaten energiemais telers 2008**

Teler	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbrengst (ton/ha)	Biogasopbrengst (m ³ x1000/ha)	CH ₄ opbrengst (m ³ x1000/ha)	Uitgangsmateriaal (kg CO ₂ -eq./ha)	Organische mest (kg CO ₂ -eq./ha)	Anorganische mest (kg CO ₂ -eq./ha)	Gewasbeschermingsmiddelen (kg CO ₂ -eq./ha)	Energieverbruik (diesel) (kg CO ₂ -eq./ha)	Lachgasemissie (IPCC) (kg CO ₂ -eq./ha)	Mechanisatie (indirect) (kg CO ₂ -eq./ha)	Energierendement (%)	Broeikasgasrendement (%)
1	55	20.6	11.7	6.1	12	131	-	10	592	2.888	87	92	75
2	51.2	18.7	10.8	5.6	20	10	-	10	577	2.142	76	91	77
3	42.3	15.9	9.0	4.7	26	82	-	5	477	1.893	46	92	76
4	52	18.9	10.9	5.8	26	49	-	8	523	3.290	55	92	73
5	52.5	20.3	11.2	5.9	26	23	-	9	747	3.252	104	89	71

De broeikasgasemissie van organische mest is alleen transport van mest. De productie dierlijke mest is in de berekeningen niet toegerekend. Dit is in lijn met de NTA 8080 richtlijn. De hoge scores komen dus vooral door het aanvoeren van dierlijke mest over een grotere afstand of het vaak met kleine hoeveelheden op kortere afstand vervoeren van dierlijke mest. Geen van de telers heeft in 2008 kunstmest gebruikt. De lachgasemissie van de energiemais teelt is veruit de grootste post voor broeikasgasemissie. Dit is een waarde berekend op basis van de IPCC-methodiek. Het betreft dus geen gemeten waarde.

2.2 Resultaten 2009

In de onderstaande tabel zijn de resultaten voor 2009 van de telersgroep energiemais opgenomen.

Tabel 2.: **Resultaten energiemais telers 2009**

Teler	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbrengst (ton/ha)	Biogasopbrengst (m ³ x1000/ha)	CH ₄ opbrengst (m ³ x1000/ha)	Uitgangsmateriaal (kg CO ₂ -eq./ha)	Organische mest (kg CO ₂ -eq./ha)	Anorganische mest (kg CO ₂ -eq./ha)	Gewasbeschermingsmiddelen (kg CO ₂ -eq./ha)	Energieverbruik (diesel) (kg CO ₂ -eq./ha)	Lachgasemissie (IPCC) (kg CO ₂ -eq./ha)	Mechanisatie (indirect) (kg CO ₂ -eq./ha)	Energierendement (%)	Broeikasgasrendement (%)
1	59	21.2	13.7	7.5	21	94	-	8	592	2.808	69	93	78
2	34.6	15.4	9.9	5.4	20	-	-	2	577	2.218	102	92	77
3	37.8	13.3	8.4	4.7	23	8	-	5	576	2.547	50	91	73
4	58	18.6	11.6	6.2	22	31	-	4	717	2.290	55	92	77
5	46.3	18.7	11.7	6.4	22	12	112	4	632	1.981	51	93	79

De broeikasgasemissie van organische mest is alleen transport van mest. De productie dierlijke mest is in de berekeningen niet toegerekend. Dit is in lijn met de NTA 8080 richtlijn. Slechts één van de telers heeft in 2009 kunstmest gebruikt. De lachgasemissie van de energiemaisteelt is veruit de grootste post voor broeikasgasemissie. Dit is een waarde berekend op basis van de IPCC-methodiek. Het betreft dus geen gemeten waarde.

2.3 Resultaten 2010

In de onderstaande tabel zijn de resultaten voor 2010 van de telersgroep energiemaïs opgenomen.

Tabel 3.: **Resultaten energiemaïstelers 2010**

Teler	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbrengst (ton/ha)	Biogasopbrengst (m ³ x1000/ha)	CH ₄ opbrengst (m ³ x1000/ha)	Uitgangsmateriaal (kg CO ₂ -eq./ha)	Organische mest (kg CO ₂ -eq./ha)	Anorganische mest (kg CO ₂ -eq./ha)	Gewasbeschermingsmiddelen (kg CO ₂ -eq./ha)	Energieverbruik (diesel) (kg CO ₂ -eq./ha)	Lachgasemissie (IPCC) (kg CO ₂ -eq./ha)	Mechanisatie (indirect) (kg CO ₂ -eq./ha)	Energierendement (%)	Broeikasgasrendement (%)
1	62.8	17.3	11.0	5.7	23	41	-	9	396	3.623	62	93	72
2	56.6	20.9	13.5	7.2	23	49	-	9	528	2.754	105	93	78
3	42.3	15.5	10.6	5.7	24	3	-	7	369	1.430	51	94	81
4	58.6	16.5	10.2	5.4	23	2	-	6	346	5.181	38	93	64

