

## Energiafgrødeanalysen

Wenzel, Henrik; Triolo, Jin Mi; Toft, Lars Villadsgaard ; Østergaard, Niels

*Publication date:*  
2020

*Document version:*  
Forlagets udgivne version

*Citation for polished version (APA):*  
Wenzel, H., Triolo, J. M., Toft, L. V., & Østergaard, N. (2020). *Energiafgrødeanalysen*.

Go to publication entry in University of Southern Denmark's Research Portal

### Terms of use

This work is brought to you by the University of Southern Denmark.  
Unless otherwise specified it has been shared according to the terms for self-archiving.  
If no other license is stated, these terms apply:

- You may download this work for personal use only.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying this open access version

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details and we will investigate your claim.  
Please direct all enquiries to [puresupport@bib.sdu.dk](mailto:puresupport@bib.sdu.dk)

# Energiafgrødeanalysen



Rapport udarbejdet for Energistyrelsen

Januar 2020



## KOLOFON

---

**Titel:**

Energiafgrødeanalysen

**Forfattere:**

Henrik Wenzel, Jin Mi Triolo, Lars Villads-  
gaard Toft, Niels Østergaard

**Dato:**

16-01-2020

**ISBN nr.:** 978-87-93413-18-4

**EAN:** 9788793413184

**Citer som:**

Wenzel H, JM Triolo, LV Toft, N Østergaard (2020): Energiafgrødeanalysen. SDU og SE-  
GES, ISBN: 978-87-93413-18-4

## FORORD

---

Denne rapport omhandler resultaterne fra en analyse af den danske biogasbranche i 2019 og de danske biogasanlægs anvendelse af forskellige typer biomasse. Formålet med analysen har været at opgøre den historiske udvikling i anlæggenes biomasseforbrug og gasproduktion med fokus på brugen af energiafgrøder og anlæggenes nuværende og fremtidige tekniske og økonomiske afhængighed af energiafgrøder. Et konkret mål med analysen har været at vurdere konsekvensen af at sænke loftet for anvendelse af energiafgrøder for tilskudsberettiget biogasproduktion.

Analysen er finansieret af Energistyrelsen og udført af SDU og SEGES i samarbejde. SEGES har haft hovedansvar for en spørgeskema- og interview-undersøgelse blandt biogasanlæggene, mens SDU har haft hovedansvar for analysen af udviklingen i anlæggenes biomasseforbrug og biogasproduktion samt analysen af konsekvenserne af at sænke loftet for brug af energiafgrøder. Parterne har gensidigt bidraget til hele projektet og rapporten.

Arbejdet har været fulgt af en følgegruppe af biogaseksperter fra Energistyrelsen og Foreningen Biogasbranchen, og der har været møder undervejs, hvor analysen har været drøftet og kommenteret i følgegruppen. Forfatterne indestår for alle rapportens resultater og konklusioner.

I arbejdet har SDU kunnet nyttiggøre data for danske biogaspotentialer fra et samtidigt projekt kaldet SYM-BIO, finansieret af Innovationsfonden.

På forfatterens vegne



Henrik Wenzel

Odense den 16. januar 2020

# INDHOLDSFORTEGNELSE

---

Kolofon .....	2
Forord .....	3
Indholdsfortegnelse.....	4
SAMMENDRAG .....	5
1 INDLEDNING .....	10
2 AKTØRUNDESRØGELSE.....	10
3 STATUSOVERSIGT OVER BIOMASSEINDBERETNING.....	15
3.1 Den anvendte biomasse klassifikation .....	15
3.2 Årlig energiproduktion fra den anvendte biomasse.....	18
3.3 Detaljeret fordeling på biomassetyper.....	22
3.4 Status for energiafgrøder for hvert anlæg .....	25
4 ALTERNATIVE BIOMASSER.....	29
4.1 Halm.....	30
4.2 Dybstrøelse.....	31
4.3 Restprodukter fra primærafgrøder .....	31
4.4 Bio-slurry (brun-saft) fra Grøn bioraffinering.....	33
5 BIOMASSE FORBEHANDLINGSTEKNOLOGIER.....	35
5.1 Mekanisk forbehandling – mindstekrav til forbehandling .....	35
6 KONSEKVENSANALYSE.....	39
6.1 Det nationale perspektiv .....	40
6.2 Det lokale/individuelle perspektiv.....	49
6.3 Konsekvenser for miljø og klima.....	52
6.4 Status og regler i andre lande.....	56
6.5 Konklusion og anbefalinger .....	58
REFERENCER .....	60

# SAMMENDRAG

---

Energistyrelsen har med reference til Bekendtgørelsen om bæredygtig produktion af biogas fra 2015 igangsat denne analyse af biogasanlæggenes aktuelle anvendelse af energiafgrøder og af energiafgrødernes betydning for anlæggene fremover. Formålet med analysen har været at opgøre den historiske udvikling i anlæggenes biomasseforbrug og gasproduktion med fokus på brugen af energiafgrøder og anlæggenes nuværende og fremtidige tekniske og økonomiske afhængighed af energiafgrøder. Et konkret mål med analysen har været at vurdere konsekvensen af at sænke loftet for anvendelse af energiafgrøder for tilskudsberettiget biogasproduktion.

Fremgangsmåden bag analysen har bestået af fire trin:

1. En aktørundersøgelse af danske landbrugsbiogasanlæg. Et spørgeskema udsendtes til i alt 89 fællesanlæg og gårdanlæg i branchen. På baggrund af besvarelserne blev 12 anlæg/anlægsudviklere efterfølgende udvalgt til dybdegående interviews, hvor anvendelse af energiafgrøder, muligheden for at anvende andre alternative råvarer og de økonomiske konsekvenser ved en reduktion af andelen af energiafgrøder, der må anvendes, blev diskuteret nærmere. De 12 anlæg repræsenterede et bredt udsnit af forskellige anlægsleverandører, størrelser og med varierende anvendelse og afhængighed af energiafgrøder. Gennemgås i rapportens kapitel 2, og hele aktøranalysen er særskilt afrapporteret i bilag 1.
2. Udarbejdelse af et historisk overblik for biogasanlæggenes biogasproduktion og biomasseråvarer baseret på data fra biomasseindberetningen, den såkaldte BIB-analyse. Findes i kapitel 3.
3. Forfatterens egen faglige vurdering af forskellige biomassetypers egnethed som co-substrat til gylle, herunder både tekniske og økonomiske forhold, samt en kort gennemgang af forskellige teknologier til forbehandling af biomasse. Findes i kapitel 4 og 5.
4. En analyse af muligheder for og konsekvenser af at sænke loftet for energiafgrøde anvendelse, inklusive en diskussion af både teknisk/fysiske muligheder og økonomiske og miljømæssige konsekvenser. Findes i kapitel 6.

## **Aktørundersøgelsen**

Af de 28 biogasanlæg, som har besvaret spørgeskemaet, anvender lidt over halvdelen mindre end 4 % energiafgrøder, mens ca. en tredjedel af respondenterne angiver, at de anvender mere end 8 % energiafgrøder. I interviewene angiver flere af anlæggene, at en stor del af de anvendte energiafgrøder er overskydende eller kasseret grovfoder, som ellers skulle være pløjet ned. Derudover oplyses det, at afregningsprisen for energiafgrøderne ofte ligger på niveau med produktionsomkostningen for afgrøden. Kun fem af respondenterne angiver, at de forventer at anvende en højere andel af energiafgrøder, mens 17 af respondenterne angiver, at de forventer en uændret anvendelse og fire anlæg angiver, at de forventer at anvende en lavere andel af energiafgrøder. I de udførte interviews udtrykte flere af anlæggene

bekymring for, at den fortsatte udbygning af biogasbranchen og den øgede konkurrence om råvarerne meget vel kan føre til et øget behov for energiafgrøder i fremtiden. Omkring 80 % af anlæggene angiver at kunne anvende dybstrøelse, og at dette er en attraktiv biomasse, dels fordi biogaspotentialer er betydeligt, dels fordi biogasanlæggene typisk ikke betaler for det. Knap 60 % af anlæggene anfører, at de i dag rent teknisk kan anvende halm, men de fleste anlæg anser det som økonomisk mindre interessant med de aktuelle biogasudbytter, der kan opnås fra halm, og den aktuelle bjergningspris for halmen.

Mange anlæg frygter for, at en kommende udbygning med flere anlæg i branchen kan medføre større konkurrence om de mest attraktive biomasser, således at prisen på disse bliver for høj. Dette vurderes især at være en risiko for de mindre anlæg, som har sværest ved at indkøbe større partier ad gangen. Især gårdanlæggene udtrykker således, at man fortsat kan være afhængige af energiafgrøder fremover.

### **BIB-analysen**

Den årlige energiproduktion fra biogasanlæggene er ifølge indberetningerne til BIB-analysen steget med 126 % siden gødningsåret 2014 - 2015, hvor energiproduktionen var 4,64 PJ/år, hvilket er forøget til 10,51 PJ/år for perioden 2017 - 2018. Tabellen nedenfor viser biogasproduktionens udvikling i denne periode og fordelingen på de forskellige typer biomasse råvarer.

*Udviklingen i biomasse forbrug (ton/år) og biogasproduktion (TJ/år) i perioden 2014-2018 ifølge BIB-analysens data*

Biomasse	14'-15'		15'- 16'		16'-17'		17'-18'	
	(1000 ton/år)	(TJ/år)	(1000 ton/år)	(TJ/år)	(1000 ton/år)	(TJ/år)	(1000 ton/år)	(TJ/år)
Gylle	2.863	1.260	4.121	1.813	5.188	2.283	5.678	2.498
Husdyrgødning	109	136	203	313	335	560	404	778
Energiafgrøder	61	154	108	269	265	663	341	853
Spildevandsslam	15	22	9	13	6	9	5	7
Halm	22	161	14	101	32	233	72	530
Industrielt affald	553	2671	749	3.619	872	4.211	887	4.286
KOD	18	60	22	74	72	246	252	858
Restprodukter	118	177	320	480	384	576	464	697
I alt	3.760	4.642	5.545	6.682	7.153	8.780	8.102	10.507

De fleste fællesanlæg anvender kun en meget lille mængde energiafgrøder, og andelen af deres energiafgrøder er langt under 12 % for de fleste anlæg i perioden 2014-2015, men der kan ses en gradvis stigning de seneste år. Kun et enkelt fællesanlæg har brugt mere end de 12 % energiafgrøde. I forhold til et loft på 6 % har fire anlæg overskredet dette i den sidste del af perioden, hvilket svarer til 19 % af alle fællesanlæg (4 anlæg blandt 21 anlæg, der har afrapporteret til BIB-analysen).

