

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse overheid - Landbouw en Visserij

Burg. Van Gansberghelaan 96 bus 1

9820 Merelbeke, België

Tel. 09 272 25 00 - Fax 09 272 25 01

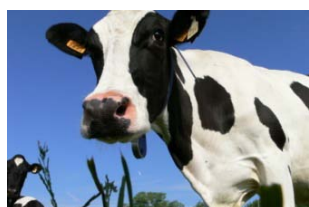
E-mail: ilvo@ilvo.vlaanderen.be

<http://www.ilvo.vlaanderen.be>

DIRECTIE

Mededeling ILVO nr 61

Themanummer Nieuwsgolf mei 2009 Samen naar rationeel energiegebruik in land- en tuinbouw



Juni 2009

Samenstelling:

Hilde MUYLLE

Karin VAN PETEGHEM

Johan VAN WAES

Vlaamse overheid



Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse overheid - Landbouw en Visserij
Burg. Van Gansberghelaan 96 bus 1
9820 Merelbeke, België
Tel. 09 272 25 00 - Fax 09 272 25 01
E-mail: ilvo@ilvo.vlaanderen.be
<http://www.ilvo.vlaanderen.be>

DIRECTIE

Mededeling ILVO nr 61

Themanummer Nieuwsgolf mei 2009 Samen naar rationeel energiegebruik in land- en tuinbouw

Juni 2009

Samenstelling:

Hilde MUYLLE

Karin VAN PETEGHEM

Johan VAN WAES

Directie

Burgemeester Van Gansberghelaan 96
B-9820 Merelbeke
tel. 09 272 25 00 – fax. 09 272 25 01
e-mail: ilvo@ilvo.vlaanderen.be
<http://www.ilvo.vlaanderen.be>

INHOUD

1.	Voorwoord	9
2.	Productie en gebruik van biomassa voor energie.....	11
2.1.	Energieteelten als bron van biomassa voor bio-energie productie.....	12
1.	Inleiding	12
2.	Biomassa productie bij eenjarige voedergewassen	13
3.	Biomassa productie bij blijvend grasland.....	15
4.	Biomassa productie bij houtige teelten.....	17
5.	Besluit.....	20
2.2.	Rassenproeven met energiemais.....	21
1.	Proefopzet	21
2.	Resultaten en bespreking.....	22
3.	Besluit.....	28
2.3.	Brachypodium als model voor energiegrassen.....	30
1.	Introductie	30
2.	<i>Brachypodium distachyon</i>	30
3.	Celwandverteerbaarheid.....	31
2.4.	Gebruik van kennis uit <i>Arabidopsis</i> om de zaadopbrengst in koolzaad te verhogen.....	33
2.5.	Nevenstromen bij bio-energieproductie in de veevoeding.....	34
1.	Voederwaarde van koolzaadbijproducten en gebruik in de veevoeding.....	36
2.	Voederwaarde van glycerol en gebruik in de veevoeding	42
3.	Voederwaarde van DDGS en gebruik in de veevoeding.....	45
2.6.	Biochar: bodemverbetering en koolstofopslag.....	53
1.	Biochar als bodemverbeteraar	54
2.	Biochar: een wondermiddel?	55
3.	Directe en indirecte energiebesparing in land- en tuinbouw	57
3.1.	Indirect energieverbruik verlagen in dierlijke productiesystemen.....	58
1.	Inleiding	58
2.	Besparingen door zootechnische maatregelen.....	58
3.	Besparingen door voedertechnische maatregelen	59
4.	Besparingen door een beter management	67
5.	Besluiten.....	70

3.2.	Vergelijking lokale en internationale productiesystemen in de varkenshouderij.....	71
3.3.	Doorlichting van het energieverbruik van landbouwbedrijven met de duurzaamheidsster.....	72
1.	Inleiding	72
2.	Energieverbruik van landbouwbedrijven	72
3.	Evaluatie van het energieverbruik m.b.v. de duurzaamheidsster.....	74
4.	Besluit	77
3.4.	Klimaatbeheersing en milieubeveiliging bij agrarische gebouwen.....	78
1.	Situering van het onderzoeksveld	78
2.	Algemene onderzoeksvisie	79
3.	Concrete onderzoeksaanpak	80
3.5.	Code van goede praktijk voor het energie-efficiënt gebruik van mechanische ventilatie in de intensieve veehouderij (EnerVent).....	82
1.	Achtergrond van het project	82
2.	Projectaanpak.....	83
3.6.	Onderzoek naar het optimaal gebruik van natuurlijke ventilatie in agrarische gebouwen (NatVent).....	84
1.	Situering.....	84
2.	Aanpak.....	84
3.7.	Onderzoek naar innovatieve technieken voor exergie-efficiënte kassystemen (ExeKas).....	88
1.	Situering.....	88
2.	De alternatieve onderzoeksstrategie	88
3.	De in te zetten en te onderzoeken technieken	89
3.8.	Milieuscenario's voor de glastuinbouw 2030.....	91
1.	Aanpak.....	91
2.	Eindrapport.....	92
3.9.	Model voor energieverbruik in de landbouw door niet voor de openbare weg bestemde mobiele machines (OFFREM).....	93
1.	Achtergrond van het project	93
2.	Modelberekeningen voor energieverbruik van de landbouwsector	94
3.	Resultaten en bespreking	98
4.	Insteek vanuit het departement Landbouw & Visserij.....	101
4.1.	Inleiding.....	101

4.2. Energie, een belangrijke productie- en kostenfactor binnen de Vlaamse land- en tuinbouwsector.....	102
4.3. Het Vlaamse Klimaatbeleidsplan (VKP) 2006-2012 als kapstok voor het huidige klimaat- en energiebeleid.....	104
4.4. Specifieke doelstellingen voor groene stroom, warmtekrachtkoppeling en biobrandstoffen ingevolge de Europese richtlijnen.....	106
4.5. Investerings door de Vlaamse land- en tuinbouw anno 2008.....	108
4.6. Nog veel groeipotentieel	111
4.7. ... ook voor land- en tuinbouw.....	112
4.8. Nood aan structureel onderzoek en pilootprojecten voor land- en tuinbouwtoepassingen.....	113
4.9. Bijkomende uitdaging voor de land- en tuinbouwsector ... aanpassing aan de klimaatverandering.....	113
4.10. Besluit.....	114



1. VOORWOORD

De wereldwijde energieproblematiek treft ook de Vlaamse Land- en Tuinbouw. Recent werd de sector geconfronteerd met zeer hoge energieprijzen. Wat brengt de toekomst? Er zal meer en meer nood zijn aan alternatieve energieopwekking en een efficiënter energiegebruik.

Aan het ILVO lopen verschillende onderzoeksprojecten die een antwoord proberen te bieden aan deze problematiek. Dit onderzoek is ingebed in de vier eenheden (Dier, Landbouw & Maatschappij, Plant, Technologie & Voeding).

Een interne werkgroep binnen het ILVO brengt onderzoekers die in deze problematiek onderzoek voeren samen. Over de eenheden worden er nieuwe projectvoorstellen en samenwerking met de academische wereld, de sector, het beleid uitgewerkt. De werkgroep vertegenwoordigt het ILVO in verschillende organisaties rond duurzaam energiegebruik (ODE, VALBIOM, GBEV, ...). Met het oog op een performante communicatie van de onderzoeksresultaten naar de verschillende stakeholders werd voorgesteld om de resultaten op een studiedag voor te stellen en nadien te bundelen in een themanummer – nieuwsgolf, die via de ILVO-website verspreid wordt.

De diverse stakeholders, betrokken bij de problematiek rond energie, zullen naast gegevens over onderzoek, op een accurate wijze geïnformeerd worden over de meest recente wetgeving en beleidsmaatregelen. Ook deze facetten komen aan bod, zowel in de studiedag als het themanummer.

In het eerste deel wordt aandacht besteed aan de productie en gebruik van biomassa voor energie.

Het tweede deel handelt over directe en indirecte energiebesparing in land- en tuinbouw.

Dit themanummer wordt tot slot aangevuld met een insteek vanuit het beleidsdomein (Koen Holmstock) met informatie over beleidsplanning en concrete maatregelen.

Werkten mee aan dit themanummer:

Eenheid Dier:

Johan De Boever

joan.deboever@ilvo.vlaanderen.be

Daniël De Brabander

daniel.debrabander@ilvo.vlaanderen.be

Sam De Campeneere

sam.decampeneere@ilvo.vlaanderen.be

Leo Fiems

leo.fiems@ilvo.vlaanderen.be

Sam Millet

sam.millet@ilvo.vlaanderen.be

Eenheid Plant:

Joost Baert

joost.baert@ilvo.vlaanderen.be

Lucien Carlier

lucien.carlier@ilvo.vlaanderen.be

Barbara Chaves

barbara.chaves@ilvo.vlaanderen.be

Alex De Vliegheer

alex.devliegheer@ilvo.vlaanderen.be

Hilde Muylle

hilde.muylle@ilvo.vlaanderen.be

Greet Ruysschaert

greet.ruysschaert@ilvo.vlaanderen.be

Inge Van Daele

inge.vandaele@ilvo.vlaanderen.be

Steven Van Hulle

steven.vanhulle@ilvo.vlaanderen.be

Eenheid Landbouw & Maatschappij:

Karen De Mey

karen.demey@ilvo.vlaanderen.be

Karoline D'Haene

karoline.dhaene@ilvo.vlaanderen.be

Bert Vander Vennet

bert.vandervennet@ilvo.vlaanderen.be

Hilde Wustenberghs

hilde.wustenberghs@ilvo.vlaanderen.be

Eenheid Technologie&Voeding:

Filip Bronchart

filip.bronchart@ilvo.vlaanderen.be

Peter Demeyer

peter.demeyer@ilvo.vlaanderen.be

Merlijn De Paepe

merlijn.depaepe@ilvo.vlaanderen.be

Martijn D'Hoop

martijn.dhoop@ilvo.vlaanderen.be

Veerle Van linden

veerle.vanlinden@ilvo.vlaanderen.be

Departement Landbouw&Visserij:

Koenraad Holmstock

koenraad.holmstock@lv.vlaanderen.be

2. PRODUCTIE EN GEBRUIK VAN BIOMASSA VOOR ENERGIE.

Energiegewassen zijn gewassen die speciaal geteeld worden om energie uit biomassa op te wekken. Via verschillende wegen kan deze biomassa omgezet worden naar bio-energie. Voor Vlaanderen komt o.a. biodieselproductie uit koolzaad (Veerle Van linden) in aanmerking, eenjarige of meerjarige teelten voor biogas productie en meerjarige houtige teelten (Hilde Muylle) voor verbranding of bio-ethanol productie. In een vergelijkende opbrengstproef (Joost Baert – Alex De Vliegheer – Hilde Muylle) worden verschillende eenjarige en meerjarige energiegewassen beproefd naar biomassaopbrengst.

Het gebruik van de biomassa voor energieopwekking is een relatief nieuwe valorisatie van de biomassa. De huidige gebruikte rassen (o.a. bij maïs) zijn niet veredeld of geëvalueerd met deze doeleinden in het verschiët. Welke criteria (Barbara Chaves) zijn belangrijk in de veredeling of rassenproeven van energiegewassen? Dit wordt voor maïs toegelicht.

Modelplanten als Brachypodium (voor grasachtigen) (Steven Van Hulle) en Arabidopsis (voor o.a. koolzaad) (Inge Van Daele) worden in het onderzoek ingeschakeld om kennis van de genetische achtergrond van planteigenschappen, die belangrijk zijn in bio-energieproductie te bestuderen. Dit is o.a. over de celwandsamenstelling bij grasachtigen en de zaadopbrengst bij koolzaad. Het doel is deze kennis te transfereren naar de gerelateerde gewassen.

Bij de productie van bio-energie uit biomassa ontstaan ook nevenstromen die geschikt zijn voor valorisatie als veevoeder (Johan De Boever) (koolzaadkoek (Johan De Boever, glycerol (Johan De Boever) en DDGS (Johan De Boever) of bodemverbeteraar en koolstofopslag (Greet Ruysschaert) (biochar).

2.1. ENERGIETEELTEN ALS BRON VAN BIOMASSA VOOR BIO-ENERGIE PRODUCTIE

1. Inleiding

12

De vraag naar energie zal op lange termijn blijven stijgen door een steeds groeiende wereldbevolking, maar de olie- en gasreserves worden kleiner en moeilijker exploiteerbaar. Door het gebruik van fossiele brandstoffen zoals steenkool, aardgas en olie, worden grote hoeveelheden CO₂ geproduceerd. Dit draagt bij tot de opwarming van de aarde en de klimaatsverandering. Het logische antwoord op deze tendensen is een omschakeling naar een duurzame energiebevoorrading. Energie moet gehaald worden uit andere bronnen dan fossiele brandstoffen. Hiervoor komen zonne-energie, wind en biomassa in aanmerking.

Energieteelten kunnen een bron zijn van biomassa. Verschillende teelten komen hiervoor in aanmerking. Momenteel wordt al uit olie-, suiker- of zetmeelhoudende gewassen bio-energie gewonnen o.a. onder de vorm van pure plantaardige olie, biodiesel, bio-ethanol of biogas. Ook het verbranden van houtige biomassa is een belangrijke vorm van hernieuwbare energie.

De vele mogelijke energieteelten en de verschillende omzettingmogelijkheden heeft binnen het ILVO geleid tot het opzetten van een vergelijkende opbrengstproef (fig. 1). Eenjarige teelten en blijvend grasland bestemd voor biogasproductie worden vergeleken, alsook blijvend grasland en houtige teelten bestemd voor verbranding of tweede generatie cellulose-ethanol.



Figuur 1: Luchtfoto's van de vergelijkende opbrengstproef in september 2007, 5 maanden na aanleg: eenjarige teelten, blijvend grasland en houtige teelten

Omwille van de homogeniteit van de proef wordt, indien nodig, enkel bemest met minerale meststoffen enerzijds aan de maximaal toegelaten hoeveelheid en anderzijds aan een gereduceerde hoeveelheid.

Bij de eenjarige teelten worden verschillende rotatieschema's uitgetest. Bij blijvend grasland worden naast enkele weidegrassoorten ook een mengsel met klavers getest. Bij de houtige teelten worden voornamelijk snelgroeiende grassen vergeleken met kortetomloophout – wilg (KOH).

Deze proef werd aangelegd in het voorjaar 2007 en wordt gedurende 5 jaar opgevolgd. Biomassaopbrengsten worden bepaald alsook zal de vergistbaarheid, verbrandingswaarde en saccharifieerbaarheid van de biomassa naargelang de toepassing in biogasproductie, verbranding of cellulose-bio-ethanol respectievelijk.

2. Biomassa productie bij eenjarige voedergewassen

Bij de eenjarige voedergewassen wordt een continueelt van maïs , gevolgd door rogge vergeleken met een 3-jarige rotatie: maïs – Italiaans raaigras – sorghum (tabel 1) en dit bij 2 N-bemestingsniveaus (tabel 2).

13



Figuur 2: Eenjarige teelten voor energiewinning, september 2007 : Sorghum sudanense, Sorghum bicolor en energiemaïs.

In Vlaanderen is het niet meer dan logisch om maïs in een teeltplan op te nemen in het kader van bio-energie productie. Opbrengst, samenstelling, bewaarbaarheid van de ingekuilde maïs en de aanwezigheid van teeltkennis onder onze landbouwers zijn belangrijke troeven van dit gewas. Maïs wordt dikwijls in (quasi) monocultuur geteeld. Rogge wordt als bodembedekker en N-vanggewas ingezaaid. Italiaans raaigras is als kortlopend tijdelijk grasland zeer geschikt evenals sorghum na een voorjaarsnede gras omwille van zijn efficiënt watergebruik. Er werden 2 rassen per gewas ingezaaid.

Tabel 1: overzicht van de objecten per jaar in de vergelijking maïs monocultuur met een 3-jarige rotatie

2007- voorperiode	2008	2009	2010
maïs + rogge	maïs + rogge	maïs + rogge	maïs + rogge
maïs+ ital. raaigras	Italiaans raaigras	Ital. raaigr.+sorghum + rogge	rogge+maïs+Ital. raaigras
sorghum + rogge	rogge+maïs+Ital. raaigras	Italiaans raaigras	Ital. raaigr.+sorghum + rogge
Italiaans raaigras	Ital. raaigr.+sorghum + rogge	rogge+maïs+Ital. raaigras	Italiaans raaigras

De N-bemesting is aangepast aan het gewas en beperkt tot wat maximaal mag toegediend worden onder de vorm van scheikundige meststoffen in regelgeving van het mestdecreet:

Tabel 2: Overzicht van N- bemesting (in kg ha⁻¹) bij de eenjarige teelten in de proef.

Object	N _{Hoog}	N _{Laag}
maïs + rogge	150	90
rogge+maïs+Ital. raaigras	150	90
Italiaans raaigras	250	150
Ital. raaigr.+sorghum + rogge	55+120	33+72

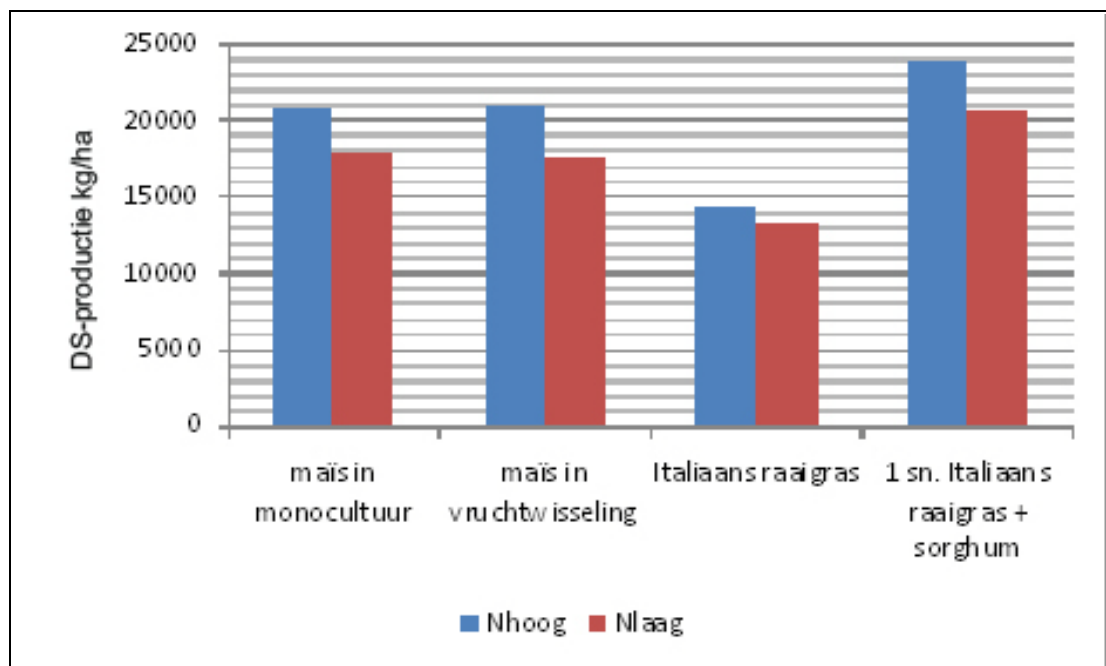
Resultaten 2008:

Zowel bij de relatief hoge als bij de lage N-bemesting behaalde het object '1 snede Italiaans raaigras , gevolgd door sorghum' de hoogst opbrengst (resp. 23.92 en 20.44 ton DS/ha). Hierbij leverde Italiaans raaigras resp. 7.33 en 5.93 ton DS/ha op. De sorghum variëteiten , gezaaid op 28 mei en geoogst op 15 oktober, haalden een DS-gehalte tussen 25.3 en 27.0 %. Dit was onvoldoende om zonder sapverliezen in te kuilen. Vroeger zaaien en later oogsten is de boodschap.

De maïs in continueelt had dezelfde opbrengsten als maïs in rotatie omdat we pas in het begin van de proefperiode zijn: gemiddeld 20.85 en 17.66 ton DS/ha voor de relatief hoge en lage N- bemesting (zaai 7 mei en oogst 3 oktober). Het ras 'Atletico' had in 2008 een DS-gehalte van 31% en haalde de drempel van 28 à 30% die wordt gesteld om sapverliezen te vermijden. Het ras 'KWS 1393' haalde deze drempel net niet: 27.5%. Later oogsten was hier wenselijk. Er is geen verschil in Droge stof-opbrengst tussen beide rassen.

Italiaans raaigras (4 sneden) behaalde de laagste opbrengst: gemiddeld 14.23 en 13.17 ton DS/ha bij een N-bemesting van resp. 250 en 150 kg /ha. De respons op de hogere N-bemesting was beneden de verwachtingen. Het diploïd ras 'Melclips' had een duidelijk hoger DS-gehalte dan het tetraploïde ras 'Gemini' (een verschil van 2 % eenheden) maar de opbrengsten waren sterk vergelijkbaar.

Bij Italiaans raaigras had een hogere N-bemesting een negatief effect op het DS-gehalte; bij de andere gewassen niet.



Figuur 3: DS productie van eenjarige teelten in productiejaar 2008.

3. Biomassa productie bij blijvend grasland

Blijvend grasland, bestaande uit soorten aan ons klimaat aangepast, is ruim toepasbaar. Omwille van de eenmalige uitzaai is het goedkoop in aanleg. Het blijvend karakter zorgt voor een permanente grondbedekking. Gewasbeschermingsmiddelen zijn nauwelijks nodig. Het meermalig maaien en oogsten verhogen echter de kostprijs. Een meer extensieve uitbating met minder maaisneden kan de kostprijs drukken.

In een 5 jaar durende proef in 3 parallellen vergelijken we de opbrengst en kwaliteit van 4 grassoorten bij 2 stikstofbemestingsniveaus en 3 maaisneden per jaar. De grassoorten worden onderling vergeleken en eveneens met eenjarige gewassen en meerjarige houtige soorten.

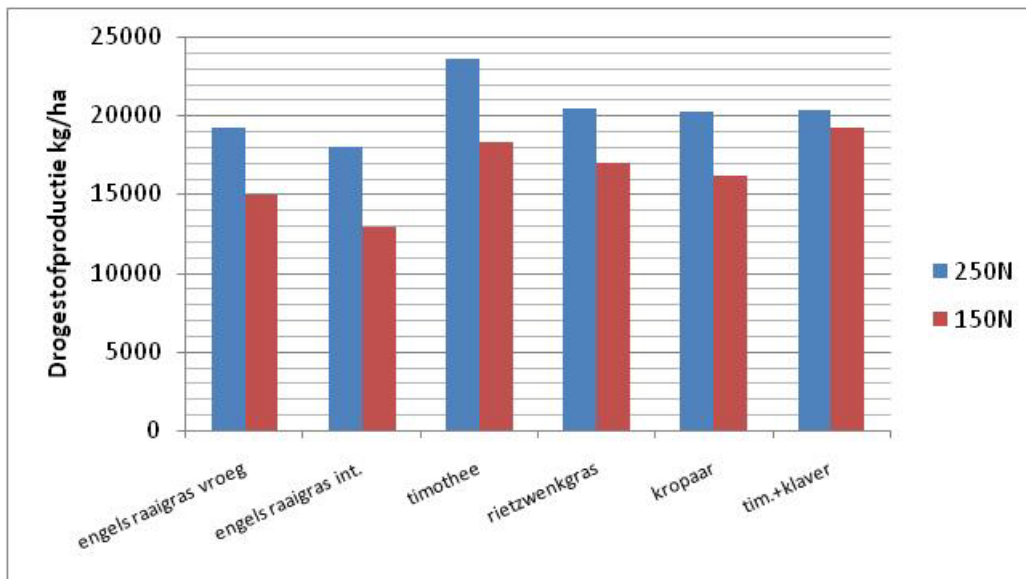
De 4 grassoorten (figuur 4) zijn: Engels raaigras (vroeg cultivar 'Rebecca' en tussentype 'Plenty'), timothee (cv. 'Comer'), rietzwenkgras (cv. 'Barolex'), kropbaar (cv. 'Cristobal'). Tevens werd een mengsel van timothee (cv. 'Comer') met rode (cv. 'Merviot') en witte klaver (cv. Merwi) uitgezaaid. De jaarlijkse N-bemestingsniveaus bedragen 250 en 150 kg

N/ha/jaar waarvan 45 % voor de eerste snede, 35 % voor de 2^e snede en 20% voor de 3^e snede. Er wordt gemaaid rond half mei, half juli en half september.



Figuur 4: Grassoorten in proef

De proef werd aangelegd in 2007 en in 2008 voor het eerst gedurende een volledig seizoen geoogst. De drogestofopbrengsten in 2008 zijn weergegeven in figuur 5. Bij 250 N bedroeg de gemiddelde opbrengst 20.2 t droge stof per ha, bij 150 N was dit 16.4 t. De helft van de opbrengst werd geoogst in de eerste snede. Timothee was de productiefste soort bij 250 N (23.6 t DS/ha). Bij 150 N haalde het mengsel van timothee met rode en witte klaver de hoogste opbrengst (19.2 t DS/ha). In beide gevallen was het tussentype van Engels raaigras het minst productief. Het drogestofgehalte bij de lage N bemesting was ruim 1 eenheid hoger dan bij de hoge N bemesting en bedroeg resp. 23.5 en 22.4 % in de eerste snede, 25.6 en 23.7 % in de tweede snede en 26.3 en 24.5 % in de derde snede. Het vroeg Engels raaigras had telkens het hoogste drogestofgehalte.



Figuur 5: Drogestofproductie van Engels raaigras (vroeg en tussentype), timothee, rietzwenkgras, kropaar en mengsel van timothee met witte en rode klaver bij 250 en 150 kg N/ha/jaar in 2008.

Bij een beperkt aantal sneden kan een hoge drogestofopbrengst met blijvend grasland gehaald worden. Onder extensieve uitbating scoren timothee, al dan niet in mengsel met klaver, en rietzwenkgras beter dan Engels raaigras. De vergistbaarheid wordt verder onderzocht.

4. Biomassa productie bij houtige teelten

Snelgroeïende grassen leveren biomassa die kan aangewend worden voor verbranding of voor fermentatie tot cellulose-bio-ethanol. Vijf verschillende houtige teelten worden in een vijfjarige proef vergeleken naar biomassa opbrengst. Tevens worden ze in parallel vergeleken met eenjarige teelten en meerjarig grasland. De houtige teelten (figuur 6) die opgenomen zijn in de proef zijn : olifantengras (*Miscanthus* spp.), vingergras (*Panicum virgatum*), rietgras (*Phalaris arundinacea*), riet (*Phragmites australis*) en korteomloophout (KOH)-wilg.



Figuur 6: Houtige teelten: augustus 2008 (KOH-wilg, rietgras, vingergras en *Miscanthus x giganteus*)

Olifantengras (*Miscanthus* spp.) vindt zijn oorsprong in Oost-Azië en is een C4 gras. Planten met een C4 fotosynthese systeem (bv. maïs) hebben in onze streken vooral in de zomer een snellere biomassa groei dan planten met een C3 fotosynthesesysteem (bv. raaigras, tarwe,...). Olifantengras is een meerjarig gras, vermeerderd met rhizomen. Er kan jaarlijks geoogst worden en dat gedurende 10 tot 15 jaar.

Vingergras (*Panicum virgatum*) is net als *Miscanthus* een meerjarig C4 gras met een hoge biomassaproductie. Het kan vermeerderd worden via rhizomen, maar ook via zaden. Het wordt éénmaal per jaar geoogst en dat gedurende 10 tot 12 jaar.

Riet (*Phragmites australis*) komt in Vlaanderen vooral voor langs waterkanten of op drassige gronden. Deze plant kent zijn toepassingen op diverse gebieden zoals waterzuivering maar ook als dakbedekking. Het is een meerjarig C3 gras en wordt vermeerderd met rhizomen.

Rietgras (*Phalaris arundinacea*) is net als riet een C3 gras. Het kan aangelegd worden met rhizomen of door inzaai. Het kan meerdere keren per jaar geoogst worden en dat 5 à 7 jaar.

Wilgplantages worden aangelegd voor minimum twintig jaar. In de uitbating als kortedraaihout (KOH) wordt om de 3 jaar geoogst. De aanplant gebeurt met stekken of witten.

In de proef werden 2 types *Miscanthus* (*Miscanthus x giganteus* en *Miscanthus sinensis*), 2 rassen vingergras (cv. 'Cave in Rock' en cv. 'Kanlow'), 2 rassen rietgras (cv. 'Bamse' en cv. 'Palaton'), riet en wilg (cv. 'Belgisch rood') opgenomen. De proef wordt ieder jaar in het voorjaar geoogst met uitzondering van wilg die pas na 3 jaar geoogst wordt. In de praktijk wordt geen bemesting toegepast in deze teelten, gezien door de bladval gedurende de winter nutriënten grotendeels teruggevoerd worden naar de bodem.



Figuur 7: houtige teelten februari 2009 : rietgras, vingergras en *Miscanthus x giganteus*

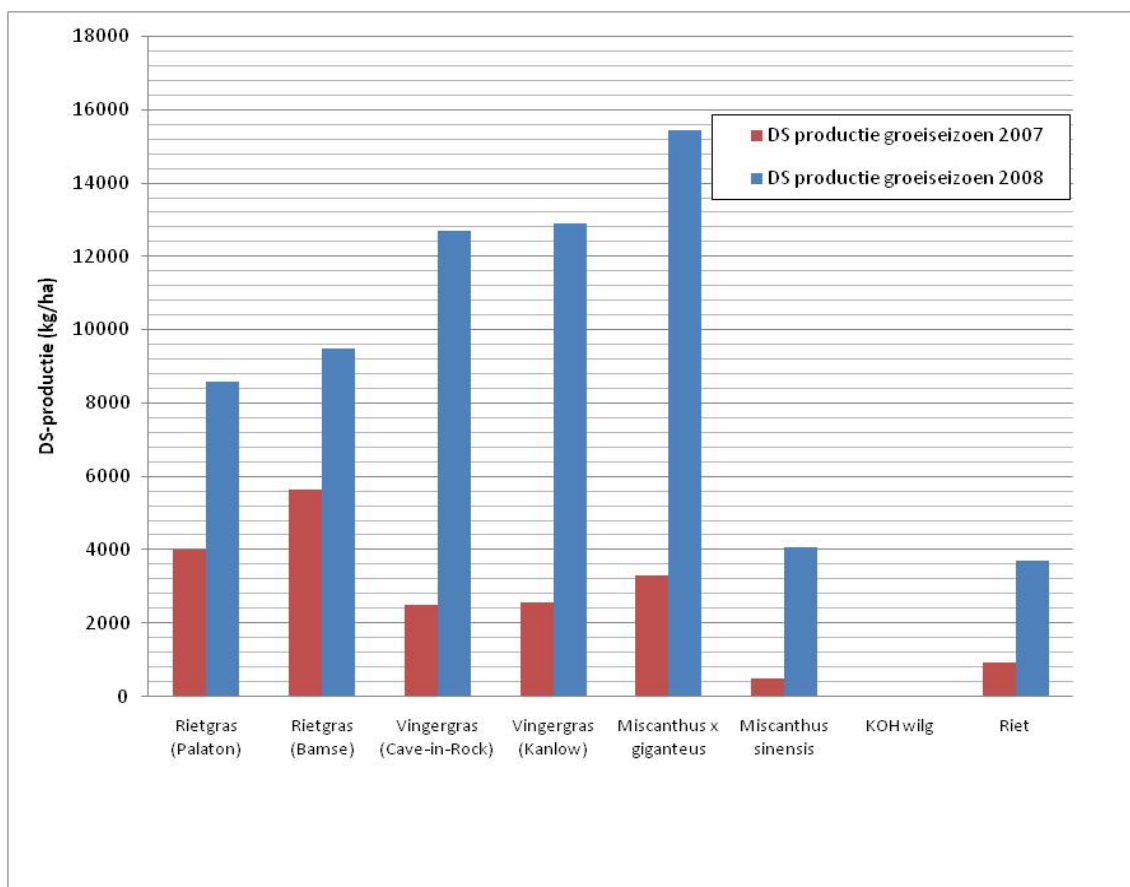
De proef werd aangelegd in mei 2007; de eerste oogst gebeurde in maart 2008 en februari 2009 een tweede maal. De DS opbrengsten van het groeiseizoen 2007 en 2008 worden weergegeven in figuur 8. In het groeiseizoen 2007, werden de hoogste opbrengsten (4,00 en 5,63 ton DS/ha) bekomen met rietgras. In het groeiseizoen 2008 werden 15,43 ton DS/ha gehaald met *Miscanthus x giganteus*.

Vingergras installeert zich het snelst en haalt in het eerste jaar de hoogste productie, maar verliest deze voorsprong in het tweede jaar. De andere teelten komen pas tot een

betekenisvolle productie in het tweede jaar na aanleg. *Miscanthus x giganteus* haalt hierbij de hoogste DS opbrengst.

De DS gehalten in seizoen 2007 varieerden van 62% voor rietgras tot 80% voor vingergras cv. 'Cave in Rock', 80% voor *Miscanthus sinensis* en 81 % voor riet. Het DS gehalte is in het tweede jaar na aanleg hoger dan 72% behalve voor rietgras. Dit is vooral te wijten aan het feit dat rietgras zijn bladeren niet verloren had bij de oogst en het een heel dicht gewas betreft dat moeilijk droogt.

De proef wordt nog 3 jaar verder opgevolgd naar biomassaproductie en verder wordt de biomassa ook gekarakteriseerd naar saccharifieerbaarheid met oog op fermentatie tot bio-ethanol.



Figuur 8: Drogestof productie groeiseizoen 2007 (installatiejaar) en 2008 (2^e jaars oogst) van houtige teelten. Wilg wordt pas geoogst in het derde jaar na installatie.

5. Besluit

Deze vergelijkende opbrengstproeven werden aangelegd op een wijze dat de opbrengstcijfers van de diverse gewassen onderling vergelijkbaar zijn.

Maïs haalde bij een stikstofbemesting van 150 eenheden per ha een drogestof opbrengst van 20.9 t per ha. Deze opbrengst is hoger dan van de eenjarige en blijvend graslandsoorten bij eenzelfde bemesting. De opbrengst van het mengsel timothee met rode klaver (19.2 t) komt in de buurt. Nog dichterbij komt de opbrengst van de combinatie Italiaans raaigras gevolgd door sorghum (20.4 t) bij een lagere bemesting (105 eenheden N).

