



Biomaïssa

Inventarisatieonderzoek: Maisstro voor productie bio-energie

Ing. J. Groten

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Onderzoek uitgevoerd door PPO en Essent i.s.m. Meeuwissen Advies in opdracht van en gefinancierd door NOVEM, HPA, Essent

Projectnummer: PPO 510065 / NOVEM 2020-01-12-24-003

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	11
1.1 Biomassa als energiedrager	11
1.2 Het onderzoek: Inventarisatiefase	11
2 LITERATUURONDERZOEK	13
2.1 Beschikbaarheid maïsstro.....	13
2.2 Energiewaarde, drogestofgehalte en samenstelling	14
2.3 Oogst, opslag, drogen en logistiek.....	17
2.4 Energieconversie	20
2.5 Organische stof voorziening en MINAS	20
2.6 Economie.....	22
3 COMBINATIE MET RASSENONDERZOEK	25
3.1 Genetische variatie	25
3.2 Oogsttijdstip.....	29
4 PRAKTIJKPROEF	37
4.1 Test-oogstmethoden	37
4.2 Resultaten.....	39
5 PROEF BIJ CENTRALE	41
5.1 Fysische en chemische kwaliteitseisen	41
5.2 WOB-test.....	43
6 CONCLUSIES EN DISCUSSIE	46
6.1 Conclusies	46
6.2 Discussie	47
BIJLAGEN.....	49

Samenvatting

In 2020 moeten de energieleveranciers 10% van de energie winnen uit groene energie bronnen. Om deze 10% te halen zal 25% (75PJ) hiervan moeten worden verkregen uit biomassa. De beschikbaarheid van biomassa is op dit moment een groot knelpunt. Teelt van specifieke gewassen voor groene energie is momenteel niet rendabel. Restproducten, zoals korrelmaïsstro lijken in deze interessanter.

Dit onderzoek inventariseert met name de technische perspectieven van korrelmaïsstro als biomassa voor energiecentrales. Indien perspectiefvol zal daarna de gehele keten moeten worden geoptimaliseerd en vervolgens geïmplementeerd in de praktijk.

In dit onderzoek is gestart met een literatuurstudie. Vervolgens werden extra gewasanalyses en waarnemingen uitgevoerd op de rassenproeven korrelmaïs van het PPO op de locaties Veulen en Chaam. Hierin zijn met name de potenties van het gewas en de genetische variatie hierin beoordeeld. Op de locatie te Veulen is tevens informatie gekregen over het optimale oogsttijdstip. Tot slot is op geringe schaal de haalbaarheid op het boerenbedrijf en bij de energiecentrale beoordeeld, waarbij met name aandacht is besteed aan de oogstechniek, de hanteerbaarheid en de energieconversie.

Literatuurstudie en praktijkervaringen

Op basis van de ontwikkeling van het areaal en de opbrengst aan maïsstro per hectare kan er gesteld worden dat er in Nederland momenteel ongeveer 225.000 ton maïsstro op jaarbasis geteeld wordt. Deze hoeveelheid is ongeveer 2 keer zoveel als de hoeveelheid hout dat momenteel in Cuijk wordt verstoekt. Dit is een zeer interessante hoeveelheid biomassa van een overwegend zeer constante samenstelling.

Het maïsstro lijkt een verbrandingswaarde van 17.8 GJ per ton drogestof te hebben. Uitgaande van 35.000 ha en een opbrengst van 6.5 ton drogestof per ha en een energiewaarde van 17.8 GJ per ton drogestof, betekent dit een energiepotentieel van 4.0 PJ per jaar.

De drogestof bestaat gemiddeld voor 85% uit stengel en blad en voor 15% uit spil. In het normale praktijkooogstraject is de spil bijna 10% droger dan de restplant en daarom zeker interessant om mee te oogsten in het geheel. In gemiddelde jaren zal het drogestofgehalte van het maïsstro tussen de 30 en 35% drogestof liggen. In bepaalde jaren en bij een latere oogst kan het drogestofgehalte hoger zijn. In de houtcentrale van Cuijk wordt een ondergrens voor het drogestofgehalte van 35% tot 40% geaccepteerd. Voor de verbranding in deze centrale mag het product zeker niet te droog zijn (<60% drogestof). Bij de mee of bij stook in de kolencentrale mag/moet het product momenteel een stuk droger (>70% drogestof) zijn. Bij een drogestofgehalte van 30-35% hoort een stookwaarde van 4.5 GJ per ton product ("vers"). Het product is op te waarden door te drogen of te persen.

Op basis van de chemische samenstelling en de fysische eigenschappen van het maïsstro en de na verbranding overblijvende as wordt het product ingedeeld in een kwaliteitsklasse. Deze eigenschappen hebben invloed op de productie, de aanvoer, de emissie, de haalbaarheid en de handhaafbaarheid. Per type centrale zijn er grenswaarden voor de diverse componenten opgesteld. Bij een aantal gewassen heeft het oogsttijdstip invloed op de samenstelling, zeker bij een oogst na de winter.

De oogst van het maïsstro is een complex geheel. Dit wordt met name veroorzaakt doordat de spil en schutblad een andere route volgen dan de restplant. Met de huidige machines zullen er in ieder geval 2 à 3 werkgangen noodzakelijk zijn om zowel korrel, spil, schutblad en restplant te oogsten. De op dit moment meest eenvoudigste oogstmethode is na het dorsen van de korrels het restproduct op het land laten vallen, in een zwad harken en vervolgens oprapen met daarbij de keuze voor het persen in balen of het hakselen tot chips. De oogstkosten zullen dan rond de € 125,= per hectare liggen. De vraag is dan wel hoeveel grond er mee geoogst wordt. Eventueel kan een speciale machine ontwikkeld worden, waarmee alles in één werkgang geoogst wordt, maar dit gaat natuurlijk gepaard met de nodige ontwikkelingskosten. De vraag is of dit wel rendabel te maken is.

Het maïsstro komt in een vrij korte tijd beschikbaar, waardoor een deel hiervan één tot zes maanden opgeslagen zal moeten worden. Dit kan ingekuild (verhakseld) of in balen, dit betekent een kostenpost van ongeveer € 65,= per hectare. Tijdens de opslag in balen kan het product natuurlijk of geforceerd gedroogd worden en na inkuilen kan door uitpersen het vochtgehalte ook verlaagd worden, waarmee ook het gehalte aan bepaalde ongewenste opgeloste componenten verlaagd kan worden. Mogelijk kan dit deels ook zonder

inkuilen gerealiseerd worden, waarbij de inkuilverliezen dus vermeden worden. Door te drogen wordt de stookwaarde verhoogd en de transportkosten verlaagd, waardoor het drogen mogelijk kostenneutraal kan plaatsvinden.

In de schakel tussen vraag en aanbod kan de loonwerker een belangrijke rol vervullen met betrekking tot het collecteren, opslaan, bewerken, drogen en transporteren van het product. In de logistieke keten moeten de verschillende onderdelen naadloos op elkaar worden afgestemd, waarbij het kostenaspect veelal de leidende factor is. Bij een drogestofgehalte van 35% zal het transport gemiddeld € 14,= per ton drogestof kosten. Het omzetten van biomassa in energie vindt momenteel in Nederland hoofdzakelijk plaats door verbranding in rooster- en wervelbedovens. Een wervelbedoven, zoals in Cuijk, heeft over het algemeen een iets hoger rendement tot 30%. Om elektriciteit te produceren moet er hogedruk stoom worden opgewekt, dat via een stoomturbine een generator aandrijft.

Biomassa kan ook naast steenkool in een kolencentrale (rendement 40%) worden mee gestookt, hiervoor moet de biomassa momenteel nog worden gedroogd en gepelletiseerd. Het drogen is wellicht mogelijk met restwarmte van de centrale. Essent is echter bezig een maal-/invoerinstallatie te ontwikkelen, waarmee nattere biomassa kan worden gemalen en ingeblazen in de kolencentrale. Hierdoor is drogen, maar in ieder geval pelletieren niet meer nodig.

De opbrengstprijis per GJ is sterk afhankelijk van de prijzen van fossiele brandstoffen en een eventuele milieueffing hierop. De range van € 4,= tot € 7,= per GJ geeft de mogelijk toekomstige opbrengstprijis voor biomassa aan. Uitgaande van een drogestofopbrengst per hectare van 6.5 ton, betekent dit dat er bij een vochtgehalte van 65% ongeveer 18.6 ton product wordt aangeleverd met een stookwaarde van 4.7 GJ per ton. Totaal dus 87.4 GJ per ha, dat bij 4 euro per GJ een opbrengstprijis per ha betekent van € 350,= oftewel € 54,= per ton drogestof. Worden hierop de kosten voor oogst, opslag en transport in mindering gebracht dan blijft er slechts € 65,= per ha over voor de teler. Bij een droger product of een hogere opbrengstprijis blijft er echter veel meer over voor de teler. Bij een opbrengstprijis van € 7,= zelfs € 300,= per ha.

Om in het kader van de fysische bodemvruchtbaarheid te voorkomen, dat het organische stofgehalte in de bodem daalt, moet er jaarlijks de afbraak aan organische stof worden gecompenseerd. Korrelmaïsstro kan hier een goede bijdrage aan leveren. In de huidige bedrijfssituaties leidt de afvoer van korrelmaïs op melkveehouderij en akkerbouwbedrijven in principe niet tot een tekort op de organische stof balans. Op bedrijven waar alleen varkensmest als organische bemesting wordt toegepast kan men een te kort verwachten bij het afvoeren van het korrelmaïsstro. Dit kan worden voorkomen door voor 50% runderdrijfmest in te zetten of door slechts in 2 van de 3 jaar (continueelt) het stro af te voeren. Wordt het verlies aan organische stof ingerekend dan blijft er van bovengenoemd bedrag voor de opbrengstprijis € 40,= per ha voor de teler over. Hoewel het afvoeren van het maïsstro effecten kan hebben op de mineralenbalans lijkt het momenteel niet reëel dit voordeel binnen MINAS door te rekenen, omdat daarvoor eerst de regelgeving aangepast dient te worden.

Genetische variatie

Op een rassenproef op twee locaties zijn na de korrelmaïssoogst aanvullende waarnemingen gedaan met betrekking tot het gebruik van maïsstro voor bio-energie. Dit geeft indicaties ten aanzien van de genetische variatie in eigenschappen, die van belang zijn voor dit neventeeltdoel.

Bij een oogst gedurende de tweede helft van oktober is er zowel in de drogestofopbrengst aan maïsstro als in het drogestofgehalte hiervan een grote genetische variatie waar te nemen. Gemiddeld over de twee locaties wordt er, teruggerekend naar praktijkniveau, 6.2 ton drogestof aan maïsstro per hectare geoogst, waarbij de variatie tussen rassen uiteenloopt van 5.7 tot 8.0 ton per hectare. Er is een gering locatie-effect. Het gemiddelde drogestofgehalte over de twee locaties ligt rond de 30%, waarbij er een behoorlijk locatie-effect is. Het gemiddelde drogestofgehalte over de rassen varieert van 26.5 tot 37%, waarbij de droogste rassen in Veulen bijna 40% drogestof in het maïsstro bereiken. Deels wordt een hoger drogestofgehalte veroorzaakt door een hoger percentage stengelrotaantasting, dat tevens een negatieve invloed kan hebben op de oogstbaarheid. Op dit oogstmoment was de oogstbaarheid van de meeste rassen echter nog zeer goed. Het drogestofgehalte van de spil is 10% hoger dan dat van de restplant.

Van een selectie van rassen is het monster geanalyseerd op zware metalen en overige componenten waarvoor grenswaarden zijn ingesteld. Ook is de stookwaarde, het asgehalte en de samenstelling van de as geanalyseerd. Bij maïsstro blijken de grenswaarden van de diverse stoffen niet te worden overschreden.

De genetische variatie in stookwaarde wordt volledig veroorzaakt door de variatie in het vochtgehalte. De stookwaarde over de locaties en rassen is 3,5 GJ per ton product. Het gemiddelde asgehalte in maïsstro ligt tussen de 2 en 5%, dit lijkt locatieafhankelijk. Rasverschillen in asgehalte zijn aanwezig, maar gezien de variatie zijn deze vanuit dit onderzoek niet hard te maken. De as bestaat gemiddeld voor 87% uit K₂O, CaO en SiO₂, waarbij de rasverschillen constant zijn en oplopen tot 4%. De verhouding waarin de drie stoffen voorkomen varieert per locatie en per ras, waarbij de rasverschillen in K₂O-gehalte oplopen tot ruim 10%. Indien de mate van agglomeratie afhankelijk is van het asgehalte en van de samenstelling hiervan, dan kunnen dit zeer interessante verschillen zijn.

Oogsttijdstip

Standaard wordt de korrelmaïs en corn cob mix geoogst in de tweede helft van oktober en de eerste helft van november. Wordt de oogst uitgesteld van eind oktober tot half december dan vindt er een verlies van 1.5 ton (23%) drogestof aan maïsstro plaats, waarschijnlijk door enerzijds verademing en anderzijds verrotting en bladafval. Wordt de oogst vervolgens uitgesteld tot eind februari dan is er nog slechts een geringe extra vermindering (3%) van de drogestof opbrengst. De rasvolgorde in maïsstro-opbrengst lijkt per oogsttijdstip te variëren, maar voor betrouwbare cijfers is uitgebreid onderzoek noodzakelijk.

Bij het uitstellen van de oogst zien we het drogestofgehalte van het maïsstro en daarmee ook de stookwaarde toenemen. Bij de oogst rond eind oktober, half december en eind februari loopt het gemiddelde drogestofgehalte op van 32% naar respectievelijk 41 en 79% en de daarbij behorende stookwaarde van 4 GJ naar respectievelijk 6 en 14 GJ per ton product. Het maïsstro wordt een stuk droger, waarmee ook de stookwaarde enorm toeneemt volgens de formule $\text{stookwaarde} = (-0.2058 \cdot \text{vochtgehalte}) + 18,024$. De verbrandingswaarde van maïsstro is 18.0 GJ per ton drogestof. Bij met name de vroegste oogst heeft de spil nog een belangrijke invloed op het drogestofgehalte van het maïsstro. De rasvolgorde in drogestofgehalte en daarmee in stookwaarde is afhankelijk van het oogsttijdstip.

De oogstbaarheid neemt af bij het uitstellen van de oogst. Rond eind oktober is alles nog goed oogstbaar. Half december staat er rasafhankelijk nog een goed oogstbaar product op het veld. Bij de oogst rond eind februari is de oogstbaarheid voor alle rassen zeer slecht tot matig.

Ook bij een latere oogst worden de grenswaarden voor wat betreft de gehalten aan zware metalen en overige componenten in de drogestof voor zowel de hout- als de kolencentrale niet overschreden. De gehalten aan koolstof, waterstof en stikstof lijken zowel van locatie tot locatie als van oogsttijdstip tot oogsttijdstip zeer constant. Het gemiddelde kaliumgehalte is bij de 1^e en 2^e oogst vrij constant op 1.3-1.4%. Bij de oogst na de winter is het kaliumgehalte sterk afgenomen tot 0.54%.

Over de oogsttijdstippen heen laat het anorganische stof (as) gehalte een variërend verloop zien van 2.3 tot 4% van de drogestof, dat niet geheel uit dit onderzoek te verklaren is. De samenstelling van de as is van de 1^e naar de 2^e oogst behoorlijk constant. Bij de 3^e oogst is de samenstelling afwijkend, waarbij met name het K₂O-gehalte nogal wat lager is. Hierdoor is ook het totale gehalte aan K₂O, CaO en SiO₂ lager dan bij de eerste twee oogsten. Mogelijk veroorzaakt dit minder agglomeratie op het wervelbed, hoewel hier met percentage bijstook naast hout ook op in te spelen is. De rasvolgorde in gehalte en samenstelling van de anorganische stof lijkt afhankelijk van het oogsttijdstip, met name bij de oogst na de winter.

De invloed van de uitgestelde oogst op het hoofd teeltdoel, droge korrelopbrengst, is in eerste instantie positief. Bij de tweede oogst rond half december is de gemiddelde drogestof opbrengst weliswaar 3% lager, maar het drogestofgehalte van de korrel is absoluut bijna 5% hoger, wat lagere droogkosten en daardoor een hoger saldo met zich meebrengt. De gemiddelde oogstbaarheid is wel lager, maar met de juiste rassenkeuze is dit risico behoorlijk te verkleinen. Bij de derde oogst neemt het drogestofgehalte van de korrel absoluut nog eens met ruim 4% toe, maar dit compenseert de ruim 10% lagere opbrengst niet. Tevens neemt het risico van een slechte oogstbaarheid enorm toe, waardoor het opbrengstverlies in de praktijk veel hoger uit zal vallen. Het derde oogsttijdstip lijkt al met al geen interessante optie.

Praktijkproef

Om in de praktijk ervaring op te doen met en om knelpunten op te sporen bij het oogsten, verzamelen, opslag en transporteren van maïsstro lag het in de bedoeling op een aantal praktijkpercelen het maïsstro te gaan oogsten en hierbij diverse oogstmethodeken in te zetten. Over het algemeen geldt dat het aantal werkgangen zo min mogelijk moet zijn en het product liefst niet meer op de grond wordt gegooid. Het product moet dan weer opgeraapt worden, wat een extra werkgang en een grotere kans op verontreiniging

met grond geeft. Beter is het, het product vanaf de machine direct in een naast rijdende wagen te deponeren. Voor wat de vorm, waarin het product van het land komt, betreft is vanwege het transport, de bewaring en bewerking waarschijnlijk de voorkeur te geven aan een verhakseld of een in balen geperst product. Deze laatste optie kan waarschijnlijk niet in één werkgang.

Door tal van oorzaken is bij het uitvoeren van de proef alleen een bietenontbladeraar ingezet om het maïsstro te verzamelen. De capaciteit was redelijk, maar de omstandigheden weken nog al af van de praktijkomstandigheden. Er was geen vers gedorsen stro voorhanden. De proef is uitgevoerd met reeds weken op het land liggend, deels vastgevroren, stro. De gerealiseerde opbrengst en drogestofgehalte zijn geen maatstaf voor wat in de praktijk realiseerbaar is. Normaal zal er waarschijnlijk ook meer grond mee geoogst worden.

Het lijkt redelijk goed mogelijk het op de grondliggende maïsstro met een bietenontbladeraar te verzamelen en vervolgens te persen. De balen zijn makkelijk bij zowel de opslag, het transport als ook bij een eventueel noodzakelijke droging.

Om het effect van inkuilen en uitpersen te beoordelen was hiervoor een onderzoek gepland. Hier heeft HPA echter geen toestemming voor gegeven.

Proef bij centrale

Om kennis en ervaring op met de aanvoer en handling van maïsstro bij de centrale was het de bedoeling een hoeveelheid product aan te leveren bij de houtgestookte (wervelbedoven) centrale van Essent te Cuijk. Dit moest informatie opleveren over de gewenste samenstelling en over de vorm van het aan te leveren product. Ook moest dit info opleveren over of en zo ja in welke centrale het maïsstro het best verbrand kan worden. Voordat er enig stro aangevoerd werd bij de centrale zijn er reeds analyses uitgevoerd aan uit het vorige teeltseizoen nog beschikbare maïsstromonsters, om op basis van de fysische en chemische eigenschappen een indicatie te krijgen van de kwaliteitsklasse van het product.

Het maïsstro leek qua vorm (verhakseld) en samenstelling een mooi product. Alleen het gehalte aan kalium zou mogelijk een probleem op kunnen leveren in de vorm van slakvorming (aanslag) op het wervelbed. In oktober geoogste maïs had een kaliumgehalte van 1.3% van de drogestof. Bij na de winter geoogst maïsstro was het gehalte terug gelopen tot 0.35%, dat nog als relatief hoog wordt beoordeeld voor de verbranding in een biomassa-centrale. Hierdoor zitten er in de as een te hoog gehalte aan met name kalium, waardoor er silicaatvorming op het wervelbed ontstaat. Het asgehalte zelf is van acceptabel niveau.

De silicaatvorming werd bevestigd in de WOB-test met maïs dat geoogst was op 19 september 2002. Bij het verbranden van een hout/maïsstro-mengsel in de verhouding 2/3 hout en 1/3 maïsstro, bleek er na 45 minuten al agglomeraat op te treden. Mogelijk dat een lager percentage maïsstro tot minder problemen leidt. Het kaliumgehalte is mogelijk te verlagen door een uitgestelde oogst of door in te kuilen en het product voor aanvoer naar de centrale uit te persen, waardoor ook het drogestofgehalte van het stro toeneemt. Er was ook een inkuil en uitpersproef gepland, maar het HPA gaf hiervoor geen toestemming.

Het maïsstro, in de huidige chemische samenstelling, is niet 100% geschikt om te verbranden in een biomassacentrale van het type wervelbed. Er zijn ook andere typen verbrandingsovens, maar naar de eventuele geschiktheid daarvan voor de verbranding van biomassa is in dit onderzoek verder niet gekeken. Het product zou bij de oogst wat droger mogen zijn, maar moet voor de verbranding in de biomassacentrale ook weer niet te droog zijn.

Een alternatief is het meestoken van maïsstro in de kolencentrale. Gekeken naar chemische samenstelling is maïsstro hiervoor een mooi product. Het product is hiervoor relatief wel behoorlijk nat. Wellicht biedt drogen met restwarmte bij de centrale perspectieven. Het product moet hiervoor momenteel nog worden gedroogd en gepelletiseerd. Een brandstofpellet van groene biomassa met een goede stookwaarde is voor de kolencentrale een interessant product, omdat het zonder extra voorzieningen in grote hoeveelheden meegestookt kan worden in bestaande systemen. Het is in bepaalde verhoudingen te mengen met kolen, waarna het samen met de kolen via het maalsysteem de ketel wordt in geblazen.

Er zijn nog technische ontwikkelingen gaande, waardoor het pelletteren in de toekomst wellicht niet meer nodig zal zijn, echter daar zijn we afhankelijk van (een nog te bouwen) verkleinings- en doseerinstallatie met beperkte capaciteit en waarbij het product toch ook op een bepaalde manier aangevoerd moet worden (siloblaaswagens) waarvoor ook extra voorbehandelingen noodzakelijk zijn (niet te vochtig niet te grof). We moeten ook nog maar afwachten of die installatie dit product kan verwerken. Het product moet hierbij dus pneumatisch in de silo's gelost worden. Een mechanische losinstallatie is veel later voorzien. Hier zijn nog

allerlei ontwikkelingen gaande.

Hierom was er vervolgens een proef gepland bij de kolencentrale te Geertruidenberg, waarvoor een partij maïsstro zou worden gedroogd, gepelleteerd en vervolgens verbrand in Geertruidenberg. Ook hier heeft HPA echter geen toestemming voor gegeven.

Meestook van korrelmaïsstro in een kolencentrale lijkt voor de toekomst de beste perspectieven te hebben.