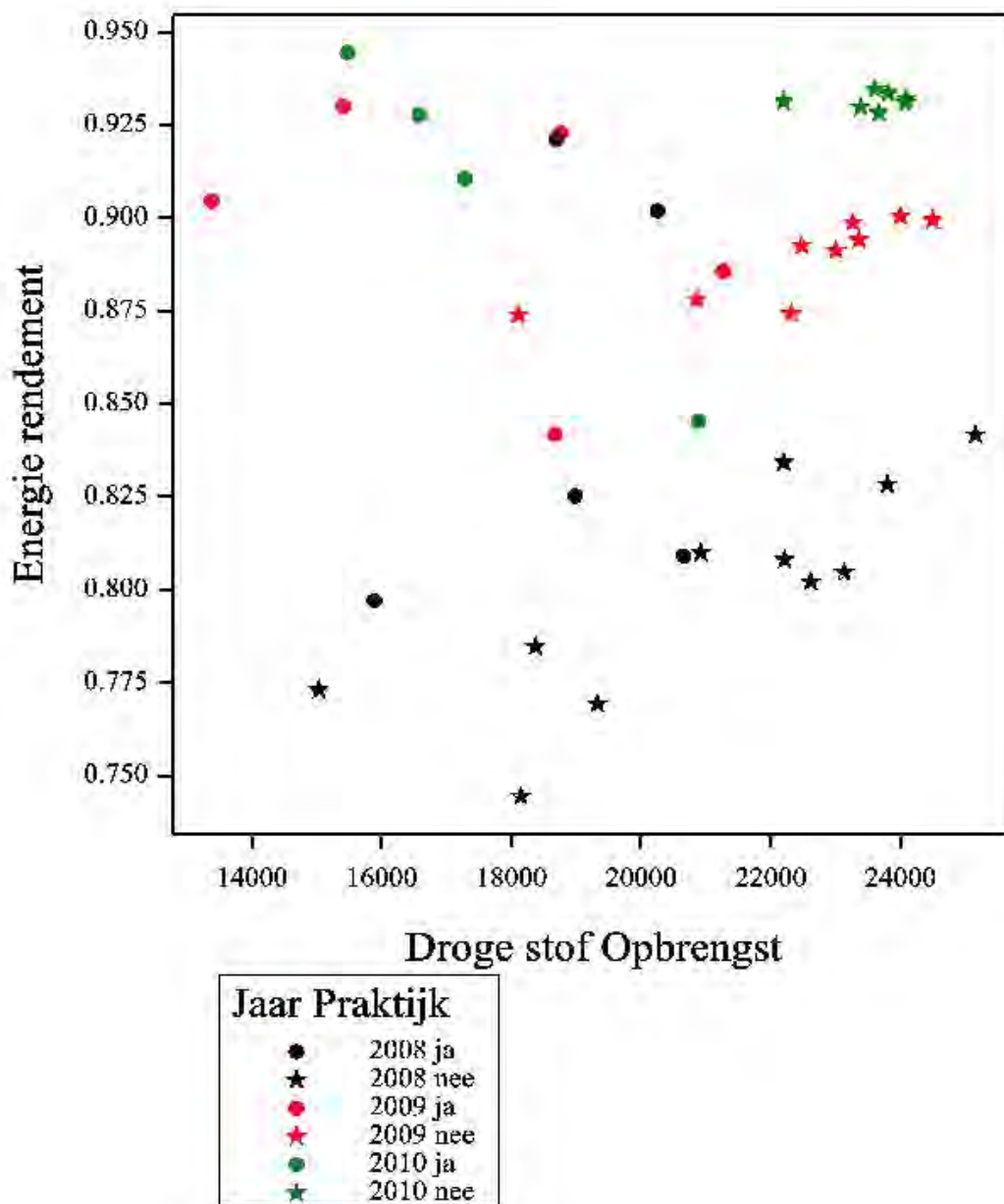
De broeikasgasemissie van organische mest is alleen transport van mest. De productie dierlijke mest is in de berekeningen niet toegerekend. Dit is in lijn met de NTA 8080 richtlijn. Geen van de telers heeft in 2010 kunstmest gebruikt. De lachgasemissie van de energiemaisteelt is veruit de grootste post voor broeikasgasemissie. Dit is een waarde berekend op basis van de IPCC-methodiek. Het betreft dus geen gemeten waarde.

3 Statistische verbanden

De teeltgegevens over de jaren heen geven de mogelijkheid de gegevens statisch te analyseren. Doormiddel van de Bernoulli analyse is getracht verbanden zichtbaar te maken voor de energiemaïsteelt. De verbanden moeten inzicht geven welke aspecten van de teelt de grootste invloed hebben op het energie- en broeikasgasrendement. Voor energie- en broeikasgasrendement is het mogelijk dat andere teeltaspecten van belang zijn. Om dit uit te sluiten is de Bernoulli analyse daarom voor energierendement en broeikasgasrendement apart uitgevoerd.

