

Energiekompas voor de Veenkoloniën

Eindrapport onderzoek 2007-2009

K.H. Wijnholds, J.A.M. Groten, M.P.J. van der Voort, J.A.L.M. Kamp en R.D. Timmer

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan 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.

Dit onderzoek is financieel mede mogelijk gemaakt door:

Samenwerkingsverband Noord-Nederland (SNN)

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)

kweekbedrijven: Syngenta, Limagrain Nederland, SWS, Innoseeds, RAGT en Caussade Semences

Productschap Akkerbouw

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO)

Projectnummer: 3250081900

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Businessunit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 – 29 11 11

Fax : 0320 – 23 04 79

E-mail : infoagv.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING	10
2 ENERGIEGEWASSEN.....	12
2.1 Miscanthus, aardpeer, Durchwachsende Silphie	12
2.2 Soedangras en Sorghum.....	13
2.3 Bieten	15
3 BIOGASMAÏS	19
3.1 Rassen, plantdichtheden en oogsttijdstip	19
3.2 Berekening en N-bemesting.....	23
3.3 Invloed kwaliteit op methaangasproductie per ton os.....	27
3.4 Teelt van maïs na tussenteelt rogge	33
4 TOEPASSING DIGESTAAT	35
4.1 Toepassing digestaat bij biogasmaïs	35
4.2 Toepassing digestaat bij zetmeelaardappelen	39
5 NEMATOLOGISCHE ASPECTEN.....	42
5.1 Nematologische aspecten van aanpassen van veenkoloniale bouwplan aan teelt biogasmaïs	42
5.2 Effecten van biogasmaïs op de populatie <i>Pp</i> en opbrengst van maïs en zetmeelaardappelen.	43
6 INVLOED BIOMASSAPRODUCTIE OP BODEMVRUCHTBAARHEID	46
7 OVERZICHT OUTPUT PROJECT	48

Samenvatting

Bij de start van het project Energiekompas was reeds duidelijk dat de vraag naar hernieuwbare grondstoffen zal toenemen. De wens om tot een reductie van de broeikasemissie te komen en de daarmee samenhangende klimaatverandering vormt daarvoor de basis. Tevens werd voorzien dat de duurzaamheid in toenemende mate aangetoond zou moeten worden. De Europese Commissie heeft inmiddels de Renewable Energy Directive (RED: 2009/28/EC) goedgekeurd. Hierin zijn voor de lidstaten bindende nationale streefcijfers voor gebruik van hernieuwbare grondstoffen geformuleerd. Zo dient Nederland in 2020 20% van de energie op te wekken uit hernieuwbare bronnen en 10% van de transportbrandstoffen dient te bestaan uit biobrandstof.

De bio-energie biedt nieuwe kansen voor de landbouw. Er komt immers een forse afzetmarkt bij en dat geeft perspectief voor veel ondernemingen. De Veenkoloniën zijn in beginsel geschikt om grote hoeveelheden biobrandstoffen te produceren. In het gebied doen vooral covergistinginstallaties opgang met in de praktijk veelal maïs als covergistingmateriaal. Het project Energiekompas is gestart om te bezien of er goede alternatieve grondstoffen voorhanden zijn, welke gevolgen een vergroting van deze grondstofproductie heeft voor het Veenkoloniale bouwplan en op welke wijze de productie van duurzame grondstoffen geoptimaliseerd kan worden.

De ambitie van het project is om teeltsystemen te ontwikkelen die economisch, ecologisch, energetisch en sociaal duurzaam zijn voor de veenkoloniale zand- en dalgronden: maximale biomassa- en energie-efficiëntie wordt gekoppeld aan minimale emissie en maximaal economisch rendement binnen de sociale kaders. Op deze manier kan de landbouw een bijdrage gaan leveren aan milieudoelstellingen van de nationale overheid op terrein van broeikasgasemissie, toename van het gebruik van biotransportbrandstoffen en verhoging van het aandeel duurzame energiebronnen in Nederland. Het project "Energiekompas voor de Veenkoloniën" richt zich op het perspectief voor de Veenkoloniën.

Voor hernieuwbare energiebronnen gelden een aantal duurzaamheidscriteria. Centraal staat de reductie van broeikasgasemissie. Maar ook de energie-efficiency van de teelt is van belang: hoeveel input aan energie (voor teelt en vergisting) vraagt de productie van een eenheid geproduceerde energie uit biomassa. Om dit te berekenen is gebruik gemaakt van een energiemeetlat die is ontwikkeld in het kader van een ander project, genaamd De Energieboerderij. Dit rekenmodel berekent de kengetallen volgens de richtlijnen geformuleerd in de RED. In het model worden alle inputs van de teelt en (in dit verband) covergisting meegenomen, zowel directe als indirecte energie. Het gaat bijv. om het gebruikte uitgangsmateriaal, de meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en het diesilverbruik bij de teelt. De lachgasemissie is berekend op basis van het IPCC model (houdt rekening met bijv. het gebruik van meststoffen, gewasresten en uitspoeling). Het diesilverbruik van het transport van het energiegewas en de afvoer van digestaat is meegenomen, alsook de elektriciteitsbehoefte van de vergister en ook de indirecte emissies voor de bouw van de vergister.

Energiegewassen met potentie

In het project is de geschiktheid van een aantal gewassen onderzocht voor de productie van biogas. Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde biogasproductie per ha van maïs minstens 70-85% hoger ligt dan van de genoemde alternatieve gewassen. Dit heeft ertoe geleid dat bij het vervolgonderzoek het gewas maïs meer centraal is gesteld. In 2010 zijn ook gasbepalingen gedaan aan bieten waarbij een zeer hoge potentiële gasopbrengst is vastgesteld van meer dan 10.000 m³ per ha. Het vergisten van bieten levert echter wel meer problemen op dan van maïs (o.a. tarra, bewaring en noodzakelijke voorbewerking). Het is wel een gewas dat naast maïs perspectieven biedt voor bio-energieproductie en nader onderzoek is de moeite waard.

Tabel 1 **Opbrengst van verschillende potentiële energiegewassen en ter vergelijking energiemaïs; methaangasopbrengst excl. bewaarverliezen; Rolde en Valthermond 2008, 2009.**

	opbrengst in ton/ha			org.stof %	biogas m ³ /ton os	CH4 %	opbrengst m ³ /ha CH4
	vers	ds-%	drogestof				
Aardpeer knol	40	19	7.5	88	700	60	2800
Aardpeer loof	23	22	5	85	380	57	900
Miscanthus *	60	40	15-25	93	300	57	3900
Soedangras	54	25	13.5	94	470	59	3500
Sorghum	65	20	13	94	500	59	3500
Energiebieten knol	110	23	25	98	590	58	8500
Energiebieten loof	45	13	6	83	600	60	1800
Silphie**							
Biogasmaïs	70	30	21	97	600	56	6900

* Vers geoogst in oktober

** Opbrengst- en gascijfers nog niet beschikbaar

Biogasmaïs

Gedurende drie jaar zijn een negental maïsrassen vergeleken op geschiktheid als biogasmaïs. In tabel 2 zijn de belangrijkste resultaten samengevat. Hieruit is af te leiden dat er grote verschillen in gasopbrengst per ha tussen de rassen bestaan. Een goede rassenkeuze biedt de mogelijkheid om veel meer gas te produceren voor dezelfde kosten.

Tabel 2 **Resultaten van rassenvergelijking maïs (opbrengst, gasproductie per ton en per ha); gemiddelden 2007-2009, weergave in absolute getallen.**

	aantal jaar onderzoek	verse opbrengst ton/ha	Drogestof gehalte %	Drogestof opbrengst ton/ha	Biogas m ³ /ton os	CH4gas m ³ /ton os	Biogas m ³ *1000/ha	CH4gas m ³ *1000/ha	CH4gas/ ton vers	water ton/ha
NKMagitop	3	74	29.5	21.8	600	343	12.8	7.3	98	53
Aabsolut	2	77	28.1	21.6	608	346	12.8	7.3	94	56
NKSigmund	2	72	29.8	21.3	600	340	12.4	7.0	98	51
Sarabande	2	66	30.9	20.4	610	347	12.2	6.9	105	46
Kandidaat3	1	72	29.4	21.1	593	335	12.1	6.9	96	51
Winn	3	69	30.5	20.8	598	338	12.1	6.9	100	48
SeiddiCS	3	81	26.5	21.3	588	331	12.1	6.8	85	60
Atendo	3	79	26.6	20.8	582	330	11.7	6.6	85	58
Kandidaat1	1	84	25.6	21.5	558	312	11.7	6.5	78	63
CSM8506	1	78	27.4	21.2	564	313	11.6	6.4	83	56
Kalimero	3	50	34.9	17.3	639	363	10.9	6.2	125	32
Kandidaat2	1	95	22.8	21.6	530	293	11.1	6.1	64	73

* Kandidaat1,2,3 zijn rassen onder code.

Een beknopte economische analyse laat zien dat het financiële voordeel van een juiste rassenkeuze voor een vergister van 2 MW kan oplopen tot € 500-850.000 per jaar (ofwel een 20-40% hogere bruto jaaropbrengst).

Kwaliteitsproef maïs

Geoogste maïs is een zeer heterogeen product, met daarin delen van stengel, blad, korrel en spil. Gedurende drie jaar is de invloed van de kwaliteit (samenstelling) van maïs op de methaangasproductie per ton organische stof onderzocht. Hierbij zijn 11 sterk uiteenlopende maïstypen op 3 oogstmomenten met

elkaar vergeleken op chemische samenstelling en methaangasproductie per ton os.

Afhankelijke van het type, het ras en het oogstmoment bestaat de organische stof van het gehele maïsgewas globaal voor 30-70% uit plant, voor 10% uit spil en voor 20-60% uit korrel. De plant bestaat voor 70-80% uit celwanden, verder voornamelijk uit eiwit (8%) en suiker (3 - 10%) en nog een rest. De spil bestaat voor 80-90% uit celwanden. De korrel bestaat voor 70% uit zetmeel en verder uit celwanden (10%), eiwit (10%) en vet (5%). De belangrijkste componenten in de maïs zijn dus zetmeel en celwand, samen meestal goed voor 75% van de organische stof. Bij de oogst gemiddeld 250-450 gram zetmeel per kg organische stof (os) aanwezig. Bij een zetmeelrijk type kan het gehalte oplopen tot bijna 500 gram/kg organische stof (os).

Uit onderzoek in 2007 en 2008 blijkt de biogasproductie uit de korrel het hoogst te zijn, gevolgd door die uit de spil; de plant laat de laagste gasproductie zien. Het methaangehalte (55-57%) in de biogas verschilt in die jaren niet wezenlijk per gewasonderdeel. In 2009 blijkt het methaangehalte in de korrel (59-60%) echter hoger te zijn dan in de plant (52-53%) en de spil (54-55%). Op gewasniveau ligt het gehalte echter opnieuw op 55-57%. De kleine verschillen worden veroorzaakt door verschillen in korrelaandeel van de maïstypen. Het maïstype (ras) blijkt sterk bepalend voor de biogas- en methaangasproductie per ton os.

Verschillen in chemische samenstelling zijn van invloed op de gasproductie en snelheid van gasproductie. Met name de factoren zetmeelgehalte (gasproductie korrel) en celwandverteerbaarheid - Ndf (gasproductie plant en spil) hebben een positief effect. Het celwandgehalte en alle aan het celwandgehalte gerelateerde parameters hebben een negatieve invloed.

Statistisch geeft de formule op basis van celwandgehalte de best voorspellende waarde:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = 540 - 0.44 * \text{Ndf} \text{ (R}^2\text{adj}=49\%)$$

Daarnaast zijn de verteringscoëfficiënt organische stof (VC-os) en de $\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os}$ positief gecorreleerd en wel volgens een lineaire regressie, waarbij de regressiecoëfficiënt wordt bepaald door het zetmeelgehalte, volgens de formule:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = (1.2 + (\text{zetmeelgehalte}/100)) * \text{VC-os}.$$

Met deze formules kan een inschatting gemaakt worden van de methaangasproductie per ton os, waardoor maïsgewassen en maïskuilen beter te beoordelen zijn op geschiktheid voor vergisting en kan een inschatting gemaakt worden van de potentiële gasproductie. Tevens kan op basis van deze formule de geschiktheid van rassen, waarvan de specifieke methaangasproductie niet bekend is, maar wel het potentiële zetmeelgehalte en VC-os worden ingeschat ten opzichte van andere rassen. Wel behoeft deze formule naar de toekomst toe waarschijnlijk nog enige verbetering. Extra onderzoek verdient aanbeveling.

Effect beregening

Of één of meerdere keren beregenen bij maïs economisch uitkan, hangt af van de opbrengstverhoging en de kosten die worden gemaakt voor het beregenen. Bij de teelt van energiegewassen is het echter niet alleen belangrijk te weten of de inzet van beregening economisch rendabel is maar ook of het duurzaam is. In de jaren 2007 t/m 2009 waren de maanden mei, juni en juli over het algemeen vrij nat tot nat. Ook in augustus viel in alle drie de jaren de normale hoeveelheid neerslag of meer. In 2007 en 2009 was het seizoen zelfs zo nat dat het in geen enkele periode zinvol was om nog extra water te geven. In deze beide jaren kon het effect van beregenen dan ook niet worden beoordeeld. Ook 2008 kende een natte zomer, maar omdat het begin van dat groeiseizoen relatief droog was, is er in juni twee keer water gegeven. Gemiddeld is in dat jaar een licht positief effect op de drogestofopbrengst vastgesteld van 300 kg per ha (20.0 ton d.s. t.o.v. 19.7 ton). Uiteraard niet voldoende om economisch rendabel en duurzaam te zijn.

Effect N-bemesting

Om de optimale N-bemesting van biogasmaïs na te gaan zijn in de beregeningsproef steeds N-trappen aangelegd. Hierin zijn verschillende typen maïs vergeleken (zogenoemde kort&vroeg-type, opbrengsttype, kwaliteitstype en CCM-type). Bij een stikstofvoorraad (in de laag 0-30cm) van tussen de 25 en 35 kg N per ha, blijkt in alle drie de jaren de hoogste verse opbrengst en de hoogste drogestofopbrengst (ca. 20 ton

per ha) bereikt te worden bij een gift van 115-130 kg N per ha. Er zijn echter duidelijke verschillen tussen de maïstypen geconstateerd. Het kort&vroeg-type bereikte in beide jaren dat dit type onderzocht werd de hoogste opbrengst al bij een relatief lage N-gift. In 2009 was een N-gift van 65 kg N per ha zelfs al voldoende voor de hoogste opbrengst. Deze maïs bleef in opbrengst wel achter bij de overige typen. Bij de overige typen bleek 115-130 kg N per ha optimaal. Soms gaf een hogere N-gift nog wel een iets hogere opbrengst, maar het verschil was klein en veelal niet betrouwbaar.

Dat de hoogste opbrengst in veel gevallen al bij een N-gift van 130 kg N per ha werd bereikt, heeft niet zozeer te maken met een lage N-behoefte als wel met een sterke N-levering vanuit de bodem. De N-opname door het gewas varieerde namelijk van 195-290 kg N per ha. Het verschil tussen N-opname en N-bemesting geeft een idee van hoeveel stikstof er (minimaal) vanuit de bodem beschikbaar is gekomen. Deze varieerde van 100 kg in 2007 tot 160 kg N in 2008.

Wanneer er jaarlijks 130 kg N per ha aan de maïs zou worden gegeven terwijl er gemiddeld 250 kg per ha wordt onttrokken, wordt er sterk op de bodemvruchtbaarheid ingeteerd. Voor zover mogelijk binnen de bemestingsregelgeving moet de N-bemesting dus worden gericht op de door het gewas onttrokken hoeveelheid stikstof.

De productie en het gebruik van kunstmest gaat gepaard met energiegebruik en dus met uitstoot van CO₂, maar daarnaast ook met de uitstoot van andere broeikasgassen zoals lachgas. Dit telt zwaar mee in de berekening van de netto emissiereductie bij hogere N-giften. Omdat hogere N-giften dan 130 kg N per ha weinig meeropbrengst gaven, is de netto emissiereductie bij deze N-giften lager (de gasproductie uit de extra opbrengst is lager dan de extra CO₂ input). Per saldo varieert het percentage CO₂ emissiereductie van 72% bij een lage N-gift tot 67% bij een hoge N-gift.

Tussenteelt rogge, gevolgd door maïs.

Gedurende slechts één jaar is onderzoek gedaan naar de teelt van rogge (als groenbemester ingezaaid in het najaar). De rogge is op verschillende momenten in het voorjaar geoogst, weer gevolgd door de teelt van maïs. De biogasopbrengst van de rogge nam toe van 3000 m³ (eind mei) tot 5000 m³ (eind juni) per ha, bij een later oogstmoment. Het later zaaien van maïs geeft echter een grote opbrengstderving. De biogasopbrengst nam af van 8000 tot 4000 m³ per ha. De totale maximale biogasproductie is in dat jaar bereikt bij een oogst van de rogge eind mei-begin juni. Het totale gasopbrengstniveau van de tussenteelt van rogge en de volgteelt maïs tezamen (11.000 m³ per ha) was niet hoger dan van één goede biogasmaïsteelt. Om die reden is deze proef in de jaren erna niet herhaald.

Toepassing digestaat bij biogasmaïs.

Van 2007 t/m 2009 is er jaarlijks een proef aangelegd op 't Kompas waarbij het effect van digestaat bij biogasmaïs is vergeleken met dat van drijfmest en kunstmest. Zonder enige vorm van stikstofbemesting (geen mest, digestaat of kunstmest) werd in alle drie de jaren een opbrengst behaald tussen 15 en 17 ton drogestof per ha. De daarbij behorende stikstofopname door het gewas is ca. 140-175 kg N per ha. Dit geeft aan dat er een sterke stikstofmineralisatie is opgetreden. De maximale opbrengst via kunstmest (KAS) lag in alle jaren tussen de 19.5 en 20 ton drogestof per ha. Hiervoor was een N-gift nodig van 120-160 kg per ha. Hogere giften leidden niet tot een verdere toename van de opbrengst. De (bovengrondse) N-opname door het gewas bij de maximale opbrengst bedroeg zo'n 200-230 kg N per ha.

Digestaat is een prima meststof gebleken en enigszins vergelijkbaar met varkensdrijfmest. Het kan kunstmest volledig vervangen bij de bemesting van biogasmaïs: een beperkte gift van 10-15 ton digestaat per ha blijkt al voldoende om de maximale opbrengst te behalen.

Ook wat betreft energieproductie, het rendement hiervan en wat betreft de reductie van CO₂-emissie gaf digestaat betere resultaten dan kunstmest.

Het blijkt echter bijzonder lastig een consistente werkingscoëfficiënt te bepalen voor de stikstof in de digestaat. Berekeningen hiervan varieerden van 60% tot 100%. Wellicht heeft de sterke mineralisatie hier een (versturende) rol in gespeeld en is vervolgonderzoek naar de werkingscoëfficiënt beter op een andere, minder sterk mineraliserende grondsoort aan te bevelen.

Toepassing digestaat in aardappelen.

Gedurende twee jaar is de stikstofwerking onderzocht van digestaat bij de teelt van zetmeelaardappelen. In

het onderzoek is een vergelijking gemaakt met varkensdrijfmest en kunstmest. Opvallend was dat het maximale uitbetalingsgewicht van zetmeelaardappelen in beide jaren ontstond bij een sterk verschillende stikstofgift. In 2008 was deze behoefte zeer hoog en in 2009 juist zeer laag. Op basis van visuele waarnemingen gedurende het groeiseizoen en de opbrengstbepaling van de aardappelen is de stikstofwerking berekend. Gemiddeld 66% voor digestaat en 87% voor varkensdrijfmest, echter met een enorme variatie afhankelijk van het tijdstip en de aard van de waarneming.

Effect van de teelt biogasmaïs op de populatie *Pratylenchus penetrans*

De onderzoeksvraag is of de teelt van maïs de besmetting met *Pratylenchus penetrans* doet toenemen en wat de gevolgen zijn voor de teelt van maïs zelf en voor de teelt van zetmeelaardappelen. Ook het effect van de verplichte nateelt van een groenbemester op lichte grond is hierin meegenomen: bladkool, rogge, zwarte braak en grondontsmetting zijn als groenbemester c.q. voorbehandeling onderzocht.

Uit het tweejarige onderzoek is duidelijk gebleken dat maïs ongeacht de beginbesmetting een forse vermeerdering geeft van *Pratylenchus penetrans*. De keuze van de groenbemester had geen verdere invloed op de populatieontwikkeling. Dat maïs zelf ook flinke opbrengstschade bij hoge populaties van *Pratylenchus penetrans* laat zien, is in dit onderzoek voor het eerst aangetoond. Als gevolg van de maïsteelt is het aantal aaltjes bij alle voorbehandelingen tot een zodanig hoog niveau toegenomen, dat er bij aardappelen altijd sprake was van maximale opbrengstschade.

