

NIRAS A/S  
Sortemosevej 2  
DK-3450 Allerød

Telefon 4810 4200  
Fax 4810 4300  
E-mail niras@niras.dk

CVR-nr. 37295728  
Tilsluttet F.R.I

NIRAS

---

## PRODUKTION AF BIOETHANOL I DANMARK - Energiudbytter og CO<sub>2</sub> fortrængning med forskellige teknologier

---

2. februar 2007

### 1. **Introduktion**

I de seneste år blev der gennemført mange beregninger, opstillinger og vurderinger af fremstilling af energi på biomasse.

De fleste af disse vurderinger har forskellige udgangspunkter og forudsætninger, og der er opstået et meget broget billede af energieffekten og miljøgevinsten ved produktion af bioethanol på basis af forskellige materialer ved forskellige metoder (1. og 2. generations bioethanolanlæg).

Derfor har NIRAS<sup>1</sup> udarbejde dette notat, i et forsøg på at skabe en ensartet sammenligning af energiudbyttet og den relative CO<sub>2</sub>-fortrængning, som kan opnås ved forarbejdning af 1 ha foderkorn, ved følgende 5 teknologiscenarier:

- Scenario 1: Foderkorn anvendes til foder, og halm til kraft + varme produktion.
- Scenario 2: Foderkorn og halm anvendes til kraft + varme produktion: Scenariet er referencescenario for energiproduktion og CO<sub>2</sub>-fortrængning.
- Scenario 3: Foderkorn anvendes til fremstilling af 1. generations-bioethanolproduktion, biproduktet anvendes som proteinfoder og halmen til kraft + varme produktion.
- Scenario 4: Foderkorn og halm anvendes til 2. generations-bioethanolproduktion, og biprodukterne anvendes som proteinfoder og til kraft + varme produktion (IBUS-koncept). Dette scena-

---

<sup>1</sup> Notatet er udarbejdet af NIRAS v. Anne Seth Madsen, Dora Ruth Trummer og Niels Bahnsen som projektleder.

rio er en kombination af et 1. generations- og et 2. generations anlæg for at kunne vurdere anvendelsen af hele afgrøden til energi. I tilknytning til scenario 4 er der udarbejdet et alternativt scenario 4A med et rent 2. generationsanlæg, hvor halmen alene anvendes til ethanol fremstilling. Kornet anvendes direkte som foder.

- Scenario 5: Foderkorn og halm anvendes til 2. generations-bioethanolproduktion, og biprodukterne anvendes som proteinfoder og til kraft + varme (Maxifuel-koncept). Dette scenario baseres også på en kombination af et 1. generations- og et 2. generations anlæg. Dette gør det muligt at vurdere effekten af at hele afgrøden anvendes til energiformål. For scenario 5 er der ligeledes udarbejdet et alternativt scenario 5A med et ren 2. generation Maxifuel- anlæg, hvor halmen alene anvendes til ethanol fremstilling. Kornet anvendes direkte som foder.

Bioethanol går på tværs af energi (både brændstof- og kraftvarmesektoren) og korn- og foderproduktionen. I det følgende vil konteksten for en ethanolproduktion kort blive opridset. Herefter præsenteres de data, der er anvendt i de fem teknologiscenarier.

## 2. Kontekst for en bioethanolproduktion

### 2.1 Landbrugsarealets anvendelse og kornproduktionen i 2005

Høst 2005	ha	%	tons
Danmarks areal	4.309.800	-	
Dyrket areal	2.589.000	60,1%	
<b>Korn (hvede, byg, rug, tritecale, havre)</b>	<b>1.454.000</b>	<b>56,2%</b>	<b>9.283.000</b>
Grovfoder (helsæd, græs)	622.000	24,0%	
EU-brak	164.000	6,3%	
Raps	110.000	4,2%	
Frø til udsæd	94.000	3,6%	
Sukkerroer	46.000	1,8%	
Kartofler	40.000	1,5%	
Garteneriprodukter	20.000	0,8%	
Andre arealer	20.000	0,8%	
Bælgsæd til modenhed	15.000	0,6%	
<b>Bjærget halm</b>			<b>3.253.000</b>

Tabel 1. Arealanvendelse i 2005. 60% af Danmarks areal indgår i planteavlproduktionen. 56% af landbrugsarealet anvendes til produktion af korn<sup>2</sup>. (Kilde henvisning på foregående side.)