De hoogste opbrengst (23.9 t) werd behaald door dezelfde combinatie Italiaans raaigras met daarna sorghum bij een N-bemesting van 175 N per ha. Een vergelijkbare opbrengst (23.6 t) bekomen we met timothee bij 250 eenheden N in 3 sneden. Bij de houtige gewassen haalt *Miscanthus x giganteus* de hoogste opbrengst (15.4 t) in het jaar na installatie en dit bij een eenmalige oogst met een drogestofgehalte van 80 % zonder N bemesting.

Dit zijn uiteraard enkel opbrengstcijfers van 1 jaar. Een kostprijsberekening op langere termijn waarbij naast aanleg, teelt en oogst ook samenstelling en bewaring in rekening gebracht worden zal een beeld geven van het potentieel van elk van de beschreven gewassen voor energiewinning.

Contactpersonen: Hilde Muylle, Alex De Vlieghe, Steven Van Hulle en Joost Baert

2.2. RASSENPROEVEN MET ENERGIEMAÏS

Barbara Chaves¹, Greet Ghekiere², Gert Van de Ven³

¹ILVO, Plant, Teelt en Omgeving, Burg. Van Gansberghelaan 109, 9820 Merelbeke; ²POVLT, Ieperseweg 87, 8800 Rumbeke; ³HOOIBEKHOEVE, Hooibeeksedijk 1, 2440 Geel

Energiemaïs is op dit ogenblik het belangrijkste landbouwgewas dat - zij het op beperkte schaal - wordt ingezet voor biogasproductie in Vlaanderen. Momenteel zijn in Vlaanderen zijn 19 biogasinstallaties operationeel, waarvan 11 in landbouwgebied. In het systeem van co-vergisting wordt meestal ingekuilde maïs gebruikt om samen met dierlijke mest en biologisch afval vergist te worden. Het areaal energimaïs bedroeg in 2008 in Vlaanderen ongeveer 1300 ha (www.biogas-e.be). Belangrijke parameters bij de rassenkeuze van energimaïs zijn (in dalende orde van belangrijkheid): opbrengstpotentieel, vroegrijpheid, legervastheid, stengelrot en jeugdgroei. Bij de teelt van energimaïs is het van groot belang om een maximale drogestof opbrengst per ha te realiseren, in combinatie met bepaalde kwaliteitseisen waaraan de ingekuilde maïs moet voldoen om goed te bewaren en een maximale energieproductie mogelijk te maken (Fiems et al., 2008)

In 2007 en 2008 werden verschillende maïsrassen, die door de zaadhuizen binnen Vlaanderen naar voor geschoven worden als mogelijks interessant voor vergisting, onderling vergeleken. Energiemaïsrassen zijn in principe rassen die specifiek tot dat doel geselecteerd worden of die normaal in onze regio niet aangeboden worden binnen het assortiment voedermaïs omwille van te late afrijping gecombineerd met onvoldoende kwaliteit (kolfvulling). De rassenproeven werden in kader van het Landbouwcentrum voor Voedergewassen op drie locaties in Vlaanderen aangelegd: Merelbeke - uitgevoerd door het ILVO, Beitem - uitgevoerd door het POVLT en Geel - uitgevoerd door de Hooibeekhoeve.

21

1. Proefopzet

De drie rassenproeven werden aangelegd als volledige blokkenproeven in vier parallellen, overeenkomstig met het LCV-protocol. De teeltgegevens worden weergegeven in Tabel 1 en 2. De mandatarissen en verdelers, actief in Vlaanderen, werden uitgenodigd om rassen met een potentie als energiegewas voor vergisting, aan te bieden. In de proeven werden ook enkele rassen opgenomen die tot het segment late kuilmaïs behoren, zoals Aarley, Anjou 277, Atletico, PR38H20, PR39F58, Saari, Subito. Enkel de rassen die op alle drie de locaties werden uitgezaaid en geoogst, worden besproken in dit artikel. De rassen worden weergegeven in Tabel 3.

Gedurende het groeiseizoen werden volgende parameters waargenomen:

- ❖ Jeugdgroei (visueel gescoord in schaal van 1 tot 9, met 9: heel goed, 1: heel slecht; waargenomen in 5-6 bladstadium)
- ❖ Bloei (datum van 50% vrouwelijk bloei)
- ❖ Plantlengte (in cm, waargenomen na de bloei)

- ❖ Legering, stengelrot, builenbrand (percentage aangetaste planten, waargenomen net voor de oogst)
- ❖ *Helminthosporium* (visueel gescoord in schaal van 1 tot 9, met 9: heel goed, 1: heel slecht; waargenomen op moment dat de verschillen tussen de rassen het grootst waren)
- ❖ DS-gehalte in de totale plant (%) bij oogst
- ❖ DS-opbrengst (kg/ha)
- ❖ Verteerbaarheid en zetmeel (%) (uitgevoerd door het referentielabo voor Plant en Bodem, ILVO, Plant, Teelt en Omgeving; op basis van NIRS, referentiemethode voor zetmeel: ISO 6493; referentiemethode voor verteerbaarheid is afgeleid van De Boever et al, 1988, Anim. Feed Sci. Technol., 19, 247-260)

Tabel 1: Teeltgegevens van de rassenproeven met energimaïs in 2007

Gegevens	Beitem	Geel	Merelbeke
Grondsoort	Lichte zandleem	Lemig zand	Zandleem
Voortelt	Prei	Kuilmaïs	Graszaad
Zaaidatum	23 april 2007	25 april 2007	8 mei 2007
Oogstdatum	18 oktober 2007	15 oktober 2007	21 oktober 2007
Aantal groeidagen	135	173	168
Standdichtheid	100.000	100.000	100.000
Bemesting	135 kg N / ha	214 kg N /ha	150 kg / ha

Tabel 2: Teeltgegevens van de rassenproeven met energimaïs in 2008

Gegevens	Beitem	Geel	Merelbeke
Grondsoort	Lichte zandleem	Lemig zand	Zandleem
Voortelt	Sorghum	Kuilmaïs	Vlas
Zaaidatum	23 april 2008	5 mei 2008	6 mei 2008
Oogstdatum	8 oktober 2008	9 oktober 2008	27 oktober 2008
Aantal groeidagen	168	156	174
Standdichtheid	100.000	100.000	100.000
Bemesting	150 kg N / ha	150 kg N /ha	165 kg / ha

2. Resultaten en bespreking

1. Jeugdgroei, bloei en plantlengte

Voor een zo hoog mogelijke opbrengst is een gewas vereist met een vlotte jeugdgroei. Deze laatste kan in sterke mate beïnvloed worden door de zaadkwaliteit, maar daarnaast is er ook een duidelijke rasinvloed. Bij een vroegere zaai zijn duidelijk grotere verschillen in jeugdgroei tussen de energimaïsrasen, zoals in 2007 op de locaties Beitem en Geel en in 2008 op de locatie Beitem werd waargenomen (Tabel 4). Zeker bij een vroegere zaai (tweede helft april) is het aan te raden om een ras met een goede jeugdgroei te kiezen. Om hun potentieel te kunnen halen is het belangrijk dat energimaïsrasen vroeg genoeg

uitgezaaid worden. De beste zaaitijd voor laat afrijpende energiemaïsrassen, onder Belgische omstandigheden, is tussen 20 april en 1 mei. Bij een vroege zaai kan er in lichte gronden, die snel opwarmen, een snelle opkomst zijn en bestaat het gevaar voor schade door nachtvorst in het late voorjaar. Vandaar het belang van rassen met een goede tolerantie tegen koude.

Tabel 3: Maïsrassen getest als energiemaïs in 2007 en 2008

jaar	Ras	Jaar opname Europese Rassenlijst	Mandataris of verdeler	jaar	Ras	Jaar opname Europese Rassenlijst	Mandataris of verdeler
2007	Aarley	EU(2006)	Limagrain	2008	AABSOLUT	EU (2008)	Limagrain Belgium
2007	Anjou 277	EU(2005)	Aveve	2008	ATLETICO	EU (2006)	KWS
2007	Anjou 290	EU(2004)	Aveve	2008	CANNAVARO	EU (2008)	KWS
2007	Atletico	EU(2006)	KWS	2008	DKC 5542	EU (2004)	Monsanto
2007	Bebop	EU(2006)	Maisadour	2008	ES IMANOL	EU (2007)	Clovis Matton
2007	Chatillon	EU(2006)	Limagrain	2008	LG 3320	EU (2006)	Clovis Matton
2007	DKC 5542	EU(2004)	Monsanto	2008	PR38H20	EU (2003)	Pioneer
2007	Francisco	EU(2005)	KWS	2008	SAARI	EU (2006)	Verla-Seeds
2007	KWS 1393	EU(2004)	KWS	2008	SUBITO	EU (2006)	Philip Seeds
2007	Laxxot	EU(2004)	Verlaseeds	2008	SUMARIS	EU (2008)	Barenbrug
2007	LG3303	EU(2002)	Clovis Matton	2008	TAXXI	EU (2007)	Philip Seeds
2007	LG3330	EU(2005)	Clovis Matton	-	-	-	-
2007	PR34B39	EU(2005)	Pioneer	-	-	-	-
2007	PR38H20	EU(2003)	Pioneer	-	-	-	-
2007	PR39F58	EU(2003)	Pioneer	-	-	-	-
2007	Saari	EU(2006)	Verlaseeds	-	-	-	-

De bloeidata voor de locaties Beitem en Merelbeke worden weergegeven in Tabel 4. Doordat energiemaïsrassen later in bloei komen en dus langer blijven groeien, kunnen deze rassen onder gunstige omstandigheden spectaculair lang worden (tot 4 m en meer). In de rassenproeven werden plantlengtes tot 323 cm in 2007 (ras KWS 1393) en 309 cm in 2008 (ras Atletico) waargenomen (Tabel 4). De data toonden een duidelijk correlatie tussen langere planten en later bloeitijdstip, maar er waren ook rassen die eerder vroeg bloeiden en toch een beduidende lengte haalden, zoals bv. Atletico. Plantlengte kan wel een invloed hebben op de stevigheid van het ras. Lange rassen met een hoge kolfzetting kunnen gevoeliger zijn voor het breken of knikken van de stengels, wat kan leiden tot opbrengstverliezen, maar in de proeven werden hiermee geen problemen waargenomen.

Tabel 4: Jeugdgroei (schaal van 1 tot 9 met 9: heel goed; 1: heel slecht), de data waarop 50% van de kolven bloeit en de gemiddelde plantlengte en hoogte van de kolfaanzetting (cm) van de energiemaisrassen op de drie locaties in 2007 en 2008

Jaar	Rassen	Jeugdgroei Beitem	Jeugdgroei Geel	Jeugdgroei Merelbeke	50% bloei kolven Beitem	50% bloei kolven Merelbeke	Plantlengte (cm) gemiddelde	hoogte kolf (cm) gemiddelde
2007	Aarley	6,3	6,8	8,0	23/jul	3/aug	293	132
2007	Anjou 277	6,8	7,5	9,0	16/jul	28/jul	287	123
2007	Anjou 290	7,5	8,0	7,0	22/jul	4/aug	301	123
2007	Atletico	7,5	7,5	8,8	21/jul	4/aug	322	147
2007	Bebop	5,8	7,3	7,5	21/jul	30/jul	284	117
2007	Chatillon	7,3	8,0	8,3	19/jul	3/aug	284	123
2007	DKC 5542	5,8	7,5	8,3	1/aug	13/aug	320	152
2007	Francisco	7,3	7,5	8,8	23/jul	1/aug	303	135
2007	KWS 1393	7,3	7,5	8,8	28/jul	5/aug	323	143
2007	Laxxot	6,5	7,3	7,8	30/jul	8/aug	286	128
2007	LG 3303	6,8	7,5	8,5	18/jul	1/aug	286	129
2007	LG 3330	5,8	7,8	7,5	31/jul	6/aug	291	142
2007	PR34B39	5,8	7,5	8,0	31/jul	12/aug	311	145
2007	PR38H20	5,5	7,3	7,8	23/jul	4/aug	289	125
2007	PR39F58	7,0	7,3	8,3	19/jul	31/jul	290	128
2007	Saari	6,8	7,5	8,8	23/jul	2/aug	289	118
2007	<i>gemiddelde</i>	6,6	7,5	8,2	-	-	297	132
2008	Aabsolut	8,0	-	9,0	-	28/jul	276	113
2008	Atletico	7,8	-	9,0	-	5/aug	309	142
2008	Cannavaro	6,8	-	9,0	-	1/aug	302	131
2008	DKC 5542	5,3	-	8,3	-	7/aug	307	150
2008	ES Imanol	6,3	-	8,0	-	28/jul	299	131
2008	LG 3320	6,3	-	8,8	-	29/jul	295	126
2008	PR38H20	5,0	-	7,8	-	29/jul	291	115
2008	Saari	6,8	-	8,3	-	28/jul	282	113
2008	Subito	7,5	-	8,3	-	30/jul	309	148
2008	Sumaris	7,8	-	8,5	-	28/jul	303	153
2008	Taxxi	6,5	-	9,0	-	28/jul	284	123
2008	<i>gemiddelde</i>	6,7	-	8,5	-	-	296	131

Tabel 5: DS-gehalte in de totale plant (%), DS-opbrengst (kg/ha), verteerbaarheid (%Vos) en zetmeelgehalte (%) van de energiemaïsrassen in 2007 en 2008

jaar	rassen	DS-gehalte %	DS-opbrengst kg/ha	DS-gehalte %	DS-opbrengst kg/ha	DS-gehalte %	DS-opbrengst kg/ha	Vos %	Zetmeel %	Vos %	Zetmeel %
-	-	Beitem	Beitem	Geel	Geel	Merelbeke	Merelbeke	Beitem	Beitem	Merelbeke	Merelbeke
2007	Aarley	33,0	23930	34,0	20198	34,5	21915	72,9	32,2	73,3	33,6
2007	Anjou 277	35,1	20655	33,4	20138	35,6	20413	72,6	33,4	72,8	35,1
2007	Anjou 290	32,6	26765	33,7	18852	30,1	20937	72,3	31,5	71,0	30,2
2007	Atletico	33,5	29349	32,5	20959	29,5	22070	71,1	32,5	69,8	29,6
2007	Bebop	30,8	23959	37,6	21584	34,2	21708	74,0	35,6	74,5	36,0
2007	Chatillon	34,9	25400	35,2	19582	34,7	21363	72,4	31,4	74,9	32,0
2007	DKC 5542	27,1	30780	28,7	21219	23,5	22065	70,7	30,6	65,3	19,5
2007	Francisco	34,7	25675	36,6	19332	32,1	22575	72,5	36,6	70,9	33,6
2007	KWS 1393	29,4	29109	32,0	22172	27,1	22506	73,2	33,5	66,7	26,5
2007	Laxxot	31,6	25093	33,5	20130	29,1	21613	75,9	37,4	70,9	29,3
2007	LG 3303	31,5	23973	34,7	21070	33,2	22633	65,8	27,7	70,9	32,2
2007	LG 3330	38,8	27276	32,0	20067	29,9	23010	68,5	31,7	70,0	28,7
2007	PR34B39	28,1	30635	28,4	21767	25,1	22515	71,8	31,0	66,8	20,3
2007	PR38H20	32,6	27710	34,5	20468	32,4	22372	72,5	33,3	72,0	32,6
2007	PR39F58	32,6	26526	34,4	20369	32,4	22409	74,5	37,4	74,5	35,9
2007	Saari	32,1	26810	33,3	19673	31,3	22930	68,8	33,7	71,2	34,6
2007	<i>gemiddelde</i>	<i>32,4</i>	<i>26478</i>	<i>33,4</i>	<i>20474</i>	<i>30,9</i>	<i>22065</i>	<i>71,8</i>	<i>33,1</i>	<i>71,0</i>	<i>30,6</i>
2008	Aabsolut	36,9	16949	32,8	17189	33,4	21379	68,5	28,0	71,9	34,9
2008	Atletico	36,6	17205	31,4	15823	31,9	23296	74,6	35,9	65,8	30,1
2008	Cannavaro	34,2	16903	29,6	18469	28,7	24661	70,5	30,8	65,1	29,6
2008	DKC 5542	28,1	16933	25,9	15800	27,6	24465	71,0	31,2	64,5	27,9
2008	ES Imanol	37,1	15382	31,9	16202	32,2	19285	73,5	36,3	66,3	32,4
2008	LG 3320	33,8	15353	30,5	17170	31,8	20579	71,2	33,2	66,3	32,9
2008	PR38H20	34,9	14112	32,7	17130	33,6	19885	73,9	35,4	69,1	33,5
2008	Saari	37,9	15269	34,2	16651	31,8	20755	69,8	36,1	68,6	36,5
2008	Subito	41,3	18247	35,0	17874	34,2	23840	70,4	33,6	66,7	33,1
2008	Sumaris	41,4	17429	37,4	16455	34,4	19670	69,0	34,5	65,0	33,1
2008	Taxxi	37,3	17961	35,0	15563	33,6	23284	72,1	33,1	68,8	35,0
2008	<i>gemiddelde</i>	<i>36,3</i>	<i>16522</i>	<i>32,4</i>	<i>16757</i>	<i>32,1</i>	<i>21918</i>	<i>71,3</i>	<i>33,5</i>	<i>67,1</i>	<i>32,6</i>

2. *Legering, stengelrot, builenbrand en Helminthosporium*

Hoewel legering geen algemeen verschijnsel is, komt in sommige jaren of op bepaalde percelen vrij ernstige legering voor. Vooral wanneer het gewas een periode van zeer snelle groei heeft gekend (bv. na een late zaai), is het gevoelig voor legering. Ook een te dichte stand leidt tot iets meer legering. Legering wordt meestal veroorzaakt door wortelzwakte, doch soms kan ook stengelzwakte een belangrijke oorzaak zijn. Aangezien energiemais bij voorkeur geteeld wordt op percelen die vroeg bewerkbaar zijn (vanaf 20 april) is de legering meestal beperkt, in de veronderstelling dat gestart wordt met een goed legervast ras. Opbrengstverliezen worden aanzienlijk wanneer meer dan tien procent gelegeerde planten voorkomen. Zowel in 2007 als in 2008 waren legering en stengelrot beperkt. Het aantal gelegeerde planten was in beide jaren voor alle rassen beduidend lager dan 10%, behalve voor Sumaris in 2008 op de locatie Geel waar 21,1% van de planten gelegeerd waren tengevolge van stengelrotaantasting.

Aantasting door builenbrand komt vooral voor in droge zomers. Als in het bijzonder de kolven zijn aangetast kan enige opbrengstderving aan kwaliteit (energie-inhoud) optreden. In 2007 kwam op alle locaties builenbrand voor. Rassen die op alle locaties een duidelijke aantasting vertoonden waren: Anjou 290 (gemiddeld 8.9%) en KWS 1393 (gemiddeld 10.1%). Laxxot vertoonde enkel op de locatie Geel een aantasting door builenbrand (10.8%). PR38H20 vertoonde enkel op de locatie Merelbeke een aantasting door builenbrand (7.0%). In 2008 kwam geen builenbrand voor.

Recent wordt in de maïsteelt in België de bladvlekkenziekte *Helminthosporium*, waargenomen. De ziekteverschijnselen zijn ofwel grote grijsbruine vlekken tot 15 cm lang, die uiteindelijk samenvloeien en waarbij grote delen van het blad kunnen afsterven (*H. turcicum*), ofwel zijn er veel kleine vlekjes van 2-3 cm lang (*H. carbonum*). De schimmelaantasting leidt tot opbrengstreductie en als de aantasting al vóór of tijdens de bloei wordt waargenomen, kan de korrelopbrengst tot 50% lager uitvallen. Daarenboven leidt het tot een verlaging van de kwaliteit (zetmeelgehalte en celwandverteerbaarheid) en inkuilproblemen.

Tussen rassen bestaan er grote verschillen qua tolerantie voor *Helminthosporium*. In 2007 werd *Helminthosporium* enkel in Beitem waargenomen. Het ras Laxxot was daar zeer zwaar aangetast. In 2008 werd *Helminthosporium* enkel in Merelbeke waargenomen, maar de aantasting bleef globaal zeer beperkt zodat er geen duidelijke rasverschillen voorkwamen.

3. *DS-gehalte in de totale plant en DS-opbrengst*

Het DS-gehalte in de totale plant bij de oogst is zeer belangrijk voor de biogasopbrengst. Vooraleer energiemais vergist wordt, wordt die meestal ingekuuld. Daarom moet een

minimaal DS-gehalte in de totale plant van 28% gehaald worden om de sapverliezen in de kuil te beperken en een kuil van goede kwaliteit te bekomen. Tabel 5 toont aan dat in 2007 de rassen DKC 5542, PR34B39 en KWS 1393 moeite hadden om op alle locaties de norm van 28% te halen. Ook in 2008 had DKC 5542 op alle locaties een DS-gehalte in de totale plant lager dan 28%. Ook Cannavaro had in 2008 moeite om op alle locaties de norm van 28% te halen. Het DS-gehalte in de totale plant mag ook niet hoger worden dan 35% omdat dan in principe de vergistbaarheid afneemt door het hogere ligninegehalte van rijpere maïs.

Het is belangrijk voor de teelt van energiemaïs om maximale DS-opbrengsten te halen. Het is gekend dat halflate tot late kuilmaïsrassen een hoger productiepotentieel hebben dan de vroege rassen. Typische energiemaïsrassen zijn meestal nog later dan de late kuilmaïsrassen en kunnen ook een nog hoger productiepotentieel behalen. Opbrengsten van 25 ton DS per ha en meer worden in het vooruitzicht gesteld. Er zal dan wel vroeg moeten gezaaid worden (vanaf 20 april) en de vochtvoorziening en de beschikbaarheid van de nutriënten (bemesting, bodemreserve) zullen geen beperkende factoren mogen zijn om dit te bereiken.

In 2007 werd in Beitem een gemiddelde DS-opbrengst van meer dan 25 ton DS per ha gehaald, in Merelbeke en Geel lagen de DS-opbrengsten lager dan 25 DS ton per ha (Tabel 5). In de top 5 zaten de volgende rassen PR34B39, DKC 5542, KWS 1393, Atletico en LG 3330, maar PR34B39 en DKC 5542 haalden de norm van een minimum DS-gehalte van 28% niet. In 2008 werd in geen enkele locatie een DS-opbrengst boven 25 ton DS per ha gehaald. In Merelbeke hadden enkele rassen wel een DS-opbrengst groter dan 23 ton DS per ha, namelijk Cannavaro, DKC 5542, Subito, Taxxi en Atletico en dit ondanks een late zaai. DKC 5542 haalde wel niet de norm van een minimum DS-gehalte van 28%. In de locaties Beitem en Geel werden slechts maximum DS-opbrengsten gehaald van 18.5 ton/ha, maar de rangorde van de rassen was min of meer dezelfde als in Merelbeke. De monocultuur maïs op de locatie Geel is een mogelijke reden voor de lagere opbrengsten. Deze producties zijn gemeten op kleine veldjes (10-15 m²), in optimale omstandigheden zijn aangelegd en onderhouden. In de praktijk moet rekening gehouden worden met opbrengsten die minstens 15% lager liggen.

4. *Verteerbaarheid en zetmeel*

Hoe later een ras bloeit, hoe minder tijd er in principe is om de kolf te vullen en bijgevolg hoe lager het zetmeelgehalte en de verteerbaarheid. De rassen met het hoogste opbrengstpotentieel, zoals DKC 5542, PR34B39, KWS 1393, LG 3330, Cannavaro en Subito scoren dan ook lager dan het gemiddelde qua zetmeelgehalte en verteerbaarheid (Tabel 5).

Er is nog geen consensus over de mate waarin de samenstelling van de maïssilage een impact heeft op de biogasopbrengst. Duits onderzoek kon geen verband aantonen tussen het zetmeelgehalte (kolfaandeel) van de maïs en de biogasopbrengst per ton vers materiaal. De lange verblijftijd in de reactor (>30 dagen) zou ervoor zorgen dat de

verschillende koolstofbronnen tot een gelijkaardige biogasopbrengst leiden. Het zou dus weinig uitmaken onder welke vorm de vergistbare bestanddelen aanwezig zijn: onder kolf, stengel of blad, zolang stengel en blad van voldoende kwaliteit zijn (rijk aan suiker en ruwe vezel). Verder onderzoek is noodzakelijk.

3. Besluit

28

Bij de teelt van energimaïs voor vergisting wordt gestreefd naar een zo hoog mogelijke biogasproductie per ha. De belangrijkste voorwaarde voor een goed energimaïsras is dat het een voldoende hoog DS-gehalte haalt bij de oogst (>28%) zodat sapverliezen bij inkuilen vermeden worden. Een tweede voorwaarde is een hoog opbrengstpotentieel om zo veel mogelijk biomassa te halen die kan vergist tot biogas. Hierbij is het enerzijds belangrijk dat vroeg genoeg kan gezaaid worden in gunstige omstandigheden (voldoende warme bodem, voldoende vochtvoorziening) en anderzijds dat een goed energimaïsras gekozen wordt. Verder is het altijd aangewezen om een ras te kiezen met een voldoende legervastheid en stengelrotresistentie. Als laatste zijn een goede jeugdgroei en koudetolerantie belangrijk zodat het ras vroeg genoeg kan gezaaid worden. De invloed van het kolfaandeel, het zetmeelgehalte en de verteerbaarheid op de vergistbaarheid van maïsrasen is nog niet eenduidig vastgesteld, maar ze zouden een eerder ondergeschikte rol hebben.

In deze context zijn er weinig rassen, opgenomen in dit onderzoek, die op basis van voorliggende resultaten een duidelijke meerwaarde bieden t.a.v. goede late kuilmaïsrasen. Het grootste knelpunt bij de huidige energimaïsrasen met het hoogste opbrengstpotentieel is dat ze meestal een onvoldoende hoog DS-gehalte bij de oogst halen. De meest beloftevolle rassen voor energimaïs lijken Atletico en LG 3330 in 2007 en Atletico, Taxxi en Subito in 2008, waarbij Atletico en Subito ook tot het segment late kuilmaïs behoren.

Een belangrijke eindnoot is wel dat de meeste rassen slechts gedurende één jaar getest werden en dat de resultaten dus met enige voorzichtigheid moeten geïnterpreteerd worden. Jaareffecten (klimatologische omstandigheden) hebben namelijk een heel grote invloed op prestaties van rassen en hun onderlinge verhoudingen.



Figuur 1: Rassenproef energimaïs in 2008 in Merelbeke

Referentie(s)/bronnen:

Fiems, L., De Vliegheer, A., Van Waes, J., Energiemaïs: optimaal telen, inkuilen en bewaren.
Drietandmagazine (5 september): 12-15.

Contactpersoon: Barbara Chaves

2.3. BRACHYPODIUM ALS MODEL VOOR ENERGIEGRASSEN

1. Introductie

Er zijn heel wat mogelijkheden om biomassa te gebruiken voor energieopwekking. Het meest voor de hand liggend is de directe verbranding maar biomassa kan ook worden omgezet in gasvormige of vloeibare brandstoffen zoals respectievelijk een biogasinstallatie methaan produceert uit maïs en persing van olie uit koolzaad. Andere gekende voorbeelden van vloeibare biobrandstoffen zijn biodiesel (door verestering van plantaardige oliën) en bio-ethanol (fermentatie van granen zoals gebeurd bij bierbrouwers). Deze laatst beschreven biobrandstoffen zijn voorbeelden van eerste generatie brandstoffen. Een tweede generatie biobrandstoffen biedt zich aan, waarbij de volledige plantaardige biomassa verwerkt wordt.

Onder de grasachtigen bevinden zich een aantal gekende energieteelten zoals bv. tarwe dat kan verwerkt worden tot bio-ethanol, energiemaïs en raaigras die tot methaan kunnen verwerkt worden. Maar ook een aantal minder gekende voorbeelden zoals Miscanthus, vingergras of rietgras. Deze laatste grassen zijn meerjarige grassen, die met weinig input tot hoge biomassaproductie komen (10 to 20 ton DS/ha/jaar) en kunnen groeien op diverse bodems.

Deze grassen zijn tot nu toe nog maar weinig of totaal niet veredeld met het oogmerk op energieteelt. Er zijn dus toch nog heel wat mogelijkheden om deze gewassen te verbeteren naar energiegerelateerde eigenschappen zoals biomassa opbrengst, vergistbaarheid, saccharifieerbaarheid.

2. *Brachypodium distachyon*



Om in de grasachtigen gericht te veredelen naar energieopbrengst toetsen we op het ILVO een aantal strategieën in een grasachtige modelplant, nl. *Brachypodium distachyon*. *Brachypodium distachyon* (zie figuur 1) is een grasachtige voornamelijk terug te vinden in het Middellands Zeegebied en het Midden-Oosten. Het vertoont alle kenmerken van een modelplant voor biologische studies, gezien het nauw verwant is met grassen uit de gematigde streken, zelfbestuivend is, een korte levenscyclus (zaad tot zaad 16 tot 20 weken) en weinig groeivereisten heeft, een klein genoom heeft waarvan de volledige sequentie beschikbaar is..

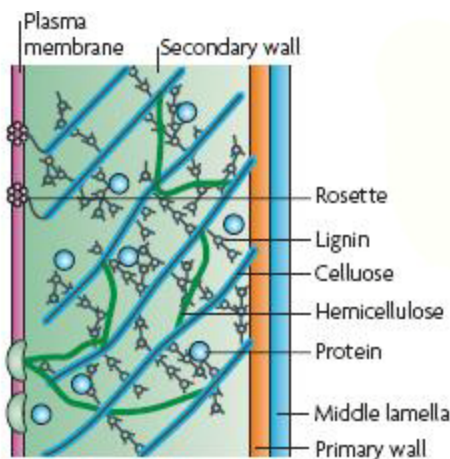
Figuur 1: Een foto van *Brachypodium distachyon* in bloei

Ook al heeft dit plantje geen enkel landbouwkundig belang heeft het door zijn specifieke eigenschappen toch heel wat mogelijkheden voor het bestuderen grasspecifieke biologische processen. Zo onderzoeken we in samenwerking met het VIB het effect van een aantal genen op de biomassaopbrengst en de celwandverteerbaarheid.

3. Celwandverteerbaarheid

Celwandverteerbaarheid is belangrijk bij de productie van bio-ethanol. Celwanden kunnen tot 70 % van het totale gewicht van de geoogste biomassa uitmaken. Tijdens het productieproces van bio-ethanol is de hoeveelheid fermenteerbare suikers die uit de celwand kunnen worden vrijgemaakt van cruciaal belang.

31



Figuur 2: Schematisch overzicht van de celwand van de plant

Een van de componenten die een nadelige invloed hebben op toegankelijkheid tot de suikerketens is lignine. Dit is één van de drie hoofdbestanddelen (andere twee zijn: cellulose en hemicellulose) van een celwand en zorgt ervoor dat de cel beschermd wordt tegen pathogenen maar er ook voor zorgt dat vloeistoffen binnen of buiten worden gehouden. Lignine kan als het ware gezien worden als een lijmiddel dat suikerketens, die zorgen voor de sterkte van de celwand, samenhangen. Door aanpassingen aan te brengen in de productie van het lignine zodat het gehalte aan lignine daalt of de structuur ervan verandert, kunnen de fermenteerbare suikers makkelijker vrijgesteld worden.

Een verhoging van de vrijstelling zou kunnen worden verkregen door de planten te selecteren die een verhoogd aantal suikerketens in de celwand hebben of beter toegankelijke celwanden zodat de suikerketens makkelijker tijdens het productieproces kunnen vrijgesteld worden.

Momenteel modificeren we verschillende genen die invloed hebben op de celwandproductie. De celwandsamenstelling van de gemodificeerde *B.distachyon* planten wordt dan gekarakteriseerd aan de hand van een test die een weerspiegeling is van het proces dat wordt gebruikt voor de productie van bio-ethanol maar dan op een veel kleinere schaal. Gedroogd en gemalen plantenmateriaal wordt voorbehandeld door het materiaal in zure oplossing op te warmen zodat de vezels in het materiaal losser worden. Na de voorbehandeling volgt de hydrolyse waarbij enzymen worden gebruikt om de suikerketens die in de celwand liggen in stukken te knippen en de fermenteerbare suikers vrij te stellen. Interessante planten zijn deze die hoge concentraties suiker vrij stellen.

Strategieën die planten opleveren met een verhoogde suikervrijstelling zijn interessante strategieën om dan over te dragen naar landbouwkundig belangrijke energiegrassen.

Contactpersoon: Steven Van Hulle

2.4. GEBRUIK VAN KENNIS UIT *ARABIDOPSIS* OM DE ZAADOPBRENGST IN KOOLZAAD TE VERHOGEN



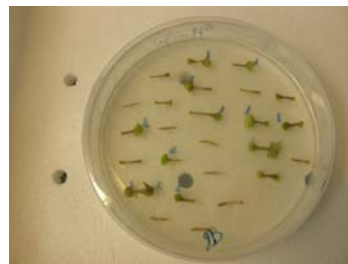
Koolzaad biedt voor de Vlaamse landbouw een aantal perspectieven. Het behoort tot een plantenfamilie, de kruisbloemigen, die verschilt van de families waartoe de gebruikelijke akkerbouwteelten behoren (granen, bieten, aardappelen). Na persen of extraheren van de olie blijft koolzaadkoek of –schroot over, een interessante bedrijfseigen eiwitbron voor veevoeding.

Omwille van zijn hoog eiwitgehalte met een hoog aandeel van het limiterend aminozuur methionine kan het sojaschroot ten dele vervangen, waardoor de eiwitimport sterk kan gereduceerd worden. Winterkoolzaad bedekt de bodem tijdens de winter en voorkomt erosie.

Koolzaadolie kent tal van industriële toepassingen, waaronder de productie van biodiesel. Biodiesel op basis van koolzaadolie beantwoordt volledig aan de Europese norm EN14214 en kan zelfs bijgemengd worden bij fossiele diesel zonder aanpassing van de motor.

Op dit ogenblik is de koolzaadteelt voor de Vlaamse landbouwer niet rendabeler dan de teelt van tarwe omwille van de lage zaadopbrengst. Een betere zaadopbrengst is daarom noodzakelijk om de interesse voor de koolzaadteelt aan te wakkeren. Dit vereist een betere kennis van de genetische factoren die de zaadopbrengst in koolzaad bepalen. Zaadopbrengst is echter een moeilijk te bestuderen eigenschap en daarom biedt de studie in een geschikte modelorganisme een groot voordeel. *Arabidopsis* (zandraket) is uiterst geschikt als modelorganisme voor deze studie daar de fysiologie en de ontwikkeling van het zaad in *Arabidopsis* veel gelijkenissen vertoont met die van koolzaad.