Effect van biomassa productie op de bodemvruchtbaarheid.

Bij de start van het project is geanalyseerd of nieuwe biomassa teelten (lees: maïs) in het Veenkoloniale bouwplan leiden tot (on)gewenste verschuivingen in bodemvruchtbaarheid. Daartoe zijn een aantal scenario's doorgerekend. In tabel 3 zijn de resultaten van de verschillende bouwplannen samengevat. In het traditionele Veenkoloniale bouwplan wordt te weinig effectieve organische stof (EOS) aangevoerd om het organische-stofgehalte van de bodem te handhaven. Door de opname van maïs in het bouwplan gaat de EOS-aanvoer in principe omlaag. Echter, door vervanging van varkensdrijfmest door digestaat van co-vergiste rundveedrijfmest stijgt de EOS-aanvoer in het bouwplan sterk, zelfs tot boven de minimaal gewenste 2000 kg EOS per ha. Bij vervanging van varkensdrijfmest door onvergiste runderdrijfmest zou de EOS-aanvoer echter ook aanmerkelijk toenemen. Bij vervanging van varkensdrijfmest door digestaat van co-vergiste varkensdrijfmest neemt de EOS-aanvoer ook wat toe, maar blijft deze onder de streefwaarde van 2000 kg EOS per ha.

Opname van energiemais in het bouwplan leidt niet tot een daling van de fosfaattoestand. Enkel bij continue teelt van maïs zal de fosfaattoestand geleidelijk gaan dalen.

Door gebruik van varkensdrijfmestdigestaat daalt het N-overschot uit meststoffen t.o.v. het traditioneel bouwplan. Daarbij daalt het N-overschot sterker naarmate er meer maïs in het bouwplan wordt opgenomen. Bij gebruik van runderdrijfmestdigestaat is het N-overschot zo'n 30-35 kg N/ha hoger dan bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat. Langjarig gebruik van runderdrijfmestdigestaat zal echter leiden tot een hogere bodemmineralisatie dan langjarig gebruik van varkensdrijfmestdigestaat, waardoor de kunstmeststikstofgift iets omlaag kan.

Tabel 3. **Aanvoer van effectieve organische stof en stikstof- en fosfaatoverschot bij de verschillende Veenkoloniale bouwplannen (kg/ha).**

Bouwplan	Gebruikte mest	EOS	Fosfaat-overschot	Stikstof-overschot
Traditioneel	varkensdrijfmest	1475	33	66
Traditioneel + groenbemester	varkensdrijfmest	1713	33	73
Vervanging granen door energiemais	RDM-digestaat	2664	32	92 ¹
	VDM-digestaat	1866	31	62
Vervanging granen en 50% aardappelen door energiemais	RDM-digestaat	2651	24	67 ²
	VDM-digestaat	1797	23	35
Continueelt energiemais	RDM-digestaat	2666	12	36 ³
	VDM-digestaat	1688	12	1
	¾ RDM- en ¼ VDM-digestaat	2304	12	23

Noten:

1. 85 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm 2007
2. 62 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm 2007
3. 27 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm 2007



Gedurende de looptijd van het project was er regelmatig contact met telers en overleg met de begeleidingsgroep. Op deze manier werd mede richting gegeven aan het onderzoek.

1 Inleiding

De broeikasemissie en de daarmee samenhangende klimaatverandering geeft grote zorgen voor de toekomst. Het toenemende gebruik van fossiele brandstoffen is in belangrijke mate de oorzaak van deze problematiek, zodat de urgentie hoog is om alternatieven te vinden die van hernieuwbare bron zijn en daarmee niet of minder bijdragen aan de broeikasgasemissie. Eén van die alternatieven is bio-energie. De bio-energie biedt nieuwe kansen voor de landbouw. Er komt immers een forse afzetmarkt bij en dat geeft perspectief voor veel ondernemingen. Het project “Energiekompas voor de Veenkoloniën” richt zich op het perspectief voor de Veenkoloniën.

In 2006 is een project uitgevoerd met als titel “Energieteelt in de Veenkoloniën”. Dit project heeft in samenwerking met Duitsland en België onderzocht hoe de opbrengst van enkele maïsrassen, zonnebloemen en soedangras in relatie tot oogsttijdspit gemaximeerd kan worden. Het project Energiekompas is hier een vervolg op en is gestart vanuit de volgende vraagpunten:

- Welke biomassaproductie biedt kansen voor het gebied en hoe kan meervoudig gewasgebruik vorm krijgen?
- Hoe moet deze productie in de bedrijfsvoering en het bouwplan ingepast worden?
 - Wat zijn de gevolgen voor bodemgezondheid?
 - Wat zijn de gevolgen voor de bodemkwaliteit en het organisch stofgehalte?
- Hoe kan de duurzaamheid zo goed mogelijk geborgd zijn?
 - Energie-efficiëntie (energiebalans input-output)
 - CO₂-emissie (netto CO₂-balans)
 - Economische efficiëntie (op termijn zonder subsidies)
 - Sociale duurzaamheid (landschap en maatschappelijke acceptatie), maar minder duidelijk meetbaar.

De uiteindelijke ambitie is om teeltsystemen te ontwikkelen die economisch, ecologisch, energetisch en sociaal duurzaam zijn voor de veenkoloniale zand- en dalgronden, waarbij maximale biomassa- en energie-efficiëntie wordt gekoppeld aan minimale emissie en maximaal economisch rendement binnen de sociale kaders. Op deze manier kan de landbouw een bijdrage gaan leveren aan milieudoelstellingen van de nationale overheid op terrein van broeikasgasemissie, toename van het gebruik van biotransportbrandstoffen en verhoging van het aandeel duurzame energiebronnen in Nederland.

Inmiddels heeft de Europese Commissie de Renewable Energy Directive (RED: 2009/28/EC) goedgekeurd. Hierin zijn voor de lidstaten bindende nationale streefcijfers geformuleerd. Zo dient Nederland in 2020 20% van de energie op te wekken uit hernieuwbare bronnen en 10% van de transportbrandstoffen dient te bestaan uit biobrandstof. Om aan die verplichting te voldoen kunnen lidstaten alleen hernieuwbare energiebronnen meetellen als die voldoen aan een aantal duurzaamheidscriteria. Een belangrijke is de efficiëntie in de broeikasgasreductie: ten minste 35% emissiereductie. Deze norm wordt de komende jaren aangescherpt. Met ingang van 2017 wordt dat ten minste 50% en vanaf 1 januari 2018 minstens 60% voor biobrandstoffen die zijn geproduceerd in installaties die vanaf 2017 met de productie zijn gestart.

Bij de start van het project in 2007 is ervoor gekozen om biomassaproductie ten behoeve van covergisting centraal te stellen. Covergisting biedt een aantal voordelen:

- Met deze techniek kan afval omgezet worden in biogas, elektriciteit en warmte.
- Bij de langdurige opslag van mest worden de broeikasgassen methaan en lachgas gevormd. Deze komen meestal gewoon in de atmosfeer terecht. Methaan is een gas dat als broeikasgas 21 keer sterker is dan koolstofdioxide. Via het vergisten worden deze emissies niet alleen vermeden, maar het methaan wordt daarenboven nog gebruikt om opnieuw energie uit te produceren.
- Het restproduct, digestaat, is weliswaar nog steeds een dierlijke meststof, maar heeft wel als voordeel dat de mineralen na toepassing een grotere beschikbaarheid hebben, waardoor emissies naar het grond- en oppervlaktewater verminderd kunnen worden.

- Het digestaat bevat nog steeds een zekere hoeveelheid effectieve organische stof dat kan helpen de organische stofbalans bij een grotere afvoer van organische stof als gevolg van productie van bio-energie in stand te houden.

Het project Energiekompas heeft in haar looptijd (2007-2009) onderzoek gedaan naar:

1. geschikte energiegewassen: in eerste instantie maïs, soedangras, sorghum. Later zijn oriënterende proeven gedaan met Durchwachsende Silphie, miscanthus, bieten en aardpeer.
2. de mogelijkheden om de teelt ervan te optimaliseren: op basis van de ervaringen (zeer geschikt voor covergisting) in 2007 is veel aandacht besteed aan het gewas maïs. Naast een rassenproef zijn een reeks van speciale typen maïs met elkaar vergeleken. Tevens is bekeken of het rendement verhoogd kan worden door middel van beregening.
3. de tussenteelt van rogge, die als groenbemester dient en mogelijk ook als leverancier van bio-energie. Direct na de (vroeg) oogst wordt maïs ingezaaid.
4. de mogelijkheden om digestaat uit de covergistingsinstallatie weer te benutten op het akkerbouwbedrijf (werking).
5. de inpasbaarheid van de maïsteelt in het Veenkoloniale bouwplan, met name de nematodendruk.
6. het effect van biomassaproductie op de bodemvruchtbaarheid. Verschuivingen in het bouwplan hebben effect op de organische stofbalans en te verwachten N- en P-overschotten. Deze effecten zijn in kaart gebracht.

De (tussentijdse) resultaten zijn gedurende het gehele project gecommuniceerd in de vorm van artikelen, persberichten en open dagen. Dit heeft ertoe geleid dat de resultaten steeds door een flinke groep geïnteresseerden zijn gevolgd.

In het voorliggende rapport wordt verslag gedaan van de resultaten per onderdeel.

2 Energiegewassen

Gedurende de drie onderzoeksjaren zijn in proeven en demovelden de perspectieven van diverse gewassen als energieleverancier nagegaan. Hierbij is gekeken naar maïs, soedangras, sorghum, bieten, aardpeer, miscanthus en durchwachsende silphie. Het onderzoek binnen het project heeft zich vooral gericht op (biogas)maïs omdat al snel duidelijk werd dat diverse andere energiegewassen een sterk achterblijvende drogestof- en/of gasopbrengst lieten zien, of vanwege een andere reden niet rendabel te telen waren. Hieronder zijn kort de belangrijkste resultaten weergegeven van de gewassen aardpeer, miscanthus, soedangras, sorghum, bieten en durchwachsende Silphie.

2.1 Miscanthus, aardpeer, Durchwachsende Silphie

Op PPO-locatie Kooijenburg te Marwijksoord ligt sinds een reeks van jaren een demonstratieveld Miscanthus. In het voorjaar van 2008 is op PPO-locatie 't Kompas te Valthermond een demonstratieveld aardpeer aangelegd en in het voorjaar van 2009 eveneens op PPO-locatie 't Kompas te Valthermond een demonstratieveld Durchwachsende Silphie. Van de velden miscanthus en aardpeer zijn monsters genomen in 2008 en 2009 en in het laboratorium is de gasopbrengst bepaald. Van Durchwachsende Silphie zal voor het eerst in de herfst van 2010 een opbrengstbepaling en een gasanalyse worden gedaan. In onderstaande tabel 2.1 zijn de gemiddelde resultaten van aardpeer en Miscanthus weergegeven t.o.v. biogasmaïs.

Tabel 2.1 **Opbrengst van enkele energiegewassen; Rolde en Valthermond 2008, 2009.**

	opbrengst in ton/ha			org.stof %	biogas m ³ /ton os	ch4 %	opbrengst m ₃ /ha ch4
	vers	ds %	droge stof				
Aardpeer knol	40	19	7.5	88	700	60	2800
Aardpeer loof	23	22	5	85	380	57	900
Miscanthus *	60	40	15-25	93	300	57	3900
Energiemaïs	70	30	21	97	600	56	6900

* Vers geoogst in oktober



Foto 2.1. **Durchwachsende Silphie, één van de onderzochte perspectiefvolle energiegewassen.**

Van aardpeer kan zowel het loof als de knollen worden gebruikt voor vergisting. De totale methaangasopbrengst kwam uit op ca. 3700 m³/ha. Miscanthus geoogst in de herfst gaf een enigszins vergelijkbare opbrengst aan methaan.

Op basis van deze (beperkte) analysecijfers en ervan uitgaande dat de vastgestelde opbrengst representatief was voor het gewas, is de conclusie dat de gasopbrengst van aardpeer en Miscanthus fors achterblijft bij de gasopbrengst van biogasmaïs.

2.2 Soedangras en Sorghum

Maïs, soedangras en sorghum zijn C4-gewassen. Deze C4-gewassen kunnen bij hogere temperaturen en voldoende vocht meer droge stof per hectare (per dag) produceren dan de 'normale' C3-gewassen. Naast maïs bieden ook soedangras en sorghum in Nederland perspectieven als biomassagewas. Soedangras behoort overigens ook tot het geslacht Sorghum.

In de afgelopen jaren zijn in België, Duitsland en in 2006 ook op 't Kompas al enige ervaring opgedaan met de teelt van deze beide gewassen. Zo werden in 2006 met soedangras op de PPO-locatie te Valthermond opbrengsten bereikt van gemiddeld 9.3 ton droge stof per hectare, met een spreiding van minimaal 5.1 tot maximaal 12.0 ton droge stof per hectare afhankelijk van het ras en oogsttijd.

In 2007 is onderzoek met soedangras en sorghum uitgevoerd. Dit was vooral gericht op het vergelijken van enkele rassen en het nagaan van het optimale zaaitijdstip. Duidelijk zou moeten worden of deze gewassen later gezaaid kunnen worden dan maïs. Dit zou de mogelijkheid bieden om een eventueel aanwezige groenbemester gedurende het voorjaar uit te laten groeien en te oogsten als energiegewas.

Er is bij het onderzoek gekozen voor het vergelijken van twee verschillende rassen bij soedangras (Green Grazer en Lussi) en twee sorghum typen. Sucro Sorgho is sorghum type dat vooral stengel en blad vormt en geen pluim. Het ras wordt vrij lang en laat alleen een vegetatieve groei zien. Primsilo is een zgn. graansorghum. Het ras blijft korter en vormt een pluim. Op drie tijdstippen zijn deze gewassen gezaaid, te weten begin mei, half mei en begin juni.

Gewasopbrengst

Gemiddeld werd de hoogste verse opbrengst behaald met Sucro Sorgho (gem. 57 ton per ha), daarna kwamen de beide soedangrassen met 49 en 44 ton per ha. De graansorghum Primsilo bleef op alle zaaitijdstippen ver achter bij de andere drie (gem. 30 ton per ha). De verse opbrengst van alle onderzochte soedangrassen en sorghums nam vrij sterk af door latere zaai (gemiddeld van 53 ton per ha op 1 mei, via 49 ton op 15 mei, tot 33 ton op 1 juni). Hierbij was wel enig verschil in de mate van afname. Uitstel van de zaai van 1 mei naar 15 mei had vooral bij Greengrazer een sterke afname van de verse opbrengst tot gevolg. Bij de andere drie gewassen was de afname beperkt. Bij een nog latere zaai (1 juni) ging vooral de verse opbrengst van de beide sorghumrassen sterk omlaag.

Door een latere zaai waren de gewassen op het moment van oogsten minder ver afgerijpt en was het drogestofpercentage lager. Gemiddeld liep het drogestofpercentage terug van 24% bij vroege zaai tot 19% bij late zaai. Lussi had op alle zaaitijdstippen het hoogste drogestofgehalte (gem. 26%), Sucro Sorgho veruit het laagste drogestofgehalte (gem. 17%).

Hoewel Sucro Sorgho de hoogste verse opbrengst opleverde waren het toch de beide soedangrassen die de hoogste drogestof opbrengst lieten zien (tabel 2.2). Het relatief lage drogestofpercentage van Sucro Sorgho was hier de oorzaak van. Er was gemiddeld geen significant verschil in drogestof opbrengst tussen de beide soedangrassen. Bij Green Grazer liep de zaai van 15 mei echter wel vrij ernstige vogelschade op waardoor het plantbestand sterk werd uitgedund. Het gewas herstelde hier later wel van en de verse opbrengst was niet opvallend lager. Het drogestofpercentage en de drogestof opbrengst zijn echter vermoedelijk wel negatief beïnvloed hierdoor.

Tabel 2.2 **Effect van zaaitijdstip op de droge stof opbrengst van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem			
Soedangras	Green Grazer	13.8	10.3	9.1	11.1		Fprob	Isd(0.05)
Soedangras	Lussi	13.3	12.5	8.8	11.5	Zaaitijd	<0.001	1.1
Sorghum	Primsilo	9.2	9.2	3.3	7.2	Gewas/Ras	<0.001	0.6
Sorghum	Sucro Sorgho	12.8	11.9	5.4	10.0	interactie	<0.001	1.3
	gem	12.3	11.0	6.6				



Foto 2.2. In een zaaitijdenproef werd de opbrengstpotentie van Soedangras en Sorghum onderzocht.

Gasopbrengst

De biogasproductie per ton droge organische stof verschilde niet zoveel tussen de vier rassen/gewassen (tabel 2.3). Het niveau van de sorghum types, en met name van Primsilo, leek ietsje hoger te liggen dan die van de soedangrassen. Ook was er weinig verschil in biogasproductie tussen het materiaal afkomstig van de drie zaaitijdstippen. Bij het laatste zaaitijdstip leek er iets meer gas per ton geproduceerd te worden dan bij de andere twee zaaitijdstippen. Aangezien de bepalingen in enkelvoud zijn uitgevoerd aan mengmonsters is niet aan te geven of de genoemde verschillen betrouwbaar zijn.

Tabel 2.3 **Effect van zaaitijdstip op de biogasproductie (m³/ton os) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	466	452	495	471
Soedangras	Lussi	458	464	497	473
Sorghum	Primsilo	506	513	510	510
Sorghum	Sucro Sorgho	476	456	554	495
	gem	477	471	514	

De biogasopbrengst is het product van de droge organischestof-opbrengst en de biogasproductie per ton. Aangezien de verschillen in gasproductie per ton niet zo groot waren zijn de verschillen in biogasopbrengst vooral een gevolg van verschillen in (drogestof)opbrengst.

De grootste biogasopbrengst werd behaald bij het vroege zaaitijdstip van de beide soedangrassen, hoewel ook Sucro Sorgho op dit zaaitijdstip niet ver achter bleef (tabel 2.4). De biogasopbrengst van Green Grazer bij het zaaitijdstip van 15 mei is (via de drogestof opbrengst) negatief beïnvloed door vogelschade.

Tabel 2.4 **Effect van zaaitijdstip op de biogasopbrengst ($10^3\text{m}^3/\text{ha}$) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	5.6	3.9	3.3	4.3
Soedangras	Lussi	5.4	5.2	3.6	4.7
Sorghum	Primsilo	4.2	4.2	1.4	3.2
Sorghum	Sucro Sorgho	5.3	4.5	2.3	4.0
	gem	5.1	4.4	2.7	

Uiteindelijk is vooral de methaanopbrengst belangrijk voor het financiële saldo van de gewassen. Het methaangehalte verschilde weinig tussen de rassen en zaaitijdstippen en lag tussen de 58% en 61%. De bevindingen voor de methaanopbrengst zijn derhalve min of meer gelijk aan die voor de biogasopbrengst (tabel 2.5).

Tabel 2.5 **Effect van zaaitijdstip op de methaanopbrengst ($10^3\text{m}^3/\text{ha}$) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	3.4	2.4	1.9	2.6
Soedangras	Lussi	3.2	3.0	2.2	2.8
Sorghum	Primsilo	2.4	2.5	0.8	1.9
Sorghum	Sucro Sorgho	3.1	2.7	1.3	2.4
	gem	3.0	2.6	1.6	

Conclusies

Soedangras bleek in 2007 in Valthermond hogere drogestof opbrengsten te geven dan sorghum. Er was hierbij weinig verschil tussen de beide rassen. Het sorghumras Sucro Sorgho leverde weliswaar bij een zaaitijdstip van 1 mei de hoogste verse opbrengst, maar het drogestofgehalte was laag. Hierdoor was de drogestofopbrengst lager dan bij de beide soedangrassen. De hogere drogestof opbrengst bij soedangras werkte door in de methaanopbrengst en financiële opbrengst. Van de onderzochte gewassen bleek soedangras het meest perspectiefvol.

De drogestofopbrengst van soedangras (ca. 11 ton per ha) bleef echter ver achter bij die van maïs (19-20 ton per ha). Bovendien was de biogasproductie per ton os met 450-500 m³ aanzienlijk lager dan van maïs (600-700 m³). De biogasopbrengst per ha van soedangras kwam hierdoor uit op minder dan de helft (ca. 40%) van die van maïs.

Op basis van deze resultaten is geconcludeerd dat het perspectief van soedangras als energieleverancier gering is in vergelijking tot maïs. Hierop is besloten het onderzoek aan deze gewassen niet verder voort te zetten.