Der blev i 2005 produceret korn på 1,45 millioner ha landbrugsjord, hvilket resulterede i et udbytte på 9,3 millioner tons korn. Den domi-

<sup>2</sup> Kilde: "Tal om Landbruget 2006", Dansk Landbrug og Landbrugsraadet

nerende kornsort er foderhvede. Fra kornproduktionen blev der bjærget ca. 3,3 millioner tons halm.

## 2.2 Foderbehov til den animalske produktion

Det anslås<sup>3</sup>, at det danske fodermarked i 2006 androg ca. 12 millioner tons. Heraf aftog svineproduktionen ca. 6,5 millioner tons til produktion af ca. 20 millioner slagtesvin. Slagtesvin fodres udover korn også med proteinfoder og vitaminer/mineraler, med følgende fordeling:

		tons
<b>Foderbehov slagtesvin</b>		<b>6.500.000</b>
Korn	75%	4.875.000
Proteinfoder	20%	1.300.000
Vitaminer og mineraler	5%	325.000

Tabel 2. Foderbehov til en slagtesvineproduktion på ca. 20 millioner slagtesvin.<sup>4</sup>

96-98% af det danske proteinfoder importeres<sup>5</sup> i dag overvejende fra Brasilien og Argentina. En national produktion af proteinfoder til både svin og kvæg vil således kunne substituere importeret proteinfoder.

## 2.3 Brændstofforbrug og ethanolbehov ved substitution af benzin

I Danmark består brændstofforbruget til vejtransport af ca. 50% benzin og 50% dieselolie.

Ethanol kan erstatte benzin og ved iblanding op til 10% anvendes i den eksisterende bilpark. På grund af forskel i brændværdien, kræver substitution af 1 m<sup>3</sup> benzin ca. 1,5 m<sup>3</sup> ethanol.

Ved tilsætning af op til 10% ethanol i benzin vil ethanol have en oktanforbedrende egenskab, der delvis kompenserer for den lavere brændværdi. I nedenstående tabel angives ethanolbehovet i Danmark ved substitution af benzin, idet der kun er taget højde for brændværdien i benzin og ethanol og ikke for ethanolens oktanforbedrende egenskaber.

<sup>3</sup> Oplysninger fra Århusegnens Andel

<sup>4</sup> Oplysninger fra Århusegnens Andel

<sup>5</sup> Bentsen, N.S., Felby, C., Ipsen, K.H., Energy balance of 2nd generation bioethanol production in Denmark, Royal Veterinary and Agricultural University

Forbrug 2005	Benzin m3	Ethanol m3
Benzin vejtransport	2.499.574	
2% substitution	49.991	77.830
5,75% substitution	143.725	223.762
10% substitution	249.957	389.152

Tabel 3. Ethanolbehov ved substitution af benzin baseret på forbruget af benzin i 2005 til vejtransport, hvor der kun tages højde for forskel i brændværdien ved beregning af ethanolbehovet. Kilde, benzinforgbrug: Energistyrelsen<sup>6</sup>

### 3. De 5 teknologiscenarier "Udbytte fra 1 ha foderkorn"

Til beregning af de følgende scenarier anvendes der gennemsnitstal. Der tages i beregningerne ikke højde for forbrug af energi og udslip fra selve produktion af afgrøden, da det i alle scenarier er den samme afgrøde, der dyrkes på marken.