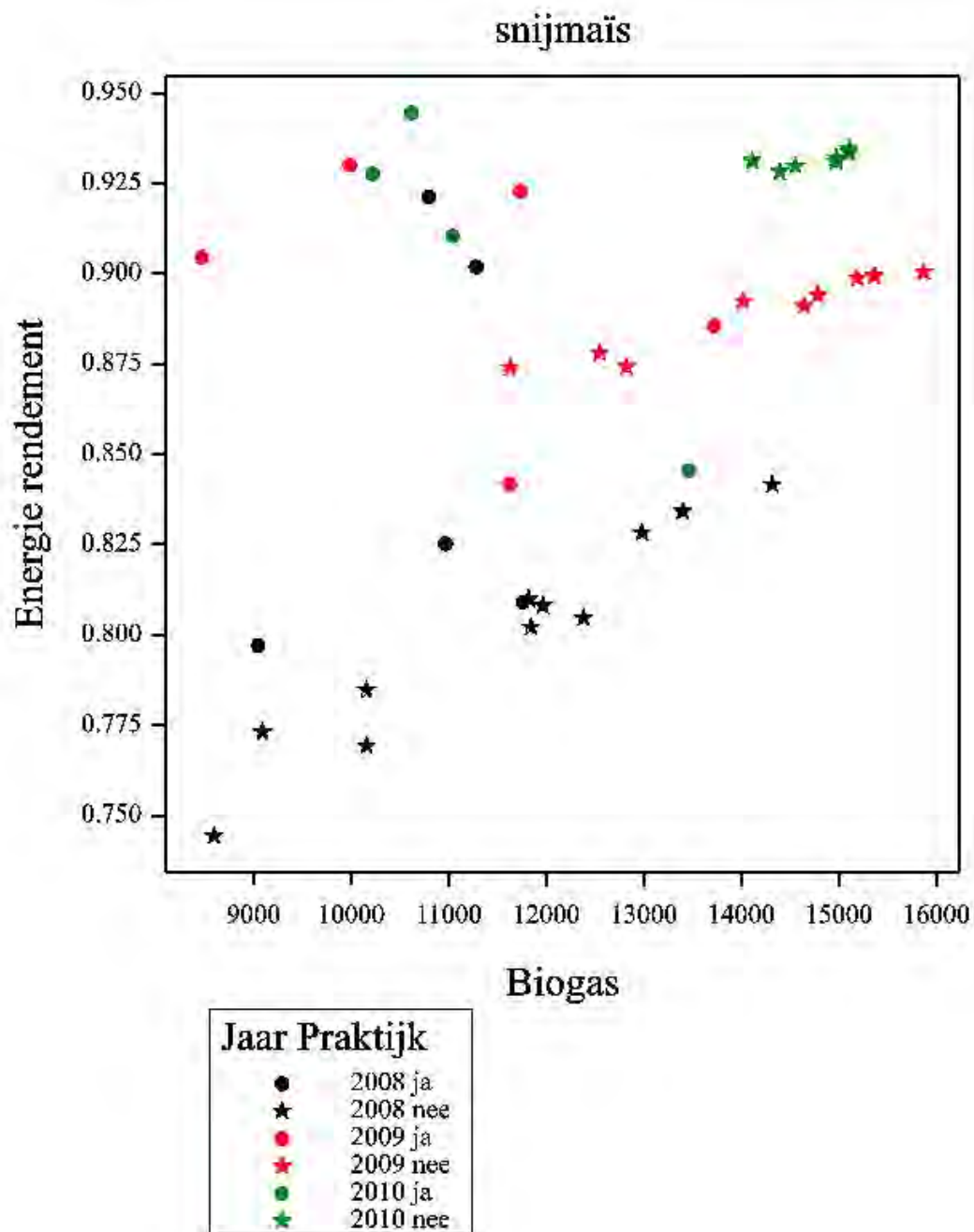
3.1 Energierendement

De statistische analyse laat een volgend beeld zien voor een aantal van de teeltaspecten.



Figuur 1.: **Energierendement snijmaïs uitgezet tegen Drogestof opbrengst (kg/ha).**

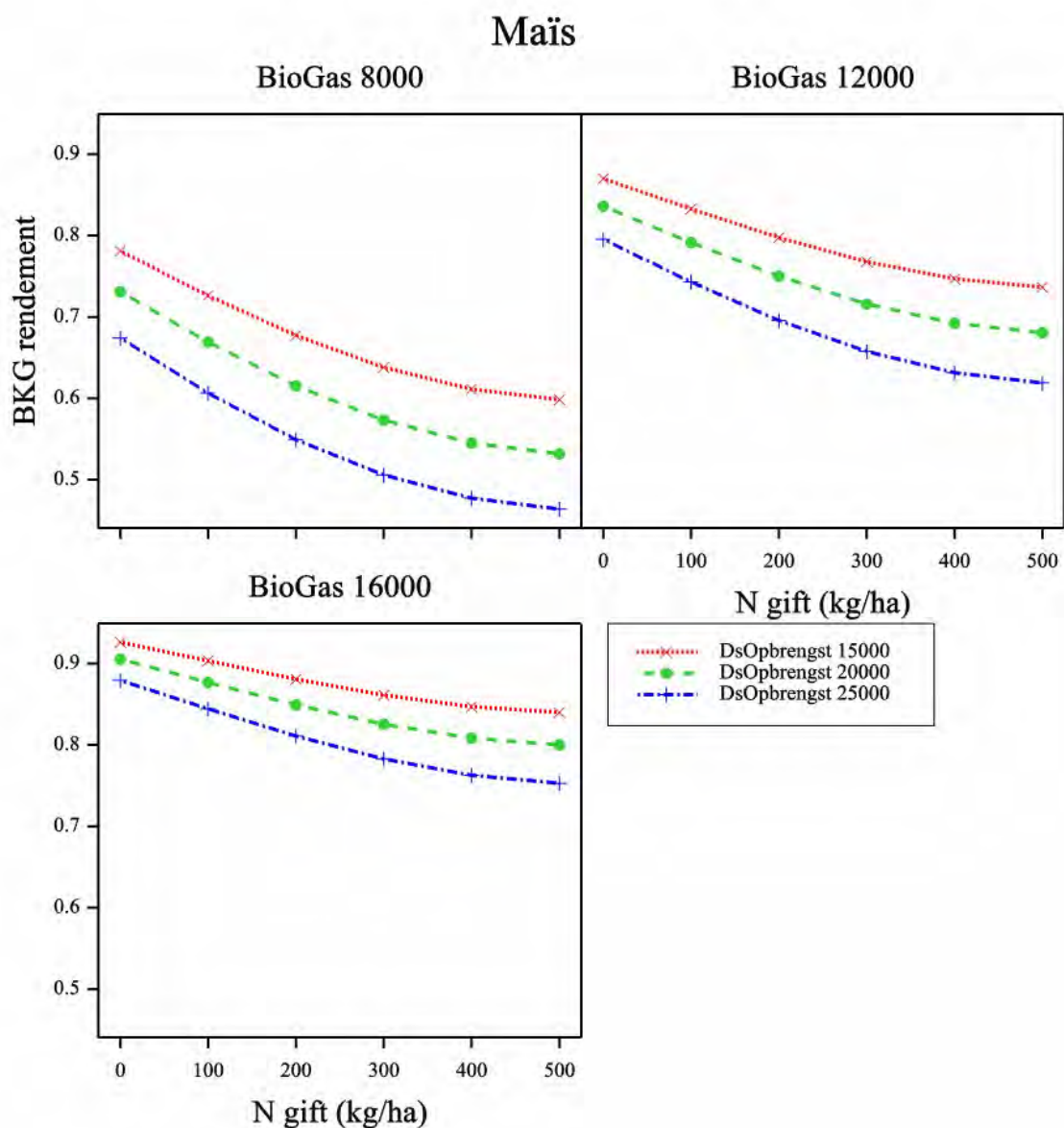
Figuur 1 laat per jaar en voor praktijkbedrijven (ja) en rassenonderzoek (nee) zien hoe er is gescoord. Hieronder is in figuur 2 eenzelfde vergelijking gemaakt voor energierendement en biogasopbrengst.