1 Inleiding

1.1 Biomassa als energiedrager

In 2020 moeten de energieleveranciers 10% van de energie winnen uit groene energie bronnen (wind, zon, biomassa). Om deze 10% te halen zal 25% hiervan moeten worden verkregen uit biomassa. De beschikbaarheid van biomassa is op dit moment een groot knelpunt. Om een beeld te schetsen: het totale binnenlandse verbruik bedraagt ongeveer 3000 PJ. Tien procent daarvan is dus 300 PJ en daarvan 25% is 75 PJ.

De productie van energie uit biomassa moet bijdragen aan een beter milieu, doordat dit CO₂-neutraal moet gebeuren. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van het type biomassa, de wijze waarop het geteeld, beogst en voorbereid wordt, de transport afstand en de conversietechniek en -schaal.

Teelt van specifieke gewassen voor groene energie is momenteel niet rendabel. Restproducten, zoals korrelmaïsstro zijn in deze interessanter. Het areaal korrelmaïs en corn cob mix neemt de laatste jaren gestaag toe. In 2001 was dit 35.000 ha, vooral gelegen in Noord-Limburg, Oost-Brabant en Oost-Gelderland. Per hectare blijft ongeveer 6 à 7 ton drogestof product (stengel/blad/spil) achter op het veld. Op 35.000 hectare betekent dat een totaal van rond de 225.000 ton product. Deze hoeveelheid vertegenwoordigt een potentiële energieproductie van 4 PJ, dus ongeveer 5% van de doelstelling van energie uit biomassa in 2010. Het gebruik van dit restproduct zou dus een forse stap in de goede richting kunnen betekenen.

Hoewel er op dit moment dus een grote hoeveelheid aan korrelmaïsstro beschikbaar is, is er geen ervaring met het benutten van de gewasresten als biomassa ten behoeve van energiecentrales. Er zou hiervoor een onderzoek moeten worden gestart, dat in eerste instantie de perspectieven van maïsstro voor deze toepassing inventariseert. Indien perspectiefvol, zou vervolgens het gehele systeem, van teelt tot energieconversie moeten worden geoptimaliseerd en tot slot zou het moeten worden geïmplementeerd in de praktijk.

Het onderzoek valt hiermee uiteen in drie fasen, die in een aantal achtereenvolgende jaren kunnen worden uitgevoerd. De drie fasen die worden onderscheiden, zijn:

- Inventarisatiefase
- Optimalisatiefase
- Implementatiefase

Momenteel is er door diverse partijen een subsidie verstrekt voor het uitvoeren van de eerste fase.

De eerste fase van het onderzoek zal met name gericht zijn op de inventarisatie van mogelijkheden en problemen van het gebruik van gewasresten als biomassa, waarbij met name de technische aspecten (opbrengst, drogestofgehalte, verbrandingswaarde, oogstmethode, opslag, voorbereiden, energieconversie in centrale) en de logistieke aspecten (transport, verdichten) aan de orde komen. In de eerste fase van het onderzoek zullen de economische en milieuaspecten slechts summier aan de orde komen.

Op basis van dit eerste inventarisatieonderzoek zal beoordeeld moeten worden of het toepassen van maïsstro als biomassa ten behoeve van energiecentrales perspectieven biedt, zonder dat dit ten koste gaat van het eerste teeltdoel, een hoge productie aan vroegrijpe korrel. Aan de hand hiervan kan beoordeeld worden of vervolgens de optimalisatiefase gestart moet worden.

1.2 Het onderzoek: Inventarisatiefase

De looptijd van het onderzoek is in totaal 18 maanden met als startdatum 01-01-2002 en als einddatum 30-06-2003. De doelstelling van het onderzoek is het inventariseren van de perspectieven van maïsstro als biomassa voor de energiecentrales. Ruimer geformuleerd: Het onder Nederlandse omstandigheden, ketenbreed, inventariseren van technische, logistieke, economische en milieukundige mogelijk- en onmogelijkheden van bio-energie uit maïsstro, als restproduct van korrelmaïs en corn cob mix. Op basis van deze eerste inventarisatie kan beoordeeld worden in hoeverre dit perspectiefvol is. Op basis hiervan kan

eventueel in een vervolgproject gewerkt worden aan optimalisatie van de keten(onderdelen).

Het onderzoek begint met een literatuurstudie. Daarnaast zullen extra gewasanalyses op rassenproeven van korrelmaïs en CCM, die momenteel door het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving te Lelystad (PPO) worden uitgevoerd, gecombineerd worden met het op kleine schaal testen van de haalbaarheid van het idee op boerenbedrijven en bij een energiecentrale. In de inventarisatiefase zijn de volgende onderdelen te onderscheiden:

1. Literatuurstudie, waarbij met name rapporten van reeds uitgevoerd onderzoek (technisch onderzoek aan maïs en energieonderzoek) bestudeerd zullen worden.
2. Combinatie van het bestaande traject van onderzoek naar de landbouwkundige waarde van verschillende maïsrassen voor teelt van korrelmaïs en CCM (het zogenaamde cultuur- en gebruikswaarde onderzoek), met een aantal extra waarnemingen en analyses naar de bruikbaarheid van de gewasresten als biomassa (o.a. plantopbrengst, spilaandeel, ds-gehalte plant en spil, verbrandingswaarde plant en spil, N,P,K-gehalte, Cl-gehalte, asgehalte); hierbij wordt tevens de genetische variatie in kaart gebracht.
3. Uitvoeren van een praktijkproef op een beperkt aantal hectare, ten tijde van de oogst van CCM en korrelmaïs, om knelpunten te onderzoeken die zich voordoen bij de oogst, het transport en de eventuele opslag van de gewasresten.
4. Praktijkproef bij de energiecentrale om te bepalen wat de praktische energetische waarde van de gewasresten kan zijn en in welke vorm (droge stof-% en fijnheid) het product het beste kan worden aangeleverd.
5. Coördinatie en projectmanagement ten behoeve van de samenwerking tussen de verschillende partijen, de verslaglegging (rapportage) en het secretariaat van het projectteam en de begeleidingscommissie.

2 Literatuuronderzoek

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de relevante informatie die gevonden is in literatuur met betrekking tot het gebruik van maïsstro voor de productie van bio-energie. Hierin zijn ook praktijk- en onderzoekservaringen met het gewas maïs meegenomen.

2.1 Beschikbaarheid maïsstro

Areaal

De afgelopen jaren is het areaal korrelmaïs en CCM flink gegroeid. In Nederland werd er in 2001 ongeveer 35.000 hectare korrelmaïs en CCM geteeld. Dat is ruim een verdubbeling van het areaal in zes jaar. Beide gewassen worden alleen voor de kolf of de korrels geteeld. De stengel, de bladeren, de schutbladeren rond de kolf en de spil, waar de korrels aan zitten, blijven achter op het land.

Beide gewassen worden vooral in het zuiden en midden van het land geteeld, waarbij de kern van de teelt te vinden is in Oost-Brabant en Noord-Limburg (ruim 20.000 ha). Tabel 2.1.1 geeft de cijfers.

Tabel 2.1.1. **Ontwikkeling areaal korrelmaïs en corn cob mix 2001 ten opzichte van 1995.**
Bron: CBS 2002.

gebied	jaar	korrelmaïs (ha)	Corn-cob-mix (ha)
Nederland	1995	9005	5004
	2001	27173	7672
Gelderland	1995	1114	550
	2001	3556	1054
Noord-Brabant	1995	3937	3200
	2001	13130	4590
Limburg	1995	2737	527
	2001	6881	868

Opbrengsten korrelmaïs en gewasresten

Korrelmaïs en CCM brengen ongeveer 8-10 ton d.s korrels of korrelmix op, met een opbrengst van bijna 15 eurocent per kg. De kosten voor het drogen en schonen zijn relatief hoog, namelijk ongeveer € 450,- per hectare. Ook zit er nog een EU-subsidie op van ongeveer € 420,- per hectare. Uit PPO-onderzoek blijkt dat er na de oogst van CCM en korrelmaïs ongeveer 6,5 tot 7 ton drogestof spil en stro achterblijft. In tabel 2.1.2 is een overzicht gegeven van de hoeveelheden die achterblijven en de verhouding tussen spil en stro. De gemiddelde praktijkopbrengst wordt hier aangehouden als 85% van de proefopbrengsten. Op proefvelden wordt gemiddeld 15% meer opbrengst gehaald dan in de praktijk, doordat het in het algemeen betere percelen zijn, er geen kopackers worden mee geoogst en er randeffecten zijn. Bij juiste rassenkeuze moet 6,5 ton aan gewasresten zeker mogelijk zijn en is waarschijnlijk zelfs meer mogelijk.

Tabel 2.1.2. **Opbrengsten van stro en spil bij de teelt van korrelmaïs met het ras Aviso.**
Bron: PPO-AGV

jaar	drogestofopbrengst kg/ha		
	spil	stro	totaal
1992	1390	7756	9146
1993	1424	6777	8201
1994	1351	7477	8828
1995	1382	5809	7191
1996	1188	6408	7596
gemiddeld	1347	6845	8192
relatief	16,40%	83,60%	100%
gemiddelde praktijkopbrengst=85% van getoonde hoeveelheden (7,0 ton)			

1992 was een zeer gunstig jaar.

1995 behoorlijke vroege oogst, kan later.

1996 was een zeer ongunstig jaar.

Aviso is een vrij kort ras, gemiddeld zijn de andere rassen 0,5 meter langer. Hierdoor zou de opbrengstpotentie van andere rassen wat hoger kunnen zijn.

In Nederland is er theoretisch op basis van een areaal van 35.000 hectare een hoeveelheid van ongeveer 225.000 ton d.s. (!) aan gewasresten van de korrelmaïs en CCM beschikbaar. Dit is 2 maal zoveel als de hoeveelheid hout die momenteel in Cuijk wordt verstoekt.

2.2 Energiewaarde, drogestofgehalte en samenstelling

Energiewaarde

Uit een rapport van het Centrum van Landbouw en Milieu uit 1994 kan worden afgeleid dat de energiewaarde, ook wel verbrandingswaarde genoemd, van maïsgewas per ton drogestof overeenkomt met gewassen als hennep, miscanthus en wilg, maar dat er nogal wat energie verloren gaat met het drogen van de gewasresten. De stookwaarde is de energiewaarde op basis van de natte waarde, waarbij de massa wordt verbrand zonder condensatie van de gevormde waterdamp.

De verbrandingswarmte is de warmte-inhoud die het materiaal heeft wanneer je dat in het laboratorium gaat bepalen. Het gaat dan in de meeste gevallen om een gedroogd of gedeeltelijk gedroogd monster. Dit wordt in een drukvat onder standaard condities verbrand. Het vocht in het monster condenseert weer. Ook het water wat gevormd is tijdens de verbranding (van koolwaterstoffen) condenseert. De bepaalde warmte heet de verbrandingswarmte. Voor de industrie die dit materiaal gaat verstromen is het interessant om te weten hoeveel warmte er in hun proces aan onttrokken kan worden. Dit is de stookwaarde. Als het monster vocht bevat dan zal dit in de ketel verdampt worden. Dit kost verdampingswarmte. Ook het tijdens de verbranding gevormde water wordt verdampt en verlaat in gasvorm de schoorsteen. Daarnaast zijn er nog wat warmte-effecten die verband houden met de vorming van zuren waarvoor wordt gecorrigeerd.

Voor snijmaïs (maïsplant, inclusief kolf) is in dit rapport aangegeven dat de energiewaarde per ton drogestof (dus 0% vocht) 17,8 GJ bedraagt en dat er na het drogen van de geoogste biomassa en het transport ongeveer 10 GJ per ton d.s. overblijft. Ook in een Duits onderzoek, geciteerd in NOVEM-rapport "Haalbaarheid van Biomassa Productie" wordt een dergelijke energie-inhoud genoemd van 17 tot 18 GJ/ton d.s. Hier wordt genoemd maïsstengels 17,6 GJ/ton d.s., maïsblad 16,7 GJ/ton d.s. en maïszaad 18,0 GJ/ton d.s..

Voorlopig gaan we ervan uit dat de energiewaarde van korrelmaïs en CCM vergelijkbaar is aan die van snijmaïs, dus 17,5 GJ per ton d.s.. Let wel: het gaat hier om droog materiaal.

In een NOVEM-rapport (De bijdrage van afval en biomassa aan de energievoorziening in Nederland. (Inventarisatie en potentieelschatting; NOVEM 9425) worden voor droog materiaal de in tabel 2.1.3 aangegeven energie-inhouds gegeven.

Voor snijmaïs wordt ook hier een energie-inhoud van ongeveer 17 GJ/ton d.s. gegeven, vergelijkbaar met het

CLM-rapport. Alles valt of staat echter met het ds-gehalte van het geoogste materiaal. Hoe hoger het ds-gehalte, des te hoger de energie-inhoud en omgekeerd. Zo blijkt uit hetzelfde rapport dat de energie-inhoud van droog bermgras ongeveer 14 GJ/ton d.s. is maar dat bermgras met 60% vocht, hetgeen qua vocht vergelijkbaar is met gewasresten van korrelmaïs, een energie-inhoud (stookwaarde) van slechts 4 GJ/ton "vers" had.

Tabel 2.1.3 **Energie-inhoud van biomassa afkomstig van diverse gewassen en invloed van vochtgehalte op de verbrandingswaarde van hout.**

energie-inhoud/verbrandingswaarde (droog) in GJ per ton		invloed vochtgehalte op stookwaarde van hout	
Gewas	GJ/ton drogestof	vocht in %	stookwaarde in GJ per ton product
wintertarwe zaad	17		
wintertarwe stro	15	0	18.7
suikerbiet wortel	18.5	10	16.6
koolzaad zaad	27.6	20	14.5
koolzaad loof	15	30	12.4
snijmaïs	17	40	10.3
populier	18	50	8.2
miscanthus	17		

Essent heeft in 2002 een tweetal gewasanalyses genomen van respectievelijk gewasresten (maïsstro) van korrelmaïs die "overwinterd" was en van snijmaïs uit een kuil (die was vermengd met herfstgras). Het eerste monster was zeer droog en bevatte slechts 7% vocht en had een stookwaarde van 15.5 GJ/ton vers. Het tweede monster bevatte maar liefst 77% vocht en had nog maar een stookwaarde van 2.0 GJ/ton vers. Van Essent is tevens een grafiek ontvangen, waarbij specifiek voor maïsstro het vochtgehalte uitgezet is tegen de stookwaarde. Bij 0% vocht is de verbrandingswaarde 17.8 GJ/ton aangeleverd product en bij 70% vocht is de stookwaarde nog slechts 3.7 GJ/ton product.

Uitgaande van 35.000 ha en een opbrengst van 6.5 ton drogestof per ha en een energiewaarde van 17.8 GJ per ton drogestof, betekent dit een energiepotentieel van 4.0 PJ.

Drogestofgehalte gewasresten bij oogst

Uit onderzoek van het PPO-AGV in de jaren 1992 t/m 1996 naar de effecten van maïsstro op de bemestingstoestand van de grond en op het volggewas is informatie verkregen over het drogestofgehalte van het maïsstro bij de oogst (tabel 2.1.4). In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het ras Aviso.

Tabel 2.1.4. **Drogestofgehalte van korrelmaïsstro en spil van het ras Aviso op het oogstmoment.**

drogestofgehalte in %				
jaar	spil	stro	totaal	oogstdd
1992	48,3	35,7	37,2	?
1993	46,2	40,9	41,7	03-nov
1994	38,3	26,1	27,4	22-okt
1995	39,1	26,9	28,6	30-sep
1996	32,9	27,3	28	23-okt
gemiddeld	41	31	33	

Het ras Aviso heeft stro dat vrij lang groen blijft. Aviso haalt gemiddeld over 5 jaar 33% drogestof in stro en spil. In normale jaren is 30% zeker haalbaar.

Uit het rassenonderzoek (PPO-PAV) kan een indruk gekregen worden van het drogestofgehalte van de spil van Aviso ten opzichte van andere rassen (tabel 2.1.5).

Tabel 2.1.5. **Overzicht van het drogestofgehalte van de spil van het ras Aviso vergeleken met rassen met het hoogste en het laagste drogestofgehalte bij oogst in tweede helft oktober.**

jaar	drogestofgehalte spil in %		
	Aviso	hoogste	laagste
1992	48	64	38
1993	48	58	36
1994	35	50	30
1995	39	53	35
1996	35	44	27
gemiddeld	41	54	33

De droogste rassen hebben een drogestofgehalte van de spil dat 13% hoger ligt dan dat van Aviso. Daar het stro van Aviso vrij lang groen blijft, moet het drogestofgehalte van het stro van sneller afrijpende rassen zeker 3% hoger kunnen zijn.

Uitgaande van 85% stro en 15% spil in de drogestof is het te behalen drogestofgehalte stro + spil te berekenen, indien er een optimaler ras gekozen wordt (tabel 2.1.6).

Gemiddeld drogestofgehalte van de spil van het ras Aviso in normale jaren is 37,5% (35 –40%). De droogste rassen zijn 13% hoger, dus 50%. Gemiddeld drogestofgehalte stro Aviso in normale jaren is 27%. Drogere rassen zeker +3% (waarschijnlijk meer), hetgeen neerkomt op 30%.

Tabel 2.1.6. **Berekening drogestofgehalte korrelmaïsstro bij optimalere raskeuze bij oogst in tweede helft oktober.**

	drogestof-%	gram per kg drogestof	drogestof-% gewas
15%spil	50	75	
85%stro	30	255	
100% stro + spil		330	33%

Gemiddelde jaren (oogst 2^e helft oktober) met juiste rassenkeuze is korrelmaïsstro (spil + stro) met een drogestofgehalte van 30-35% haalbaar. In bepaalde jaren tot 40% haalbaar.

Bij een latere oogst (november) zal drogestofgehalte hoger zijn. Na een vorstperiode zal ds-gehalte aanzienlijk hoger kunnen zijn. Uitgaande van een ds-gehalte van 30-35% zal de energie-inhoud (stookwaarde) ongeveer 4,5 GJ/ton “vers” zijn. In de centrale in Cuijk wordt 35% d.s. als ondergrens voor acceptatie gehanteerd. Bij mee of bij stook in een kolencentrale mag/moet het product een stuk droger zijn.

Samenstelling van maïsstro

De samenstelling van biomassa moet technisch beschreven worden en er moeten kwaliteitsklassen aan toegekend worden. Belangrijke eigenschappen zijn:

- Chemische samenstelling van de biomassa (C, H, O, K, Na, Mg, P, Ca, S, Cl, F, N, zware metalen)
- Fysische en chemische eigenschappen van de biomassa (o.a. vocht/asgehalte, stookwaarde, opslagaspecten)
- Chemische samenstelling van de as (Mg, P, Ca en zware metalen)
- Fysische en chemische eigenschappen van de as (o.a. silicaatvorming).

Al deze eigenschappen hebben invloed op de Productie en Aanvoer (logistiek, kwaliteitsbeheersing, gezondheid), Energieconversie (reactorontwerp, gezondheid), Emissie naar lucht, oppervlaktewater en asverwerking, Haalbaarheid en Handhaafbaarheid.

Voor klassenindeling “wettelijk kader” is vooral belangrijk as en verontreinigingen. Voor klassenindeling “techniek” is vooral belangrijk morfologie, as, chloorgehalte.

De chemische samenstelling van het maïsstro is vooral van belang in het kader van de samenstelling van de na de verbranding overblijvende as (anorganische stof) en de verontreinigingen in de uitgestoten gassen. In roosterovens/wervelbedovens kan as met hoge gehalten aan o.a. natrium, kalium en zand silicaataanslag op het bed veroorzaken. Hierdoor moeten de ovens regelmatig uit productie worden genomen om schoon

gemaakt te worden. Dit gaat ten koste van het rendement. Bij verontreinigingen moet men denken aan te hoge gehalten aan stikstof, chloor, zwavel en zware metalen. De eerste drie stoffen verdwijnen met de rookgassen de lucht in en de laatste blijft achter in de as.

Ten behoeve van de diverse centrales (houtcentrale, kolencentrale) zijn er lijsten met grenswaarden voor de betreffende componenten opgesteld. Hier worden in hoofdstuk 5 op terug gekomen. Deze grenswaarden moeten niet te absoluut worden genomen. Door middel van percentage bijstook in hout- of kolencentrale zijn de gehalten in de verbrandingsgassen en –assen te regelen.

Bij miscanthus zijn er aan het eind van het groeiseizoen door het gewas grote hoeveelheden chloor en kalium opgenomen, na de winter is hier van ongeveer de helft verdwenen door plantverliezen en uitloging. In stengelgewas zijn in het algemeen de gehalten aan N en P vrij laag en aan K vrij hoog.

Tabel 2.1.7. **Gehalten (g/kg en in %) aan N, P, K en Cl in Miscanthus bij oogst vóór en ná de winter.**

	vóór winter	na winter
stikstof - N	3.56 (0.36%)	2.34 (0.23%)
fosfor - P	0.62 (0.06%)	0.50 (0.05%)
kalium - K	11.08 (1.1%)	7.54 (0.75%)
chloor - Cl	7.58 (0.76%)	4.58 (0.46%)

In het onderzoek werd geen verband gevonden tussen hoeveelheid K en Cl in de bodem en in het gehalte in het gewas. Kalium- en chloorbemesting hadden slechts geringe invloed op de gehalten in het gewas.

Bij hennep bleken bij de oogst in september het kaliumgehalte (1.4-2.4%) en het chloorgehalte (0.45%) ook vrij hoog. Bij de oogst in oktober waren de gehalten gezakt naar respectievelijk 1% en 0.15%.

Stikstofbemesting had wel invloed op het stikstofgehalte in het gewas, maar niet indirect op het kalium-, fosfor- en chloorgehalte. Oogsttijdstip heeft dus invloed op gehalte aan verontreinigingen.

2.3 Oogst, opslag, drogen en logistiek

Oogst

De oogst van korrelmaïs vindt in de praktijk plaats rond eind oktober/begin november. Het is belangrijk een zo hoog mogelijk drogestofgehalte in de korrel te bereiken, dit om de droogkosten te drukken en daarmee een hoger teeltsaldo te bereiken. De oogst gebeurt met een zelfrijdende dorsmachine waar vóórop de machine een kolvenplukker is gemonteerd. De kolven (schutblad, korrel en spil) worden door de kolvenplukker van de planten getrokken. De restplant wordt hierbij onder de dorsmachine doorgetrokken, verkleind door mesjes en in bepaalde gevallen ook al lichtjes ingewerkt. De kolven gaan door de dorsmachine, alwaar de korrels van de spil en het schutblad worden verwijderd. De korrels worden opgevangen in een voorraadbak en de spillen met het schutblad verlaten over de zeven de machine aan de achterzijde en komen daarbij op het land terecht.