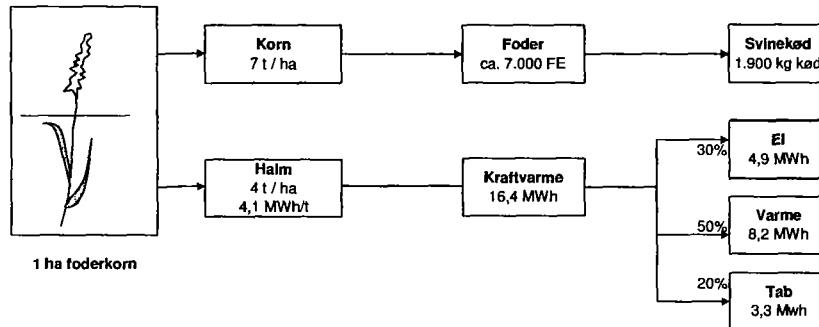
Der fokuseres på effekterne af forskellig anvendelse af afgrøden. Beregningerne tager udgangspunkt i, at der produceres foderkorn (hvede, rug, triticale mfl.) men i denne konkrete beregning er der taget udgangspunkt i foderhvede hvor der i gennemsnit opnås et udbytte på 7 t kerner (korn) og 4 t halm/ha landbrugsjord. Det antages at der fremstilles kraft + varme af halmen eller biprodukter fra biethanolprocessen, og at behovet for processenergi primært dækkes af denne energifremstilling. I energiberegningerne antages, at energioverskudet sælges som el og varme. I CO<sub>2</sub>-beregningerne er der anvendt gennemsnitstal for den danske CO<sub>2</sub>-udledning (2005) fra 1 MWh el og 1 MWh varme. Denne antagelse giver i CO<sub>2</sub>-beregningerne et meget lille estimat for den fortrængte CO<sub>2</sub> fra varmeproduktionen, da gennemsnittallet inddrager al fjernvarme produceret i Danmark uanset brændsel.

Destillers Dry Grain with Solubles (DDGS), som er det proteinrige tørrede restprodukt fra ethanol fremstillingen, kan anvendes til både svine- og kvægfoder. I forbindelse med udarbejdelsen af forretningsplan for et bioethanolanlæg i Danmark blev der hentet prøver af DDGS fra bioethanolanlægget "Agroethanol" i Sverige. Der er bleven foretaget en analyse af prøven og på denne baggrund er det beregnet, hvilken foderværdi DDGS vil have for slagtesvin. Resultatet af analysen var, at der er 0,95 foderenheder (FE) pr. kg DDGS.

<sup>6</sup> Kilde: "Energistatistik 2005", Energistyrelsen

3.1 *Scenario 1: Foderkorn anvendes til foder, og halm til kraft+ varme*  
 Scenariet afspejler dagens situation, hvor foderkornet anvendes som dyrefoder og halmen afbrændes i kraftvarme-anlæg.

I Scenario 1 beregnes udbyttet ved "dagens" anvendelse af korn til svinefoder og halm til kraftvarme.



Figur 1. Scenario 1: Udbytte af 1 ha foderkorn, hvor kornet anvendes som stivelsesfoder til slagtesvin og halm udnyttes til kraft + varme.

Der kan produceres ca. 1,9 tons kød og 5 MWh el og 8,3 MWh varme fra 1 ha foderkorn.

Dagens situation	enhed	Energibalance (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
		Mængde	MWh / enhed	Bidrag	Mængde pr. enhed	Bidrag	
<b>Nettoproduktion</b>							
Kød	ton	1,9	3,1	5,9			
El	MWh	4,9	1,0	4,9	4,9	0,52	2,5
Varme	MWh	8,2	1,0	8,2	8,2	0,01	0,1
<b>Samlet</b>				<b>19,0</b>			<b>2,6</b>

Tabel 4. Scenario 1: Energibalance og CO<sub>2</sub>-fortrængning af produkter produceret fra 1 ha foderkorn, hvor kornet anvendes som stivelsesfoder til slagtesvin og halm til kraft + varme. Små afvigelser på grund af rundinger.

Af tabellen ovenfor ses, at det samlede energiudbytte fra produktionen i dag er 19 MWh/ha og at CO<sub>2</sub> udledningen reduceres med 2,6 ton/ha ved brug af halm til el og varmeproduktionen.

Emissionen for den eksisterende el- og varmeproduktion er baseret på gennemsnitstal for Danmark i 2005<sup>7</sup>. Der medtages ikke CO<sub>2</sub>-udledning fra kødproduktionen.

Udbyttet af foder i scenariet er baseret på, at kornet antages at have et tørstofindhold på 85% og at 0,83 kg svarer til 1 Foderenhed (FE). Tilvæksten vurderes at udgøre 1 kg kød/3,7 FE<sup>8</sup>.