I modsætning til fællesanlæggene bruger de fleste gårdanlæg energiafgrøder (69-85 % af de inkluderede gårdanlæg) og 15-30 % af de analyserede gårdanlæg bruger over 12 % energiafgrøder, specielt i de sidste to år af perioden 2014-2018. I samme periode har 36 til 63 % af gårdanlæggene anvendt mere end 6 % energiafgrøde, med stigende andel mod slutningen af perioden.

## Biomassetilgængeligheden og biogaspotentialer

Vi har vurderet den rent tekniske og fysiske tilgængelighed af diverse biomasser. Den volumenmæssigt største biomassetype er halm, der med et fremtidigt sædskifte vurderes at have et øvre potentiale på over 5 millioner tons i alt, eller omkring 75 PJ/år regnet som halmens brændværdi. Dette potentiale skal forstås som et øvre loft, hvis al halm kunne tilvejebringes og kun bruges til biogas – eksklusive halm fra kvægbrug, som antages anvendt internt på gården til foder og/eller strøelse, og som derfor forefindes i enten husdyrgødningen eller som dybstrøelse. Antages en fremtidig udvikling i forbehandling mod højere biogaspotentialer, således at omsætningen bliver omkring 60 % af halmens brændværdi, vil dette afføde et biogaspotential på ca. 45 PJ/år fra halm – igen forstået som maksimal øvre grænse. Med en fremtidig bedre gyllehåndtering i form af hurtigere udpumpning fra stald til biogasanlæg og evt. også gyllekøling vil det øvre biogaspotential fra gylle og anden husdyrgødning være lidt højere pr. tørstofindhold end i dag, og det øvre loft for potentialer fra gylle og husdyrgødning (ekskl. dybstrøelse) er fundet at være 20 PJ/år i 2040. Tabellen nedenfor viser en oversigt over de maksimale biogaspotentialer og deres estimerede udvikling over tid.

*Udvikling i biogaspotentialer fra de viste typer biomasse over tid under de givne antagelser. Det viste potentiale for 2040 skal forstås som en øvre grænse under forudsætning af fuld anvendelse af al biomasse*

	Potentiale (PJ/år)	Ref.	Vurderet mulig biogasproduktion fra den pågældende type biomasse (PJ/år)			
			2020	2025	2030	2040
Gylle & gødning	16	a	5	6	12	20 <sup>6</sup>
Halm	32	b	1	5	15 <sup>5</sup>	45 <sup>5</sup>
Dybstrøelse	7	a	0,7	3	6	7
Industri & andet restaffald <sup>1</sup>	8	c	8	8	8	8
Kasserede afgrøder <sup>2</sup>	-		0,3	0,4	0,6	0,9
KOD & andet grønt affald <sup>3</sup>			2	6	6	6
- heraf KOD	5	a	2	5	5	5
- have/park affald	1	b	0	1	1	1
Grønt landbrugsaffald <sup>4</sup>			1	2	7	7
- heraf roetoppe og andre toppe	3	b	0	1	3	3
- græs fra naturarealer <sup>7</sup>	3	b	1	2	3	3
- randzoner og grøftkanter	1	b	0	0	1	1
I alt			16	30	55	94

Referencer: a) EA Energianalyse og SDU (2016), b) Birkmose et al. (2015), c) BIB-analysen, se kapitel 3 Tabel 5. <sup>1</sup>Inklusive importerede commodities, spildevandsslam og andre restprodukter, se Tabel 5. <sup>2</sup>bedømt ud fra den observerede hidtidige brug af kasserede afgrøder fra BIB-analysen, <sup>3</sup>inklusive organisk affald fra detailhandel og storkøkkener, <sup>4</sup>herunder græsslet fra naturbeskyttelse og/eller co-produkter (fx brunsaft) fra evt. kommende grønne bioraffinaderier, roetoppe, kartoffeltoppe, mm., <sup>5</sup>frem til og med 2030 kun det i dag ikke-bjergede halm, i 2040 inklusive det fulde potentiale også det, som i dag anvendes til andre formål og med øget nedbrydelighed – i 2040 antages biogasudbytte på 60% af halmens energiindhold, <sup>6</sup>antaget samme mængde gylle & gødning som i dag, men med hurtigere udslusning fra stalden og/eller gyllekøling og dermed højere VS indhold og større metanpotentialer pr. ton, <sup>7</sup>potentiale fra omlægning til græs af hensyn til naturpleje, se separat afsnit herom i brødtekst



Som det fremgår, vurderer vi et øvre teknisk/fysisk potentiale – forudsat at alle de viste typer biomasse fuldt ud bringes til biogasanvendelse – på godt 90 PJ/år. Med en yderligere dosering af brint og metanisering af biogassens CO<sub>2</sub>-indhold vil dette øvre potentiale stige til 160 PJ/år, svarende til omkring 10 gange mere, end biogasproduktionen vurderes at være i perioden 2018-2019.

### **Konsekvensanalysen**

Analysen viser, at der rent fysisk og teknisk er co-substrater nok til helt at undvære energiafgrøder og stadig opnå en fuld udnyttelse af al gylle ved dosering af alternative co-substrater til energiafgrøderne. Rent fysisk er der mere end nok, især af halm, og rent teknisk vurderer vi, at det vil være muligt at anvende alternative biomasser. Behovet for energiafgrøde er således alene et spørgsmål om økonomi. Da halmen rent mængdemæssigt er dominerende, kan det konkluderes, at skal energiafgrøderne helt undværes, er det nødvendigt, at biogassen kan sælges til en pris, der gør det muligt at anvende halm i en stor del af biogasanlæggene.

Der er et stort miljø- og klimamæssigt incitament til at undgå energiafgrøder, især majs. Når effekten af energiafgrødens arealforbrug medregnes i dens klimaaftryk (det såkaldte iLUC bidrag) vil emissionsfaktoren for majs til biometan således være på 53-68 CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ biogas, hvilket er det samme som emissionen fra naturgas. For græs som energiafgrøde er emissionsfaktoren væsentligt mindre, og græs vil således være en væsentligt mindre klimabelastende energiafgrøde end majs.

### **Konklusion og anbefalinger**

Samlet set forventes det, at små el- og varmeproducerede anlæg, som ligger langt fra gasnettet, i fremtiden vil være mest udfordret økonomisk. For sådanne anlæg kan der være behov for at se nærmere på det enkelte anlægs økonomiske situation og på, hvilken konkret økonomisk betydning brug af energiafgrøder vil have for anlægget frem mod 2032 og herefter.

Det anbefales, at den kommende tilskudsordning, og herunder loftet for anvendelse af energiafgrøder, tænkes ind i en samlet strategi for biogassektorens udvikling. Her tænkes især på biogasanlæggenes særlige rolle i fremtidens energisystem, hvor der er særlige miljø- og klimamæssige såvel som samfundsøkonomiske incitamentter til at opgradere biogassen til bio-metan og inden længe også elektro-metan. Konkret betyder det, at mindre anlæg generelt og særligt mindre el- og varme-producerende anlæg formentlig får det vanskeligere. Tilskudsordningen og loftet for andelen af energiafgrøder bør formuleres under hensyn til de el- og varmeproducerende anlægs økonomiske overlevelse frem mod afslutningen af den nuværende støttegaranti-periode samt deres rolle og skæbne efter dette tidspunkt. Der bør iværksættes en nærmere analyse af disse anlægs økonomiske muligheder og fremtid.

Det kunne overvejes, om reglerne for brug af energiafgrøder med fordel kunne differentieres, således at det sikres, at de el- og varme-producerende anlæg kan overleve økonomisk i det mindste frem til udløbet af den nuværende støttegaranti-periode, som er 20 år fra anlæggets etablering dog tidligst 2032. Det kan desuden overvejes, om der kan gives særlig støtte til at få sådanne anlæg koblet til gasnettet, såfremt det er inden for en rimelig økonomi. Det kan også overvejes, om reglerne kan formuleres således,

at den tilladte anvendelse af energiafgrøder ses som gennemsnit over nogle år, så der kan tillades mere det enkelte år som værn mod uforudsete vanskeligheder, mod at anlægget så reducerer de efterfølgende år.

For langt de fleste anlæg kan loftet for anvendelsen af energiafgrøder umiddelbart sættes ned til 6 % uden, at dette behøver at afføde vanskeligheder. Dette burde også være tilfældet for mange af de mindre anlæg, men der vil formentlig være en del anlæg, der kan få vanskeligheder, og der kunne med fordel laves en grundigere teknisk-økonomisk analyse af nogle af de konkrete anlæg, der vurderer at kunne få problemer med en 6 % grænse.

For de store anlæg vurderes grænsen uden tekniske vanskeligheder at kunne sættes ned til 0 % senest år 2030. Om det også er økonomisk realistisk, er dybest set et spørgsmål om, hvorvidt de økonomiske rammevilkår også sikrer en rentabel drift med andre co-substrater.

For de små anlæg/gårdanlæg, der ikke realistisk kan koble sig på gasnettet, og som har svært ved at opnå rentabel drift, bør en samlet strategi overvejes.

# 1 INDLEDNING

---

Energistyrelsen har i henhold til den politiske aftale om begrænsning af anvendelsen af energiafgrøder i danske biogasanlæg fra 2015 igangsat den her afrapporterede analyse af biogasanlæggenes aktuelle anvendelse af energiafgrøder, og af energiafgrødernes betydning for anlæggene fremover.

Af Bekendtgørelse om bæredygtig produktion af biogas (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2015) fremgår, at man fra 1. august 2018 til 31. juli 2021 højst må anvende 12 % energiafgrøder ved produktionen af biogas for at være berettiget til støtte. Formålet med analysen er at vurdere muligheden for og konsekvensen af at sænke af brugen af energiafgrøder yderligere fra 2021.

Dette mål søges opnået gennem 1) afklaring af branchens praksis, erfaringer og overvejelser af brugen af energiafgrøder og deres betydning for driftsøkonomien 2) afklaring af alternative biomassers mængdemæssige, tekniske og økonomiske tilgængelighed og 3) afklaring den tekniske og økonomiske konsekvens ved reduktion i anvendelsen af energiafgrøder. Projektet bygger videre på biomasseindberetningsanalysen (BIB) og på en faglig analyse af alternative co-substrater, deres biogaspotentiale og tekniske egnethed. Endvidere indgår en aktørundersøgelse, hvor biogasanlæggenes aktuelle drift og de centrale aktørers og anlægs egen vurdering er blevet indsamlet gennem spørgeskemaer og interviews.