Voor een optimale biomassa opbrengst is het van belang dat zowel de restplant, het schutblad en de spil worden verzameld en afgevoerd, dit is vrij complex. Probleem hierbij is met name dat de restplant en de spil met het schutblad bij de oogst een aparte route gaan en dat de restplant naar beneden getrokken wordt en min of meer wordt ingewerkt. De restplant, spil en schutblad komen niet mooi bij elkaar in een zwad te liggen, zoals dat bij granen het geval is. Bij het maaidorsen van granen gaat het gehele product door de maaidorser, waarna het stro aan de achterzijde van de machine bij elkaar in een zwad op het land komt te liggen. Hierna kan het product vrij simpel opgeraapt en geperst worden tot balen. Deze wijze van oogsten is bij maïs wellicht minder goed uitvoerbaar, daar de lange stengels hoogstwaarschijnlijk vastlopen om de invoerrollen. De machine zal vrij snel vollopen. Misschien kunnen de stengeldelen voor invoer verkleind (30-40 cm) worden. Het op de grond laten vallen van het product is daarnaast ook een ongewenste stap. Het product moet weer opgeraapt worden, wat een extra werkgang en een grotere kans op verontreiniging met grond geeft. Beter is het, het product achter de machine via een opvoerband in een naast rijdende wagen te deponeren.

Een ander idee is de restplant na het ontkolven via een zijwaartse afvoer en een aan de zijkant van de dorsmachine aangebrachte hakselaar in een naast rijdende wagen te blazen. Dit idee wordt ook toegepast

door loonbedrijf Eugelink, die voor de oogst van maïskolvensilage, twee hakselunits op één hakselaar heeft. De kolf met schutblad gaat door de standaardhakselaar in een achter de hakselaar getrokken wagen en de restplant gaat via een zijafvoer en een tweede hakselunit in de naastrijdende wagen. Mogelijk is zoiets ook voor oogst van maïsstro te bedenken. Dit gaat wel gepaard met de nodige ontwikkelingskosten.

Op dit moment zijn er nog geen goede schattingen te maken van de oogstkosten in praktijkomstandigheden, omdat er geen 100% geschikte machines voorhanden zijn. Het enkel dorsen van korrelmaïs kost in de praktijk € 185,= per ha. Voor het hakselen en inkuilen van snijmaïs (14 ton ds per ha) wordt in de praktijk € 325,= per ha gerekend, dit is opgesplitst in € 200,= voor het hakselen en € 125,= voor het inkuilen, vastrijden en afdekken. Bij korrelmaïsstro waar 6 ton 7 ton drogestof per ha wordt geoogst zullen de kosten voor het hakselen ongeveer de helft zijn, € 100,= per hectare.

De eerste kostenramingen gaan afhankelijk van de gebruikte methode in de richting van € 100 tot € 300 per hectare. Wordt het materiaal op het land gegooid, bij elkaar geharkt en opgeraapt (eventueel persen of hakselen) dan gaan de kosten in de richting van de € 100,=. Moet er een speciale machine voor ontwikkeld worden dan gaan de kosten mogelijk in de richting van de € 300,=, waarbij dan wel tegelijk de korrels gedorst zijn. De standaard oogstkosten van korrelmaïs zouden hierop in mindering moeten worden gebracht. Op dit moment is de meest eenvoudige oogstmethode het op het land laten vallen van stengel, schutblad en spil, het bij elkaar harken en oprapen en dan te kiezen voor persen in balen of hakselen tot chips. Men kan er dus voor kiezen het geoogste product als grovere delen in balen te hebben of als fijnere delen los gestort of eventueel ook geperst in balen te hebben.

Oogstkosten van miscanthus (12 ton ds/ha), hakselen (zelfrijdende hakselaar, 20,7 ton ds/uur, 0,58 uur/ha) € 145,=/ha (inclusief 2 trekkers met aanhangwagen en 3 chauffeurs) of persen (zelfrijdende pers met kemperbek (0,9 uur/ha) € 230,= (inclusief shovel met aanhangwagen en 2 chauffeurs en touw). Voor maïsstro zal het goedkoper zijn, omdat er 6,5 ton/ha wordt geproduceerd, er is dus ongeveer maar 1/2 van de tijd nodig in vergelijking tot miscanthus. Dus € 80,= tot € 125,= per ha. Prijzniveau echter van 1996. Uitgaande van de prijzen bij de snij- en korrelmaïsoogst en de gegevens rond de oogst van miscanthus zullen de (extra) oogstkosten bij maïsstro rond de € 100,= tot 150,= per ha liggen.

Opslag

De oogst vindt in een vrij korte periode plaats, waardoor een grote hoeveelheid maïsstro in een kort tijdsbestek beschikbaar komt. Deze hoeveelheid is waarschijnlijk niet in deze korte periode te verbranden. Een bepaald gedeelte zal direct geleverd kunnen worden, terwijl de rest voor een korte periode (1 tot 6 maand) opgeslagen zal moeten worden.

Er zal dus opslag van maïsstro moeten plaatsvinden. Afhankelijk van de oogstmethode ontstaat er gehakseld product of grovere stengeldelen en spullen. Het gehakselde product is, net als bij snijmaïs, luchtdicht in te kuilen of in balen te persen met de recycling pers. Met dit laatste zijn redelijke ervaringen bij het gewas miscanthus. Bij inkuilen wordt het product geconserveerd, waardoor de drogestofverliezen beperkt worden, maar het product niet droger wordt. Bij grovere delen kan het product opgeraapt en geperst worden tot balen, zoals bij granen, maar ook bij hennep en miscanthus gebeurd. Dit laatste verlaagt de transportkosten per ha.

Voor het hakselen en inkuilen van snijmaïs (14 ton ds per ha) wordt in de praktijk € 325,= per ha gerekend, dit is opgesplitst in € 200,= voor het hakselen en € 125,= voor het inkuilen, vastrijden en afdekken. Bij korrelmaïsstro waar 6 ton 7 ton drogestof per ha wordt geoogst zal deze laatste kostenpost ongeveer de helft zijn (€ 65,= per ha). Dit is een redelijk hoge kostenpost, waardoor het de vraag is of dit een reële optie is. Zoals vermeldt in "Kansen voor energie uit biomassa" blijkt uit Duits onderzoek (Stülpnagel, 1997) dat door het uitpersen (schroefpers) van ingekuuld maïsstro nog 30-40% (relatief) vocht en ook mineralen (bv. kalium) uitgeperst kan worden. In oriënterend onderzoek naar het uitpersen van vocht bij hennep en miscanthus bleek dat 20-30% van het oorspronkelijke vocht kon worden uitgeperst bij een persdruk van ca 60 bar. Bij ingekuilde hennep werd het vochtgehalte teruggebracht van 69 naar 51%. Bij miscanthus werd het vochtgehalte teruggebracht van 44 naar 31% na 32 dagen inkuilen en van 58 naar 46% na 103 dagen inkuilen. Ook daalde de concentratie van de meeste mineralen (Gigler et al, 1999).

Het uitpersen van vocht levert een schoner product op met een hogere stookwaarde en daarmee een hogere opbrengstprijis. Indien deze hogere opbrengstprijis de inkuil- en uitperskosten compenseert kan dit toch een heel interessante optie zijn.

Opslagkosten (inclusief arbeid en shovel) van miscanthus, buiten onder plastic, bedragen voor chips (30%

vocht) €7,= per ton en voor balen (20% vocht) € 5,70 per ton.

Drogen

Over het algemeen is het vochtgehalte van het geoogste maïsstro aan de hoge kant voor een efficiënte energieconversie of een langdurige bewaring. Afhankelijk van het type centrale moet het product een lager vochtgehalte hebben. In Cuijk (houtcentrale) kan natter worden aangeleverd dan bij de kolencentrale. Een te hoog vochtgehalte (>20%) tijdens de bewaring kan broei veroorzaken, dat tot hoge drogestofverliezen kan leiden. Het product zal bij de oogst in oktober/november dus gedroogd moeten worden. Bij een latere oogst december of na een vorstperiode zal het vochtgehalte waarschijnlijk lager zijn. De vraag is wel hoe het hoofdteeltdoel, korrel oogst, hierbij overeind blijft.

Het drogen kan natuurlijk of geforceerd gebeuren. Natuurlijke droging kan op het veld of tijdens de bewaring plaatsvinden. De vraag is echter of zo laat in het jaar, vanwege een hoge relatieve luchtvochtigheid, droging op het veld nog plaatsvindt en of bij het oprapen van de biomassa niet te veel grond wordt meegenomen. Dit zal nader bekeken moeten worden. Natuurlijke droging van maïsstro kan plaatsvinden door het product in balen te persen en dusdanig te stapelen, dat de omgevingslucht goed kan indringen. Tijdens de bewaring moet inregenen voorkomen worden.

Gehakseld product kan droger gemaakt worden door uitpersen (schroefpers), dit kan zowel voor als na de bewaring gebeuren, welke het meeste effect heeft is niet bekend. Waarschijnlijk na inkuilen.

Geforceerde droging kan gebeuren door mechanische ventilatie, met name bij opslag in balen, of door thermische droging. Bij dit laatste kan er eventueel gedroogd worden met afvalwarmte bij de centrale.

Uitgaande van een drogestofopbrengst per hectare van 6.5 ton drogestof, betekent dit dat er bij een vochtgehalte van 65% ongeveer 18.6 ton product wordt aangeleverd met een verbrandingswaarde van 4.7 GJ per ton (zie figuur 2.6.1). Totaal dus 87.4 GJ per ha, dat bij 4 euro per GJ een opbrengstprijs per ha betekent van € 350,=. Wordt het vochtgehalte van het aangeleverde product echter verlaagd tot bv. 50% dan betekent dit dat de 6.5 ton drogestof per hectare een hoeveelheid van 13 ton aangeleverd product vertegenwoordigt met een stookwaarde van 7.7 GJ per ton. Totaal dus 100 GJ per ha of te wel een opbrengstprijs per ha van € 400,=.

Het verminderen van het vochtgehalte met absoluut 15% levert een bedrag op van ongeveer € 50,= per ha. Voorlopig wordt ervan uitgegaan dat het drogen en/of persen kostenneutraal kan gebeuren.

Logistiek

Logistiek is de schakel tussen vraag en aanbod. De aanbieder is de korrelmaïsteler en de vrager is de energiecentrale. Een belangrijke tussenschakel in deze is mogelijk de loonwerker, die bij meerdere telers het stro kan collecteren en ook het product eventueel centraal kan opslaan, bewerken en drogen.

Ten aanzien van de logistieke keten moeten er een aantal keuzes gemaakt worden. Belangrijkste vraag hierbij is waar de verschillende activiteiten, zoals bijvoorbeeld voorbereiding, drogen, opslag, uitgevoerd moeten worden en hoe ze binnen de keten op elkaar afgestemd moeten worden en voor welke vorm van transport wordt gekozen. Hierbij is het kostenaspect veelal de leidende factor.

Transport over de weg is relatief gezien de goedkoopste vorm van transport. Voor transport naar de centrale kan gerekend worden met ongeveer € 0,10 per ton "vers" per km. Dat betekent bij een afstand van 50 km van de centrale een kostenpost van € 150,= bij een lading van 30 ton "vers" product per vrachtwagen.

Uitgaande van een productie van 6,5 ton drogestof en een drogestofgehalte van ruim 35% zijn de kosten per hectare ongeveer € 93,= (14 euro per ton drogestof). Een andere berekening uitgaande van een uurtarief van € 45,= voor een vrachtwagencombinatie komt tot vergelijkbare transportkosten van € 13,=/€ 14,= per ton drogestof. Als door uitpersen het drogestofgehalte verhoogd kan worden tot 50% worden de transportkosten verlaagd tot € 65. Wordt het drogestofgehalte verder verhoogd tot bijvoorbeeld 80% dan nemen de transportkosten per hectare af tot € 40. Het lijkt daardoor zeer interessant op een centrale plaats in het gebied te drogen en eventueel te verdichten alvorens het product te transporteren. Alwaar de centrale centraal in het gebied staat is droging met restwarmte bij de centrale te overwegen.

Andere invloeden op de logistieke keten zijn het seizoensgebonden aanbod van de biomassa en de mate van verliezen bij droging en bewaring.

Er zijn specifieke logistieke modellen, die afhankelijk van de gekozen uitgangspunten inzicht geven in de kosten en andere factoren. Via deze modellen kan de meest optimale opzet voor de logistiek van maïsstro voor bio-energieproductie worden bepaald.

2.4 Energieconversie

De omzetting van biomassa naar elektriciteit kan het best middels verbranding of vergassing. In beide gevallen mag de biomassa niet te vochtig zijn, maximaal 65% vocht. Droger is over het algemeen beter, zeker bij verbranding in een kolencentrale. Bij vergassing wordt de biomassa eerst omgezet in een gasvormige brandstof. Vergassing van biomassa biedt slechts perspectief ten opzichte van verbranding, indien het gas op een hoogwaardige manier wordt ingezet, zoals bijvoorbeeld elektriciteitsopwekking. In de toekomst wordt wellicht meer van vergassing dan van verbranding verwacht.

In Nederland vindt opwekking van elektriciteit uit biomassa momenteel hoofdzakelijk plaats middels verbranding. Vergassing staat duidelijk nog op het tweede plan, daarom zal alleen de verbranding hier verder uitgewerkt worden.

De momenteel meest toegepaste verbrandingsinstallaties zijn roosterovens en wervelbedovens. Andere minder gebruikte verbrandingsovens zijn de onderschroefvuuroven en de poederhoutgestookte-oven. Bij de roosterovens ligt het hout op de roosters. De verbrandingslucht wordt van onderen door de roosters heen geblazen. In deze ovens kunnen grote stukken hout worden verbrand. De temperatuur mag in deze ovens niet te hoog worden in verband met materiaalproblemen. Ook de wervelbedoven wordt in de praktijk toegepast. Hierbij dient het hout eerst te worden verkleind tot chips. Deze oven wordt ook toegepast bij de houtcentrale in Cuijk. Deze centrale heeft een vermogen van 25 Mwe en kan daarmee 70.000 huishoudens van elektriciteit voorzien. Hiervoor is op jaarbasis 300.000 ton (vers) dunningshout nodig, dat aangevoerd wordt met 12.000 vrachtwagens.

Andere minder gebruikelijke verbrandingsinstallaties zijn de semi-suspensieverbranding, poederverbranding in branders (hout fijn malen) en omgekeerde verbranding (vrij nat materiaal te verbranden).

Om elektriciteit te produceren dient hoge-druk stoom te worden opgewekt. Dit kan zowel met roosterketels als met wervelbedketels gebeuren. De hoge-druk stoom wordt toegevoerd aan een stoomturbine, die een generator aandrijft. Wervelbedketels hebben over het algemeen een betere prestatie door een betere uitbrand.

Voor omzetting van biomassa naar elektriciteit gelden rendementen van 17-22%. Deze rendementen zijn zo laag vanwege de hoge vochtgehalten (45-55%) van de biomassa, met name hout. Hogere rendementen zijn haalbaar. Er zijn voorbeelden van een rendement van 30%, op basis van wervelbedrooster. Bij een verdere optimalisatie naar conversierendement en een voldoende schaalvergroting moeten rendementen van 40% haalbaar zijn, dit is vergelijkbaar met kolengestookte centrales.

Naast verbranding in specifieke biomassa ovens kan de biomassa ook naast steenkool mee gestookt worden in een kolencentrale. Momenteel moet de biomassa hiervoor dan wel zeer verkleind (poeder) in de oven worden ingeblazen. Hiervoor moet de biomassa worden gedroogd (tot 30% vocht) en gepelletteerd (€ 1,85 per GJ), zodat deze tegelijk met de kolen kan worden ingevoerd. Dit is momenteel nog de handelswijze bij de mee stook in de kolencentrale. Er is nu bij Essent een maal-/invoer-installatie beschikbaar, waarbij het product natter en ongepelletteerd tegelijk met de kolen kan worden ingevoerd. Deze installatie is mogelijk reeds dit jaar (2003) operationeel.

Bij de conversie zijn een drietal milieuaspecten van belang. Ten eerste de emissie van het onverbrande (onvolledige verbranding) materiaal (CO en roetdeeltjes). Door goede procesbeheersing en door filters en cyclonen is deze hoeveelheid aardig te reduceren. Ten tweede de emissie van stikstofoxiden, welke met branderaanpassingen is te reduceren. Ten derde het vaste afval (as). Hout bijvoorbeeld heeft 1% anorganische stof (as). De as kan afhankelijk van de samenstelling en de verbrandingstemperatuur verglazen op het bed, wat zeer nadelig is, want dan moet oven uit bedrijf gehaald en schoongemaakt worden.

2.5 Organische stof voorziening en MINAS

Organische stof voorziening bij afvoeren van maïsstro

Om te voorkomen dat het organische stofgehalte in de bodem daalt moet de afbraak worden gecompenseerd. Als vuistregel kan worden uitgegaan van een minimale hoeveelheid van 1500 kg organische

stof per ha per jaar. Deze hoeveelheid moet dus worden aangevuld, dit moet op bouwplanniveau bekeken worden.

De aanvoer wordt uitgedrukt in de hoeveelheid effectieve organische stof (eos) per ha, dat is de organische stof die een jaar na toediening nog aanwezig is. De bijdrage van korrelmaïs bestaat uit de stoppel en het stro, resp. 800 en 1400 kg eos per ha. Het stro levert dus een aanzienlijke bijdrage aan de organische stofvoorziening.

In tabel 2.5.1 is voor een aantal bouwplannen de aanvoer van eos bij wel of niet afvoeren van het maïsstro berekend. Om het effect in te schatten zijn 4 representatieve rotaties gedefinieerd voor het zuidoostelijk zandgebied. Een compleet verslag van deze studie naar de invloed van het afvoeren van het korrelmaïsstro op bedrijfsniveau is vinden in bijlage 1.

Tabel 2.5.1 **Invloed van wel of niet afvoeren van maïsstro op de hoeveelheid effectieve organische stof bij diverse rotaties in het zuid-oostelijk zandgebied.**

Rotatie	Bouwplan	Scenario	Eos-toevoer (kg/ha)
Akk1	25% consumptieaardappel + 25% suikerbiet + 12,5 % triticale +12,5% korrelmaïs + 12,5% waspeen + 12,5% doperwt+stamslaboon	Maïsstro niet afvoeren (referentie)	1715
		Maïsstro afvoeren	1365
		Idem+ rundermest bij maïs	1580
		Maïsstro om het jaar afvoeren	1540
Akk2	25% consumptieaardappel + 25% suikerbiet + 25% korrelmaïs + 12,5% waspeen +12,5% doperwt+stamslaboon	Maïsstro niet afvoeren (referentie)	1650
		Maïsstro afvoeren	1475
		Idem + triticale stro niet afvoeren	1595
		Idem+ rundermest bij maïs	1580
Vh1	100% korrelmaïs (varkenshouderij)	Maïsstro niet afvoeren (referentie)	2495
		Maïsstro afvoeren	1095
		Idem + rundermest op 50% areaal	1550
		Maïsstro in 2 van de 3 jaar afvoeren	1565
Vh2	100% korrelmaïs (melkveehouderij)	Maïsstro niet afvoeren (referentie)	3250
		Maïsstro afvoeren	1850

Als conclusie kan worden getrokken dat het jaarlijks afvoeren van gewasresten van korrelmaïs leidt tot een vaak gering tekort op de organische stof balans. Dit beeld verandert wanneer niet elk jaar, maar om het jaar of twee maal in de drie jaar de gewasresten worden afgevoerd. Ook ontstaat er geen tekort als in de plaats van varkensmest rundveedrijfmest wordt gebruikt. De cijfers van de teelt van korrelmaïs op melkveebedrijven bevestigen het beeld uit de praktijk namelijk dat er elk jaar zoveel organische stof achterblijft, dat er na jaren achtereen korrelmaïs telen op hetzelfde perceel teveel organische stof in de bodem komt en er dan schimmelvorming in de bodem optreedt.

Voor afvoer van organische stof kan een eventuele verliespost van € 25,= per ha worden gerekend.

MINAS

Bij de economische evaluatie van het afvoeren van het maïsstro t.b.v. energiewinning spelen ook de vermeende voordelen m.b.t. Minas een rol. Hieronder wordt aangegeven in hoeverre het inrekenen van dergelijke voordelen reëel is.

In de huidige mineralenregelgeving heeft het afvoeren van maïsstro geen gevolgen voor de Minasoverschotten. Wanneer het stro wordt afgevoerd wordt de extra afvoer van mineralen niet meegerekend bij de berekening van het Minas-N- en P-overschot. Er zijn op dit moment geen aanwijzingen dat dit op korte termijn wel het geval zal zijn. De regelgeving binnen Minas zal hiervoor moeten worden veranderd. Daarom is het verstandig terughoudend om te gaan met het inrekenen van dit voordeel. Mocht dit voordeel toch worden meegenomen dan de volgende beschouwing.

Het financiële voordeel ontstaat doordat er minder heffing hoeft te worden betaald of doordat er meer ruimte komt voor inzet van organische mest. Met name het eerste levert het meeste op. Een extra afvoer van 15 kg P₂O₅ per ha betekent een financieel voordeel van 15*€ 8,95 betekent € 134 per ha maïs. Het lijkt echter

niet reëel dit voordeel in te rekenen. Insteek van het beleid is duidelijk dat voldaan wordt aan de normen, m.a.w. wanneer er wordt 'afgekocht' zullen de heffingen omhoog gaan. Het inschatten van de eventuele Minasvoordelen zou zich dus moeten richten op de verruiming van de mestplaatsingsruimte. Wanneer ervan wordt uitgegaan dat een ton varkensdrijfmest 4,2 kg P₂O₅ bevat is er dus per ha maïs extra ruimte voor 3,5 ton mest. Uitgaande van een vergoeding van €6 per ton betekent dit voor de akkerbouwer een voordeel van € 21 per ha maïs (€ 3,20 per ton ds). Voor een varkenshouder betekent dit dat er minder mest hoeft te worden afgezet. Uitgaande van afzetkosten van circa € 12 per ton mest betekent dit een voordeel van € 42 per ha maïs (€ 6,5 per ton ds).

2.6 Economie

Prijs per GJ

De mogelijke opbrengstprijz die betaald zal/kan gaan worden in de toekomst is echter sterk afhankelijk van de prijzen van fossiele brandstoffen. In 2010 worden de volgende prijzen verwacht voor aardgas, stookolie en steenkool respectievelijk 5,45; 5,65 en 2,5 euro per GJ. De prijs voor kolen is echter een factor 2 lager dan de gemiddelde productiekosten van kolen in Europa. De productiekosten bedragen € 122,50 per ton, met een verbrandingswaarde van 27 GJ/ton, betekent een kostprijs van 4,55 euro per GJ.