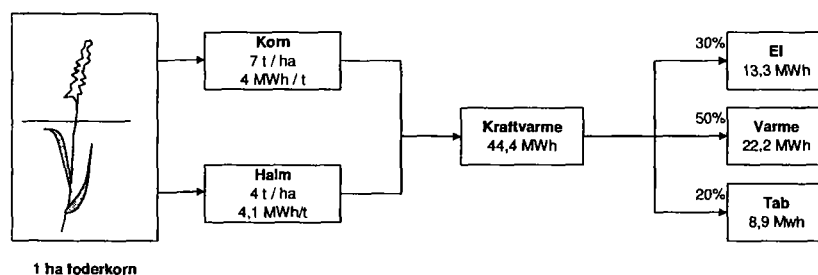
<sup>7</sup> Energistatistik 2006, Energistyrelsen

<sup>8</sup> Håndbog for driftsplanlægning, 2006.

Energiomregningen fra kød til MWh baserer sig på et energiindhold på 1113 kJ/100 g svinekød<sup>9</sup>.

### 3.2 Scenario 2: Foderkorn og halm anvendes til kraft+ varme.

I Scenario 2 afbrændes hele planten – både korn og halm - i et kraftvarmeværk. Dette scenario er udarbejdet for at kunne sammenholde energi-outputtet fra de øvrige scenarier med den energimæssigt, teoretisk optimale situation, hvor der opnås det mindste tab.



Figur 2. Scenario 2: Udbytte fra 1 ha foderkorn, hvor hele planten (både korn og halm) anvendes til fremstilling af kraft + varme.

1 ha foderkorn producerer 44,4 MWh energi, der i et kraftvarmeværk kan omsættes til 13,3 MWh el og 22,2 MWh varme.

Hjælplante til Energi	enhed	Energibalace (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
		Mængde	MWh / enhed	Bidrag	Mængde	pr. enhed	Bidrag
<b>Nettoproduktion</b>							
El	MWh	13,3	1,0	13,3	13,3	0,52	6,9
Varme	MWh	22,2	1,0	22,2	22,2	0,01	0,2
<b>Samlet</b>				<b>35,5</b>			<b>7,1</b>

Tabel 5. Scenario 2: Energibalace og CO<sub>2</sub>-fortrængning af el- og varme-produktion, hvis alt korn og halm fra 1 ha foderkorn afbrændes.

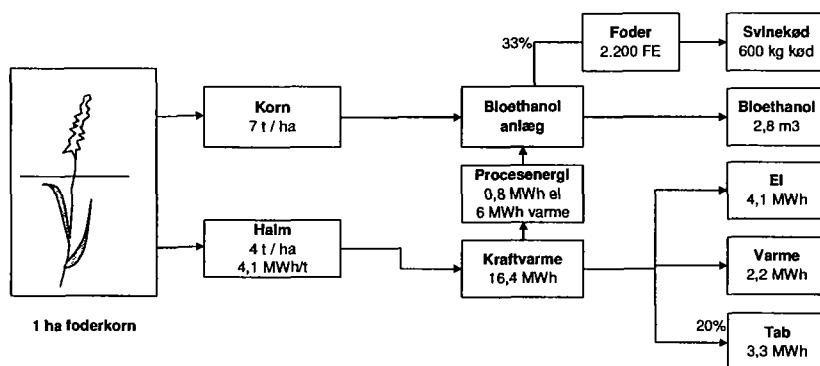
Som det ses af tabellen ovenfor, opnås der et energiudbytte på i alt 35,5 MWh, hvilket er et højere energiudbytte i forhold til scenario 1. CO<sub>2</sub>-fortrængningen på 7,1 ton CO<sub>2</sub>/ha er ligeledes højere end i scenario 1.

### 3.3 Scenario 3: Foderkorn anvendes til fremstilling af 1. generations-bioethanolproduktion, biproduktet anvendes som proteinfoder og halm til kraft+ varme.

I scenario 3 anvendes kornet først som råvare i en 1. generations-bioethanolproduktion. Biproduktet herfra er proteinfoder, der kan er-

<sup>9</sup> Fødevaredatabanken, som reference antages flæsketæg med svær.  
[http://www.foodcomp.dk/fvdb\\_default.asp](http://www.foodcomp.dk/fvdb_default.asp)

statte importeret proteinfoder. Halmen antages uændret at blive anvendt til kraft + varme produktion.



Figur 3. Scenario 3: Udbytte af 1 ha foderkorn, hvor kornet anvendes til ethanolproduktion, og hvor biproduktet anvendes som proteinfoder til slagtesvin. Halmen anvendes til kraft + varme.