Figuur 2.: **Energierendement snijmaïs uitgezet tegen Biogas opbrengst (m^3/ha).**

Op basis van de Bernoulli analyse kwam de verklaarde variantie voor energierendement uit op 55,3%. Hoewel de relatie tussen het energierendement en de drogestof opbrengst niet erg sterk is (Figuur 1) en ook niet tussen het energierendement en de hoeveelheid Biogas (Figuur 2) verklaren ze samen toch 55,3 procent van de variantie van het energierendement.

3.2 Broeikasgasrendement



Figuur 3.: **BKG rendement als functie van functie Biogas (m^3/ha) en Ds Opbrengst (kg/ha) en N gift (kg/ha).**

Op basis van de Bernoulli analyse kwam de verklaarde variantie voor broeikasgasrendement uit op 81.4%. De relatie tussen het broeikasgasrendement en de drogestof opbrengst, de hoeveelheid Biogas en de N-gift (Figuur 3) verklaren samen 81,4 procent van de variantie van het broeikasgasrendement. Dit maakt deze drie waarden essentieel in het sturen op een goed broeikasgasrendement. Hieruit afgeleid kan worden gesteld dat opbrengst, rassenkeuze en bemestingsstrategie van belang bij een goed broeikasgasrendement.

4 Rassenonderzoek energiemais

4.1 Opzet en uitvoering

In de jaren 2007 tot en met 2011 is er per jaar een rassenproef in 3 herhalingen aangelegd op PPO-onderzoekslocatie Vredepeel, waarbij de mais geteeld is conform de praktijk. De mais is gezaaid en geoogst met specifieke proefveldmachines van PPO-proefbedrijf-Lelystad. Het onderhoud gedurende het groeiseizoen is telkens verzorgd door PPO-proefbedrijf-Vredepeel.

Doordat de resultaten jaarlijks een duidelijke selectie van rassen opleverde en door voortschrijdend inzicht, is het jaarlijks onderzochte rassensortiment continu aangepast.

Al de jaren is de mais eind april gezaaid. Er is dikker gezaaid en telkens terug gedund, zodat alle rassen elk jaar zijn vergeleken bij 110.000 planten per ha. Elk jaar is het gelukt de onkruidbestrijding met 1 bespuiting te realiseren.

Gedurende het jaar zijn diverse raseigenschappen waargenomen. Bij de oogst is de eerste jaren (2008 en 2009) gekozen voor een oogsttijdstip rond 10 oktober. Dit om het beschikbare groeiseizoen maximaal te benutten en relatief late rassen ook volledige kans in het onderzoek te geven. Hierdoor zijn de relatief vroegere rassen veelal bij een te hoog drogestofgehalte geoogst. Daarnaast waren 2008 en 2009 jaren met relatief veel droogte in juli en augustus. Hier is ook berekend. Gemiddeld moet er op deze percelen rond Vredepeel minimaal 1 keer per jaar berekend worden. De gerealiseerde drogestofgehalten waren in deze twee jaren daardoor vrij hoog.

In 2010 en 2011, jaren met een droog voor- en najaar, maar met natte tot zeer natte zomermaanden, juli en augustus, is gekozen voor een vroeger oogstmoment. Hierbij is meer gekeken naar het optimale gewasstadium (32 tot 38% drogestof) dan naar een optimale benutting van het groeiseizoen. Indien mogelijk dit natuurlijk liefst combineren. In 2010 viel dit toevallig genoeg samen. Er is in dat jaar geoogst op 8 oktober bij 34% drogestof. In 2011 is er wellicht iets te vroeg geoogst op 28 september bij een gemiddeld drogestofgehalte van 32.8%, maar het valt hiermee wel in de optimale range.

De mais is geoogst met een specifieke 2-rijige proefveldhakselaar, waarbij tijdens de oogst automatisch een monster is genomen. Dit monster is vervolgens gestuurd naar ALNN (Agrarisch Laboratorium Noord Nederland), waar drogestofgehalte en kwaliteitsparameters zijn bepaald. Vervolgens zijn deze gemalen monsters verzonden naar het laboratorium van LeAF of Dumea voor bepaling van potentiële biogasproductie en het CH₄% in de biogas. In 2008 zijn de analyses uitgevoerd door LeAF (Lettinga Associates Foundation) te Wageningen en de laatste 3 jaar door Dumea volgens protocol van LeAF. Hierbij is een tussentijdse controle-test uitgevoerd, ter beoordeling van de correcte werkwijze door Dumea. Dus de tests zijn vergelijkbaar, alleen de plaats van uitvoering is anders. Bij elke serie van gasanalyses, zowel binnen het jaar als over de jaren, is er telkens een controle monster in duplo opgenomen. Dit omdat het niveau van de gasproductie per serie en dus ook per jaar kan verschillen. Op basis van het controle monster zijn niveau verschillen gecorrigeerd.