2.3 Bieten

Op PPO-locatie 't Kompas te Valthermond is in 2009 een eerste oriënterende proef aangelegd met energiebieten in het kader van het project "Energiekompas voor de Veenkoloniën". Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een "suikerbieten"ras (Shakira) en een "energiebieten"ras (Caribata).

Bietenteelt als hoofdteelt voor de productie van Biogas

Doel van deze oriënterende proef (in enkelvoud) was een indruk te krijgen van de opbrengstpotentie van deze rassen geteeld voor de suiker- en ook voor de energieproductie. De bieten zijn onder goede omstandigheden gezaaid in april. Het gewas heeft zich voorspoedig kunnen ontwikkelen en er werd een hoog opbrengstniveau bereikt. Door het IRS zijn analyses uitgevoerd op suikergehalte en drogestof%. Door het laboratorium LeAF zijn gasanalyses uitgevoerd aan bieten en blad.

Tabel 2.6 **Resultaat bieten geteeld voor suiker; Valthermond 2010.**

ras	opbrengst ton/ha	suikergehalte %	suikeropbrengst ton/ha	amino N	kalium mmol/l	natrium mmol/l	win
Caribata	108.0	17.9	19.3	17.5	37.4	3.8	90.9
Shakira	81.1	18.9	15.3	16.6	38.7	2.5	91.4

Het opbrengstniveau van de proef was hoog. Het ras Caribata had zelfs een proefveldopbrengst van 108 ton netto /ha (tabel 2.6). Het suikergehalte van dit ras was echter een procent lager. De suikeropbrengst van beide rassen was zeer goed en ook de winbaarheid was goed. Voor de productie van biogas is met name de organische stofopbrengst per hectare en de methaanproductie per ton organisch materiaal van belang. In tabel 2.7 en 2.8 zijn deze weergegeven.

Tabel 2.7 **Verse, droge en organische stofopbrengst bieten geteeld voor biogas; Valthermond 2010.**

ras	verse opbrengst in ton/ha		droge stofgehalte in %		droge stofopbrengst in ton/ha		org. stofgehalte in %		org. stofopbrengst in ton/ha	
	biet+kop	loof	biet+kop	loof	biet+kop	loof	biet+kop	loof	biet+kop	loof
Caribata	111.2	45.8	22.9	12.9	25.4	5.9	98	83	25.0	4.9
Shakira	85.2	40.4	25.1	15.1	21.3	6.1	98	81	21.0	4.9

Door het hoge opbrengstniveau was de opbrengst aan organische stof ook zeer hoog. Op basis van vergistingsproeven wordt voor suikerbieten een standaard methaangasproductie van 400 ml methaangas per gram organisch materiaal gehanteerd en voor suikerbietenloof 340 ml¹. Door het laboratorium LeAF zijn ook analyses uitgevoerd. Hierin werden waarden gemeten van 340 tot 438 ml voor bieten en van 359 tot 429 ml voor bietenblad afhankelijk van het ras. Het methaangehalte van het geproduceerde biogas was voor bietenblad 60-61% en voor bieten 57-59%. Bij maïs is dit gehalte zo rond de 55-56%.

Tabel 2.8 **Methaangasopbrengst bieten geteeld voor biogas; Valthermond 2010.**

ras	organische stofopbrengst (ton/ha)		methaan ml/g OS (standaard)		methaan ml/g OS (gemeten)		methaan m ³ gas/ha (standaard)			methaan m ³ gas/ha (gemeten)		
	biet	loof	Biet	Loof	biet	loof	biet	loof	totaal	biet	loof	totaal
Caribata	25.0	4.9	400	340	340	359	9990	1670	11660	8500	1765	10265
Shakira	21.0	4.9	400	340	423	388	8395	1680	10075	8885	1915	10800

De gemeten methaangasproductie was bij het ras Caribata aanzienlijk lager dan de berekende productie op basis van de gehanteerde standaardwaarde. Bij het ras Shakira was de gemeten methaanproductie juist hoger dan de berekende hoeveelheid op basis van de gehanteerde standaardwaarde. De bij beide rassen gemeten methaangasproductie van ruim 10.000 m³/ha was zeer goed.

¹ Onderzoek vergisting bieten en loof, Cosun Food Technology Center (CFTC, december-2007-september 2009)

Bietenteelt als tussenteelt voor de productie van Biogas

In aansluiting bij het onderzoek in het kader van het project "Energieboerderij" op PPO-locatie Vredepeel is op PPO-locatie 't Kompas te Valthermond in 2009 een oriënterende proef aangelegd met een "tussenteelt" van bieten. Een suikerbietenras (Shakira) en een energiebietenras (Caribata) zijn als tussenteelt/nateelt gezaaid na de oogst van wintergerst. Doel van deze proef (in drie herhalingen) was een indruk te krijgen van de opbrengstpotentie van bieten geteeld als tussengewas voor de suiker- en ook voor de energieproductie.

De bieten zijn gezaaid op 15 juli, daags na de oogst van wintergerst. Het stro van de gerst is dezelfde dag nog opgeperst. Als bemesting is 20 m³/ha varkensdrijfmest geïnjecteerd. Vervolgens heeft een (oppervlakkige) bewerking met een vleugelschaarcultivator plaatsgevonden, waarna de grond is gespit. De opkomst van de bieten was goed dankzij een regenbui vrij vlot na het zaaien. In augustus was er sprake van plantuitval als gevolg van wortelbrand. De oogst heeft plaatsgevonden op 14 december, de laatst mogelijke dag voor de invallende vorst/winter.

Tabel 2.9 **Opbrengst en analysecijfers bieten geteeld voor suiker; Valthermond 2010.**

Ras	Opbrengst ton/ha	Suikergehalte in %	Suikeropbrengst ton/ha	Amino N	Kalium mmol/l	Natrium mmol/l	WIN
Caribata	29.4	16.6	5.0	21.2	52.2	6.8	87.8
Shakira	23.2	17.4	4.0	19.8	48.1	4.3	89.4

Het opbrengstniveau van de bieten was niet meer dan bijna 30 ton per ha bij het ras Caribata. Het suikergehalte van beide rassen was goed. De winbaarheid was duidelijk lager dan van de in het voorjaar gezaaide bieten (tabel 2.9).

Tabel 2.10 **Verse, droge en organische stofopbrengst bieten geteeld voor biogas; Valthermond 2010.**

Ras	verse opbrengst in ton/ha		droge stofgehalte in %		droge stofopbrengst in ton/ha		org. stofgehalte in %		org. stofopbrengst in ton/ha	
	biet+kop	loof	biet+kop	loof	biet+kop	loof	biet+kop	loof	biet+kop	loof
Caribata	31.4	40.4	22.8	13.6	7.2	5.5	98	75	7.0	4.1
Shakira	24.5	33.1	24.3	15.4	6.0	6.2	98	77	5.8	3.9

De opbrengst aan organische stof van de bieten was relatief laag. De organische stofopbrengst van het blad was echter vergelijkbaar met de normaal vroeg gezaaide bieten (tabel 2.10).

Tabel 2.11 **Methaangasopbrengst bieten geteeld voor biogas; Valthermond 2010.**

Ras	Organische stofopbrengst (ton/ha)		Methaan ml/g OS (standaard)		Methaan ml/g OS (gemeten)		Methaan m ³ gas/ha (standaard)			Methaan m ³ gas/ha (gemeten)		
	biet	loof	Biet	Loof	biet	loof	biet	loof	totaal	biet	loof	totaal
Caribata	7.0	4.1	400	340	436	389	2795	1390	4185	3045	1590	4635
Shakira	5.8	3.9	400	340	438	429	2330	1335	3660	2550	1685	4230

De gemeten methaangasproductie per gram organisch materiaal van zowel biet + kop als loof was voor beide rassen duidelijk hoger dan de gehanteerde standaard (tabel 2.11). Dankzij de behoorlijke bladopbrengst werd nog een methaangasopbrengst bereikt van 4200 tot 4635 m³/ha.

Conclusies

De gemeten opbrengst (o.a. suiker, organische stof en methaan) per hectare van zowel het geteste suikerbieten- als energiebietenras was zeer goed. Ook het blad vergisten kan nog een wezenlijke aanvulling zijn op de al hoge methaangasopbrengst. De gemeten methaangasopbrengst per hectare van alleen bieten (ca. 8500 m³/ha) is reeds zeer concurrerend met goede energiemaïs (ca. 7000 m³/ha). Aanvullend het blad vergisten kan nog eens ± 1800 m³/ha methaan extra leveren. De beproefde tussenteelt (inzaai na graan in juli) was minder succesvol. Vooral het opbrengstniveau van de bieten bleef fors achter. De opbrengst van het blad bleef niet zo veel achter ten opzichte van de normale bietenteelt.

Het doel was om een indruk te krijgen van de mogelijkheden van bieten voor energieproductie. Gezien het opbrengstniveau, zeker concurrerend met maïs, lijkt verder onderzoek dan ook gerechtvaardigd. Naast onderzoek aan rassen en teelt is onderzoek aan bewaring essentieel. Eén van de grootste nadelen van bieten ten opzichte van maïs is namelijk dat maïs jaarrond bewaard kan worden praktisch zonder bewaarverliezen.

Met medewerking van: Toon Huijbregts (IRS)

3 Biogasmaïs

3.1 Rassen, plantdichtheden en oogsttijdstip

Inleiding

Gedurende de jaren 2007 tot en met 2009 is onderzoek gedaan naar het optimale teeltsysteem voor biogasmaïs in de Veenkoloniën. Teeltaspecten die zijn onderzocht zijn het plantaantal, het oogsttijdstip en het ras. Jaarlijks is er een proef uitgevoerd, waarbij het voortschrijdend inzicht telkens de opzet van het onderzoek in het volgende jaar heeft bepaald. De diverse teelten zijn beoordeeld op landbouwkundige waarde, energieproductie, vermeden broeikasgasemissie en rendementen.

Plantaantal en oogsttijdstip

In 2007 is er gestart met 12 rassen die bij drie plantaantallen (8, 10 en 12 pl/m²) zijn geteeld en op 3 momenten (18 september, 2 oktober en 16 oktober) zijn geoogst. De oogst rond half september en ook een plantaantal van 8 pl/m² bleven sterk achter in opbrengst. De hoogste biogas- en methaangasopbrengst per ha werd bij de meeste rassen bereikt bij een oogst rond 1 oktober, gecombineerd met 12 pl/m² en bij een oogst rond 15 oktober gecombineerd met 10 pl/m². Bij het zeer vroege ras Kalimero leek het optimale oogsttijdstip wat vroeger te liggen en het optimale plantaantal hoger te liggen.

Op basis van deze resultaten is de opzet van het onderzoek in 2008 aangepast. Bepaalde rassen voldeden minder goed en zijn uit onderzoek gehaald. Daarnaast zijn er nieuwe rassen toegevoegd. Dit heeft in 2008 geleid tot een proef met 10 rassen, die zijn geteeld bij 10 en 12 pl/m² en geoogst op 3 momenten (19 september, 10 oktober en 31 oktober). Het oogsttraject werd dus naar achteren verschoven ten opzichte van 2007. De maximale drogestofopbrengst werd gerealiseerd rond 10 oktober. Bij een oogst rond half september bleef de drogestofopbrengst sterk achter. Bij een oogst rond 30 oktober was de opbrengst iets lager dan bij een oogst op 10 oktober, terwijl het oogst risico door stengelrot (*Fusarium*) groter werd. Wel was het milieurendement iets hoger bij een latere oogst doordat er minder water in het product zat. Tussen de plantaantallen 10 en 12 pl/m² was er geen significant verschil in drogestofopbrengst of methaangasproductie per ton os. De aantasting met stengelrot was wel hoger bij een hogere dichtheid. Omdat er ook meer zaadkosten zijn lijkt een verhoging naar 12 pl/m² niet gewenst. Het optimum lijkt 10 tot maximaal 11 planten per m². Voor economisch, energetisch en milieukundig rendement per hectare is 11 pl/m² beter, voor economisch rendement van de vergister is 10 pl/m² meer optimaal.

In het onderzoek van 2009 is vervolgens gefocust op 11 pl/m² en een oogst rond 10 oktober. Het onderzoek is uitgevoerd aan 12 rassen geteeld bij 11 pl/m² en geoogst op 3 momenten geconcentreerd rond 10 oktober (29 september, 13 oktober en 23 oktober). De maximale drogestofopbrengst werd gerealiseerd op 13 oktober. Een 2 weken vroegere oogst gaf gemiddeld een 1.4 ton lagere drogestofopbrengst. Een 10 dagen latere oogst gaf een 2 ton lagere drogestofopbrengst, met name veroorzaakt door bevriezing van het gewas rond 10 oktober. De methaangasproductie per ton os werd niet of nauwelijks beïnvloed door het oogstmoment. Wel was door het late oogstmoment door indroging het energierendement hoger, hoewel absoluut de netto energieproductie per ha lager was door lagere bruto energieproductie.

Conclusies

Het optimale plantaantal voor het hoogste economisch, energetisch en milieurendement per hectare is vastgesteld op 110.000 planten per ha. Voor het hoogste economisch rendement van de vergister lijkt 100.000 planten meer optimaal, omdat zetmeelgehalte dan hoger is.

De maximale opbrengst per ha wordt gerealiseerd als het groeiseizoen maximaal wordt benut en als de rijpheid van het ras hierop afgestemd wordt. Het maïsgroeiseizoen blijkt in Noord-Nederland rond 10-15 oktober ten einde te lopen. Een ras heeft de maximale opbrengst bereikt als het schutblad verkleurd is en

het blad onder de kolf zo goed als dood is (foto 3.1). Na deze datum neemt de opbrengst af omdat er 's nachts meer koolhydraten worden verbruikt dan er overdag worden geproduceerd. Met name bij groenblijvende gewassen speelt dit omdat groen blad actiever is dan deels afgestorven blad. Zodra het gewas door bevriezing afsterft, moet zo spoedig mogelijk geoogst worden. De drogestofopbrengst nam na vorst in 2009 in 13 dagen tijd met ongeveer 2 ton per ha af.



Foto 3.1 **Optimale gewasstadium voor oogst van biogasmaïs (10-15 oktober).**

Het oogstmoment lijkt weinig invloed te hebben op de methaangasproductie per ton organische stof. In ieder geval waren deze effecten kleiner dan de variatie die in de biogasanalyse optreedt (+/- 20 m³ CH₄ per ton os). Hierdoor wordt de hoogste biogasproductie per ha bij de hoogste organische stofproductie bereikt. Het energetisch en milieukundig rendement waren soms hoger bij een later oogsttijdstip omdat door indroging er minder water aanwezig is. Toch was de netto energieproductie en vermeden CO₂-emissie gemiddeld het hoogst bij een oogst rond 10-15 oktober.

Rassen

In alle jaren bleken een aantal rassen "te laat" voor de teelt in Drenthe, zelfs bij de derde oogst het minimaal vereiste drogestofgehalte van 28% werd niet bereikt. De maximale drogestofopbrengst lag in alle jaren rond de 21-22 ton per ha. De maximale methaangasproductie per ton os en per ha varieerde over de jaren en rassen. Tabel 3.1 toont de resultaten per jaar. Een hogere productie (per jaar en/of per ras) werd met name veroorzaakt door een hoger zetmeelgehalte. Ook de maximale methaangasproductie per ha varieerde hierdoor ook (hierbij is rekening gehouden met bewaarverliezen).

Het energierendement en emissiereductie van broeikasgassen van maïsvergisting zijn zeer positief. Zowel de verhouding energie-output/input als de emissiereductie kunnen als zeer goed aangemerkt worden. De laatste overstijgt de minimum reductienorm voor transportbrandstoffen in de EU-RED (Renewable Energy Directive), nu 35%, ruimschoots. De verschillen in milieurendement tussen de rassen werden met name veroorzaakt door grote verschillen in verse opbrengst, terwijl de verschillen in drogestofopbrengst veel kleiner of niet aanwezig waren. Rassen met relatief veel water in het geoogste product vragen meer energie (dus meer CO₂-emissie), maar leveren niet meer methaangas. In 2009 is het verschil in energierendement tussen het hoogst en laagst scorende ras zelfs 12%.

Tabel 3.1 **Overzicht van de methaangasopbrengsten, bruto energieproductie, energierendement en emissiereductie van maïsrassen voor de jaren 2007, 2008 en 2009.**

	2007	2008	2009
Methaangasopbrengst rassen – range (m ³ per ton os)	290 – 340	340 – 385	300 – 370
Max. methaangasproductie (m ³ /ha)	6500	7800	7500
Bruto energieproductie (GJ/ha)	70.3 – 78.2	80.6 – 98.9	74 – 95
Energierendement – range (%)	56 – 63	70 – 72	60 – 72
Emissiereductie (ton CO ₂ -eq/ha)	11.6 – 12.9	13.3 – 16.3	11.9 – 15.6
Emissiereductie (%)	51– 58	64– 67	54 – 66

De politiek beoordeelt de duurzaamheid van het vergisten van maïs tot biogas op basis van energierendement en emissiereductie van broeikasgassen. De rassenkeuze speelt dus een belangrijke rol bij de hoogte van deze positieve effecten. Het verdient daarom aanbeveling om vanuit het beleid meer aandacht te hebben voor netto geproduceerde energie en netto vermeden CO₂-emissie per ha en minder voor rendementen: tussen twee rassen met een vergelijkbaar rendement kan een flink verschil in netto energieproductie en vermeden CO₂-emissie bestaan.

Rassenkeuze

Zoals reeds toegelicht heeft rassenkeuze grote invloed op de gasproductie per ha en daarmee op het economisch, energetisch en milieukundig rendement, maar ook op het economisch rendement van de vergister. Het ras heeft zowel invloed op de organische stofproductie per ha als ook op de methaangasproductie per ton os. Bij de rassenkeuze moet erop gelet worden dat er niet te late rassen worden gekozen. Een drogestofgehalte van minimaal 28% op het optimale oogstmoment is vereist. Wordt dit in een bepaalde regio niet gehaald dan zijn deze rassen niet geschikt voor het betreffende gebied. Late rassen hebben een grotere kans op inkuilverliezen en een lagere gasproductie per ton organische stof, resulterend in lagere gasproducties per hectare. Door de lage drogestofgehalten is er relatief veel water, dat moet worden geoogst, getransporteerd, opgeslagen, ingevoerd in de vergister en afgevoerd (digestaat). Ook neemt water capaciteit in van de vergister zonder dat dit gas oplevert. Uit oogpunt van rendementen (economisch, energetisch en milieukundig) is een te laag drogestofgehalte dus ongewenst. Een ras dat rond 10-15 oktober een drogestofgehalte van 30-34% bereikt is optimaal. Teelt men zeer vroege rassen, dan moeten deze rassen vroeger geoogst worden, in ieder geval bij een drogestofgehalte onder de 40% en vóór dat er veel stengelrot (*Fusarium*) optreedt. Deze rassen kunnen wellicht het best geoogst worden rond de 36% drogestof. Boven de 40% drogestof loopt bij deze rassen de gasproductie per ton sterk terug (hierover meer in 3.3). Deze zeer vroege rassen kunnen voor het economisch rendement van de vergister optimaal zijn, maar benutten niet het hele groeiseizoen en bereiken daardoor niet de hoogste gewasopbrengst, gasproductie, netto energieproductie en vermeden CO₂-emissie per ha.

De genoemde resultaten en conclusies van dit project in de Veenkoloniën zijn geldend voor geheel Noord-Nederland. Voor Zuid-Nederland kunnen de conclusies echter anders zijn. Zo kan een ras dat te laat is in Noord-Nederland mogelijk wel voldoende rijp geoogst worden in het Zuiden.

In tabel 3.2 zijn de gemiddelde resultaten per ras over de jaren 2007 t/m 2009 weergegeven.