I dette scenario produceres der netto mindre svinekød, mens der til gengæld opnås en national produktion af proteinfoder, som næsten ikke er til stede i dag. Bioethanolproduktionen er på ca. 2,8 m<sup>3</sup> bioethanol, der konservativt beregnet kan erstatte ca. 1,9 m<sup>3</sup> benzin. El- og varmeproduktionen fra halm er uændret, dog anvendes en del til processen, hvorfor nettoudbyttet bliver lavere.

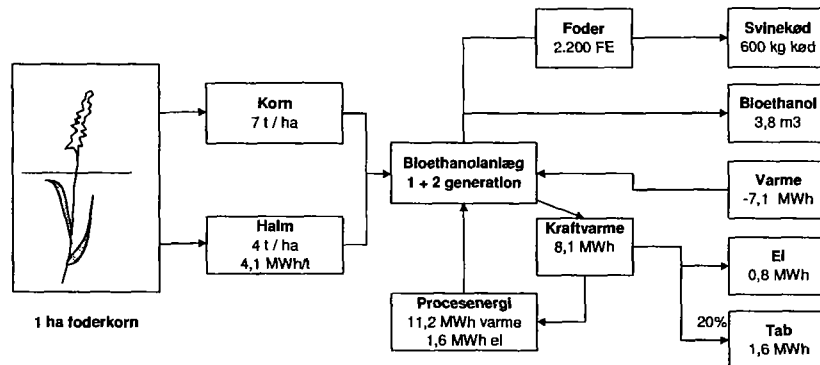
1. Generation	enhed	Energibalance (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
		Mængde	MWh / enhed	Bidrag	Mængde	pr. enhed	Bidrag
<b>Nettoproduktion</b>							
Kød	ton	0,6	3,1	1,9			
Bioethanol	m <sup>3</sup>	2,8	5,8	16,1	2,8	1,54	4,3
El	MWh	4,1	1,0	4,1	4,1	0,52	2,1
Varme	MWh	2,2	1,0	2,2	2,2	0,01	0,0
<b>Semiet</b>				<b>24,3</b>			<b>6,4</b>

Tabel 6. Scenario 3: Energibalance, CO<sub>2</sub>-fortrængning af produkter produceret fra 1 ha foderkorn med 1. generations-ethanolproduktion.

Af tabellen ovenfor ses, at der ved 1. generations-ethanolproduktion netto opnås et energi-udbytte på 24,3 MWh/ha. CO<sub>2</sub>-fortrængningen er beregnet til 6,4 ton CO<sub>2</sub>/ha. Den større CO<sub>2</sub>-fortrængning i forhold til scenario 1 skyldes at ethanolen fortrænger benzin.

3.4 *Scenario 4: Foderkorn og halm anvendes til 2. generations-bioethanolproduktion, biprodukter anvendes som proteinfoder og til kraft+ varme (IBUS-koncept).*

I scenario 4 anvendes korn og halm til 2. generations- bioethanol- produktion med udgangspunkt i IBUS- konceptet<sup>10</sup>. Biproduktet er proteinfoder og tørstof til kraftvarme-produktion.



Figur 4. Scenario 4: Udbytte af 1 ha foderkorn, hvor kornet og halmen anvendes til ethanolproduktion, og hvor biprodukterne anvendes som proteinfoder til slagtesvin og kraft + varme.

I dette scenario produceres der omkring 1 m<sup>3</sup> mere ethanol pr. ha end i 1. generations-anlægget. Mængden af proteinfoder og dermed kød- produktionen er det samme som i 1. generations-anlægget. Der vil være et biprodukt til forbrænding i kraftvarmeværket, hvor der produceres 2,4 MWh el og 4,1 MWh varme. Bioethanolprocessen kræver dog 1,6 MWh el og 11,2 MWh varme. Derfor skal der tilføres 7, 1 MWh varme.

2. Generation - IBUS		Energibalance (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
	enhed	Mængde	faktor	Bidrag	Mængde	pr. enhed	Bidrag
<b>Nettoproduktion</b>							
Kød	ton	0,6	3,1	1,9			
Bioethanol	m <sup>3</sup>	3,8	5,8	22,2	3,8	1,54	5,9
El	MWh	0,8	1,0	0,8	0,8	0,52	0,4
Varme	MWh	-7,1	1,0	-7,1	-7,1	0,01	-0,1
<b>Samlet</b>				<b>17,8</b>			<b>6,2</b>

Tabel 7. Scenario 4: Energibalance, CO<sub>2</sub>-fortrængning af produkter produceret fra 1 ha foderkorn med 2. generations-ethanolproduktion – IBUS-koncept.