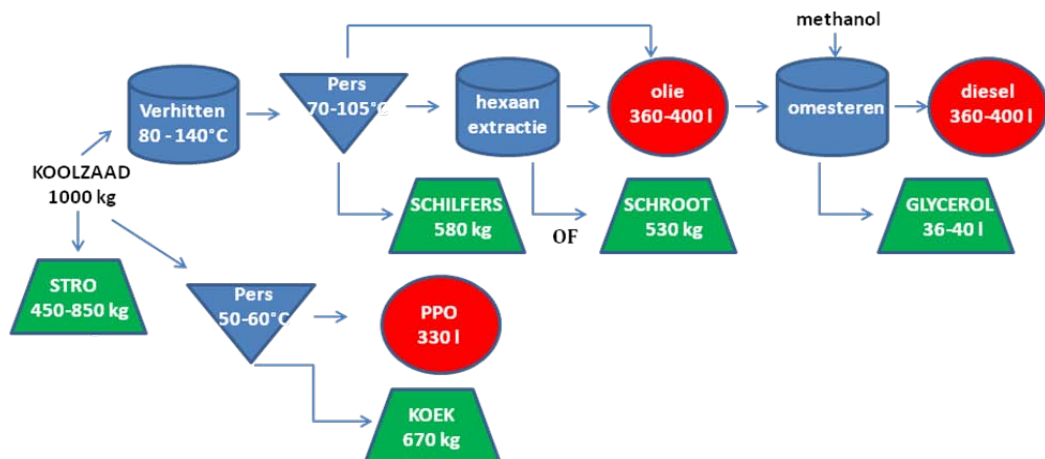
In een eerste stap werd een set van 50 genen geselecteerd op basis van literatuur gegevens en bestudeerd in *Arabidopsis* naar hun effect op zaadopbrengst. Daarvoor werden verschillende transgene lijnen opgegroeid en gefenotypeerd voor verschillende zaadgerelateerde parameters zoals totale zaadhoeveelheid, zaadgrootte, aantal vertakkingen, Uit die analyse werden 10 kandidaat genen met een duidelijk positief significant effect op zaadopbrengst. Zo werden bijvoorbeeld genen geselecteerd waarbij de transgenen lijnen 10% meer zaden produceerden of zaden die 1.2 keer groter waren dan die van het wild type. Deze worden verder bestudeerd naar hun effect op zaadopbrengst in koolzaad. Een belangrijk doel van dit onderzoek is om na te gaan of de kennis opgedaan in de modelplant *Arabidopsis* gemakkelijk kan vertaald worden naar een economisch belangrijk gewas zoals koolzaad.



2.5. NEVENSTROMEN BIJ BIO-ENERGIEPRODUCTIE IN DE VEEVOEDING

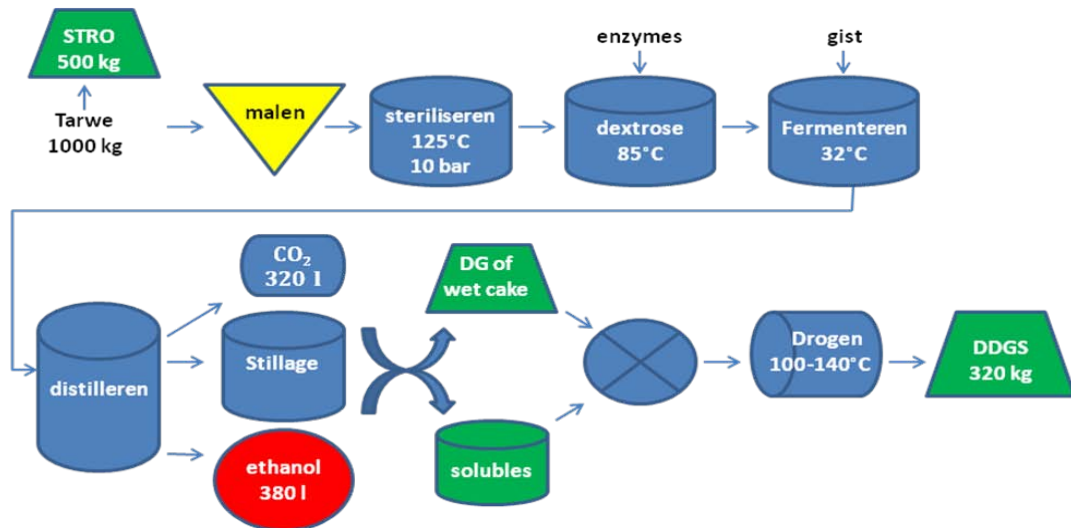
Eén van de maatregelen om onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verkleinen is de productie van biobrandstoffen zoals plantenolie (PPO), biodiesel en bio-ethanol. Biobrandstoffen van de 'eerste generatie' zijn afkomstig van landbouwgewassen; deze van de 'tweede generatie' gebruiken niet-voedselplanten, terwijl de 'derde generatie' gebaseerd is op algen. Momenteel worden vooral biobrandstoffen van de eerste generatie geproduceerd. De energie-efficiëntie is laag doordat er relatief veel energie nodig is voor de teelt, transport en fabricage. Daarnaast kunnen zij maximaal 50% van de CO₂-uitstoot realiseren, doordat tractoren of oogstmachines extra vervuiling veroorzaken en de gewassen veel kunstmest en bestrijdingsmiddelen vragen, hetgeen slecht is voor oppervlakte- en bodemwater. Bij de productie van biobrandstoffen uit landbouwgewassen komen een aantal nevenstromen beschikbaar, die gebruikt kunnen worden in de dierenvoeding. Op basis van de thans toegekende quota kan geraamd worden dat in België jaarlijks ca. 362.000 ton koolzaadschroot, 93.000 ton koolzaadschilfers en 40 miljoen l glycerol als bijproducten van biodiesel en 76.000 ton DDGS als bijproduct van bio-ethanol beschikbaar komen. De valorisatie van deze secundaire producten is een zeer belangrijk facet in de kostenefficiëntie van de brandstofproducent. Deze bijproducten kunnen bovendien onze zelfvoorzieningsgraad van veevoedergrondstoffen voor de fabricage van mengvoeders in belangrijke mate verhogen en vooral de invoer van sojaschroot beperken.

De productie van PPO en biodiesel en de daarbij horende bijproducten en hun volumes is schematisch voorgesteld in figuur 1. Voor de productie van biodiesel en PPO komt in onze streken vooral koolzaad in aanmerking. Bij directe (koude) persing blijft koolzaadkoek over, dat nog veel vet (13-30%) kan bevatten. Wordt het zaad eerst verhit en vervolgens (warm) geperst, dan zijn koolzaadschilfers met 6 à 10% vet het bijproduct. Ondergaat het koolzaad eerst een warme persing en wordt de resterende olie vervolgens geëxtraheerd met een oplosmiddel, dan blijft na toasting koolzaadschroot met 1 à 4% vet over. Biodiesel wordt bekomen door toevoegen van methanol aan de plantenolie en dan blijft glycerol als nevenproduct achter.



Figuur 1: Nevenstromen bij de productie van biodiesel en PPO

Bio-ethanol wordt bekomen door suikers te vergisten; in Europa gebeurt dit hoofdzakelijk op basis van granen en suikerbieten. Er worden verschillende productieprocessen toegepast zodat ook de nevenstromen zeer divers kunnen zijn. Meest bekend is DDGS (dried distillers grains + solubles). In figuur 2 wordt de productie van bio-ethanol op basis van tarwe en met als nevenproduct DDGS voorgesteld.



Figuur 2: Nevenstromen bij de productie van bio-ethanol (Alco Bio Fuel)

In het vervolg zal dieper ingegaan worden op de voederwaarde van koolzaadbijproducten, glycerol en DDGS en hun gebruik in de veevoeding.

1. Voederwaarde van koolzaadbijproducten en gebruik in de veevoeding

1. Inleiding

Voor de productie van biodiesel heeft de Federale regering 4 bedrijven gedurende de periode van 2007 tot 2013 een quotum toegewezen: Bioro (Gent: 989 milj. l), Oleon (Ertvelde: 348 milj. l), Néochim (Feluy: 650 milj. l) en Proviron (Oostende: 257 milj. l). Koolzaad is daarbij het meest belangrijke uitgangsmateriaal. Door persen of extraheren van het zaad wordt pure plantaardige olie (PPO) bekomen, die vervolgens veresterd wordt tot biodiesel. Koolzaad bevat 42-44% olie en één ton koolzaad kan zo'n 400 l biodiesel opleveren. Naast de industriële productie van biodiesel, wordt koolzaad op kleinere schaal koud geperst voor de productie van PPO, die mits een aangepaste motor ook als brandstof wordt gebruikt.

Bij de winning van olie uit koolzaad blijft een veevoedergrondstof over, waarvan de voederwaarde en de toepassingsmogelijkheden variëren naargelang van het productieproces. Wordt het zaad geperst dan ontstaan koolzaadschilfers of koolzaadkoek, met nog een relatief hoog vetgehalte. Men onderscheidt hierbij warme en koude persing. Bij warme persing wordt het koolzaad vooraf verhit tot 80-140°C en blijven koolzaadschilfers achter met 6 tot 10% vet. De koude persing gebeurt zonder extra toevoer van warmte, waarbij de temperatuur in de pers oploopt tot maximum 50-60°C; het restproduct, koolzaadkoek, bevat 13 tot 30% vet. Ondergaat het koolzaad eerst een warme persing en wordt de resterende olie vervolgens geëxtraheerd met een oplosmiddel zoals hexaan, dan blijft na toasting koolzaadschroot over met 1-4% vet. Bij koolzaadschroot kan het vetgehalte variëren door het al of niet toevoegen van gommen.

2. Voederwaarde

Aangezien koolzaadbijproducten meestal als gedeeltelijke of volledige vervanger van sojaschroot worden aangewend, is het interessant hun samenstelling en voederwaarde onderling te vergelijken. In Tabel 1 staan de waarden voor koolzaadschilfers, -schroot en sojaschroot uit de Nederlandse veevoedertabel. Voor koolzaadkoek wordt de samenstelling en voederwaarde voor rundvee gegeven, zoals bekomen uit ILVO-onderzoek, terwijl de voederwaarde voor varkens en pluimvee afgeleid werd op basis van deze van schroot, schilfers en zaad.

Tabel 1: Samenstelling en voederwaarde van koolzaadproducten per kg product (CVB, 2007)

Chemische samenstelling	Koek*	Schilfers	Schroot	Sojaschroot
Ruw eiwit (g)	296	324	362	430
Ruw vet (g)	149	86	33	30
Ruwe celstof (g)	108	116	118	61
Calcium (g)	6,1	6,3	7,3	2,7
Fosfor (g)	10,0	10,8	10,8	6,5
Voederwaarde rundvee	Koek*	Schilfers	Schroot	Sojaschroot
Verteerbaarheid OS (%)	78,7	78,5	77,9	90,7
VEM	1055	981	851	1015
VEVI	1110	1035	877	1089
FOS (g)	450	469	489	533
%BRE	25,2	35,8	35,8	42,1
%DVBE	78,0	80,2	80,0	97,8
DVE (g)	77	123	135	221
OEB (g)	162	136	158	169
Voederwaarde varkens	Koek*	Schilfers	Schroot	Sojaschroot
NEvarkens (MJ)	8,64	7,85	6,28	8,12
Darmverteerbaarheid RE (%)	72,5	72,5	72,5	85,6
Darmverteerbaar lysine (g)	12,0	13,2	14,7	23,4
Voederwaarde pluimvee	Koek*	Schilfers	Schroot	Sojaschroot
MEn (MJ)	9,12	8,15	5,94	7,38
Verteerbaarheid RE (%)	75,0	75,9	76,0	85,1

*Analyse en voederwaarde rundvee van 1 partij onderzocht op het ILVO

Vetsamenstelling en voederwaarde

Koolzaadschilfers en -koek bevatten nog relatief veel olie. Bij koolzaadkoek kan het ruw vet gehalte (RVET) zeer sterk uiteenlopen. In een ALT-studie, uitgevoerd door ILVO-Dier in samenwerking met LCV in de periode 2006-2007 waarbij zo'n 30 partijen koolzaadkoek werden geanalyseerd, varieerde het ruw vet van 135 tot 318 g/kg. Persen met een hoge capaciteit (meer dan 100 kg/u), alsook het voordrogen van het zaad resulteerde in koek met een lager vetgehalte. Het is duidelijk dat naarmate het koolzaadproduct meer vet bevat, ook de energiewaarde hoger is. In de ALT-studie varieerde de VEM-waarde van koolzaadkoek van 1039 tot 1512 per kg. De energiewaarde van koolzaadschroot is echter duidelijk lager (zo'n 20%) dan deze van sojaschroot. De relatief lage verteerbaarheid van koolzaadproducten kan deels verklaard worden door het ruwe celstofgehalte (bijna dubbel zo hoog is als dat van sojaschroot). De celwandbestanddelen bestaan voor tweederde uit cellulose en lignine en één derde uit hemicellulose. De meeste celstof is afkomstig van de zaadhuid, waarvan het aandeel 30% kan bedragen in koolzaadschroot. Het is mogelijk om de zaadpellen te verwijderen waardoor de energiewaarde van de koolzaadproducten uiteraard toeneemt, maar ook de kostprijs.

Koolzaadolie bestaat voor 60% uit enkelvoudig onverzadigde vetzuren, hoofdzakelijk oliezuur, en verder ongeveer 20% linolzuur, 10% linoleenzuur en 10% verzadigde vetzuren, vooral palmitinezuur. Vroeger bevatte koolzaadolie soms meer dan 50% erucazuur (C22:1). Aangezien dit vetzuur aanleiding kan geven tot leververvetting en hartproblemen, werden vanaf de jaren '70 rassen met een laag gehalte geselecteerd.

Eiwit en aminozuren

In vergelijking met sojaschroot bevat koolzaadschroot zo'n 20% minder ruw eiwit (340-390 g/kg); schilfers bevatten 300-340 g/kg en koek 250-300 g/kg. Koolzaadproducten zijn arm aan lysine, maar relatief rijk aan methionine en cystine. Volgens de CVB-tabel bedraagt de DVE-waarde van koolzaadschilfers en -schroot slechts 55 à 60% van deze van sojaschroot. Dit is niet alleen het gevolg van het lager eiwitgehalte maar ook van een lagere pensbestendigheid en darmverteerbaarheid van het eiwit, alsook van het lagere FOS-gehalte. Uit onderzoek van een partij koolzaadkoek op het ILVO bleek een lage eiwitbestendigheid en DVE-waarde. De eiwitbestendigheid blijkt nogal wat te variëren, waarbij vooral de temperatuur tijdens de productie een rol speelt. Frans onderzoek toonde aan dat door het koolzaad vooraf te verhitten tot 90°C, extraheren en toosten onder bepaalde omstandigheden van temperatuur en druk, koolzaadschroot met een pensbestendigheid van 64% en een darmverteerbaarheid van 82% kan bekomen worden. Men kan dus verwachten dat het eiwit van schilfers (warme persing) en schroot (extractie en toasting) meer pensbestendig is dan dit van koek (koude persing). Naast het normale productieproces kunnen koolzaadproducten nog extra behandeld worden om de pensbestendigheid van het eiwit te verhogen. Volgens Engels onderzoek is de optimale behandeling, verhitten tot 120°C gedurende 35 min. Volgens Deens onderzoek is 5 min. verhitten tot 130°C en 15% vocht optimaal, maar wordt er vanaf 140°C reeds duidelijk overbescherming van het eiwit vastgesteld. Behandeling met formaldehyde is een andere mogelijkheid om eiwit tegen pensafbraak te beschermen. Zo brengt Pre Mervo (Utrecht)

koolzaadschroot op de markt met een pensbestendigheid van 80%, een DVE-waarde van 256 g/kg en een OEB-waarde van 3 g/kg. Alle behandelingen om de pensbestendigheid van het eiwit te verhogen, doen uiteraard de kostprijs stijgen en drukken de eiwitverteerbaarheid bij varkens en pluimvee.

Mineralen en vitaminen

Koolzaadproducten bevatten meer calcium, fosfor, magnesium, zwavel, ijzer, mangaan, zink en selenium dan sojaschroot, evenveel natrium maar minder kalium en koper. Ze zijn ook rijker aan vitamine E (tocopherol) en B-vitamines (niacine, choline, riboflavine, biotine, foliumzuur en thiamine).

Antinutritieële factoren

Koolzaad bevat van nature enkele antinutritieële stoffen (ANF's). Naast het eerder vermelde erucazuur kunnen vooral glucosinolaten een probleem vormen, en in mindere mate tanninen en sinapine, saponines en fytinezuur. Glucosinolaten zijn niet per se toxisch. Ze worden echter door het myrosinase enzyme omgezet tot een aantal toxische verbindingen, die de schildklierwerking vooral bij eenmagigen remmen. Koolzaadschroot, dat op het einde van het productieproces een toasting ondergaat, heeft een lager ANF-gehalte dan geperste koolzaadproducten. Alhoewel verschillende technologische behandelingen de koolzaadproducten kunnen detoxificeren, zijn ze meestal niet economisch haalbaar.

Dank zij doorgedreven Europese selectieprogramma's is het erucazuurgehalte nu gedaald tot minder dan 1%. Ook het glucosinolaatgehalte is gedaald tot 6 µmol/g koolzaad, dit is ver onder de norm van 25 µmol/g. Cultivars met minder dan 2% erucazuur in de olie en minder dan 25 micromol/g in het koolzaadschroot worden 'dubbel nul' typen genoemd; een andere veel gebruikte naam is 'canola'.

Het tanninegehalte in koolzaadschroot schommelt tussen 1,5 en 3%. Tannines of looistoffen kunnen voorkomen in oplosbare en gecondenseerde vorm. Deze laatste zijn vooral aanwezig in de zaadhuid en hebben de eigenschap de eiwitverteerbaarheid te drukken. Sinapine (gemiddeld 1.5%) is net als tannines een fenolachtige verbinding. Het gehalte aan saponines varieert van 0,5 tot 3%. Alhoewel deze zeepachtige stoffen tympanie kunnen veroorzaken bij rundvee, is hun negatief effect gering. Het fytinezuurgehalte in koolzaadproducten is vrij hoog (2-5%), hetgeen vooral de beschikbaarheid van fosfor en zink vermindert.

3. Gebruik in de veevoeding

Rundvee

Zowel in rantsoenen voor melkvee als voor vleesvee kan koolzaadschroot, ongeacht het glucosinolaatgehalte, als enige eiwitbron aangewend worden zonder dat de

voederopname, melkproductieresultaten of groei afwijken van een rantsoen met sojaschroot als eiwitbron. Bij hoogproductief melkvee wordt koolzaadschroot meestal naast sojaschroot verstrekt omwille van een betere methionine/lysine verhouding.

Ook bij fokkalveren kan koolzaadschroot met laag glucosinolaatgehalte als enige eiwitbron gebruikt worden. Wanneer echter koolzaadschroot met veel glucosinolaat in een compleet rantsoen verstrekt wordt, moet het inmengpercentage beperkt blijven tot 15% om een negatief effect op de voederopname en gewichtstoename te vermijden.

De toepassing van koolzaadkoek of -schilfers in melkvee rantsoenen wordt beperkt door het vetgehalte dat best niet hoger is dan 5 à 6 % in het rantsoen. Teveel vet in het rantsoen drukt immers de celwandverteerbaarheid in de pens en soms ook het melkvet- en melkeiwitgehalte; dit effect is groter naarmate het vet meer onverzadigd is. Verder kan de olie omwille van zijn onverzadigd karakter gemakkelijk ranzig worden, wat een negatieve invloed heeft op de voederopname. Uit een voederproef bij melkvee op het ILVO in het kader van de ALT-studie drukte 4,5 kg koolzaadkoek (met 15,5 % ruw vet) de totale DS-opname. Een hoeveelheid van 3 kg bleek meer aangewezen; het verhoogde de melkproductie, terwijl de productie van melkvet en -eiwit niet beïnvloed werden. Verder was er in het melkvet een duidelijke verschuiving van verzadigde naar meer enkelvoudig onverzadigde vetzuren en van midketen naar langketen vetzuren.

Door het specifieke karakter van het vet verbetert de smerbaarheid van de boter en het gehalte aan onverzadigde vetzuren en CLA's in de zuivelproducten. Voor vleesvee wordt de incorporatie van vetrijke koolzaadproducten best ook beperkt tot 15% in het rantsoen omwille van de lagere consistentie van het lichaamsvet.

Het hoge vetgehalte bij koolzaadkoek beperkt de houdbaarheid en kan een vermenging in de mengwagens bemoeilijken.

Varkens

Omwille van de negatieve effecten op voederopname en groei mag het voeder voor varkens niet meer dan 2 mmol glucosinolaten per kg bevatten, hetgeen overeenkomt met maximaal 20 à 25% koolzaadschroot van dubbelnulrassen. Bij biggen en jonge mestvarkens van 20 tot 60 kg kan respectievelijk slechts 25 en 50% van het soja-eiwit vervangen worden door koolzaadschroot. Bij zwaardere mestvarkens en zeugen daarentegen kan koolzaadschroot als enige eiwitbron aangewend worden. Bij zeugen wordt aanbevolen het rantsoen aan te vullen met 1 mg jodium per kg. Wat het gebruik van vetrijke koolzaadproducten betreft, dient men rekening te houden met het mogelijk effect op de oxidatiegevoeligheid en consistentie van het lichaamsvet. Dit effect is meer uitgesproken bij varkens met een hoge mager vleesaanzet. Varkens van het mager type zouden niet meer dan 2% koolzaadolie in het voeder mogen krijgen en vette varkens niet meer dan 4%. Dit betekent dat het inmengpercentage van vetrijke koolzaadkoek in het rantsoen best beperkt wordt tot 15%.

Pluimvee

Zoals bij varkens zijn alleen koolzaadproducten van dubbelnulrassen voor kippen bruikbaar. Op basis van de energiewaarde is koolzaadschroot eerder geschikt voor leghennen en kalkoenen en vetrijke schilfers en koek voor vleeskippen. Omwille van de gevoeligheid van kuikens voor ANF's dient men het inmengpercentage van koolzaadproducten in startvoerders te beperken tot 5%. Bij witte leghennen wordt een maximum inmengpercentage van koolzaadproducten van 10% aanbevolen, omdat de glucosinolaten aanleiding blijken te geven tot leverbloedingen. Het voeder van bruine legkippen mag echter niet meer dan 3% koolzaadproducten bevatten, omdat deze dieren het trimethylamine aanwezig in sinapine niet kunnen verwerken en dit een vissmaak aan de dooier geeft. Bij kalkoenen kan met succes tot 20% koolzaadschroot in het voeder gemengd worden. Bij vleeskippen dient men de inmenging van (vetrijke) koolzaadproducten te beperken tot 15% aangezien de relatief laag positieve elektrolytenbalans (weinig kalium, veel fosfor en zwavel) de voederopname remt.

4. Besluiten

Het vetgehalte en bijgevolg ook de energiewaarde van koolzaadkoek (koude persing) is hoger dan deze van koolzaadschilfers (warme persing) en deze op zijn beurt hoger dan deze van koolzaadschroot (chemische extractie). Koolzaadproducten zijn een interessante eiwitbron, weliswaar arm aan lysine maar rijk aan methionine. Koolzaadkoek dient beperkt te worden tot 3 kg bij melkvee omwille van een mogelijks negatief effect van het vetgehalte op de verteerbaarheid en bij vleesvee en varkens tot 15% van het rantsoen omwille van het risico op minder vast en oxydatiegevoelig lichaamsvet. Bij varkens en pluimvee mogen omwille van glucosinolaten enkel koolzaadproducten van dubbelnulrassen gebruikt worden. Bij bruine legkippen mag het voeder niet meer dan 3% koolzaadproducten bevatten om een vissmaak in de eieren te voorkomen.

Contactpersonen: Johan De Boever, Sam De Campeneere en Daniël De Brabander

2. Voederwaarde van glycerol en gebruik in de veevoeding

1. Inleiding

Voor de productie van biodiesel uit plantaardige olie wordt methanol toegevoegd en blijft glycerol als nevenproduct achter. Glycerol is een viskeus vloeibaar product met een zoete smaak en is in de Europese Unie geregistreerd als voederadditief E422.

Door het mengen van 100l olie met 10l methanol bekomt men 100l biodiesel en 10 l glycerol. De metabolieten van methanol (formaldehyde en mierenzuur) zijn toxisch. Daarom wordt het overtollige methanol verwijderd door distillatie. Methanol verdampt wel gedeeltelijk als de voeders gepelleteerd worden. In het proces worden ook natriumhydroxide of kaliumhydroxide gebruikt als katalysator. Dit wordt achteraf geneutraliseerd door het toevoegen van zoutzuur, wat leidt tot een vrij hoog zoutgehalte. De kwaliteit van glycerol varieert naargelang van de mate van raffinage. Voor het gebruik in de dierenvoeding is het aanbevolen dat minstens de volgende specificaties gegarandeerd zijn: minimum 80% glycerol, 10-15% water, maximum 10% as, maximum 0.5% methanol.

2. Toepassingen

Bewaar- en pelleteermiddel

Glycerol is hygroscopisch (trekt water aan) en wordt daarom gebruikt als bewaarmiddel (schimmelwerend). Zelfs bij een lage dosis van 5% stabiliseert het de hygiënische kwaliteit van gepelleteerde mengvoeders en verbetert het de hardheid en slijtvastheid van de korrel. Het is een goed alternatief voor melasse, dat nu ook als grondstof voor de productie van bio-ethanol wordt gebruikt. De voederwaarde van glycerol is ook duidelijk hoger dan deze van melasse (zie Tabel 1).

Glycerol is zoet. Door toevoegen aan minder smakelijke voedermiddelen zoals sterk gefermenteerde kuilvoeders kan mogelijks de opname verbeteren, maar dit dient verder onderzocht te worden.

Glycogene energiebron bij melkvee

Glycerol is evenals propyleenglycol een glucoseprecursor, die aan hoog productief melkvee op het einde van de droogstand en in het begin van de lactatie kan verstrekt worden voor het voorkomen of behandelen van ketonemie of slepende melkziekte. Na de kalving zijn de dieren meestal niet in staat om voldoende energie op te nemen voor de productie van melk, meer specifiek melksuiker (lactose). Daarom wordt lichaamsvet afgebroken, hetgeen een sterke belasting van de lever met zich meebrengt.

In de pens wordt propyleenglycol ten dele rechtstreeks geabsorbeerd in het bloed en ten dele afgebroken tot vluchtige vetzuren, vooral propionzuur. Glycerol wordt in de pens hoofdzakelijk gefermenteerd waarbij verhoudingsgewijs minder azijnzuur en meer propionzuur, maar vooral veel boterzuur gevormd wordt. Uit eigen onderzoek bij pas gekalfde koeien werden in het bloed minder vetafbraakproducten (NEFA's) vastgesteld met propyleenglycol dan met glycerol, wat wijst op een lagere effectiviteit voor glycerol. Bij de behandeling van klinische of subklinische ketonemie worden beide producten meestal naar rato van 500 ml zuiver product per dag gegeven, bij voorkeur verdeeld over 2 dosissen. Bij preventief gebruik ligt de optimale hoeveelheid rond 250-300 ml/d.

Voedermiddel

Glycerol kan ook als energiebron in het rantsoen ingeschakeld worden bijvoorbeeld ter vervanging van granen. De calorische waarde van glycerol is 18,1 MJ/kg. De energiewaarde voor het dier (zie tabel 1) hangt af van de diersoort, de verstrekte hoeveelheid, het fysiologisch stadium van het dier en het type rantsoen (vet, vezel of zetmeelrijk).

Tabel 1: Voederwaarde glycerol in vergelijking met enkele aanverwante producten (CVB, 2007)

Per kg	Glycerol	Propyleenglycol	Melasse	Zetmeel	Suiker
RE (g)	0	0	100	0	0
VEM	1160	1907	722	1219	1080
VEVI	1342	2207	853	1411	1250
DVE (g)	119	29	57	117	111
OEB (g)	-119	-29	-4	-183	-174
NEv (MJ)	14,0	17,1	6,4	13,7	13,1
OE (MJ)	17,7	-	7,1	17,3	16,4

Glycerol wordt in de pens snel afgebroken (sneller dan tarwezetmeel) en levert (in theorie) 22 mol ATP per mol glycerol op. Deze energie kan o.a. gebruikt worden bij de vorming van microbieel eiwit. Alhoewel glycerol geen eiwit bevat, wordt een DVE-waarde van 119 g/kg aangenomen en een OEB-waarde van -119 g/kg. De negatieve OEB kan vooral interessant zijn in rantsoenen met veel snel afbreekbaar eiwit zoals graskuil en vers gras.

In de Nederlandse CVB-tabel wordt voor glycerol een netto-energiewaarde van 1160 VEM en 1342 VEV per kg opgegeven. Deze waarden werden afgeleid op basis van het ATP-leverend vermogen van zetmeel, waarbij 30% verlies ten gevolge van de fermentatie in de pens werd aangenomen. Uit verteringsproeven met schapen is gebleken dat de netto-energiewaarde van glycerol lager was in rantsoenen met een zetmeelrijk krachtvoeder (KV) dan bij rantsoenen met een zetmeelarm KV, respectievelijk 1200 en 1400 VEM/kg. Bij veel zetmeel bleek glycerol immers de celwandverteerbaarheid te drukken. Glycerol kan snel fermenteerbaar zetmeel (zoals tarwe of maniok) in rantsoenen voor herkauwers vervangen tot 10% van de rantsoen-DS zonder negatieve effecten op de voeder- en

wateropname, op de nutriëntenafbraak in de pens of de totale verteerbaarheid. Met zetmeelarme KV's mag het aandeel in het rantsoen tot 20% bedragen zonder negatieve effecten op de verteerbaarheid. Uit twee recente onafhankelijke proeven bij vleesvee bleek dat glycerol tot 12% van de rantsoen-DS mag uitmaken bij stiertjes en tot 8% bij vaarsjes zonder negatieve effecten op de groei, de voederomzet en de karkas- en vleeskwiteit.

Glycerol wordt, ingeval van energie- of glucosetekort, via de gluconeogenese omgezet in glucose. Ingeval van energiesurplus bevordert glycerol de vetsynthese, waarbij het ofwel rechtstreeks kan gebruikt worden voor de synthese van vetzuren ofwel na omzetting naar glucose gebruikt kan worden voor de novo vetsynthese.

Van pure glycerol wordt aangenomen dat de netto energiewaarde voor varkens (NEv) 14 MJ/kg bedraagt. Voor een optimale benutting mag niet meer dan 5% toegevoegd worden aan varkensvoerders. Bij hogere inmengpercentages wordt er meer via de nieren uitgescheiden, hetgeen een energieverlies betekent. Glycerol verhoogt de verzadigingsgraad van het vet en verbetert het waterbindend vermogen van het vlees, zelfs als de toediening tot een paar weken voor slachten beperkt wordt.

De benutting van glycerol is bij legkippen iets minder dan bij vleeskippen. De omzetbare energie (OE) voor pluimvee bedraagt 17,7 MJ/kg. Voeder bevat best niet meer dan 10% glycerol. Bij hogere dosissen wordt meer azijnzuur in de dunne darm gevormd en verhoogt het watergehalte van de excreta, hetgeen de kwaliteit van het strooisel vermindert. Dit effect is uiteraard groter bij minder zuivere glycerol met een hoger zoutgehalte.

3. *Besluit*

Glycerol is een uitstekend bindmiddel voor het pelleteren van voeders. Als glycogene energiebron bij melkvee in negatieve energiebalans is het wat minder effectief dan propyleenglycol. Glycerol wordt snel afgebroken in de pens, hetgeen interessant is voor de productie van microbieel eiwit. Bij niet te hoge inmengpercentages in het rantsoen is het een goede energiebron voor vleesvee, varkens en pluimvee.

Contactpersonen: Johan De Boever, Sam De Campeneere, Leo Fiems, Sam Millet en Daniël De Brabander

3. Voederwaarde van DDGS en gebruik in de veevoeding

1. Inleiding

Voor de productie van bio-ethanol heeft de Federale regering 3 bedrijven een quotum voor 6 jaar toegewezen: BioWanze (750 milj. l), Alco Bio Fuel (544 milj. l) en Syral (192 milj. l). BioWanze gebruikt daartoe tarwe en suikerbieten, Alco Bio Fuel verwerkt vooral tarwe en in mindere mate maïs en Syral kiest voor tarwe.

Een belangrijke nevenstroom bij de productie van bio-ethanol uit granen zijn distillers' grains and solubles of kortweg DGS. Tijdens het productieproces wordt het graan eerst gemalen. Aan het meel worden water en enzymen toegevoegd om het zetmeel om te zetten tot dextrose. Soms worden zuren of basen toegevoegd om de pH te controleren en de groei van gisten te stimuleren. Het mengsel wordt op hoge temperatuur verwarmd om de bacteriën te doden, dan afgekoeld en overgebracht in een fermentor, waar gist wordt toegevoegd om de dextrose om te zetten in ethanol en CO₂. Dit deel van het proces duurt ongeveer 2 dagen. Vervolgens wordt de ethanol in kolommen afgedestilleerd. Het residu wordt gecentrifugeerd, waardoor de vaste deeltjes of draf (distillers grains=DG) gescheiden worden van de opgeloste bestanddelen (solubles=S); deze laatste worden verder ingedampt tot een siroop met ca 30% droge stof (DS). Tenslotte worden de DG en de S terug samengevoegd tot DGS. Na drogen in trommeldrogers wordt DDGS bekomen. Per 100 kg graan worden ca 40 l bio-ethanol, 32 kg DDGS en 32 kg CO₂ gevormd. Dit productieproces wordt ook toegepast door Alco Bio Fuel (ABF) en naast DDGS (protifeed) worden de solubles en de natte draf afzonderlijk gevaloriseerd in de veevoeding. Bij Syral wordt tarwe in de eerste plaats gebruikt voor de productie van zetmeel en glucose en is bio-ethanol een secundair product. Bij het malen van het graan worden eerst de zemelen afgezonderd, vervolgens worden de gluten afgescheiden o.a. voor andere veevoedertoepassingen en tenslotte wordt het zetmeel uitgewassen voor de productie van glucose. De opgeloste stoffen en residueel zetmeel worden gefermenteerd tot bio-ethanol. Het restproduct wordt samen met de tarwezemelen vermengd en gedroogd tot tarweglutenfeed (amyplus), dat gevaloriseerd wordt in de veevoeding. Bij Biowanze worden uit de tarwe eerst de zemelen en gluten afgezonderd, vervolgens wordt aan het zetmeel bietensap toegevoegd voor de productie van bio-ethanol. Na distillatie en droging blijft een tarwegistconcentraat (protiwanze) over, dat gebruikt wordt in de veevoeding. In het vervolg wordt alleen verder ingegaan op de valorisatie van DDGS.