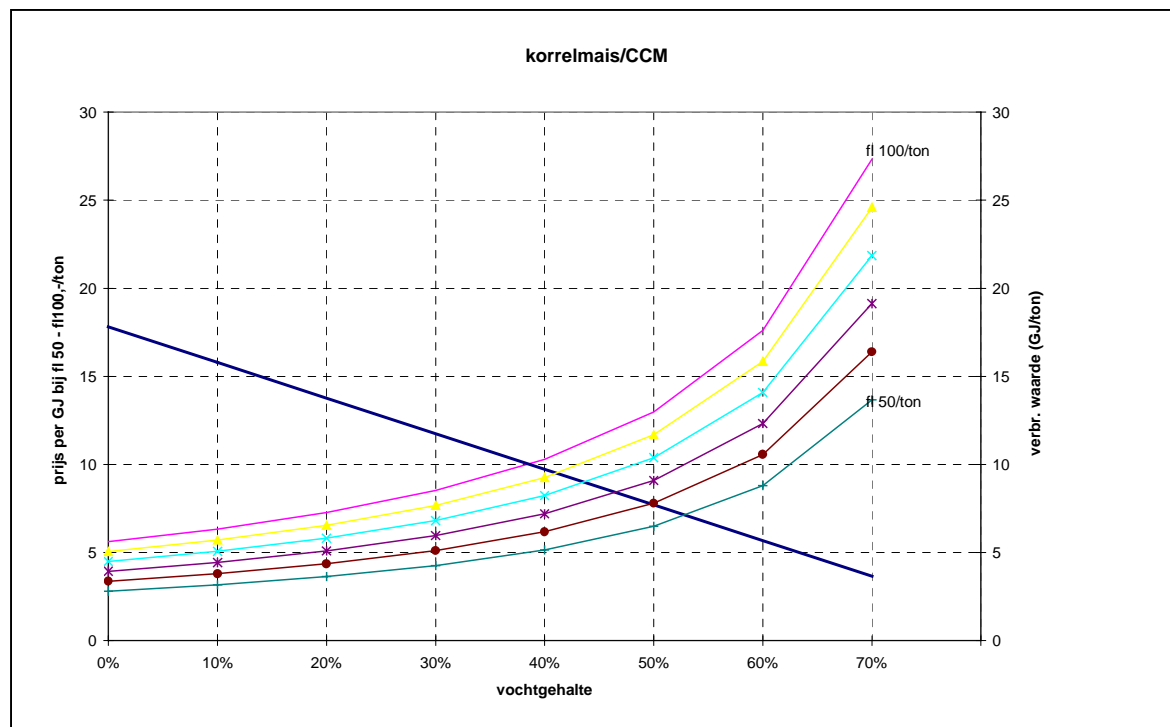
Wordt de milieubelasting meegerekend dan zullen de eerder genoemde prijzen voor aardgas, stookolie en steenkool in 2010 respectievelijk 6,70; 7,10 en 4,10 euro per GJ bedragen. (bericht 30 mei 2003: CO₂-emissiehandel vanaf 2005 helpt de Energietransitie. Het komende Europese systeem voor emissiehandel wordt door veel partijen ervaren als een belangrijke impuls voor de transitie naar een duurzame energiehuishouding. "Emissiehandel zorgt ervoor dat de uitstoot van broeikasgassen een prijs krijgt", aldus Paul van Slobbe van het ministerie van Economische Zaken). De range van € 4,= tot € 7,= per GJ geeft de mogelijk toekomstige opbrengstprijz voor biomassa aan.

Aangezien het drogestofgehalte van biomassa sterk kan fluctueren wordt de prijs per GJ uitgedrukt. In 1999 werd er voor geïmporteerde biomassa afhankelijk van het product € 3,= tot € 5,50 per GJ betaald. Het aantal GJ per ton "vers" aangeleverd product (stookwaarde) is afhankelijk van het drogestofgehalte (zie figuur 2.6.1). Maïsstro geoogst rond eind oktober heeft een relatief hoog vochtgehalte van rond de 65%, mogelijk is dit door een gerichte raskeuze te beïnvloeden. Bij 65% vocht is de stookwaarde per ton aangeleverd maïsstro 4.7 GJ.

Uitgaande van een drogestofopbrengst per hectare van 6.5 ton, betekent dit dat er bij een vochtgehalte van 65% ongeveer 18.6 ton product wordt aangeleverd met een stookwaarde van 4.7 GJ per ton. Totaal dus 87.4 GJ per ha, dat bij 4 euro per GJ een opbrengstprijz per ha betekent van € 350,=. Bij een droger product, bijvoorbeeld 50% vocht en een zelfde drogestofopbrengst van 6.5 ton/ha wordt er 13 ton product aangeleverd met een stookwaarde van 7.7GJ per ton. De opbrengstprijz per ha is dan € 400,=.

Stijgt de opbrengstprijz per GJ echter naar 7 euro dan gelden de volgende opbrengstprijzen per ha, respectievelijk € 610,= en € 700,=.

Figuur 2.6.1. **Maïsstro: Verbrandingswaarde in GJ per ton aangeleverd product (rechte lijn) en prijs per GJ bij een prijs van fl 50,- tot fl 100,- per ton aangeleverd product (kromme lijnen). Beide in relatie tot het vochtgehalte. Alle bedragen in deze figuur zijn vermeldt in gulden.**
Bron: Essent; najaar 2001.



Kosten/baten

Uit berekeningen (1992) blijkt bij de teelt van akkerbouwgewassen uitsluitend voor de energievoorziening de kostprijs per energie-eenheid (GJ) gewasafhankelijk tussen de € 9,= en € 18,= te liggen. De prijs van fossiele brandstoffen (kolen) was toen € 2,75 per GJ. De huidige prijs van fossiele brandstoffen ligt rond de € 5,= per GJ. Ook met de toekomstige prijzen voor fossiele brandstoffen (tot € 7,= per GJ) lijkt teelt uitsluitend voor de energievoorziening niet rendabel. Bij de energieteelt van wilg en miscanthus worden, volgens een IMAG-DLO rapport (1996), de totale kosten voor 75% bepaald door de grond- en teeltkosten. Daarnaast wordt 25% bepaald door oogst-, bewerkings- en bewaarkosten. Er is hierbij geen rekening gehouden met transportkosten.

Bij een restproduct hoeven de grond- en teeltkosten niet te worden gerekend. Deze kosten kunnen aan het hoofdteeltdoel worden toegerekend. Een aantrekkelijke restproduct als brandstof (qua prijs) is tarwestro, dat voor € 1,40 per GJ wordt geproduceerd en voor € 4 per GJ wordt verhandeld.

Korrelmaïsstro is ook een restproduct, waarvoor geen grond- en teeltkosten hoeven te worden gerekend. De extra oogst-, bewaar- en bewerkingskosten per ton product zullen onder de opbrengstprijzen per ton product moeten blijven. De saldoberekening is weergegeven in tabel 2.6.1. Gerekend wordt met een opbrengst van 6,5 ton drogestof per ha en een drogestofgehalte van het verse product van 35%. Bij 35% drogestof is er 18,6 ton maïsstro met een verbrandingswaarde van 4,7 GJ per ton vers en een opbrengstprijzen van € 4,= per GJ. Er wordt er hierbij tevens van uitgegaan dat het maïsstro wordt verhakseld en ingekuuld (kostenpost € 125,= en € 65,= per ha).

Tabel 2.6.1. **Saldo berekening korrelmaïsstro per ton drogestof, uitgaande van 6.5 ton drogestof per ha en een vochtgehalte van 65% en een opbrengstprijis van € 4,= per GJ.**

Onderdeel	Kosten per ton drogestof	Opbrengsten per ton drogestof	Saldo per ton drogestof
Verlies aan organische stof	4		
Oogst en opslag	30		
Bewerking: drogen			
Vervoer naar centrale (50 km)	14		
Stookwaarde MINAS-“waarde”		54	
Totaal	48	54	6

Bij deze berekening is het product niet gedroogd. Door te drogen tot 50% vocht (13 ton vers per ha en ongeveer 8 GJ/ton) stijgt de opbrengst per ton drogestof tot € 62,= en dalen de transportkosten tot € 10,= per ton drogestof. Het drogen zou dus € 13,= per ton drogestof mogen kosten. Dit lijkt realiseerbaar bij natuurlijke droging of door uitpersen van het product na inkuilen.

Met de gestelde uitgangspunten lijkt het financiële plaatje er redelijk neutraal uit te komen. We mogen aannemen dat de teler van het product hier ook een bepaalde financiële vergoeding voor wil ontvangen. In deze berekening zou dat dus € 6,= per ton zijn met daarnaast een vergoeding van € 4,= voor het afvoeren van organische stof. Totaal betekent dit bijna € 65,= per ha. Dit lijkt wat aan de magere kant. Zijn er echter rassen te telen die een hoger drogestofgehalte of opbrengst per hectare realiseren, dan kan het ook voor de teler een interessant financieel plaatje opleveren. Zeker als de opbrengstprijis stijgt naar € 5,= of zelfs € 7,= per GJ.

3 Combinatie met rassenonderzoek

Het PPO voert jaarlijks verdeeld over het land rassenproeven uit, waarin de landbouwkundige bruikbaarheid van maïsrassen voor de teelt van korrelmaïs wordt beoordeeld. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van de maïskweekbedrijven (Plantum-NL) en het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA). Na de oogst van de proeven voor het rassenonderzoek, waarbij alleen de kolven/korrels worden geoogst, staat het restproduct (plant) nog op het veld. Aan dit restproduct zijn specifiek ten behoeve van dit project "Biomassa" aanvullende bepalingen uitgevoerd. Dit heeft informatie opgeleverd over de genetische variatie in eigenschappen, welke voor het gebruik van maïsstro als biomassa voor energieproductie van belang zijn. Tevens is door te oogsten op een drietal tijdstippen, de invloed van een latere oogst op de opbrengst en kwaliteit van het product bekeken. De genetische variatie is bekeken op 2 proeven in 2 herhalingen en de invloed van het oogsttijdstip is slechts bekeken op 1 proef in 2 herhalingen. De omvang van dit onderzoek is dusdanig dat dit slechts een indicatie geeft, maar dat is voor dit moment voldoende. Voor betrouwbare resultaten zullen er meer proeven, maar ook gedurende meer jaren, aangelegd moeten worden.

3.1 Genetische variatie

De aanvullende bepalingen ten behoeve van "biomassa" zijn uitgevoerd op de twee zuidelijke proefvelden in Chaam (Zuid - West) en Veulen (Zuid - Oost). De proeven lagen op beide locaties in twee herhalingen. Na de oogst van de korrelmaïs ten behoeve van het rassenonderzoek, waarbij de kolven geplukt worden zijn de resterende planten op het veld gehakseld met een snijmaïshakselaar. De verse opbrengst is bepaald en tegelijkertijd is er een monster genomen, waarvan het drogestofgehalte (vocht) is bepaald. Van de geplukte kolven is zijn korrel en spil gescheiden. Het drogestofgehalte, spilaandeel en de spilopbrengst is berekend. De spil en plant monster zijn bewaard. Vervolgens zijn in april 2003 een aantal monsters geselecteerd en opgestuurd naar Essent ter bepaling van de specifieke bio-energie parameters, zoals stookwaarde, asgehalte, as-analyse (verontreinigingen), zwavelgehalte. Hierbij zijn de spil en de plant gemengd. Andere interessante parameters zijn zware metalen, fluor/chloor, gehalte N, H, C. De bepaling van deze laatstgenoemde parameters wordt uitgevoerd door SGS en is nogal kostbaar. Daar uit analyses van eerder opgestuurde maïsmonsters de grenswaarden van deze parameters niet werden overschreden, is besloten een mengmonster per locatie (Veulen en Chaam) naar SGS te sturen.

In de literatuurstudie is naar voren gekomen dat het economisch perspectief van het gebruik van korrelmaïsstro voor de productie van bio-energie onder anderen afhankelijk is van het drogestofgehalte en de drogestofopbrengst. In de studie is uitgegaan van een praktijk drogestofopbrengst van 6,5 ton per hectare en een drogestofgehalte van 30-35%.

Zowel op de proef te Chaam (17 oktober) als ook op de proef te Veulen (28 oktober) zijn beide parameters bepaald. De relatieve resultaten staan weergegeven in tabel 3.1.1. De resultaten per proef alsmede de korrelopbrengsten zijn opgenomen in bijlage 2.1 en 2.2. In tabel 3.1.1 is een opsplitsing gemaakt in stengel/blad en spil, waarna op basis van de aandelen hiervan de drogestofopbrengst en het drogestofgehalte van het gewas is berekend.

Drogestofopbrengst

De gemiddelde drogestofopbrengst is 7.3 ton drogestof per hectare. Er is een grote genetische variatie waar te nemen. De drogestofopbrengst varieert van 6.7 tot 9.4 ton drogestof per hectare. Dit zijn proefveldopbrengsten, omgerekend naar praktijk opbrengsten (85%) betekent dit 5.7 tot 8.0 ton drogestof per hectare. Op proefvelden wordt gemiddeld 15% meer opbrengst gehaald dan in de praktijk, doordat het in het algemeen betere percelen zijn, er geen kopakkers worden mee geoogst en er randeffecten zijn. De spil maakt ruim 15% uit van de totale opbrengst.

Het locatie effect is dit jaar niet erg groot, de gemiddelde opbrengst in Chaam en Veulen is respectievelijk 7.7 en 6.9 ton/ha.

Drogestofgehalte/Vochtgehalte

Het gemiddelde drogestofgehalte gewas over alle rassen en beide locaties is 29.8%. Het locatie-effect over alle rassen is met 4.5% (27.5 – 32.1) redelijk groot, wat met name veroorzaakt wordt door het drogestofgehalte van stengel/blad. Dit effect zou deels veroorzaakt kunnen zijn door de 11 dagen latere oogst, maar ook zeker door een hoger gehalte stengelrot, dat veroorzaakt wordt door fusariumschimmels. Dit verklaart, voor een deel het hogere drogestofgehalte van met name de stengel, omdat fusarium uiteindelijk leidt tot afgestorven planten. Het hogere gehalte fusarium komt tot uitdrukking in de oogstbaarheid (zie bij *oogstbaarheid* hieronder). De oogstbaarheid is weergegeven in waarderingscijfers van 2 tot 9, waarbij de range op de proef te Chaam tussen 50% en 100% staande planten lag en op de proef te Veulen tussen de 38% en 100% staande planten. De oogstbaarheid van 6.8 in Chaam betekent 85% nog staande planten en van 6.4 in Veulen betekent 77% staande planten. Dit was wel de oogstbaarheid na de drukproef. Hoewel bij de standaardrassen op dit oogstmoment vrijwel alle planten nog overeind stonden en dus geen problemen bij het oogsten zouden opleveren.

Het blijkt dat het drogestofgehalte van de spil gemiddeld 10% hoger is dan van de stengel en het blad. Het mee oogsten van de spil heeft dus een positief effect op het totale drogestofgehalte.

De genetische variatie is groot, voor zowel het drogestofgehalte van het gewas als voor die van de verschillende onderdelen. Het drogestofgehalte gewas varieert rasafhankelijk van 26.5 tot 37.0%. Op de locatie te Chaam is de range van 23.4 tot 34.9 en op de locatie te Veulen van 28.9 tot 39.2%.

Tabel 3.1.1. **Drogestofgehalte en drogestofopbrengst per ras op de locatie te Chaam (Cha - 17 oktober), te Veulen (Veu - 28 oktober) en gemiddeld over de locaties van stengel/blad, spil en gewas (exclusief korrel). Alsmede oogstbaarheid per ras per locatie en gemiddeld over de twee locaties. Oogstbaarheid weergegeven in waarderingscijfers, overige in relatieve getallen, inclusief de 100=waarde.**

	ds%-stengel			ds%-spil			ds%-gewas			dsopbr-stengel			dsopbr-spil			dsopbr-gewas			oogstbaarheid		
	Cha	Veu	Gem	Cha	Veu	Gem	Cha	Veu	Gem	Cha	Veu	Gem	Cha	Veu	Gem	Cha	Veu	Gem	Cha	Veu	Gem
Symphony	97	89	93	85	84	84	96	89	93	99	93	96	113	118	115	101	98	99	6.1	8.9	7.5
Husar	100	104	102	112	115	113	101	105	103	100	111	105	97	98	97	99	109	104	7.1	6.6	6.9
Manatan	98	99	99	94	95	95	97	99	98	89	109	98	90	92	91	89	106	97	8.1	7.8	7.9
Noveta	107	107	107	110	107	109	108	108	108	92	88	90	103	100	102	93	90	92	3.5	3.4	3.5
Limaiclass	101	100	100	109	111	110	101	101	101	104	112	108	94	82	88	102	106	104	7.4	5.7	6.6
Abondance	108	109	108	122	120	121	109	111	110	100	98	99	93	101	97	99	99	99	6.0	4.0	5.0
Ohio	97	105	101	104	104	104	98	105	102	100	91	96	103	97	100	100	92	97	9.0	6.8	7.9
Rivaldo	95	94	94	84	86	85	94	93	93	115	109	112	104	114	110	114	110	112	8.3	7.7	8.0
Cerruti	97	93	95	81	77	79	95	90	92	102	89	96	102	97	100	102	90	97	5.2	6.7	5.9
ADV8034	95	99	97	100	105	102	96	100	98	106	94	101	108	104	106	107	96	102	7.8	7.0	7.4
KX1141	102	101	102	90	96	93	101	101	101	106	97	102	111	116	113	107	101	104	7.1	8.0	7.5
ADV9703	90	100	95	94	97	95	90	99	95	104	108	106	102	93	97	104	105	105	8.4	8.7	8.6
SM960063	87	95	91	73	75	74	85	92	89	103	109	106	85	91	88	100	105	103	8.3	8.4	8.4
NX0710	103	106	104	87	90	88	101	103	102	119	113	116	117	110	113	119	113	116	8.5	6.6	7.5
ADV1069	98	106	103	110	115	112	101	109	106	94	86	90	118	128	123	97	93	95	4.5	4.5	4.5
X0751D	129	122	125	109	112	111	127	122	124	107	92	100	132	124	128	111	98	105	6.4	5.1	5.7
EGZ2117	82	102	93	112	114	113	86		89	107		106	131	126	128	111		110	6.4	4.9	5.7
MAS107291	101	108	105	101	100	100	103	108	106	96	96	96	133	122	127	101	100	101	7.4	4.3	5.8
RH0014	97	102	100	111	114	112	98	104	101	123	125	124	115	111	113	121	123	122	7.7	7.5	7.6
LZM150.01	104	102	103	91	95	93	103	101	102	120	113	117	112	118	115	119	114	116	8.0	7.8	7.9
Z9105	103	104	103	98	93	95	103	102	103	118	119	119	134	122	128	121	120	120	8.4	9.0	8.8
KX2112	94	110	103	98	100	99	95	109	103	105	87	96	122	111	116	108	91	100	7.5	2.5	5.0
DUO217	95	103	99	109	113	111	95	104	100	126	140	133	106	109	108	123	135	129	9.0	8.2	8.7
SM05004	92	102	97	92	92	92	100	100	96	101	98	99	97	100	99	100	99	99	7.1	5.5	6.3
Companero	88	101	95	103	106	105	89	102	96	110	106	108	105	99	102	110	105	107	9.0	7.3	8.2
100 = ...	26,2	31	28,6	38,3	38,4	38,4	27,5	32,1	29,8	6,48	5,68	6,08	1,18	1,24	1,21	7,66	6,93	7,29	6,8	6,4	6,6

100 = gemiddelde van de 9 standaardrassen. Alle drogestofgehalten zijn weergegeven in % en alle opbrengsten in ton per hectare

Oogstbaarheid

De oogstbaarheid geeft aan hoe goed het gewas nog oogstbaar is. Hoe meer planten er omgevallen zijn door gebrek aan stevigheid of door een stengelrotaantasting, hoe slechter de oogstbaarheid van het gewas. Gebrek aan stevigheid kan het gehele jaar tot omgevallen planten leiden. Stengelrot wordt veroorzaakt door fusariumschimmels die er aan het eind van het seizoen planten aantasten. De oogstbaarheid op de rassenproeven wordt bepaald door tegen de planten te drukken. Planten met stengelrot staan vaak nog

overeind, maar door er tegenaan te drukken wordt een krachtige herfststorm nagebootst, waardoor de planten omvallen. Het aantal planten dat na omdrukken omgevallen is bepaald de oogstbaarheid. De in de tabel vermelde oogstbaarheid is dus ná een drukproef. Vóór de drukproef waren er bij de rassen vrijwel geen omgevallen planten waar te nemen, maximaal 5%. Bij de meeste rassen stonden alle planten nog overeind. Dit is goed te noemen, zeker gezien het feit dat er op 15 oktober al een zware herfststorm is geweest.

In tabel 3.1.1. is de gemiddelde oogstbaarheid opgenomen. Deze is afgeleid van de waarderingscijfers per locatie. Hierbij is per locatie een aparte schaal gehanteerd, zoals die hierboven onder *drogestofgehalte* beschreven is. Het ras Noveta heeft op beide locaties een vrij matige oogstbaarheid. Hoewel bij de oogst, vóór de drukproef, de meeste planten dus nog wel overeind stonden, maximale 5% omgevallen planten.

Analyses Essent en SGS

In de maïsstro monsters die reeds gedurende het seizoen geanalyseerd werden, bleken de zware metalen en overige componenten in de drogestof niet boven de grenswaarden uit te stijgen. Om kosten te besparen is dan ook besloten niet naar de genetische variatie in chemische samenstelling van de drogestof te kijken. Wel is, om nogmaals enige informatie te krijgen over de hoogte van de gehalten, een mengmonster van alle rassen gemaakt, waaraan de gehalten aan zware metalen en overige componenten zijn geanalyseerd. Wat wel per ras is geanalyseerd zijn het vochtgehalte, de stookwaarde en het asgehalte en vervolgens een analyse van deze as. Hierbij is ook, uit kosten overweging, slechts een selectie van rassen ingezonden, die op basis van reeds bekende informatie (oogstbaarheid, opbrengst) als meest perspectiefvol gezien moeten worden. De basisresultaten zijn terug te vinden in bijlage 3.

In tabel 3.2.2 zijn de gehalten aan zware metalen en overige componenten in de drogestof aangegeven. Hierbij moet gekeken worden naar de monsters van het 1^e oogsttijdstip V1-meng en C1-meng. Ook hieruit blijkt weer dat de grenswaarden voor de verschillende parameters niet worden overschreden. Tevens blijkt in vergelijking met eerdere analyses, dat het percentage koolstof (C: 45-48%), stikstof (N: 0.9-1%) en waterstof (H: 5.5-5.8%) in maïsstro zeer constant is.

Voor de genetische variatie in stookwaarde, asgehalte en de samenstelling van deze as is een selectie van rassen hierop geanalyseerd, de resultaten zijn opgenomen in tabel 3.1.2. In eerste instantie lijkt er duidelijke genetische variatie in stookwaarde. Deze variatie wordt echter volledig bepaald door het vochtgehalte (zie figuur 3.2.1), waarvoor overigens wel duidelijke genetisch verschillen aanwezig zijn, zoals we eerder geconstateerd hebben.