Tabel 3.2 Gemiddelde resultaten 2007 t/m 2009, weergave in absolute getallen.

	aantal jaar onderzoek	verse opbrengst ton/ha	Drogestof gehalte %	Drogestof opbrengst ton/ha	Biogas m ³ /ton os	CH ₄ gas m ³ /ton os	Biogas m ³ *1000/ha	CH ₄ gas m ³ *1000/ha	CH ₄ gas/ ton vers	water ton/ha
NKMagitop	3	74	29.5	21.8	600	343	12.8	7.3	98	53
Aabsolut	2	77	28.1	21.6	608	346	12.8	7.3	94	56
NKSigmund	2	72	29.8	21.3	600	340	12.4	7.0	98	51
Sarabande	2	66	30.9	20.4	610	347	12.2	6.9	105	46
Kandidaat3	1	72	29.4	21.1	593	335	12.1	6.9	96	51
Winn	3	69	30.5	20.8	598	338	12.1	6.9	100	48
SeiddiCS	3	81	26.5	21.3	588	331	12.1	6.8	85	60
Atendo	3	79	26.6	20.8	582	330	11.7	6.6	85	58
Kandidaat1	1	84	25.6	21.5	558	312	11.7	6.5	78	63
CSM8506	1	78	27.4	21.2	564	313	11.6	6.4	83	56
Kalimero	3	50	34.9	17.3	639	363	10.9	6.2	125	32
Kandidaat2	1	95	22.8	21.6	530	293	11.1	6.1	64	73

Rond 10-15 oktober zijn er grote verschillen in verse opbrengst tussen rassen, in 2009 variërend van 55 tot 95 ton/ha. In de praktijk wordt een hoge verse opbrengst per ha ten onrechte vaak als positief gewaardeerd. Veel verse massa (maar veelal een laag ds-%) betekent veel water. Rasafhankelijk wordt er soms de dubbele hoeveelheid water geoogst.

Door de verschillen tussen rassen in organische stofopbrengst per ha en methaangasproductie (280-380 m³/ton os) zijn er grote verschillen in methaangasproductie per ha en dientengevolge grote verschillen in energieproductie en vermeden broeikasgasemissies. Deze rasverschillen bedroegen in 2009 wel 30%.

Conclusies

In de Veenkoloniën is met maïs met een drogestof opbrengst van 21-22 ton per ha, een organisch stof percentage van 96%, een biogasproductie van 600 m³/ton os en een methaangasgehalte van 56-57%, een gemiddelde methaangasproductie van 7000 m³ per ha realiseerbaar. Producties van 7500 m³ per ha zijn zelfs geen uitzondering.

De vroegheid van ras, met name in het noorden van Nederland, is een belangrijk keuzecriterium. Een ras dat rond 10-15 oktober een drogestofgehalte van 30-34% bereikt is optimaal. Rassen met een hoogste gasopbrengst per ha zijn niet de rassen met de hoogste versopbrengst.

In paragraaf 3.3 wordt nader ingegaan op de kenmerken van de plant die bepalend zijn voor de hoogte van de gasopbrengst.

Economie van biogasmaïs

Op basis van bovenstaande resultaten van de rassenvergelijking is berekend wat het effect van een goede rassenkeuze is op het financiële rendement van de vergister. Van belang hierbij is het uitgangspunt dat de vergister nog reservecapaciteit heeft en extra gasproductie kan omzetten in elektriciteit. De gehanteerde uitgangspunten zijn:

- Vergister met een capaciteit van 45.000 ton
- Een elektrische capaciteit van 2MW
- Verkoop van restwarmte (1,8 cent per kWh thermisch)
- Elektriciteitsprijs van 19,3 cent per kWh elektrisch (incl. hogere SDE voor warmte benutting)
- 7.800 draaiuren per jaar

- Rantsoen: 22.500 ton runderdrijfmest, 19.125 ton maïs Kandidaat 2 (à €35,-) en 3.375 ton glycerine (à €150,- en 420 m³ CH₄gas per ton vers)

Het financieel rendement is berekend voor een situatie waarbij de vergister niet aan vollast uren komt en het ras Kandidaat 2 vervangen wordt door NK Magitop of Kalimero. Hierdoor zouden de inkomsten door een hogere gasproductie per ton vers respectievelijk omhoog gaan met € 500.000,- (NK Magitop) en € 850.000,- (Kalimero) per jaar met dezelfde kosten. De kosten voor arbeid en inputkosten blijven gelijk door de gelijkblijvende hoeveelheid ingekochte/gevoerde maïs.

In een situatie dat de vergister wel aan vollast uren komt en er dus geen extra gas kan worden ingezet, is het ook mogelijk Kandidaat 2 te vervangen door Kalimero (met meer gas per ton vers). Er hoeft dan minder maïs aangekocht en minder digestaat afgezet te worden voor dezelfde gasproductie. Financieel voordeel hiervan is dan € 324.000,- voor minder maïs aankoop en € 34.000 voor minder digestaat afzet.

Door de kwalitatief betere maïs zou ook minder glycerine ingevoerd kunnen worden. Dit levert een besparing op van ruim € 400.000,-.

De rassen in het rekenvoorbeeld zijn natuurlijk uitersten, maar momenteel zijn er vergisters die Kandidaat 2 in het rantsoen hebben. Rassenkeuze is dus zeer bepalend voor het financiële resultaat van de vergister.

Wat het beste biogasmaïsras is, hangt af van de situatie: teelt voor eigen vergister of verkoop/aankoop. Bij eigen teelt zijn de methaangasproductie per ha en de methaangasproductie per ton vers product belangrijke indicatoren. Veel methaangas per ha geeft een hoog economisch, energetisch en milieurendement per ha (hectarebasis). Maar een hoge gasproductie per ton vers product geeft een hoog economisch rendement van de vergister. Deze laatste parameter (gas per ton vers) is dan ook het belangrijkste bij de aankoop van maïs per ton product. Elke ton die voor een bepaald bedrag wordt aangekocht moet zo veel mogelijk methaangas leveren.

Teelt men biogasmaïs voor de verkoop dan is een hoge verse opbrengst veelal de belangrijkste parameter, omdat maïs in de verkoop vaak per ton product wordt verkocht. Per hectare vangt de verkoper op deze manier het meeste geld. Voor de vergister (aankoper) is deze maïs eigenlijk niet aantrekkelijk, omdat hij relatief veel water koopt (levert geen gas op). Veelal is het beter meer te betalen voor een kwaliteitsmaïs. Advies aan vergisters is om contracten af te sluiten voor de levering van maïs en daarbij invloed te hebben op de rassenkeuze.

Ook na afronding van het project Energiekompas heeft het rassenonderzoek biogasmaïs een vervolg gekregen. Jaarlijks ligt er één proef in Noord- en één proef in Zuid-Nederland. Actuele informatie over biogasmaïsrassen is te vinden in het "Rassenbulletin Biogasmaïs", dat jaarlijks wordt opgesteld door het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) van Wageningen UR. De rassenbulletin is te vinden op <http://www.ppo.wur.nl/NL/publicaties/Rassenbulletins/> op www.kennisakker.nl en wordt jaarlijks gepubliceerd in diverse landbouwbladen, zoals het maandblad van de Biogas Branche Organisatie (BBO).

Conclusies

Het financiële voordeel van een juiste rassenkeuze van maïs voor covergisting is aanzienlijk, mits een hogere gasproductie per tijdseenheid door de vergister kan worden benut.

Zolang exploitanten van vergisters maïs inkopen op basis van versgewicht, wordt een teler gestimuleerd om het meest opbrengende gewas (in tonnen vers) te telen. Uit het voorgaande blijkt dat dit voor de vergisters vaak niet de optimale keuze is.

3.2 Berekening en N-bemesting

In droge perioden tijdens het groeiseizoen kan berekening bij maïs voor een opbrengstverhoging zorgen. Hoeveel deze opbrengstverhoging bedraagt zal afhangen van de mate van vochttekort en het gewasstadium waarin het vochttekort optreedt. Of één of meerdere keren berekenen bij maïs economisch uitkan zal dus afhangen van de opbrengstverhoging en de prijs voor de prijs en de kosten die worden gemaakt voor het beregenen. Bij de teelt van energiegewassen is het echter niet alleen belangrijk te weten of de inzet van beregening economisch rendabel is maar ook of het duurzaam is. Ofwel, of de geïnvesteerde hoeveelheid energie in het beregenen in verhouding staat tot de extra opgeleverde energie

door de opbrengstverhoging.

De mate van beschikbaarheid van vocht heeft ook een duidelijke invloed op de stikstofmineralisatie en de stikstofopname van gewassen. Om het effect van beregening op een goede manier na te gaan is daarom tegelijkertijd de invloed van stikstof in het onderzoek betrokken. Op deze manier kan tevens de optimale N-bemesting van maïs voor de teelt van energie worden onderzocht.

Om het effect van beregening en N-bemesting bij biogasmaïs te beoordelen is in de onderzoeksperiode 2007-2009 jaarlijks een beregeningsproef aangelegd op proefboerderij 't Kompas. Hierin zijn in het eerste jaar 2 en de twee jaren daarna 4 verschillende typen maïs vergeleken "met" en "zonder" beregening. De onderzochte typen waren het "opbrengsttype" (ras dat veel verse massa geeft), het kwaliteitstype (ras met een relatief hoog kolfaandeel), het "vroeg&kort type" (ras met een kort groeiseizoen) en het CCM-type (hoge korrelopbrengst).

Beregening

Het weer in de jaren 2007 t/m 2009 kenmerkte zich door relatief warme en droge aprilmaanden; echter de maanden mei, juni en juli waren over het algemeen vrij nat tot nat. Ook in augustus viel in alle drie de jaren de normale hoeveelheid neerslag of meer. In 2007 en 2009 was het seizoen zelfs zo nat dat het in geen enkele periode zinvol was om nog extra water te geven. In deze beide jaren kon het effect van beregenen dan ook niet worden beoordeeld. Ook 2008 kende een natte zomer, maar omdat het begin van dat groeiseizoen relatief droog was, werd er in juni twee keer water gegeven. Daarna viel er in juli en augustus echter weer zoveel water dat het effect van het beregenen zeer beperkt is gebleven. Gemiddeld over de vier onderzochte maïs typen werd er een licht positief effect op de drogestofopbrengst vastgesteld van 300 kg per ha (20.0 ton ds t.o.v. 19.7 ton). Uiteraard niet voldoende om economisch rendabel en duurzaam te zijn.

N-bemesting

Het effect van de stikstofbemesting op de gewasopbrengst en ook op de biogasopbrengst kon wel in alle drie de jaren nagegaan worden. Bij een stikstofvoorraad (in de laag 0-30cm) van tussen de 25 en 35 kg N per ha, bleek in alle drie de jaren de hoogste verse opbrengst en de hoogste drogestofopbrengst (tabel 3.3) bereikt te worden bij een gift van 115-130 kg N per ha.

Tabel 3.3 **Effect van de N-bemesting op de drogestofopbrengst van verschillende typen biogasmaïs; Valthermond 2007-2009.**

2007

Type	130 N	180 N	230 N	gem
Opbrengst	19.8	19.8	20.9	20.2
Kwaliteit	20.4	20.8	21.4	20.9
gem	20.1	20.3	21.1	

2008

Type	90 N	130 N	170 N	gem
Kort en Vroeg	18.4	19.0	18.8	18.8
CCM	19.1	20.0	20.5	19.9
Opbrengst	20.1	21.2	20.9	20.8
Kwaliteit	19.2	20.4	21.0	20.2
gem	19.2	20.2	20.3	

2009

Type	65 N	115 N	165 N	gem
Kort en Vroeg	18.2	18.1	18.5	18.2
CCM	18.0	19.1	19.6	18.9
Opbrengst	19.6	20.1	20.4	20.0
Kwaliteit	19.6	20.8	20.7	20.4
gem	18.8	19.5	19.8	

Er waren echter duidelijke verschillen tussen de maïstypen. Het kort&vroeg type bereikte in beide jaren dat dit type onderzocht werd de hoogste opbrengst al bij de laagste N-gift. In 2009 was een N-gift van 65 kg N per ha zelfs al voldoende voor de hoogste opbrengst. Deze maïs bleef in opbrengst wel achter bij de overige typen. Bij de overige typen gaf een hogere N-gift dan 130 kg N per ha soms nog wel een iets hogere opbrengst op, maar het verschil was klein en veelal niet betrouwbaar.

Dat de hoogste opbrengst in veel gevallen al bij een N-gift van 130 kg N per ha werd bereikt had niet zozeer te maken met een lage N-behoefte als wel met een sterke N-levering vanuit de bodem. De N-opname door het gewas varieerde namelijk van 195-290 kg N per ha. Het verschil tussen N-opname en N-bemesting geeft een idee van hoeveel stikstof er in ieder geval vanuit de bodem beschikbaar is gekomen. Deze varieerde van 100 kg in 2007 tot 160 kg N in 2008.

Wanneer er jaarlijks 130 kg N per ha aan de maïs zou worden gegeven terwijl er gemiddeld 250 kg per ha wordt onttrokken zal er sterk op de bodemvruchtbaarheid wordt ingeteerd. Voor zover mogelijk binnen de bemestingsregelgeving zal de N-bemesting dus moeten worden gericht op de door het gewas onttrokken hoeveelheid stikstof.

Gasopbrengst

De biogasproductie per ton organische stof werd niet beïnvloed door de N-bemesting. Maïs geteeld bij een lage N-bemesting gaf dus evenveel biogas per ton als maïs geteeld bij een hoge N-bemesting. Tussen de maïstypen was er wel een duidelijk verschil in de hoeveelheid gas die er per ton verkregen kon worden. Het kwaliteitstype leverde gemiddeld zo'n 50 m³ gas per ton os (7%) meer dan het opbrengststype (tabel 3.4). (Zie voor gas- en energieproductiecijfers van de overige typen de jaarrapporten).

Tabel 3.4 **Effect van de N-bemesting op de biogasproductie (m³/ton os) van 2 typen biogasmaïs; Valthermond 2009.**

	2007	2007	2008	2008	2009	2009	
Type	130 N	230 N	90 N	170 N	65 N	165 N	gem
Opbrengst	608	662	681	696	725	693	656
Kwaliteit	695	681	699	712	738	720	703
gem	652	672	690	704	732	707	

Tabel 3.5 **Effect van de N-bemesting op de methaanopbrengst (10³m³/ha) van 2 typen biogasmaïs; Valthermond 2009.**

	2007	2007	2008	2008	2009	2009	
Type	130 N	230 N	90 N	170 N	65 N	165 N	gem
Opbrengst	6.1	7.2	7.3	7.7	7.3	7.2	6.9
Kwaliteit	7.5	7.6	7.2	7.9	7.5	7.8	7.6
gem	6.8	7.4	7.3	7.8	7.4	7.5	

De N-bemesting had slechts beperkte invloed op de drogestofopbrengst per ha en geen effect op de hoeveelheid gas per ton. Het gevolg van deze beide was dat de methaangasopbrengst per ha niet of nauwelijks verschilde bij een hogere of lagere N-gift.

Aangezien de drogestofopbrengst tussen het opbrengststype en het kwaliteitstype weinig verschilde was het de gasopbrengst per ton die maakte dat het kwaliteitstype de hoogste gasopbrengst per ha leverde. Met 7600 m³ methaan per ha was dit 10% hoger dan het opbrengststype (tabel 3.5).

Uiteindelijk bleek het kwaliteitstype met een beperkte N-bemesting (ca. 130 kg N per ha) de hoogste methaangasopbrengst per ha te geven.

Energie en emissiereductie

Voor alle objecten is uitgerekend hoeveel energie er bruto is geproduceerd. Aangezien dit slechts een omrekening is van de geproduceerde hoeveelheid methaan naar energie zijn de verschillen tussen de rassen en de N-giften gelijk aan de verschillen gevonden bij de methaanproductie.

Het telen van het gewas, de aan- en afvoer van het materiaal voor de vergister en het vergisten zelf kosten ook energie. Door deze in mindering te brengen op de bruto energie is ook de netto energieproductie uitgerekend. De verschillen in energieverbruik tussen de objecten werden vooral bepaald door de verschillen in de gegeven hoeveelheid kunstmest en in de hoeveelheid verse massa die er geproduceerd was en die moest worden vervoerd en vergist.

Slechts incidenteel werd de netto energieproductie verhoogd door een hogere N-gift. Alleen in die gevallen dat de drogestofopbrengst toenam was dit het geval.

Het kwaliteitstype kwam er met gemiddeld bijna 74 GJ per ha vanwege de lagere verse opbrengst en de hogere gasproductie per ton os bij de netto energieberekening gunstiger uit dan het opbrengsttype (met bijna 66 GJ per ha) (tabel 3.6).

Als een type/ras enerzijds veel methaan produceert in de vergister, en de teelt en vergisting anderzijds relatief weinig energie kost zal dit type een hoge energie-efficiëntie hebben.

Het energierendement varieerde tussen de maïstypen van ca 68% bij het opbrengsttype tot ca. 73% bij het kwaliteitstype. Bij een hogere N-gift was gemiddeld het energierendement iets lager dan bij een lagere N-gift (tabel 3.7).

Tabel 3.6 **Effect van de N-bemesting op de netto energieproductie (GJ/ha) van 2 typen biogasmaïs; Valthermond 2007-2009.**

	2007	2007	2008	2008	2009	2009	
Type	130 N	230 N	90 N	170 N	65 N	165 N	gem
Opbrengst	48.2	56.8	82.2	83.9	65.1	59.3	65.9
Kwaliteit	67.1	67.6	81.7	87.4	69.8	68.8	73.7
gem	57.7	62.2	82.0	85.7	67.5	64.1	

Tabel 3.7 **Effect van de N-bemesting op het energierendement (%) van 2 typen biogasmaïs; Valthermond 2007-2009.**

	2007	2007	2008	2008	2009	2009	
Type	130 N	230 N	90 N	170 N	65 N	165 N	gem
Opbrengst	63	64	73	70	72	66	68
Kwaliteit	71	70	74	72	74	71	72
gem	67	67	74	71	73	69	

Het produceren van energie via vergisting voorkomt het verbranden van een bepaalde hoeveelheid fossiele brandstof. De daarmee gepaard gaande uitstoot van broeikasgassen wordt dus ook beperkt. De netto reductie van de broeikasgasemissie bij het opbrengsttype bedroeg gemiddeld over 3 jaar 10.5 ton CO₂-equivalenten per ha. Het kwaliteitstype leverde echter een hogere energieproductie en daarmee ook een hogere emissiereductie van 11.8 ton CO₂-equivalenten per ha. De CO₂ emissiereductie (netto reductie t.o.v. bruto reductie) was voor het kwaliteitstype met gemiddeld 70% ook hoger dan voor het opbrengsttype (66%).

De productie en het gebruik van kunstmest gaat niet alleen gepaard met energiegebruik (en dus met uitstoot van CO₂) maar ook met de uitstoot van andere broeikasgassen zoals lachgas. Dit telt zwaar mee in de berekening van de netto emissiereductie bij hogere N-giften.

Hierdoor was de netto emissiereductie bij hogere N-giften gemiddeld over drie jaar lager (11.3 ton) dan bij een lagere N-gift (11.6 ton). En ook het percentage emissiereductie liep terug van 72% bij een lage N-gift tot 67% bij een hoge N-gift.

Conclusies

Gedurende de drie onderzoeksjaren viel er tijdens het groeiseizoen zoveel neerslag dat het effect van beregening niet kon worden nagegaan. Wel leverden de proeven zeer bruikbare informatie op over de N-behoefte en de optimale N-bemesting van biogasmaïs in het Veenkoloniaal gebied.

Voor het behalen van de hoogste drogestofopbrengst was gemiddeld over de 3 jaar een N-gift van 130 kg N per ha nodig. Er was hierbij geen duidelijk verschil tussen de vier onderzochte maïstypen. De onttrekking van het gewas was echter hoger en lag op gemiddeld 250 kg N per ha. Dit duidt erop dat er een sterke N-levering vanuit de bodem is geweest. Bij het bemesten dient rekening gehouden te worden met de onttrekkingscijfers om sterke achteruitgang van de bodemvruchtbaarheid te voorkomen (zie ook hoofdstuk 6).

Van de 4 onderzochte maïstypen leverde het opbrengsttype veruit de hoogste verse opbrengst op. De drogestofopbrengst van het kwaliteitstype was echter in veel gevallen nauwelijks lager en gemiddeld over de drie jaren zelfs iets hoger dan het opbrengsttype. Omdat de biogasopbrengst per ton van dit type maïs ook het hoogste was, leverde het kwaliteitstype uiteindelijk de meeste biogas en de meeste energie per ha. Ook bij de berekeningen omtrent energierendement en emissiereductie kwam dit type als beste uit de bus. Het kwaliteitstype maïs lijkt daarom een interessantere optie als energiegewas dan het opbrengsttype door enerzijds een lagere verse opbrengst (minder product te vervoeren) maar aan de andere kant een hogere gasopbrengst.

3.3 Invloed kwaliteit op methaangasproductie per ton os

Inleiding

In een speciale kwaliteitsproef is gedurende drie jaar de invloed van de kwaliteit (samenstelling), van maïs op de methaangasproductie per ton organische stof (specifieke methaangasproductie) onderzocht. Maïs is een zeer heterogeen product, waarbij gedurende het groeiseizoen eerst een plant tot ontwikkeling komt. Tijdens de bloei ontwikkelt zich een spil met korrels. Gedurende het vervolg van het groeiseizoen vult de korrel zich met suiker uit de plant, dat opgeslagen wordt als zetmeel. Het korrelaandeel in de drogestof wordt daardoor steeds groter en het aandeel plant steeds kleiner. De korrel bestaat voornamelijk uit zetmeel en de plant en spil met name uit celwanden. Daarnaast zijn suiker en eiwit belangrijke bestanddelen in maïs. De kwaliteit (afbreekbaarheid) van de celwanden, de celwandverteerbaarheid, neemt gedurende het groeiseizoen af.