Der er stor forskel på hvor stor en andel energiafgrøder, der anvendes i biogas fællesanlæg hhv. gårdbiogasanlæg. Der er endvidere meget stor forskel på, hvilke muligheder store fællesanlæg hhv. mindre gårdanlæg har for indkøb, lagring og forbehandling af alternative co-substrater. Fællesanlæg har både teknisk og økonomisk fordel af stor skala mht. at anvende diverse typer biomasse. Derudover har de store fællesanlæg typisk også bedre mulighed for at indkøbe attraktive co-substrater til en fordelagtig pris. I analysen har vi derfor søgt at være bevidst om forskellene mellem fællesanlæg og gårdanlæg, ligesom mulighederne for at sænke loftet for energiafgrøder er tilstræbt analyseret både i det samlede nationale perspektiv og i det enkelte anlægs perspektiv.

## 2 AKTØRUNDERSØGELSE

---

Dataindsamlingen i aktørundersøgelsen er foregået i form af en spørgeskemaundersøgelse, der blev udsendt til 89 gård- og fællesanlæg i december 2018. På baggrund af besvarelserne blev 12 anlæg/anlægsudviklere efterfølgende udvalgt til dybdegående interviews, hvor anvendelse af energiafgrøder, muligheden for at anvende andre alternative råvarer og de økonomiske konsekvenser ved en reduktion af andelen af energiafgrøder, der må anvendes, blev diskuteret nærmere. De 12 anlæg repræsenterede et bredt udsnit af forskellige anlægsleverandører, størrelser og med varierende anvendelse og afhængighed af energiafgrøder, som det fremgår af Tabel 1 nedenfor.

Tabel 1: Beskrivelse af de 12 anlæg/anlægsudviklere, der er interviewet i forbindelse med energiafgrødeanalysen

	Type	Størrelse [tons biomasse/år]	Andel energiaf- grøder i 17/18	Besvaret spørgeskema	Beskrivelse
1	Flere fællesanlæg	> 250.000	< 4 %	Nej	Er en toneangivende spiller med flere biogasanlæg
2	Gårdanlæg	< 36.000	< 4%	Ja	Arbejder på at kunne anvende KOD på en kost-effektiv måde
3	Gårdanlæg	< 36.000	< 4 %	Ja	Gårdanlæg som succesfuldt i flere år har anvendt en høj andel af dybstrøelse og halm
4	Fællesanlæg	100 – 150.000	< 4 %	Nej	Teknisk velfungerende biogasanlæg uden brug af energiafgrøder
5	Fællesanlæg	50 – 100.000	< 4 %	Ja	Fællesanlæg der drives uden brug af energiafgrøder
6	Gårdanlæg	36 – 50.000	> 12%	Nej	Har en høj anvendelse af energiafgrøder
7	Fællesanlæg	> 250.000	8 -12%	Nej	Har en høj anvendelse af energiafgrøder
8	Gårdanlæg	100 – 150.000	8 – 12%	Nej	Har formået at reducere anvendelsen af energiafgrøder
9	Gårdanlæg	< 36.000	8 -12 %	Ja	Har en høj anvendelse af energiafgrøder
10	Gårdanlæg	< 36.000	8 – 12 %	Ja	Har en høj anvendelse af energiafgrøder. Angav i spørgeskemaet, at de i høj grad er afhængige af energiafgrøder
11	Gårdanlæg	36 – 50.000	8 – 12 %	Ja	Har en høj anvendelse af energiafgrøder. Angav i spørgeskemaet, at de i meget høj grad er afhængige af energiafgrøder
12	Fællesanlæg	> 250.000	4 - 8%	Ja	Anvender et mix af mange forskellige afgrøder samt en høj andel af kasserede afgrøder

De samlede resultater fra spørgeskemaundersøgelsen og de udførte interviews er vedlagt som bilag 1. I dette afsnit er hovedkonklusionerne fra aktørundersøgelsen beskrevet.

Af de 28 biogasanlæg, som har besvaret spørgeskemaet, anvender lidt over halvdelen mindre end 4 % energiafgrøder, mens ca. en tredjedel af respondenterne angiver, at de anvender mere end 8 % energiafgrøder.

Af de 28 respondenter er det kun fem, som opgraderer den producerede biogas til biometan, mens resten producerer el og varme på egen gasmotor eller leverer biogas til et kraft/varmeværk. For anlæg med produktion af biometan er der indenfor de seneste år opstået mulighed for at få bæredygtighedscertifikatet den producerede biogas og sælge grønne certifikater. Afregningsprisen for de grønne certifikater afhænger af, hvilke råvarer der anvendes til produktionen af biogas, og for råvarer, som kan danne baggrund for dobbelttælling<sup>1</sup>, er det muligt at opnå en højere afregningspris, end det er tilfældet for biogas

<sup>1</sup> [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Transport/haandbog\\_version\\_1\\_4\\_1\\_31012018.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Transport/haandbog_version_1_4_1_31012018.pdf)

baseret på energiafgrøder. Denne differentierede afregningspris eksisterer ikke for biogasanlæg, der producerer el og varme på egen gasmotor eller leverer biogas til et kraft/varmeværk.

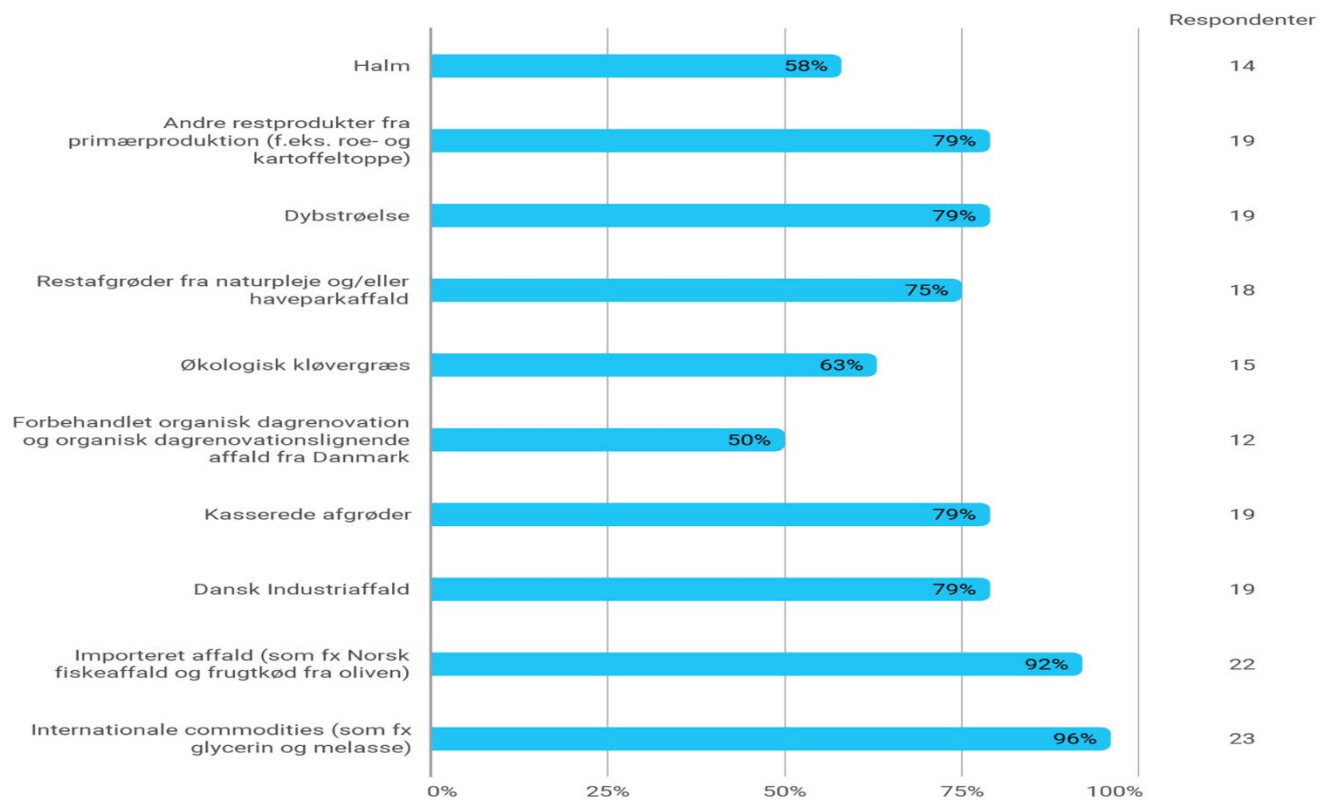
I spørgeskemaundersøgelsen angiver otte anlæg, at de anvender mere end 8 % energiafgrøder. Af de otte anlæg er der kun repræsenteret ét fællesanlæg. Af de tolv anlæg, der i spørgeskemaet angiver, at de anvender mere end 4 % energiafgrøder, angiver kun to, at de betragter energiafgrøder som en billig råvare. Årsagen til, at energiafgrøder benyttes, er, at de er lette at håndtere og er lagerstabile. Derudover fremhæves energiafgrødernes høje energipotentialer, der betyder, at de kan anvendes til at regulere biogasproduktionen. I de uddybende interviews påpeges det samstemmende, at prisen på mange af de andre råvarer - såsom restprodukter fra industrien, importeret affald og internationale commodities - nærmer sig balancepunktet for, hvornår det er rentabelt at anvende råvarerne til biogasproduktion i deres anlæg. Den øgede efterspørgsel har således gjort det sværere at finde råvarer, som kan give en betydelig gasproduktion, og som kan håndteres enkelt. Et enkelt gårdbiogasanlæg, der selv producerer majs, oplyste, at det var et krav fra banken i forbindelse med finansieringen, at en del af biogasanlæggets råvaregrundlag skulle baseres på egne råvarer. Flere af gårdbiogasanlæggene peger ligeledes på forsyningssikkerhed som den væsentligste årsag til at anvende energiafgrøder.

I interviewene angiver flere af anlæggene, at en stor del af de anvendte energiafgrøder er overskydende eller kasseret grovfoder, som ellers skulle være pløjet ned. Derudover oplyses det, at afregningsprisen for energiafgrøderne ofte ligger på niveau med produktionsomkostningen for afgrøden.

Kun fem af respondenterne angiver, at de forventer at anvende en højere andel af energiafgrøder, mens 17 af respondenterne angiver, at de forventer en uændret anvendelse og fire anlæg angiver, at de forventer at anvende en lavere andel af energiafgrøder. I de udførte interviews udtrykte flere af anlæggene bekymring for, at den fortsatte udbygning af biogasbranchen og den øgede konkurrence om råvarerne meget vel kan føre til et øget behov for energiafgrøder i fremtiden.