Er zijn lijken ook verschillen in asgehalte. Tussen de rassen zit gemiddeld een verschil van 1% in Veulen en zelfs 3% in Chaam. Bij het aanleveren van 225.000 ton maïsstro zijn dit toch interessante verschillen. De rasverschillen lijken van locatie tot locatie niet echt constant. Zo heeft het ras X0751D in Chaam veruit het laagste asgehalte en in Veulen een heel gemiddeld asgehalte. Het ras Cerruti heeft zowel in Chaam als Veulen een hoog asgehalte. Om te concluderen dat er significante rasverschillen zijn zal dit nader bekeken moeten worden. In eerdere analyse waren de asgehalten tussen de 5.8 en 9.7%. In vergelijking hiermee zijn de gevonden gemiddelde gehalten van 3.1 en 4.2% relatief laag. De hogere gehalten vertonen de monsters (2001) die waren ingekuuld met gras (9.7%) en na de winter af land geoogst zijn (8.5%), waarbij mogelijk wat grond meegeoogst is. Het asgehalte van maïsstro bij de oogst in oktober varieert in 2002 tussen de 2 en 5%.

Tabel 3.1.2 **Genetische variatie in stookwaarde (MJ/kg), asgehalte (% in de drogestof) en as-samenstelling (%). Locaties: Veulen (oogst 28 oktober) en Chaam (oogst 17 oktober).**

parameter basis eenheid	vocht AR %	stookwaarde AR MJ/kg	as DR %	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂	
				as %	as %	as %	as %	as %	as %	as %	as %	as %	
Rasnaam	monstercode												
Locatie Veulen													
Symphony	V1-17	71,4	3,31	3,67	< 0,1	12,1	< 0,1	71,2	1,4	0,3	1,4	5,2	< 0,1
Husar	V1-1	66,3	4,31	2,99	0,3	19,9	< 0,1	61,4	1,7	0,4	2	5,6	< 0,1
Manatan	V1-10	68,4	4,03	3,53	0,4	13,1	0,9	66	1,6	< 0,1	1,6	6,1	< 0,1
Noveta	V1-23	65,4	4,55	3,31	0,3	12,4	1	67,6	1,3	0,4	1,9	6,3	< 0,1
Limaiclass	V1-4	67,7	4,12	2,95	0,5	15,5	< 0,1	65,1	1,8	0,3	2,2	5,4	< 0,1
Abondance	V1-18	64,5	4,80	2,61	0,3	17,4	< 0,1	60,3	2	0,4	2,8	7	< 0,1
Ohio	V1-15	66,3	4,41	3,30	0,4	15,9	1	66,3	1,7	< 0,1	1,4	5,2	< 0,1
Rivaldo	V1-6	70,3	3,55	2,99	0,5	16,4	1,1	63,5	1,6	0,5	1,9	5,7	< 0,1
Cerruti	V1-14	71,1	3,33	3,56	0,4	11,6	< 0,1	71,2	1,4	0,4	1,6	5,2	< 0,1
ADV9703	V1-11	68,2	4,02	3,19	0,3	15,9	0,9	64,3	1,5	0,4	1,9	5,9	< 0,1
SM960063	V1-3	70,7	3,52	2,96	0,9	14,9	1,3	63,6	1,4	0,5	1,9	6,7	< 0,1
NX0710	V1-22	66,9	4,21	3,29	0,3	17,9	< 0,1	62,8	1,6	0,2	1,8	6,9	< 0,1
X0751D	V1-21	61,0	5,34	3,12	0,2	13,2	< 0,1	67,2	1,9	0,3	2,4	5,8	< 0,1
RH0014	V1-25	66,8	4,20	2,54	0,3	19	< 0,1	60,7	2,3	0,6	2,4	5,9	< 0,1
LZM150.01	V1-8	67,6	4,19	3,04	0,2	16	0,9	65,1	1,6	0,3	2	5,2	< 0,1
Z9105	V1-2	67,1	4,19	3,09	0,1	16,5	1,1	63,5	1,6	0,3	2,4	5,1	< 0,1
DUO217	V1-13	66,7	4,31	2,64	0,3	17,6	< 0,1	62,8	1,8	0,6	2	5,5	< 0,1
Companero	V1-16	67,4	4,23	3,19	< 0,1	17,3	< 0,1	66,3	1,7	0,3	1,5	4,6	< 0,1
Gemiddelde		67,4	4,1	3,1	0,3	15,7	0,5	64,9	1,7	0,3	2,0	5,7	
Locatie Chaam													
Symphony	C1-10	73,4	2,94	4,70	0,2	11,1	< 0,1	63,1	1,4	< 0,1	1,8	14,9	< 0,1
Husar	C1-18	72,2	3,19	4,81	0,3	14,6	< 0,1	59	1,5	< 0,1	2,1	15	< 0,1
Manatan	C1-11	73,2	3,04	4,45	0,3	14,1	1,2	55,4	1,7	< 0,1	2,2	16,7	< 0,1
Noveta	C1-9	70,3	3,60	4,28	1,5	11,7	0,8	59,8	1,8	< 0,1	2	14,4	< 0,1
Limaiclass	C1-12	72,1	3,21	4,61	0,3	14,1	0,8	58,3	1,7	< 0,1	2,1	14,6	< 0,1
Abondance	C1-14	69,9	3,66	4,04	0,7	14,2	1	53,1	2,1	< 0,1	2,4	17,3	< 0,1
Ohio	C1-23	73,0	3,07	4,03	0,2	15,4	0,8	60,2	1,6	< 0,1	1,9	13,1	< 0,1
Rivaldo	C1-4	74,2	2,76	4,81	0,2	13,2	0,9	59,2	1,7	< 0,1	2,1	14,7	< 0,1
Cerruti	C1-6	73,8	2,84	5,25	0,4	9	0,9	63,6	1,6	< 0,1	2,3	14,4	< 0,1
ADV9703	C1-21	75,2	2,58	4,22	0,6	12,7	0,8	60,6	1,7	< 0,1	1,8	13,4	< 0,1
SM960063	C1-22	76,6	2,33	4,38	0,8	11,4	0,7	58,2	1,5	< 0,1	1,9	15,9	< 0,1
NX0710	C1-15	72,3	3,15	4,24	0,2	14,3	0,9	59,3	1,9	< 0,1	1,9	13,4	< 0,1
X0751D	C1-1	65,0	4,71	2,08	< 0,1	12,3	< 0,1	60,1	1,7	< 0,1	2,5	14,9	< 0,1
RH0014	C1-20	73,1	3,05	3,62	0,1	14,1	< 0,1	59,6	2,2	< 0,1	2,1	13,8	< 0,1
LZM150.01	C1-2	71,7	3,31	4,00	0,3	14,2	1	58,2	1,7	< 0,1	2	14,6	< 0,1
Z9105	C1-13	71,6	3,30	3,93	0,4	14,2	0,9	59,4	1,7	< 0,1	1,8	12,6	< 0,1
DUO217	C1-7	73,7	2,85	4,30	0,2	14,5	< 0,1	58,1	1,5	< 0,1	2,6	14,7	< 0,1
Companero	C1-3	75,4	2,52	3,88	0,2	14	1	63,5	1,5	< 0,1	1,8	10,7	< 0,1
Gemiddelde		72,6	3,1	4,2	0,4	13,3	0,7	59,4	1,7		2,1	14,4	

Kijkend naar de samenstelling van de as blijken K₂O, CaO en SiO₂ de belangrijkste parameters te zijn. Het blijkt dat gemiddeld over de rassen in Veulen de as, afgerond, voor 65% uit K₂O, 15% uit CaO en 6% uit SiO₂ bestaat. Op de locatie Chaam is dit respectievelijk 60%, 13% en 14%. Met name de gehalten aan SiO₂ en K₂O blijken per locatie nog al te verschillen. De gemiddelde totale gehalten aan K₂O, CaO en SiO₂ zijn op beide locaties vrijwel gelijk, dit betekent dat een hoog gehalte aan K₂O wordt gecompenseerd door een laag gehalte aan CaO en SiO₂. Indien de mate van agglomeratie op het wervelbed bepaald wordt door de samenstelling van de as, dan kunnen dit interessante verschillen zijn. Zeker als we kijken naar de verschillen per ras, want dan worden deze nog extremer. Gemiddeld over de twee locaties het ras Abondance respectievelijk 56,7, 15,8 en 12,2 en het ras Cerruti 67,4, 10,3 en 9,8, zie hiervoor tabel 3.1.3.

In deze tabel zijn de gehalten aan de drie belangrijkste stoffen in de as van maïsstro nogmaals weergegeven. Met behulp van deze tabel zijn rasverschillen in gehalten aan deze stoffen beter te beoordelen.

Er zijn duidelijke rasverschillen in gehalte aan K₂O, deze verschillen lopen op tot ruim 10%. Dit beeld is op beide locaties hetzelfde. De rasvolgorde in Veulen is gelijk aan die in Chaam. De rassen met de hoogste en de laagste gehalten komen op beide locaties overeen. Hetzelfde geldt voor het gehalte aan CaO en SiO₂, waarbij de rasverschillen in het gehalte voor beide stoffen op kunnen lopen tot 7%. Kijkend naar het totaal aan deze gehalten (K₂O/CaO/SiO₂) in de as, worden de rasverschillen aanzienlijk kleiner, namelijk maximaal 4% (Symphony/Abondance). Wel lijken de rasverschillen zeer constant, de rasvolgorde op beide locaties komen zeer goed overeen.

Hoewel vanuit de WOB-test door ECN werd geconcludeerd dat waarschijnlijk het hoge natriumgehalte de agglomeratie veroorzaakte, blijkt het NaO-gehalte in de as behoorlijk laag en lijkt dit dus geen rol van

betekenis te spelen.

Tabel 3.1.3 Gehalten aan K₂O, CaO, SiO₂ en totaal van deze drie parameters in de as van maïsstro van twee locaties, zowel absoluut als relatief.

	Percentage K ₂ O in as			Percentage CaO in as			Percentage SiO ₂ in as			Percentage K ₂ O/CaO/SiO ₂		
	Veulen	Chaam	Gemiddeld	Veulen	Chaam	Gemiddeld	Veulen	Chaam	Gemiddeld	Veulen	Chaam	Gemiddeld
Ras	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.
Symphony	71,2	110	63,1	106	67,2	108	12,1	77	11,1	83	11,6	80
Husar	61,4	95	59	99	60,2	97	19,9	127	14,6	110	17,3	119
Manatan	66	102	55,4	93	60,7	98	13,1	83	14,1	106	13,6	94
Noveta	67,6	104	59,8	101	63,7	102	12,4	79	11,7	88	12,1	83
Limaiclass	65,1	100	58,3	98	61,7	99	15,5	99	14,1	106	14,8	102
Abondance	60,3	93	53,1	89	56,7	91	17,4	111	14,2	107	15,8	109
Ohio	66,3	102	60,2	101	63,3	102	15,9	101	15,4	116	15,7	108
Rivaldo	63,5	98	59,2	100	61,4	99	16,4	104	13,2	99	14,8	102
Cerruti	71,2	110	63,6	107	67,4	108	11,6	74	9	68	10,3	71
ADV9703	64,3	99	60,6	102	62,5	100	15,9	101	12,7	95	14,3	99
SM960063	63,6	98	58,2	98	60,9	98	14,9	95	11,4	86	13,2	91
NX0710	62,8	97	59,3	100	61,1	98	17,9	114	14,3	108	16,1	111
X0751D	67,2	104	60,1	101	63,7	102	13,2	84	12,3	92	12,8	88
RH0014	60,7	94	59,6	100	60,2	97	19	121	14,1	106	16,6	114
LZM150.01	65,1	100	58,2	98	61,7	99	16	102	14,2	107	15,1	104
Z9105	63,5	98	59,4	100	61,5	99	16,5	105	14,2	107	15,4	106
DUO217	62,8	97	58,1	98	60,5	97	17,6	112	14,5	109	16,1	111
Companero	66,3	102	63,5	107	64,9	104	17,3	110	14	105	15,7	108
	64,9	100	59,4	100	62,2	100	15,7	100	13,3	100	14,5	100
	5,7	101	14,4	100	10,1	100	86,4	100	87,1	100	86,7	100

3.2 Oogsttijdstip

Vanuit het onderzoek dat uitgevoerd is aan de gewassen hennep en miscanthus blijkt dat bij een latere oogst het drogestofgehalte hoger is en gehalten aan natrium en kalium lager zijn. Mogelijk geldt dit ook voor andere verontreinigingen. Dit effect lijkt groter te zijn na een vorstperiode. De cellen vriezen dan kapot en de celinhoud met opgeloste stoffen (Na/K) loogt er uit. Het gewas vriest droog.

Tabel 3.2.1 Resultaten oogsttijdenproef biomaiïssa. Opbrengst en drogestofgehalte stengel, spil, gewas en korrel.

Biomaiïssa, 1e oogst Veulen 28 oktober 2002

	Stengel			Spil			Stengel+spil				oogstbh	Korrel				
	vopst	gehst	dopst	vops	gehs	dops	dopgew	reldop	relgeh	gehgew		vopgew	gehk	dopk	relgeh	reldopk
Symphony	19,08	27,68	5,28	4,49	32,44	1,46	6,74	97	89	28,59	23,56	8,9	67,23	9,56	98	100
Husar	19,69	32,12	6,32	2,75	44,14	1,21	7,54	108	105	33,65	22,41	6,6	71,86	9,39	104	98
Manatan	20,20	30,79	6,22	3,11	36,67	1,14	7,36	106	99	31,58	23,31	7,8	68,95	9,39	100	98
Noveta	15,15	33,27	5,04	3,03	41,27	1,25	6,29	90	108	34,64	18,17	3,4	67,91	9,72	99	102
Limaiclass	20,60	30,99	6,38	2,39	42,67	1,02	7,41	107	101	32,26	22,96	5,7	71,60	9,34	104	98
Abondance	16,59	33,73	5,59	2,71	46,10	1,25	6,85	98	111	35,46	19,33	4,0	66,13	9,64	96	101
Ohio	16,29	32,47	5,29	3,03	40,09	1,22	6,50	94	105	33,67	19,32	6,8	71,74	9,31	104	98
Rivaldo	21,34	29,03	6,20	4,30	33,02	1,42	7,62	110	93	29,70	25,65	7,7	66,56	10,15	97	106
Cerruti	17,44	28,74	5,01	4,08	29,63	1,21	6,22	90	90	28,93	21,53	6,7	67,02	9,39	97	98
100 = ...	18,49	30,98	5,70	3,32	38,45	1,24	6,95			32,05	21,81	6,4	68,78	9,54		

Biomaiïssa, 2e oogst Veulen 12 december 2002 (45 dgn later)

	stengel			spil			stengel+spil				oogstbh	korrel				
	vopst	gehst	dopst	vops	gehs	dops	dopgew	reldop	relgeh	gehgew		vopgew	gehk	dopk	relgeh	reldopk
Symphony	9,87	43,60	4,18	3,01	44,66	1,34	5,52	103	106	43,87	12,89	6,0	73,08	9,28	100	101
Husar	7,91	44,37	3,41	2,19	53,14	1,17	4,57	85	112	46,20	10,10	4,7	75,93	8,93	103	97
Manatan	10,56	40,98	4,32	2,25	46,38	1,05	5,37	100	101	41,89	12,81	8,8	73,71	9,21	100	100
Noveta	9,17	43,82	3,95	2,56	48,09	1,22	5,17	97	108	44,77	11,72	2,0	72,65	9,66	99	105
Limaiclass	14,72	35,80	5,38	1,86	51,49	0,97	6,35	118	91	37,69	16,57	6,5	75,08	8,64	102	94
Abondance	12,32	35,81	4,44	2,42	49,46	1,21	5,65	105	92	38,07	14,75	3,0	70,93	9,30	97	101
Ohio	10,44	39,47	4,13	2,21	51,45	1,13	5,26	98	101	41,58	12,65	8,3	76,00	9,33	104	101
Rivaldo	11,97	37,61	4,49	3,27	39,90	1,30	5,79	108	92	38,15	15,24	4,3	70,89	9,86	97	107
Cerruti	9,01	38,67	3,46	2,57	41,90	1,08	4,54	85	95	39,33	11,58	6,2	72,05	8,87	98	96
Limasun	13,17	34,60	4,43	2,77	52,57	1,44	5,88	110	91	37,62	15,94	7,3	73,05	9,35	100	101
100 = ...	10,66	40,02	4,19	2,48	47,39	1,16	5,36			41,28	13,15	5,5	73,37	9,23		

Biomaiïssa, 3e oogst Veulen 25 februari 2003

	stengel			spil			stengel+spil				oogstbh	korrel				
	vopst	gehst	dopst	vops	gehs	dops	dopgew	reldop	relgeh	gehgew		vopgew	gehk	dopk	relgeh	reldopk
Symphony	4,00	84,57	3,39	2,39	62,90	1,50	4,89	94	96	76,34	6,39	3,8	76,16	8,05	98	95
Husar	5,86	83,39	4,89	1,56	73,28	1,14	6,03	116	103	81,40	7,42	6,0	80,18	8,35	103	99
Manatan	4,18	85,66	3,58	1,49	71,56	1,07	4,65	89	103	81,87	5,67	2,2	79,33	9,00	102	107
Noveta	4,78	83,46	3,99	1,87	64,34	1,21	5,20	100	99	78,05	6,66	2,6	76,40	8,84	99	105
Limaiclass	5,14	83,09	4,26	1,21	74,22	0,89	5,15	99	103	81,33	6,35	4,3	81,46	7,73	105	91
Abondance	5,09	83,29	4,23	2,10	60,93	1,28	5,52	106	97	76,68	7,18	2,8	73,35	9,28	95	110
Ohio	5,29	84,01	4,45	1,37	73,93	1,02	5,47	105	104	82,04	6,67	4,2	79,70	8,60	103	102
Rivaldo	5,49	84,60	4,64	1,97	62,55	1,23	5,87	112	100	78,77	7,46	2,0	77,38	9,47	100	112
Cerruti	3,70	82,71	3,06	1,87	61,66	1,15	4,21	81	96	75,68	5,57	3,6	73,76	6,74	95	80
Limasun	5,33	83,78	4,47	1,79	69,46	1,24	5,72	110	101	80,22	7,12	8,2	77,87	7,84	100	93
100 = ...	4,84	83,86	4,05	1,76	67,26	1,17	5,22			79,13	6,60	3,5	77,52	8,45		

100 = 9 standaardrassen (excl. Limasun)

vopst: verse opbrengst stengel per ha

gehst: drogestofgehalte stengel

dopst: drogestofopbrengst stengel per ha

vops / gehs / dops: idem voor spil

vopgew / gehgew / dopgew: idem voor gewas (stengel en spil) excl. korrel

reldop / relgeh: drogestofopbrengst en drogestofgehalte relatief ten opzichte van het gemiddelde van de 9 standaardrassen

oogstbh: oogstbaarheid, maat voor aantal staande planten bij de oogst, de waardering van 2 tot 9 is per oogsttijdstip verschillend

gehk, dopk: drogestofgehalte en drogestofopbrengst van de korrel

relgeh, reldopk: drogestofgehalte en drogestofopbrengst relatief ten opzichte van gemiddelde van de 9 standaardrassen

Om dit effect bij maïs te beoordelen zijn er naast de proef voor het rassenonderzoek op de locatie te Veulen 2 extra proefjes gezaaid, waarin de 9 standaardrassen en het ras Limasun zijn uitgezaaid in 2 herhalingen. De ene proef is geoogst op 12 december en de andere proef ná de winter op 25 februari. Hierbij moet ook in de gaten gehouden dat een latere oogst geen negatief effect heeft op het hoofdoel, dus op de korrelopbrengst, het drogestofgehalte van de korrel en de oogstbaarheid van het product. De oogstbaarheid wordt bepaald door het percentage omgevallen planten door gebrek aan stevigheid en/of een stengelrotaantasting. De resultaten van dit onderzoek staan weergegeven in tabel 3.2.1.

Drogestofopbrengst gewas

Bij de eerste oogst is de gemiddelde drogestofopbrengst van de 9 standaardrassen 6,95 ton per hectare, waarvan 1,24 ton spil en 5,70 ton stengel. Bij de tweede oogst is de totale drogestofopbrengst gedaald tot 5,36 ton per hectare. Ruim 1,5 ton (23%) drogestof is verdwenen, voornamelijk stengel. Hoogstwaarschijnlijk komt dit enerzijds doordat het gewas in deze periode van het jaar 's nachts meer verademd dan dat er

overdag geproduceerd wordt. Met name bij die rassen die nog relatief groen zijn. Anderzijds verdwijnt er drogestof door een verrotting (stengelrot) en afvallen van blad. Bij de oogst zijn de omgevallen stengels mee geoogst. Dit betekent dat met name bij rassen met een slechte oogstbaarheid de opbrengst bij een praktijk oogst lager uit zal vallen.

Bij de oogst na de winter in februari is er nog slechts een geringe afname (3%) van de drogestofopbrengst ten opzichte van die bij de oogst in december. Ook hier zijn alle omgevallen planten geoogst en mee gewogen. Daar het gewas bij de oogst in december reeds dood op het land stond heeft er geen verdamping van drogestof door de plant meer plaatsgevonden en blijft de opbrengst daarom beter op peil.

De rasvolgorde varieert per oogsttijdstip, waarbij met name bij het ras Husar de lage opbrengst bij de tweede oogst en de hoge opbrengst bij de derde oogst opvallen. Beide getallen lijken niet erg betrouwbaar.

Een aantal rassen laten een redelijk constant beeld zien. Zo lijkt het verschil tussen bijvoorbeeld de rassen Rivaldo en Cerruti redelijk betrouwbaar. Voor het verkrijgen van betrouwbare rasverschillen per oogsttijdstip is ruimere opzet van het onderzoek noodzakelijk zijn.

Drogestof (vocht) gehalte gewas

Bij de eerste oogst is het gemiddelde drogestofgehalte van het gehele gewas van de 9 standaardrassen 32,05%. De spreiding over de rassen is echter nog al groot, 28.6 tot 35.5. Het blijkt dat de rassen met de hoogste drogestofgehalten meestal de slechtste oogstbaarheid hebben, wat veroorzaakt wordt door fusarium (stengelrot). Dit verklaart, naast genetische verschillen in drogestofgehalte van het gewas, voor een deel het hogere drogestofgehalte van met name de stengel, omdat fusarium uiteindelijk leidt tot afgestorven planten. Positieve uitzonderingen zijn met name de rassen Ohio, Husar en Manatan. Dit was wel de oogstbaarheid ná de drukproef. Hoewel bij de standaardrassen op dit oogstmoment vrijwel alle planten nog overeind stonden en dus geen problemen bij het oogsten zouden opleveren.