Omdat zowel de samenstelling als ook de kwaliteit van de diverse componenten gedurende het groeiseizoen verandert, zijn in dit onderzoek 11 sterk uiteenlopende maïstypen op 3 oogstmomenten met elkaar vergeleken op chemische samenstelling en specifieke methaangasproductie per ton os. Hierbij zijn per oogstmoment monsters genomen van het gehele gewas, van de plant, de korrel en de spil.

De 11 maïstypen, die in de drie onderzoeksjaren bekeken zijn, bestaan naast reguliere 4 snijmaïsrassen, die variëren in vroegheid, zetmeelgehalte en celwandverteerbaarheid, uit:

- 2 specifieke biogasmaïsrassen (kwaliteitstype en opbrengsttype),
- een corn cob mix-type (CCM),
- een uitstoelingstype (weinig kolf en hoge celwandafbreekbaarheid),
- een BM3-type met hoge celwandverteerbaarheid,
- een highoiltype (hoog oliegehalte in korrel) en
- een suikermaïstype (hoog suikergehalte in korrel).

Hiermee is de gehele range van potentiële maïstypen vertegenwoordigd. Niet elk jaar is elk type opgenomen, zo was in 2009 het CCM-type niet opgenomen.

In de jaren 2007 en 2008 zijn uit kostenoverweging alleen gasanalyses uitgevoerd aan een selectie van monsters. Het doel was om een eerste indicatie te verkrijgen over de verschillen in snelheid van gasproductie en over de verbanden die er bestaan tussen de specifieke methaangasproductie en de chemische samenstelling van maïs. In 2009 is de snelheid van gasproductie niet meer bepaald, maar zijn wel gasanalyses uitgevoerd aan alle monsters. Daarom is in onderstaande beschrijving van resultaten en correlaties met name gefocust op het jaar 2009.

Resultaten

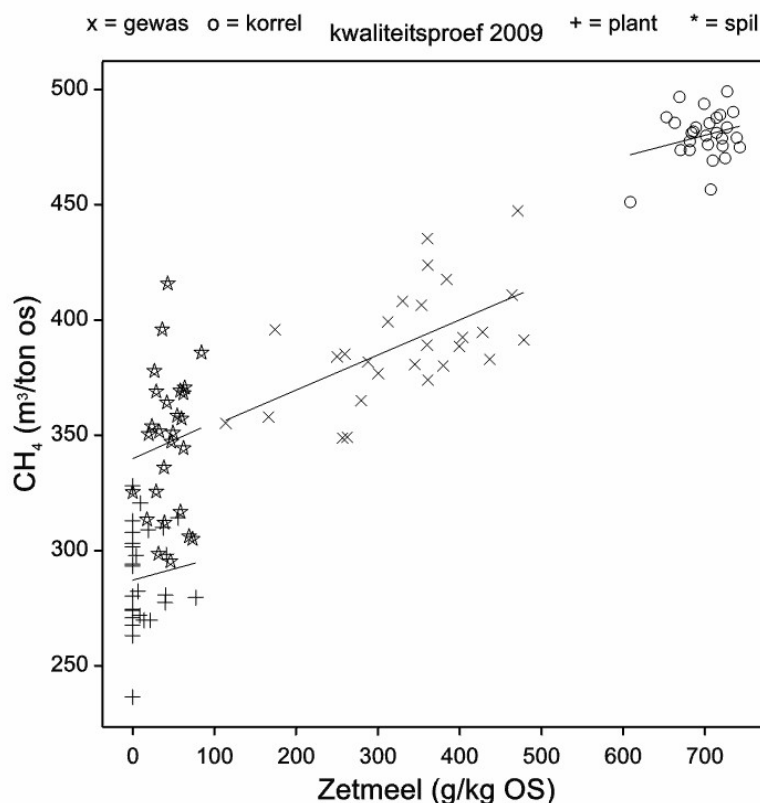
Uit het onderzoek van 2007 en 2008 blijkt dat de biogasproductie uit de korrel ongeveer 1.5 keer sneller gaat dan vanuit de plant. Het korrelaandeel heeft daardoor invloed op de snelheid van biogasproductie uit

maïs. Enig effect van de celwandverteerbaarheid op de snelheid van gasproductie is in dit onderzoek niet gevonden.

Het methaangehalte (55-57%) in de biogas verschilde in deze jaren niet per gewasonderdeel, hoewel er een tendens was naar een hoger gehalte in de korrel. In 2009 was het methaangehalte in de korrel (59-60%) echter hoger dan in de plant (52-53%) en de spil (54-55%). Op gewasniveau bleef het gehalte op 55-57%, een kleine range, wellicht veroorzaakt door verschillen in korrelaandeel van de maïstypen.

De gemiddelde biogas- en methaangasproductie per ton os varieerde per jaar, met achtereenvolgens 550, 600 en 680 m³/ton os voor biogas en 310, 340 en 380 m³/ton os voor methaangas. Dit werd met name veroorzaakt door het gerealiseerde zetmeelgehalte (korrelaandeel) per jaar.

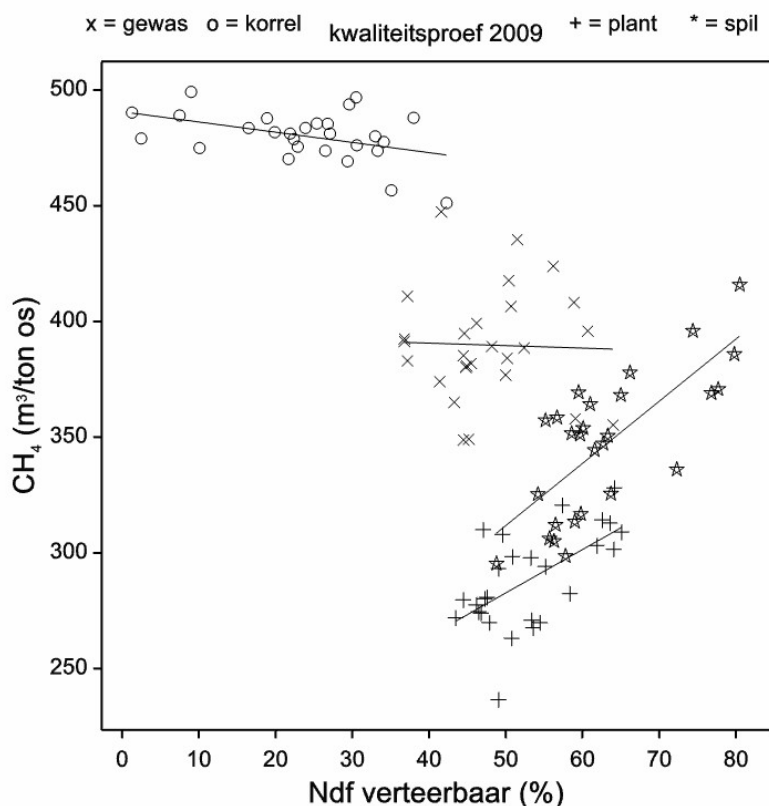
Uit het onderzoek blijkt dat maïs inderdaad een zeer heterogeen product is. Afhankelijke van het type, het ras en het oogstmoment bestaat de organische stof van het gehele maïsgewas globaal voor 30 tot 70% uit plant, voor 10% uit spil en voor 20 tot 60% uit korrel. De plant bestaat voor 70-80% uit celwanden, verder voornamelijk uit eiwit (8%) en suiker (3 - 10%) en nog een rest. De spil bestaat voor 80-90% uit celwanden. Zeker op de twee vroege oogstmomenten lukt het door een matige dorsbaarheid vrijwel niet de korrel geheel uit de spil te verwijderen, waardoor er een gering aandeel zetmeel in de spil achterblijft. De korrel bestaat voor 70% uit zetmeel en verder uit celwanden (10%), eiwit (10%) en vet (5%). De belangrijkste componenten in de maïs zijn dus zetmeel en celwand, samen goed voor zo'n 75% van de organische stof. Rasafhankelijk is er bij de oogst gemiddeld 250-450 gram zetmeel per kg organische stof (os) aanwezig. Bij een zetmeelrijk type is er aan eind van groeiseizoen een maximaal zetmeelgehalte van bijna 500 gram per kg organische stof (os) in het gehele gewas mogelijk.



Figuur 3.1 **Invloed van zetmeelgehalte op methaangasproductie per ton os voor gewasdelen en gehele gewas.**

Uit figuur 3.1 blijkt dat het zetmeelgehalte een positieve invloed op de specifieke methaangasproductie heeft. De korrel bestaat voor 70% uit zetmeel en de gasproductie uit de korrel is veel hoger dan vanuit de plant en de spil. De spil levert meer gas dan de plant, deels door een geringe hoeveelheid zetmeel (korrelpuntjes) dat er nog in zit, maar er zijn meer factoren van invloed. Op gewasniveau speelt meer dan het zetmeelgehalte een rol, omdat de spreiding om de lijn vrij groot is. Figuur 3.2 geeft hierover meer

informatie.

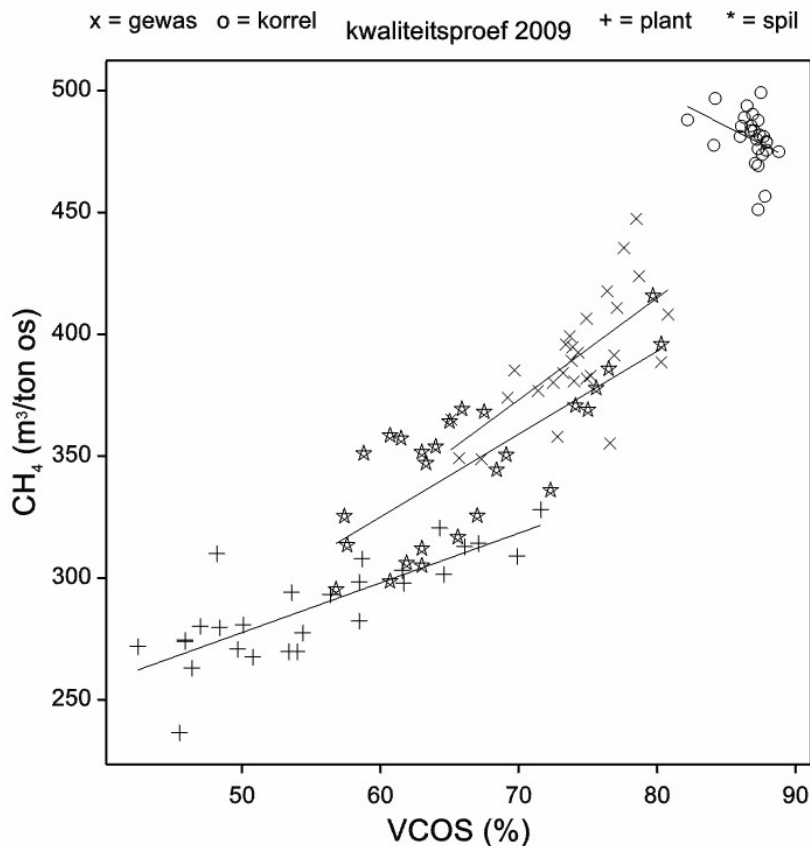


Figuur 3.2 Invloed van celwandverteerbaarheid op de methaangasproductie (CH₄/ton os) voor gewasdelen en gehele gewas.

Bij de plant en de spil is er een duidelijk positief verband tussen de celwandverteerbaarheid (Ndf-verteerbaar%) en de methaangasproductie per ton os. De gasproductie uit de spil lijkt hoger dan van de plant, maar dit wordt veroorzaakt door de achtergebleven korrelpuntjes. Bij het 3^e (en laatste) oogsttijdstip konden korrel en spil namelijk wel goed gescheiden worden en vielen de punten van de spil in de grafiek samen met die van de plant. Zonder invloed van het zetmeel liggen de meetpunten van de spil (rechts) in lijn met die van de plant, dus met een hogere celwandverteerbaarheid door een lager ligninegehalte (adl). De celwanden van de plant zijn ouder en daardoor reeds minder verteerbaar. Op gewasniveau was er geen enkel verband tussen gas en celwandverteerbaarheid, omdat hier de invloed van de korrel (celwanden en zetmeel) sterk doorheen speelt.

De vastgestelde relaties komen overeen met die tussen zetmeelgehalte, celwandverteerbaarheid en de verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC-os), die gebruikt wordt voor de voederwaarde van melkvee. In figuur 3.3 is het interessant te zien dat er een positieve relatie is tussen de VC-os en de specifieke methaangasproductie. Het percentage verklarende variantie is zelfs ruim 95%. Wel moet worden opgemerkt dat dit geldt voor de range in VC-os van 40-90% en over alle gewasdelen. Per gewasdeel is er een eigen relatie. Voor de gasproductie uit de plant en spil is om dezelfde reden als bij figuur 3.2 (Ndf-verteerbaar) ook hier de verwachting, dat de gasproductie uit de plant en de spil op een lijn liggen, waarbij de plant links (VC-os range 40-75%) en de spil rechts (VC-os range 60-80%) liggen. De regressievergelijking voor plant en spil (restplant = alles exclusief korrel) wordt dan:

$$\text{CH}_4\text{-gas m}^3/\text{ton os (restplant)} = 175 + (2 * \text{VC-os restplant}).$$



Figuur 3.3 **Verband tussen VC-os (%) en methaangasproductie (m³/ton os) voor gewasdelen en gehele gewas; (%R² adj= 95.3%) (alle maïstypen excl. Suikertype)**

Voor de korrel is er een constante waarde voor zowel de VC-os als de CH₄ m³/ ton os. De twee iets afwijkende punten (met lagere CH₄-productie) zijn de typen “uitstoeling” en “highoil”. Worden deze uitgesloten, omdat dit niet de typen zijn die commercieel als biogasmaïs zullen worden gebruikt, dan heeft de korrel in 2009 een vrij constante verteringscoëfficiënt van 87%, waaraan gekoppeld een CH₄-gasproductie van gemiddeld 475 m³/ton os.

Op gewasniveau is de range in VC-os veel smaller (65-80%) en de relatie met de gasproductie minder sterk. Gasproductie op gewasniveau is verschillend per ras. Per ras is er een perfecte statistische correlatie, maar over de rassen heen wordt het verband verstoord, vermoedelijk vanwege genetische verschillen in celwandverteerbaarheid en korrelaandeel.

In feite kan op basis van het zetmeelgehalte (gewas) en de VC-os (gewas) de methaangasproductie van het gewas berekend worden door de gasproductie uit de korrelfractie en de gasproductie uit de restplant fractie bij elkaar op te tellen. De gasproductie uit de korrelfractie is dan gelijk aan (korrelfractie * 475 m³/ton os). De gasproductie uit de restplantfractie is gelijk aan (1 – korrelfractie) * (175 + (2 * VC-os restplant)). De gasproductie uit het totale gewas is dan (met een 49% verklarende variantie):

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os (gewas)} = (475 * \text{korrelfractie}) + ((1-\text{korrelfractie}) * ((175 + (2 * \text{VC-os restplant}))))$$

waarbij: korrelfractie = (zetmeelgehalte * 100/70) / 1000, omdat alle zetmeel in de korrel zit en in de korrel vrijwel constant 70% zetmeel aanwezig is.

En waarbij: VC-os (restplant) = (VC-os gewas - (87 * korrelfractie)) / (1 – korrelfractie), omdat VC-os korrel vrij constant is op 87%.

Omdat de fracties en de kwaliteit van deze fracties, ook bij de VC-os een vergelijkbare rol spelen, is getracht een vergelijking op basis van de VC-os op te stellen. Als we alle 10 maïstypen, die in 2009 onderzocht zijn, opnemen wordt de vergelijking: $\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = (4.2 * \text{VC-os}) + 80$.

Indien alleen de 6 onderzochte commerciële maïstypen mee worden genomen in de berekening (snijmaïs en biogasmaïstypen, waarbij range in celwandverteerbaarheid en zetmeelgehalte smaller is) kan in 2009 voor de methaangasproductie per ton os de volgende formule worden opgesteld: $\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = (6.6 * \text{VC-os}) - 100$.

Alle bovenstaande vergelijkingen zijn op basis van de kwaliteitsproef 2009. Er is over de jaren 2007 t/m 2009 echter van 8 proeven informatie beschikbaar. Naast de drie kwaliteitsproeven zijn ook 3 teeltproeven in Valthermond en 2 rassenproeven in Vredepeel uitgevoerd. Er zijn hierbij niveauverschillen in specifieke methaangasproductie tussen de jaren en de proeven aanwezig. Deze worden met name bepaald door verschillen in zetmeelgehalte.

Op basis van alle proeven lijkt bij een enkelvoudige lineaire regressie het celwandgehalte (Ndf) het hoogste percentage verklarende variantie (49%) op te leveren. Statistisch gezien geeft dit ook de beste formule:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = 540 - 0.44 * \text{Ndf} (R^2_{\text{adj}} = 49\%).$$

Wordt rekening gehouden met niveauverschillen in $\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os}$ tussen proeven en jaren, dan blijkt er relatie met de VC-os aanwezig:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = (5.6 * \text{VC-os}) - b (R^2_{\text{adj}} = 79.6\%),$$

waarbij b per proef en jaar varieert van -20 tot -100.

Geconstateerde niveauverschillen in $\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os}$ lijken hoofdzakelijk veroorzaakt door verschillen in zetmeelgehalte (korrelaandeel) per proef en per jaar. Ook levert een 1% hogere VC-os van de korrel meer gas dan een 1% hogere VC-os van de plant. Hierdoor is de toename in methaangasproductie per ton os per eenheid VC-os bij hoge VC-os-waarden groter dan bij lage VC-os-waarden. De regressiecoëfficiënt neemt toe bij een hoger zetmeelgehalte. Op basis hiervan is een formule ontwikkeld, die statistisch niet goed onderbouwd kan worden, maar die de werkelijkheid wel goed lijkt te benaderen. Op basis van deze formule kan een vrij goede inschatting worden gemaakt van de methaangasproductie per ton os:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = (1.2 + (\text{zetmeelgehalte}/100)) * \text{VC-os}$$

Conclusie en discussie

Het maïstype (ras) blijkt sterk bepalend voor de biogas- en methaangasproductie per ton os. Tevens blijkt dat de biogasproductie uit de korrel het hoogst is, gevolgd door die uit de spil en de plant laat de laagste gasproductie zien. Verschillen in chemische samenstelling zijn van invloed op de gasproductie en snelheid van gasproductie. Met name de factoren zetmeelgehalte (gasproductie korrel) en celwandverteerbaarheid (gasproductie plant en spil) hebben een positief effect. Het celwandgehalte en alle aan het celwandgehalte gerelateerde parameters hebben een negatieve invloed. De vergister lijkt dus toch een betonnen koe.

Statistisch geeft de formule op basis van celwandgehalte de best voorspellende waarde:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os} = 540 - 0.44 * \text{Ndf} (R^2_{\text{adj}} = 49\%)$$

Daarnaast zijn VC-os en de $\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{ton os}$ positief gecorreleerd en wel volgens een lineaire regressie, waarbij de regressiecoëfficiënt wordt bepaald door het zetmeelgehalte, volgens de formule:

$$\text{CH}_4 \text{ m}^3/\text{tonos} = (1.2 + (\text{zetmeelgehalte}/100)) * \text{VC-os}.$$

Deze formule geeft voor de praktijk een redelijke inschatting van de methaangasproductie per ton os. Wel hoeft deze formule nog enige verbetering. Extra onderzoek hiernaar is aanbevelingswaardig. Vanwege

betere statistische onderbouwing is het voorlopig beter om gebruik te maken van de formule op basis van het celwandgehalte (Ndf).

Zowel op basis van Ndf als op basis van zetmeelgehalte en VC-os kan dus een inschatting gemaakt worden van de methaangasproductie per ton os, waardoor aan te kopen maïsgewassen en maïskuilen beter te beoordelen zijn op geschiktheid voor vergisting (zie ook par. 3.1 – Economie van biogasmaïs). Tevens kan van de eigen kuil de potentiële gasproductie worden bepaald, op basis waarvan weer de totale gasproductie ingeschat kan worden. Tevens kan op basis hiervan de geschiktheid van rassen, waarvan de methaangasproductie niet bekend is, maar wel het potentiële celwandgehalte (Ndf) of het zetmeelgehalte en VC-os, worden ingeschat ten opzichte van andere rassen.