I spørgeskemaundersøgelsen angiver elleve anlæg, at de i høj eller meget høj grad er afhængige af energiafgrøder. Af de elleve anlæg er syv af anlæggene mindre gårdanlæg. Udfordringen for de mindre gårdanlæg er, at de typisk ikke har de nødvendige ressourcer og den nødvendige organisation til at opsøge nye billige industriprodukter. Derudover har de typisk ikke kapaciteten til at aftage større mængder (fx hele skibsladninger). De er derfor ofte afhængige af at købe produkterne fra affaldshandlere, der formidler restprodukter til biogasanlæggene. Denne service tager affaldshandlerne sig naturligvis betalt for, hvilket begrænser rentabiliteten af restprodukterne. Flere af biogasanlæggene angiver, at det reelt kun er energiafgrøder, der er et alternativ til industri-affaldsprodukterne, der bruges til at booste gasproduktionen.

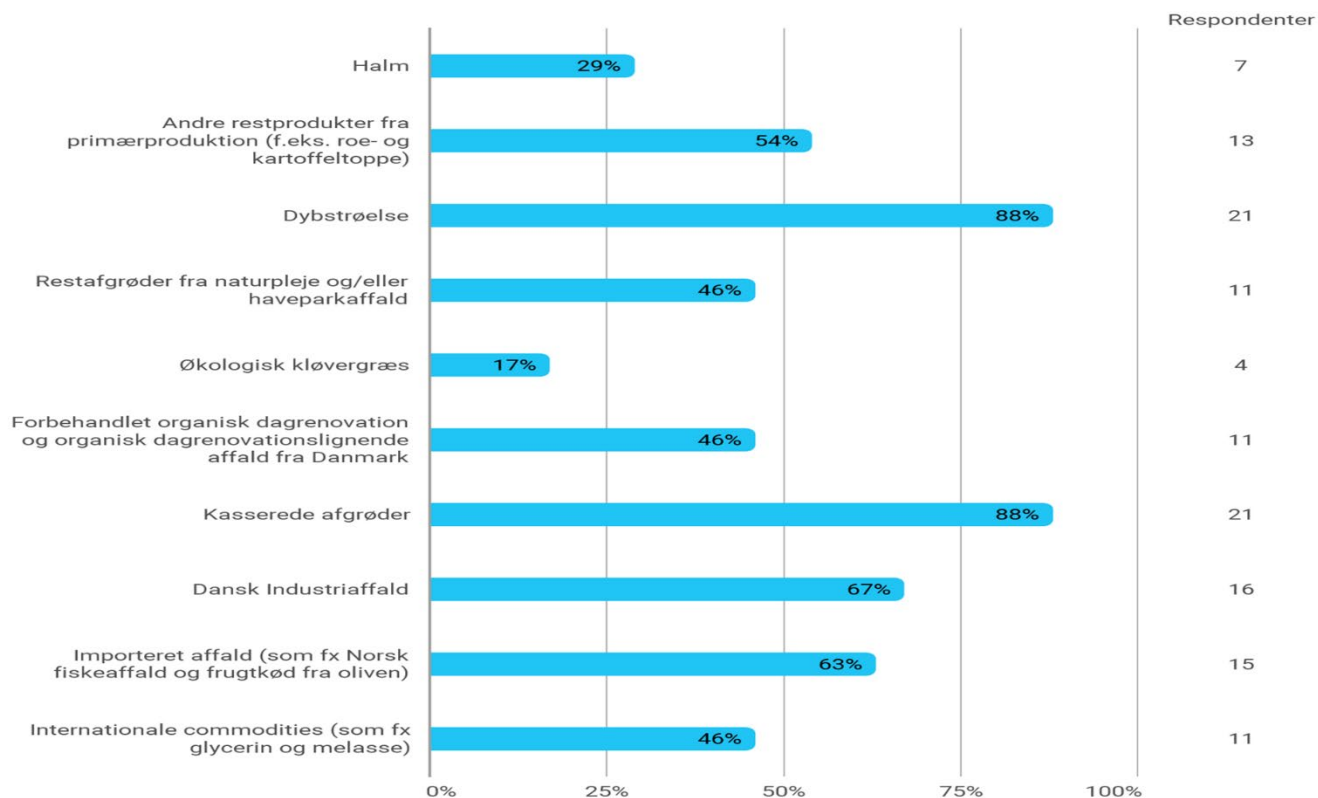
Generelt gælder det for de adspurgte anlæg, at de i meget høj grad har fokus på at have tilstrækkelig fleksibilitet til at håndtere en lang række forskellige råvarer. For størstedelen af de adspurgte anlæg gælder det således, at de rent teknisk kan håndtere de fleste råvarer, som det fremgår af Figur 1 nedenfor.



Figur 1: Hvilke af følgende biomasser kan jeres anlæg anvende i dag? (gerne flere svar)

De råvarer, som færrest kan håndtere, er KOD og halm. Udfordringerne med halm er typisk flydelag og begrænset omsætning. Årsagen til, at anlæggene ikke vurderer, at de kan håndtere KOD, må tilskrives, at biogasanlæggene formoder, at det er nødvendigt med separat hygiejniseringsudstyr, der behandler dagrenovationen.

Respondenterne angiver, at halm, dybstrøelse, restafgrøder og kasserede afgrøder er de råvarer, der i højest grad er tilgængelige. De mest økonomisk relevante råvarer er dybstrøelse og kasserede afgrøder, som det fremgår af Figur 2 nedenfor.



Figur 2: Hvilke af følgende biomasser betragter I som økonomisk relevante i dag? (gerne flere svar)

Typisk betaler biogasanlægget ikke for dybstrøelsen, hvilket sammen med et betydeligt biogaspotential (omkring  $80 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{ton}$ ) gør dybstrøelsen til en attraktiv råvare. Den største udfordring er fremmedlegemer, hvilket kan føre til høje driftsomkostninger på neddelingsudstyr. Dybstrøelsen har indenfor de seneste år fundet anvendelse på gård- og fællesanlæg i alle størrelser. Biogasanlæggene oplever stadig, at det er muligt at finde mere tilgængeligt i nærområdet.

Halm er en anden råvare, som biogasanlæggene angiver som værende tilgængelig i nærområdet, men til gengæld er det under en tredjedel af de adspurgte anlæg, der betragter det som en økonomisk relevant råvare. Blandt gårdanlæggene angiver mere end 50 %, at det enten er *ikke sandsynligt* eller *lidt sandsynligt*, at halm er en økonomisk relevant råvare i fremtiden. Blandt fællesanlæggene angiver 70 %, at det enten er *ikke sandsynligt* eller *lidt sandsynligt*, at halm bliver en økonomisk relevant råvare i fremtiden. Dette kan tilskrives de høje bjærtnings- og behandlingsomkostninger (~450 DKK/ton) før halmen ankommer til biogasanlægget. Ingen af de interviewede anlæg havde forventninger om at anvende indkøbt halm med de nuværende teknologier (ekstrudering, brikettering etc.), men flere af anlæggene håbede på, at der udvikles nye kost-effektive teknologier, der kan muliggøre, at der kan opnås et markant højere gasudbytte fra halm. De få anlæg, der anvender halm i betydeligt omfang, aftager typisk halm, der er afvist ved et fjernvarmeværk, og typisk betaler de ikke for halmen. Derudover er der enkelte biogasanlæg, hvor halmpiller anvendes som strøelse i kostalde, og omkostningen til halmpillerne deles mellem kvægbonden og biogasanlægget.

Knap 30 % (seks fællesanlæg og et gårdanlæg) af respondenterne benytter i dag forbehandlet organisk dagrenovation (KOD). På den anden side angiver knap 40 % af respondenterne, at de betragter det som

usandsynligt (fire gårdanlæg) eller lidt sandsynligt (fem fællesanlæg), at de vil anvende KOD i fremtiden. Dette skal formentlig ses i forhold til, at anlæggene ikke nødvendigvis kan udføre kontrolleret hygiejnisering, og/eller at der stadig er forbehold for indholdet af fremmedlegemer i KOD. Derudover angiver 30 % af respondenterne (fire gårdanlæg og tre fællesanlæg), at det er lidt eller ikke sandsynligt, at KOD bliver økonomisk rentabelt. Omkring 2/3 af respondenterne (ti fællesanlæg og syv gårdanlæg) forventer omvendt, at KOD bliver rentabelt at benytte i fremtiden.

Haveparkaffald er ikke en råvare, som biogasanlæggene har forventning til, der vil bidrage i betydeligt omfang fremadrettet. Udfordringerne er de begrænsede mængder, høje høst- og bjergningsomkostninger samt dårlige erfaringer med højt indhold af fremmedlegemer.

### 3 STATUSOVERSIGT OVER BIOMASSEINDBERETNING

Data fra biomasseindberetningerne, den såkaldte BIB-analyse, er gennemgået for perioden 2014 til 2019 og en oversigt over biogasanlæggenes produktion fordelt på forskellige typer biomasser er vist i dette kapitel.

#### 3.1 DEN ANVENDTE BIOMASSE KLASSIFIKATION

I den nuværende biomasseindberetning er biomasserne grupperet i 8 hovedkategorier, se Tabel 2.

Tabel 2. De 8 hovedkategorier af biomasser i BIB-analysen

No.	Hovedkategorier	Underkategorier
1	Gylle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kvæggylle, Svinegylle, Minkgylle, Fjerkrægylle, Blandet gylle</li> </ul>
2	Anden husdyrgødning	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dybstrøelse kvæg, Dybstrøelse Fjerkræ, Dybstrøelse Andre</li> <li>Fast Gødning, Fiberfraktion, Andre typer husdyrgødning</li> <li>Ajle</li> </ul>
3	Energiafgrøder	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kløvergræs, Korn, Majs, Roer, Græs</li> <li>Andre afgrøder</li> </ul>
4	Spildevandsslam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spildevandsslam</li> </ul>
5	Industriaffald	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteolyseret processpildevand, Animalske biprodukter, Inaktiveret og kalkstabiliseret biomasse,</li> <li>Slam fra dambrug, Slam fra forarbejdning af animalske råvarer,</li> <li>Kartoffelrugtsaft, Organisk affald fra erhverv, Vinasse,</li> <li>Pressesaft fra grøntpilleproduktion</li> </ul>
6	Husholdningsaffald	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kildesorteret organisk affald (KOD)</li> </ul>
7	Halm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Halm</li> </ul>
8	Restprodukter og andet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økologisk kløvergræs, naturpleje-biomasse, have-park affald,</li> <li>Andre restprodukter af primærafgrøder, Glycerin</li> <li>Andre typer organisk gødning, Øvrige typer af anden organisk gødning, Afgasset biomasse</li> <li>Kasserede afgrøder</li> </ul>



### 3.1.1 Husdyrgødning (gylle og andre husdyrgødninger)

Husdyrgødning er opdelt i 2 typer, gylle og anden husdyrgødning. Gylle er ydermere opdelt i forskellig animalsk oprindelse (kvæggylle, svinegylle, minkgylle, fjerkrægylle, blandet gylle). Kategorien "Fast husdyrgødning" består af både fast gødning, dybstrøelse fra forskellige animalske oprindelser og fiberfraktioner fra gylleseparation (se yderligere i Tabel 3). Ifølge husdyrgødningsbekendtgørelsen er husdyrgødning opdelt i to grupper efter tørstofindhold (TS-indhold), hvor TS-indhold under 12 % defineres som flydende husdyrgødning og ellers fast husdyrgødning.