4.2 Resultaten rassenonderzoek energiemais

Hoewel resultaten per jaar natuurlijk interessant zijn, gaat het bij rassenonderzoek met name om meerjarig gemiddelde resultaten. Dit vooral omdat de ras*jaar-interactie bij mais vrij groot is. Weersinvloeden hebben een grote invloed op de groei- en ontwikkeling van maisrassen en daarmee op de resultaten.

De meerjarige resultaten worden elk jaar verwerkt tot een "Rassenbulletin Biogasmais Zuid Nederland".

De resultaten voor 2011, waar de resultaten van de laatste 4 jaar (2008 t/m 2011) zijn verwerkt, worden op korte termijn gepubliceerd in het "Rassenbulletin Biogasmais Zuid Nederland 2012".

De meest interessante rassen komen jaarlijks terug in onderzoek. De rassen met matige resultaten vallen af. De beslissing hierover ligt bij de maisveredelingsbedrijven zelf.

Zoals eerder aangegeven zijn de rassen met de hoogste methaangasproductie per ton vers het meest interessant voor het rendement van de vergister, zeker bij aankoop van mais. Verschillen tussen rassen in

lopen uiteen van 115 tot 146 m³ methaangas per ton vers. Een verschil van 25% in gasproductie voor een zelfde hoeveelheid te “handelen” ton verse mais. Voor hetzelfde werk krijgt men bij het beste ras dus 25% meer CH₄-gas per ton vers.

De teelt ‘de vergister’ de biogasmais zelf dan gaat de methaangasopbrengst per hectare een grotere rol spelen, want hoe hoger deze is, hoe minder mais (hectaren) er geteeld hoeft te worden. Het verschil in methaangasproductie per hectare loopt op tot ruim 8% (8.153-8.833 m³). Gaat er bijvoorbeeld in een vergister 100 hectare mais van het minste ras, dan hoeven er maar ongeveer 92 hectare van het beste ras geteeld te worden. Een belangrijk verschil in teelt doel ‘Feed or Fuel’. De methaangasproductie per hectare is daarnaast ook van belang voor economische rendement van de teelt, als ook voor het energetische en milieukundige rendement. De rendementen zijn het verschil tussen input en output. In het rassenonderzoek is de input per hectare voor alle rassen gelijk, maar de output dus niet.

Voor het economisch rendement van de vergistingsinstallatie alsook voor het economisch, energetisch en milieukundig rendement van de biogasmais teelt en daarmee voor de publieke opinie zijn rasverschillen van groot belang. Met name het veredelingswerk, maar ook de juiste selectie van rassen in het rassenonderzoek spelen hier een belangrijke rol.

4.3 Meetlat resultaten energiemais 2008

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de rassenproef energiemais voor 2008 opgenomen.

Tabel 4.: **Resultaten rassenproef energiemais 2008**

Ras	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbrengst (ton/ha)	Biogasopbrengst (m ³ x1000/ha)	CH ₄ opbrengst (m ³ x1000/ha)	Energierendement (%)	Broeikasgasrendement (%)
Aabsolut	59,1	22,2	12,0	6,2	91	75
Atendo	75,5	23,1	12,4	6,4	91	75
Ras X	69,9	19,3	10,2	5,3	89	72
Busti CS	54,3	18,1	8,6	4,6	89	69
Kalimero	30,2	15,0	9,1	4,8	91	72
NK Magitop	57,3	20,9	11,8	6,2	92	75
NK Sigmund	61,6	25,5	14,3	7,5	93	78
Sarabande	54,7	22,2	13,4	7,1	93	77
Seiddi CS	71,1	22,6	11,8	6,2	91	74
Subito	47,6	18,4	10,2	5,3	89	72
Winn	52,2	23,7	13,0	6,8	93	77

Op basis van de rassenproef 2008 komen NK Sigmund, Sarabande en Winn als beste uit de proef op basis van energie- en broeikasgasrendement.

De rassenproef energiemais is gericht geweest op een succesvolle proef. Hierdoor valt het energie- en broeikasgasrendement gemiddeld genomen lager uit dan in de praktijk haalbaar. De rassenproef is bedoeld om onder gelijke omstandigheden de raseigenschappen helder te krijgen. Hierdoor voldoen niet alle rassen aan de broeikasgasrendementseis. Voor het broeikasgasrendement is een richtlijn vastgesteld in de NTA 8080 van 70% als minimumeis voor elektriciteits- en warmteproductie (par. 5.2.1, NTA 8080:2009).

4.4 Meetlat resultaten energiemais 2009

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de rassenproef energiemais voor 2009 opgenomen.

Tabel 5.: **Resultaten rassenproef energiemais 2009**

Ras	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbrengst (ton/ha)	Biogasopbrengst (m ³ x1000/ha)	CH ₄ opbrengst (m ³ x1000/ha)	Energierendement (%)	Broeikasgasrendement (%)
Aabsolut	58,9	24,0	15,9	8,5	94	80
Atendo	61,5	22,3	12,8	6,9	92	77
CSM8506	50,8	20,8	12,5	6,8	92	76
Kalimero	40,8	18,1	11,6	6,3	93	76
NK Magitop	57,8	23,4	14,8	8,0	94	79
NK Sigmund	54,5	24,5	15,4	8,3	94	80
Sarabande	53,4	23,3	15,2	8,2	94	79
Seiddi CS	60,3	23,0	14,6	7,9	93	79
Winn	47,7	22,5	14,0	7,6	94	79

Op basis van de rassenproef 2009 komen Aabsolut, NK Sigmund en Sarabande als beste uit de rassenproef op basis van energie- en broeikasgasrendement.