Omdat bij een hoger zetmeelgehalte de VC-os vermenigvuldigd wordt met een hogere factor is het zetmeelgehalte voor het rendement van een vergistingsinstallatie nog belangrijker dan voor de melkproductie van een koe.

Door kwalitatief betere maïs te vergisten kan op kosten worden bespaard. Bij de bouw van een nieuwe vergister kan, door een snellere vergisting en door meer gasproductie per m³ inhoud, de inhoud van de vergister kleiner zijn en daarmee de investering lager. Of er kan bij een bepaald volume vergister gekozen worden voor een WKK met een groter vermogen. Korthedshalve wordt verwezen naar par. 3.1 (Economie van biogasmaïs).

De snelheid van vergisting wordt met name bepaald door het korrelaandeel. Uit de korrel komt het gas 1.5 keer sneller beschikbaar dan uit de plant. De hydrolysefase (afbraakfase) is de meest vertragende fase in het vergistingsproces. Met name de plant is hier de vertragende factor. De verwachting dat door een betere celwandafbreekbaarheid de hydrolysefase sneller verloopt is in dit onderzoek niet aangetoond. Dit vraagt nader onderzoek.

Bij de gegevensanalyse viel de methaangasproductie van gewasmonsters van zeer vroege rassen met een drogestofgehalte boven 40% en met een zetmeelgehalte boven 45% enorm tegen. Mogelijk werd dit veroorzaakt door een C/N-quotiënt dat boven de 30 komt. Optimale gasproductie vindt plaats bij een C/N-quotiënt tussen de 10 en 30. Op het moment dat deze zeer vroege rassen de korrel volledig gevuld hebben en nog groen blad hebben, wordt er nog extra suiker in de plant opgeslagen. De totale hoeveelheid snel afbreekbare koolhydraten (zetmeel en suiker) wordt dan mogelijk zo hoog, dat het C/N-quotiënt boven de 30 uitkomt en de gasproductie stagneert. Mogelijk dat dit bij co-vergisting niet gaat spelen, omdat er ook 50% mest aanwezig is. Bij een pure maïsvergisting van deze rassen kan dit wel spelen. Bij middenvroeg tot middenlate rassen zal dit veel minder spelen, omdat de invloed van de plant groter is en het black-layer stadium (korrel volledig gevuld, zwart puntje aan korrel) stadium in Nederland minder snel wordt bereikt. Om problemen hiermee te voorkomen is het verstandig maïs niet te droog te oogsten, in ieder geval beneden 40% en eigenlijk voordat het black-layer stadium bereikt wordt. In paragraaf 3.1 staat meer vermeld over het optimale oogstmoment.



Foto 3.2 **Een hoog korrelaandeel (zetmeelgehalte) is essentieel voor een hoge CH₄-gasproductie per ton os.**

3.4 Teelt van maïs na tussenteelt rogge

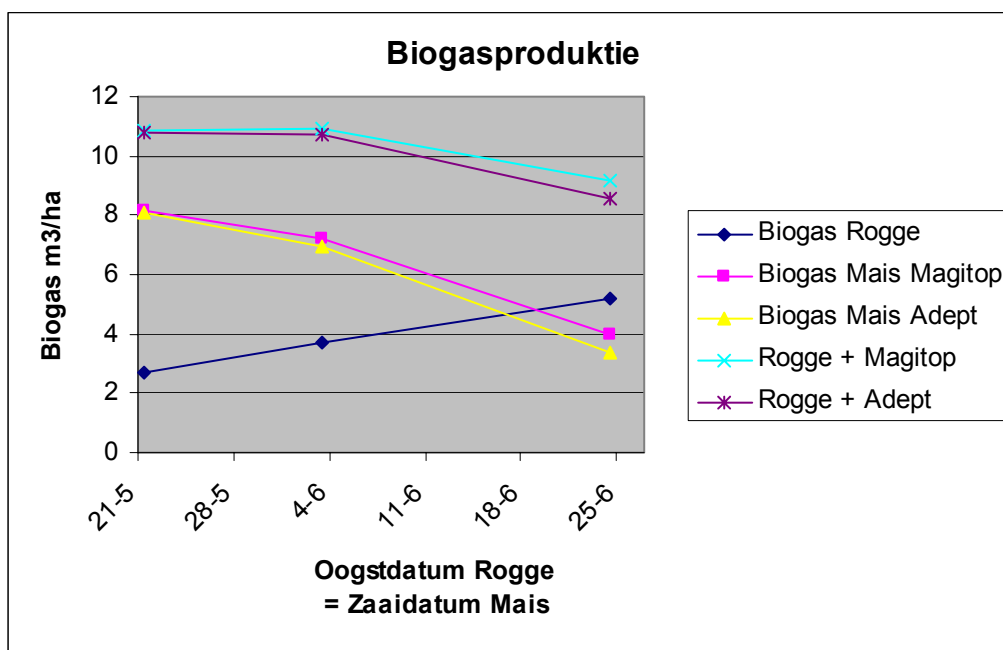
Binnen het project is onderzoek gedaan naar een maximalisatie van de energieopbrengst per hectare en naar maximalisering van het milieurendement. Bij de teelt van maïs is het op lichte grond verplicht om na de teelt van maïs een groenbemester in te zaaien. Veelal zal dit, gezien het late zaaitijdstip, rogge zijn. Deze rogge wordt normaal gesproken in het voorjaar ondergeploegd (en daarvoor eventueel nog doodgespoten) waarna de maïs eind april/begin mei wordt ingezaaid. Echter de rogge zou in het voorjaar ook kunnen worden geoogst voordat de maïs wordt gezaaid. Op deze wijze zou een maximale drogestofopbrengst en energieproductie per hectare gerealiseerd kunnen worden.

Naarmate in het voorjaar de rogge langer kan groeien zal de drogestofproductie van dit gewas verder toenemen. Echter naarmate de oogst langer wordt uitgesteld zal de groeiperiode van de daaropvolgende maïs korter worden en resulteren in een lagere drogestofopbrengst. In 2008 is onderzocht wat het effect is van verschillende oogstmomenten van de rogge (en verschillende zaaimomenten van de maïs) op de totale opbrengst (droge stof en biogas) van de combinatie van een tussenteelt rogge gevolgd door de teelt van verschillende rassen maïs.

Resultaten

De proef is gestart met inzaai van rogge na voorvrucht aardappelen. In het voorjaar is de rogge op verschillende tijdstippen geoogst, waarna direct de volgende dag is bemest, gespit en maïs gezaaid. Per oogstmoment is de opbrengst van de rogge bepaald. De maïsrassen zijn op 10 oktober geoogst. Van ieder oogstmoment zijn de opbrengsten bepaald en monsters geanalyseerd op voederwaarde en gasopbrengst. In onderstaande figuur 3.4 zijn de resultaten per oogstdatum van de rogge weergegeven.

De biogasopbrengst van de geoogste rogge nam geleidelijk toe tot ruim 5000 m³ per hectare. De biogasopbrengst van de ingezaaide maïs nam per zaaitijd duidelijk af bij beide rassen. De hoogste totale biogasopbrengst per hectare werd gerealiseerd bij de oogst van rogge op 21 mei of 3 juni. Onderscheid tussen de beide maïsrassen was er nauwelijks. Alleen de zeer late zaai resulteerde in een duidelijk lagere gasopbrengst.



Figuur 3.4. **Biogasproductie van het proefveld tussenteelt rogge, gevolgd door de teelt van maïs voor biogasproductie; Valthermond 2008.**

Conclusie

De maximale totale biogasopbrengst van rogge en maïs samen, werd bereikt bij een oogst van de rogge uiterlijk begin juni. Daarna nam deze sterk af. Het totale opbrengstniveau was maximaal 11.000 m³/ha biogas. Deze opbrengst is niet hoger dan van een goede (op tijd gezaaide) biogasmaïs alleen. Besloten is om dit onderzoek na één jaar niet verder voort te zetten.



Foto 3.3 **Maïs na rogge, ingezaaid op 21 mei (links), 3 juni (midden) en 25 juni (rechts daarvan).**

4 Toepassing digestaat

Digestaat is een relatief nieuwe organische meststof. Het is het restproduct dat overblijft na de (co)vergisting van drijfmest en andere organische producten bij de productie van biogas. Het digestaat kan net als drijfmest als meststof in de akker- en tuinbouw worden gebruikt. Wettelijk wordt het gebruik van digestaat op basis van covergisting dan ook gelijkgesteld aan drijfmest. Een groot deel van het geproduceerde digestaat zal zijn weg gaan vinden als meststof in de teelt van energiemais. Gezien de uitbreiding van het aantal covergistingsinstallaties en de aanscherping van de bemestingsnormen zal het aanbod van digestaat ten behoeve van andere akkerbouwgewassen verder gaan groeien. Digestaat is nog een relatief onbekend product. Om tot een bredere acceptatie in de akker- en tuinbouw te komen is het belangrijk meer te weten over de bemestingswaarde en de werkingscoëfficiënt van stikstof van dit product.

4.1 Toepassing digestaat bij biogasmaïs

Toe Van 2007 t/m 2009 is er jaarlijks een proef aangelegd op 't Kompas waarbij het effect van digestaat bij biogasmaïs is vergeleken met drijfmest en kunstmest. De mest en het digestaat werden in stroken aangebracht kort voor het zaaien van de maïs. Hierop werden vervolgens met kunstmest N-trappen aangelegd. De voorvrucht was telkens zetmeelaardappelen en de N-min in de laag 0-30cm varieerde tussen de 25 en 35 kg N per ha.

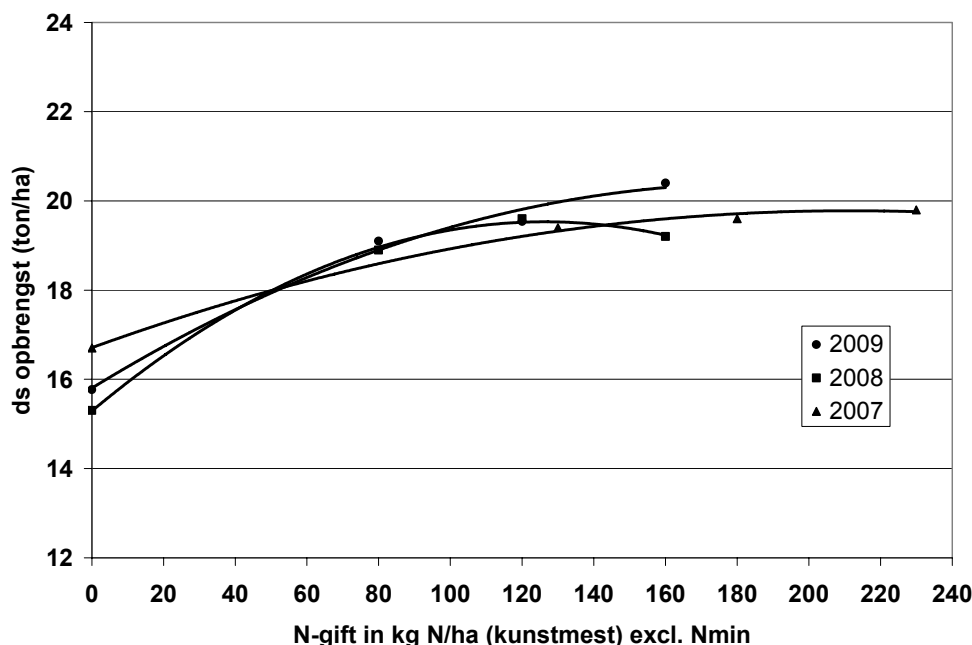
Het digestaat was in de meeste gevallen afkomstig van een mestvergister. (Alleen in 2007 werd naast digestaat uit een mestvergister ook digestaat uit een maïsvergister gebruikt. Voor de resultaten hiervan zie jaarrapport 2007). De gehalten aan N, P en K in digestaat kunnen sterk verschillen en zijn afhankelijk van het aandeel mest en de soorten en de hoeveelheden coproducten die in de vergister zijn gestopt.

Gewasopbrengst

Zonder enige vorm van stikstofbemesting (geen mest, digestaat of kunstmest) werd in alle drie de jaren een opbrengst behaald van tussen de 15 en 17 ton drogestof per ha (figuur 4.1). De daarbij behorende stikstofopname door het gewas bedroeg zo'n 140-175 kg N per ha (tabel 4.1). Dit geeft aan dat er een sterke stikstofmineralisatie is opgetreden. Het effect van de verschillende bemestingsobjecten is uiteraard beïnvloed door de sterke N-beschikbaarheid vanuit de bodem.

De maximale opbrengst via kunstmest (KAS) lag in alle jaren tussen de 19.5 en 20 ton drogestof per ha. Hiervoor was een N-gift nodig van 120-160 kg per ha. Hogere giften leidden niet tot een verdere toename van de opbrengst. De (bovengrondse) N-opname door het gewas bij de maximale opbrengst bedroeg zo'n 200-230 kg N per ha.

In 2008 was een beperkte digestaatgift van 15 ton per ha voldoende om de hoogste opbrengst te bereiken. Aanvullende N-giften via KAS deden de opbrengst niet verder toenemen. In 2009 was 11 ton digestaat per ha net niet voldoende voor de hoogste opbrengst; deze werd bereikt bij een aanvullende N-gift van 40 kg N per ha. Deze 40 kg N werd ook volledig opgenomen door het gewas (tabel 4.1). Hogere stikstofgiften gaven geen hogere opbrengst en de meer gegeven stikstof werd ook niet in het gewas teruggevonden. Met de resultaten van 2008 en 2009 wordt duidelijk waarom de digestaatgiften in de proef van 2007 te hoog waren om het N-effect goed te kunnen beoordelen.



Figuur 4.1. Effect van de hoogte van de N-gift (kunstmest) op de drogestofopbrengst van energiemais; Valthermond 2007-2009.

Het effect van digestaat op de opbrengst van biogasmaïs vertoonde sterke overeenkomsten met die van varkensdrijfmest (VDM). Ook van varkensdrijfmest was in beide jaren namelijk slechts een beperkte hoeveelheid nodig om tot de hoogste opbrengst te komen. In 2009 was zelfs geen kleine aanvullende N-gift nodig, wat bij digestaat wel het geval was.

Tabel 4.1 Effect digestaat, drijfmest en kunstmest op de drogestofopbrengst (ton_ha) van biogasmaïs; Valthermond 2007-2009.

mest/digestaatgift*	kunstmest (kg N/ha)**	ds_ha 2007	ds_ha 2008	ds_ha 2009	N-opn 2007	N_opn 2008	N_opn 2009
-	0	16.7	15.3	15.8	175	147	141
-	80	-	18.9	19.1	-	210	193
-	120/130	19.4	-	19.5	223	-	196
-	160/180	19.6	19.6	20.4	242	225	223
-	200/230	19.8	19.2	-	230	228	-
15/11 ton_ha VDM	0	-	19.0	19.6	-	211	205
15/11 ton_ha VDM	40	-	19.4	19.2	-	220	198
15/11 ton_ha VDM	80	-	19.2	19.5	-	219	221
15/11 ton_ha VDM	120	-	19.5	19.2	-	229	242
25 ton_ha VDM	0	20.2	-	-	246	-	-
50 ton_ha VDM	0	21.4	-	-	251	-	-
15/11 ton_ha digestaat	0	-	19.7	17.7	-	210	176
15/11 ton_ha digestaat	40	-	19.7	19.1	-	224	213
15/11 ton_ha digestaat	80	-	20.2	18.4	-	245	199
15/11 ton_ha digestaat	120	-	19.5	18.5	-	229	200
30 ton_ha digestaat	0	19.7	-	-	217	-	-
60 ton_ha digestaat	0	20.4	-	-	238	-	-

* 15 ton in 2008 en 11 ton in 2009

** 120-160-200 in 2008 en 2009; 130-180-230 in 2007

Berekening werkingscoëfficiënt

De hoeveelheid stikstof die uit digestaat ter beschikking komt aan de plant kan op verschillende manieren worden berekend. Door gebruik te maken van de opbrengstcijfers en de N-opname bij kunstmestgiften kan de zogenaamde werkingscoëfficiënt (% van N-totaal) worden berekend.

Proef 2008

- De opbrengst van het digestaatobject zonder kunstmest (19.7 ton ds/ha) komt overeen met de opbrengst bij een stikstofgift via kunstmest van ca. 100 kg. Met de digestaat is 15 ton x 6.1 N-totaal per ton = ruim 90 kg N-totaal gegeven. Dit zou betekenen dat de werkingscoëfficiënt (WC) van de stikstof in de digestaat (meer dan) 100% zou zijn geweest! Dit is onwaarschijnlijk hoog en meer dan 100% is uiteraard ook niet mogelijk. In de literatuur worden wel WC's genoemd van 70-80% voor digestaat.
- Uit het verschil in N-opname tussen het nul-object (147 kg N per ha) en het digestaatobject zonder aanvullende kunstmestgift (210 kg N per ha) is af te leiden dat er uit de digestaat minimaal 63 kg stikstof beschikbaar is gekomen. Bij een N-totaalgift van 92 kg N per ha betekent dit een werkingscoëfficiënt van minimaal zo'n 68%.
- De N-opname van het digestaatobject zonder aanvullende kunstmestgift (210 kg N per ha) komt overeen met de N-opname van een kunstmestgift van ca. 80 kg N per ha. Dit zou neerkomen op een wc van bijna 90%.

De wc van digestaat kon in 2008 dus niet betrouwbaarder worden vastgesteld dan ergens tussen de 68% en (ruim?) 100%.

Proef 2009

- De opbrengst van het digestaatobject zonder kunstmest (17.7 ton ds/ha) komt overeen met de opbrengst bij een stikstofgift via kunstmest van ca. 60 kg. Met de digestaat is 11 ton x 5.4 N-totaal per ton = ca. 60 kg N-totaal gegeven. Dit zou betekenen dat de werkingscoëfficiënt van de stikstof in de digestaat 100% zou zijn geweest! Dit is onwaarschijnlijk hoog. In de literatuur worden wel wc's genoemd van 70-80%.
- Uit het verschil in N-opname tussen het nul-object (141 kg N per ha) en het digestaatobject zonder aanvullende kunstmestgift (176 kg N per ha) is af te leiden dat er uit de digestaat minimaal 35 kg stikstof beschikbaar is gekomen. Bij een N-totaalgift van 60 kg N per ha betekent dit een werkingscoëfficiënt van minimaal zo'n 60%.
- De N-opname van het digestaatobject zonder aanvullende kunstmestgift (176 kg N per ha) komt overeen met de N-opname van een kunstmestgift van ca. 55 kg N per ha. Dit zou neerkomen op een wc van ruim 90%.

De wc van digestaat kon dus niet betrouwbaarder worden vastgesteld dan ergens tussen de 60% en 100%.

Biogasproductie

De biogasproductie per ton droge organische stof lag elk jaar zo rond de 650 m³ (variërend van 600 tot 700 m³) en werd niet beïnvloed door de hoogte van de N-bemesting. Ook waren er geen verschillen tussen kunstmest, varkensdrijfmest en digestaat. Zelfs tussen het nulobject en een hoge mest- of digestaatgift (2007) of een combinatie van digestaat/mest met een kunstmestgift van 120 kg N per ha was er geen duidelijk verschil in de biogasopbrengst per ton os.

Voor de proeven is in alle drie de jaren het ras NK Magitop ingezaaid.

De biogasopbrengst per ha werd dus uitsluitend bepaald door de (drogestof)opbrengst.

Het methaangehalte van het biogas lag tussen de 55% en 56%. Er was geen effect van de soort bemesting, en de hoogte ervan, op het methaangehalte.

Bij het nul-object werd gemiddeld over de drie jaren een methaangasopbrengst van 5600 m³ per ha behaald, voor de overige objecten was dit gemiddeld ca. 6500 m³.

Energieproductie

Verbranding van het geproduceerde methaangas levert energie op. De bruto energieproductie is dan ook sterk gerelateerd aan de methaanproductie. De verschillen tussen de objecten komen overeen met de verschillen in methaanproductie (en drogestofproductie). Het nulobject produceerde gemiddeld 68 GJ/ha en bij een maximale drogestofopbrengst bedroeg de bruto energieproductie gemiddeld ca. 80-85 GJ/ha. De teelt en het transport van de maïs, de vergister en de afvoer van digestaat kosten ook energie. Bij de teelt is het vooral de kunstmeststikstof die energie kost. Als deze input aan energie van de bruto productie wordt afgetrokken blijft de netto geproduceerde energie over. Als naar het rendement van de energieproductie wordt gekeken (netto-energie/bruto-energie) ligt deze bij het nulobject op een niveau van gemiddeld 70%. Bij digestaat- en mestgiften zonder aanvullende kunstmestgift lag het rendement hoger (73-75%). Deze objecten komen gunstig uit omdat voor de stikstof uit mest en digestaat geen energie wordt gerekend. De extra kunstmest bij de mest- en digestaatgiften leverden meestal nauwelijks hogere opbrengsten op maar kostten wel energie. Bij oplopende kunstmestgiften nam het rendement geleidelijk af van 70% bij het nulobject tot 63% bij N-giften van ca. 200 N per ha.