Er is heel wat informatie beschikbaar over de voederwaarde van maïs-DDGS, die hoofdzakelijk in de VS geproduceerd wordt. Over DDGS op basis van tarwe, die vooral in Europa beschikbaar komt, is de kennis nog relatief gering. Op basis van de literatuur en beperkt eigen onderzoek zullen de voederwaarde en de toepassingsmogelijkheden van tarwe-DDGS besproken worden.

2. Chemische samenstelling

De voederwaarde van DDGS kan sterk variëren naargelang van:

- het type graan: maïs, tarwe, sorghum, gerst, rogge
- de verhouding waarin de 2 componenten (DG en S) vermengd worden
- de efficiëntie waarmee zetmeel gefermenteerd wordt tot ethanol
- verschillen in de temperatuur en duur van het drogen

46

Meestal wordt uitgegaan van een mengsel van twee of meer granen, waarbij het graan met het grootste aandeel de naam van de DDGS bepaalt. In vergelijking met de draf bevat de siroop meer ruw eiwit, suiker en ruwe as en veel minder celwandbestanddelen en ruw vet. Doorgaans worden gelijke hoeveelheden DG en S met elkaar vermengd. Naarmate meer siroop wordt toegevoegd, wordt de kleur donkerder.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de samenstelling van tarwe en tarwe-DDGS. De informatie over DDGS komt respectievelijk uit de Franse tabellen (INRA), van een recente Franse studie waarbij 10 Europese partijen werden onderzocht en van 4 partijen afkomstig van ABF, die op het ILVO werden geanalyseerd.

Tabel 1: Chemische samenstelling van tarwe en tarwe-DDGS (g/kg DS)

	Tarwe (CVB , 2007)	DDGS (INRA, 2004)	DDGS (Cozannet et al., 2009) n=10	ABF DDGS >70% tarwe n = 4
DS (g/kg)	868	900	893-944	894 - 955
Zetmeel	642	42	25 - 101	9 - 23
Ruw eiwit	128	376	327 - 392	329 - 373
Ruwe celstof	28	102	62 - 114	82 - 87
NDF	144	421	228 - 330	295 - 431
ADF	41	162	75 - 168	146 - 160
Lignine	8	44	21 - 103	70 - 72
Suiker	31	9	23 - 72	30 – 44
Ruw vet	23	72	34 - 57	73 - 91
Ruwe as	16	40	45 - 69	51 - 54
Calcium	0,5	3,7	-	-
Fosfor	3,6	7,4	-	8,9 - 9,6
Lysine	3,6	11,7	3,0 - 11,0	7,6*
Methionine	2,1	7,0	4,8 - 5,6	5,8*
Cystine	2,8	9,0	4,0 - 7,1	5,8*

* Veevoedertabel DSM

Door de vergisting van het zetmeel worden de andere bestanddelen (eiwit, celstof, vet, as) van het graan in DDGS aangerijkt met een factor 3. Uit de Franse studie met DDGS blijkt een vrij grote variatie in residueel zetmeel, in tegenstelling met de DDGS van ABF, die bijna geen zetmeel meer bevat.

Tarwe-DDGS bevat ruim 30% ruw eiwit. Dit eiwit is voor het grootste deel afkomstig van het graan, maar komt ook van de toegevoegde gistcellen en eventueel ammoniak (niet-eiwit stikstof). De gisten kunnen mogelijks een positief effect uitoefenen op de darmgezondheid van de dieren.

Tarwe-DDGS bestaat bijna voor een derde uit celwandbestanddelen, met meer hemicellulose dan cellulose en in mindere mate lignine. De DDGS van ABF blijkt relatief meer NDF te bevatten dan volgens de Franse studie, terwijl de waarden voor ruwe celstof, ADF en lignine binnen de Europese vork vallen. Tarwe-DDGS bevat verder enkele procenten suiker.

Tarwe-DDGS bevat relatief veel ruw vet. Het hoger percentage voor ABF in vergelijking met de Franse studie is waarschijnlijk te wijten aan de analysetechniek. Op het ILVO gebeurt de vetextractie na voorhydrolyse, in de Franse studie zonder. Het vet is afkomstig van de kiem en in vergelijking met het graan blijkt het in DDGS iets minder linolzuur en meer linoleenzuur bevatten, is wat meer verzadigd en heeft meer vrije vetzuren.

Het ruw asgehalte in DDGS is vrij constant. Zoals in graan, is vooral fosfor sterk aanwezig. Daarenboven blijkt de beschikbaarheid van fosfor groter te zijn dan deze van het graan, waarschijnlijk doordat het fytaat tijdens het proces gedeeltelijk vernietigd wordt. Om de pH te controleren tijdens de fermentatie worden zuren of basen toegevoegd, wat kan resulteren in verhoogde gehalten aan zwavel, fosfor, natrium of kalium. Hoge zwavelconcentraties verhogen het risico op poliencephalomalacia (een hersenaandoening) en kunnen zich ook binden met mineralen, vooral koper.

Een ander aandachtspunt zijn mycotoxines, die het productieproces overleven en zelfs meer geconcentreerd worden. Dit kan vooral een probleem stellen voor varkens en pluimvee.

3. Voederwaarde en gebruik in de veevoeding

Inleiding

De voederwaarde van DDGS kan sterk verschillen naargelang van de diersoort; er is vooral een groot verschil tussen herkauwers en eenmagigen. In tabel 2 wordt de voederwaarde van tarwe-DDGS vergeleken met deze van tarwe voor respectievelijk rundvee, varkens en pluimvee. De voederwaarde van tarwe komt zowel uit de Nederlandse (CVB, 2007) als uit de Franse tabel (INRA, 2004). De voederwaarde van DDGS is enerzijds afkomstig uit de Franse tabel, terwijl anderzijds de energiewaarde van 4 en de eiwitwaarde van 2 partijen ABF DDGS werd bepaald op het ILVO.

Tabel 2: Voederwaarde van tarwe en tarwe-DDGS voor rundvee, varkens en pluimvee

Rundvee	Tarwe (CVB , 2007 INRA, 2004)	DDGS (INRA, 2004)	ABF DDGS n = 4/2
VCos (%)	88,7	74,0	78,7 - 84,6
VEM (/kg DS)	1183	-	1146 - 1215
VEVI (/kg DS)	1308	-	1221 - 1320
FOS (g/kg DS)	785	-	423 - 509
%BRE	24,3/24,0	32,0	57,8 - 65,9
%DVBE	88,9/92,0	85,0	71,3 - 73,6
DVE (g/kg DS)	113	-	173 - 188
OEB (g/kg DS)	-50	-	54 - 63
Varkens	Tarwe (CVB , 2007 INRA, 2004)	DDGS (INRA, 2004)	ABF DDGS n = 4/2
DE (MJ/kg DS)	16,0	12,6	-
ME (MJ/kg DS)	15,5	11,6	-
NE (MJ/kg DS)	11,3/12,1	7,4	7,1*
Vert. lys. (g/kg DS)	3,0/2,9	4,2	4,4*
Pluimvee	Tarwe (CVB , 2007 INRA, 2004)	DDGS (INRA, 2004)	ABF DDGS n = 4/2
ME (MJ/kg DS)	14,9/14,4	8,6	8,7*

*DSM-veevoedertabel

Rundvee

Uit eigen onderzoek met 4 partijen tarwe-DDGS, blijkt de verteerbaarheid van de organische stof (VCos), gebaseerd op de in vitro verteerbaarheid met cellulase, te variëren van 78,7 tot 84,6%, wat enkele procenten lager is dan voor tarwe (88,7%).

Niettemin staande het zetmeel nagenoeg volledig verdwenen is en er driemaal zoveel celwandbestanddelen aanwezig zijn, blijft de verteerbaarheid vrij hoog. De netto-energiewaarde van DDGS is zelfs vergelijkbaar met dat van het uitgangsmateriaal. Voor de 4 onderzochte partijen varieerde de geschatte VEM-waarde van 1146 tot 1215 per kg DS. De lagere verteerbaarheid wordt immers gecompenseerd door het hoger ruw vetgehalte.

Op het ILVO werd de eiwitwaarde van 2 partijen DDGS onderzocht volgens het recent aangepaste Nederlandse systeem. De eiwitbestendigheid (%BRE) werd bepaald via pensincubaties en was zeer hoog, respectievelijk 57,8 en 65,9%. De darmverteerbaarheid van het bestendig eiwit (%DVBE) werd bepaald met de mobiele nylonzakjestechniek bij koeien met een darmfistel en bedroeg respectievelijk 73,6 en 71,3%. De gevonden %BRE is aanzienlijk hoger en de %DVBE aanzienlijk lager dan de waarden voor tarwe, en dan de waarden voor DDGS uit de Franse tabel. Dit verschil is deels te wijten aan de bepalingmethode, maar kan ook het gevolg zijn van het productieproces. De eiwitbestendigheid kan immers beïnvloed worden door enerzijds de verhitting tijdens het verstijfselen van het zetmeel en anderzijds door de temperatuur bij en de duur van het drogen. Bepaalde installaties verhitten het mengsel van water en meel en gebruiken weinig enzymen en andere verhitten weinig of niet en voegen meer enzymen toe. Wat het drogen van de DGS betreft, wordt een hogere temperatuur toegepast, naarmate meer siroop wordt toegevoegd. Als de droogtemperatuur binnen de perken blijft, is er weinig verschil in eiwitwaarde tussen verse en droge DGS te verwachten. Uit eigen onderzoek blijkt dat het RE van verse tarwe-DGS iets minder bestendig is dan dat van droge DGS (52,7 vs. 57,8%), maar de darmverteerbaarheid blijkt daarentegen wat hoger (81,8 vs. 73,6) resulterend in dezelfde DVE- en iets hogere OEB-waarde. Bij oververhitting echter, treden Maillardreacties op waarbij een aminogroep van eiwit zich bindt met suikers tot een onverteerbaar complex. Vooral lysine wordt daardoor onbeschikbaar. Deze producten kenmerken zich ook door een donkere kleur. De DVE-waarde van DDGS is zo'n 50% hoger dan deze van het graan, hetgeen vooral te wijten is aan het hoger RE-gehalte en de hogere eiwitbestendigheid. De OEB-waarde van DDGS is in tegenstelling met het graan positief, hetgeen verklaard wordt door het relatief lager FOS-gehalte resulterend in minder microbieel eiwit.

Over de toepassingsmogelijkheden van tarwe-DDGS en het effect op de prestaties bij melkvee zijn weinig gegevens beschikbaar en dient voorlopig verwezen te worden naar de ervaringen met maïs-DDGS. Uit een uitgebreide literatuurstudie bij melkvee is gebleken dat het rantsoen voor ruim 20% uit maïs-DDGS mag bestaan zonder opnameproblemen en met dezelfde of hogere producties en geen negatief effect op de melksamenstelling. Dergelijk inmengpercentage geeft ook weinig problemen voor het samenstellen van een evenwichtig rantsoen, waarbij zowel een belangrijk deel van het eiwit als de energie kan vervangen worden. Bij hogere inmengpercentages dient eventueel rekening gehouden te worden met een tekort aan lysine en een overmaat aan fosfor. Aangezien de olie van granen relatief rijk is aan linolzuur, kan dit in beperkte mate bijdragen tot meer onverzadigd vet in de melk.

De voederwaarde van en de productieresultaten met verse en droge DGS verschillen nauwelijks. Het droge product kan echter langer bewaard worden, impliceert minder

transportkosten en kan gemakkelijker gemengd worden met andere grondstoffen. Bij het verse product worden droogkosten vermeden. Het kan 5 tot 7 dagen bewaard worden en in koele omstandigheden zelfs tot 3 weken. Toevoegen van propionzuur of andere organische zuren kan de bewaarduur verlengen. Langere bewaring is mogelijk door inkuilen, eventueel samen met bijvoorbeeld maïskuil of bietenpulp.

Bij vleesvee kan zelfs tot 40% DDGS in het rantsoen gegaan worden. Bij hoge inmengpercentages moet rekening gehouden worden met een eventuele overmaat aan eiwit en fosfor. Dit is niet alleen belangrijk voor het beperken van de excretie naar het milieu, maar afbraak van overtollig eiwit kost energie voor het dier, terwijl teveel fosfor het evenwicht met calcium kan verstoren. DDGS is omwille van de goed verteerbare celstof en het vetgehalte een interessante energiebron, die in vergelijking met graan minder risico inhoudt voor acidose.

Varkens

Uit een zeer recente Franse studie met 10 partijen tarwe-DDGS van Europese origine blijkt er een enorme variatie in de voederwaarde voor varkens. Zo varieerde de verteerbare energie (DE) van 11,8 tot 16,2 MJ/kg DS met een gemiddelde van 14,0. De gemiddelde waarde is duidelijk lager dan deze voor tarwe (16,0 MJ/kg DS), hetgeen toegeschreven kan worden aan het hoger celstofgehalte van DDGS. Er bleek trouwens een duidelijk negatief verband tussen de energiewaarde en het ADF- en ligninegehalte. De ileale verteerbaarheid van lysine varieerde van 9 tot 83% met een gemiddelde van 56%. Er was een duidelijk positief verband tussen de lysineverteerbaarheid en de kleur. Een donkere kleur wijst op Maillardreacties, die zowel het gehalte als de beschikbaarheid van lysine drukken.

Het maximaal inmengpercentage van DDGS in het voeder bedraagt 0% voor biggen tijdens eerste twee weken na spenen, 5% voor oudere biggen, 10 % voor groeiende varkens en 15% voor varkens in de afmestfase. Hogere percentages geven mogelijks problemen met de opname en kunnen de slachtkwaliteit (meer onverzadigd vet) verminderen. Drachtige zeugen mogen tot 40% en lacterende zeugen tot 15% DDGS krijgen.

Pluimvee

In een recente Franse studie werd van 2 partijen tarwe-DDGS de metaboliseerbare energie (ME) bij hanen bepaald. Deze bedroeg 11,2 en 10,6 MJ/kg DS, wat lager is dan voor tarwe (14,4 MJ), maar vergelijkbaar met sojaschroot (10,7 MJ). Daarnaast werd met de tweede partij DDGS een productieproef bij hanen uitgevoerd met inmengpercentages van respectievelijk 0, 10 en 20%. Bij 10% DDGS werden vergelijkbare prestaties bekomen als met het controlevoeder, terwijl bij 20% de opname en groei lichtjes werden gedrukt. Dit werd toegeschreven aan het lage gehalte aan lysine, maar ook aan cystine, waarschijnlijk te wijten aan oververhitting.

4. Evaluatietechnieken

Uit het voorgaande blijkt een vrij grote variatie in de chemische samenstelling en zeker in de benutting van DDGS door het dier. Om DDGS optimaal in het voeder of rantsoen te kunnen gebruiken, is het dus zeer belangrijk over betrouwbare informatie betreffende de voederwaarde te beschikken. Kennis van de herkomst is meestal niet voldoende, omdat er ook binnen een zelfde productie-eenheid aanzienlijke verschillen in kwaliteit kunnen optreden. In feite is een analyse per partij vereist. Om dit goedkoop en toch betrouwbaar te houden, wordt gezocht naar snelle evaluatietechnieken. De NIRS-techniek blijkt goede perspectieven te bieden voor het schatten van de chemische samenstelling, inclusief aminozuren. Voor het inschatten van de verteerbaarheid en energiewaarde is een in vitro verteerbaarheidstest (met pensvocht of enzymen) aangewezen. De kwaliteit van het eiwit en aminozuren blijkt het moeilijkst te voorspellen. Wat rundvee betreft is er tot nu toe geen betrouwbaar alternatief voor de in sacco techniek bij gefistuleerde koeien voor het bepalen van de pensbestendigheid en de darmverteerbaarheid. Mogelijke alternatieven zijn een in vitro methode met enzymen (pepsine, pancreatine), bepaling van celstofgebonden stikstof (ADIN), kleurmeting (Minolta, Hunterlab) en NIRS. De eiwitwaarde voor varkens en pluimvee blijkt wel sterk gecorreleerd te zijn met de kleur, waarbij een lichtere en meer gele kleur een hoger gehalte verteerbaar lysine betekent.

5. Besluiten

- Tarwe-DDGS blijkt een interessant voedermiddel te zijn vooral voor rundvee en dit zowel in verse als in gedroogde vorm. Dankzij de goed verteerbare celwanden en het relatief hoog ruw vetgehalte is de VEM-waarde vergelijkbaar met deze van tarwe. Het is vooral een interessante eiwitbron met een hoog DVE-gehalte en een relatief laag OEB-gehalte. Het hoog fosforgehalte verdient aandacht om onnodige excretie in het milieu te vermijden.
- Voor varkens en pluimvee is de energiewaarde heel wat lager dan het uitgangsmateriaal omwille van de aanrijking met celstof. Ondanks het hoog eiwitgehalte laat de kwaliteit ervan, en dan vooral het gehalte verteerbare lysine, meestal te wensen over. Hoge gehalten aan mycotoxines kunnen ook nadelig zijn. Er zijn wel nog mogelijkheden om de kwaliteit van het bijproduct via het productieproces te sturen en te verbeteren.
- Omwille van de sterke variatie in kwaliteit van DDGS is een analyse van de samenstelling en een inschatting van de voederwaarde geen overbodige luxe. Er is echter nog heel wat werk aan de winkel om betrouwbare evaluatietechnieken op punt te stellen. Op ILVO-DIER is recent een vierjarig IWT-project goedgekeurd om enerzijds via proeven bij rundvee, varkens en pluimvee de nutritionele waarde van verse en droge tarwe-DDGS te bepalen en anderzijds de voederwaarde te schatten met meer eenvoudige technieken.

Contactpersonen: Johan De Boever, Leo Fiems en Daniël De Brabander

2.6. BIOCHAR: BODEMVERBETERING EN KOOLSTOFOPSLAG

Het opwekken van bio-energie uit biomassa-reststromen, bodemverbetering en koolstofopslag: valt dit te combineren? ILVO onderzoekt of dit kan met biochar, bijproduct van pyrolyse, een techniek voor het opwekken van bio-energie van de tweede generatie.

Biomassa-resten omzetten naar bio-energie en het nevenproduct van dit proces gebruiken om de bodemvruchtbaarheid te verhogen en permanent koolstof in de bodem op te slaan. Drie voordelen in één klap: werkelijkheid of utopie? Volgens een steeds groter wordende groep van internationale onderzoekers hoeft dit geen utopie te zijn: het kan door het omzetten van biomassa-resten naar bio-energie via pyrolyse en het inzetten van één van de eindproducten, met name biochar, als bodemverbeterend middel. Pyrolyse is een techniek voor het opwekken van bio-energie van de tweede generatie. Het voordeel is dat restproducten, al dan niet afkomstig van de landbouwsector, gebruikt kunnen worden en er dus geen concurrentie hoeft te zijn met voedsel voor het telen van energiegewassen. Bij pyrolyse wordt biomassa in afwezigheid van zuurstof verhit waardoor het thermaal wordt gekraakt en waardoor gassen, olie en een vaste stof ontstaan.

Die vaste stof heet biochar. Dit is een koolstofrijk product en kan het best worden vergeleken met houtskool. Internationaal onderzoek, voornamelijk uit de VS en Australië, heeft uitgewezen dat biochar positieve effecten kan hebben op gewasopbrengst en de bodemvruchtbaarheid. Het gebruik van biochar in landbouwbodems is geïnspireerd op de Terra Preta bodems die enkele duizenden jaren geleden werden gecreëerd door bewoners van het Amazonewoud door gewasresten te verkolen en dit op hun akkers te brengen. Deze Terra Preta bodems behoren nog steeds tot de meest vruchtbare bodems van hun streek.

Als organische resten in de bodem worden gebracht, wordt de aanwezige koolstof binnen enkele jaren terug naar de atmosfeer uitgestoten in de vorm van CO₂. Slechts een kleine fractie wordt langere tijd als bodemorganische stof opgeslagen. Biochar daarentegen bestaat voor een groot deel uit inerte koolstof dat weinig onderhevig is aan afbraakprocessen. Hierdoor wordt het grootste deel van de koolstof in biochar permanent in de bodem opgeslagen. Volgens sommigen honderden tot enkele duizenden jaren. Omwille van de mogelijkheid van langdurige koolstofopslag wordt er in het kader van de post-Kyoto onderhandelingen druk gelobbyd om biochar op te nemen in de internationale koolstofmarkt. Hierdoor zou het opslaan van biochar in landbouwbodems geld kunnen opbrengen.

1. Biochar als bodemverbeteraar

Geen enkele landbouwer zal echter geïnteresseerd zijn in de toepassing van biochar zonder gunstige effecten op de gewasproductie. Het internationaal onderzoek is alvast veelbelovend.

Verskillende studies toonden aan dat biochartoepassingen (al dan niet afkomstig van pyrolyse) de opbrengsten van gewassen of bomen kan verhogen met een factor 1.1 tot 3.2 (Glaser et al., 2002; Woolf, 2008). Van de tien studies die Glaser et al. (2002) en Woolf (2008) vergeleken was er maar één waarbij de gewasopbrengst bij een toevoeging van 0.5 ton biochar/ha steeg en daalde bij toevoegingen van 5.0 en 15.0 ton biochar/ha ten opzichte van de controlebehandeling. Dit was bij de teelt van sojaboon op vulkanische bodems en is volgens Glaser et al. (2002) te wijten aan pH-effecten. De hoge opbrengststijgingen van sommige studies zijn wellicht te verklaren doordat er met armere, meer verweerde bodems werd gewerkt. Het is de vraag of en in welke mate er meer opbrengsten in bodems van gematigde streken, zoals die in Vlaanderen voorkomen, gerealiseerd kunnen worden.

Waarom verhogen gewasopbrengsten in de meeste gevallen na toediening van biochar? Een éénduidig antwoord is hier nog niet op gegeven, maar verschillende studies wezen op bodemverbeterende effecten.

Op vlak van de chemische bodemvruchtbaarheid worden een stijging van de zuurtegraad (pH) en de kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) gerapporteerd (o.a. Glaser et al., 2002). Hoe hoger de CEC, hoe meer positief geladen nutriënten (kationen) kunnen worden vastgehouden door de bodem en hoe meer nutriënten beschikbaar zijn voor de plant. De hoge sorptiecapaciteit van biochar geldt echter niet alleen voor kationen maar ook voor negatief geladen deeltjes (anionen) en zorgt ervoor dat uitspoelingsverliezen van nutriënten zoals stikstof en fosfaat worden beperkt (Mizuta et al., 2004; Lehmann et al., 2002; Beaton et al., 1960). Lehmann et al. (2006) hebben nog een andere verklaring voor verminderde stikstofverliezen, met name het feit dat de stikstofbeschikbaarheid vermindert door immobilisatie of vastlegging van stikstof. In landbouwsituaties kan dit tot tijdelijke stikstoftekorten leiden.

Op vlak van de fysische bodemkenmerken toonden sommige studies aan dat het waterhoudend vermogen door toediening van biochar kan stijgen (Tryon, 1948; Glaser et al., 2002; Chan et al., 2007). Anderen wijzen er op dat meer onderzoek nodig is omdat er verwacht wordt dat er in sommige gevallen ook verhoogde hydrofobiciteit, dit zijn waterafstotende effecten, zou kunnen optreden.

Interessant is dat toediening van biochar gunstig zou zijn voor microbiel bodemleven. Belangrijk hierbij is dat biochar een positief effect heeft op het voorkomen van mycorrhizaschimmels, wat gunstig is voor de plantengroei omdat deze schimmels de opname van voedingsstoffen en water voor de plant vergemakkelijken (o.a. Warnock et al., 2007). Volgens Nishio (1996) is dit ook de reden waarom er in Japan een lange traditie bestaat om houtskool (een vorm van biochar) te gebruiken als bodemverbeteraar. De

hypothese is dat biochar het microbieel leven bevordert omdat het heel poreus is en het micro-organismen daardoor beschermt tegen predatoren en omdat het oplosbare nutriënten en vocht vasthoudt (Thies en Rillig, 2009).

2. Biochar: een wondermiddel?

Biochar lijkt wel dé oplossing voor het dalende koolstofgehalte van onze akkers, stikstofverliezen naar grond- en oppervlaktewater én het tegengaan van de klimaatsverandering. Vooraleer we massaal biomassa gaan verkolen en biochar op de akkers brengen is toch enige omzichtigheid geboden.

Ten eerste is het meeste onderzoek naar biochar als bodemverbeterend middel totnogtoe gebeurd in tropische, verweerde bodems. Verwacht wordt dat de effecten op gewasgroei in dergelijke bodems groter zijn omdat deze bodems van nature armer zijn dan bodems van onze streken.

Ten tweede zijn de eigenschappen van biochar sterk afhankelijk van het uitgangsmateriaal en de procesomstandigheden waarin het is gemaakt. Bij pyrolyse worden de procesomstandigheden aangepast aan het gewenste eindproduct: olie, gas of biochar. Meer onderzoek dat inzicht verschaft in de eigenschappen van biochar en de daarmee gepaard gaande bodemverbeterende eigenschappen, in functie van uitgangsmateriaal en de procesomstandigheden van pyrolyse, is daarom nodig.

Ten derde is nog te weinig onderzoek gedaan naar mogelijke toxicologische effecten zoals de aanwezigheid van polyaromatische koolwaterstoffen (PAKs). Niet alleen moet worden onderzocht of die aanwezig zijn in biochar en of dit gevaar inhoudt voor gewasproductie en kwaliteit, maar ook of hierdoor geen problemen kunnen optreden met de wetgeving rond bodemverbeterende middelen en grondverzet.

ILVO startte onlangs, i.s.m. UGent, onderzoek om na te gaan of biochar ook in Vlaamse bodems als bodemverbeteraar kan ingezet worden zonder daarbij mogelijke toxicologische effecten en relevante wetgeving uit het oog te verliezen.

Referenties

Beaton, J.D., Peterson, H.B., Bauer, N., 1960. Some aspects of phosphate adsorption by charcoal. Soil Science of America Proceedings 24: 340-346.

Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S., 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research 45: 629-634.

Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. Biol. Fertil Soils 35: 219-230.

Lehmann, J., da Silva Jr, J.P., Rondon, M., Cravo, M.S., Greenwood, J., Nehls, T., Steiner, C., Glaser, B., 2002. Slash-and-char a feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon? Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand.

Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M., 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – review'. Mitigation and adaptation strategies for global change 11, 403-427.

Mizuta, K., Matsumoto, T., Hatate, Y., Nishihara, K., Nakanishi, T., 2004. Removal of nitrate nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal. Bioresource Technology 95: 255-257.

Thies, J.E., Rillig, C., 2009. Chapter 6: Characteristics of biochar: biological properties. In: Lehmann, J., Joseph, S. (eds), Biochar for Environmental Management. Earthscan.

Tryon, E.H., 1948. Effect of charcoal on certain physical, chemical and biological properties of forest soils. Ecological monographs 18, 81-115.

Woolf, D., 2008. Biochar as a soil amendment: A review of the environmental implications.

www.orgprints.org/13268/01/Biochar_as_a_soil_amendment_-_a_review.pdf

Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W., Rillig, M.C., 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. Plant and Soil 300: 9-20.

Contactpersonen: Greet Ruysschaert en Lucien Carlier

3. DIRECTE EN INDIRECTE ENERGIEBESPARING IN LAND- EN TUINBOUW

De meest groene energie is de energie die niet wordt verbruikt. Alles begint bij het verminderen van de energievraag. Doorgedreven maatregelen van energiebesparing vormen de eerste stap naar een energiezuinige bedrijfsvoering.

Verskillende indirecte maatregelen bij de dierlijke productiesystemen (Leo Fiems) leiden tot het verlagen van het energieverbruik. Wij vergelijken dit ook lokaal en internationaal in de varkenshouderij (Bert Vander Vennet).

Omdat rationeel energieverbruik (direct + indirect energie) één van de maatregelen is om landbouwbedrijven ecologisch duurzamer te maken omvat de duurzaamheidsster (Karoline D’Haene) indicatoren voor energieverbruik.

Het ILVO werkte ook mee aan het MIRA-S-project, (Bert Vander Vennet) waarbij verschillende toekomstscenario’s ontwikkeld werden voor de glastuinbouw.

Bij agrarische gebouwen kan door klimaatbeheersing (Peter Demeyer) heel wat energie bespaard worden. In de intensieve veehouderij wordt onderzoek verricht naar een code van goede praktijk voor energie-efficiënt gebruik van mechanische ventilatie (Veerle Van linden) en het optimaal gebruik van natuurlijke ventilatie (Merlijn De Paepe). Voor de glastuinbouw worden studies uitgevoerd betreffende innovatieve technieken voor exergie efficiënte kassystemen (EEK) (Filip Bronchart). Verder werd ook onderzoek verricht naar het energieverbruik van landbouwvoertuigen (Veerle Van linden) in België.

3.1. INDIRECT ENERGIEVERBRUIK VERLAGEN IN DIERLIJKE PRODUCTIESYSTEMEN

1. Inleiding

In de loop van de voorbije jaren was er een enorme stijging van alles wat met energie te maken had. De aardolieprijs kende een ongeëvenaarde hoogte. Hierdoor werd de productie van biobrandstoffen interessant. Het gevolg was dat een aantal grondstoffen, die van oudsher in de veevoeding gebruikt werden, nu nieuwe afzetmarkten vonden. Dit had een weerslag op de veevoederprijzen. Zo stegen de prijzen van sojaschroot van begin 2006 tot 2008 met ruim 50% en deze van tarwe en bietenpulp met ongeveer 100% en fosfor steeg zelfs met een factor 9. Momenteel zijn de prijzen terug gedaald; helaas niet in dezelfde mate voor de diverse grondstoffen! Eén kVEM kost nu ongeveer 7,1 €ct tegenover 14,3 in juli 2008, zijnde een daling van ongeveer 50%. Niets garandeert dat de energieprijzen in de toekomst niet opnieuw stijgen. Een veehouder heeft er echter steeds belang bij om zo efficiënt mogelijk te produceren, maar in tijden met lage inkomsten kan een besparing het verschil maken tussen winst of verlies.

Onder “indirect energieverbruik” wordt hier vooral voederenergie verstaan. De efficiëntie ervan wordt uitgedrukt als voederomzet, dit is de hoeveelheid voeder of energie per kg gewichtsaanzet of per kg eindproduct. Naast een efficiëntieverbetering kunnen alternatieve voedermiddelen en/of voederstrategieën ook zorgen voor een kostenbesparing. Hieronder is melding gemaakt van resultaten van ILVO-Dier die een energiebesparing kunnen geven.

2. Besparingen door zootechnische maatregelen

Het is een oud gegeven, maar kippen produceren efficiënter vlees dan varkens en runderen. Per kg gewichtsaanzet is er ongeveer 1,6 tot 1,8 kg voeder nodig bij kippen, 2,75 to 3 kg bij varkens en 6 tot 6,5 kg droge stof bij runderen. Anderzijds kunnen runderen vezelrijke voedermiddelen benutten die niet door enkelmagigen kunnen verteerd worden.

Ook rasverschillen bepalen de hoeveelheid voeder per kg gewichtstoename. Onderzoeksresultaten van ILVO-Dier toonden aan dat semi-intensieve afgemeste Witrode stiertjes 10-11% efficiënter zijn dan Zwartbonte en Holstein stiertjes. Bij deze Witrode dieren komt dat op ongeveer 6,75 kg droge stof (DS), wat ondanks hun lager gewicht nog aanzienlijk meer is dan bij Witblauwe dikbillen. Dat deze dieren de belangrijkste leveranciers zijn van Belgisch rundvlees, heeft niet alleen te maken met de lagere voederkosten, maar evenzeer met de hogere vleeswaarde als gevolg van een betere karkas- en vleeskwiteit.

Bij om het even welke vorm van dierlijke productie is er steeds een deel van de energie nodig voor het onderhoud van de dieren. De onderhoudsbehoefte en het aandeel van het rantsoen dat nodig is om deze behoefte te dekken, stijgt naarmate de dieren zwaarder worden. Dit impliceert een hogere voederomzet bij zwaardere dieren. Het kan daarom aangewezen zijn om dieren op een lager gewicht te slachten in tijden met hoge energiekosten. In tabel 1 zijn resultaten weergegeven van stieren die afgemest werden op een rantsoen bestaande uit krachtvoer en maïskuilvoer (50/50 op DS-basis). Het aandeel van de energieopname voor onderhoud zou ook kunnen gereduceerd worden door een maximale groei na te streven. Bij dikbillen bestaat er immers nauwelijks een kans dat de dieren te vet worden. Het totale kostenplaatje wordt echter meebepaald door de aankoopwaarde van het kalf (die moet afgeschreven worden over een kleiner of een groter gewichtstraject), de kosten van de groei tijdens de voorperiode en de slachtkosten.

Tabel 1: Invloed van slachtgewicht bij dikbilstieren

Eenheid	650 kg slachtgewicht	725 kg slachtgewicht
Aantal stieren	58	53
Gewichtsinterval (kg)	406-661	404-730
Dagelijkse groei (kg)	1,49	1,42
Dagelijkse opname (kg DS)	8,74	8,91
Voederomzet (kg DS/kg groei)	5,95	6,43*

* $P < 0,05$

3. Besparingen door voedertechnische maatregelen

Voor de meeste diersoorten zijn normen opgesteld. Zowel om economische als ecologische redenen dienen deze normen verfijnd te worden. Zo kan de stikstofuitstoot naar het milieu verlaagd worden door het eiwitgehalte te beperken, maar anderzijds gaan de prestaties er onder lijden wanneer het eiwitgehalte in het rantsoen te laag wordt. Vandaar dat een lager eiwitgehalte gekoppeld wordt aan een beter aminozuurprofiel.

Onderzoek op ILVO-Dier met braadkippen van 2 tot 5 weken oud toonde aan dat een adequate hoeveelheid ruw eiwit (RE) of de toevoeging van 0,4 tot 2,8 g DL-methionine (M) en L-cysteïne (C) (1:1) per kg voer resulteerde in een significante verbetering van de voederomzet ($P < 0,05$). In een eerste proef met 208 g RE per kg voer verbeterde de voederomzet door de aminozuurtoevoeging. In een tweede proef werd de voederomzet ongunstiger wanneer het RE-gehalte daalde van 233 naar 197 g RE per kg. Deze daling

werd teniet gedaan en zelfs omgebogen naar een verbetering van de voederomzet door de aminozuurtoevoeging (tabel 2).