Herudover producerer IBUS-anlægget mindre mængder af foderproduktet C5-melasse med en lav foderværdi, som dog ikke indgår i beregningerne.

<sup>10</sup> IBUS konceptet kilde: Energy balance of 2nd generation bioethanol production in Denmark. Niclas Scott Bentsen mf.



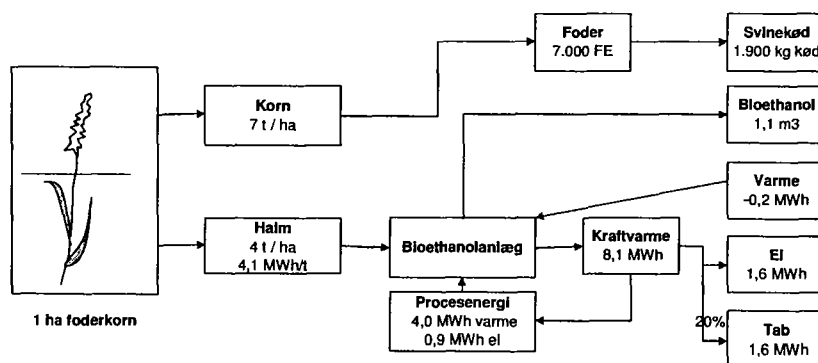
Af tabellen ovenfor ses, at der opnås et energi-output på 17,8 MWh/ha med 2. generations-bioethanolkonceptet IBUS. Der opnås et højere ethanoludbytte end ved 1. generation, men der opstår et behov for at få tilført varme. Konceptet er derfor tænkt placeret ved kraftværker, der i sommerperioder har en overskudsproduktion af varme. CO<sub>2</sub>-fortrængningen ligger på niveau med 1. generations-bioethanolanlægget med 6,2 ton CO<sub>2</sub>/ha.

### 3.5 Alternativ scenario 4A: Foderkorn anvendes som foder og halm anvendes til 2. generations-bioethanolproduktion, biproduktet anvendes til kraft+ varme (ren 2- generations IBUS- koncept).

I scenario 4A fodres kornet direkte til dyrene, mens halmen anvendes til ethanolproduktion i en ren 2. generations-IBUS-bioethanolproduktion.

Biproduktet (biomasse) anvendes i kraftvarmeanlægget til dækning af processens energibehov.

Som det kan ses i nedenstående figur, er der behov for mindre varme og el til ethanol fremstillingen, dog produceres der også mindre ethanol sammenlignet med scenario 4.



Figur 5. Scenario 4A: Udbytte af 1 ha foderkorn, hvor kornet anvendes som foder og halmen anvendes til ethanolproduktion efter en ren 2. generations-proces. Biproduktet fra ethanolproduktionen anvendes til kraft + varme.

I dette scenario produceres der 1,1 m<sup>3</sup> ethanol/ha, og varmebehovet til processen er tilsvarende mindre. Beregningerne viser et nettounder-skud på varme. Energi- og CO<sub>2</sub>-effekten er vist på næste tabel.

Ren 2. Generation - IBUS		Energibalance (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
		enhed	Mængde	faktor	Bidrag	Mængde	pr. enhed
<b>Nettoproduktion</b>							
Kød	ton	1,9	3,1	5,9			
Bioethanol	m <sup>3</sup>	1,1	5,8	6,3	1,1	1,54	1,7
EI	MWh	1,6	1,0	1,6	1,6	0,52	0,8
Varme	MWh	-0,2	1,0	-0,2	-0,2	0,01	0,0
<b>Samlet</b>				<b>13,6</b>			<b>2,5</b>