Reductie CO₂-emissie

De teelt en verwerking van een gewas tot biogas levert behalve energie ook een reductie van de CO₂-emissie op. Door de opwekking van de elektriciteit wordt namelijk het gebruik van een bepaalde hoeveelheid fossiele brandstof vermeden. De bruto reductie van de CO₂-emissie is recht evenredig met de hoeveelheid energie/elektriciteit die er is geproduceerd. De verschillen tussen de objecten zijn daarom overeenkomstig de verschillen in bruto-energieproductie.

De teelt en vergisting van het gewas kost ook energie en veroorzaakt daarmee ook een uitstoot van broeikasgassen (GHG). Verder gaat het gebruik van kunstmeststikstof, digestaat en mest gepaard met emissie van lachgas. De werkelijke reductie (netto reductie) is derhalve lager.

De netto vermeden uitstoot van broeikasgassen was bij het bemesten met uitsluitend kunstmest het hoogst bij een beperkte gift van 80 kg N. De netto emissiereductie bedroeg hierbij gemiddeld over 2008 en 2009 ca. 9 ton CO₂-equivalenten per ha. Bij een (beperkte) gift van digestaat of varkensmest zonder aanvullende stikstofgift werd echter de hoogste netto emissiereductie bereikt (gemiddeld bijna 10 ton).

Conclusies

Bij de N-bemesting van biogasmaïs in het Veenkoloniaal gebied dient rekening gehouden te worden met een sterke mineralisatie van de grond. In de periode 2007-2009 werd bij het nulobject (zonder enige N-bemesting) een N-opname door het (bovengrondse) gewas vastgesteld van 140-175 kg N per ha. Hierdoor werd de hoogste opbrengst veelal al bereikt bij een N-gift van 80-160 kg N per ha). De totale onttrekking door het (bovengrondse) gewas bedroeg bij het maximale opbrengstniveau echter veelal 200 kg N per ha of meer. Om achteruitgang in bodemvruchtbaarheid te voorkomen dient bij de N-bemesting zo veel mogelijk rekening gehouden te worden met deze onttrekking.

Digestaat is een prima meststof gebleken en enigszins vergelijkbaar met varkensdrijfmest. Het kon kunstmest volledig vervangen bij de bemesting van biogasmaïs en beperkte giften van 10-15 ton digestaat per ha bleken al voldoende om de maximale opbrengst te behalen.

Ook wat betreft energieproductie, het rendement hiervan en wat betreft de reductie van CO₂-emissie gaf digestaat betere resultaten dan kunstmest.

Het bleek echter bijzonder lastig een consistente werkingscoëfficiënt te bepalen voor de stikstof in de digestaat. Berekeningen hiervan varieerden van 60% tot 100%. Wellicht heeft de sterke mineralisatie hier een (versturende) rol in gespeeld en zou vervolgonderzoek naar de werkingscoëfficiënt beter op een andere, minder sterk mineraliserende grondsoort worden uitgevoerd.

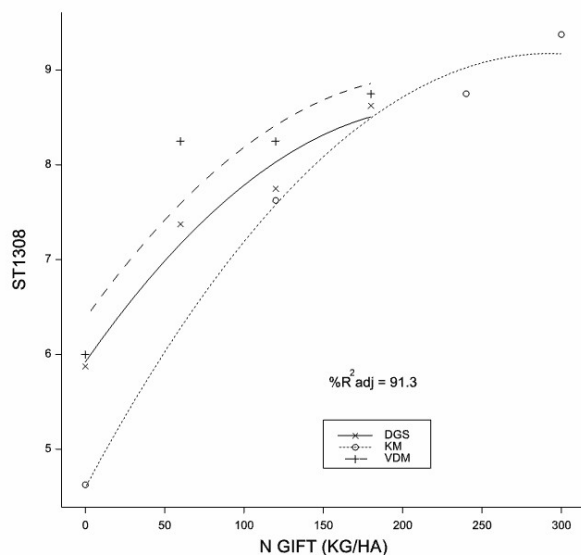
4.2 Toepassing digestaat bij zetmeelaardappelen

Om de acceptatie in de praktijk verder te vergroten is meer kennis nodig van de bemestende waarde en de werkingscoëfficiënt van stikstof van digestaat. In 2008 en 2009 zijn proeven uitgevoerd waarbij in het voorjaar, kort voor het poten van de aardappelen, digestaat is toegepast. In deze proeven is een vergelijking gemaakt met varkensdrijfmest, wat in de praktijk op grote schaal wordt toegepast, en kunstmest.

In beide jaren is gebruik gemaakt van het ras Seresta. Seresta is qua areaal het grootste ras en is een ras met een ruime stikstofbehoefte. Behalve stikstof wordt met digestaat en varkensdrijfmest ook fosfaat en kali gegeven. De hoeveelheden P_2O_5 en K_2O die met de varkensdrijfmest en digestaat werden gegeven zijn bij de vergelijkende kunstmestobjecten gecompenseerd. Om het stikstofeffect van zowel digestaat als varkensdrijfmest goed te kunnen vaststellen is op een suboptimaal niveau gedoseerd (15 m^3 per ha).

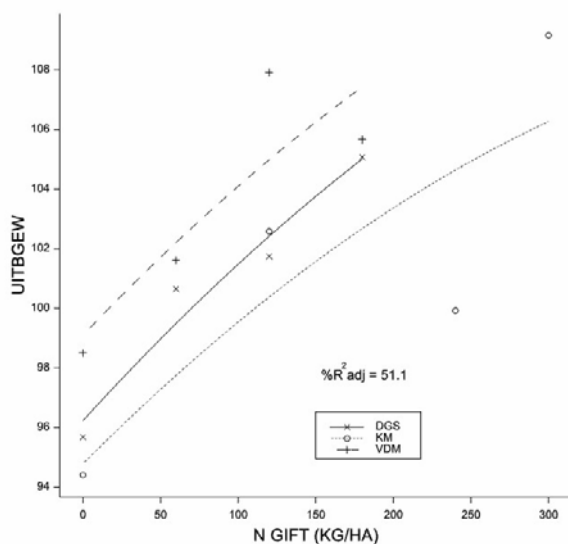
Resultaten

Gedurende het groeiseizoen is in beide jaren de ontwikkeling van het gewas regelmatig visueel beoordeeld. Hieronder een voorbeeld van zo'n beoordeling in augustus 2008 (figuur 4.2). Op basis van figuur 4.2 kan worden afgeleid dat de beoordeling van de stand van het gewas (kleur, massa) bij het gebruik van alleen digestaat (DGS) of alleen varkensdrijfmest (VDM) zonder aanvullende stikstofbemesting een vergelijkbaar resultaat geeft als bij een gift van ca. 65-75 kg/ha N per ha. De werkingscoëfficiënt voor de stikstof zou dan overeenkomen met $\pm 49\%$ voor digestaat en van $\pm 75\%$ voor varkensdrijfmest. (Voor meer uitgebreide berekeningen van het werkingspercentage op basis van waarnemingen gedurende het groeiseizoen en op basis van de opbrengstresultaten, zie de afzonderlijke jaarverslagen van 2008 en 2009).



Figuur 4.2 Effect van de hoogte van de stikstofgift op de gewasstand van zetmeelaardappelen bij het gebruik van digestaat (DGS), varkensdrijfmest (VDM) en kunstmest (KM); Valthermond, aug. 2008

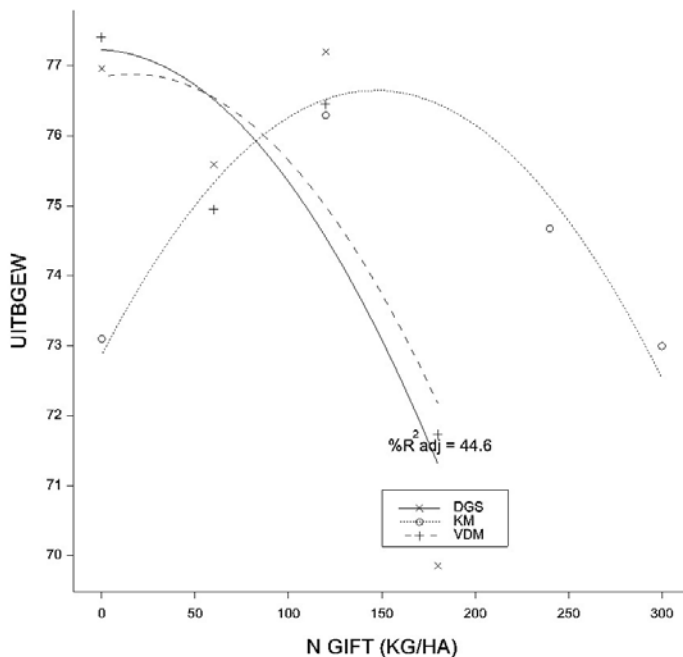
In 2008 is de proef aangelegd op een perceel met voorvrucht wintertarwe. Na de wintertarwe is varkensdrijfmest uitgereden, waarna een groenbemester in de vorm van bladrammenas is gezaaid. Het gerealiseerde uitbetalingsgewicht in 2008 was zeer hoog als gevolg van het zeer hoge veldgewicht en het hoge zetmeelgehalte (OWG). Gezien het verloop van onderstaande grafieken (figuur 4.3) werd het maximale uitbetalingsgewicht nog niet bereikt. De reactie van het veldgewicht en het uitbetalingsgewicht op een verhoogde stikstofgift was zeer sterk. De reactie op het OWG was echter minimaal.



Figuur 4.3 **Effect van de hoogte van de stikstofgift op het uitbetalingsgewicht (ton/ha) van zetmeelaardappelen bij het gebruik van digestaat (DGS), varkensdrijfmest (VDM) en kunstmest (KM); Valthermond 2008.**

Op basis van bovenstaande grafieken kan worden afgeleid dat het uitbetalingsgewicht bij het gebruik van alleen digestaat (DGS) vergelijkbaar is met het uitbetalingsgewicht bij een stikstofgift van 30 kg/ha N. Bij het gebruik van alleen varkensdrijfmest (VDM) is het uitbetalingsgewicht vergelijkbaar aan het uitbetalingsgewicht bij een stikstofgift van 93 kg/ha N. De werkingscoëfficiënt voor de stikstof zou dan overeenkomen met slechts $\pm 32\%$ voor digestaat en van $\pm 100\%$ voor varkensdrijfmest.

In 2009 is de proef aangelegd op een perceel met voorvrucht zomergerst. Na de oogst is varkensdrijfmest uitgereden, waarna een groenbemester in de vorm van bladrammenas is gezaaid. Dit had tot gevolg dat de stikstofvoorraad in het voorjaar relatief hoog was en dat de optimale stikstofgift voor het bereiken van het maximale uitbetalingsgewicht ook relatief laag was. Bij het gebruik van alleen digestaat of varkensdrijfmest leek een aanvullende stikstofgift zelfs niet nodig. Bij het gebruik van alleen kunstmest trad vanaf een stikstofgift van 150 kg N een duidelijke daling op van het uitbetalingsgewicht als gevolg van een daling van zowel het veldgewicht als van het OWG.



Figuur 4.4 **Effect van de hoogte van de stikstofgift op het uitbetalingsgewicht (ton/ha) van zetmeelaardappelen bij het gebruik van digestaat (DGS), varkensdrijfmest (VDM) en kunstmest (KM); Valthermond 2009.**

Op basis van bovenstaande grafieken (figuur 4.4) kan worden afgeleid dat het uitbetalingsgewicht bij het gebruik van alleen digestaat (DGS) of varkensdrijfmest (VDM) een vergelijkbaar of zelfs iets hoger uitbetalingsgewicht opleverde als bij een stikstofgift van ± 150 kg/ha N. De stikstofwerking zou dan meer dan 100% zijn voor zowel digestaat als voor varkensdrijfmest.

Conclusies

Doel van het onderzoek was een betrouwbare werkingscoëfficiënt van de stikstof in digestaat vast te stellen. Dit is niet helemaal gelukt. Gedurende het groeiseizoen was er in de proeven wel een duidelijke stikstofreactie in het gewas zichtbaar, waarbij ook de afzonderlijke giften goed waren te onderscheiden. De zichtbare reactie van het gewas aardappelen op de velden met alleen digestaat of varkensdrijfmest was echter zeer variabel gedurende het groeiseizoen. Afhankelijk van de aard en het tijdstip van de waarneming gedurende het groeiseizoen of bij de oogst, kon op basis van dit tweejarige onderzoek een gemiddeld werkingspercentage worden berekend van 66% voor digestaat en van 87% voor varkensdrijfmest. De variatie was echter enorm groot en het gemiddelde werkingspercentage niet erg betrouwbaar. Het blijkt bijzonder moeilijk het effect van digestaat op de gewasgroei en opbrengst van zetmeelaardappelen te voorspellen. Daarmee is ook een advies over de juiste hoeveelheid toe te passen digestaat moeilijk te geven.

5 Nematologische aspecten

In het gebied NO-Nederland is als gevolg van een forse uitbreiding van het aantal vergistingsinstallaties een flinke uitbreiding van de teelt van biogasmaïs te verwachten. Als deze uitbreiding van het maïsareaal ten koste gaat van het areaal zomergerst en/of wintertarwe dan heeft dat directe gevolgen voor de ontwikkeling van de aaltjespopulatie. Het aaltje *Pratylenchus penetrans* komt op nu al op globaal 30% van de percelen, (of delen van percelen), op een schadelijk niveau voor. Uitbreiding van de maïsteelt kan betekenen dat het areaal met besmetting groter wordt en dat het besmettingsniveau op de percelen toeneemt tot schadelijke niveaus voor de teelt zetmeelaardappelen. Dit effect zal wellicht nog worden versterkt door de wettelijke verplichting om een groenbemester na te telen op lichte grond. Als gevolg van de late oogst van energiemaïs zullen veel boeren hierbij kiezen voor de teelt van rogge. Door deze roggeteelt is de kans groot dat de populatie *Pratylenchus Penetrans* extra wordt verhoogd. Dit heeft een negatief effect op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Daarnaast kan een geslaagde groenbemester echter ook een positief effect hebben. Uit de literatuur is namelijk bekend dat een goed geslaagde groenbemester tot zo'n 5% hogere aardappelopbrengst kan leveren.

Om een goed beeld te krijgen van de ontwikkeling van de aaltjes en de effecten op de opbrengst is binnen dit project een deskstudie met behulp van het programma "Digitaal" uitgevoerd en er zijn veldproeven aangelegd. In de veldproeven zijn verschillende dichtheden van aaltjes zijn gecreëerd met vervolgens maïsteelt, verplichte groenbemester en nateelt zetmeelaardappelen.

5.1 Nematologische aspecten van aanpassen van veenkoloniale bouwplan aan teelt biogasmaïs

Met behulp van het computerprogramma Digitaal zijn verschillende bouwplannen, variërend van het huidige traditionele bouwplan tot 100% maïs doorgerekend op het risico van aaltjesvermeerdering en opbrengstschade in de verschillende gewassen.

Als onderdeel van de uitdraai van het programma hoort bij elk bouwplan een figuur met daarin informatie over de vermeerdering en de schade door verschillende aaltjes op diverse grondsoorten. Deze figuren zijn te vinden in de Jaarrapportage over 2007. In dit eindrapport worden alleen de belangrijkste conclusies weergegeven.

Traditioneel bouwplan

Het traditionele veenkoloniale bouwplan is intensief wat de teelt van aardappelen betreft. Het bouwplan is daardoor kwetsbaar wat betreft opbrengstschade door *Pratylenchus penetrans* en schade door *Trichodorida* aaltjes, welke tevens kringerigheid veroorzaken. Ook schade door *M. chitwoodi* kan in dit bouwplan voorkomen.

Schade door aardappelcysteaaltjes zal meevallen, omdat er in de zetmeelteelt voldoende resistentie beschikbaar is om de dichtheden van dit aaltje binnen acceptabele grenzen te houden.

Traditioneel bouwplan met groenbemester

De toevoeging van een groenbemester aan het traditionele veenkoloniale bouwplan zal het risico op opbrengstschade in aardappel door *P. penetrans* vergroten, omdat de teelt van bladrammenas de wortellesieaaltjes nog extra in de gelegenheid stelt om te vermeerderen.

Traditioneel bouwplan met vervanging van graan door maïs

Maïs is één van de gewassen waar *P. penetrans* zich het sterkst op kan vermeerderen. Het vervangen van de granen door maïs zal het risico op opbrengst schade door *P. penetrans* in de aardappelteelt na maïs vergroten.

Problemen met *Trichodoride* aaltjes zijn lastiger te voorspellen, omdat er voor maïs nog veel onduidelijk is over waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van de veel voorkomende soort *Paratrichodorus pachydermus*. Zeker is wel dat de granen goede waardplanten zijn voor *P. pachydermus*, dus het is maar de vraag of maïs dit kan verergeren. Voor *Trichodorus similis* is maïs een matige waardplant, van tarwe en gerst is dit onbekend.

Bouwplan met vervanging van graan en 50% van de aardappelen door maïs

Het vervangen van de granen en 50% van de aardappelen door maïs zal niet voor extra schade zorgen in vergelijking tot het vorige bouwplan.

Het meest schadegevoelige gewas in dit bouwplan is de aardappel. De overgebleven aardappelteelt is wel erg kwetsbaar voor schade door *P. penetrans* in dit maïs intensieve bouwplan.

Bouwplan met continue maïs

Bij een continue teelt maïs zal er bij het voorkomen van *P. penetrans* opbrengstschade in de maïs gaan optreden. De groei van het gewas blijft dan achter. Bij aantallen rond de 500 *P. penetrans* per 100 ml grond is al opbrengstschade vastgesteld van 20 procent versgewicht en 12 procent drooggewicht. Het valt te verwachten dat de aantallen *P. penetrans* bij continue teelt maïs kunnen oplopen tot boven de 1000 per 100 ml grond.

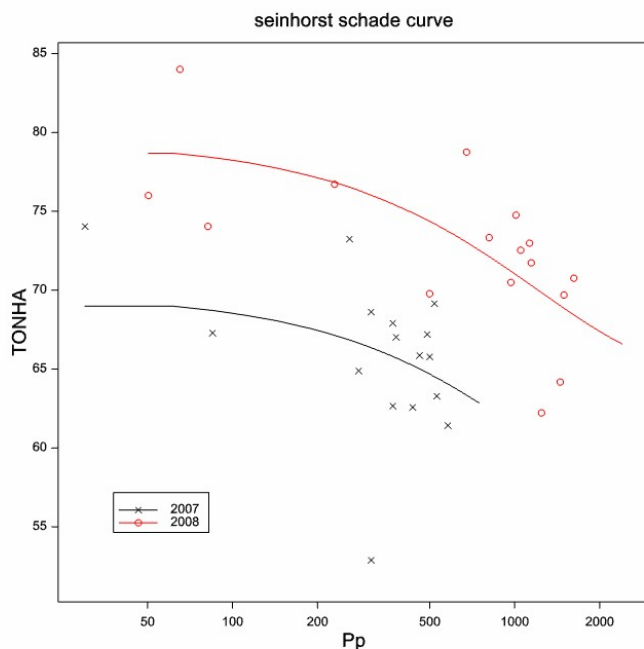
Er is ook schade bekend van *Trichodoride* aaltjes in maïs. Hiervan zijn nog geen schaderelaties bekend. In hoeverre maïs schadegevoelig is voor hoge aantallen *Pratylenchus crenatus* is niet bekend.

5.2 Effecten van biogasmaïs op de populatie *Pp* en opbrengst van maïs en zetmeelaardappelen.

Van 2007 t/m 2009 zijn er veldproeven uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de populatieontwikkeling van *Pratylenchus penetrans* door de teelt van (energie)maïs en de verplichte nateelt van een groenbemester. Ook de gevolgen van een verhoogde populatie *Pratylenchus penetrans* op de opbrengst van zetmeelaardappelen en de maïs zelf zijn onderzocht.