Tabel 2: Voederomzet (g/g) bij braadkippen bij verschillende eiwit- en aminozuurniveaus

Experiment 1

Behandelingen	Voederomzet
208 g RE/kg	1,95 ^a
208g RE/kg + 0,4 g M+C	1,81 ^b
208g RE/kg + 0,8 g M+C	1,74 ^c
208 g RE/kg + 1,2 g M+C	1,69 ^{cd}
208g RE/kg + 1,6 g M+C	1,67 ^d
208g RE/kg + 2,0 g M+C	1,64 ^d

Experiment 2

Behandelingen	Voederomzet
233 g RE/kg	1,92 ^{ac}
197g RE/kg	2,16 ^b
197 g RE/kg + 0,8 g M+C	1,97 ^a
197 g RE/kg + 1,3 g M+C	1,87 ^{cd}
197 g RE/kg + 1,8 g M+C	1,83 ^{de}
197 g RE/kg + 2,3 g M+C	1,80 ^{ef}
197 g RE/kg + 2,8 g M+C	1,77 ^f

^a waarden met een gelijke letter zijn niet betekenisvol verschillend (P > 0,05)

Bij legkippen werd de invloed van het isoleucinegehalte en het RE-gehalte in het voer op de voederomzet (voederopname /kg eimassa) nagegaan op verschillende tijdstippen van de leg. Dalend eiwit- en isoleucinegehalte deden de voederomzet stijgen (tabel 3). De dagelijkse isoleucinebehoefte werd geschat op 9,48 mg/g eigewicht + 44,47 mg/kg lichaamsgewicht in de eerste periode en 12,11 mg/g eigewicht + 6,86 mg/kg lichaamsgewicht in de tweede periode. Dit betekent dat de isoleucinebehoefte niet daalt in de loop van het eerste legjaar.

Niet-zetmeel koolhydraten (NSP) worden niet volledig benut bij pluimvee. Dit is te wijten aan de insluiting van nutriënten en de verhoging van de viscositeit. Het resulteert ook in een proliferatie van de darmflora, voornamelijk in het ileum. Enzymen (E) die NSP hydrolyseren kunnen de energiewaarde verhogen, gedeeltelijk ook d.m.v. de impact op de darmflora (tabel 4).

Tabel 3: Invloed van het isoleucinegehalte op de prestaties bij legkippen

32-36 weken

Behandelingen	Leg (%)	Eigewicht (g)	Voederomzet (g/g)
198g RE - 7,6g lleu/kg	89,1	63,3	2,19
189g RE - 7,2g lleu/kg	89,9	63,2	2,15
180g RE - 6,8g lleu/kg	90,3	63,6	2,15
172g RE - 6,5g lleu/kg	88,3	63,3	2,19
163g RE - 6,1g lleu/kg	89,2	62,3	2,25
154g RE - 5,7g lleu/kg	88,0	61,7	2,27
145g RE - 5,3g lleu/kg	86,8	61,2	2,33
137g RE - 4,9g lleu/kg	84,5	60,6	2,39
128g RE - 4,6g lleu/kg	79,9	59,9	2,54
119g RE - 4,2g lleu/kg	74,5	60,3	2,74
110g RE - 3,8g lleu/kg	64,0	58,4	3,22

52-56 weken

Behandelingen	Leg (%)	Eigewicht (g)	Voederomzet (g/g)
198g RE - 7,6g Ileu/kg	80,4	67,9	2,35
189g RE - 7,2g Ileu/kg	81,6	67,4	2,33
180g RE - 6,8g Ileu/kg	81,4	67,4	2,32
172g RE - 6,5g Ileu/kg	80,4	67,3	2,37
163g RE - 6,1g Ileu/kg	79,5	66,9	2,42
154g RE - 5,7g Ileu/kg	77,6	66,3	2,48
145g RE - 5,3g Ileu/kg	75,8	66,0	2,56
137g RE - 4,9g Ileu/kg	74,6	64,9	2,60
128g RE - 4,6g Ileu/kg	72,8	64,6	2,77
119g RE - 4,2g Ileu/kg	68,7	64,0	2,93
110g RE - 3,8g Ileu/kg	57,9	63,6	3,41

Tabel 4: Invloed van een carbohydrase (500 mg Bio-Feed Plus CT/kg) op de ME waarde

Rantsoen (R)	AMEn (MJ/kg R) R	AMEn (MJ/kg R) R + E	AMEn (MJ/kg grondstof) -E	AMEn (MJ/kg grondstof) +E	AMEn (MJ/kg grondstof) Effect (%)
<i>Basisrantsoen (BR)</i>	11,79	11,82	-	-	-
<i>BR + tarwe 1</i>	11,76	12,15	11,28	12,05	6,8*
<i>BR + tarwe 2</i>	11,51	11,94	10,77	11,64	8,1*
<i>BR + tarwe 3</i>	11,23	11,87	10,67	11,95	12,0*
<i>BR + tarwezemelgrint</i>	10,15	10,32	5,26	5,82	10,8*
<i>BR + maïs</i>	13,12	13,16	13,50	13,59	0,7
<i>BR + sojaschroot</i>	11,10	11,18	9,01	9,35	3,7
<i>BR + koolzaadschroot</i>	10,77	10,96	4,88	5,65	15,8*
<i>BR + erwten</i>	11,29	11,35	9,80	10,02	2,3

* P < 0,05

In een proef met vleeskuikens met 3 rantsoenen op basis van 53% tarwe, die al dan niet gesupplementeerd werden met 100 mg Belfeed per kg, bleek dat de energiewaarde gemiddeld steeg van 11,00 naar 11,24 MJ ME/kg door toevoeging van het NSP-enzyme (P < 0,05). De opname steeg in 2 van de 3 proeven, maar was gemiddeld niet betekenisvol verschillend (tabel 5). De enzymetoevoeging zorgde voor een hoger gewicht op de leeftijd van 39 dagen en de voerconversie was significant beter voor de gepoolde resultaten (P < 0,05).

Tabel 5: Invloed van een NSP-enzyme (E) bij vleeskuikens

Behandelingen	Gewicht na 39 d (g)	Voederopname (g/d)	Voederomzet (g/g)
Tarwe cultivar 1 – E	2131	91,4	1,710
Tarwe cultivar 1 + E	2192	90,6	1,647
Tarwe cultivar 2 – E	2077	88,7	1,705
Tarwe cultivar 2 + E	2136	90,8	1,695
Tarwe cultivar 3 – E	2160	92,5	1,707
Tarwe cultivar 3 + E	2200	93,3	1,691

In ILVO-onderzoek met 96 kruisingzeugjes (Piétrainbeer x hybride zeug) werd het effect van eiwit- en aminozuurniveaus nagegaan tijdens de gewichtstrajecten 20-40 kg, 40-70 kg en 70 kg tot slachting. De gehalten werden verlaagd tot resp. 90, 80 en 70% van het vroeger vastgestelde optimum (20-40 kg: 9,9, 40-70 kg: 9,7; 70-110 kg: 8,2 g darmverteerbaar lysine/kg). De 70% behandeling resulteerde in een significant slechtere voederconversie t.o.v. de 100% groep tijdens elk van de subperioden (tabel 6). De voederconversie van de 80% behandeling was enkel ongunstiger tijdens het interval 20-40 kg.

Tabel 6: Voederomzet (kg/kg) bij varkens bij verschillende eiwit- en aminozuurniveaus

Gewichtsinterval	100%	90%	80%	70%
20 - 40 kg	2,09 ^a	2,11 ^a	2,28 ^b	2,47 ^c
40 - 70 kg	2,53 ^a	2,42 ^a	2,49 ^a	2,79 ^b
70 kg - slachting	3,39 ^a	3,46 ^{ab}	3,38 ^a	3,70 ^b
20 kg - slachting	2,78 ^a	2,75 ^a	2,80 ^a	3,09 ^b

a waarden met een gelijke letter zijn niet betekenisvol verschillend (P > 0,05)

Bij runderen zetten dikbillen meer eiwit aan dan andere genotypen. Het lijkt dan ook evident dat dergelijke dieren een hogere eiwitbehoefte hebben. Bij kalveren en vleesstieren werd de invloed van het eiwitgehalte in het rantsoen nagegaan.

Mannelijke en vrouwelijke fokkalveren werden ingedeeld in 2 groepen. Ze werden op identieke wijze opgefokt (20 weken), behalve dat het krachtvoer 174 of 208 g RE per kg DS bevatte. De kalveren werden gespeend bij een krachtvoeropname van 3,5 kg/week. De opname werd beperkt tot 3 kg krachtvoer per dag. Daarnaast was er steeds grashooi ter beschikking. Stiertjes reageerden duidelijker op het eiwitgehalte dan vaarsjes (tabel 7). Na spenen was de dagelijkse groei betekenisvol hoger. Ook voor de totale opfokperiode was dit het geval, ondanks het feit dat er voor het spenen geen effect waar te nemen viel. De hogere groei ging gepaard met een betere voederomzet na het spenen ($P = 0,011$).

Tabel 7: Invloed van het eiwitgehalte bij dikbilkalveren tijdens de opfokperiode

Ruw eiwit (g/kg DS)	174 (stiertjes)	208 (stiertjes)	174 (vaarsjes)	208 (vaarsjes)	Significantie Eiwit	Significantie Geslacht	Significantie Interactie
Dagelijkse groei (kg) voor spenen	0,50 ^a	0,54 ^a	0,53 ^a	0,54 ^a	0,366	0,539	0,458
Dagelijkse groei (kg) na spenen	0,99 ^a	1,08 ^b	0,97 ^a	1,01 ^{ab}	0,008	0,091	0,313
Dagelijkse groei (kg) 20 weken	0,77 ^a	0,85 ^b	0,78 ^a	0,83 ^{ab}	0,008	0,900	0,437
Voederomzet (kg DS/kg groei) voor spenen	1,73 ^a	1,56 ^a	1,51 ^a	1,66 ^a	0,990	0,611	0,150
Voederomzet (kg DS/kg groei) na spenen	2,73 ^b	2,46 ^a	2,71 ^b	2,65 ^b	0,011	0,176	0,078
Voederomzet (kg DS/kg groei) 20 weken	2,41 ^a	2,21 ^b	2,37 ^{ab}	2,34 ^{ab}	0,074	0,485	0,187

ab waarden met gelijke index zijn niet significant verschillend ($P > 0,05$)

Bij dikbilstieren werd de invloed van energie- en eiwitgehalte in het rantsoen nagegaan tijdens de vetmesting. De voederomzet, uitgedrukt in kg DS, was significant verschillend binnen een gewichtstraject van 370 tot 700 kg (± 228 d) als gevolg van de energiedensiteit, maar in termen van VEVI was er geen verschil. De energie-efficiëntie daalde bij een lager eiwitgehalte in het rantsoen. Naarmate dieren zwaarder werden, verdween dit effect. Anderzijds was er op het einde van de proef wel nog een betekenisvolle invloed van het

eiwitniveau op de groeisnelheid en de karkaskwaliteit (tabel 8). Het feit dat de voederomzet bij zwaardere dieren niet meer beïnvloed werd door energie- of eiwitgehalte maakt het mogelijk om dieren tijdens de vetmesting gefaseerd te voederen. Dit werd getest door het DVE-gehalte te verlagen van 93 tot 67 g/kg naast een constant VEVI-gehalte van 1075 per kg DS, of het VEVI-gehalte te verhogen van 1000 tot 1150 per kg DS naast een constant DVE-gehalte van 93 g/kg DS, of de energiestijging te combineren met een eiwitdaling. Deze behandelingen werden vergeleken met een constant VEVI- en DVE-gehalte van resp. 1075 en 93 g/kg DS. Hoewel er geen significante verschillen vastgesteld werden voor de voederomzet, was er wel een negatief effect op groei en slachtrendement.

Tabel 8: Invloed van een wisselend energie- en eiwitgehalte per kg DS bij dikbilstieren

Energie (VEVI)	1070	1070	1070	1165	1165	1165
Eiwit (g DVE)	75	95	115	75	95	115
Groei (kg/d)	1,37 ^a	1,45 ^{ab}	1,41 ^{ab}	1,35 ^a	1,41 ^{ab}	1,47 ^b
Kg DS/ kg groei 1 - 84 d	5,58 ^a	5,11 ^{abc}	5,13 ^{bc}	5,59 ^{ab}	5,05 ^c	4,79 ^c
Kg DS/ kg groei 85 - 168 d	6,67	6,66	6,72	6,12	6,28	6,21
Kg DS/ kg groei 169 - einde	8,65	8,55	9,26	8,14	8,07	8,03
Kg DS/ kg groei Begin - einde	6,68 ^a	6,41 ^{abc}	6,53 ^{ab}	6,36 ^{abc}	6,16 ^{bc}	5,99 ^c
kVEVI/kg groei 1 - 84 d	5,93 ^{ab}	5,49 ^a	5,49 ^a	6,47 ^b	5,90 ^{ab}	5,59 ^a
kVEVI/kg groei 85 - 168 d	7,10	7,14	7,21	7,10	7,30	7,22
kVEVI/kg groei 169 - einde	9,19	9,16	9,92	9,43	9,40	9,27
kVEVI/kg groei Begin - einde	7,10	6,87	7,00	7,38	7,18	6,96
Slachtrendement (%)	68,6	69,0	69,2	68,5	68,8	69,1

Eenheid	Significantie Energie	Significantie Eiwit
Groei (kg/d)	0,93	0,02
Kg DS/ kg groei 1 - 84 d	0,17	<0.01
Kg DS/ kg groei 85 - 168 d	0,02	0,98
Kg DS/ kg groei 169 - einde	0,16	0,87
Kg DS/ kg groei Begin - einde	0,01	0,27
kVEVI/kg groei 1 - 84 d	0,03	0,01
kVEVI/kg groei 85 - 168 d	0,73	0,88
kVEVI/kg groei 169 - einde	0,58	0,86
kVEVI/kg groei Begin - einde	0,31	0,75
Slachtrendement (%)	0,44	0,01

^a waarden met een gelijke letter zijn niet betekenisvol verschillend ($P > 0,05$)

4. Besparingen door een beter management

Zoogkoeien overwinteren vaak op basis van laagkwalitatieve voedermiddelen. Op die manier wordt reserveweefsel gemobiliseerd dat in het voorjaar terug aangezet wordt op de weide. Een dergelijk management geeft bevredigende resultaten omdat de energie efficiënter gebruikt wordt (alternatieve voederstrategie) en omdat duurder wintervoer vervangen wordt door goedkoop gras (alternatieve voedermiddelen). Bij Witblauwe dikbilkoeien werd nagegaan wat de invloed was van een energiebeperking (80% van de energiebehoeften) tijdens de winterperiode (140 d, fase 1) op de voederefficiëntie door de dieren nog gedurende 70 dagen ad lib te voederen na de beperkingsperiode (fase 2), wat enigszins een simulatie is van de omstandigheden bij het begin van de weideperiode. Tijdens fase 2 zijn koeien die tijdens fase 1 beperkt waren tot 80% van hun energiebehoefte efficiënter, maar voor de globale periode (210 d) gebruiken ze de voerenergie duidelijk minder efficiënt ($P = 0,093$, tabel 9).

Bij melkvee bestaat het basisrantsoen overwegend uit ruwvoer (RV). Voederbieten hebben een hoge netto-energieopbrengst per ha als gevolg van een zeer hoge verteerbaarheid. Daarenboven hebben bieten een hoge opneembaarheid. De verdringingswaarde is steeds kleiner dan 100% zodat zij zorgen voor extra opname. Op deze manier kan duurder krachtvoer bespaard worden. In tabel 10 is de invloed

weergegeven wanneer 20 kg bieten opgenomen worden in het rantsoen voor melkvee. In elk van de proeven werd meer RV-melk geproduceerd uit de energie wanneer bieten in het rantsoen opgenomen werden.

Algemeen moet gesteld worden om RV van uitstekende kwaliteit te winnen. Enerzijds is de energiewaarde hoger en anderzijds nemen runderen er meer van op. Dit kan o.a. door gras in een jong stadium te maaien. Ook een goede ruwvoederbewaring kan bijdragen tot een hoger rendement door o.a. de kuilverliezen te beperken.

Tabel 9: Energiebeperking en efficiëntie bij dikbilkoeien

Eenheid	Energieniveau fase 1 100 %	Energieniveau fase 1 80 %	P-waarde
Begingewicht (kg)	615	588	0,672
Gewicht na 140 d (kg)	610	542	0,259
Eindgewicht (kg)	694	631	0,291
Gewichtsverandering (kg/d) 1 - 140 d	-0,03	-0,33	<0,001
Gewichtsverandering (kg/d) 141 - 210 d (1)	1,20	1,26	0,636
Gewichtsverandering (kg/d) 1 - 210 d (2)	0,38	0,21	0,026
Opname (kVEM/d) 1 - 140 d	5,36	4,18	<0,001
Opname (kVEM/d) 141 - 210 d (3)	9,29	8,50	0,295
Opname (kVEM/d) 1 - 210 d (4)	6,67	5,62	0,016
Voederefficiëntie (kVEM/kg) Fase 2 (3 : 1)	7,74	6,74	0,193
Voederefficiëntie (kVEM/kg) Fase 1 + 2 (4 : 2)	17,55	26,76	0,093

Tabel 10: Invloed van 20 kg voederbieten in het rantsoen voor melkkoeien

Basisrantsoen	Grashooi	Grashooi	Graskuil
Ruwe celstof (g/kg DS)	321	353	236
DS-opname (kg/d) Graslandproduct	-1,1	-1,4	-1,3
DS-opname (kg/d) Totaal RV-rantsoen	+1,6	+1,6	+1,6
DS-opname (kg/d) Krachtvoer	-1,0	-1,6	-1,3
RV-melk uit energie	+5,5	+5,1	+5,8

Basisrantsoen	Grashooi	Grashooi	Graskuil
Ruwe celstof (g/kg DS)	226	274	277
DS-opname (kg/d) Graslandproduct	-1,9	-2,0	-2,7
DS-opname (kg/d) Totaal RV-rantsoen	+1,0	+0,9	+0,1
DS-opname (kg/d) Krachtvoer	-0,1	-0,5	-0,1
RV-melk uit energie	+3,6	+2,7	+1,5

Basisrantsoen	Maïskuil	Maïskuil	Maïskuil
DS-opname (kg/d) Maïskuilvoer	-2,0	-1,6	-2,3
DS-opname (kg/d) Totaal RV-rantsoen	+0,8	+1,5	+0,9
DS-opname (kg/d) Krachtvoer	-1,0	-0,2	-0,9
RV-melk uit energie	+2,9	+3,9	+2,9

Om snel een betrouwbaar beeld te krijgen van de voederwaarde van zowel RV als krachtvoer en krachtvoergrondstoffen werden schattingsformules afgeleid die toelaten om de energiewaarde snel en vrij nauwkeurig te schatten.

De agro-industrie levert een aantal bijproducten op. Vaak bevatten ze een laag DS-gehalte. Een aandeel van deze nevenstromen wordt gedroogd om als grondstof gebruikt te worden in de mengvoerindustrie. De bijproducten kunnen echter ook als dusdanig door de veehouder gebruikt worden, waarbij geen energie nodig is om het vochtig bijproduct te drogen. Een typisch voorbeeld is bietenpulp. Deze kan als nat ($\pm 10\%$ DS), voorgeperst

($\pm 22\%$ DS) of als gedroogd product aangeboden worden. Door te drogen liep de energiewaarde terug van 1059 tot 992 VEM/kg DS t.o.v. ingekuilde perspulp, als gevolg van een lagere verteerbaarheid van de DS: 83,6 vs. 79,0%. Het natte product had echter slechts een VEM-waarde per kg DS van 925 t.g.v. de grote sapverliezen bij de bewaring. Bij vleesvee wordt er minder perspulp opgenomen dan droge pulp, als gevolg van het hoger vochtgehalte, maar de voederomzet is wel lager bij perspulp. Net zoals bij bieten resulteert perspulp bij melkvee ook in een verhoging van de opname naast graslandproducten of maïskuilvoer.

De productie van biobrandstoffen levert enkele bijproducten op die ook in de veevoeding kunnen gevaloriseerd worden. Hier zou ook kunnen gesteld worden dat een energiebesparing mogelijk kan gerealiseerd worden door de producten in de mate van het mogelijke in vochtige toestand te bewaren en te verstrekken aan rundvee. Er dient hier evenwel nog gesteld te worden dat er meer water dient vervoerd te worden bij het wegtransport, wat ook een energieprijkaartje heeft.

In de mengvoerindustrie worden de grondstoffen vaak gemalen, gemengd en daarna gepelleteerd. Bij vleesvee zouden grondstoffen als grove mengeling kunnen verstrekt worden zonder negatieve invloed op de voederomzet. Bij pluimvee, echter, blijkt dat de voederomzet beter is wanneer het voer als pellet verstrekt wordt.

5. Besluiten

Besparingen zijn mogelijk door maximaal rekening te houden met de behoeften van de dieren. De voederefficiëntie bij vleesvee kan verbeterd worden door het slachtgewicht te verlagen. Een energiebeperking beneden de behoeften van zoogkoeien tijdens de winterperiode moet afgeraden worden. Het winnen van kwaliteitsruwvoer is belangrijk. Om de voederwaarde te schatten kunnen schattingsformules gebruik worden. Bij rundvee kunnen vochtige bijproducten met goed resultaat aangewend worden en droge grondstoffen hoeven niet per se gemalen en gepelleteerd te worden.

Contactpersoon: Leo Fiems

3.2. VERGELIJKING LOKALE EN INTERNATIONALE PRODUCTIESYSTEMEN IN DE VARKENSHOUDERIJ



Hoe kunnen varkensbedrijven vanuit hun verschillende bedrijfsvoeringen verduurzamen? Door de grote diversiteit van de varkensbedrijven (gemengde bedrijven en bedrijven, groot of klein, focus op lokaal of globaal) zullen deze bedrijven sterk

verschillen in hun duurzaamheidsstrategieën. De schokvastheid van productiesystemen is hierbij een belangrijk aspect: verschillen in bedrijfsvoering kunnen elkaar aanvullen om zich als sector tegen externe risico's te beschermen. Bij de systeembeoordeling zullen niet enkel de economische aspecten beschouwd worden, maar ook de milieukundige en de sociale aspecten. Hoe kwetsbaar zijn de netwerken die verbonden zijn met de productie en hoe kunnen deze de milieudruk minimaliseren? In dit kader komt de problematiek van maatschappelijk verantwoord sojagebruik ter sprake.

Het onderzoek zal ondermeer steunen op diepte-interviews om zicht te krijgen op mogelijke visies en strategieën.

Aanverwante projecten

Duurzame waarde analyse van landbouwsector en –beleid (SVAPPAS - <http://www.ilvo.vlaanderen.be/NL/Onderzoek/Integratie>)

Contactpersoon: Bert Vander Vennet

3.3. DOORLICHTING VAN HET ENERGIEVERBRUIK VAN LANDBOUWBEDRIJVEN MET DE DUURZAAMHEIDSSTER

72

1. Inleiding

De eindige voorraden van fossiele brandstoffen, de steeds strenger wordende Europese en Vlaamse wetgeving en de duurdere grondstofprijzen wijzen op de noodzaak om dringend werk te maken van een duurzamer energieverbruik. Bovendien komt bij de verbranding van fossiele brandstoffen CO₂ vrij, dat bijdraagt tot het broeikaseffect.

Van de landbouw wordt dan ook een grote inspanning verwacht om op een rationele manier om te springen met energie en zodoende de ecologische duurzaamheid van de landbouwbedrijven te bevorderen. Bij het nemen van maatregelen op een bedrijf dient echter steeds rekening gehouden te worden met de maatschappelijke wensen en de economische leefbaarheid. Een bedrijfsvoering met oog voor geïntegreerde duurzaamheid is dus erg belangrijk.

2. Energieverbruik van landbouwbedrijven

Gebruik van mazout door de landbouwer en de loonwerker, smeermiddelen en elektriciteit zijn de belangrijkste vormen van direct energieverbruik op landbouwbedrijven. Daarnaast hebben landbouwbedrijven een grote hoeveelheid indirect energieverbruik. Bij de productie en transport van minerale meststoffen, zaad en plantgoed, gewasbeschermingsmiddelen, kracht- en ruwvoeder en machines wordt er immers ook energie verbruikt.

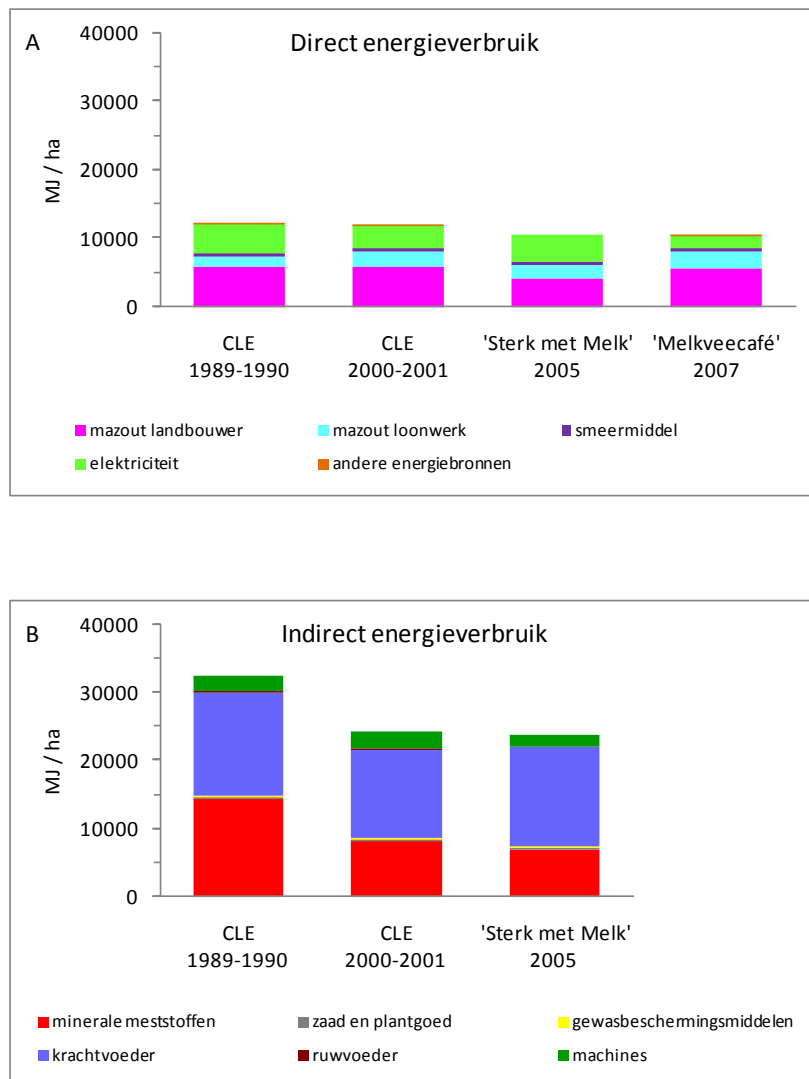
Bij het berekenen van het energieverbruik van landbouwbedrijven is het noodzakelijk om zowel het directe als indirecte energieverbruik te berekenen, zodat zelf telen of aankopen van voeders qua energieverbruik en -efficiëntie op een zelfde basis beoordeeld worden. Schoffelen in plaats van gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen toont eveneens aan waarom indirecte energie berekend moet worden.

Op basis van gegevens van het landbouwboekhoudnet van het CLE (Centrum voor Landbouweconomie) werd het energieverbruik (direct + indirect) van melkveebedrijven in 1989-1990 en 2000-2001 berekend. Het energieverbruik van de melkveehouders die deelnamen aan het Leader⁺ project 'Sterk met Melk' (direct + indirect) (2005) en aan het project 'Melkveecafé' van ILVO en Afdeling Monitoring en Studie (AMS) van het Departement Landbouw en Visserij (direct) (2007) werd eveneens berekend.

Een "gemiddeld" melkveebedrijf verbruikte 45056 MJ / ha (direct + indirect) in 1989-1990 (Figuur 1). Het indirect energieverbruik nam in deze periode met 72% het grootste aandeel in het totale energieverbruik op een melkveebedrijf in. De productie van minerale meststoffen (vnl. N-meststoffen) en krachtvoeder waren de grootste indirecte

energieverbruikposten. Energieverbruik onder vorm van mazout was de grootste directe energieverbruikpost.

Het directe energieverbruik van melkveebedrijven van het boekhoudnet van het CLE in 2000-2001, 2005 (project 'Sterk met melk') en 2007 (project 'Melkveecafé') is nagenoeg gelijk t.o.v. 1989-1990. Het indirect energieverbruik is echter sterk gedaald met ongeveer 8500 MJ/ha. Dit is voornamelijk te wijten aan een sterke daling van het gebruik van minerale meststoffen in de laatste jaren.



Figuur 1: Gemiddeld A) direct en B) indirect energieverbruik per ha, voor de gespecialiseerde Vlaamse melkveebedrijven uit de CLE-boekhoudnet voor de periode 1989-1990 en 2000-2001, uit het project 'Sterk met Melk' (2005) en uit het project 'Melkveecafé' (2007)

Uit de data van 2000-2001 van boekhoudnet van het CLE blijkt dat ook op akkerbouwbedrijven het indirect energieverbruik (10942 MJ/ha) groter was dan het direct energieverbruik (10017 MJ/ha). De productie van minerale meststoffen vroeg de meeste

energie (34% van het totale energieverbruik). Het grootste deel van het direct energieverbruik ging naar brandstoffen voor tractoren voor het uitvoeren van veldbewerkingen. Het direct energieverbruik per ha in 2000-2001 was ongeveer gelijk gebleven met 1989-1990, maar het indirect energieverbruik was gedaald. Deze daling was ook hier voornamelijk het gevolg van een verminderd verbruik van minerale meststoffen.

Op de gespecialiseerde varkensbedrijven van boekhoudnet van het CLE van 1997-1998 verbruikte de productie van voeders de meeste energie (ongeveer 68% van het totale energieverbruik). Energieverbruik onder vorm van mazout was de tweede belangrijke energieverbruikpost, voornamelijk als gevolg van de verwarming van stallen. Samen stonden deze twee posten in voor bijna 90% van het totale energieverbruik op een varkensbedrijf. Het totale energieverbruik per mestvarkenequivalent (3550 MJ/mestvarkenequivalent) was nagenoeg gelijk gebleven t.o.v. 1989-1990.

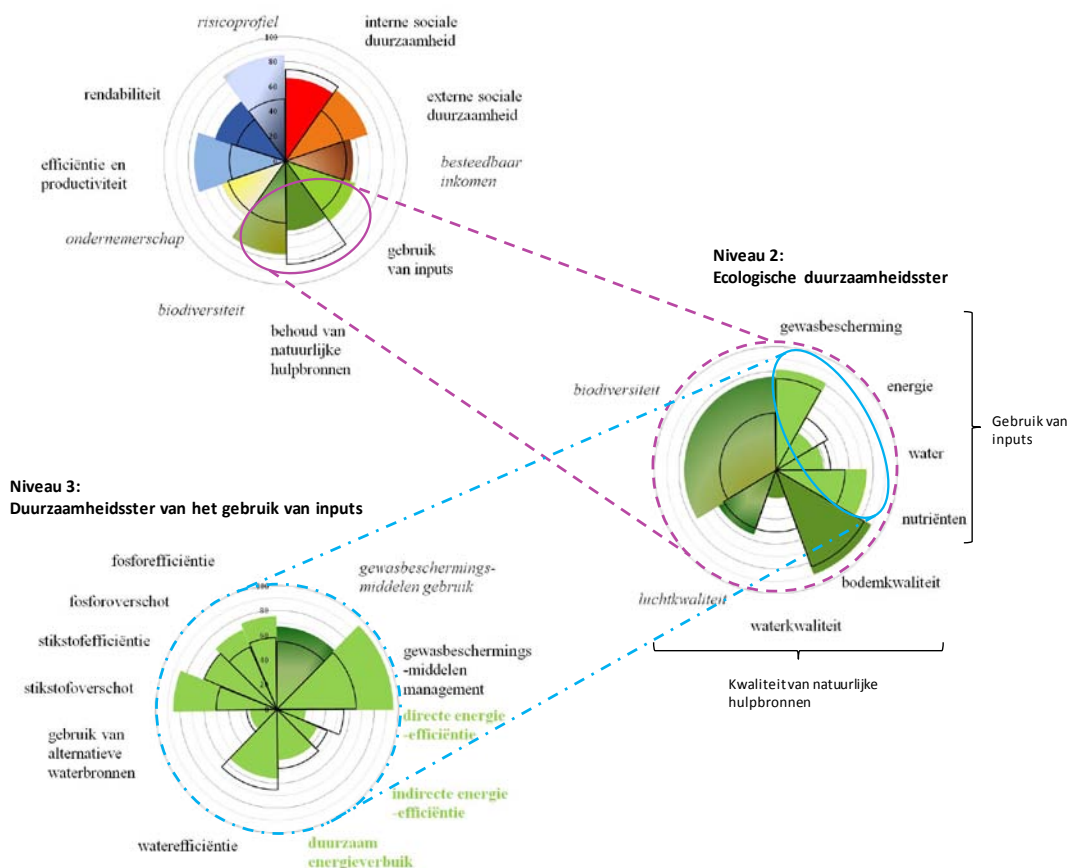
3. Evaluatie van het energieverbruik m.b.v. de duurzaamheidsster

De duurzaamheidsster

Op bedrijfsniveau werd de 'duurzaamheidsster' ontwikkeld voor Vlaamse landbouwbedrijven. De duurzaamheidsster is een instrument om landbouwers op een concrete manier op weg te helpen naar zowel een economische, ecologische als sociale duurzamere landbouwproductie. Het 1^o niveau van de duurzaamheidsster geeft een overzicht van de geïntegreerde duurzaamheid van het bedrijf (Figuur 2). De drie dimensies van duurzaamheid (economisch, ecologisch en sociaal) krijgen gelijkwaardige aandacht. Ze hebben elk drie hoofdthema's die even zwaar doorwegen (alle segmenten zijn even breed). Omwille van het belang van ondernemerschap voor elk van de drie dimensies is dit het tiende hoofdthema. Aan de hand van drie afzonderlijke sterren kunnen we verder inzoomen op de drie duurzaamheidsdimensies (niveau 2). Van hieruit kan er nog verder op de indicatorscores voor een specifiek thema gericht worden (niveau 3). Alle indicatorwaarden worden op een schaal van 0 (niet duurzaam) tot 100 (duurzaam) geplaatst. De indicatoren maken de thema's concreet en laten toe om de duurzaamheid van een bedrijf te meten, te sturen en op te volgen.

De duurzaamheidsster heeft drie ecologische duurzaamheidshoofdthema's (niveau 2): (1) gebruik van inputs – verder onderverdeeld in energieverbruik, nutriëntengebruik, waterverbruik en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, (2) kwaliteit van natuurlijke hulpbronnen – verder onderverdeeld in bodemkwaliteit, waterkwaliteit en luchtkwaliteit en (3) biodiversiteit.