Tabel 3. Definition og omfang af husdyrgødning ifølge husdyrgødningsbekendtgørelsen

Biomassetype	Beskrivelser
Flydende husdyrgødning	Ajle, møddingsaft, gylle, herunder i afgasset form, forarbejdet husdyrgødning med en tørstofprocent under 12 % og et kvælstofindhold over 0,3 kg N pr. ton, blandinger af disse og blandinger af førnævnte med andre stoffer, produkter og materialer, herunder i afgasset form, medmindre blandingen er restvand.
Fast husdyrgødning	Faste ekskrementer, blandinger af faste ekskrementer med strøelse, herunder dybstrøelse og husdyrgødningsbaseret kompost, forarbejdet husdyrgødning med en tørstofprocent på 12 % eller derover, samt blandinger af førnævnte.

### 3.1.2 Energiafgrøder

Kategorien energiafgrøder er inddelt i 6 underkategorier: kløvergræs, korn, majs, roer, græs og andre afgrøder. Alle kasserede afgrøder opfattes som "rester" tilhørende restproduktkategorien (Restprodukter og andet) se tabel 4.

Tabel 4. Definition på energiafgrøder ifølge Bekendtgørelse om bæredygtig produktion af biogas (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2015)

Afgørde	
Majs	Kolber, Helsæd <sup>1)</sup>
Roer	Rod
Korn	Kerner, helsæd
Græs <sup>2)</sup>	Helsæd fra arealer i omdrift
Kløvergræs <sup>3)</sup>	Helsæd fra ikke-økologiske arealer i omdrift
Jordkokker	Rod

<sup>1)</sup> Ved helsæd forstås en afgrøde, hvor hele planten høstes og benyttes samlet

<sup>2)</sup> Græs og kløvergræs fra flerårige arealer, dvs. arealer, der ikke har været pløjet op i 5 år, er undtaget

<sup>3)</sup> Kløvergræs fra økologiske arealer er undtaget

De nævnte afgrøder kan dog i visse tilfælde undtages fra at blive medregnet som energiafgrøder ifølge bekendtgørelse om bæredygtig produktion af biogas (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2015), kapital 2, stk. 6. Her gøres gældende, at "Afgørder, som efter deres beskaffenhed ikke kan anvendes til det formål, de er dyrket til og derfor må kasseres, medtages ikke ved opgørelsen af energiafgrøder".

### 3.1.3 Spildevandsslam

Kategorien har ingen underkategori og inkluderer kun spildevandsslam. Grundet at denne undersøgelse ikke omfatter biogas produktion på rådnetanke på renseanlæg, vil denne kategori få mindre fokus. Spildevandsslam defineres som slam fra offentlige spildevandsanlæg eller fra private renseanlæg til behandling af husspildevand.

### 3.1.4 Industriaffald

Kategorien Industriaffald har i alt 9 underkategorier, herunder alle forskellige typer affald af fast og flydende art genereret fra virksomheder. Organisk affald fra restauranter og supermarkeder tilhører denne kategori<sup>2</sup>, mens organisk husholdningsaffald har sin egen kategori.

### 3.1.5 Animalske biprodukter

Kategorien omfatter hele kroppe eller dele af dyr, animalske produkter eller andre produkter fra dyr, som ikke er bestemt til konsum, f.eks. blod, fedt, mælk og valle.

### 3.1.6 Proteolyseret processpildevand

Proteolyseret processpildevand baseret på biologisk materiale, der har undergået en behandling mindst svarende til kontrolleret hygiejnisering.

### 3.1.7 Inaktiveret og kalkstabiliseret biomasse

Inaktiveret og kalkstabiliseret biomasse med tørstofindhold højere end fra en gæringsproduktion, der har undergået en behandling mindst svarende til kontrolleret hygiejnisering.

### 3.1.8 Halm og kildesorteret organisk affald

Halm og Kildesorteret organisk dagrenovation (KOD) er en hovedkategori og har ingen underkategorier.

### 3.1.9 Restprodukter og andet

Kategorien " Restprodukter og andet" er meget bred, og der er store forskelle i de omfattede biomassers karakteristika og energiudbytte. Denne kategori omfatter diverse biomasserester fra planter, dvs. restprodukter fra produktion af primærafgrøder (f.eks. roetoppe, gulerodstoppe osv.). Kasserede afgrøder er også inkluderet. På trods af de variable karakteristika af biomasser grupperet i denne kategori, er energiudbyttet fastsat til 1,5 MJ/kg frisk vægt i biomasseindberetningen. Derfor kan energipotentialet for biomasse så som kasserede afgrøder være underestimeret.

---

<sup>2</sup> Biomasseopgørelsen i perioden 14'- 15' klassificerede dette affald som KOD.

### 3.2 ÅRLIG ENERGIPRODUKTION FRA DEN ANVENDTE BIOMASSE

Birkmose et al. (2015) estimerede den totale biomasse anvendelse til at være 11,9 mio. ton på 91 anlæg, men anvendelsen af biomasse er siden steget hvert år og nåede 12 mio. ton på kun 48 biogasanlæg i 2017-2018. Energiproduktionen pr. ton biomasse (som gennemsnitsværdi) er også steget en smule i samme periode (fra 1,23 GJ/ton til 1,30 GJ/ton).

#### 3.2.1 Oversigt over årligt biomasse forbrug og energiproduktion

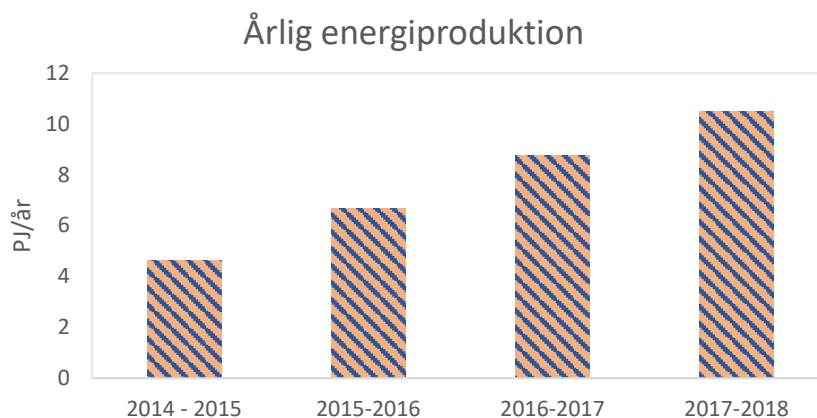
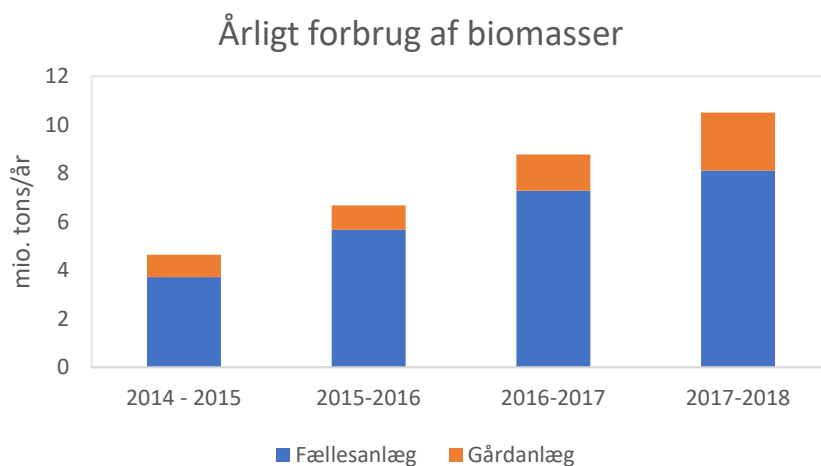
I Tabel 5 nedenfor ses antallet af biogasanlæg, der er omfattet af analysen samt det årlige gennemsnitsforbrug af biomasse pr. biogasanlæg og den gennemsnitlige energiproduktion pr. ton biomasse (GJ/ton). Den årlige energiproduktion fra biogasanlæggene er ca. steget med 126 % siden gødningsåret 2014/2015, hvor energiproduktionen var 4,64 PJ/år, hvilket er forøget til 10,51 PJ/år ved udgangen af 2018. Gødningsåret, dvs. planperioden i gødningslovgivningen, løber fra 1. august til 31. juli næste år, og opgørelserne i BIB-analysen følger samme periodisering.