Resultaten maïs

Ter voorbereiding van het onderzoek zijn verschillende dichtheden *Pratylenchus penetrans* gecreëerd door middel van grondontsmetting, de teelt van bladrammenas en rogge als groenbemester, en ter vergelijking ook zwarte braak. In voorjaar voor de teelt van biogasmaïs is steeds een bemonstering op aaltjes uitgevoerd, zodat een relatie vastgesteld kon worden tussen de aanvangsbesmetting en de opbrengst van de maïs. In figuur 5.1 is te zien dat bij hoge besmetting een fors opbrengstverlies kan optreden van zo'n 14 ton/ha verse opbrengst. Gedurende de zomer was de maïs ook duidelijk korter bij de hogere aaltjesbesmetting.



Figuur 5.1 **Verband tussen de beginbesmetting van *Pratylenchus penetrans* en de verse opbrengst van energiemais in 2007 en 2008.**

Na de teelt van biogasmais zijn verschillende groenbemesters ingezaaid. Rogge werd nog enigszins een groenbemester, bladrammenas en bladkool leverde slechts enkele plantjes op (foto 5.1). De oogst van energiemais is blijkbaar te laat voor deze groenbemesters.

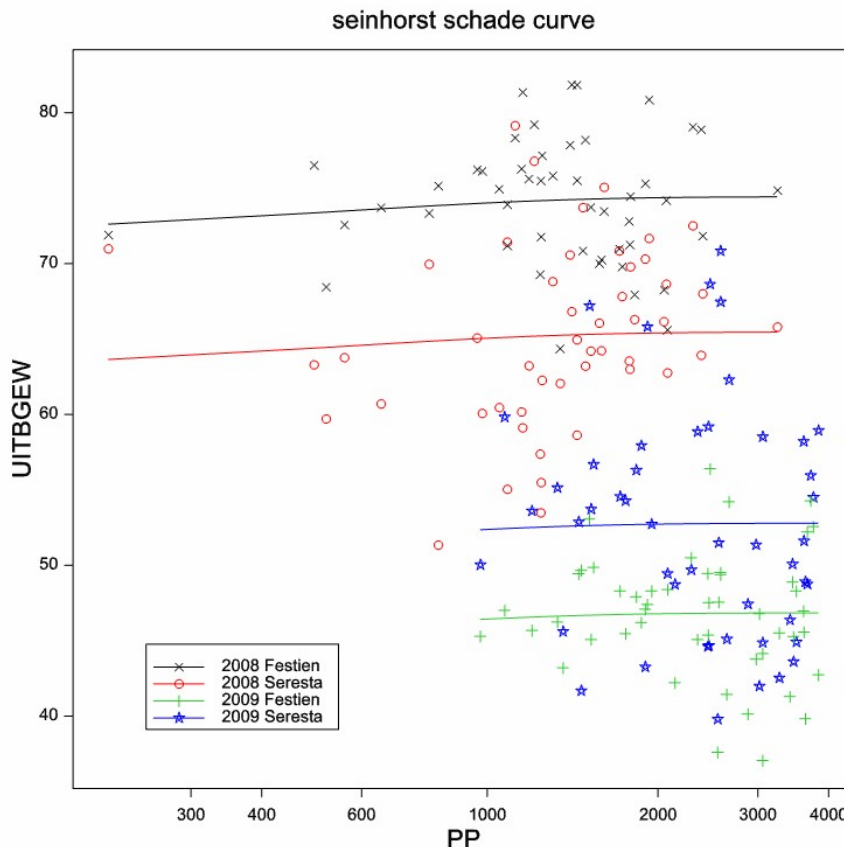


Foto 5.1 **Resultaat inzaai verschillende groenbemesters na maïs; voorjaar 2008.**

Resultaten zetmeelaardappelen

Na de maïs zijn de “verplichte” groenbemesters ingezaaid. Rogge resulteerde in beide jaren nog enigszins in een redelijk gewas in het voorjaar. Bladrammenas en in het tweede jaar bladkool mislukten compleet als gevolg van de late zaai na energiemais. In het voorjaar voor de teelt van de aardappelen is opnieuw het besmettingsniveau van het vrijlevende aaltje *Pratylenchus penetrans* onderzocht. De inzaai van rogge had

geen effect op een verdere stijging van de aaltjespopulatie. Wel kwamen nog steeds significante verschillen voor in het aantal aaltjes als gevolg van de behandelingen in de herfst voorafgaande aan de maïsteelt. Bij *Pratylenchus penetrans* werd nog steeds het laagste aantal vastgesteld na grondontsmetting. Echter als gevolg van de maïsteelt was het aantal bij alle behandelingen toegenomen tot een schadelijk niveau voor aardappelen. Om het eventuele rasverschil in gevoeligheid te toetsen zijn de twee belangrijkste zetmeelaardappelrassen (Festien en Seresta met een verschillende mate van gevoeligheid voor schade voor *Pratylenchus penetrans*) in het onderzoek opgenomen.



Figuur 5.2 **Verband tussen de beginbesmetting van *Pratylenchus penetrans* en het uitbetalingsgewicht van zetmeelaardappelen in 2008 en 2009.**

In figuur 5.2 is te zien dat in het jaar 2009 het besmettingsniveau hoger was dan in het jaar 2008 en dat het in alle gevallen ver boven de schadedrempel ligt. De reactie van het uitbetalingsgewicht van de aardappelen op een verdere toename van de aaltjespopulatie was dan ook vrijwel nihil.

Conclusies

Bij de in het voorjaar voor de aardappelteelt genomen monsters kwamen nog steeds significante verschillen voor in het aantal aaltjes als gevolg van de behandelingen in herfst voorafgaande aan de maïsteelt. Bij *Pratylenchus penetrans* werd nog steeds het laagste aantal vastgesteld na de grondontsmetting. De inzaai van rogge als groenbemester na de teelt van maïs had geen invloed op het aantal aaltjes. Als gevolg van de maïsteelt is het aantal bij alle behandelingen toegenomen tot een schadelijk niveau voor aardappelen. Bij het uitbetalingsgewicht was er alleen sprake van rasverschillen.

6 Invloed biomassaproductie op bodemvruchtbaarheid

Een belangrijk item in de discussie rondom bio-energie is bodemkwaliteit, zowel fysisch (structuur, organische stof) als biologisch (nematoden, ziekten). Een niet duurzaam bodemgebruik zal leiden tot het verarmen van de gronden qua fysische en biologische bodemvruchtbaarheid en in die zin tot een vermindering van de productiviteit van gronden.

In 2007 is een scenariostudie uitgevoerd naar de te verwachten effecten van specifieke bouwplannen, waarin aardappelen en maïs een grote rol zullen spelen, op de bodemkwaliteit. Bij de studie zijn de knelpunten van enkele potentiële bouwplannen geïnventariseerd. Hierbij is de verandering in aanvoer van effectieve organische stof weergegeven bij verandering van het Veenkoloniaal bouwplan door opname van de teelt van energiemais voor covergisting in een mestvergister. Ook is het te verwachten effect op de fosfaattoestand van de bodem en op het stikstofoverschot uit de meststoffen aangegeven.

Als eerste is de situatie weergegeven voor een traditioneel Veenkoloniaal bouwplan, zonder groenbemesters. Ter vergelijking is hetzelfde bouwplan weergegeven met groenbemesters na granen (bladrammenas). Vervolgens is een bouwplan weergegeven waarin de granen worden vervangen door energiemais, daarna een bouwplan waarin ook de helft van het aardappelareaal wordt vervangen door energiemais en tenslotte een bouwplan met continue teelt maïs. Na maïs wordt een verplichte groenbemester gezaaid (winterrogge).

In alle situaties is uitgegaan van een maximale inzet van dierlijke mest. In het traditionele bouwplan wordt varkensdrijfmest gebruikt en in de alternatieve bouwplannen digestaat. Dat kan digestaat zijn van covergiste runderdrijfmest of van covergiste varkensdrijfmest. Beide opties zijn opgenomen.

Voor het uitvoeren van de berekeningen zijn bepaalde uitgangspunten gekozen ten aanzien van effectieve organische stof (EOS) en bemesting (gebruik dierlijke mest/digestaat, nutriëntenbalansen). Deze uitgangspunten zijn beschreven in het Projectrapport Energiekompas 2007.

In tabel 6.1 zijn de resultaten van de verschillende bouwplannen samengevat.

Tabel 6.1. **Aanvoer van effectieve organische stof en stikstof- en fosfaatoverschot bij de verschillende Veenkoloniale bouwplannen (kg/ha).**

Bouwplan	Gebruikte mest	EOS	Fosfaat-overschot	Stikstof-overschot
Traditioneel	varkensdrijfmest	1475	33	66
Traditioneel + groenbemester	varkensdrijfmest	1713	33	73
Vervanging granen door energiemais	RDM-digestaat	2664	32	92 ¹
	VDM-digestaat	1866	31	62
Vervanging granen en 50% aardappelen door energiemais	RDM-digestaat	2651	24	67 ²
	VDM-digestaat	1797	23	35
Continue teelt energiemais	RDM-digestaat	2666	12	36 ³
	VDM-digestaat	1688	12	1
	¾ RDM- en ¼ VDM-digestaat	2304	12	23

Noten:

4. 85 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm 2007
5. 62 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm 2007
6. 27 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm 2007

In het traditionele Veenkoloniale bouwplan wordt te weinig EOS aangevoerd om het organische-stofgehalte van de bodem te handhaven. Door de opname van maïs in het bouwplan zou de EOS-aanvoer in principe omlaag gaan. Echter, door vervanging van varkensdrijfmest door digestaat van covergiste rundveedrijfmest stijgt de EOS-aanvoer in het bouwplan tot boven de gewenste 2000 kg EOS per ha. Bij vervanging van varkensdrijfmest door onvergiste runderdrijfmest zou de de EOS-aanvoer echter ook aanmerkelijk toenemen. Bij vervanging door digestaat van covergiste varkensdrijfmest neemt de EOS-aanvoer ook wat toe, maar blijft onder de streefwaarde van 2000 kg EOS per ha.

Opname van energiemais in het bouwplan zal niet tot een daling van de fosfaattoestand leiden. Enkel bij continueelt van maïs zal de fosfaattoestand geleidelijk gaan dalen.

Door gebruik van varkensdrijfmestdigestaat daalt het N-overschot uit meststoffen t.o.v. het traditioneel bouwplan. Daarbij daalt het N-overschot sterker naarmate er meer maïs in het bouwplan wordt opgenomen. Bij gebruik van runderdrijfmestdigestaat is het N-overschot zo'n 30-35 kg N/ha hoger dan bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat. Langjarig gebruik van runderdrijfmestdigestaat zal echter leiden tot een hogere bodemmineralisatie dan langjarig gebruik van varkensdrijfmestdigestaat, waardoor de kunstmeststikstofgift wat omlaag kan.

7 Overzicht output project

Behalve het uitvoeren van de veldproeven zijn er ook nog andere activiteiten uitgevoerd waarbij aandacht is gegeven aan het onderwerp bio-energie en het project Energiekompas voor de Veenkoloniën.

Voorlichtingsmiddagen

25-9-2007

In samenwerking met LTO-Noord, Agenda voor de Veenkoloniën en Bio-energie Noord is op 25 september een voorlichtingsmiddag georganiseerd met regionale uitstraling. Tijdens deze voorlichtingsdag zijn de achtergronden en het doel van het project uiteengezet en is er toelichting gegeven bij de in 2007 aangelegde veldproeven. Na afloop van de rondgang langs de proefvelden was er gelegenheid tot verdere discussie. De dag was bedoeld voor telers, eigenaars van vergistingsinstallaties, handel, coöperatie, beleidsmakers, beleid (regionaal en landelijk) en financiers. De landelijke en regionale pers heeft zowel vooraf als achteraf aandacht besteed aan de dag en het onderwerp bio-energie. Ook de regionale televisie heeft (in de vorm van een live interview) aandacht besteed aan het onderwerp. De voorlichtingsmiddag werd bezocht door ca. 50 mensen.

2-10-2008

In samenwerking met BBO (Biogas Belangen Organisatie) is op 2 oktober een voorlichtingsmiddag georganiseerd. Tijdens deze voorlichtingsdag zijn de resultaten van de proeven van 2007 besproken en zijn de proefvelden van 2008 bekeken. Na afloop van de rondgang langs de proefvelden was er gelegenheid tot verdere discussie. De dag was wederom bedoeld voor telers, eigenaars van vergistingsinstallaties, handel, coöperatie, beleidsmakers, beleid (regionaal en landelijk) en financiers. De landelijke en regionale pers heeft zowel vooraf als achteraf aandacht besteed aan de dag en het onderwerp bio-energie. Ook de regionale televisie heeft wederom aandacht besteed aan het onderwerp door middel van interviews met Nanne Sterenberg (akkerbouwer/vergister) en Klaas Wijnholds (Onderzoeker PPO). De voorlichtingsmiddag werd bezocht door ca. 30 mensen.

7-10-2009

In samenwerking met BBO (Biogas Branche Organisatie) is op 7 oktober een voorlichtingsmiddag georganiseerd. Tijdens deze voorlichtingsdag zijn de voortschrijdende resultaten van de proeven van 2007 en 2008 besproken en zijn de proefvelden van 2009 bekeken. Na afloop van de rondgang langs de proefvelden was er gelegenheid tot verdere discussie. De dag was wederom bedoeld voor telers, eigenaars van vergistingsinstallaties, handel, coöperatie, beleidsmakers, beleid (regionaal en landelijk) en financiers. De landelijke en regionale pers heeft zowel vooraf als achteraf aandacht besteed aan de dag en het onderwerp bio-energie. De voorlichtingsmiddag werd bezocht door ca. 50 mensen.



Foto 7.1. Voor de jaarlijkse voorlichtingsmiddagen waarop de resultaten van het onderzoek werden gepresenteerd en de proeven werden bekeken, was veel belangstelling.

Begeleidingsgroep

Ten behoeve van een correcte inbedding in de gebiedsproblematiek en aansluiting bij gebiedspartijen is er een begeleidingsgroep opgericht. In deze begeleidingsgroep zijn vertegenwoordigd: Agenda voor de Veenkoloniën, Bio-energie Noord, 3-N Kompetenzzentrum, provincies Groningen en Drenthe, LTO Noord, NOM-agrobusiness, HPA en bedrijfsleven. Deze begeleidingsgroep is in september 2007 voor het eerst bij elkaar geweest. In deze bijeenkomst zijn de lopende proeven van 2007, de geplande open dag en de plannen voor 2008 afgestemd.

Op 24-1-2008 zijn de voorlopige resultaten van 2007 besproken, evenals de plannen voor het veldonderzoek in 2008. Op 24-6-2008 zijn de meer definitieve resultaten besproken en zijn plannen gemaakt voor de open dag in oktober. Op 26-2-2009 zijn de voorlopige resultaten van 2008 besproken, evenals de plannen voor het veldonderzoek in 2009. Op 16-6-2009 zijn de globale resultaten van 2008 besproken en zijn plannen gemaakt voor de open dag in oktober.

Artikelen, persberichten en rapporten

In de periode 2007-2010 zijn over het onderwerp bio-energie en het Energiekompas voor de Veenkoloniën de volgende artikelen in de vakpers verschenen:

- Factsheet t.b.v. Open dag op 25/9/2007 op PPO-locatie 't Kompas
- Uitnodiging open dag 25/9.
- Artikel in Biogas Magazine 2 2008.
http://www.biogasbrancheorganisatie.nl/BBO%20magazine/2008/BBO%202/Biogas_nr%202%202008,%20proefboerderij%20valthermond.pdf
- Artikel in Loonbedrijf nr 2 van 2009 – Betonnen koe is ook kieskeurig.
- Rassenbulletin biogasmaïs; //http:www.kennisakker.nl ; april 2010
- PPO test elektrische auto; //http:www.agd.nl ; 27 november 2009 (en enkele andere sites)
- Artikel in Agrarisch Dagblad – 9 oktober 2009: Energiegewas kan alternatief zijn voor Noord-Oost Nederland.
- Artikel Nieuwe oogst 2009 “Maïs telen voor energie zinvol”.
- Artikel in maïsbrochure Syngenta Seeds 2009: “Het rendement van de vergister stijgt als met minder massa, meer gas wordt geproduceerd”
- Artikel Boerderij, jaargang 95 – nr25, 23 maart 2010: Vergister wil ook hoge kwaliteit maïs.
- Artikel in Engels agrarisch vakblad “The Anglian Farmer” en dan in het Supplement: Farm Energy – “Maize energy holds key to higher methane yields”.

Aan de basis van het eindrapport van het project “Energiekompas voor de Veenkoloniën“ liggen drie jaarrapporten waarin de individuele proeven en de resultaten ervan zijn beschreven.

- Projectrapport_EK_2007; PPO-projectnr. 32500819; Wijnholds e.a. December 2008; (te vinden op www.kennisakker.nl).
- Projectrapport_EK_2008; PPO-projectnr. 32500819; Wijnholds e.a. September 2010; (te vinden op www.kennisakker.nl)
- Projectrapport_EK_2009; PPO-projectnr. 32500819; Wijnholds e.a. Oktober 2010; (te vinden op www.kennisakker.nl).

Media-optreden

- PPO-er Klaas Wijnholds in het programma “Drents Diep” op TV-Drenthe op 25/9. Korte presentatie van het project en korte discussie over potentie van energieproductie en inpassing van vergisting en bijbehorende maïsteelt in de veenkoloniën.
- Nanne Sterenborg (akkerbouwer/vergister) en PPO-er Klaas Wijnholds interview op TV-Drenthe op 2/10/2008. Kort item n.a.v. open dag.
- Marcel van der Voort radio bulletin op radio Drenthe op 7/10/2009. Interview met Serge Vinkenvleugel over Energie- en broeikasgasbalansen van energiegewassen.
- Klaas Wijnholds live op radio Drenthe op 26/11/2009. Interview met Serge Vinkenvleugel over het rijden in een elektrische auto naar Lelystad. Deze auto was beschikbaar gesteld door Agenda voor de Veenkoloniën.

Presentaties

In 2007 is het onderwerp bioenergie en het project Energiekompas voor de Veenkoloniën onderdeel geweest van de volgende presentaties van Klaas Wijnholds:

- 13/12 Roswinkel: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 17/12 Wildervank: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg

In 2008 is het onderwerp bioenergie en het project Energiekompas voor de Veenkoloniën onderdeel geweest van de volgende presentaties van Klaas Wijnholds:

- 7/1 Erica: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 9/1 Vlagtwedde: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 10/1 Gieten: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 16/1 2^e Exloermond: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 24/1 Noord Sleen: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 31/1 Hellum: Landbouwvereniging Woldstreek: Akkerbouwgewassen en energieteelt
- 13/2 Ane: Cumela Studieclub Oost Veluwe Energieteelt
- 27/2 Rolde: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 3/3 Noord Sleen: Jaarvergadering VVB: Zuidenveld: Wat valt er te verdienen aan energiegewassen en hoe passen ze in ons bouwplan
- 5/3 Stegeren: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 16/12 Wildervank: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 18/12 Roswinkel: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg

In 2009 is het onderwerp bioenergie en het project Energiekompas voor de Veenkoloniën onderdeel geweest van de volgende presentaties van Klaas Wijnholds:

- 6/1 Noord Sleen: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 7/1 Vlagtwedde: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 8/1 Erica: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 13/1 2^e Exloermond: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 15/1 Gieten: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 19/1 Westerbork: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 21/1 Slagharen: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 10/2 Rolde: Resultaten onderzoek 2008 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 16/12 Rolde: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 17/2 Roswinkel: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg

In 2010 is het onderwerp bioenergie en het project Energiekompas voor de Veenkoloniën onderdeel geweest van de volgende presentaties van Klaas Wijnholds:

- 6/1 Wildervank: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 7/1 Gieten: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 7/1 Erica: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 13/1 Vlagtwedde: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 14/1 Noord Sleen: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 19/1 2^e Exloermond: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 8/2 Rolde: Resultaten onderzoek 2009 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg

Presentatie 2010 bij project Energieboerderij (project in Zuid-Nederland)

- 18/5 Vredepeel: Optimale teelt Biogasmaïs en invloed kwaliteit op methaangasproductie

Symposia en Congressen

25 februari 2009

LTO-bijeenkomst: Groningen geeft energie te Zuidhorn.
Zitting genomen in forum over mogelijkheden bioenergie.

10, 11 en 12 maart 2009

3^e International Energy Farming Congress te Papenburg.
Presentatie: Influence of crop management practice on sustainability of
maize for biogas production. Einfluss des nachhaltigen
Anbaumanagements von Mais. Ing. K.H. Wijnholds en Ir. C. L.M. de Visser.

30 september 2010

BioEnergieNoord (BEN): Studiedag – Meer winst uit co-vergisting
Presentatie: Energiegewassen en rassen, met focus op maïs. Optimale
teelt biogasmaïs en invloed kwaliteit op methaangasproductie en daarmee
op economisch