**Niveau 1:
Overzichtsduurzaamheidsster**



75

Figuur 2: De drie niveaus van de duurzaamheidsster geven een overzicht van de geïntegreerde duurzaamheid van een landbouwbedrijf.

De indicatoren voor energieverbruik in de duurzaamheidsster

De duurzaamheidsster omvat 3 indicatoren om het energieverbruik op een landbouwbedrijf te evalueren (Figuur 2):

- ❖ directe energie-efficiëntie = hoeveelheid product per geïnvesteerde eenheid directe energie
- ❖ indirecte energie-efficiëntie = hoeveelheid product per geïnvesteerde eenheid indirecte energie
- ❖ duurzaam energieverbruik = het aandeel hernieuwbare energie in het directe energieverbruik

Om de indicatoren voor energieverbruik te berekenen moeten alle vormen van direct en indirect energieverbruik van een landbouwbedrijf in kaart gebracht worden. Vormen van hernieuwbare energie zijn bv. zonne-energie, windenergie en biomassa.

Het gebruik van de indicatoren voor energieverbruik in de duurzaamheidsster bij melkveebedrijven

De duurzaamheidsster wordt op een zestigtal melkveebedrijven uitgetest. Aan het Leader⁺ project 'Sterk met Melk' (2006-2008) namen 20 Vlaamse melkveehouders uit het Meetjesland en het Brugse Ommeland deel. De duurzaamheidsster wordt momenteel toegepast in bedrijfsleiderkringen van de boekhoudkantoren Boerenbond en LIBA en in het project 'Melkveecafé' van ILVO en AMS. De ervaringen van de melkveehouders en bedrijfsadviseurs bij het toepassen van de duurzaamheidsster worden gebruikt om het instrument continu te verbeteren.

Enkele resultaten voor ecologische indicatoren en specifiek voor de indicatoren voor energieverbruik voor melkveebedrijven zijn:

- ❖ In het kader van de steeds strenger wordende Europese en Vlaamse wetgeving en duurdere grondstofprijzen, onder andere voor energie, wordt de aandacht voor ecologisch duurzame landbouw steeds belangrijker. De ondervraagde landbouwers en bedrijfsadviseurs vinden het belangrijk om te streven naar een rationeler energieverbruik, mede door het feit dat dit bijdraagt tot lagere productiekosten.
- ❖ De duurzaamheidsster wordt door de landbouwers en bedrijfsadviseurs beschouwd als een nuttig instrument met een meerwaarde ten opzichte van andere vormen van bedrijfsadvies en -boekhouding, waar vooral aandacht wordt besteed aan economische aspecten. De landbouwer heeft dankzij de duurzaamheidsster een beeld van de algemene duurzaamheid van zijn bedrijf. Hij ziet eveneens de sterktes en zwaktes van zijn bedrijf.
- ❖ Weinig melkveehouders maken gebruik van hernieuwbare energiebronnen.
- ❖ Hoewel bij de uitwerking van de indicatoren van de duurzaamheidsster nadrukkelijk rekening gehouden werd met de gebruiksvriendelijkheid, vergt het enige inspanning van de landbouwers en bedrijfsadviseurs om de indicatoren te begrijpen. Indirecte energie is voor de landbouwers moeilijk te begrijpen omdat het een nieuw en abstract begrip is. Bijgevolg is het belangrijk om de landbouwers en bedrijfsadviseurs voldoende ondersteuning te bieden bij het eerste gebruik van de duurzaamheidsster.
- ❖ Het gebruik van de duurzaamheidsster moet steeds gekoppeld worden aan advies voor de landbouwer. Om advies te geven en specifieke maatregelen te nemen, moeten ook extra informatie en ruwe bedrijfsgegevens bekeken worden. Bovendien is het noodzakelijk om niet alleen het resultaat van één indicator te interpreteren maar de verschillende indicatoren samen te bekijken bv. indicator directe en indirecte energie-efficiëntie.
- ❖ De landbouwers oordeelden dat de duurzaamheidsster in het ideale geval gebruikt wordt in studieclubs met een bedrijfsadviseur (Figuur 3). Door deel te nemen aan de studieclubs waar landbouwers hun resultaten, kennis en ervaring rond duurzaamheid met collega-landbouwers uitwisselden en technische aspecten van hun bedrijfsmanagement besproken werden, leerden de meeste deelnemers interessante maatregelen kennen om het energieverbruik op hun bedrijf te verduurzamen bv. het gebruik van een melkvoorkoeler of recuperatie van de warmte uit de melkkoeler. Een goede

afstelling van de ploeg en beperken van de ploegdiepte bespaart het gebruik van mazout.



Figuur 2: Een studieclub van melkveehouders met hun bedrijfsadviseur.

4. Besluit

Rationeel energieverbruik is één van de maatregelen om landbouwbedrijven ecologisch duurzamer te maken. Om te bepalen of een landbouwbedrijf efficiënt met energie omgaat, moeten zowel het direct als indirect energieverbruik nagegaan worden. Het indirect energieverbruik neemt immers het grootste aandeel in het totale energieverbruik in. De productie van minerale meststoffen en krachtvoeder zijn de grootste indirecte energieverbruikposten. Mazout is de grootste directe energieverbruikpost.

Zodoende werd in de duurzaamheidsster een indicator voor direct en indirect energieverbruik geselecteerd om het energieverbruik op een landbouwbedrijf te evalueren. Daarnaast is er nog een derde indicator die het percentage hernieuwbare energie van een landbouwbedrijf evalueert.

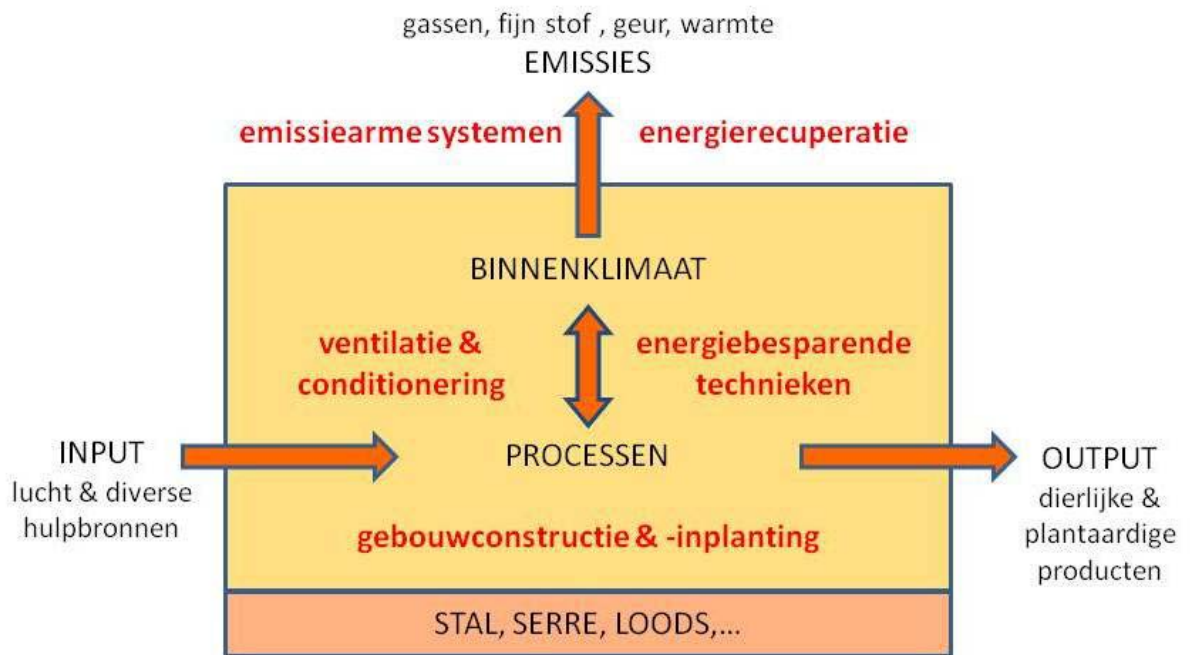
Hoewel bij de uitwerking van de indicatoren van de duurzaamheidsster nadrukkelijk rekening gehouden werd met de gebruiksvriendelijkheid, vergt het enige inspanning van de landbouwers en bedrijfsadviseurs om de indicatoren te interpreteren. Zo is indirecte energie voor de landbouwers een vrij nieuw begrip en relatief abstract. De landbouwers en adviseurs oordeelden dat de duurzaamheidsster in het ideale geval gebruikt wordt in studieclubs met een bedrijfsadviseur. Door hun resultaten, kennis en ervaring rond duurzaamheid met collega-landbouwers uit te wisselen, leerden de meeste deelnemers interessante maatregelen kennen om het energieverbruik van hun bedrijf te verduurzamen.

Contactpersonen: Karoline D’Haene en Karen De Mey

3.4. KLIMAATBEHEERSING EN MILIEUBEVEILIGING BIJ AGRARISCHE GEBOUWEN

1. Situering van het onderzoeksveld

De binnenlucht van agrarische gebouwen is een noodzakelijke hulpbron bij de productie van planten en dieren en is tegelijk ook een bepalende factor voor aspecten als welzijn en gezondheid van de landbouwer en de dieren. De binnenlucht wordt echter continu belast met stoffen en gassen die het resultaat zijn van de activiteiten en processen die zich afspelen in het gebouw. Dit zijn voornamelijk biologische activiteiten (zoals respiratie, transpiratie en uitscheidingen) in combinatie met productiegebonden processen (voederen, bemesten, reinigen,...). Deze continue belasting van het binnenklimaat noodzaakt een regelmatige verversing van de binnenlucht zodat de kwaliteit ervan binnen bepaalde criteria blijft. Hiertoe worden er luchtstromingen doorheen het gebouw geleid en wordt er gezorgd voor voldoende luchtmenging in het gebouw. De drijvende kracht voor dit ventilatieproces wordt veelal op mechanische wijze ontwikkeld met behulp van ventilatoren. Deze techniek vergt echter relatief grote investeringen en ook aanzienlijke werkingskosten vanwege de grote energievraag, dit zeker in verhouding tot systemen waarbij het natuurlijke ventilatieproces wordt benut dat hoofdzakelijk door de buitenwind wordt gedreven. Een optimaal gebruik van natuurlijke ventilatie vergt echter ook extra aandacht voor de constructie en de inplanting van het gebouw.



Figuur 1: Schema van het onderzoeksveld rond klimaatbeheersing en milieubeveiliging.

Het ventileren van agrarische gebouwen leidt tot de emissie van zowel gassen zoals ammoniak (NH_3), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O), als fijn stof, geur en warmte. Deze ongewenste emissies zijn onvermijdelijk voorwerp van debat rond de respectievelijke bijdragen van de sector in de verzuring van het leefmilieu (ammoniak), de

klimaatverandering (methaan en lachgas) en de algemene gezondheidsproblematiek (fijn stof). Rond deze maatschappelijke aspecten werden er diverse internationale afspraken gemaakt (o.a. EU kaderrichtlijnen en klimaatplannen) welke uiteindelijk resulteerden in Vlaamse regelgeving. Het specifieke aspect van geurhinder is eerder gerelateerd met het regionale en zelfs lokale maatschappelijk draagvlak van de sector (zgn. NIMBY-syndroom: Not In My Back Yard).

Het emissieverhaal hoeft echter helemaal niet eenzijdig negatief benaderd te worden, wel in tegendeel. Onderzoek naar innoverende technieken op vlak van het hergebruik van warmte en gassen (zoals methaan), kan leiden tot aanzienlijke energierecuperatie en dus tot een meer duurzame landbouw. Het hier beschreven onderzoeksveld rond klimaatbeheersing en milieubeveiliging wordt schematisch weergegeven in Figuur 1.

2. Algemene onderzoeksvisie

Het ILVO onderzoek wil in het hierboven geschetste maatschappelijke debat bijdragen door het aanreiken van objectieve data, beoordelingstools en innovatieve pistes. Dit moet dan de overheid toelaten om een passend beleid te ontwikkelen met aandacht voor zowel de sectornoden als het breder maatschappelijke belang. Om deze doelstellingen te bereiken wordt er ingezet op drie complementaire types onderzoek: het praktijkonderzoek (PO), het beleidsondersteunend onderzoek (BO) en het kennisopbouwend onderzoek (KO). Elk type onderzoek heeft zijn eigenheden die bijdragen tot de realisatie van de algemene onderzoeksvisie. Deze eigenheden worden samengevat met behulp van kernwoorden in Tabel 1 waaruit meteen ook de complementariteit van de drie types onderzoek blijkt.

Tabel 1: Kernwoorden voor de drie types onderzoek: praktijkonderzoek (PO), beleidsondersteunend (BO) en kennisopbouwend (KO) onderzoek.

Wat/Hoe	PO	BO	KO
Wat?	dagelijkse praktijk inventariseren detecteren	goede praktijk evalueren kwantificeren	optimalisatie & innovatie modelleren voorspellen
Hoe?	brede steekproef kijken/registeren indicatief	enkele pilootbedrijven registreren/meten betrouwbaar	multifunctionele schaalmodellen meten/variëren gevoelig

Voor de financiering en de sturing van deze onderzoeksvisie is een intensieve samenwerking met het beleid en de sector uiteraard van groot belang. Structureel wordt deze samenwerking vooral geregeld via de beheersovereenkomst tussen ILVO en de Vlaamse Overheid. Daarnaast is er ook samenwerking op projectbasis met vooral het Departement Landbouw en Visserij, het IWT en de sector.

Voor de uitvoering van de onderzoeksvisie worden de eigen (verder) te ontwikkelen competenties (speerpunten) gedefinieerd en aangevuld met de *knowhow* van specifieke complementaire partners. Hiertoe werd er niet alleen eenheidsoverschrijdend onderzoek georganiseerd binnen ILVO, maar ook samenwerking met diverse partners buiten ILVO (o.a. universiteiten Gent, Leuven en Brussel en proefcentra). Via diverse werkgroepen en meetings worden uiteraard ook de internationale contacten onderhouden en verder uitgediept.

3. Concrete onderzoeksanpak

Het onderzoek rond klimaatbeheersing en milieubeveiliging bij agrarische gebouwen op de eenheid Technologie en Voeding van het ILVO wordt gevoerd rond de volgende onderzoeksvragen, welke in een drietal clusters kunnen opgedeeld worden:

1. **Binnenklimaat:** Wat is de kwaliteit van het binnenklimaat in een agrarisch gebouw en waardoor wordt deze kwaliteit bedreigd? Wat is de invloed van het binnenklimaat op de productie en op het welzijn en de gezondheid van de landbouwer, het dier en de plant?
2. **Klimaatbeheersing:** Hoe kan er energiezuinig geventileerd en/of geconditioneerd worden? Wat zijn de optimale werkingscondities voor mechanische ventilatie? Hoe kan natuurlijke ventilatie maximaal benut worden?
3. **Emissies:** Hoe groot zijn de emissies van de Vlaamse land- en tuinbouwsector? Met welke technieken kunnen deze emissies beperkt worden? Hoe efficiënt is een bepaalde emissiearme techniek?

Bij het beantwoorden van deze onderzoeksvragen willen we ons niet alleen focussen op de bedreigingen (emissies) maar vooral ook op de kansen (innovatie). Deze situeren zich in eerste instantie op vlak van een meer efficiënte energiebenutting. Zo kan de vernieuwde aandacht voor natuurlijke ventilatie de sector meer rendabel en duurzaam maken. Onderzoek naar meet- en regeltechnieken voor een meer performante natuurlijke ventilatie verdienen dan ook onze aandacht. Langere termijn onderzoek naar specifieke technologieën kan zelfs leiden tot pistes voor energiewinning (emissie + technologie = energie). De uitstoot van warme luchtstromingen met aanzienlijke methaanconcentraties is dan ook voorwerp van onderzoek.

Het onderzoek rond klimaatbeheersing en milieubeveiliging is binnen ILVO pas zeer recent opgestart en bouwt verder op de eerder ontwikkelde uitgebreide expertise rond de problematiek van ammoniakemissie. Het onderzoek handelt nu hoofdzakelijk rond: (1) de ontwikkeling van meettechnieken voor de kwaliteit van het binnenklimaat en de kwantiteit van de emissies, (2) de evaluatie van emissiearme technieken en (3) technieken voor een meer efficiënte energiebenutting. Momenteel zijn er de volgende zes concrete onderzoeksprojecten:

1. Code van goede praktijk voor emissiearme stalsystemen in de varkenshouderij (EmasPig);

2. Karakterisering van de fijn stof problematiek in de Vlaamse varkenshouderij met betrekking tot arbeidsveiligheid, dierlijke gezondheid en algemene milieuhygiëne (PigDust);
3. Ontwikkeling en validatie van een computermodel voor de beoordeling van luchtstromingen in en rond natuurlijk geventileerde agrarische gebouwen (NatVent);
4. Onderzoek naar luchtmissies bij landbouwactiviteiten vanuit een multi-polluent/multi-effect benadering (MultiPol);
5. Ontwikkeling en evaluatie van een luchtontvochtigingstechniek op basis van *packed bed* en mechanische damprecompressie voor de glastuinbouw (ExeKas);
6. Code van goede praktijk voor het energie-efficiënt gebruik van mechanische ventilatie in de intensieve veehouderij (EnerVent).

Tabel 2 geeft enige bijkomende informatie over deze projecten waaruit blijkt dat het zeer recent onderzoek betreft, verdeeld over de drie types onderzoek (praktijk, beleidsondersteunend en kennisopbouwend) en met diverse financieringsbronnen. Onderzoeksprojecten met een duur van 4 jaar worden ook gevaloriseerd als doctoraatsmandaat (PhD) voor de projectleider.

Tabel 2: Karakteristieken van de zes projecten rond klimaatbeheersing en milieubeveiliging.

Projectnaam	Type	Financier	Start	Duur (jaar)	PhD
EmasPig	PO	L&V *	mrt/08	2	-
PigDust	BO	IWT LO **	jan/09	4	UGent
NatVent	KO	ILVO	jan/09	4	UGent
MultiPol	KO/BO	ILVO	jan/09	onbepaald	-
ExeKas	KO/BO	ILVO/UGent	jun/09	4	UGent/KUL
EnerVent	PO	L&V	jul/09	2	-

*: L&V = Departement Landbouw & Visserij

** : IWT LO = Programma Landbouwonderzoek van het IWT.

Contactpersoon: Peter Demeyer

3.5. CODE VAN GOEDE PRAKTIJK VOOR HET ENERGIE-EFFICIËNT GEBRUIK VAN MECHANISCHE VENTILATIE IN DE INTENSIEVE VEEHOUDERIJ (ENERVENT)

1. Achtergrond van het project

In de intensieve veehouderij wordt voornamelijk mechanisch geventileerd. Een goede ventilatie is nodig om de stallucht voor dier en landbouwer gezond te houden, en het groeiproces optimaal te laten verlopen. De energie-input voor mechanische ventilatie wordt voor vleesvarkens geschat op ongeveer 15 kWh/dier/jaar en voor legkippen op 10 Wh/dier/jaar (1). Op basis van deze cijfers bedraagt het aandeel van mechanische ventilatie in het totale energieverbruik 25 (legkippen) tot 50% (vleesvarkens).

Het ventilatieverbruik hangt ondermeer af van het type ventilatiesysteem (type luchtinlaat, al dan niet conditioneren van ventilatielucht, enz.), het type en de sturing van de ventilator, het onderhoud van de ventilatiekanalen, en de correcte werking van de temperatuurscontroller. Er zijn verschillende redenen waarom er in praktijk een elektrisch meerverbruik wordt vastgesteld. Een van de hoofdredenen is het gebrek aan onderhoud. Een onderhoudscontract wordt zelden afgesloten, hoewel onderhoud gericht is op een minimale weerstand van de luchtstromingen en dus een minimaal verbruik aan energie. Ook de dimensionering van de ventilatievoorziening is niet altijd correct en de instelling van de regelaar blijkt een heikel punt.



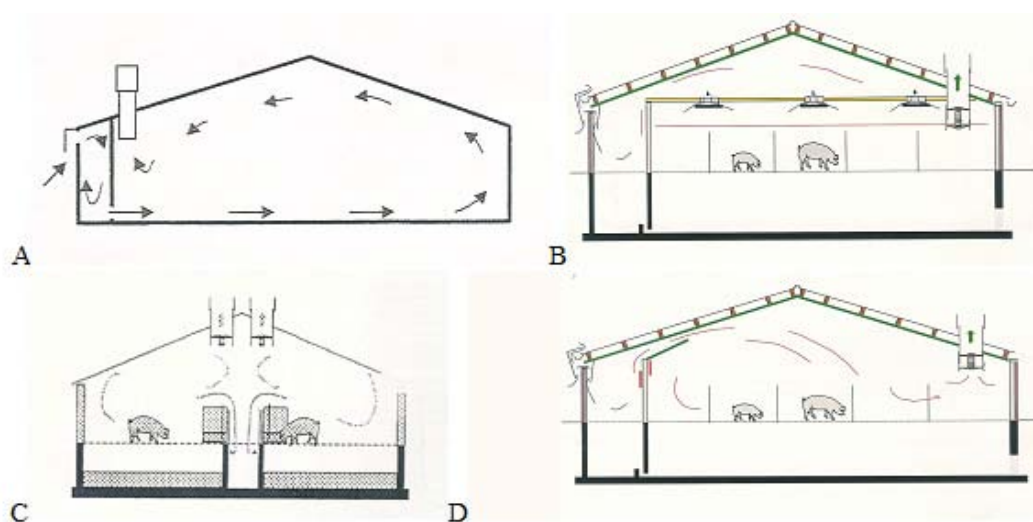
Het Innovatiesteunpunt voor Land- en Tuinbouw (Boerenbond) krijgt regelmatig praktische vragen rond mechanische ventilatie, wat bewijst dat de landbouwer nood heeft aan extra ondersteuning voor het energiezuinig en dus efficiënt gebruik van de mechanische ventilatie. Dit project wil daaraan tegemoetkomen. De praktijkervaringen van het Innovatiesteunpunt voor Land- en Tuinbouw en de TAD AgriCONSTRUCT dienen als basis voor de uitwerking van dit project.

2. Projectaanpak

Globaal zijn er drie projectlijnen:

1. Inventarisatie en documentatie van bestaande systemen en technieken met inbegrip van correcte dimensionering, instelling, en onderhoud. Hieruit moet een praktische en eenduidige handleiding volgen voor het instellen van de meest courante types regelaars op maat van de landbouwer.
2. Meetcampagnes op korte en lange termijn in pluimvee- en varkensbedrijven ter vergelijking van courante ventilatiesystemen (Fig.1), type ventilatie-inlaat, ventilatiekanalen (dimensies), type ventilatiesturing, type ventilatoren, en graad van onderhoud op vlak van energieverbruik. Hieruit wordt een rekentool ontwikkeld om het (meer)verbruik te becijferen.
3. Verspreiding van de projectresultaten via allerlei kanalen waaronder beurzen, E-zine, website en publicatie in de vakpers. Demonstreren van de goede praktijk van energie-efficiënte mechanische ventilatie via demonstratiedagen.

83



Figuur 1: Voorbeelden van gangbare ventilatiesystemen. (A) Deurventilatie, (B) plafondventilatie, (C) kanaalventilatie en (D) klepventilatie.

De studie beoogt ook een economische evaluatie van een onderhoudscontract versus de meerkost aan energieverbruik bij slecht onderhouden systemen. Dit project wordt uitgewerkt in samenspraak met de leveranciers van mechanische ventilatiesystemen en stallenbouwers. Het project loopt over 2 jaar en start op 1 juli 2009. Het uiteindelijke resultaat is een gebruiksvriendelijke 'code van goede praktijk' die de landbouwer wegwijs maakt in energie-efficiënter en bijgevolg energiezuiniger gebruik van de mechanische ventilatie in de stal.

Referenties: (1) Intergovernmental Panel on Climate Change, 2003

Contactpersoon: Veerle Van linden

3.6. ONDERZOEK NAAR HET OPTIMAAL GEBRUIK VAN NATUURLIJKE VENTILATIE IN AGRARISCHE GEBOUWEN (NATVENT)

1. Situering

Een goede ventilatie zorgt voor de nodige luchtverversing in een agrarisch gebouw zodat de kwaliteit het binnenklimaat behouden blijft. Naast de meer gangbare mechanische ventilatie wordt er ook gebruik gemaakt van natuurlijke ventilatie (bv. in de rundveehouderij) welke steunt op twee drijvende krachten: (1) de buitenwind en (2) het verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur. Externe zaken die het ventilatiedebiet sterk beïnvloeden zijn uiteraard de windsterkte en –richting, maar ook omgevingsfactoren zoals naburige gebouwen of beplantingen. Voor het gebouw zelf zijn vooral de plaatsing, de grootte en de vorm van de in- en uitlaatopeningen van tel.

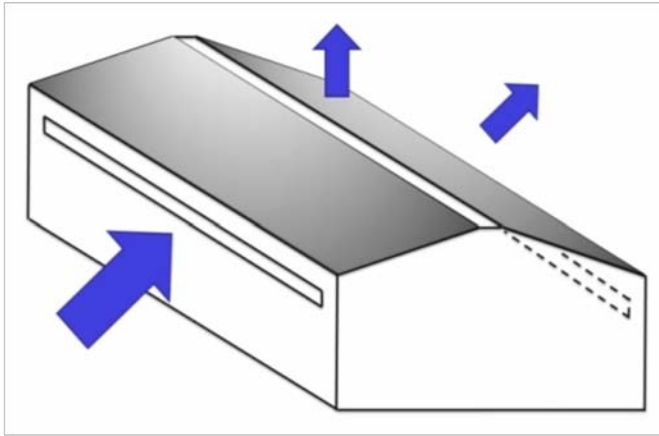
Natuurlijke ventilatie maakt geen gebruik van mechanisch aangedreven ventilatoren en is dus in principe een meer duurzame techniek. Zo wordt de energie-input voor mechanische ventilatie voor vleesvarkens begroot op *10 tot 15 kWh/dier/jaar*, terwijl dit voor natuurlijke ventilatie als verwaarloosbaar wordt ingeschat. Een bredere toepasbaarheid ervan wordt echter veelal bemoeilijkt doordat het natuurlijke ventilatiedebiet maar moeilijk te meten en te regelen is. Mede hierom werd er op 1 januari 2009 gestart met een doctoraatsonderzoek: 'Ontwikkeling en validatie van een computermodel voor de beoordeling van luchtstromingen in en rond natuurlijk geventileerde agrarische gebouwen'. Dit kennisopbouwende project, dat het acroniem NatVent meekreeg, wil een beter inzicht bieden op de kwaliteit en de kwantiteit van de luchtstromingen in en rond natuurlijk geventileerde gebouwen. Het focust in eerste instantie op de kwaliteit van het binnenklimaat en op de impact op de omgeving (emissies) van natuurlijk geventileerde rundveestallen. Het is de bedoeling om dan deze kennisbasis verder uit te bouwen naar andere types gebouwen (bv. serres en loodsen). Het onderzoek verloopt in samenwerking met de Universiteit Gent.

2. Aanpak

Om een beter inzicht te verkrijgen in de wisselwerking tussen het stalgebouw en de omgeving, worden verschillende reeksen van experimenten onder gecontroleerde omstandigheden uitgevoerd. Dit gebeurt met behulp van multifunctionele schaalmodellen in een windtunnel waarbij variabelen als windsnelheid, luchtdrukverschil en temperatuur continu gemeten worden. Via een computermodel wordt vervolgens een totaalbeeld gevormd van de luchtstromingen in en rond het gebouw. Dit model zal uiteindelijk gevalideerd worden met praktijkmetingen in reële stalsystemen.

2.1. Windtunnelexperimenten

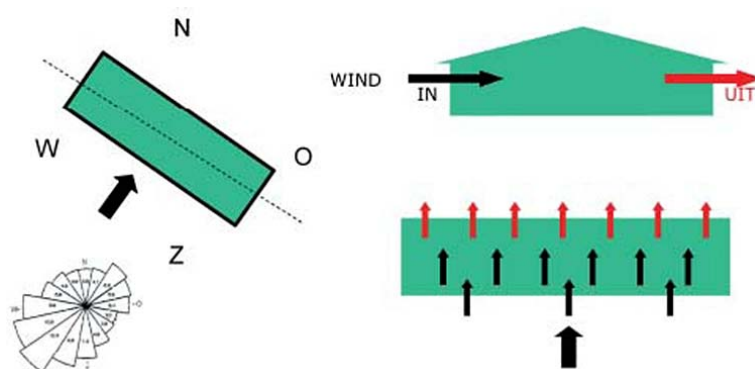
In samenwerking met het International Centre for Eremology (I.C.E.) van de Universiteit Gent worden er uitgebreide experimenten uitgevoerd in de windtunnel. Bij deze experimenten zal in hoofdzaak gebruik worden gemaakt van een multifunctioneel schaalmodel (1:60) van een rundveestal (Figuur 1).



Figuur 1: Schets van het schaalmodel voor een rundveestal met aanduiding van de primaire in- en uitgaande luchtstromen.

Windsnelheid- en richting

Als eerste wordt het effect van variërende windsnelheid en windrichting op de luchtstroming in en rond het gebouw onderzocht. De gebouworientatie levert immers de belangrijkste bijdrage tot een goede natuurlijke verluchting. Stallen worden best met hun langszijde op de overheersende windrichting georiënteerd (Figuur 2). In Vlaanderen komt de wind voor het grootste deel van het jaar (ca. 40%) uit het zuidwesten. Wanneer een stal met de kopgevel naar het zuidwesten gericht is, zal de luchtstroom binnenin niet alle ruimten bereiken en deze bijgevolg onvoldoende verluchten. Door in de windtunnel de schaalmodellen stapsgewijs te roteren willen we ook het effect van intermediaire posities bepalen.



Figuur 2: De optimale oriëntatie van een rundveestal t.o.v. de overheersende windrichting (linksonder de windroos met het gemiddeld voorkomen van de windrichtingen in Vlaanderen).

Omgevingselementen

Met een tweede reeks experimenten wordt onderzocht wat de invloed is van omgevingselementen en de geometrie van de stalconstructie. Bepaalde omgevingselementen kunnen de natuurlijke luchtcirculatie in het gebouw immers verstoren. Zo kan er een verhoogde windsnelheid gecreëerd worden tussen twee aanpalende gebouwen, het zogenaamde gangeffect. Dit kan leiden tot overventilatie met als gevolg een interne temperatuurdaling, een te hoge luchtsnelheid ter hoogte van de dieren (tocht), een verhoogd gevaar voor ziektes en onnodige stookkosten. Het ventilatiedebiet kan ook te veel verlaagd raken door bv. een vertraging van de windsnelheid aan de luchttoevoer, het vormen van turbulenties of het draaien van de wind. In de experimentele set-up zal gebruik gemaakt worden van geschaalde omgevingselementen om na te gaan in hoeverre ze voor wijzigingen in de luchtpatroon kunnen zorgen.

Ventilatieopeningen

Om een goede luchtstroming in het gebouw te creëren zijn gepaste ventilatieopeningen essentieel. Het aantal, de vorm en de grootte van deze openingen worden bepaald door diverse factoren. Bij veestallen speelt niet alleen het aantal gehuisveste dieren een rol, maar tevens hun klimaatsbehoefte en het type stal. Meestal worden naast de zijdelinkse inlaten ook één of meerdere nokopeningen voorzien om ongewenste warmte, vocht en gassen af te voeren. De afmetingen van de openingen moeten aan minimale vereisten voldoen om het zgn. trekschouweffect te bekomen. Bij deze derde reeks experimenten zal het schaalmodel in diverse configuraties uitgetest worden (multifunctioneel) waarbij er kan gevarieerd worden in aantal, vorm en grootte van de ventilatieopeningen. Telkens zullen de resulterende luchtstromingen in en rond het gebouw beoordeeld worden.

Binnenklimaat en emissies

Om de efficiëntie van de ventilatie na te gaan zullen er in het schaalmodel ook tracergassen worden vrijgesteld. Door intensieve gasmetingen gelijktijdig uit te voeren op verschillende locaties in en rond het schaalmodel, kunnen de ventilatie-efficiëntie alsook

de emissies ingeschat worden. Deze laatste zijn uiteraard van groot belang inzake de milieu-impact van landbouwbedrijfsgebouwen.

2.2. Modellering en validatie

De resultaten van de verschillende experimenten worden ingebracht in een computermodel (Computational Fluid Dynamics). Dit CFD-model laat dan toe om deze resultaten te extrapoleren tot een beoordelingsmodel voor natuurlijk geventileerde stalsystemen. Hierbij zullen vooral de kwaliteit van het binnenklimaat en de kwantiteit van de emissies als criteria gelden. Ten slotte zullen zowel de windtunnelexperimenten als de computermodellen gevalideerd worden met behulp van praktijkmetingen in reële landbouwbedrijfsgebouwen.

Contactpersonen: Merlijn De Paepe en Peter Demeyer

3.7. ONDERZOEK NAAR INNOVATIEVE TECHNIEKEN VOOR EXERGIE-EFFICIËNTE KASSYSTEMEN (EXEKAS)

1. Situering

Binnen de landbouwsector neemt de glastuinbouw het grootste deel van het primaire energieverbruik (64%) voor zijn rekening. Het is een zeer energie-intensieve sector. Zo bedraagt het energieverbruik 70 Megajoules per euro toegevoegde waarde voor de tomatenteelt, tegenover gemiddeld 10 Megajoules per euro binnenlands product in Vlaanderen. Louter vanuit bedrijfseconomische overwegingen is er dus een grote behoefte aan rationeel energiegebruik. Deze behoefte past evenzeer binnen het perspectief van een duurzame glastuinbouw. Tot op heden is er echter in de sector nog geen echte doorbraak geweest in primaire energiebesparing. Dit was wel het geval in de woningbouw met o.a. de invoering van het passieve huis. De reden hiervoor ligt vermoedelijk in het zeer eigen karakter van de glastuinbouw. De gewastranspiratie vindt immers plaats in een relatief beperkte ruimte en onder een glazen constructie. Dit noodzaakt een efficiënte ontvochtiging van de binnenlucht.

2. De alternatieve onderzoeksstrategie

Voor een efficiënte aanpak van het onderzoek rond rationeel energiegebruik in de glastuinbouw moeten de onderzoeksstrategieën gebaseerd zijn op fundamentele wetenschappelijk inzichten. Thermodynamische analyse (energie en exergie) is daarbij essentieel. Er is behoud van energie in elk proces maar de kwaliteit van de energie wordt onvermijdelijk lager, d.w.z. de exergie (=vrije energie) neemt af. Zo is in elektriciteit of beweging 100% van de energie ook exergie, in een fossiele brandstof is dit ongeveer 90%, in warm water van 90°C ongeveer 30% en op omgevingstemperatuur bevat de warmte(=energie) 0% exergie.