Bij de tweede en derde oogst is het drogestofgehalte gewas respectievelijk 41.28 en 79.13. Door een latere oogst wordt het product nogal wat droger. Dit betekent, volgens figuur 2.6.1, dat de stookwaarde tussen de eerste en de tweede oogst wordt verhoogd met 2 GJ/ton product. Wordt de oogst uitgesteld tot na de winter dan is de stookwaarde zelfs 10 GJ/ton product hoger.

Uit de relatieve gegevens in tabel 3.2.1 is op te maken dat de rasvolgorde in drogestofgehalte over de 3 oogsttijdstippen sterk varieert. Het ras Abondance bijvoorbeeld is op het 1^e oogstmoment het droogst en bij de 2^e en 3^e oogst nagenoeg het natst.

Bij de eerste twee oogsten is het drogestofgehalte van de spil gemiddeld hoger dan het drogestofgehalte van de stengel, bij de derde oogst is dit anders om. Met name bij de vroege oogst heeft de spil een positieve invloed op het drogestofgehalte van het gewas, maar het aandeel spil is beperkt zoals reeds eerder aangegeven.

In deze winterperiode heeft het in Nederland regelmatig wat gevoren. In november heeft het vrijwel niet gevoren. Op 10 november is er enige nachtvorst gesignaleerd tot gemiddeld $-0,5^{\circ}\text{C}$. Vlak vóór de oogst in december was er al een vorstperiode. Op 7 december begon het echt te vriezen en de dagen (9-12 december) erna was de minimumtemperatuur gedaald tot rond de -10°C . Of dit nog veel effect gehad heeft op het drogestofgehalte van het gewas bij de oogst op 12 december is niet geheel duidelijk, maar waarschijnlijk nog minimaal. Deze vorstperiode liep door tot ongeveer 22 december. Een tweede vorstperiode liep van 4 tot en met 12 januari, waarbij de minimumtemperatuur daalde tot -12°C op 10 januari. Een derde vorstperiode, 30 januari en 27 februari liet een minimumtemperatuur van bijna -10°C op 17 februari zien. De vorst heeft zeker invloed gehad op het drogestofgehalte bij de derde oogst. Op het moment van oogsten was het al geruime tijd erg droog en schraal. Waarschijnlijk is het gewas op het veld niet droger te krijgen dan hetgeen er dit jaar op dit oogsttijdstip bereikt is.

Oogstbaarheid

De oogstbaarheid geeft aan hoe goed het gewas nog oogstbaar is. Hoe meer planten er omgevallen zijn door gebrek aan stevigheid of door een stengelrotaantasting, hoe slechter de oogstbaarheid van het gewas.

De oogstbaarheid bij de eerste oogst is dus ná een drukproef. Voor drukproef waren er bij de standaardrassen vrijwel geen omgevallen planten waar te nemen, maximaal 5%. Bij de meeste rassen stonden alle planten nog overeind. Dit is goed te noemen, zeker gezien het feit dat er op 15 oktober al een zware herfststorm is geweest.

Bij de tweede en derde oogst is er geen drukproef uitgevoerd, omdat hier toch al een vrij hoog percentage

omgevallen planten waar te nemen was. Dus deze oogstbaarheid geeft het werkelijke beeld van het percentage omgevallen planten bij de oogst.

De waarderingscijfers corresponderen per oogsttijdstip met aparte legeringspercentages. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 3.1 komt de gemiddelde waardering van 6.4 bij de eerste oogst overeen met 77% nog staande planten, waarbij de range van 2 tot 9 overeenkomt met respectievelijk 38 en 100% staande planten. Op dit oogsttijdstip heeft het ras Symphony dus nog bijna 100% en Noveta nog 50% staande planten. De rassen hebben over het algemeen een zeer goede oogstbaarheid, zeker vóór de drukproef. Bij de tweede oogst komt de gemiddelde waardering van 5.5 overeen met 63% staande planten, met een range van 28 tot 98% (2-9). Het ras Manatan heeft op dit oogstmoment nog 96% en Noveta nog slechts 28% staande planten. Een aantal rassen heeft nog een vrij redelijke tot goede oogstbaarheid.

Bij de derde oogst komt de gemiddelde waardering van 3,5 overeen met 7% staande planten, met een range van 1 tot 30% staande planten. Het ras Rivaldo heeft dan nog slechts 1% en Husar en Limasun respectievelijk nog 17 en 27% staande planten. Bij dit laatste oogsttijdstip is er dus enorm veel legering en zijn de rassen over het algemeen slecht oogstbaar.

Analyse Essent en SGS

Zoals reeds eerder aangegeven bleken de gehalten aan zware metalen en overige componenten in de drogestof niet boven de grenswaarden uit te stijgen, zie ook hoofdstuk 5. Om kosten te besparen is daarom besloten van de geoogste rassen één mengmonster per oogsttijdstip te laten analyseren. Verder is wel de stookwaarde, het asgehalte en de samenstelling van de as per ras geanalyseerd. De basisresultaten zijn terug te vinden in bijlage 3.1. Later is specifiek het kaliumgehalte in de drogestof nog bepaald. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in bijlage 3.2 en in tabel 3.2.2.

In tabel 3.2.2 zijn de gehalten aan zware metalen, overige componenten en kalium in de drogestof aangegeven. Hierbij moet gekeken worden naar de monsters van het 1^e oogsttijdstip V1-meng, het 2^e oogsttijdstip V2-meng en het 3^e oogsttijdstip V3-meng. Hieruit blijkt dat ook bij een latere oogst de grenswaarden (tabel 5.1.1 en 5.1.2) voor de verschillende parameters niet worden overschreden, hoewel enkele gehalten bij de 3^e oogst wel wat toenemen. Tevens blijkt in vergelijking met eerdere analyses, dat ook bij een later oogsttijdstip het percentage koolstof (C: 47-48%), stikstof (N: 0.9-1%) en waterstof (H: 5.5-5.8%) in maïsstro zeer constant is.

Tabel 3.2.2 **Gehalte aan zware metalen, kalium en overige componenten in de drogestof (ppm of %) in maïsstro geoogst op drie verschillende tijdstippen, waarbij het 1^e oogsttijdstip (oktober) op twee locaties is uitgevoerd (V1-Veulen en C1-Chaam). Op de overige twee tijdstippen is er alleen in Veulen geoogst (V2 – december en V3 – februari).**

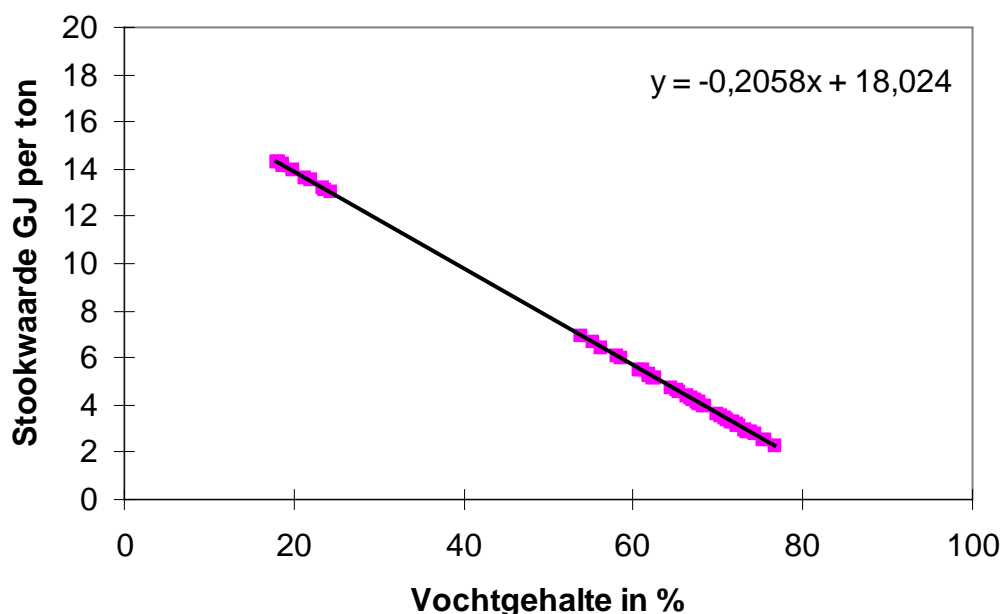
parameter	Cd	Cu	Hg	Sb	Sn	Te	Zn	As	Ba	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	V	Ti	K	C	H	N
basis	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR	DR
eenheid	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%
V1-MENG	<0.4	<0.5	<0.005	<1.0	<1.0	<2.0	<1.0	<2.0	<10	<1.0	<1.0	<1.0	<0.2	<0.4	<1.0	<1.0	<1.0	<10	13000	47	5,8	0,91
V2-MENG	<0.4	<0.5	<0.005	<1.0	<1.0	<2.0	<1.0	<2.0	<10	<1.0	<1.0	<1.0	<0.2	<0.4	<1.0	<1.0	<1.0	<10	14000	47	5,5	0,99
V3-MENG	<0.4	5,7	<0.005	1,6	3,6	<2.0	73	<2.0	<10	<1.0	1,6	20,8	<0.2	0,4	<1.0	<1.0	<1.0	<10	5400	48	5,8	0,91
C1-MENG	<0.4	<0.5	<0.005	<0.5	<1.0	<2.0	<1.0	<2.0	<10	<1.0	<1.0	<1.0	<0.2	<0.4	<1.0	<1.0	<1.0	<10	14000	47	5,6	0,99

Het kaliumgehalte is bij de eerste en tweede oogst 1.3 tot 1.4%. Bij de oogst na de winter is deze echter gezakt tot 0.54%. Waarschijnlijk is door het kapotvriezen van de cellen en het naderhand uitloggen hiervan het gewas niet alleen een stuk droger, maar heeft het ook een aanzienlijk lager kaliumgehalte. Dit effect was bij 2^e oogst nog niet waarneembaar. Aangenomen mag worden dat de tijdens de oogst aanwezige vorst nog geen effect heeft gehad op het kapotvriezen en uitloggen van de cellen.

Stookwaarde, asgehalte en assamenstelling

Zoals in paragraaf 3.1 reeds aangegeven is de stookwaarde sterk afhankelijk van het vocht/drogestofgehalte. Met de resultaten van dit onderzoek is het verband tussen vochtgehalte en stookwaarde bij maïsstro goed te maken. In figuur 3.2.1 is dit verband weergegeven, waarbij alle gegevens per proef en oogsttijdstip meegenomen zijn. De stookwaarde bij 0% vocht (verbrandingswaarde) is te herleiden uit deze figuur en blijkt 18.0 GJ/ ton drogestof.

Figuur 3.2.1 Relatie stookwaarde – vochtgehalte bij maïsstro.



Een later oogsttijdstip levert dus een hogere stookwaarde (GJ/ton product) op. De gegevens zijn weer gegeven in tabel 3.2.3. Bij het 1^e oogsttijdstip is het gemiddelde vochtgehalte 67.9% en de corresponderende stookwaarde 4.0 GJ per ton product. Bij de 2^e en 3^e oogst is het vochtgehalte opgelopen tot respectievelijk 58.7 en 20.9% en de corresponderende stookwaarden tot 5.9 en 13.8 GJ per ton product. Het asgehalte laat een variërend beeld zien bij een later oogsttijdstip. Bij de 1^e oogst is het gemiddelde asgehalte in de drogestof 3.2%, bij de 2^e oogst 4.0 en bij de 3^e oogst 2.3%. Dat het asgehalte bij de 2^e oogst hoger wordt zou te verklaren zijn uit het feit dat er organische stof verdwijnt door verademing en verrotting en waardoor dus het percentage anorganische stof (as) stijgt. Dat er bij de 3^e oogst weer een lager asgehalte geconstateerd wordt lijkt vreemd, misschien heeft de vorst invloed gehad op de anorganische stof, waardoor deze niet meer als zodanig te analyseren is. Maar dit is slechts een veronderstelling.

Wat de samenstelling van de as betreft blijkt deze bij het 1^e en 2^e oogsttijdstip redelijk constant te zijn. De drie belangrijkste componenten K₂O, CaO en SiO₂ zijn bij beide oogsttijdstippen in gelijke verhoudingen aanwezig. Er is een lichte verschuiving van CaO naar SiO₂. Bij het 3^e oogsttijdstip is de samenstelling nogal gewijzigd. Het asgehalte is lager, dus bij gelijkblijvende hoeveelheden zou het percentage aan aanwezige stoffen toe moeten nemen, wat ook het geval is bij vrijwel alle stoffen met uitzondering van het K₂O-gehalte dat afneemt tot 49%. Het totale percentage aan CaO, K₂O en SiO₂ in de as neemt bij de derde oogst dan ook af (79.1%), hoewel dit percentage bij de 1^e en 2^e oogst vrij constant is (86.6%). Bij de late oogst is dus met name K₂O verdwenen. Een verlaging van het asgehalte en voornamelijk het gehalte aan K₂O hierin zou mogelijk tot minder agglomeratie op het wervelbed kunnen leiden, maar hier is binnen dit onderzoek geen ervaring mee opgedaan. De energiecentrales geven hier ook geen grenswaarden voor. Met het percentage bijstook naast hout of kolen is hier waarschijnlijk redelijk goed mee om te gaan.

In gram per kg drogestof betekent dit bij de 1^e, 2^e en 3^e oogst een gemiddeld hoeveelheid van respectievelijk 32, 40 en 23 gram. Kijkend naar de samenstelling dan zijn de grammen per kg drogestof voor K₂O, CaO en SiO₂ bij de 1^e, 2^e en 3^e oogst respectievelijk 21, 4.8 en 1.8 gram; 26, 5.5 en 2.9 gram en 11, 4.4 en 2.5 gram.

Tabel 3.2.3. Invloed van oogsttijdstip (oktober, december, februari) op vochtgehalte, stookwaarde, asgehalte en samenstelling van de as bij de momenteel 10 meest belangrijkste rassen voor korrelmaïs en corn cob mix.

parameter	vocht	stookwaarde	as	Al2O3	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	Na2O	P2O5	SiO2	TiO2	K2O+	
basis	AR	AR	DR	as	as	as	as	as	as	as	as	as	CaO+	
eenheid	%	MJ/kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	SiO2	
Rasnaam	monstercode													
1e oogst														
Symphony	V1-17	71,4	3,31	3,67	< 0.1	12,1	< 0.1	71,2	1,4	0,3	1,4	5,2	< 0.1	88,5
Husar	V1-1	66,3	4,31	2,99	0,3	19,9	< 0.1	61,4	1,7	0,4	2	5,6	< 0.1	86,9
Manatan	V1-10	68,4	4,03	3,53	0,4	13,1	0,9	66	1,6	< 0.1	1,6	6,1	< 0.1	85,2
Noveta	V1-23	65,4	4,55	3,31	0,3	12,4	1	67,6	1,3	0,4	1,9	6,3	< 0.1	86,3
Limaiclass	V1-4	67,7	4,12	2,95	0,5	15,5	< 0.1	65,1	1,8	0,3	2,2	5,4	< 0.1	86,0
Abondance	V1-18	64,5	4,80	2,61	0,3	17,4	< 0.1	60,3	2	0,4	2,8	7	< 0.1	84,7
Ohio	V1-15	66,3	4,41	3,30	0,4	15,9	1	66,3	1,7	< 0.1	1,4	5,2	< 0.1	87,4
Rivaldo	V1-6	70,3	3,55	2,99	0,5	16,4	1,1	63,5	1,6	0,5	1,9	5,7	< 0.1	85,6
Cerruti	V1-14	71,1	3,33	3,56	0,4	11,6	< 0.1	71,2	1,4	0,4	1,6	5,2	< 0.1	88,0
Gemiddeld		67,9	4,0	3,2	0,3	14,9	0,4	65,8	1,6	0,3	1,9	5,7	0,0	86,5
2e oogst														
Symphony	V2-1	56,1	6,27	3,44	0,3	13,1	< 0.1	68,3	1,2	< 0.1	2,2	6,8	< 0.1	88,2
Husar	V2-10	53,8	6,92	3,67	0,4	14,6	< 0.1	65,5	1,3	< 0.1	2,1	7,6	< 0.1	87,7
Manatan	V2-8	58,1	6,03	3,99	0,6	15,1	1,1	62,8	1,4	< 0.1	2,4	7,8	< 0.1	85,7
Noveta	V2-4	55,2	6,62	4,10	0,4	11,7	0,9	66,5	1,2	< 0.1	2,4	8,6	< 0.1	86,8
Limaiclass	V2-6	62,3	5,14	3,85	0,3	13,9	1,1	66,3	1,4	< 0.1	2,7	5,2	< 0.1	85,4
Abondance	V2-9	61,9	5,20	4,33	0,2	15,1	1	62,4	1,6	< 0.1	2,3	8,5	< 0.1	86,0
Ohio	V2-3	58,4	5,92	4,14	0,2	15,2	0,9	66	1,3	< 0.1	2,1	6,1	< 0.1	87,3
Rivaldo	V2-2	61,8	5,18	4,19	0,3	13,9	1,1	64	1,3	0,2	2,7	7,9	< 0.1	85,8
Cerruti	V2-7	60,7	5,47	4,22	0,2	10,3	< 0.1	70,5	1,2	< 0.1	2,7	6,8	< 0.1	87,6
Limasun	V2-5	62,4	5,26	3,74	0,4	12,5	1	64,8	1,3	< 0.1	2,6	8	< 0.1	85,3
Gemiddeld		58,7	5,9	4,0	0,3	13,7	0,7	65,8	1,3	0,0	2,4	7,3	0,0	86,7
3e oogst														
Symphony	V3-9	23,7	13,28	2,01	0,4	16,4	2,6	52,4	2,9	< 0.1	5,8	10,5	< 0.1	79,3
Husar	V3-3	18,6	14,27	1,88	0,8	24	< 0.1	45,1	3,2	< 0.1	4,6	12,4	< 0.1	81,5
Manatan	V3-6	18,1	14,43	2,16	0,5	19,6	2,8	48,4	2,8	0,7	4,1	11,2	< 0.1	79,2
Noveta	V3-2	21,9	13,07	2,44	0,6	15,4	1,7	52,6	2,3	< 0.1	6,7	11,6	< 0.1	79,6
Limaiclass	V3-1	18,7	14,15	2,45	0,4	21,6	2,5	47,8	3	< 0.1	5,6	8,8	< 0.1	78,2
Abondance	V3-7	23,3	13,37	2,16	0,7	19,3	2,7	46,6	3,8	< 0.1	7,1	10,4	< 0.1	76,3
Ohio	V3-8	18,0	14,33	2,19	0,6	22,9	1,9	48,5	2,9	< 0.1	4,6	10,4	< 0.1	81,8
Rivaldo	V3-5	21,2	13,82	2,06	0,6	20	1,7	50	2,7	< 0.1	6	10	< 0.1	80,0
Cerruti	V3-4	24,3	13,21	3,19	0,4	14,9	2	50,5	3,1	< 0.1	9,3	10,7	< 0.1	76,1
Limasun	V3-10	19,8	13,80	2,32	0,4	17,1	1,9	52,9	2,6	0,4	5,5	10,1	< 0.1	80,1
Gemiddeld		20,9	13,8	2,3	0,6	19,3	2,0	49,1	3,0	0,1	6,0	10,7	0,0	79,1

Gemiddelde waarden zijn gebaseerd op de 9 rassen die bij elk oogsttijdstip in de proeven aanwezig waren, dus exclusief Limasun.

Verandert rasvolgorde bij een later oogsttijdstip?

Om te kunnen beoordelen of rassen met betrekking tot de stookwaarde, het asgehalte en de samenstelling anders reageren op een later oogsttijdstip zijn in tabel 3.2.4 de relatieve waarden voor deze parameters weergegeven.

Voor de stookwaarde geldt hier andermaal dat deze sterk afhankelijk is van het drogestof (vocht)-gehalte. Voor het drogestofgehalte hebben we reeds geconstateerd (tabel 3.2.2) dat de rasvolgorde hierin sterk afhankelijk is van het oogsttijdstip. Dit zelfde effect is daardoor te constateren bij de stookwaarde, dit is bijvoorbeeld goed te zien bij het ras Noveta.

Het asgehalte laat een vergelijkbaar beeld in rasvolgorde per oogsttijdstip zien, dus ook hier is de rasvolgorde sterk afhankelijk van het oogsttijdstip. Om een juiste rasvolgorde in stookwaarde en asgehalte te geven is dus vrij lastig. Het beste kan uit gegaan worden van de rasvolgorde op het in de praktijk meest gebruikelijke oogstmoment, rond 1 november.

Tabel 3.2.4. Invloed van oogsttijdstip op de rasvolgorde in stookwaarde en rasvolgorde in anorganische stof gehalte en samenstelling.

	stookwaarde AR			as DR			Samenstelling as											
	Relatief			Relatief			CaO			K ₂ O			SiO ₂			K ₂ O/CaO/SiO ₂		
	1e oogst	2e oogst	3e oogst	1e oogst	2e oogst	3e oogst	1e oogst	2e oogst	3e oogst	1e oogst	2e oogst	3e oogst	1e oogst	2e oogst	3e oogst	1e oogst	2e oogst	3e oogst
Symphony	82	107	96	114	86	88	81	96	85	108	104	107	91	94	98	102	102	100
Husar	107	118	104	93	92	83	133	107	124	93	100	92	98	105	116	100	101	103
Manatan	100	103	105	110	100	95	88	111	101	100	95	99	106	107	105	98	99	100
Noveta	113	113	95	103	103	107	83	86	80	103	101	107	110	119	109	100	100	101
Limaclass	102	88	103	92	96	108	104	102	112	99	101	97	94	72	82	99	99	99
Abondance	119	89	97	81	109	95	117	111	100	92	95	95	122	117	97	98	99	96
Ohio	109	101	104	103	104	96	107	111	118	101	100	99	91	84	97	101	101	103
Rivaldo	88	88	100	93	105	90	110	102	103	96	97	102	99	109	94	99	99	101
Cerruti	82	93	96	111	106	140	78	75	77	108	107	103	91	94	100	102	101	96
Limasun		90	100		94	102		92	88		98	108		110	95		98	101
Gemiddeld	4,05	5,86	13,77	3,21	3,99	2,28	14,9	13,7	19,3	65,8	65,8	49,1	5,7	7,3	10,7	86,5	86,7	79,1

Het oogsttijdstip lijkt ook invloed te hebben op de samenstelling van de anorganische stof. Kijkend naar de afzonderlijke gehalten aan CaO, K₂O en SiO₂ zien we per oogsttijdstip een verandering in de rasvolgorde optreden, maar gemiddeld genomen zijn de rassen met de laagste en hoogste gehalten wel overeenkomstig. De grootste verandering lijkt zich voor te doen van het 2^e naar het 3^e oogsttijdstip. Zeker als het totaal aan CaO, K₂O en SiO₂ bekeken wordt, zien we een gelijke rasvolgorde bij de 1^e en de 2^e oogst. Bij de 3^e oogst treden er ook hier verschuivingen op.