De rassenproef energiemais is gericht geweest op een succesvolle proef. Hierdoor valt het energie- en broeikasgasrendement gemiddeld genomen lager uit dan in de praktijk haalbaar. De rassenproef is bedoeld om onder gelijke omstandigheden de ras eigenschappen helder te krijgen. Desondanks voldoen alle rassen aan de broeikasgasrendementseis. Voor het broeikasgasrendement is een richtlijn vastgesteld in de NTA 8080 van 70% als minimumeis voor elektriciteits- en warmteproductie (par. 5.2.1, NTA 8080:2009).

4.5 Meetlat energiemais 2010

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de rassenproef energiemais voor 2010 opgenomen.

Tabel 6.: **Resultaten rassenproef energiemais 2010**

Ras	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbrengst (ton/ha)	Biogasopbrengst (m ³ x1000/ha)	CH ₄ opbrengst (m ³ x1000/ha)	Energierendement (%)	Broeikasgasrendement (%)
Aabsolut	70,2	23,4	14,6	7,5	94	76
Alduna	66,5	23,6	15,1	7,9	95	77
ES Cargo	72,7	24,1	15,0	7,8	94	77
Farmflex	69,8	23,8	15,1	7,9	94	77
NK Sigmund	69,0	24,1	15,0	7,7	94	77
NX 14448	72,6	23,7	14,4	7,5	94	76
Sarabande	63,8	22,2	14,1	7,3	94	76

Door de keuze van de rassen liggen waarden erg dicht bij elkaar. Dit betreft vooral de opbrengst waarden. Hierdoor komt het energierendement (%) voor alle rassen afgerond op een gelijke waarde uit. Het broeikasgasrendement geeft een vergelijkbaar beeld. Hier liggen de waarden tussen de 76% en 77%. Hierdoor scoren de Alduna en Farmflex komen voor 2010 als rassen met de beste rendementswaarden uit de bus.

De rassenproef energiemais is gericht geweest op een succesvolle proef. Hierdoor valt het energie- en broeikasgasrendement gemiddeld genomen lager uit dan in de praktijk haalbaar. De rassenproef is bedoeld om onder gelijke omstandigheden de ras eigenschappen helder te krijgen. Alle rassen voldoen aan de broeikasgasrendementseis. Voor het broeikasgasrendement is een richtlijn vastgesteld in de NTA 8080 van 70% als minimumeis voor elektriciteits- en warmteproductie (par. 5.2.1, NTA 8080:2009).

5 Resultaten en ‘best practices’

Voordat er resultaten en ‘best practices’ benoemd kunnen worden, is een kanttekening op zijn plaats. De kanttekening geldt voornamelijk voor de koolzaadteelt, maar is tevens relevant voor energiemais. De jaren 2008, 2009 en 2010 kenden elk een bijzonder weersverloop. De resultaten van de energiemaissteelt van deze drie jaren kunnen derhalve niet als representatief voor alle energiemaissteelt gelden. Tevens is drie jaar te kort voor het trekken van conclusies op basis van de gemeten en berekende gegevens.

Het energierendement van alle telers over de drie jaren heen kwam op 92%. Het broeikasgasrendement voor alle telers over de drie jaren heen kwam op 75%. Voor het broeikasgasrendement is een richtlijn vastgesteld in de NTA 8080 van 70% als minimumeis voor elektriciteit en warmte (par. 5.2.1, NTA 8080:2009).

De huidige teelt van energiemais valt hiermee binnen de gestelde eisen qua duurzaamheid.

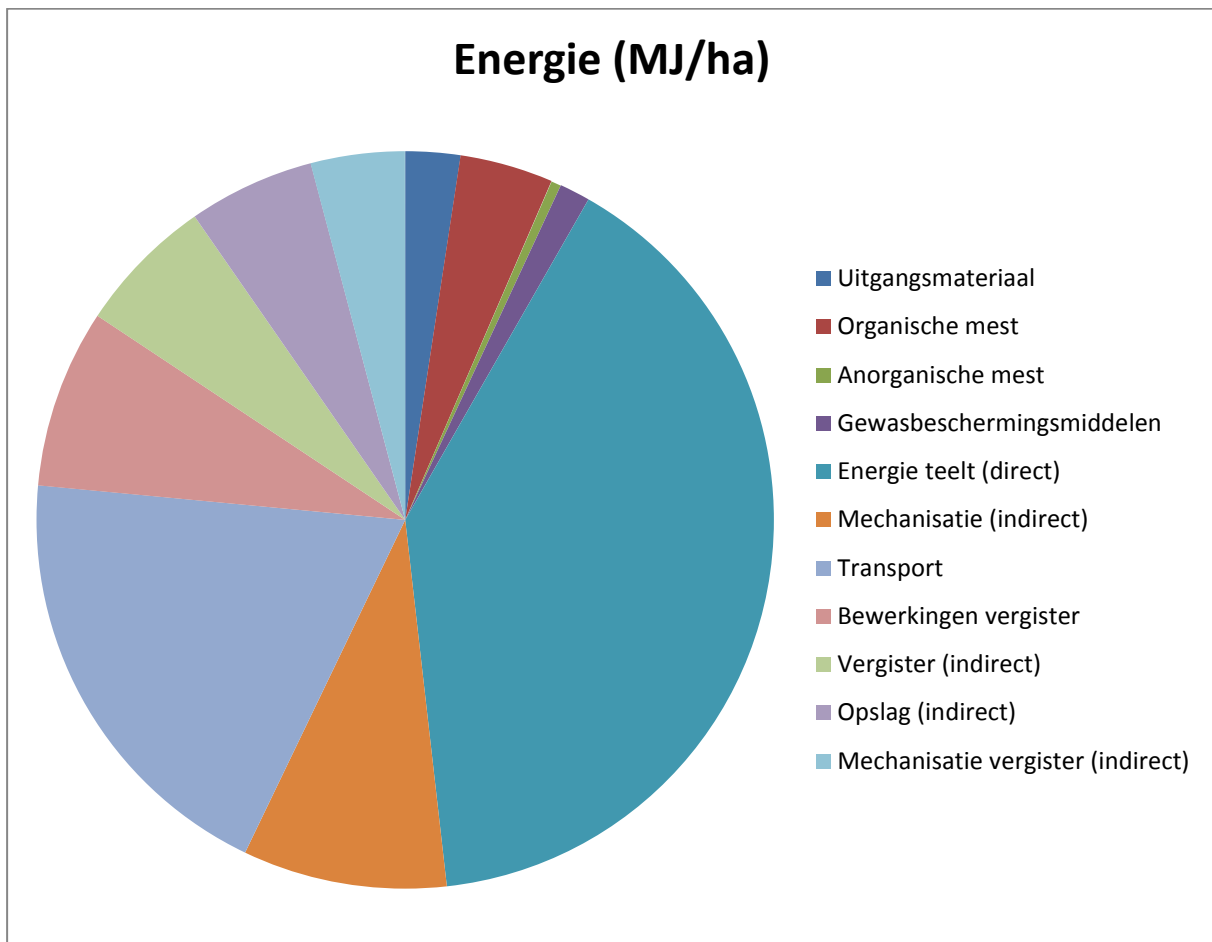
Op basis berekeningen voor energiemais komen twee aanbevelingen over het hele project Energieboerderij naar voren. Deze twee aanbevelingen gelden tevens voor de suikerbietenteelt en deels voor de koolzaadteelt. De aanbevelingen zijn:

- Meten van lachgasemissies
Lachgasemissies van de teelt worden in veelal berekend op basis van modellen. Het is onvoldoende getoetst en onvoldoende inzicht of de uitkomsten van de lachgasemissie modelberekeningen wel kloppen met de praktijk. De IPCC-methodiek geldt als algemeen geaccepteerde methode. Daarnaast zijn er wel fijnmazigere modellen (DNDC en JRC), alleen waren deze modellen niet geschikt geacht voor gebruik in een praktijknetwerk, zoals Energieboerderij.
- Meten van lekverliezen vergister
De lekverliezen van de vergister maken een aanzienlijk deel uit van de broeikasgasemissies. Het lekverlies van 1% is een literatuur waarde. De bedrijven in het project met een vergister, geven aan dat de vergister ‘gasdicht’ wordt opgeleverd. Tevens bleek in discussie dat 1% van de productie aan biogas verliezen al snel om grote hoeveelheden biogas gaat. De hoeveelheden waren dusdanig groot, dat een aantal betrokken bedrijven sterke twijfels over de juistheid van de 1% heeft.

Voor beide aanbevelingen gaat het om het helder krijgen of de theoretisch berekende waarden ook daadwerkelijk in de praktijk voorkomen. Beide posten vormen 73% van de broeikasgasemissie voor de gehele energiemaisketen. Dit grote aandeel rechtvaardigt een beter inzicht in de juistheid van de aannames.

5.1 Energierendement

De onderstaande figuur geeft een duidelijke verdeling van teeltaspecten weer welke het energieverbruik van de teelt bepalen. Figuur 4 kan helpen bij het inschatten van het effect van besparingsopties op het totale energierendement. Zie bijlage 1 voor de achterliggende cijfers.