Tabel 5. Årligt biomasseforbrug og energiproduktion fra biogasanlæggene inkluderet i BIB-analysen for perioden 2014/2015-2017/2018

År	Fællesanlæg		Gårdanlæg		I alt			
	n	Mio. ton/år <sup>a</sup>	n	Mio. ton/år	n	Mio. ton/år	GJ/ton <sup>b</sup>	PJ/år
2014-2015	20	2,99	25	0,77	45	3,76	1,23	4,64
2015-2016	27	4,55	37	0,99	64	5,54	1,21	6,68
2016-2017	27	5,57	43	1,38	70	7,15	1,23	8,78
2017-2018	30	6,25	50	1,85	80	8,10	1,30	10,51

<sup>a</sup> Årlig forbrug af biomasse (ton/år) for de inkluderede biogasanlæg

<sup>b</sup> Gennemsnitlig energiproduktion pr. ton biomasse (GJ/ton) beregnet via biomasseopgørelsen



Figur 3. Årligt biomasseforbrug og energiproduktion

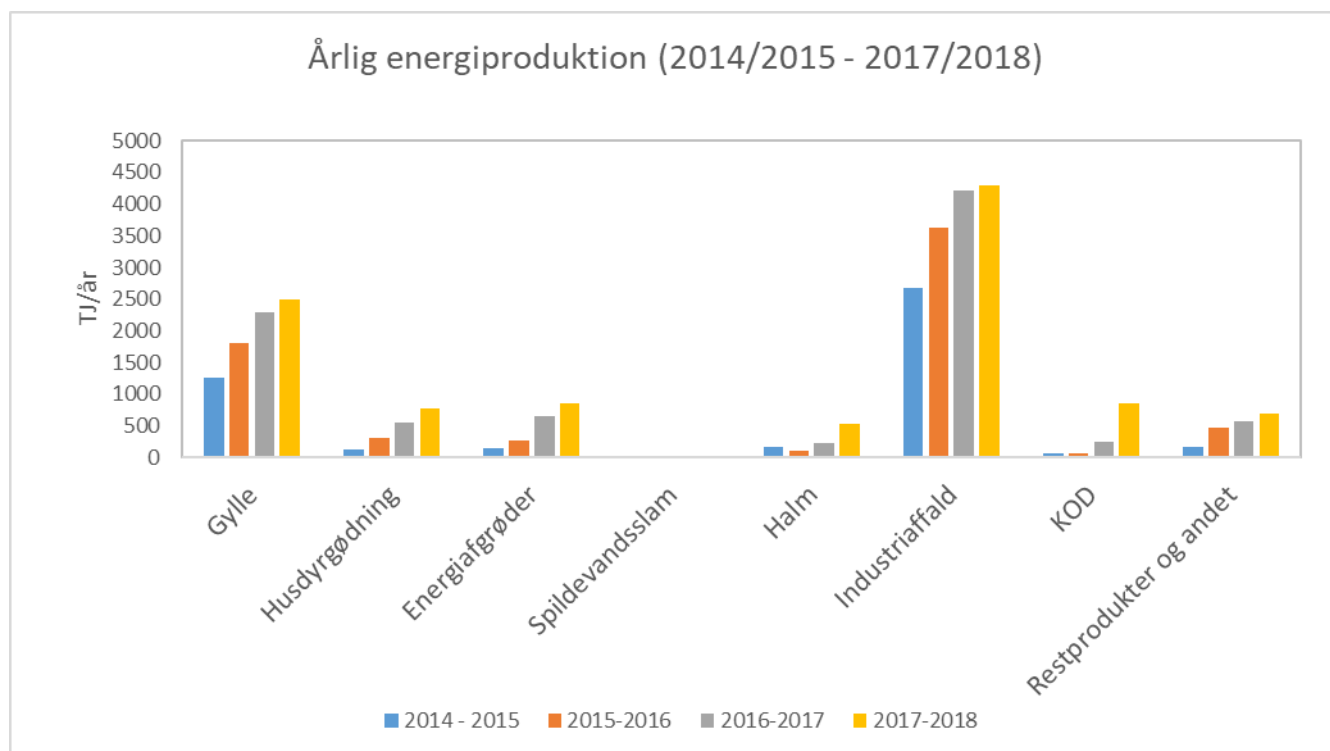
Tabel 6 viser det totale forbrug af biomasse baseret på biomasseopførelsen, som er blevet brugt til at illustrere Figur 3.

Anvendelsen af gylle i biogasproduktionen er steget gennem perioden, og i 2017 til 2018 blev 6,08 mio. tons husdyrgødning i alt (gylle + husdyrgødning i tabellen) anvendt til biogasproduktion.

Tabel 6. Årligt biomasseforbrug (vådvægt) og energiproduktion fra biogasanlæg inkluderet i analysen 2014/2015 – 2017/2018

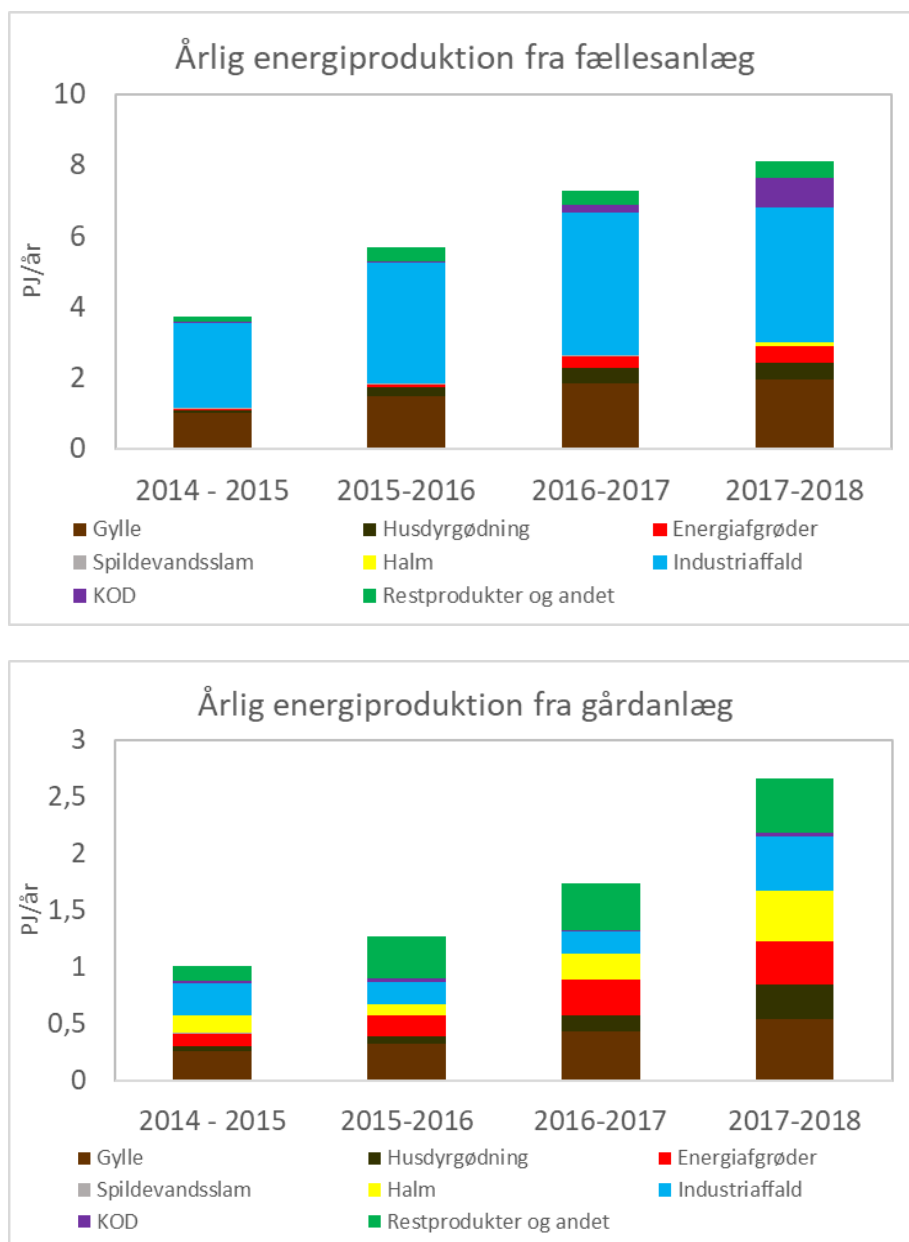
Biomasse	14'-15'		15'- 16'		16'-17'		17'-18'	
	(1000 ton/år)	(TJ/år)	(1000 ton/år)	(TJ/år)	(1000 ton/år)	(TJ/år)	(1000 ton/år)	(TJ/år)
Gylle	2863	1260	4121	1813	5188	2283	5678	2498
Husdyrgødning	109	136	203	313	335	560	404	778
Energiafgrøder	61	154	108	269	265	663	341	853
Spildevandsslam	15	22	9	13	6	9	5	7
Halm	22	161	14	101	32	233	72	530
Industrielt affald	553	2671	749	3619	872	4211	887	4286
KOD	18	60	22	74	72	246	252	858
Restprodukter	118	177	320	480	384	576	464	697
I alt	3760	4642	5545	6682	7153	8780	8102	10507

I Figur 4 nedenfor er vist udviklingen i biogasproduktionen fra de forskellige biomassetyper over tid. Som det fremgår, er der i perioden en stor stigning i biomasseanvendelsen og gasproduktionen generelt, og det relative forhold mellem de forskellige biomassetyper er nogenlunde konstant. Biogasproduktionen fra de anvendte energiafgrøder ses at vokse fra 0,15 PJ/år til 0,85 PJ/år i perioden, og stigningen er nogenlunde proportional med stigningen i brugen af både gylle og industriaffald.