Korrel: drogestofopbrengst en -gehalte en oogstbaarheid

Zoals reeds aangegeven mag een latere oogst ten behoeve van de productie van biomassa, niet ten koste gaan van het primaire teeltdoel. Het primaire teeltdoel is een hoge korrelopbrengst met een zo hoog mogelijk drogestofgehalte in de korrel, waarbij het gewas nog steeds goed oogstbaar moet zijn. Een hoog drogestofgehalte geeft lage droogkosten en daarmee een hoger saldo van de teelt.

Bij de eerste oogst is de gemiddelde opbrengst over de 9 standaardrassen 9.54 ton drogestof per hectare, waarbij het drogestofgehalte van de korrels gemiddeld 68.8% bedraagt. De gemiddelde oogstbaarheid na de drukproef is 6.4, dat overeenkomt met ongeveer 77% nog staande planten met een spreiding van 38 tot 100%. Voor de drukproef is alles bijna geheel oogstbaar.

Bij de tweede oogst (half december) is er vrijwel geen verlies (3%) aan korrelopbrengst (9.23 ton/ha) en er is een duidelijke stijging van het drogestofgehalte van de korrel (73.4%) waar te nemen. Dit betekent lagere droogkosten. De oogstbaarheid wordt wel slechter, deze zakt naar 5.5, dat overeenkomt met 63% staande planten met een range van 28 tot 98%. Een aantal rassen zijn dusdanig slecht dat dit voor deze rassen geen interessante optie is. Daarnaast zijn er ook rassen (Manatan, Ohio) die nog bijna 100% overeind staan en waarvoor dit wel een interessante optie is. Deze rassen blijven goed oogstbaar, hebben geen verlies aan korrelopbrengst, maar worden wel een stuk droger en geeft daarmee dus een hoger teeltsaldo.

Bij de derde oogst (25 februari) is er verlies (11.5%) aan korrelopbrengst ten opzichte van de eerste oogst waar te nemen, waarbij er een duidelijke verandering van rasvolgorde waar te nemen is. Het drogestofgehalte neemt nog wel verder toe tot 77.5%, maar dit weegt niet op tegen het verlies aan opbrengst. Zeker niet als daar de veel slechtere oogstbaarheid ook nog eens een keer wordt meegenomen. De gemiddelde oogstbaarheid daalt naar 3.5, dat neer komt op nog slechts 7% staande planten met een spreiding van 1 tot 30%. De korrelmais oogsten na de winter lijkt al met al geen interessante optie.

4 Praktijkproef

Om in de praktijk ervaring op te doen met en om knelpunten op te sporen bij het oogsten, verzamelen, opslag en transporteren van maïsstro lag het in de bedoeling op een aantal praktijkpercelen het maïsstro te gaan oogsten. Dit was dan direct gekoppeld aan de aanvoer van maïsstro bij de elektriciteitscentrale (hoofdstuk 5).

Er waren reeds plannen gemaakt voor het aanleveren van 100 ton maïsstro, toen het Hoofdproductschap Akkerbouw, als een van de financiers, aangaf bezwaar te hebben tegen uitvoering van zowel de praktijkproef als ook tegen de proef bij de centrale. Dit bezwaar kwam naar voren na de negatieve uitslag van de WOB-test (Wervelbed Optimalisatie Biomassa – zie 5.2), waardoor men de economische perspectieven minder gunstig in ging schatten. Na een lange discussie kon er in afgeslankte vorm toch nog wat gedaan worden aan de praktijkproef, maar de proef bij de centrale kon geen doorgang vinden.

Met loonbedrijf Eugelink waren reeds afspraken gemaakt over het oogsten en aanleveren van het maïsstro bij de centrale en over de te hanteren oogstmethoden in deze praktijkproef. Ook met een drogerij en een pelleteerbedrijf waren reeds afspraken gemaakt. Toen de praktijkproef in afgeslankte vorm doorgang kon vinden waren zowel de heer Eugelink als ook de heer Meeuwissen van Meeuwissen Advies, die de praktijkproef zou begeleiden niet meer zo enthousiast, wat een negatief effect heeft gehad op de uitvoering. De heren Kassies en van Lenthe van het PPO hebben zich tenslotte met de uitvoering van de praktijkproef belast en samen met enkele medewerkers van Eugelink is dit uitgevoerd.

Het is jammer, maar door deze gang van zaken is de praktijkproef grotendeels mislukt en heeft het niet opgeleverd wat het eigenlijk op zou moeten leveren.

In onderstaande zal nog aangegeven worden welke oogstmethoden er bedacht waren en wat er werkelijk is uitgevoerd.

4.1 Test-oogstmethoden

De oogst van korrelmaïs is reeds beschreven in paragraaf 2.3. Voor een optimale biomassa opbrengst is het van belang dat zowel de restplant, het schutblad en de spil worden verzameld en afgevoerd, dit is vrij complex. Probleem hierbij is met name dat de restplant en de spil met het schutblad bij de oogst een aparte route gaan en dat de restplant naar beneden getrokken wordt en min of meer ingewerkt wordt. De restplant, spil en schutblad komen niet mooi bij elkaar in een zwad te liggen, zoals dat bij granen het geval is. De onderstaande methoden zijn bedacht om uit te testen op het land:

MKS-oogstmachine

Voor de oogst van maïskolvensilagen (MKS) heeft loonbedrijf Eugelink een machine ontwikkeld waarbij de kolven en de restplant in één werkgang gescheiden worden geoogst. Op de maïshakselaar bevinden zich 2 hakselunits. De kolf met schutblad gaat door de standaardhakselaar in een achter de hakselaar getrokken wagen en de restplant (stro) gaat via een zijafvoer en een tweede hakselunit in de naastrijdende wagen. Het stro wordt gevoerd aan droogstaande koeien en jongvee en de verhakselde kolven worden gevoerd als krachtvoer aan het melkvee.

Mogelijk is zoiets ook voor oogst van maïsstro, spil, schutblad en korrel in één werkgang te bedenken, dus op een dorsmachine. Dit gaat wel gepaard met de nodige ontwikkelingskosten. De restplant wordt hierbij na het ontkolven via een zijwaartse afvoer en een aan de zijkant van de dorsmachine aangebrachte hakselunit in een naastrijdende wagen geblazen. De spil en het schutblad zouden aan de achterkant van de dorsmachine via een opvoerbandje ook in deze naastrijdende wagen gestort kunnen worden. De korrels worden zo als gewoonlijk in de voorraadbak op de machine opgeslagen.

De MKS-oogstmachine, zoals die momenteel beschikbaar is, dus voor gescheiden hakselen van kolf en restplant, kan toegepast worden om alleen de restplant te oogsten. Bij deze oogst missen we de spil en het schutblad en daarmee dus ongeveer 15-20% van de opbrengst en gemiddeld oogsten we ook een wat natter

product. De uitvoering van deze methode geeft een idee wat er aan maïsstro (exclusief spil en schutblad) geoogst kan worden.

Standaard maaidorsen, 2^e werkgang maïshakselaar

Bij deze methode wordt de korrelmaïs op normale wijze gedorsen, maar de mesjes om de restplant te verkleinen en deels in te werken zijn uitgeschakeld. De restplant moet zoveel mogelijk rechtopstaand in tact worden gehouden. De spil en het schutblad komen achter de dorsmachine op de grond te liggen, liefst op de stengels. Met de huidige dorsmachines wordt nog wel eens een rij platgereden wat zeer ongunstig is. Door aanpassing van de spoorbreedte van de dorsmachine is dit mogelijk te verhelpen. In de tweede werkgang wordt het restproduct met een maïshakselaar met een rijonafhankelijke invoer (bv. kemperbek) geoogst. Dit levert een verhakseld product op, dat makkelijk te transporteren en in te kuilen is. Mogelijke negatieve effecten zijn oogstverliezen en grond in het product.

Standaard maaidorsen, 2^e werkgang bietenontbladeraar

Ook bij deze methode wordt de korrelmaïs op normale wijze gedorsen, maar de mesjes om de restplant te verkleinen en deels in te werken zijn uitgeschakeld. De planten moeten indien mogelijk wel worden afgesneden. De spil en het schutblad komen achter de dorsmachine op de grond te liggen, liefst op de stengels. In de tweede werkgang wordt het restproduct door middel van een bietenontbladeraar geoogst. Door de zuigende werking van de klepels wordt het product opgezogen en vervolgens in een naast rijdende wagen geslagen. Het product wordt verkleind, maar is waarschijnlijk veel grover dan verhakseld product, waarbij spil, schutblad en stengel grotendeels intact zullen zijn. Mogelijk negatieve effecten zijn ook hier oogstverliezen en mogelijk door de zuigende werking nog meer grond in het product.

Standaard maaidorsen, 2^e werkgang in het zwad leggen en 3^e werkgang opraappers

Ook bij deze methode wordt de korrelmaïs op normale wijze gedorsen, maar de mesjes om de restplant te verkleinen en deels in te werken zijn uitgeschakeld. De planten moeten in ieder geval wel worden afgesneden. De spil en het schutblad komen achter de dorsmachine op de grond te liggen, liefst op de stengels. In de tweede werkgang wordt het restproduct door middel van een accrobaat bij elkaar geharkt in een zwad. Hier kan het mogelijk blijven liggen om te drogen, vergelijkbaar met gras, maar in november zal het drogen niet erg snel meer gaan. Na het in het zwad leggen kan het product met behulp van een opraappers in één werkgang worden opgeraapt, geperst en geladen. Het product wordt in geperste vorm opgeslagen, gedroogd en getransporteerd. Nadeel van deze methode is de derde werkgang en mogelijk ook hier grond in het product. Het product ligt niet zoals bij granen op een stoppeldeken, maar vanwege een rijafstand van 75cm hoofdzakelijk op de grond.

Gehele product door standaard-maaidorser met eventueel een 2^e werkgang

Bij het maaidorsen van granen gaat het gehele product door de maaidorser, waarna het stro aan de achterzijde van de machine bij elkaar in een wier op het land komt te liggen. Hierna kan het product in een tweede werkgang vrij simpel opgeraapt en geperst worden tot balen. Deze wijze van oogsten is bij maïs wellicht minder goed uitvoerbaar, daar de lange stengels hoogstwaarschijnlijk vastlopen om de invoerrollen. De verwachting is dat de machine zal vrij snel vollopen. Misschien kunnen de stengeldelen voor invoer verkleind (30-40 cm) worden. Nadeel is de tweede werkgang, wellicht is het ook mogelijk het restproduct achter de machine via een opvoerbandje in één werkgang in een naast rijdende wagen te storten. Het product komt in balen geperst of los in grove delen van het land.

Gehele product door axiaal-maaidorser

Volgens de heer Eugelink zou bij een maaidorser met axiaalrollen, waarvan er in Nederland slechts een beperkt aantal beschikbaar is, veel beter moeten gaan, dus zonder verstoppingen. Bij deze machines zou de hierboven beschreven werkwijze wellicht beter uitvoerbaar zijn.

Algemeen

Over het algemeen geldt dat het aantal werkgangen zo min mogelijk moet zijn en het product liefst niet meer op de grond wordt gegooid. Het product moet weer opgeraapt worden, wat een extra werkgang en een

grotere kans op verontreiniging met grond geeft. Beter is het, het product vanaf de machine direct in een naast rijdende wagen wordt gedeponeerd.

Voor wat de vorm waarin het product van het land komt is vanwege het transport, de bewaring en bewerking waarschijnlijk de voorkeur te geven aan verhakseld of in balen geperst product.

4.2 Resultaten

Zoals reeds aangegeven in de inleiding van dit hoofdstuk lag het in de bedoeling bovenstaande oogstmethodieken uit te proberen om knelpunten op te sporen bij het oogsten, verzamelen, opslag en transporteren van maïsstro. Door de gang van zaken, zoals ook hiervoor reeds is aangegeven, is een en ander echter anders gelopen en is er iets uitgevoerd in afgeslankte vorm. Hierdoor heeft de uitvoering hiervan niet het gewenste resultaat opgeleverd.

In de onderhandelingen tussen de heer Meeuwissen (Meeuwissen Advies) en de heer Eugelink is men wel tot ideeën gekomen, maar uiteindelijk niet tot de uitvoering ervan. Vervolgens heeft Jan Kassies (PPO) dit opgepakt. In een voorgesprek met de heer Eugelink is afgesproken (bijlage 4), dat er ter plekke korrelmaïs gedorsen zou worden en vervolgens getracht zou worden het maïsstro te oogsten met behulp van een bietenontbladeraar, met een hakselaar en door middel van in het zwad leggen/persen. Dit alles dus met vers stro. Ook zou getracht worden met een standaard dorsmachine het gehele gewas in de machine in te voeren om te beoordelen in hoeverre dit al dan niet gaat. Ook zou er nog geëxperimenteerd worden met de MKS-oogstmachine om de stengelopbrengst (zonder kolf) te bepalen. De axiaal-maaidorser was niet voorhanden, dus de oogst met deze machine was geen optie en is dus niet uitgevoerd.

Op 28 december 2002, relatief aan de late kant, hebben 2 medewerkers van het PPO in samenwerking met 2 medewerkers van loonbedrijf Eugelink pogingen ondernomen korrelmaïsstro te verzamelen. Op een perceel te Laag-Keppel is stro verzameld van korrelmaïs die enkele weken daarvoor was geoogst.

Het stro had dus al enkele weken op de grond gelegen en was zelfs gedeeltelijk aan de grond vastgevroren. De stopplengte was hier ongeveer 45 cm.

Loonbedrijf Eugelink was op dit moment niet bereid om nog een stuk maïs te dorsen om vers stro voor handen te hebben. Ook zag men er geen heil in de korrelmaïs te dorsen met de standaard maaidorser, waarbij het gehele gewas ingevoerd zou worden. Tevens is er geen maïsstro verzameld met de maïshakselaar of door middel van bij elkaar harken en persen. Al met al was de uitvoering dus wat mager.

Bietenontbladeraar

Men heeft met een bietenontbladeraar het reeds enkele weken op het land liggende en deels vastgevroren stro verzameld, over een oppervlakte van 879 m². Er is 1200 kg nat product (stengel/blad/spil) geoogst met een drogestofgehalte van 26.6%. Dit komt overeen met 3.6 ton drogestof per ha. Het product was dus relatief nog al nat wat met name kwam doordat het al enkele weken op de grond gelegen had. De opbrengst viel tegen met name doordat een deel van het stro vastgevroren zat aan de ondergrond en daardoor niet opgezogen kon worden. Tevens had de maaidorser gemiddeld genomen één op de vier rijen platgereden, die dus ook niet geoogst konden worden. Door nauwkeuriger te rijden bij het dorsen van de maïs of door aanpassing van de spoorbreedte is dit probleem grotendeels te verhelpen. Door de bevroren ondergrond was er ook geen inschatting te maken van de hoeveelheid grond die normaal mee geoogst zal worden. De hier toegepaste werkwijze is daarom geen maatstaf voor de werkelijk.

Het hierboven genoemde drogestofgehalte is bepaald aan 3 monsters, de waarde per monster was respectievelijk 26.5, 27.5 en 26.0%. Normaal zal op dit tijdstip bij vers gedorsen maïsstro het drogestofgehalte rond de 40% liggen. Er is ook nog een hoeveelheid snijmaïs verhakseld om 3 monsters te nemen ter bepaling van het drogestofgehalte (restplant+kolf). Het gemiddelde drogestofgehalte was 55%, waaruit tevens blijkt dat het op het veld staande stro veel droger was dan de gevonden 26.6%.

De capaciteit van de bietenontbladeraar viel zeker niet tegen. Er is niet precies gemeten hoeveel hectare per dag gedaan kan worden, maar men kon redelijk doorrijden.

Kleinpakpers

Het met de ontbladeraar verzamelde stro is vervolgens met een vork in een stationaire klein pak pers ingevoerd. Het persen ging goed, hoewel de balen nog al zwaar werden. Dit werd met name veroorzaakt

door het nogal natte product.

5 Proef bij centrale

Om kennis en ervaring op met de aanvoer en handling van maïsstro bij de centrale was het de bedoeling een hoeveelheid product aan te leveren bij de houtgestookte centrale van Essent te Cuijk. Bij deze centrale wordt het product op een wervelbed verbrand. Dit moest informatie opleveren over de samenstelling (energetische waarde, het drogestofgehalte, verontreinigingen) en over de vorm (balen, los, fijnheid) van het aan te leveren product. Ook moest dit info opleveren over of en zo ja in welke centrale het maïsstro het best verbrand kan worden. Naast verbranden in de houtcentrale zou hierbij ook gedacht kunnen worden aan bij- of meestook in de kolencentrale.

5.1 Fysische en chemische kwaliteitseisen

De samenstelling van biomassa moet technisch beschreven worden en er moeten kwaliteitsklassen aan toegekend worden. Belangrijke fysische en chemische eigenschappen zijn:

- Chemische samenstelling van de biomassa (C, H, O, K, Na, Mg, P, Ca, S, Cl, F, N, zware metalen)
- Fysische en chemische eigenschappen van de biomassa (o.a. vocht-/asgehalte, stookwaarde, opslagaspecten)
- Chemische samenstelling van de as (Mg, P, Ca en zware metalen)
- Fysische en chemische eigenschappen van de as (o.a. silicaatvorming).

Al deze eigenschappen hebben invloed op de Productie en Aanvoer (logistiek, kwaliteitsbeheersing, gezondheid), Energieconversie (reactorontwerp, gezondheid), Emissie naar lucht, oppervlaktewater en asverwerking, Haalbaarheid en Handhaafbaarheid.

Het maïsstro lijkt het best in verhakselde vorm te samen met houtsnippers in de biomassa-centrale verbrand te kunnen worden. Om op voorhand enige informatie te hebben over de fysische en chemische samenstelling zijn er in april 2002 twee monsters maïsstro genomen van maïs van het voorgaande teeltseizoen (2001). Eén monster is genomen van in april nog op het veldstaande planten en één monster is genomen van maïs, dat samen met gras was ingekuild. Essent heeft van deze monsters de gehalten van een groot aantal stoffen gemeten. Tussen de monsters zat slechts bij een aantal stoffen een essentieel verschil in het gehalte. In de tabellen 5.1.1 (zware metalen) en 5.1.2 (overige componenten) zijn de analysegegevens van de twee monsters vergeleken met de kwaliteitseisen die in de biomassacentrale van Cuijk en in de kolencentrale van Geertruidenberg worden gesteld, hierbij is telkens het hoogste gehalte van de twee monsters meegenomen. Geen van de gemeten stoffen bleek in ernstige mate boven de grenswaarden uit te komen. De analyse per monster is terug te vinden in bijlage 5.1 en 5.2.

De grootste essentiële verschillen tussen de monsters doen zich voor in het chloorgehalte (tabel 5.1.2), waarbij de hoogste waarde zich voordoet bij de ingekuilde maïs/gras. Bij de kolencentrale speelt het chloorgehalte een grotere rol, omdat dit chloor uit de rookgassen gezuiverd moet worden.

Ook de samenstelling van de as (anorganische stof) is nogal verschillend, met name voor de elementen K (K_2O) en Si (SiO_2).

De enige stoffen waar eventueel problemen mee verwacht worden zijn natrium en kalium in de gewasresten, hoewel hiervoor geen grenswaarden gegeven worden. Volgens de analyses, zie boven aan bijlage 5.1 (maïs na de winter af land), zijn de gemeten gehalten 0,35% (3500 ppm) voor kalium en 0,05% (470 ppm) voor natrium. Bekend is echter dat na de winter het gehalte aan kali lager is dan net na de zomer. Gemeten is na de zomer een gehalte van 180 kg K_2O per 6,5 ton ds gewasresten, dit zou overeenkomen met 2,7% K_2O en dus 2,3% K. Aangegeven is dat dit mogelijk tot bedagglomeratieproblemen zou kunnen leiden. Wat zoveel betekent dat er een aanslaglaag op het wervelbed ontstaat.

Of dit echt een probleem is moet blijken uit een zogenaamde WOB-test (Wervelbed Optimalisatie Biomassa). Het is daarbij extra belangrijk dat deze test met een representatief monster wordt uitgevoerd, dus geen ingekuilde maïsstro, maar met het product zoals het in oktober/november ook geleverd wordt bij de centrale.

Tabel 5.1.1 Grenswaarden zware metalen in mg per kg droge stof (ppm) en gemeten gehalte in maïsstro.

Micro Component	Acceptatiegrens kolencentrales	Acceptatiegrens centrale Cuijk	Gehalten in genomen monsters in ppm
As	< 16	<2	<4
Ba	< 1140	<50	<40
Cd	< 10	<4	<0,4
Co	< 15	<2	<2
Cr	< 250	<50	<15
Cu	< 750	<50	5-6
Hg	< 0,4	<0,1	<0,1
Mn	< 843	<300	22-31
Mo	< 21		<1,5
Ni	< 314	<40	<3-4
Pb	< 584	<50	<13
Sb	< 6	<4	<2
Se	< 4	<4	<5
Sn	< 53	<10	<6
Te	< 2	<4	<10
V	< 26	<20	<5
Zn	< 2543	<200	23-59

Tabel 5.1.2 Grenswaarden Overige componenten in mg per kg droge stof en waargenomen gehalten in maïsstro.

Component	Acceptatiegrens kolencentrale	Acceptatiegrens centrale Cuijk	Gehalten in genomen monsters in ppm
S (mg/kg)	< 2000	<2000	1600
N (%)	--	<1,3	<1
Cl (%)	< 0,2	<0,4	0,26
F (mg/kg)	< 100	<400	<50
Fysische eigenschappen			
Deeltjes grootte	0-15 mm -	90% < 100 mm 70% < 50 mm > 15 mm	
Zand gew % drstof	>0,5 %	< 1 %	-
asgehalte gew % drstof	> 25 %	< 10 %	8,5 – 9,7%

5.2 WOB-test

Om te beoordelen of bepaalde biomassa in de biomassacentrale (hout) meegestookt kan worden is er de WOB-test (Wervelbed Optimalisatie Biomassa) ontwikkeld. Voor maïsstro is deze test in week 39 uitgevoerd bij ECN te Petten. Het hiervoor gebruikte monster is geoogst op 19 september, waarbij het drogestofgehalte van de maïs 30% was. Het oogsttijdstip van korrelmaïs is in de regel echter 1 tot 1,5 maand later. Dit zal een hoger drogestofgehalte tot gevolg hebben. Het product schijnt echter ook niet te droog te moeten zijn, want dan loopt de temperatuur in de ketel veel te hoog op. Waarschijnlijk is een drogestofgehalte rond de 50% hoog genoeg.