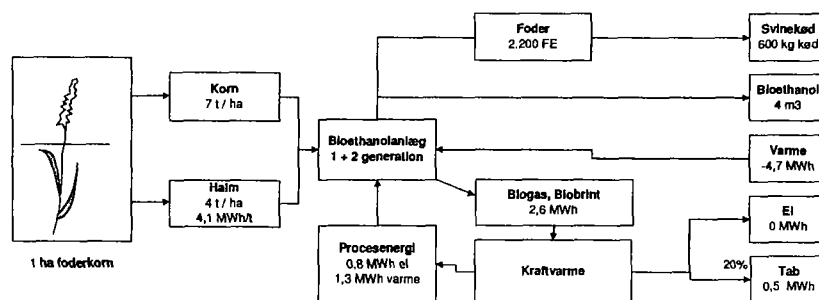
**Tabel 8. Scenario 4A: Energibalance, CO<sub>2</sub>-fortrængning af produkter produceret fra 1 ha foderkorn med en ren 2. generations-ethanolproduktion – IBUS-koncept.**

3.6 *Scenario 5: Foderkorn og halm anvendes til 2. generations-bioethanolproduktion, biprodukterne anvendes som proteinfoder og til kraft+ varme (Maxifuel- koncept)*

Data til beregning af scenario 5 og 5A baseres på sammenstilling af offentliggjorte data fra Maxifuel-konceptet<sup>11</sup>.

I Scenario 5 anvendes korn og halm til fremstilling af bioethanol. Bi-produktet anvendes som foder; biogas og biobrint anvendes til energi-produktion.

Energiindholdet i biogas og biobrint anvendes til kraftvarme produktion. Fra den producerede energi skal energibehovet for både halm-processen og kerne-processen fratrækkes. Varmeforbruget til 1. generations delen medfører at der er et behov for varmetilførsel.



**Figur 6. Scenario 5: Udbytte af 1 ha foderkorn, hvor kornet og halmen anvendes til ethanolproduktion. Biprodukterne fra ethanol fremstillingen anvendes som foder og til kraft + varme.**

<sup>11</sup> ATV, "Visioner for dansk bioethanol", 2007

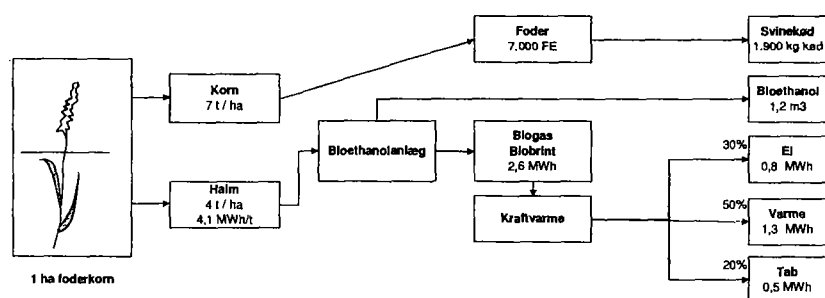
2. Generation - Maxi fuel		Energibalance (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
	enhed	Mængde	faktor	Bidrag	Mængde	pr. enhed	Bidrag
<b>Nettoproduktion</b>							
Kød	ton	0,6	3,1	1,9			
Bioethanol	m <sup>3</sup>	4,0	5,8	23,2	4,00	1,54	6,2
Ei	MWh	0,0	1,0	0,0	0,0	0,52	0,0
Varme	MWh	-4,7	1,0	-4,7	-4,72	0,01	-0,1
<b>Samlet</b>				<b>20,4</b>			<b>6,1</b>

**Tabel 9. Scenario 5: Energibalance, CO<sub>2</sub>-fortrængning af produkter produceret fra 1 ha foderkorn med 2. generations-ethanolproduktion – Maxifuel koncept. Forskel baserer sig på rundinger.**

3.7 *Alternativt scenario 5A: Foderkorn anvendes som foder og halmen anvendes til 2. generations-bioethanolproduktion, biprodukterne anvendes til kraft+ varme (Maxifuel-koncept).*

Dette scenario er et rent 2. generations-bioethanolkoncept, som udelukkende producerer ethanol på basis af halm. Energiproduktionen i kraftvarmeanlægget er den samme som i scenario 5, dog er energiforbruget betydeligt lavere, da kornet ikke forarbejdes til ethanol, men anvendes direkte som foder.

Dette scenario producerer derfor overskudsenergi, men mindre ethanol/ha.



**Figur 7. Scenario 5A: Udbytte af 1 ha foderkorn, hvor kornet anvendes som foder og halmen anvendes til ethanolproduktion. Data på nettoenergiudbytte i form af biogas og biobrint stammer fra offentliggjorte data. Både biogas og brint er konverteret til kraft og varme.**

Nedenstående tabel præsenterer energibalance og CO<sub>2</sub> fortrængingseffekt ved en ren 2. generations- Maxifuel anlæg.