Figur 4. Årlig biogasproduktion fra hver biomassetype

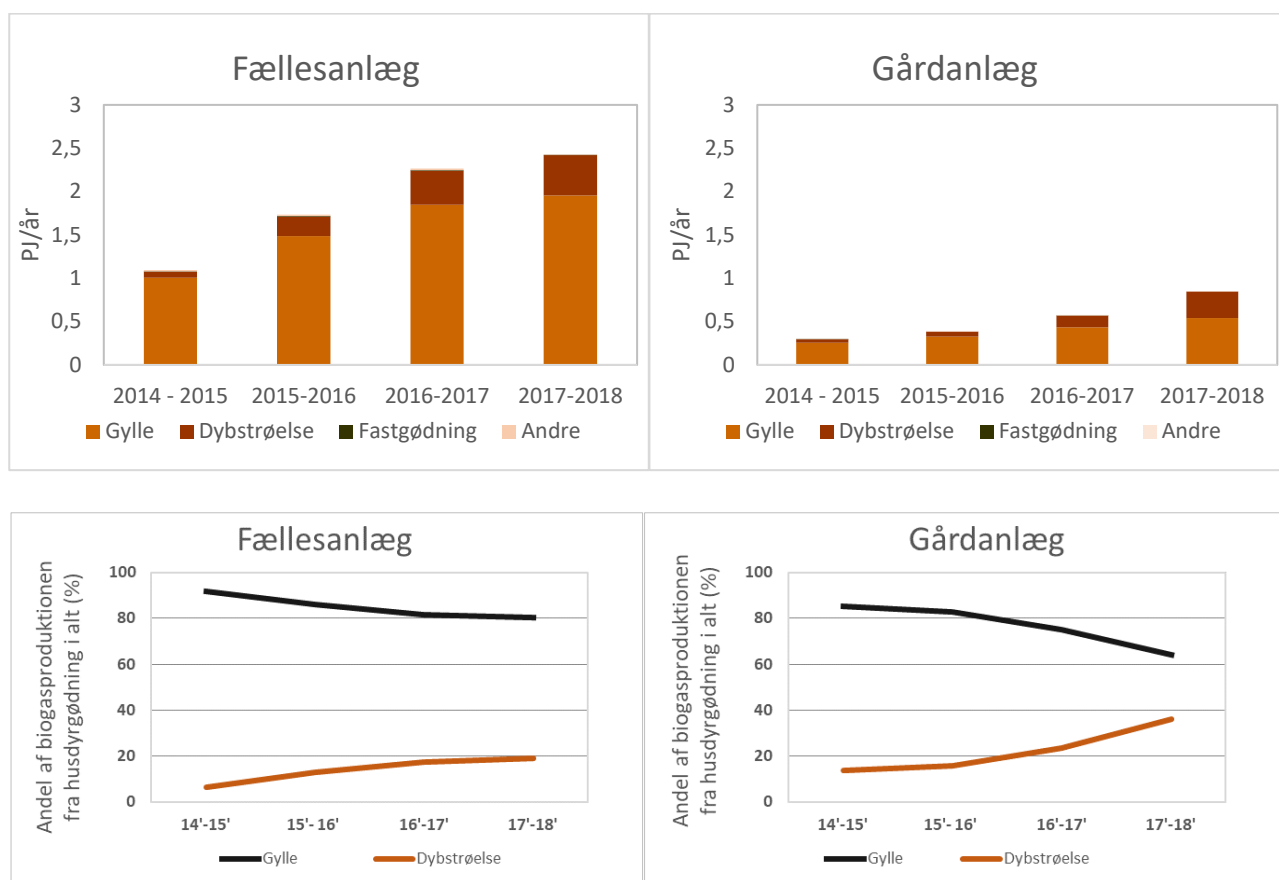
Figur 5 viser den årlige energiproduktion fra henholdsvis fællesanlæggene og gårdanlæggene i perioden fra 2014 til 2018. Proportionerne mellem de forskellige biomassetyper er nogenlunde fastholdt i perioden. Går man nærmere ind i tallene, vil man se, at andelen af energiproduktion fra gylle er faldet en smule fra 32 % til 22 % i perioden for gårdanlæggene, og fra 27 % til 24 % for fællesanlæggene. Andelen af energiproduktion fra industriaffald tilsvarende er faldet fra 64 % til 46 % for fællesanlæggene og 30 % til 20 % for gårdanlæggene. Den faldende andel af gylle og industriaffald er erstattet med andre biomasser f.eks., energiafgrøder, biprodukter, dybstrøelse og KOD.



Figur 5. Årlig energiproduktion fra hver biomasse gruppe i fællesanlæg (øverst) og gårdanlæg (nederst) i perioden 2014/2015 – 2017/2018

### 3.3 DETALJERET FORDELING PÅ BIOMASSETYPER

De sidste 4 år af BIB-analysen viser en relativ stigning (procentvis) i brugen af fast biomasse i forhold til gylle, specifikt energiafgrøder, dybstrøelse, halm og andre restprodukter fra energiproduktion mv., se Figur 6. Dette kan delvist skyldes, at en række nye større skala biogasanlæg er blevet inkluderet i data, som i højere grad anvender fast biomasse, relativt til gylle. Hvad angår energiproduktionen<sup>3</sup> er metan udbyttet for dybstrøelse 55,7 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton og 12,3 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton for gylle ifølge analyser foretaget af Energi styrelsen, og det ses, at energibidraget fra dybstrøelse er stigende gennem perioden. I perioden 2017-2018 var energiproduktionen fra dybstrøelse 24 %, mens gylle bidrog med 76 % af den totale energiproduktion fra husdyrgødning og dybstrøelse.



Figur 6. Udviklingen i energiproduktion fra de forskellige biomassetyper i kategorien Husdyrgødning i perioden 2014-2018 for de i BIB-analysen inkluderede anlæg. Y-akserne angiver procentdelen af biogasproduktionen, der hidrører fra gylle hhv. dybstrøelse

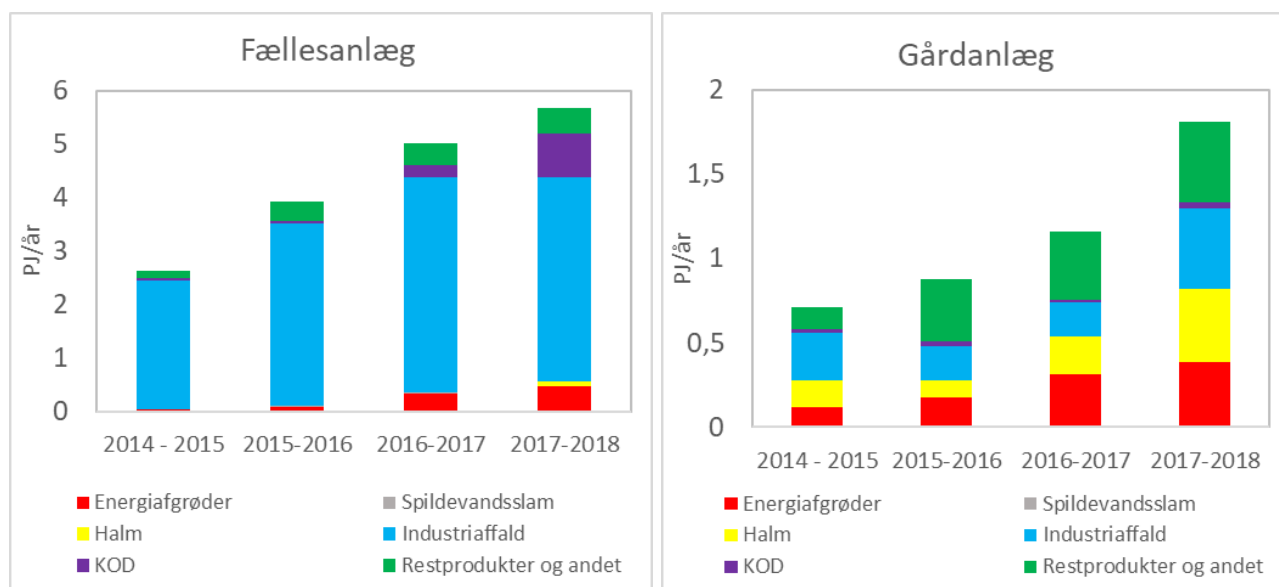
#### 3.3.1 Anvendelse af biomasse og energiproduktionsandelen fra co-substrater

Figur 7 viser energiproduktionen fra de forskellige co-substrater, dvs. alt andet end husdyrgødningen. Det er en klar tendens, at størstedelen af energiproduktionen i fællesanlæg drives af industriaffald, dog

<sup>3</sup>Beregnet ud fra Energi styrelsens BIB-analyse. 0,44 GJ CH<sub>4</sub>/tons for både kvæggylle og svinogylle; Nedre brændværdi i biogas 35,9 MJ / m<sup>3</sup>.

således at den relative andel faldt de sidste to år i perioden pga. stigende brug af restprodukter, husholdningsaffald, halm og energiafgrøder.

Grundet høje energiudbytter fra industriaffald sammenlignet med energiafgrøder og KOD pr. vådvægt, er industriaffald stadig det co-substrat i fællesanlæg, som udgør langt størstedelen af energiproduktionen, bestående af mere end 70 % af den samlede energiproduktion igennem hele perioden. Anvendelse af "restprodukter og andet" var ca. 8 % med lidt årlig variation.



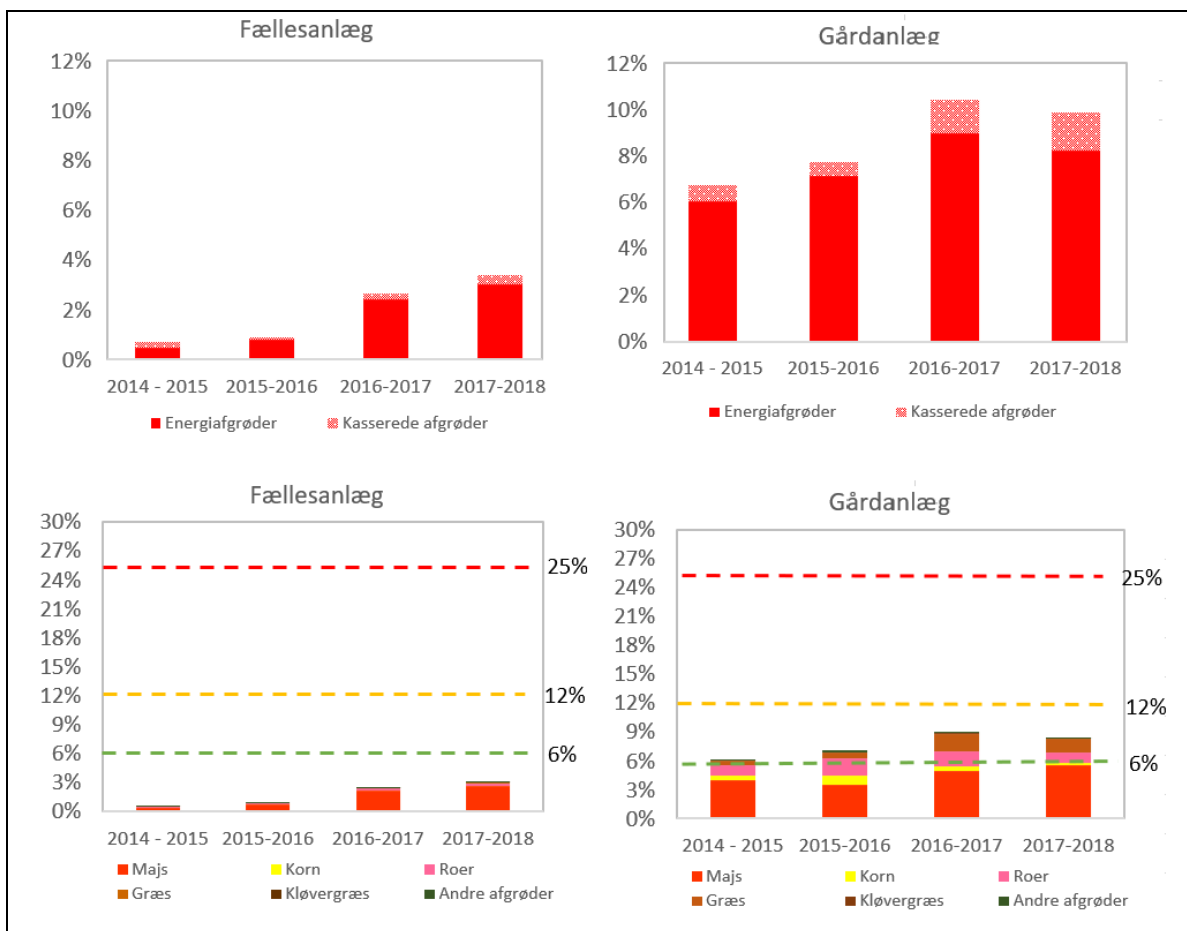
Figur 7. De forskellige co-substraters energiproduktion for fællesanlæg og gårdanlæg for de inkluderede anlæg i BIB-analysen i perioden 2014/2015 – 2017/2018

Sammenlignet med fællesanlæg er andelen af industriaffald i gårdanlæg lavere og i stedet anvendes højere andel af halm, energiafgrøder og restprodukter.