De gangbare onderzoeksstrategieën (vooral warmtekrachtkoppeling (WKK) en warmtepompen) voor de glastuinbouw zijn gebaseerd op louter energetische analyses. Een dergelijke aanpak is sterk misleidend omdat het de eigenlijke inefficiënties van de processen onvoldoende in kaart brengt. Concreet wordt in het bestaande onderzoek alleen de energietransformatie (Δ enthalpie) van het transpiratieproces bekeken. Het exergieverlies van dit proces bedraagt echter minder dan 1% van de energietransformatie. Deze uitgevoerde onderzoeken stellen daardoor hoogst waarschijnlijk inefficiënte primaire energiebesparingstechnieken voor.

Een exergie-efficiënte kas kan pas worden bekomen door de grootste verliesposten van exergie zoveel mogelijk te minimaliseren. Enerzijds gaat er momenteel nog veel energie verloren via het kasdek omdat dit onvoldoende geïsoleerd wordt. Anderzijds moet er in de klassieke warme teelten nog aanzienlijk worden gestookt (om en bij de 50% van de

tijd!) om de binnenlucht afdoende te kunnen ontvochtigen. Het spreekt voor zich dat dit een enorme energievraag met zich meebrengt waar nog veel in efficiënt energiegebruik kan gewonnen worden.

Om de haalbaarheid van een dergelijk kassysteem te onderzoeken wordt er op 1 juni 2009 gestart met een vierjarig onderzoeksproject binnen de eenheid Technologie en Voeding van het ILVO. Dit kennisopbouwend project wil de problematiek van rationeel energiegebruik vooral benaderen vanuit het exergieperspectief en de sector een innovatieve piste aanbieden in zijn zoektocht naar een meer rationeel energiegebruik.

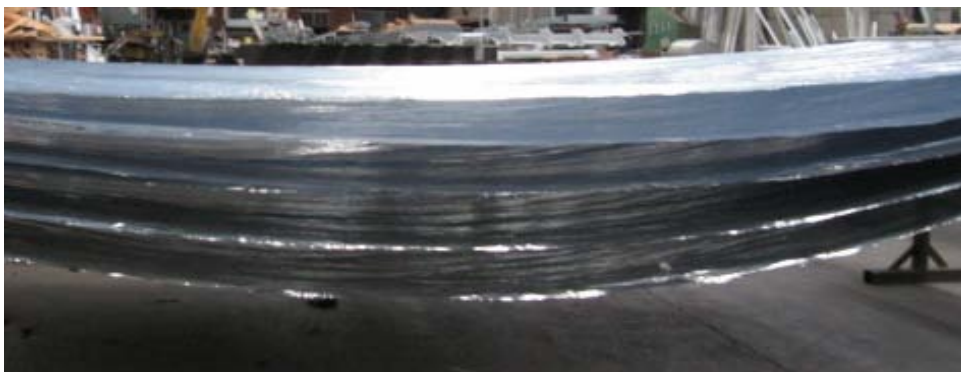
3. De in te zetten en te onderzoeken technieken

Het beoogde kassysteem dient te voorzien in enerzijds een kasdek met een zo laag mogelijke warmteoverdracht (isolerende kasbedekking voor overdag en hoogisolerende schermen voor 's nachts) en anderzijds een exergie-efficiënt ontvochtigingsproces (dampwarmtepomp).

3.1. Het beperken van de warmteoverdracht via het kasdek

Een isolerende kasbedekking bestaat voor lichtgevoelige teelten uit dubbel antireflectieglas dat 2,5 maal beter isoleert dan gewoon glas en dezelfde lichtdoorlaatbaarheid heeft. Voor minder lichtgevoelige teelten zijn de isolatiewaarden nog groter daar in dit geval kan gewerkt worden met lage emissiviteitscoatings. Voor minder lichtgevoelige teelten kan dubbelglas gebruikt worden met dezelfde lichtdoorlaatbaarheid als het hortiplus glas (glas met tin-coating) en dat 7 maal beter isoleert dan enkel glas. Deze technologieën zijn momenteel reeds op de markt.

's Nachts wordt dan gebruik gemaakt van hoogisolerende schermen opgebouwd uit verschillende folies met lage emissiviteit die boven elkaar hangen in de kas (zie Figuur 1). Een dergelijk scherm heeft een isolatiewaarde die tot 20 maal beter is dan die van enkel glas.



Figuur 1: Foto van een hoogisolerend scherm met meerdere folies met lage emissiviteit.

Door de isolerende beglazing en de hoogisolerende schermen is de isolatiegraad van de kas in de winterperiode 7,5 tot 12,5 keer groter dan de klassieke enkelglas kas zonder schermen.

3.2. Het exergie-efficiënt ontvochtigen van de binnenlucht

De tweede stap is de ontwikkeling van een exergie-efficiënte ontvochtigingstechniek voor de binnenlucht. Dit is theoretisch mogelijk omdat het transpiratieproces maar weinig exergie vertegenwoordigt (1%) ondanks het feit dat er een grote energietransformatie (Δ enthalpie) optreedt. Concreet betekent dit dat de damp die ontstaat door het transpiratieproces, opnieuw kan omgezet worden in warmte mits de inbreng van een beperkte hoeveelheid hoogwaardige energie (= dampwarmtepomp). Deze dampwarmtepomp wordt de komende jaren onderzocht en ontwikkeld in het kader van een doctoraatsonderzoek bij het ILVO en in samenwerking met de universiteiten Gent en Leuven.

De in dit onderzoek te ontwikkelen dampwarmtepomp bestaat uit twee delen:

1. **De warmtemassawisselaar:** Deze bestaat uit een *packed bed* waarin een hygroscopische zoutoplossing in contact wordt gebracht met de te drogen lucht. Dit gebeurt in tegenstroom. Daarbij neemt de zoutoplossing water op en wordt de lucht droger en warmer (adiabatisch proces). Vanuit thermodynamisch oogpunt neemt de exergie van de zoutoplossing af en de exergie van de lucht toe. In de praktijk zullen er vermoedelijk verschillende warmtemassawisselaars verspreid opgesteld moeten worden in de kas (bijvoorbeeld onder de teeltgoten).
2. **De mechanische dampcompressor:** Deze apparatuur zorgt ervoor dat de verdunde zoutoplossing op een exergie-efficiënte manier opnieuw wordt geconcentreerd. Het proces bestaat erin dat de damp van het verdampingsproces gecomprimeerd wordt en vervolgens in buizen condenseert, waarbij de condensatiewarmte de hygroscopische zoutoplossing laat verdampen.

Contactpersonen: Filip Bronchart en Peter Demeyer

3.8. MILIEUSCENARIO'S VOOR DE GLASTUINBOUW 2030

MIRA-S (<http://www.milieurapport.be>) (met de 's' van scenario's) beschrijft de verwachte ontwikkelingen voor het milieu in Vlaanderen. Dit rapport wordt ontwikkeld door de Vlaamse Milieumaatschappij ter voorbereiding van het nieuwe Vlaamse milieubeleidsplan 2011-2015.

Er worden toekomstverkenningen gemaakt voor verschillende sectoren, waaronder de landbouw. Binnen de sector wordt ook ingezoomd op de glastuinbouw. Landbouw & Maatschappij en de afdeling Monitoring en Studie van het Departement Landbouw en Visserij hebben samen enkele mogelijke toekomstscenario's onderzocht en de milieueffecten



van de glastuinbouw. Het doel van deze studie was zeker geen volledige visievorming voor de glastuinbouwsector, maar slechts een deelstudie rond mogelijkheden om het energieverbruik en de emissies te verminderen.

MIRA-S wil aantonen dat de toekomst afhangt van de keuzes in het heden. Om die reden bevat MIRA-S drie scenario's:

- een *referentiescenario* dat aangeeft waar we uitkomen als we verder doen zoals we bezig zijn (bv. rekening houdend met het huidige vervangingsritme van serres),
- een *Europa-scenario* dat aangeeft wat er nodig kan zijn als we de Europese ambities willen waarmaken (20 % hernieuwbare energie tegen 2020, 15 % minder emissie van broeikasgassen, luchtemissieplafonds, Kaderrichtlijn Water);
- een *visionair scenario* dat aangeeft wat er nodig kan zijn als we ons milieu voor de volgende generaties willen veilig stellen (o.a. halvering van de broeikasgasemissies).

1. Aanpak

Vanuit een analyse van de socio-economische en milieukekenmerken van de glastuinbouw en een aantal daaruit af te leiden evoluties, zijn een reeks gestandaardiseerde gesprekken gevoerd met experts. Gebruik makend van de hun specifieke expertises werden de verschillende scenario's gaandeweg opgebouwd. De experts werden ook actief betrokken bij het definiëren van bepaalde noodzakelijke aannames.

De scenario's zijn dan verder uitgewerkt en ingebouwd in een rekenbladmodel. Dit model is tevens gekalibreerd ten aanzien van gevalideerde energiecijfers van de VITO Energiebalans Vlaanderen. De resultaten van de modelberekeningen zijn daarna

besproken in een klankbordsessie met de experts. De aanbevelingen van de klankbordgroep zijn zoveel mogelijk meegenomen bij de definitieve uitwerking van het wetenschappelijke rapport.

2. Eindrapport

Het eindrapport zal als insteek dienen voor MIRA-S 2009 en zal tot de publicatie van het MIRA-S rapport vertrouwelijk blijven.

Het eindrapport zal bestaan uit 3 grote delen: de beschrijving van de bestaande situatie, de berekeningen voor MIRA en een trajectbeschrijving.

Meer concreet zal er een grondige socio-economische beschrijving van de sector zijn, het historische energieverbruik, de emissie-uitstoot en het waterverbruik.

Daarna zullen de verschillende scenario's uitgebreid besproken worden met de bijhorende assumpties.

Dan zal het rekenmodel toegelicht worden en zullen de resultaten voor de verschillende scenario's gegeven worden en besproken worden.

Uiteindelijk zal het eindrapport dan afgesloten worden met een trajectschets voor de Vlaamse glastuinbouw als beleidsadvies naar de Vlaamse overheid.

Het eindrapport zal tezamen met MIRA-S 2009 gepubliceerd worden eind 2009.

Referenties

Bergen D. en Vander Vennet B. (2008). Toekomstverkenning MIRA-S 2009. Wetenschappelijk rapport Sector 'glastuinbouw'. Vlaamse Milieumaatschappij, Mechelen [vertrouwelijk tot eind 2009].

Contactpersoon: Bert Vander Vennet

3.9. MODEL VOOR ENERGIEVERBRUIK IN DE LANDBOUW DOOR NIET VOOR DE OPENBARE WEG BESTEMDE MOBIELE MACHINES (OFFREM).

In opdracht van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie heeft ILVO ism VITO recent het onderzoek afgerond, getiteld 'Model voor emissies door niet voor de weg bestemde mobiele machines' (OFFREM). Dit onderzoek reikt Belgische gegevens aan, opgesplitst per gewest, in het kader van de emissie-inventaris en de energiebalans. Het instituut voor landbouw- en visserijonderzoek heeft daarin het off-road energieverbruik van de landbouwsector in kaart gebracht. De werkwijze en resultaten van dit energieverbruikmodel worden hier voorgesteld.

93

Het energieverbruik van landbouwmachines die niet op de openbare weg komen, werd berekend aan de hand van een energieverbruikmodel. De basis voor dit model is een Duitse studie uitgevoerd door het KTBL in 2005 (1). Deze studie beschrijft de specifieke brandstofbehoeften van dieselmotoren in de landbouw op basis van machinegrootte, bodemweerstand, perceelsgrootte, en belading (L/ha of ton/ha). Verdere steunt het model op een combinatie van teelttechnische gegevens, bodemgebruik in combinatie met bodemtype, perceelsgrootte en gemiddelde leeftijd en vermogen van de tractoren. De output van het model is het diesilverbruik (L) per bewerking per teelt per gewest. Voor de veeteelt werd gerekend met een forfaitair aantal draaiuren van de tractor voor algemene werkzaamheden zoals het uitmesten van de stal, het uitkuilen van voeder, enz.

1. Achtergrond van het project

In opdracht van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie heeft ILVO ism VITO recent het onderzoek afgerond, getiteld 'Model voor emissies door niet voor de weg bestemde mobiele machines' (OFFREM). Dit onderzoek reikt Belgische gegevens aan, opgesplitst per gewest, in het kader van de emissie-inventaris en de energiebalans¹. De emissies worden per lidstaat berekend en gecontroleerd aan de hand van emissiemodellen. Onder emissies verstaat men luchtverontreinigende stoffen (gassen en deeltjes) die vrijkomen bij een verbrandingsreactie -ook uitlaatemissies genoemd- of ten gevolge van slijtage van machineonderdelen of het wegdek –de zogenaamde niet-uitlaatemissies. Aangezien uitlaatemissies afhangen van de gebruikte brandstof enerzijds en type, capaciteit, leeftijd en technologie van de motor anderzijds, is het energieverbruik van de machines dus een belangrijke basis voor een emissiemodel.

De Europese lidstaten moeten cijfers rapporteren aan de Europese Commissie over de luchtkwaliteit in hun land. Daarbij moeten ze voldoen aan specifiek opgelegde emissiegrenswaarden, de zgn. NEC-richtlijn.

ILVO Agrotechniek heeft in deze studie het *off-road* energieverbruik van de landbouwsector in kaart gebracht. Merk op dat het *off-road* transport voor de landbouwsector nagenoeg alle transport door landbouwmachines is.

2. Modelberekeningen voor energieverbruik van de landbouwsector

Het energieverbruik van landbouwmachines die niet op de openbare weg komen, werd berekend aan de hand van een energieverbruikmodel. De basis voor dit model is een Duitse studie uitgevoerd door het KTBL in 2005 (1). Deze studie beschrijft de specifieke brandstofbehoeften van dieselmotoren in de landbouw op basis van machinegrootte, bodemweerstand, perceelsgrootte, en belading (L sproeistof/ha of ton product/ha). Verder steunt het model op een combinatie van teelttechnische gegevens, bodemgebruik in combinatie met bodemtype, perceelsgrootte en gemiddelde leeftijd en vermogen van de tractors. Voor de veehouderij maakt het model gebruik van een vast aantal draaiuren van de tractor voor algemene werkzaamheden zoals het uitmesten van de stal, het uitkuilen van voeder, enz. De modelberekening steunt op volgende principes:

1. Het brandstofverbruik uit de Duitse studie is representatief voor België en voor het basisjaar 2005.
2. De teelttechnische fiches zijn representatief voor de gerapporteerde jaren, of ook: teelttechnisch verwachten we geen grote veranderingen binnen de landbouw.
3. Het bodemgebruik in combinatie met het bodemtype in de drie gewesten blijft constant doorheen de jaren: er zullen geen noemenswaardige verschuivingen optreden.
4. De verdeling van perceelsgroottes, opgedeeld in 8 klassen, blijft nagenoeg constant over de jaren voor elk van de drie gewesten.
5. Voor de berekening van het brandstofverbruik beschouwen we zowel zelfrijdende als getrokken of gedragen toestellen, afhankelijk van de beschikbare verbruiksgegevens uit de Duitse studie.

Het brandstofverbruik door stationair draaien, keren op de akker, en verplaatsing van en naar het veld, zit vervat in het model. Merk op dat de specifieke modelopbouw geen onderscheid maakt tussen het off-road verkeer van de landbouwer of de loonwerker.

Het belang van teelttechniek, bodemweerstand, perceelsgrootte, en machinegrootte wordt duidelijk uit volgend voorbeeld. Het brandstofverbruik bij ploegen varieert tussen 15 en 50 L/ha (ter vergelijking: bij harken varieert dit verbruik tussen 2,8 en 3,65 L/ha). Het omploegen van een akker van 4 tractor van >180 pk op zware bodem verbruikt ruim 20 L/ha meer dan wanneer zo'n akker zou geploegd worden met een tractor van pakweg 120 pk op een zandleembodem. Een goede inschatting van al deze factoren per teelt is dus van groot belang.

Teelttechnische gegevens

De landbouwsector werd opgesplitst in volgende subsectoren: akkerbouw, weiland, en veehouderij (Tabel 1). De glastuinbouw en de blijvende teelten (boomgaarden) zijn niet opgenomen in deze studie wegens gebrek aan teelttechnische of andere nodige informatie. Binnen de akkerbouw ontbreken om dezelfde reden andere nijverheidsgewassen & landbouwzaden, boomkwekerijen in openlucht, en sierteelt in openlucht.

Tabel 1: Landbouwsubsectoren en de bijhorende teeltgroepen en/of teelten die zijn opgenomen in het model.

Subsector	Teeltgroepen of Teelten
Akkerbouw	Granen voor de korrel, Nijverheidsgewassen, Voedergewassen, Aardappelen, Droog geoogste peulvruchten, Groenten in openlucht
Weiland	Tijdelijke weiden en permanent grasland, Braakland
Veehouderij	Runderen, Varkens, Pluimvee

Voor de berekening van het totale energieverbruik van een teelt start het model van de nodige akkerbewerkingen of de teelttechniek. Daarom werden per teeltgroep of teelt technische fiches opgemaakt waarin o.a. de akkerbewerkingen, het aantal gangen, het percentage van de akkers die de bewerking ondergaan (bv. op 90% van de tarweakkers wordt nadien een groenbemester ingezaaid), en het specifieke brandstofverbruik per bewerking zijn beschreven. Dit is geïllustreerd voor wintertarwe in Figuur 1. Het specifieke verbruik van eenzelfde akkerbewerking voor eenzelfde teelt varieert licht tussen de gewesten, en dus ook het totale, relatieve teeltverbruik (L/ha). Dit relatieve verbruik (per gewest) wordt vermenigvuldigd met de totale teeltoppervlakte (per gewest) om het absolute brandstofverbruik te kennen.

Granen voor de korrel: Wintertarwe								
NR	BEWERKING/WERKGANG	ID SUB- SECTOR	ID MACHINE	# GANGEN	FRACTIE VAN DE AKKERS die deze bewerking ondergaan	SPECIFIEK VERBRUIK (L/ha)	DEEL- VERBRUIK (L/ha)	TOTAAL VERBRUIK (L/ha)
1	ploegen	1	2	1	1			
2	klaarleggen + zaaien	1	5	1	1			
3	mineraal bemesten	1	9	3	1			
4	spuiten A: gedragen toestel	1	14	3	0,9			
5	spuiten B: getrokken/zelfrijdend toestel	1	15	3	0,1			
6	oogst: pikdors	1	16	1	1			
7	oogst: graantransport op veld	1	24	1	1			
8	naoogst: persen van stro	1	38	1	1			
9	naoogst: strobalentransport	1	44	1	1			
10	organisch bemesten A: injector/zelfrijdend	1	10	1	0,18			
11	organisch bemesten B: mestspreider	1	11	1	0,27			
12	organisch bemesten B: inwerken mest	1	1	1	0,27			
13	naoogst: klaarleggen vr groenbemesters	1	1	1	0,9			
14	naoogst: inzaai groenbemesters	1	5	1	0,9			

Figuur 1: Teelttechnische fiche van wintertarwe. Per akkerbewerking wordt de bijhorende machine weergegeven (ID_MACHINE), het aantal werkgangen, de 'fractie van de akkers die de bewerking ondergaan' (% landbouwers die de akkerbewerking uitvoert, of % landbouwers die voor alternatief A of B kiest) en het specifieke brandstofverbruik dat resulteert uit de combinatie van de machinegrootte, perceelsgrootte, bodemweerstand, en het relatieve brandstofverbruik(L/ha) van de specifieke landbouwmachine. Dit laatste getal verschilt per gewest. Het totale brandstofverbruik van wintertarwe is de som van de deelverbruiken per akkerbewerking, rekening houdend met het aantal werkgangen en de fractie van de akkers die de bewerking ondergaan.

Voor de veehouderij bestaat het off-road verkeer uit een beperkt aantal draaiuren met de tractor om de stallen uit te mesten, voeder uit te kuilen, voeder te transporteren op het bedrijf, en een aantal wisselende, bijkomstige taken. De teelttechnische fiche bevat een inschatting van het aantal draaiuren per bedrijf op jaarbasis. Deze inschatting werd o.a. gemaakt op basis van de landbouwboekhouding van de boerenbond voor 125 varkensbedrijven en 392 rundveebedrijven.

Bodemgebruik in combinatie met bodemtype

De brandstofverbruikcijfers uit de Duitse studie (1) hangen ook af van de bodemweerstand van de akker (indien de machine de bodem bewerkt), en onderscheidt hierbij 3 bodemweerstand: laag, gematigd en hoog. De Belgische bodems werden daarom geklasseerd in 3 overeenkomstige bodemklassen. Vervolgens werd de oppervlakte van het bodemgebruik per bodemklasse en per gewest berekend. Het resultaat zijn teeltfracties per gewest. Een teeltfractie is de fractie van het totale grondareaal van een gewest waarop een bodemgebruik (bv. akkerbouw) bij een bodemtype (bv. zware bodems) voorkomt. Enkel voor vollegrondsgroenten (80/20/0) en suikerbieten (0/50/50) werden de fracties (weerstand laag/gematigd/hoog) gecorrigeerd.

Perceelsgrootte

De verdeling van perceelsgroottes per gewest werd afgeleid uit de gedetailleerde NIS-landbouw telling (2) van 2007. Omdat de cijfers 1 jaartal omvatten, werden fracties

perceelsgroottes berekend per teeltgroep i.p.v. per teelt: granen voor de korrel, nijverheidsgewassen, voedergrassen, vroege aardappelen, late aardappelen, peulvruchten droog geoogst, groenten in openlucht, weiden en braakland. De relatieve verdeling van perceelsgroottes voor granen voor de korrel zal immers niet te sterk variëren, ook al zijn er grotere verschuivingen mogelijk binnen de teeltgroep door schommelingen in de graanprijzen (bv prijs van tarwe versus maïs). Volgende 8 klassen van perceelsgroottes werden onderscheiden: 0,01<2 ha, 2<5 ha, 5<10 ha, 10<20 ha, 20<30 ha, 30<50 ha, 50<80 ha, en >80 ha. De perceelsgroottefracties verschillen per gewest.



Wagenpark van landbouwmachines

Tenslotte hangen de brandstofverbruikcijfers uit de Duitse studie (1) ook af van de machinegrootte. Een gedetailleerde beschrijving van het machinepark in de landbouw wordt hier niet gegeven. In essentie worden er drie machinegroottes onderscheiden: kleine (35-69 pK), middelgrote (70-179 pK) en grote (>180 pK) landbouwtrekkers die respectievelijk 13%, 85%, en 2% van het machinepark uitmaken. Met een Weibull uitvalfunctie ($k=25$ =levensduur tractoren (jaar), $\lambda=7,9$) werd een leeftijdsverdeling opgesteld voor de landbouwtrekkers waarmee een globaal machinepark werd opgebouwd en dit voor elk jaartal. De machinegroottefracties zijn gelijk voor de drie gewesten.

Berekening brandstofverbruik

Voor akkerbouw en weiland werd het relatieve teeltverbruik (L/ha) vermenigvuldigd met de totale teeltoppervlakte (ha) om het absolute brandstofverbruik (L) te kennen (per gewest). Merk op dat de relatieve, specifieke teeltverbruiken (per akkerbewerking) uit de Duitse studie opgesplitst zijn over klassen van perceelsgrootte, bodemgebruik x bodemweerstand, en machinegrootte (#72). De teeltoppervlaktes werden op gelijkaardige wijze opgedeeld in 72 subklassen door de fracties uit alinea's 1.2.2 tem 1.2.4 te combineren (x) en te vermenigvuldigen met de totale teeltoppervlakte. In totaal werden 46 machinetypes opgenomen in het model.

Voor de veehouderij werd het brandstofverbruik op jaarbasis (L/ bedrijf) vermenigvuldigd met het aantal bedrijven om het absolute brandstofverbruik per bedrijf (L) te kennen (per gewest).

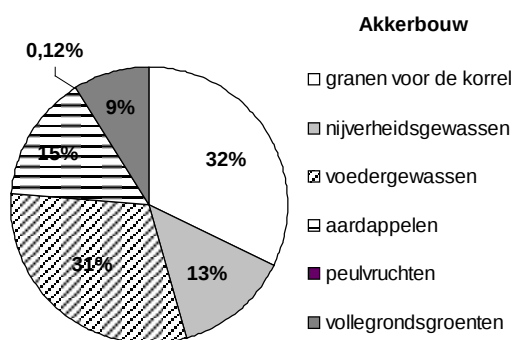
Brandstofverbruik voor historische of toekomstige jaren

Het voordeel van de OFFREM werkwijze is dat ze vertrekt van de nodige akkerbewerkingen (die goed gekend zijn). Voor historische of toekomstige jaren volstaat het om de teeltoppervlaktes aan te passen in het model om een jaarlijks absoluut brandstofverbruik te kennen. De extrapolatie van teeltoppervlaktes naar het verleden (1980-1998) of naar de toekomst (2008-2030) wordt hier niet besproken, maar werd gedaan op basis van historische cijfers van de NIS-landbouwtellingen (2) en een studie van AMS (3) naar benodigd landbouwareaal in de toekomst. Merk tenslotte op dat bij de modellering rekening gehouden werd met de technologie van de landbouwtractoren in de respectievelijke jaren.

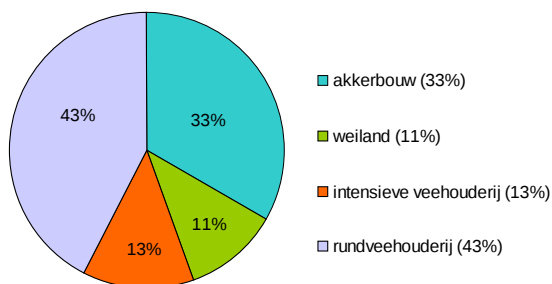
3. Resultaten en bespreking

De grafieken en figuren zijn gebaseerd op de voorlopige cijfers voor de Vlaamse landbouwsector. Definitieve cijfers worden beschikbaar als het rapport van deze studie openbaar wordt gemaakt door de opdrachtgever.

Figuren 1 en 2 illustreren het aandeel van de verschillende deelsectoren in het totale off-road energieverbruik van de landbouw. Opvallend is het grote aandeel van de veehouderij. Hiervoor werd een beperkt maar *continu* aantal draaiuren op weekbasis verondersteld, o.a. gebaseerd op gegevens uit de landbouwboekhouding van de boerenbond. Voor akkerbouw zijn de activiteiten meer gespreid over het jaar. Binnen de akkerbouw zijn granen voor de korrel en voedergrassen de grootste absolute verbruikers maar dit hangt uiteraard sterk samen met het grote areaal.

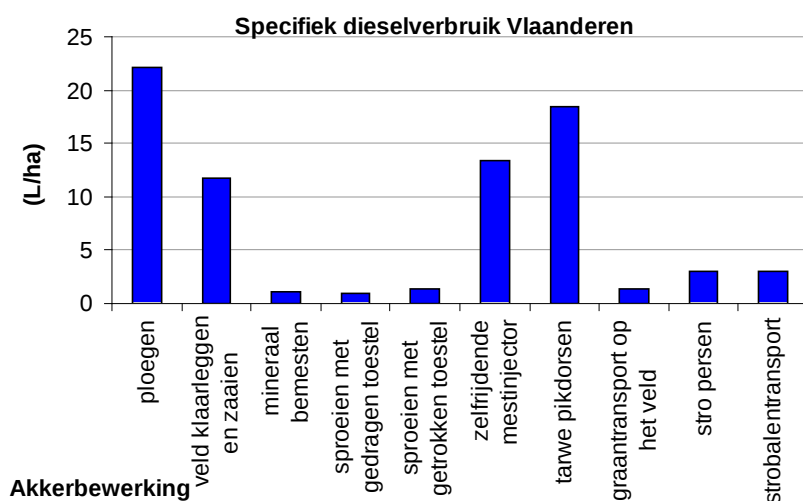


Figuur 1: Relatieve bijdrage van de verschillende landbouwsubsectoren in Vlaanderen voor het absoluut off-road energieverbruik (PJ). Merk op dat de glastuinbouwsector niet opgenomen is in het OFFREM model.



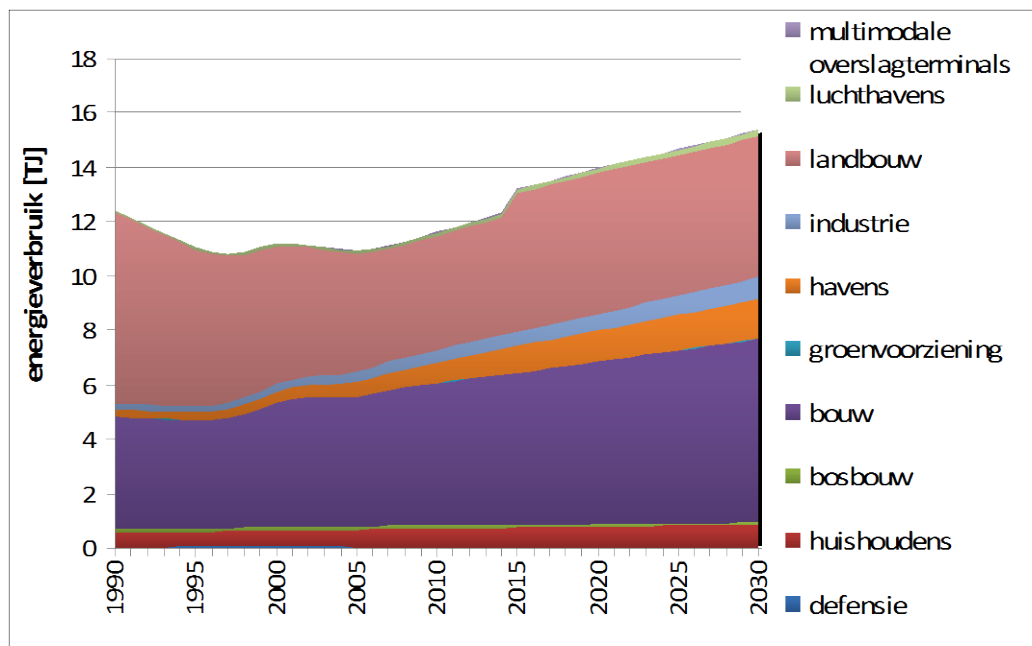
Figuur 2: Relatieve bijdrage van de verschillende teeltgroepen voor de subsector akkerbouw in Vlaanderen volgens absoluut energieverbruik (PJ)

Figuur 3 toont de verhouding van diverse akkerbewerkingen bij de teelt van winter tarwe in Vlaanderen. Ploegen en pikdorsen zijn veruit de meest energie-intensieve bewerkingen. Dit is logisch omdat de grondweerstand hier een grote rol speelt.



Figuur 3: Specifiek diesilverbruik (L/ha) in Vlaanderen voor een aantal akkerbewerkingen bij de teelt van winter tarwe.

Figuur 4 tenslotte geeft een overzicht van het off-road verbruik van alle sectoren in Vlaanderen. Het is duidelijk dat landbouw hierin een groot aandeel heeft.



Figuur 4: Het energieverbruik van de landbouwsector t.o.v. andere sectoren in Vlaanderen volgens het OFFREM model. $1 \text{ TJ} = 10^{12} \text{ J}$. Bron: VITO.

Referenties:

- (1) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (2005). Dieselkraftstoffbedarf, Darmstadt, Duitsland, 29p.
- (2) Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS). http://www.statbel.fgov.be/home_nl.asp
- (3) Agentschap voor Monitoring en Studie, Departement Landbouw & Visserij, Vlaamse Overheid

Contactpersoon: Veerle Van linden

4. INSTEEL VANUIT HET DEPARTEMENT LANDBOUW & VISSERIJ

4.1. INLEIDING.

De thema's energie en klimaat staan wereldwijd hoog op de agenda van beleidsmakers, bedrijven, onderzoekers en andere belanghebbenden en zullen er wellicht niet meer van verdwijnen. De sterk fluctuerende energieprijzen en de vraag naar een meer stabiele energiebevoorrading zet menig één ertoe aan om intensief op zoek te gaan naar kostenefficiënte oplossingen op het vlak van energiebesparing en alternatieve energiebronnen. De recente economische crisis en de daaraan gekoppelde daling van de energieprijzen zal in deze slechts een korte adempauze voorstellen.

Van één zaak kan men alvast zeker zijn. Indien de bedrijven de onzekere energiekost die vandaag een belangrijk aandeel van de productiekosten uitmaakt niet onder controle krijgen en ze niet kunnen doorrekenen in de reële waarde van het eindproduct zoals dat in de land- en tuinbouwsector meermaals het geval is, wordt het de bedrijven straks opnieuw warm onder de voeten. Oplossingen dringen zich dus snel op.

Vlaanderen staat omwille van haar bevolkingsdichtheid en export gerichte industrie (staal, chemie, voedingssector, ...) aan de top in de lijst van meest energie-intensieve² regio's in de Europese Unie (EU). In 2010 zullen door de lidstaten van de EU actieplannen op tafel gelegd moeten worden om de specifiek vooropgestelde en bindende doelstellingen voor 2020 in het kader van het Europese klimaat- en energiepakket te realiseren. Op het vlak van energiebesparing, de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (BKG) en het aandeel van hernieuwbare energie (HE) zullen duidelijke maatregelen en doelstellingen moeten vastgelegd worden al dan niet verder gebouwd op de bestaande maatregelen. Onze regio zal haar deel van de inspanningen moeten leveren.

Ook de Vlaamse land- en tuinbouwsector is vrij energie intensief in vergelijking met andere regio's en dus gevoeliger voor de nadelige gevolgen van de energieproblematiek. Anderzijds betekent dit dat met de nieuw opgelegde doelstellingen en het daaraan te koppelen beleid ook nieuwe kansen geboden worden enerzijds voor individuele bedrijven maar anderzijds ook op basis van samenwerking tussen bedrijven en sectoren in Vlaanderen.