Doel van de test was om te bekijken of er bij verbranding van maïsstro in combinatie met Cuijk-houtmix er agglomeratie optreedt (aanslag) op het wervelbed tijdens een 8 uur durende verbrandingstest bij een bedtemperatuur van 900 °C. Bij de test is men uitgegaan van een bij stookpercentage van 37%. Dus 37% (1/3) maïs en 63% (2/3) hout. Er ontstond echter snel een aanslag (silicaatvorming) op het wervelbed. Er trad

45 minuten na opstart agglomeratie op. De uitslag van de test was dus negatief, waardoor besloten is de geplande verbrandingsproef in Cuijk niet uit te voeren. De uitslag is opgenomen in bijlage 6.

Wellicht zouden er bij een lager % bijstook van maïs tot minder problemen leiden, maar dat is voor dit project waarschijnlijk minder interessant en in Cuijk technisch bijna niet uitvoerbaar. Indien wel uitvoerbaar, is een bijstook van 10% waarschijnlijk maximaal haalbaar, wat in Cuijk neerkomt op bijstook van 3 ton maïsstro per uur.

Na beëindiging van de test is de installatie afgekoeld en is het bedmateriaal (silicaat/zand) visueel geïnspecteerd. Hierbij bleken bijna alle zandkorrels weer van elkaar losgebroken te zijn. Een klein gedeelte van het bedmateriaal is met behulp van SEM-EDX onderzocht. Er wordt in het ECN-rapport (bijlage 6) aangegeven dat met name het gehalte aan het element natrium (Na) en in mindere mate het element kalium (K) in de as hoog zijn. De analyseresultaten lijken juist het omgekeerde aan te geven. Om het product geschikt te maken voor de wervelbed-verbrandingsoven zullen deze gehalten dus gereduceerd moeten worden. Bij het schoonmaken bleek er 1014 gram zand te zijn geproduceerd.

De gladde structuur van het bedmateriaal wijst op een laag-viscieuze smelt. Het maïsstro lijkt de plakkerigheid van de aanslag (coating) te verhogen in vergelijking met de coatings die normaliter met houtmix worden gevonden.

Om iets meer te weten komen over de chemische samenstelling is op 24 oktober een monster genomen van een proef te Raalte. Op deze relatief noordelijke locatie was het drogestofgehalte van het stro 28.5%, dus nogal nat. Hieraan is de chemische samenstelling bepaald door Essent, maar is er geen analyse aan de as uitgevoerd. De rapportage van de resultaten zijn terug te vinden in bijlage 7.

Wat opvalt ten opzichte van de monsters die na de winter geogst zijn is het lagere asgehalte, 5.8 ten opzichte van 8.5% en het hogere gehalte aan chloor (0.21%), mangaan (0.01%) en zink (0.006%), maar deze gehalten over schrijden de grenswaarden niet. Kijken we naar het kalium- en natriumgehalte, die boven aan het rapport vermeld worden, dan zien we het relatief lage gehalte aan natrium (0.009%) en het hoge gehalte aan Kalium (1.3% - 13000ppm).

Ter controle is aan dit op 24 oktober geogste monster via Essent ook nog een WOB-test in Zweden uitgevoerd. De oven in Zweden is van het type wervelbed met nieuw agglomeratieverlagend bedmateriaal. Bij de verbranding van dit maïsstro als een specifieke brandstof, dus niet als bijstook, ontstond bij een bedtemperatuur van 870°C vrijwel onmiddellijk agglomeraat. Hierbij is niet geëxperimenteerd met het bij stoken van een percentage maïsstro naast hout.

Planning naar aanleiding van WOB-test

Na het bekend worden van de negatieve uitslag van de WOB-test is besloten geen maïsstro te gaan verbranden in de houtcentrale te Cuijk. Problemen van agglomeratie wordt vooral veroorzaakt door een te hoog kaliumgehalte.

Meestook in kolencentrale:

Essent, bij name van Jan de Visser, medewerker Technisch Economisch Bureau van Essent, ziet echter wel mogelijkheden om maïsstro mee te stoken in de kolencentrale. Hij zegt hierover: "Hier spelen het kalium- en natriumgehalte geen rol van betekenis. Het product moet worden gedroogd en gepelleteerd. Een brandstofpellet van groene biomassa met een goede stookwaarde is (en blijft) voor de kolencentrale een interessant product, omdat het zonder extra voorzieningen in grote hoeveelheden meegestookt kan worden in bestaande systemen. Het is in bepaalde verhoudingen te mengen met kolen, waarna het samen met de kolen via het maalsysteem de ketel wordt in geblazen".

Zeker als de financiële prikkels voor groene stroom blijven bestaan, zal Essent bereid zijn een behoorlijke vergoeding per GJ te geven en zover als het nu kan bekijken, vallen de droogkosten en pelleteerkosten daar binnen. Als we dan ook nog de kosten in de toekomst verder kunnen optimaliseren door bijvoorbeeld te drogen met restwarmte (wordt nu al gedaan dmv verbranden van schapenvet) wordt het nog interessanter. Je moet niet vergeten dat de hele biomassa markt prijstechnische in een opwaartse spiraal zit in verband met de toenemende vraag.

Het product los meestoken is voor de toekomst ook interessant, echter daar zijn we afhankelijk van (een nog te bouwen) verkleinings- en doseerinstallatie met beperkte capaciteit en waarbij het product toch ook op een bepaalde manier aangevoerd moet worden (siloblaaswagens) waarvoor ook extra voorbehandelingen noodzakelijk zijn (niet te vochtig niet te grof). We moeten ook nog maar afwachten of die installatie dit

product kan verwerken". Het product moet hierbij dus pneumatisch in de silo's gelost worden. Een mechanische losinstallatie is veel later voorzien. Hier zijn dus nog allerlei ontwikkelingen gaande.

Bij het meestoken van maïsstro in de kolencentrale zijn er dus twee opties:

- A - maïsstro drogen, pelleteren en meevoeren met de kolenstroom door de kolenmolens heen en dan in poedervorm in de ketel blazen (mogelijk in Geertruidenberg en Borssele)
- B - Zo fijn hakselen dat het product direct in de ketel kan worden geblazen (alleen mogelijk bij Borssele maar daar komt er op z'n vroegst eind van dit jaar een installatie beschikbaar de fijnestoffige producten in kan blazen).

De laatste optie lijkt heel interessant, maar kan gedurende dit project dus niet getest worden.

De verkleinings- en doseerinstallatie hiervoor is nu in ontwikkeling. Het maïsstro moet dan wel fijn verhakseld en redelijk droog aangeleverd worden. Wellicht is hierbij drogen met restwarmte van de centrale een optie.

De eerste optie is gedurende dit project wel uitvoerbaar. Momenteel pelleteert Essent ook al hout en zaagsel (mix) bij firma Labee en verstoekt dit gelijktijdig met kolen. Deze optie is ingebracht in de begeleidingscommissie en op grond hiervan zijn afspraken gemaakt met loonbedrijf Eugelink voor het oogsten van 8 hectare korrelmaïsstro (100 ton vers product) en aanlevering hiervan bij drogerij van Tuil te Kesteren. De drogerij zal het product vervolgens drogen van 33% naar 70% drogestof.

Hierna zal het product bij twee bedrijven worden gepelleteerd. Bij Labee, de vaste leverancier van houtpellets bij Essent, te Moerdijk zal maïsstro te samen met houtsnippers/zaagsel worden gepelleteerd, waarna Labee voor het transport van de pellets naar de centrale te Borssele zorg zal dragen. Daarnaast wordt een gedeelte van het gedroogde maïsstro gepelleteerd door de firma Marea te Afferden en daarna ook aangeleverd bij de kolencentrale te Borssele. Bij de centrale had men reeds een vergunning aangevraagd en gekregen voor het meestoken van een hoeveelheid maïsstro.

Alles was gepland en de loonwerker zou oogsten op 7 november, toen we op 31 oktober bericht kregen van het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA), dat zij dit niet zagen zitten, omdat het volgens hen bedrijfseconomisch (boerenbedrijf) niet interessant zou zijn en men zich af vroeg welke relevante informatie dit oplevert. Hierna is dit onderdeel afgeblazen.

Kalium- en natriumgehalte verlagen:

Het optreden van agglomeratie bij de verbranding van maïsstro op een wervelbed werd waarschijnlijk hoofdzakelijk veroorzaakt door het hoge kalium- (en natrium)gehalte. Door methoden te ontwikkelen waarmee het gehalte aan kalium en natrium te verlagen zijn, is het maïsstro wellicht ook voor verbranding in een biomassacentrale een interessant product.

Uit de literatuur is bekend, dat door inkuilen en daarna uitpersen van vocht en de daarin opgeloste kalium en natrium, het product droger wordt en tevens dus een lager kalium- en natriumgehalte zal krijgen. Om te bekijken hoe dit in Nederland op praktijkschaal uitvoerbaar is en wat de effecten hiervan zijn, is er een inkuilproef met uitpersen gepland. Om dezelfde redenen als hierboven beschreven heeft het HPA ook de uitvoering van dit onderdeel tegengehouden.

6 Conclusies en discussie

6.1 Conclusies

In Nederland is op jaarbasis gemiddeld 225.000 ton maïsstro beschikbaar, dat een energiepotentieel vertegenwoordigt van 4 PJ. Bij het omzetten van dit stro in bio-energie kan men kiezen voor het meestoken in een biomassa- of een kolencentrale. Per centrale worden er aparte eisen aan het stro gesteld qua fysische en chemische samenstelling. Voor de zware metalen en bepaalde andere componenten zijn streefwaarden per centrale ingesteld. Het maïsstro blijft voor al deze metalen en componenten onder de streefwaarden.

Voor de meestook, naast hout, in een biomassacentrale (wervelbedtype - Cuijk) is het stro bij de oogst rond eind oktober iets te vochtig en blijkt het kaliumgehalte (1.3%) aan de hoge kant. Het hoge kaliumgehalte veroorzaakt, bij een verbranding van een hout/maïsstro-mengsel in de verhouding 2 tot 1, agglomeratie op het wervelbed. Verder is het qua samenstelling en in verhakselde vorm een mooi product om mee te stoken in een wervelbedoven.

Ook voor de meestook in een kolencentrale is het stro qua fysische en chemische samenstelling een mooi product. Het heeft lage chloor- en zwavelgehalten, waardoor geen extra voorzieningen aan de filters in het rookgaskanaal noodzakelijk zijn. Het product is wel veel te nat en moet momenteel in gepelleteerde vorm te samen met kolen worden vermalen en vervolgens ingeblazen in de oven. Voor het pelletteren moet het vochtgehalte teruggebracht worden tot 30%. Nieuwe reeds gaande ontwikkelingen op het gebied van verklein- en invoerinstallaties moeten het mogelijk maken natter en los maïsstro in te voeren. Essent is hiermee al in een ver gevorderd stadium.

Het in tweede helft oktober geoogst maïsstro had in 2002 een gemiddeld drogestofopbrengst van 6.2 ton en een drogestofgehalte van 30% en een stookwaarde van 3.5 GJ per ton product. Door de momenteel aanwezige genetische variatie zijn er ook rassen die 8 ton stro opbrengen en ook rassen die een drogestofgehalte realiseren van bijna 40% met een stookwaarde van 5.3 GJ per ton product, zonder grote oogstbaarheidsproblemen. Hoewel deze uiterste opbrengst en drogestofgehalte nog niet gecombineerd wordt door een specifiek ras, zijn er wel rassen die in de richting komen. Ook in het anorganische stofgehalte en in de samenstelling hiervan zijn er interessante genetische verschillen, welke mogelijk van invloed zijn op de mate van agglomeratie op het wervelbed.

Door uitstel van de oogst tot half december wordt het maïsstro droger met daardoor ook een hogere stookwaarde, maar de opbrengst per ha loopt aanzienlijk terug, zonder noemenswaardige effecten op de chemische samenstelling van de anorganische stof. Ook voor het hoofdteeltdoel levert dit een positief effect op, door een drogere korrel bij een gelijkblijvende korrelopbrengst. Uitstel van de oogst geeft wel een verhoging van het teeltrisico, door een mindere oogstbaarheid, maar bij een juiste raskeuze blijft de maïs goed oogstbaar.

Een verdere uitstel van de oogst tot eind februari geeft wel een aanzienlijke verlaging van het as- en kaliumgehalte, een verhoging van het drogestofgehalte (rond 80%) zonder verdere opbrengstverliezen. De oogstbaarheid wordt dusdanig matig, dat dit ook richting het hoofdteeltdoel, te grote risico's en oogstverliezen oplevert. Dit is geen interessante optie.

De rasvolgorde in diverse eigenschappen lijkt afhankelijk van het oogsttijdstip.

De stookwaarde van maïsstro is afhankelijk van het vochtgehalte en wel volgens de formule:

stookwaarde = $18.024 - (0.2058 * \text{vochtgehalte})$. De verbrandingswaarde van het maïsstro bedraagt dus 18 GJ per ton drogestof.

De meest optimale logistieke keten is nog niet uitgekristalliseerd. De loonwerker kan een belangrijke rol spelen in de logistieke keten, waarbij oogst, collecteren, opslag, bewerken en transport efficiënt op elkaar

moet worden afgestemd. De oogst is in principe redelijk met bestaande machines uit te voeren, waarbij meerdere opties mogelijk zijn. Welke methode de meest optimale is blijft nog de vraag. De maïs kan het best in balen of ingekuuld worden opgeslagen. De technisch en economisch meest efficiënte droogmethodiek is nog niet beoordeeld. Economische gezien kan het transport het best over de weg gebeuren.

Uitgaande van €4,= per GJ en de laagst mogelijke kosten blijft er voor de teler een marginaal bedrag over. Gemiddeld genomen heeft de afvoer van het maïsstro geen negatieve invloed op het organische stof gehalte in de bodem. Momenteel is het niet reëel met MINAS voordeel in te rekenen.

Meestook van maïsstro in een kolencentrale lijkt momenteel de beste perspectieven te hebben. Het maïsstro vervangt hierbij kolen als brandstof en dus wordt hiermee CO₂-productie vermeden.

6.2 Discussie

In de toekomst zal biomassa een belangrijke bijdrage gaan leveren bij de productie van bio-energie. De energieteelt is momenteel door hoge grondprijzen en teeltkosten niet rendabel. Restproducten lijken daardoor interessanter. Als restproduct van de korrelmaïsteelt is er in Nederland jaarlijks een interessante hoeveelheid maïsstro beschikbaar. Het maïsstro kan worden mee gestookt naast hout in een biomassacentrale of naast kolen in een kolencentrale.

Bij de verbranding van maïsstro in een biomassacentrale (wervelbedtype) veroorzaakt met name het hoge kaliumgehalte in de anorganische stof agglomeraat op het wervelbed. Mogelijk dat dit bij andere type verbrandingsovens minder of totaal niet relevant is. Dit zal per type oven, in eerste instantie theoretisch, moeten worden nagegaan, waarbij tevens andere negatieve kanten van de diverse typen in acht moeten worden genomen. De vraag is wel in hoeverre deze typen momenteel voorhanden zijn.

Naast het type oven is het wellicht ook mogelijk een lager anorganische stofgehalte en/of een lager percentage kalium hierin te krijgen. Het is over het algemeen echter wel zo dat stengelgewassen over het algemeen een hoog gehalte aan kalium hebben. Voor verlaging van de gehalten kan gedacht worden aan genetische verschillen, oogsttijdstip, het uitpersen van de maïs of het percentage maïs dat naast hout wordt meegestookt. De vraag is, bij welk gehalte (as en kalium) het product interessant genoeg wordt en of het gehalte laag genoeg te krijgen is voor een biomassacentrale. Een halvering van het kaliumgehalte in het maïsstro van 1.3 naar 0.65% lijkt op dit moment zelfs nog niet genoeg.

Er zijn interessante genetische verschillen in gehalte en samenstelling van de anorganische stof. Mogelijk zou hier, indien daar specifiek op veredeld wordt, op de langere termijn meer winst te halen zijn.

Door de biomassa-oogst uit te stellen is ook invloed uit te oefenen op het gehalte aan kalium in de as. Hiervoor lijkt een vorstperiode noodzakelijk. In Nederland houdt dit veelal in dat er pas na de jaarwisseling geoogst kan worden, waardoor het risico van een niet oogstbaar gewas toeneemt. Dit is zeker voor de hoofdteelt onacceptabel, omdat een slechte oogstbaarheid gepaard gaat met grote verliezen aan korrel. Dit lijkt dus geen interessante optie.

Vanuit de literatuur blijkt het kaliumgehalte (opgeloste kalium) verlaagd te kunnen worden door het product na inkuilen uit te persen met een schroefpers. Interessant om te weten of het gehalte tot een acceptabel niveau te verlagen is en of dit ook reeds door uitpersen vóór inkuilen te bereiken is.

Tot slot is ook het percentage maïsstro dat mee gestookt wordt naast hout aan te passen. In de WOB-test bij ECN was de verhouding 2:1. Mogelijk veroorzaakt een lager percentage maïsstro geen agglomeratie op het bed.

Hoogstwaarschijnlijk zijn voor de verbranding in de wervelbedoven de afzonderlijke maatregelen onvoldoende en kan men alleen een acceptabel kaliumgehalte in de as bereiken door de juiste rassenkeuze, door het uitpersen en door het percentage meestook aan te passen.

Een ander probleem bij de verbranding in een biomassa oven is dat het product iets te nat is. Het product moet ook niet te droog zijn, anders loopt de temperatuur te hoog op. Het product is wellicht wat droger te maken door een juiste rassenkeuze (genetische verschillen), een later oogsttijdstip en het uitpersen van vocht. Rasafhankelijk zit er wel 10% (absoluut) verschil in drogestofgehalte van het stro. Bij het uitstellen van

de oogst is zelfs bij uitstel tot half december al een behoorlijke winst in het drogestofgehalte te halen, alhoewel er dan wel bijna 25% opbrengst verloren gaat. Een verlating van de oogst heeft dus een positief effect, daarbij lijkt een uitstel tot half november in eerste instantie het meest reëel. Voor het hoofdteeltdoel lijkt dit ook een interessante optie, omdat het drogestofgehalte van de korrel toeneemt. Met uitpersen is het drogestofgehalte van het stro waarschijnlijk te verhogen tot 50%. De potenties van het uitpersen zullen nog bekeken moeten worden. Bij een relatief vroege oogst heeft het mee oogsten van de spil een positief effect op het drogestofgehalte, hoewel het maar 15% van het product uitmaakt. Door een aantal maatregelen moet het drogestofgehalte van het stro de 50% kunnen bereiken.

Bij de verbranding van maïsstro in een kolencentrale speelt het kaliumgehalte geen rol. Hier is momenteel met name de invoer in de oven het grootste probleem. Daarnaast moet het product het liefst zo droog mogelijk zijn. Voor het mee stoken van stro naast kolen moet het maïsstro momenteel eerst worden gedroogd tot 70% drogestof en vervolgens worden gepelletteerd.

Er zijn nieuwe ontwikkelingen gaande waardoor het product natter en ongepelleteerd in de oven kan worden ingeblazen. Deze methode moet zich echter nog bewijzen en waarschijnlijk zal het product toch nog deels gedroogd moeten worden. Verdere ontwikkelingen in deze richting moeten echter niet uitgesloten worden. Mogelijkheden voor het drogen zijn hierboven aangegeven. Mogelijk kan er ook met restwarmte van de centrale gedroogd worden.

Als het probleem rond de invoer van het product verholpen kan worden is het maïsstro een prachtig product om mee te stoken in de kolencentrale, mede daar het chloor- en zwavelgehalte laag zijn en de rookgassen daardoor relatief schoon.

De huidig beschikbare machines lijken het korrelmaïsstro in een tweede /derde werkgang, na de oogst van de korrel, te kunnen verzamelen en afvoeren. De werking en het resultaat van de diverse machines zijn echter nog niet bekeken. De vraag is ook hoeveel verontreiniging in de vorm van grond er mee geoogst wordt. Beter is het, het stro in één werkgang te samen met de korrel te oogsten. Bestaande maaidorsers moeten hiervoor worden aangepast, de vraag is of deze investering rendabel te maken is. De vraag is of voor de spil die 15% van de opbrengst uitmaakt, maar wel een positief effect heeft op het drogestofgehalte een dergelijke investering uit kan. Mogelijk bieden axiaalmaaidorsers, waar mogelijk het gehele gewas doorgevoerd kan worden, uitkomst. Misschien moet volstaan worden met alleen de oogst van de stengel en het blad. Naast de oogst zijn ook bij de logistiek (opslag, bewerking, transport) knelpunten te traceren, maar de totale logistieke keten is vooralsnog niet bekeken. De meest optimale logistieke keten moet zich nog uitkristalliseren. Voor de opslag lijkt het product ingekuuld of geperst in balen het best te bewaren en het transport lijkt het beste over de weg te kunnen gebeuren.

Uitgaande van €4,= per GJ en de laagst mogelijke kosten blijft er voor de teler een marginaal bedrag over. Een hogere opbrengstprijis lijkt vereist om het voor de teler interessant te maken. De biomassa markt zit prijstechnisch in een opwaartse spiraal in verband met een toenemende vraag. De doelstelling van 10% energieproductie op basis van groene bronnen speelt hierin een belangrijke rol.

Voor de productie van bio-energie kan maïsstro efficiënt worden ingezet, waarschijnlijk als mee stook in de kolencentrale. Of het kaliumgehalte moet verlaagd kunnen worden, waardoor het ook in een bepaalde verhouding met hout gestookt kan worden in een biomassa-centrale. Mogelijk is uitpersen van het product vóór of ná inkuilen hier een optie, hoewel het de vraag is of hiermee het kaliumgehalte voldoende verlaagd kan worden. Hiermee wordt tevens het vochtgehalte verlaagd, wat gunstig is, omdat het maïsstro in principe nogal nat is voor mee stook in beide centrales. Drogen met restwarmte biedt wellicht mogelijkheden. Meestook van maïsstro in een kolencentrale lijkt momenteel de beste perspectieven te hebben. De wijze van invoer van het product te samen met kolen zal geoptimaliseerd moeten worden. Het maïsstro vervangt hierbij kolen als brandstof en dus wordt hiermee CO₂-productie vermeden. Het optimalisatie proces zal zich met name moeten richten op de meestook in de kolencentrale. Het maïsstro lijkt vooralsnog een interessant product, maar de fine-tuning zal het product nog interessanter kunnen maken. Hierbij zijn positieve ontwikkelingen op het gebied van techniek (machines, veredeling) en prijs zeer welkom.

Noot:

Het instellen van een begeleidingscommissie is een goede zaak. De begeleidingscommissie moet zich gedurende de loop van het onderzoek richten op de vraag waar de toegezegde financiering het best ingezet kan worden. Dat betekent dus afhankelijk van de ontwikkelingen, binnen het budget, verschuivingen in het onderzoek doorvoeren. Maar als dit betekent het doorvoeren van bezuinigingen op de financiering van het onderzoek, dan blijven er vragen en knelpunten onopgelost, doordat er geen info over beschikbaar komt. Hierdoor zijn binnen dit onderzoek oogstmethodiek en ervaringen met het product bij de centrale onvoldoende uitgevoerd.