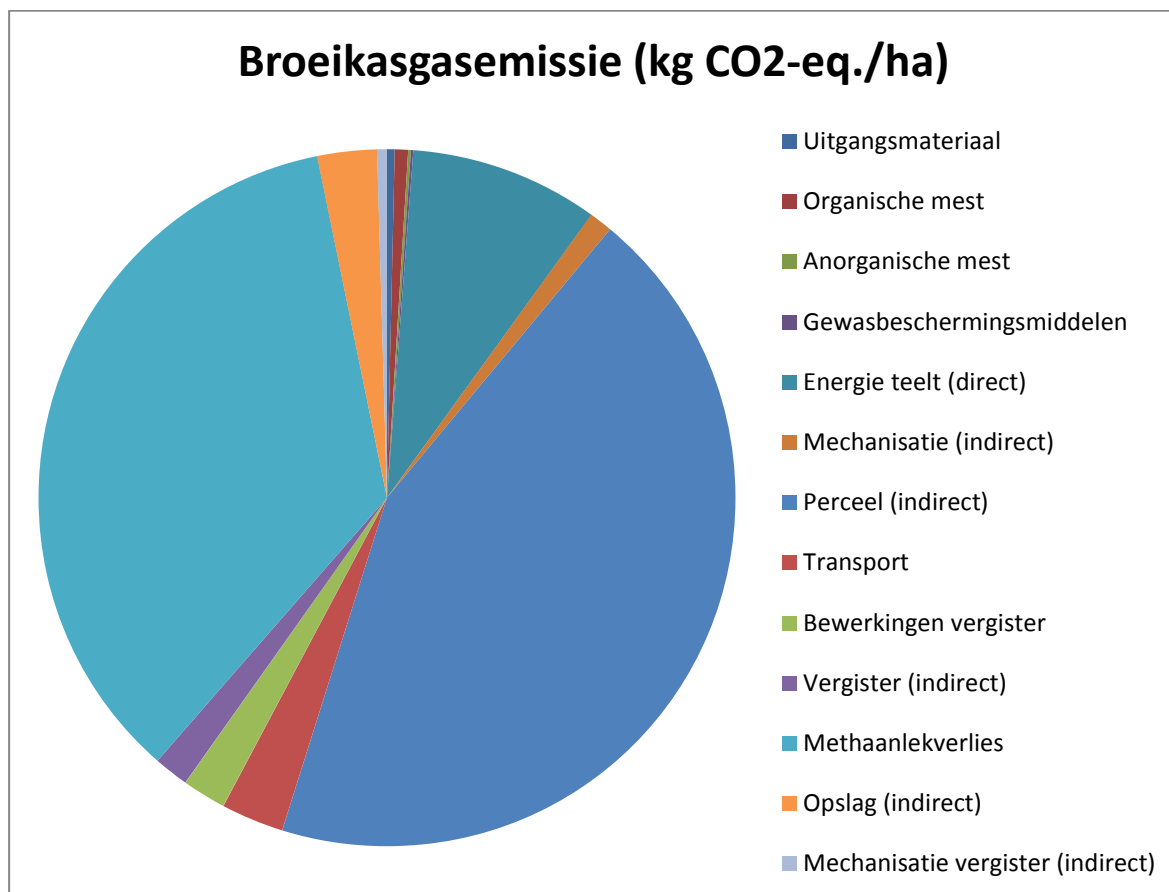


Figuur 4.: **Verdeling van het totale energieverbruik over de verschillende stappen in de productieketen van energie uit maïs (gemiddelde van alle telers over 3 jaar)**

Er zijn een aantal aspecten die een aanzienlijk deel bijdragen aan het energieverbruik van de energiemaïsteelt. Het transport van organische (dierlijke) mest is gemiddeld over de telers en jaren heen een wat grotere post. De grootste post is het energieverbruik (diesel) in de teelt van energiemaïs. Dit gevolgd door transport (van coproduct en afvoer digestaat) en bewerkingen bij de vergister. De overige posten zijn indirecte posten.

5.2 Broeikasgasrendement

De onderstaande figuur geeft een duidelijke verdeling van teeltaspecten weer welke de broeikasgasemissie van de teelt bepalen. Figuur 5 kan helpen bij het inschatten van het effect van besparingsopties op de broeikasgasemissiereductie. Zie bijlage 1 voor de achterliggende cijfers.



Figuur 5.: **Verdeling ketenaspecten over de totale broeikasgasemissie per hectare energiemais (gemiddelde van alle telers over 3 jaar)**

Voor broeikasgasemissies blijkt dat twee theoretische waarden de grootste impact op de broeikasgasemissie heeft. De lachgasemissie en methaanlekverlies zijn 79% van de totale broeikasgasemissie. De lachgasemissies door gebruik en aanwending van meststoffen (perceel indirect) is berekend op basis van de IPCC-methodiek. Het betreft dus geen gemeten waarde in het veld. Een tweede aspect is het methaanlekverlies bij de vergister. Op basis van literatuur is dit gesteld op 1% van de productie. Methaan (CH₄) is een sterker broeikasgas als CO₂, factor 25 sterker. Het lekverlies telt mede hierdoor sterk mee in de totale broeikasgasemissie over de gehele keten.

5.3 Best practices

De best practices voor energiemais zijn hieronder benoemd naar belang. Tijdens de telerbijeenkomsten over de verschillende jaren heen is er aandacht besteed aan 'best practices'. In samenspraak met de telers is in november 2011 gewerkt aan een aantal concrete aanbevelingen.

- Juiste keuze energiemaisras
De opbrengst vers, maar vooral ook in biogas zijn van invloed op het resultaat. In bijvoorbeeld het rassenonderzoek Biogasmaïs Zuid Nederland komt duidelijk naar voren dat er verschil is tussen energiemaisrassen. De biogas- of methaangasopbrengst is hierin meegenomen en loopt tussen de rassen sterk uiteen. De statistische analyse laat tevens zien dat biogasopbrengst, droge stof opbrengst en N-gift in grote mate bepalend zijn voor het broeikasgasrendement.
- Efficiënte inzet van mechanisatie
De efficiënte inzet van mechanisatie ligt in lijn met de inzet van dierlijke mest. Het uitvoeren van bewerkingen in lijn met een aantal aanbevelingen kan het energieverbruik (diesel) mogelijk verder verlaagd worden. De inzet van een juiste trekker in relatie tot het werktuig is hier één van. Net zoals juiste bandenspanning en zo groot mogelijke bandenmaat.
- Beperken totale mestgift
Het beperken van de mestgift is een lastig thema. De mestwetgeving is voor zuidoost Nederland al scherp. Het nog verder beperken van de totale mestgift kan tevens invloed hebben op de opbrengst. De aandacht voor mogelijkheden om toch de totale mestgift te beperken is meer een aanbeveling. Een aanbeveling die vooral door de lachgasemissieberekening (IPCC) is ingegeven. Hierin wordt de mestgift (N-gift) meegenomen.

Bijlage 1: Energiegebruik- en broeikasgasemissie

Ketenstappen	Gemiddelde van maïstelers (2008-2010)	
	Energiegebruik (MJ/ha)	Broeikasgasemissie (CO ₂ -eq./ha)
Uitgangsmateriaal	375	22
Organische mest transport	640	38
Anorganische mest	67	8
Gewasbeschermingsmiddelen	211	7
Energie (direct)	6.233	546
Mechanisatie (indirect)	1.393	68
Perceel (indirect)		2.736
Transport	3.022	182
Bewerkingen vergister	1.221	127
Vergister (indirect)	940	101
Methaanlekverlies (indirect)		2.208
Opslag (indirect)	865	172
Mechanisatie vergister (indirect)	644	29
Totaal	15.611	6.243

De toelichting per ketenstap is terug te vinden in de toelichting van de gebruikte meetlat in het project Energieboerderij.

Referentie: Voort, Marcel van der, Stilma, Eveline, Beschrijving meetlat Energieboerderij voor energiegebruik en broeikasgasemissies, Toelichting van de gehanteerde opzet en rekenregels, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, januari 2012