Naast energiebesparing, nog altijd de meest eenvoudige en in sommige gevallen lucratieve manier om kosten te besparen, wordt veel hoop gesteld op het gebruik van diverse hernieuwbare energievormen, elk met zijn voor- en nadelen en specifieke toepassingen. Los van de al dan niet terechte kritiek (voedselprijzen, CO₂-balans, milieueffecten, ...) wordt biomassa op middellange termijn een belangrijk en zeer valabel

² De energie-intensiteit in Vlaanderen bedraagt 250 kilogram olie-equivalent per 1.000 € Bruto Binnenlands Product, Vrind 2008 (Vlaamse Regionale Indicatoren).

alternatief (potentieel voor een stabiele bevoorrading, direct inzetbaar tegen een aanvaardbare kost, netto CO₂-vermindering, ...) voor de vervanging van fossiele brandstoffen. Een belangrijk potentieel van biomassa ligt bovendien in het nuttig gebruik van biologisch afval³ dat in grote mate aanwezig is. De aanbieders van biomassa(afval) zullen naast de voedselmarkten een probleemloze afzet vinden voor hun groene grondstof in de materialensector, de chemie, de biotechnologie en de energiesector. Rekening houden met de positieve effecten voor milieu, maatschappij en economie wordt dan wel een belangrijke voorwaarde. Dit betekent ook dat de marktprijzen voor de belangrijkste landbouwgrondstoffen (granen, oliehoudende zaden, ...) op langere termijn zullen stijgen maar nog sterker onderhevig zullen zijn aan prijsfluctuaties ten gevolge van misoogsten, weather markets, voorraden, speculatie, energieprijzen, e.d. Het invoeren van instrumenten voor stabilisatie van de landbouwmarkten bijvoorbeeld door een wereldwijd voorraadbeheer voor de belangrijkste strategische landbouwgrondstoffen lijkt alvast een nuttige doelstelling en kan zeker ook een antwoord zijn op speculatie en misoogsten.

Een bijkomend aspect en niet onbelangrijk is de aandacht die op onderzoek- en beleidsvlak tevens besteed zal moeten worden aan de aanpassing van mens, plant en dier aan de gevolgen van de klimaatverandering. Met het recent verschenen Witboek (2009) en de aanpassing van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid als gevolg van de Health Check in 2008 wordt naast het thema hernieuwbare energie duidelijk ingespeeld op klimaatadaptatie.

4.2. ENERGIE, EEN BELANGRIJKE PRODUCTIE- EN KOSTENFACTOR BINNEN DE VLAAMSE LAND- EN TUINBOUWSECTOR.

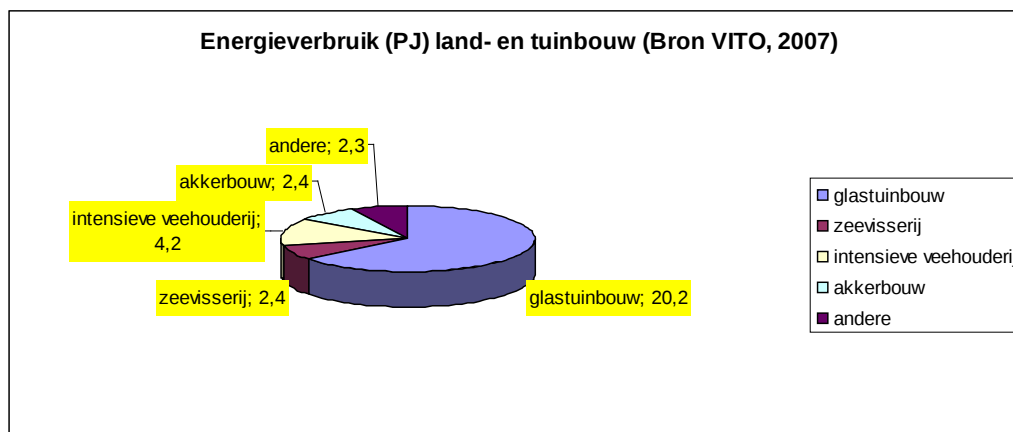
Vandaag gebruikt de primaire land- en tuinbouwsector op directe basis ongeveer 31,5 PJ⁴ of 2 % van het bruto - binnenlands energiegebruik in Vlaanderen. Dit komt ruw geschat overeen met het verbruik van circa 0,9 miljard liter olie. Een vermeerdering van de energieprijzen zoals we die gekend hebben in de laatste jaren heeft specifiek voor de land- en tuinbouwsector, op enkele sectoren na, toch wel nadelige gevolgen gehad.

Indirect speelt daarnaast ook de prijs van de andere productiefactoren zoals gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen en in mindere mate ook de veevoeders waarvan de marktprijzen ook door de energieprijzen beïnvloed wordt.

³ Recent werd gecijferd dat er in de Europese Unie alleen al circa 140 miljoen ton organisch biologisch afval aanwezig zou zijn dat niet in alle lidstaten op een even zorgvuldige manier wordt verwerkt.

⁴ Energiebalans (VITO), 1 Peta Joule is 10¹⁵ J en één 1 liter stookolie heeft een energie-inhoud van 36 MJ (1MJ is 10⁶ J).

Binnen de landbouwsector zijn er grote verschillen tussen deelsectoren en bedrijfstakken zoals blijkt uit figuur 1 en tabel 1. De glastuinbouwsector met een areaal van circa 2.100 ha (< 0,3 % van het globale landbouwareaal) verbruikt jaarlijks ongeveer twee derde van het globale primaire energieverbruik. Belangrijkere verbruiken zijn ook aanwezig in de intensieve veehouderij (verwarming, ventilatie, ...) zoals de zeugenhouderij en de pluimveesector, de fruitsector (koeling, ...), klimaatregeling in witloof- en champignoncellen en bewaarlodsen, bij droging van landbouwproducten en mest, enz.



Figuur 1: Aandeel van het energiegebruik in de verschillende deelsectoren in de land- en tuinbouw (Bron VITO, Energiebalans Vlaanderen 2007).

Tabel 1: Aandeel van de energiekosten in de variabele productiekosten in de verschillende bedrijfstakken (Bron AMS, Rentabiliteitsrapport 2007).

Bedrijfstak	Aandeel energiekost in de variabele productiekost
wintertarwe - aardappel (per ha)	10 - 4%
prei (per ha volle grond)	7%
gespecialiseerd melkvee - rundvee (per ha)	2 - 3%
zeugenhouderij (per dier)	8%
mestvarkens (per dier)	3%
kropsla - tomaat - komkommer - paprika	43 - 65%
aardbeien	5%
fruitteelt	16%
azalea - potplanten - snijbloemen	6 - 19%

Zoals blijkt uit voorgaande cijfers (gemiddelden) dient afhankelijk van de bedrijfstak de nodige aandacht besteed te worden aan efficiënt energiegebruik.

4.3. HET VLAAMSE KLIMAATBELEIDSPLAN (VKP) 2006-2012 ALS KAPSTOK VOOR HET HUIDIGE KLIMAAT- EN ENERGIEBELEID.

Naast de Europese richtlijnen⁵ voor hernieuwbare energie en biobrandstoffen stippelt het VKP voor de periode 2006-2012 het beleid uit op het vlak van de uitstoot van broeikasgassen voor de verschillende maatschappelijke sectoren. De land- en tuinbouwsector behoort naast de transportsector (mobiliteit), gebouwen (tertiair, residentieel) en de kleinere industriële installaties, ... tot de niet - ETS⁶ sectoren. Via “effort-sharing” worden de reductie-inspanningen voor de BKG over deze sectoren verdeeld.

De uitstoot van BKG door de land- en tuinbouwsector verschilt van de andere sectoren door het feit dat ongeveer 74 % van de uitstoot van broeikasgassen gerealiseerd wordt door de emissie van methaan (CH₄) voornamelijk gekoppeld aan de veestapel en lachgas (N₂O). 26 % van de uitstoot in de land- en tuinbouwsector is energie gerelateerd en bevindt zich voor 2/3 in de glastuinbouwsector.

Voor de landbouwsector werd voor 2010 als streefdoel een maximale uitstoot van 8 miljoen ton CO₂-equivalent (CO₂-eq) vooropgezet tegenover 10,9 miljoen ton in 1990 zijnde de referentie vastgelegd ingevolge het Kyoto-protocol. In 2007 (Bron VORA08⁷) bedroeg de uitstoot 7,3 miljoen ton. M.a.w. de doelstelling voorzien in 2010 wordt nu al bereikt en is in de eerste plaats de ‘collateral profit’ van de opeenvolging van mestactieplannen in Vlaanderen. In de glastuinbouwsector werd een reële energiebesparing en een vermindering van de uitstoot van BKG gerealiseerd.

In 2006 werd door de werkgroep ‘landbouw en bossen’, samengesteld uit middenveldorganisaties en de overheid, een aantal concrete maatregelen vooropgesteld om de uitstoot van BKG verder te reduceren. Niettemin de hoge energieprijzen die toch wel een belangrijke stimulans betekenden, werden de maatregelen met wisselend succes ingevoerd.

⁵ Richtlijnen 2001/77/EG en 2003/30/EG

⁶ Sectoren zoals de staalindustrie, raffinaderijen, scheikundige nijverheid, elektriciteitscentrales, installaties met een ingangsverbruik van meer dan 20 PJ ... zijn op Europees niveau opgenomen in het European Emissions Trading Scheme (ETS). De bedrijven vallen niet onder de gemeenschappelijke nationale doelstellingen maar dienen de CO₂-uitstoot van de individuele installaties te compenseren door de aankoop of het verkrijgen van CO₂- emissierechten.

⁷ VORA08, Voortgangsrapport 2008 van het Vlaams Klimaatsbeleidsplan 2006-2012.

Meer specifiek in de glastuinbouw wordt een overschakeling beoogd van zware stookolie en ook gerealiseerd naar meer milieuvriendelijke energiebronnen zoals het gebruik van aardgas en biomassa. Ook investeringen in meer duurzame energietechnologie als warmtekrachtkoppeling (aardgas, palmolie, ...), houtverbranding, warmteopslag, rookgascondensatie en rookgasreiniging voor CO₂-plantbemesting, ... stegen gevoelig.

Een belangrijke maatregel waar op termijn veel van verwacht wordt is de stimulering van de ontwikkeling van glastuinbouwbedrijvenzones. Actueel zijn de ruimtelijke uitvoeringsplannen goedgekeurd van de eerste zones (Roeselare, Stokstorm) en zijn er meer en minder concrete plannen voor verschillende andere zones. De ontwikkeling van deze zones is niet alleen een noodzaak op het vlak van ruimtelijke ordening maar resulteert ook mits de goede omkadering in een kostenefficiënte toepassing van milieuvriendelijke technologie via schaalvergroting en het streven naar win - winsituaties met andere bedrijven en/of sectoren (bv. gebruik restwarmte, ...).

Op termijn en mits aanwezigheid van het geschikte omgevingsklimaat kan in de glastuinbouw ook een belangrijk potentieel gerealiseerd worden bij het gebruik van verschillende types van warmtepompen, het gebruik van restwarmte en - CO₂, geothermie, ... Ook de ontwikkeling van een pilootproject van een 'energie-efficiënte' serre in Vlaanderen, maar voorlopig nog een toekomstbeeld, werd als doelstelling vooropgesteld.

Met betrekking tot de stimulering van de productie van biomassa voor energiedoeleinden werd met wisselend succes gefocust op co-vergisting, de kleinschalige productie van zuivere plantaardige olie (ppo) op basis van koolzaad, de teelt van korte omloophout en de bijdrage van de landbouw in de productie van grondstoffen voor de biobrandstoffenindustrie.

Naar onderzoek, sensibilisering en voorlichting toe werd de ontwikkeling van een kenniscentrum energie voor land- en tuinbouw beoogd gebaseerd op twee pijlers, enerzijds de energieconsulenten die in de land- en tuinbouwsector actief zijn en ondersteund worden door het VEA⁸ op het vlak van energiescans, audits en eerstelijnsadvies en anderzijds de doelstelling van introductie van nieuwe praktijkklare energietechnologie in de land- en tuinbouwsector via ondermeer het demoprojecten, proefcentra, het ILVO ... Ook de stimulering van het gebruik van de milieuboekhouding op land- en tuinbouwbedrijven valt hieronder.

Als laatste maatregel, meer vanuit het oogpunt van C-opslag, werd de bebossing van landbouwgronden voorgesteld,.

⁸ Vlaams Energie Agentschap

4.4. SPECIFIEKE DOELSTELLINGEN VOOR GROENE STROOM, WARMTEKRACHTKOPPELING EN BIOBRANDSTOFFEN INGEVOLGE DE EUROPESE RICHTLIJNEN.

De land- en tuinbouwsector draagt ook bij tot de Vlaamse doelstellingen in 2010 voor groene stroom (aandeel 6%) en de productie van elektriciteit op basis van warmtekrachtkoppeling (aandeel 19%) en de federale doelstellingen voor de inmenging van bio-transportbrandstoffen (aandeel 5,75%). Investerings worden vandaag financieel ondersteund door investeringssteun (VLIF⁹, ecologiepremie¹⁰, fiscale aftrek, ...), exploitatiesteun (via certificaten) en de vrijstelling van accijnzen ingeval van de inmenging van de bio-transportbrandstoffen.

In 2007 realiseerde Vlaanderen een aandeel van 2,7 % groene stroom gerealiseerd op basis van windenergie (17,2 %), verbranding van restafval (11,4%), biogas op basis van stortgas en slibvergisting (15,4 %), biostook en vergisting van biomassa (55,5 %), zonne-energie op basis van fotovoltaïsche cellen (0,3 %) en waterkracht (0,2 %).

Het belangrijkste beleidsinstrument dat hiervoor gebruikt wordt zijn de verhandelbare “groene stroom certificaten (GSC)” waarbij de elektriciteitsleveranciers jaarlijks een bepaald bindend percentage (= % quotum te behalen) van de elektriciteitsleveringen onder de vorm van ‘groene stroom’ gerealiseerd moeten zien. De verhandelbaarheid weerspiegelt zich in een marktwaarde die vandaag +/- 110 €/MWh bedraagt, en onder de boeteprijs ligt bij niet levering (125 €/MWh). Voor elke technologie (zie tabel 3) wordt bij decreet een minimumprijs of garantieprijs vastgesteld waarbij de elektriciteitsproducenten (eigenaars van de installaties) de certificaten bij gebrek aan vraag aan de distributienetbeheerders kunnen verkopen.

De bedragen zijn na evaluatie recent herzien door de Vlaamse Regering. Zowel de boeteprijs (100 €/MWh vanaf 2015 i.p.v. 125 €/MWh) als de minimumprijs van de verschillende technologieën (tussen haakjes) worden aangepast. De berekening van de minimumsteun gebeurt door het principe van de berekening van de ‘onrendabele toppen’, m.a.w. men berekent de extra steun die noodzakelijk is om investeringen in nieuwe technologie aantrekkelijk te maken. Deze zullen ook vanaf 2009 om de drie jaar geëvalueerd worden in het kader van de voorgestelde aanpassing.

⁹ Vlaams Landbouwinvesteringsfonds

¹⁰ De land- en tuinbouwsector zijn op basis van de NACE - codes uitgesloten van ecologiesteun.

Tabel 2: Minimumprijzen en garantietijden voor groene stroomcertificaten.

Technologie 2008	Minimumprijs(in €/MWh) <i>2008 (aangepast voorstel vanaf 2010)</i>	Garantietijd (jaar)
PV – cellen	450 (350 -> 10 in 2020)	20 (15 jaar vanaf 2013)
Waterkracht, golfslag - en getijden	95 (90)	10
Aardwarmte	95 (90)	10
Windkracht	80 (90)	10
Vergisting van biomassa/OBA	80 (90)	10
Verbranding van biomassa/OBA	80 (90)	10
Biogas van stortgas, restafval, zuiveringsslib	80 (60)	10
Bijstook biomassa in kolencentrales van biomassa	80 (60)	10
Verbranding restafval	80 (60)	10

Naast groene stroom werd in 2007 15 % van de grijze stroom leveringen gebaseerd op basis van warmtekrachtkoppeling in de industrie, de tertiaire sector en voor een belangrijk deel ook in de glastuinbouw. In vergelijking met gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte, spijtig genoeg vandaag nog te veel realiteit in Vlaanderen, wordt in deze installaties een gevoelige besparing gerealiseerd op het primaire energiegebruik. In de klassieke centrales wordt vandaag in het beste geval ongeveer 40% (?) van de primaire energie nuttig gebruikt en wordt de rest (rest- of afvalwarmte) vernietigd.

Een gelijkaardig beleidsinstrument zoals voor de GSC, met name de verhandelbare “warmtekrachtcertificaten” (WKC) waarbij de elektriciteitsleveranciers jaarlijks een bepaald bindend percentage (= % quotum te behalen) van de leveringen onder de vorm van ‘grijze stroom’ gerealiseerd moeten zien. De verhandelbaarheid weerspiegelt zich in een marktwaarde die vandaag +/- 40 €/MWh bedraagt, en onder de boeteprijs ligt bij niet levering (45 €/MWh). Ook de eigenaars van de WKK - installaties kunnen de WKC bij gebrek aan vraag aan de distributienetbeheerders verkopen. De minimumsteun voor WKC bedraagt 27 €/MWh. Het aantal WKC wordt echter afgebouwd in de loop van de levensduur van een installatie van 100 % gedurende de eerste 4 jaar tot 0 % na 10 jaar.

De investeringen op de land- en tuinbouwbedrijven voor de productie van groene en grijze stroom realiseren zich voornamelijk door de installatie van warmtekrachtkoppeling (aardgas) in de glastuinbouw, zonnepanelen, biogasinstallaties en bio-

warmtekrachtkoppeling op basis van pure plantaardige oliën (palmolie, stearine, ...) in de glastuinbouw en voor mest- en digestaatdroging.

Voor wat betreft de inmenging van biodiesel en bio-ethanol in brandstoffen voor transportdoeleinden werd recent door de federale regering beslist om vanaf juli 2009 de verplichting in te voeren om 4% in te mengen waardoor ook deze investeringen kunnen renderen en wat zeker ook goed nieuws voor de akkerbouwers kan betekenen. Hoe dit allemaal op wetgevingstechnisch vlak met de bestaande regelgeving (productiequota met accijnsvrijstelling) moet ingepast worden zal de volgende weken duidelijk moeten worden.

4.5. INVESTERINGEN DOOR DE VLAAMSE LAND- EN TUINBOUW ANNO 2008.

Naast het bestaan van de exploitatiesteun, beschikt het Beleidsdomein Landbouw & Visserij met de investeringssteun (VLIF) over een zeer flexibel instrument om milieuvriendelijke technologieën in sector te verspreiden. Het budget is de laatste jaren dan ook al meermaals gevoelig verhoogd omwille van het succes van investeringen in ondermeer warmtekrachtkoppeling en rookgasreiniging voor plantbemesting, zonnepanelen, energieschermen, warmtebuffers, productie en gebruik van biomassa voor verwarming/ productie van biobrandstof, ... Kapitaalsintensieve investeringen zoals warmtekrachtkoppeling (107 ingediende dossiers) en zonnepanelen (500 ingediende dossiers) waren de laatste 3 jaar vrij populair. Met betrekking tot kostenbesparing komen enkel de investeringen gedimensioneerd op het eigen bedrijf (behoefte warmte en elektriciteit) in aanmerking.

Voor warmtekrachtkoppeling bedraagt het in 2008 geïnstalleerd en actief elektrisch vermogen in de glastuinbouw circa 180 MWe wat ongeveer 10% van het globale WKK - vermogen en 2 % van het globaal elektrisch vermogen in Vlaanderen uitmaakt. Hierbij wordt voorzien in de gemiddelde jaarlijkse stroomlevering aan 250.000 gezinnen. Het financieel ondersteuningskader (WKC, VLIF) is naar rendabiliteit toe belangrijk, maar in vergelijking met de klassieke centrales worden restwarmte en rookgassen dan ook nuttig gebruikt in de glastuinbouw.

In 2007 werden 16 houtverbrandingsinstallaties (44 MWth) aangemeld voor zowel grootschalige als kleinschalige toepassingen in de glastuinbouw maar ook in de intensieve veehouderij. Emissienormen bij de verbranding en een beperkte beschikbaarheid van kwalitatief goed hout dat ook voor andere toepassingen (bv. spaanplaatindustrie, ...) na recyclage gebruikt wordt, blijven voorname aandachtspunten.

Ook de inplanting van biogasinstallaties waarvan er ongeveer een 17-tal actief zijn in agrarisch gebied maakt vorderingen. Verwerking van mest blijft op basis van de

omzendbrief¹¹ een belangrijke randvoorwaarde voor de inplanting van dergelijke installaties in agrarisch gebied.

Een nieuwe vraag ontwikkelt zich recent ook voor de installatie van kleinschalige (<15 m ashoogte) windturbines vanuit de land- en tuinbouwsector. Op termijn wanneer het technische rendement opgekrikt kan worden en indien ze op windrijke plaatsen met voldoende hoogte geïnstalleerd kunnen worden, kunnen ze voor de land- en tuinbouwbedrijven met een wezenlijk elektriciteitsverbruik een gepaste investering zijn. De laatste hand wordt gelegd aan een beoordelingskader dat op vlak van ruimtelijke ordening meer zekerheid zou moeten brengen. Een demonstratieproject wordt hier in de periode 2009-2010 aan gewijd.

Elk land- en tuinbouwbedrijf dient rationeel op basis van de kostenstructuur, bedrijfstak, schaalgrootte, financiële draagkracht en omgevingsfactoren (financiële ondersteuning, randvoorwaarden, ...) te beslissen in welk type van technologie het wenst te investeren. Externe randvoorwaarden zoals ruimtelijke ordening (biogas, windturbines, zonnepanelen, ...), maatschappelijke aanvaardbaarheid (biogas, ...), beschikbaarheid van biomassa (afvalwetgeving, ...), emissienormen (zuiver hout versus afvalhout, ...), aanwezigheid van nutsinfrastructuur (aardgas, elektriciteit), ... zijn belangrijke factoren die mee bepalen of een investering haalbaar is. In tabel 3 wordt een kort overzicht gegeven van mogelijke randvoorwaarden per technologie.

Tabel 3: Randvoorwaarden en aandachtspunten per technologie.

¹¹ Omzendbrief RO/2006/01, Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting.

Technologie	Randvoorwaarden - aandachtspunten	Betrokken regelgeving
co-vergisting (biogas) in agrarisch gebied	max. 60.000 ton inputmateriaal: mest, energiegewassen, OBA (organisch biologisch afval) ruimtelijke ordening, maatschappelijk draagvlak verwerking en gebruik digestaat	Omzendbrief Vlarea (afvalwetgeving)
houtverbranding: - zuiver hout - zuiver afvalhout klasse A - opgeschoond afvalhout klasse B	beschikbaarheid /kostprijs van zuiver hout beschikbaarheid /kostprijs zuiver afvalhout normen pellets in aantocht emissienormen bij verbranding van B –hout maatschappelijk draagvlak (emissies, ...)	Beleidskader houtafval - Code Code Goede Praktijk (OVAM) VLAREM (milieuvergunning) VLAREA (afvalwetgeving)
pure plantaardige olie en afgeleiden - bio - vloeistof voor ketel, WKK, ... - transportbrandstof	beschikbaarheid / kostprijs criteria duurzaamheid (invoer, ...) emissienormen (NOx, stof, SO2...) kwaliteit erkenning als producent kwaliteitscertificaat	Richtlijn Hernieuwbaar Vlarem (milieuvergunning) Vlarea (afvalwetgeving)
fotovoltaïsche cellen	ruimtelijke ordening (geen volle veld, ...) nutsinfrastructuur (grote projecten)	-
Windturbines - grootschalige - kleine - en middenschallige	ruimtelijke ordening nutsinfrastructuur ...	Omzendbrief ¹² Beoordelingskader ¹³ (in opmaak)
Warmtekrachtkoppeling	nutsinfrastructuur ...	-

Het mag echter duidelijk zijn en wat ondermeer ook gebleken is uit energiescans uitgevoerd door de energieconsulenten, dat op vele bedrijven door zeer eenvoudige en minder dure ingrepen ('no regret measures'), nog veel energie bespaard kan worden zonder te moeten overschakelen op meer complexe en dure technologieën.

¹² Omzendbrief EME/2006/01-RO/2006/02 Afwegingskader en randvoorwaarden voor de implantatie van windturbines.

¹³ Beoordelingskader voor de inplanting van kleine en middelgrote windturbines.

4.6. NOG VEEL GROEIPOTENTIEEL ...

De invulling van de nieuwe en bindende doelstellingen in het kader van het Europese klimaat- en energiepakket betekent voor België het realiseren van een energiebesparing van 20%, een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen van 15% en een aandeel van hernieuwbare energie van 13 % (incl. 10% bio-transportbrandstoffen) t.o.v. het globale bruto - eindverbruik van energie, dus alle vormen van energiegebruik, inclusief warmte, koude en transportbrandstoffen. Gezien de energie-intensiteit focust Vlaanderen in eerste instantie het best op energiebesparing en het verhogen van de energie-efficiëntie, zodat de doelstelling voor hernieuwbare energie makkelijker (lees met minder financiële inspanningen) kan worden gehaald.

111

De hernieuwbare bronnen worden omschreven als wind, zon, aero-, geo- en hydrothermie, waterkracht en golfslag, stortgas, gas van waterzuiveringsinstallaties, biogas en biomassa. In 2010 zal per lidstaat een nationaal actieplan ingediend moeten worden voor invulling van de doelstelling voor hernieuwbare energie.

Nieuw en mogelijk interessant voor de landbouwsector is dat het aandeel hernieuwbare energie naast groene stroom ook dient ingevuld te worden met groene warmte en groene koude. Verbranding van biomassa (hout, ...), biogas (100% thermische toepassing), pure plantaardige olie (100% thermische toepassing), warmtepompen voor koude en warmte, geothermie, ...kunnen bijgevolg interessante toepassingen bieden in de landbouwsector.

Voor bio-transportbrandstoffen en bij het gebruik van vloeibare biomassa (bv. palmolie, jatropha - olie, ...) bestemd voor thermische - elektrische - mechanische toepassingen ... moet de biomassa geproduceerd en aangeleverd worden rekening houdende met de geldende duurzaamheidscriteria. Deze duurzaamheidscriteria gelden zowel voor in de Europese Unie geproduceerde als ingevoerde grondstoffen en zijn voornamelijk gebaseerd op de volgende thema's:

gebruik van duurzame productiemethoden, voor biomassa van Europese oorsprong gelden de relevante teeltvoorwaarden van toepassing voor toekenning van de directe steun ("cross compliance"),

geen productie van biomassa op gronden met een grote biodiversiteit (bv. oerbos, erkende natuurbeschermingsgebieden, grasland met grote biodiversiteit, veengebieden, ...),

respect voor maatschappelijke en sociale criteria voornamelijk bedoeld bij de invoer van grondstoffen maar ook van toepassing op Europese grondstoffen,

de CO₂ - balans waarbij afhankelijk van het jaar van de inwerkingtreding van de installatie een bepaalde vermindering (35% / 50 % / 60 %) van de uitstoot van BKG (in CO₂-equiv.) moet gerealiseerd worden.

Om de invulling van het actieplan effectief vorm te geven zullen in opdracht van de Vlaamse overheid potentieelstudies en 'onrendabele top' berekeningen uitgevoerd

worden om te kijken hoe de doelstellingen in Vlaanderen op een kostenefficiënte wijze ingevuld kunnen worden, rekening houdende met de energie-intensiteit van de verschillende sectoren, de mogelijkheden van energiebesparing en de beschikbaarheid van de duurzame energiebronnen (wind, zon, biomassa, ...).

4.7. ... OOK VOOR LAND- EN TUINBOUW.

112

Voor land- en tuinbouw zullen zich ongetwijfeld verder en in grotere mate concrete toepassingen aanbieden. Op bepaalde domeinen zoals het gebruik van koude- en warmtepompen, energieopslag, geothermie, gebruik van biomassa (verbranding, vergassing, bio-olie, biogas, ...), rookgasreiniging voor plantbemesting op basis van biomassa, het gebruik van plaatselijk beschikbare restwarmte voor verwarming en droogprocessen, ... is er nog veel potentieel aanwezig.

Het aandeel van 'duurzame' biomassa zal niettemin de beperkte beschikbare oppervlakte in Vlaanderen voor een belangrijke invulling van het potentieel hernieuwbare energie instaan. Biomassa is op kortere termijn de meest haalbare en direct bruikbare vervanger voor de productie van energie die door bestaande technologieën op een kostenefficiënte manier ingezet kan worden.

Naast landbouwoorsprong zal biomassa aangeleverd worden vanuit de verwerkende industrie (neven- en afvalproduct) maar ook het beheer van natuur -, bos -, rest -, openbaar - en andere groengebieden biedt ongetwijfeld nog potentieel. Vlaanderen zal ook biomassa moeten invoeren om de doelstellingen te realiseren maar geniet met haar logistieke positie (havens, ...) zeker een voordeel op dat vlak. Belangrijke synergieën zijn trouwens mogelijk met de aanwezige infrastructuur voor de aanvoer en verwerking van grondstoffen.

Voorname uitdagingen bij het gebruik van biomassa voor energietoepassingen zullen zijn dat:

1. de biomassa doorheen de ganse keten op een duurzame manier ter beschikking gesteld zal moeten worden,
2. er rekening gehouden zal moeten worden met een sterk stijgende vraag voor andere toepassingen zoals de voedselmarkt, recyclage en hergebruik versus verbranding (bv. houtafval, ...), industriële toepassingen (bv. groene chemie, ...), ...
3. dat vermeden moet worden dat de problematiek op het vlak van emissies niet verplaatst wordt naar andere luchtpolluenten zoals NO_x, stof, CO, dioxines, ...

4.8. NOOD AAN STRUCTUREEL ONDERZOEK EN PILOOTPROJECTEN VOOR LAND- EN TUINBOUWTOEPASSINGEN.

Momenteel lopen verschillende initiatieven met betrekking tot het thema energie in de sector, sommige in de fase van het wetenschappelijk onderzoek andere eerder op demonstratie- of praktijkniveau. Zoals eerder vermeld ligt er echter nog een groot speelveld open om het potentieel in te vullen.

Zo loopt er momenteel in Vlaanderen onderzoek met betrekking tot de thema's gecontroleerde teelt- en klimaatomgeving in serres, kiltetolerantie bij gewassen, de productie van biomassa, ventilatietechnieken in stallen, co-vergisting en opwaardering van digestaat (effluent) bij vergistingsinstallaties, het gebruik van bijproducten van de biobrandstoffenindustrie voor veevoeder, enz.

Meer naar de praktijk toe zullen specifiek in 2009 een aantal ADLO¹⁴- en VEA¹⁵ - demonstratieprojecten van start gaan die zich richten op de thema's rationeel energiegebruik in de glastuinbouw (gebruik van schermen in de sla - en vruchtgroenteteelt), energie-efficiënt gebruik van mechanische ventilatie in de intensieve veehouderij, pilootproject voor kleinschalige windturbines, het gebruik van bijproducten als veevoeder en brandstof- en energiebesparing op landbouwbedrijven. Met veel belangstelling wordt ook uitgekeken naar een pilootinstallatie voor het gebruik van een (aardgasgestookte) warmtepomp in combinatie met een kleinere warmtekracht koppelingsinstallatie in de glastuinbouw. Deze zou op basis van de berekeningen voor de energie-intensieve teelt van vruchtgroenten een gevoelige besparing van primaire energie kunnen opleveren.

4.9. BIJKOMENDE UITDAGING VOOR DE LAND- EN TUINBOUWSECTOR ... AANPASSING AAN DE KLIMAATVERANDERING.

Naast de energie- en klimaatproblematiek is er recent een belangrijk aandachtspunt voor de sector bijgekomen. Met de maatschappelijke bewustwording dat het klimaat aan het wijzigen is, zal ook voldoende aandacht dienen besteed te worden aan de vraag hoe mens, dier en plant m.a.w. het ganse ecosysteem zich kan aanpassen aan de gevolgen van de verandering van het klimaat zoals droogte, overstromingen, verzilting, ...

¹⁴ ADLO, Afdeling Duurzame Landbouwonwikkeling,

¹⁵ VEA, Vlaams Energieagentschap

Het recente Europese Witboek¹⁶ van april 2009 en het bijzondere belang dat aan de primaire sector en het platteland wordt toebedeeld zal mee de basis worden voor het opstellen van nationale klimaatplannen door de lidstaten. In dat kader werd er specifiek voor de landbouwsector een Europese werkgroep opgericht. Niettemin in een studie de gevolgen voor de land- en tuinbouwsector in Vlaanderen als beperkt worden ingeschat, dient ook hier op bepaalde vlakken zoals bodembeheer, waterbeheer, klimaatbeheersing in stallen en bewaring ... voldoende aandacht besteed te worden.

4.10. BESLUIT.

De land- en tuinbouwsector zal wereldwijd een belangrijke rol opnemen om de uitdagingen die zich aandienen met betrekking tot de voedsel -, grondstoffen-, energie - en klimaatproblematiek aan te gaan.

Vanuit bedrijfseconomisch standpunt zal de sector in eerste instantie de energiekost in het productieproces in de hand moeten houden. Bijkomend zullen, rekening houdende met de randvoorwaarden, kansen geboden worden aan de sector om de doelstellingen van het Europese energie- en klimaatpakket mee in te vullen door productie van grijze en groene stroom, groene warmte en koude en het aanleveren van biomassa.

De vraag naar biomassa voor voedsel, als groene grondstof voor de chemie, materialen- of energieproductie zal verder stijgen. De voornaamste uitdaging zal er in bestaan om de biomassa op een duurzame wijze ter beschikking te stellen en te verwerken. De ganse productieketen incl. de toelevering- en de verwerkingssector zal haar verantwoordelijkheid moeten opnemen om de toetsing te doorstaan. De toekomst zal erin bestaan om de cycli van grondstoffen zoveel als mogelijk en op een kostenefficiënte wijze te sluiten. Samenwerking tussen bedrijven en sectoren kan hier een oplossing bieden.

Evenals de stijgende vraag naar biomassa zal ook de vraag naar onderzoek, zowel wetenschappelijk als meer praktijkgericht, stijgen waarbij meer dan ooit dient gefocust te worden op duurzame teelt- en verwerkingstechnieken. De doelstelling is duidelijk: het realiseren van een maximale output met een minimale inzet aan productiefactoren en een minimale milieubelasting.

Contactpersoon: Koenraad Holmstock

¹⁶ Bron: Europese Commissie, Adapting to climate change: Towards a European framework for action, Adapting to climate change: the challenge for European agriculture and rural areas (Com (2009) 147, (werkdokument)

Verantwoordelijke uitgever:

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Directie

Burgemeester Van Gansberghelaan 96

B-9820 Merelbeke

Tel. 09 272 25 00

Website: <http://www.ilvo.vlaanderen.be>

Deze publicatie is te verkrijgen bij:

Karin Van Peteghem

Tel. 09 272 25 28

E-mail: karin.vanpeteghem@ilvo.vlaanderen.be

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Directie

Burgemeester Van Gansberghelaan 96

B-9820 Merelbeke

tel. 09 272 25 00 – fax. 09 272 25 01

e-mail: ilvo@ilvo.vlaanderen.be