Ren 2. Generation - Maxi fuel	enhed	Energibalance (MWh/ha)			CO <sub>2</sub> -fortrængning (ton CO <sub>2</sub> /ha)		
		Mængde	faktor	Bidrag	Mængde	pr. enhed	Bidrag
<b>Nettoproduktion</b>							
Kød	MWh	1,9	3,1	5,9			
Bioethanol	m <sup>3</sup>	1,2	5,8	7,0	1,2	1,54	1,8
El	MWh	0,8	1,0	0,8	0,8	0,52	0,4
Varme	MWh	1,3	1,0	1,3	1,3	0,01	0,1
<b>Samlet</b>				<b>15,0</b>			<b>2,3</b>

Tabel 10 Scenario 5A: Energibalance, CO<sub>2</sub>-fortrængning af produkter produceret fra 1 ha foderkorn med en ren 2. generations-ethanolproduktion – Maxifuel-koncept. Små forskelle på grund af rundinger.

#### 4. Sammenfatning

Foderkornudbytte fra 1 ha landbrugsjord (antaget 7 t kerner og 4 t halm) kan anvendes til forskellige formål. Tabellen præsenterer summen beregningerne med hensyn til udbytte, energibalancerne og CO<sub>2</sub> fortrængningseffekten ved anvendelse af foderkorn i 5 teknologiscenarier.

Scenario	Produktion per ha	Kød	Bioethanol	El	Varme	Energ total	Reduceret
	Teknologi/enhed	ton	m <sup>3</sup>	MWh	MWh	MWh	ton CO <sub>2</sub>
1	Dagens situation	1,9	-	4,9	8,2	19,0	2,6
2	Helplante til Energi	-	-	13,3	22,2	35,5	7,1
3	1. Generation	0,6	2,8	4,1	2,2	24,3	6,4
4	2. Generation - IBUS	0,6	3,8	0,8	-7,1	17,8	6,2
4A	Ren 2. Generation- IBUS	1,9	1,1	1,6	-0,2	13,6	2,5
5	2. Generation - Maxi fuel	0,6	4,0	0,0	-4,7	20,4	6,1
5A	Ren 2. Generation - Maxifuel	1,9	1,2	0,8	1,3	15,0	2,3

Tabel 11. Anvendelse af 1 ha foderkorn i 5 forskellige teknologiscenarier.

Efter dagens praksis anvendes de producerede kerner som foder, og halmen anvendes delvis i de danske kraftvarmeværker til produktion af kraft + varme. Anvendelse af 4 t halm til energiformål medfører en CO<sub>2</sub>-fortrængning på ~2,6 t.

I alle undersøgte teknologier giver afbrænding af den samlede biomasse det bedste energiudbytte (35,5 MWh / ha) og den største CO<sub>2</sub>-fortrængningseffekt (7,1 t CO<sub>2</sub>/ ha) ved produktion af el og varme. Anvendelse af hele planten til afbrænding i kraftvarmeværket medfører imidlertid, at der hverken produceres foder eller bioethanol.

Hvis CO<sub>2</sub> emissionerne fra transportsektoren ønskes nedbragt, er produktion af 1. generation bioethanol en mulighed, der kan tages i brug indenfor en kort tidshorisont, da teknologien er kendt. Energi - og CO<sub>2</sub> beregninger viser, at det er sandsynligt kan spares yderligere ~ 3,8 t CO<sub>2</sub>/ ha, hvor energiudbyttet for 1 generations bioethanol er på 24,3 MWh / ha – 6,4 t CO<sub>2</sub>/ha.

Udnyttelse af spildvarme fra andre produktioner (f.eks. kraftvarmeværker eller fabrikker) vil naturligvis forbedre energibalancen for alle situationer, hvor der fremstilles bioethanol. Dette er heller ikke afgørende om den enkelte fabrik, som skal fremstille bioethanol er energiforsynet med energi som er fremstillet på biomasse på værket, så længe biomassen fra produktionen af foderkorn anvendes til energiproduktion.

Der er ikke væsentlig forskel på energiudbyttet og CO<sub>2</sub> fortrængning ved brug af 1. og 2. generations teknologierne men begge vil kunne forbedres ved yderligere teknologiudvikling.