### 3.3.2 Oversigt over andelen af energiafgrøder

Der er i perioden også sket en stigning i brugen af energiafgrøder, se Figur 8.





Figur 8. Procentvis anvendelse af energiafgrøder og kasserede afgrøder i fællesanlæg (venstre) og gårdanlæg (højre) i perioden

Fællesanlæg har oplevet en 6 gange forøgelse i anvendelsen af energiafgrøder og 2 gange forøgelse i anvendelse af kasserede energiafgrøder gennem de sidste 4 år, men anvendelsen af energiafgrøder i fællesanlæg er fortsat lav. Den øgede brug af energiafgrøder skyldes i høj grad et enkelt anlæg, der har oplevet nogle tekniske udfordringer med deres system til halm, hvilket har affødt en øget brug af energiafgrøder som erstatning for halmen.

Tendensen var anderledes i forhold til gårdanlæg, hvor anvendelse af energiafgrøder steg til 9 % i gennemsnit indtil 2017, hvorefter der var et lille fald til 8,3 i 2018, overvejende grundet en øget brug af dybstrøelse.

Anvendelsen af kasserede afgrøder i både fællesanlæg og gårdanlæg var lav sammenlignet med "andre biomasser"-kategorien. Anvendelsen af kasserede afgrøder varierede kun fra 0,07 % til 0,40 % af den samlede biomasse, men i forhold til fællesanlæg har gårdanlæg en højere andel af kasserede afgrøder, og disse udgør fra 0,71 % til 1,63 % af den samlede biomasse i perioden.

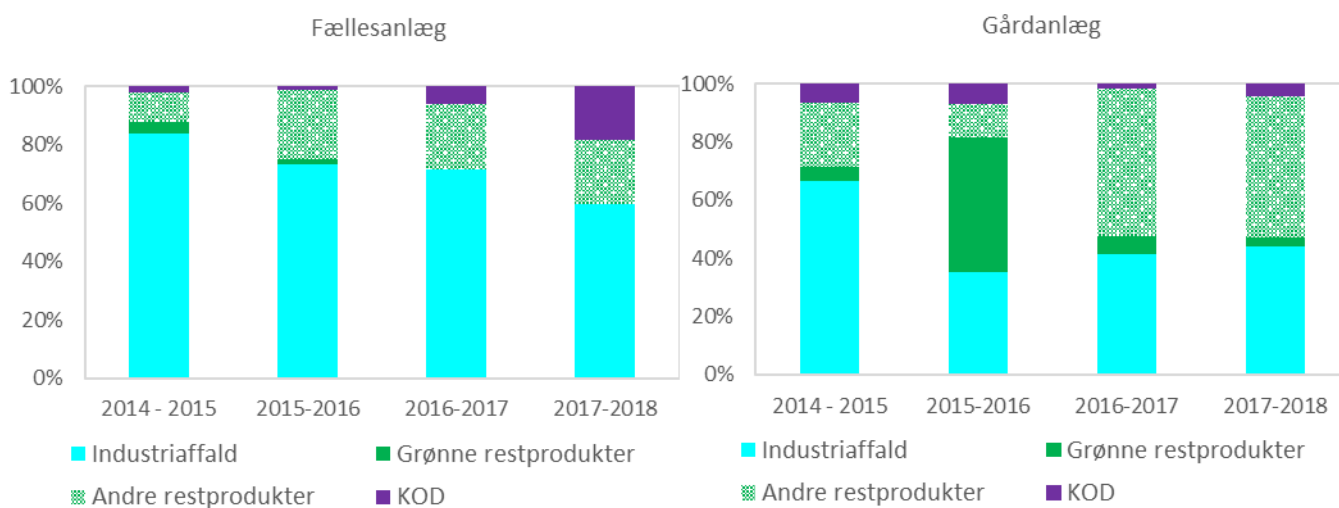
### 3.3.3 Oversigt over andelen af andre biomasser

Som det blev vist i Figur 7, er der kun anvendt en mindre mængde halm til produktion af biogas i perioden, dog stærkt stigende de sidste to år. I 2017 – 2018 udgjorde halm i gårdanlæg så meget som 18 % af den samlede energiproduktion.

Ses på udviklingen af brugen af KOD fremgår det, at kun fællesanlæg øger brugen, hvilket formentlig skyldes, at gårdanlæggene har svært ved at få fat på KOD'en. Anvendelsen af grønne restprodukter viser ingen klar tendens, men en stor årlig variation. For fællesanlæg har brugen af grønne restprodukter været faldende, og generelt er grønne restprodukter mere anvendt i gårdanlæg end i fællesanlæg.

I Figur 9 ses fordelingen af industriaffald, grønne restprodukter og andre restprodukter og KOD inden for kategorien industrielt affald og restprodukter. Brugen af andre restprodukter øges gennem perioden i gårdanlæg, hvor de ses at erstatte industriaffald, mens KOD og grønne restprodukter også falder.

Andelen af industriaffald i fællesanlæg har været støt faldende i perioden 2014-2018. I 2014 er andelen 84 % (af 'andre biomasser'), mens den over de 4 år faldt til 60% i 2018. Ud over industriaffald kan det også ses, at KOD begynder at erstatte andre restprodukter på fællesanlæggene.



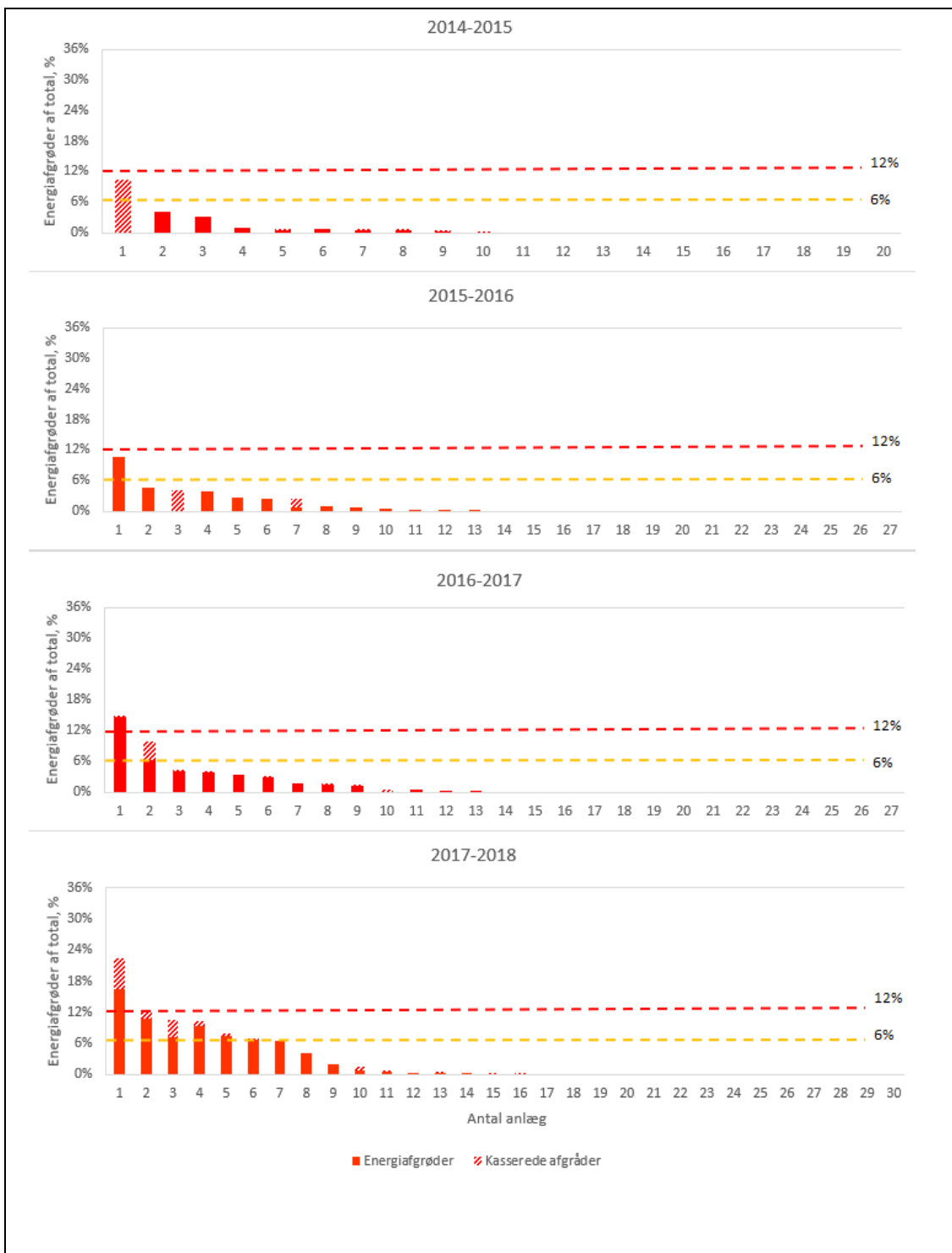
Figur 9. Fordelingen af industriaffald, grønne restprodukter og andre restprodukter og KOD inden for kategorien industrielt affald og restprodukter

## 3.4 STATUS FOR ENERGIAFGRØDER FOR HVERT ANLÆG

### 3.4.1 Fællesanlæg

Figur 10 viser andelen af energiafgrøder i fællesanlæggene. Som det ses af figuren, bruger de fleste fællesanlæg en meget lille mængde energiafgrøder, og andelen af deres energiafgrøder er langt under 12 % for de fleste anlæg i perioden 2014-2015, men der kan ses en gradvis stigning de seneste år.

Som det kan ses, har der kun været et enkelt fællesanlæg, der har brugt mere end de 12 % energiafgrøder, mens fire anlæg har anvendt mere end 6 % i den sidste del af perioden, hvilket svarer til 19 % af alle fællesanlæg (4 anlæg blandt 21 anlæg).



Figur 10. Oversigt over brugen af energiafgrøder og kasserede afgrøder i fællesanlæg 2014/2015-2017/2018

### 3.4.2 Gårdanlæg

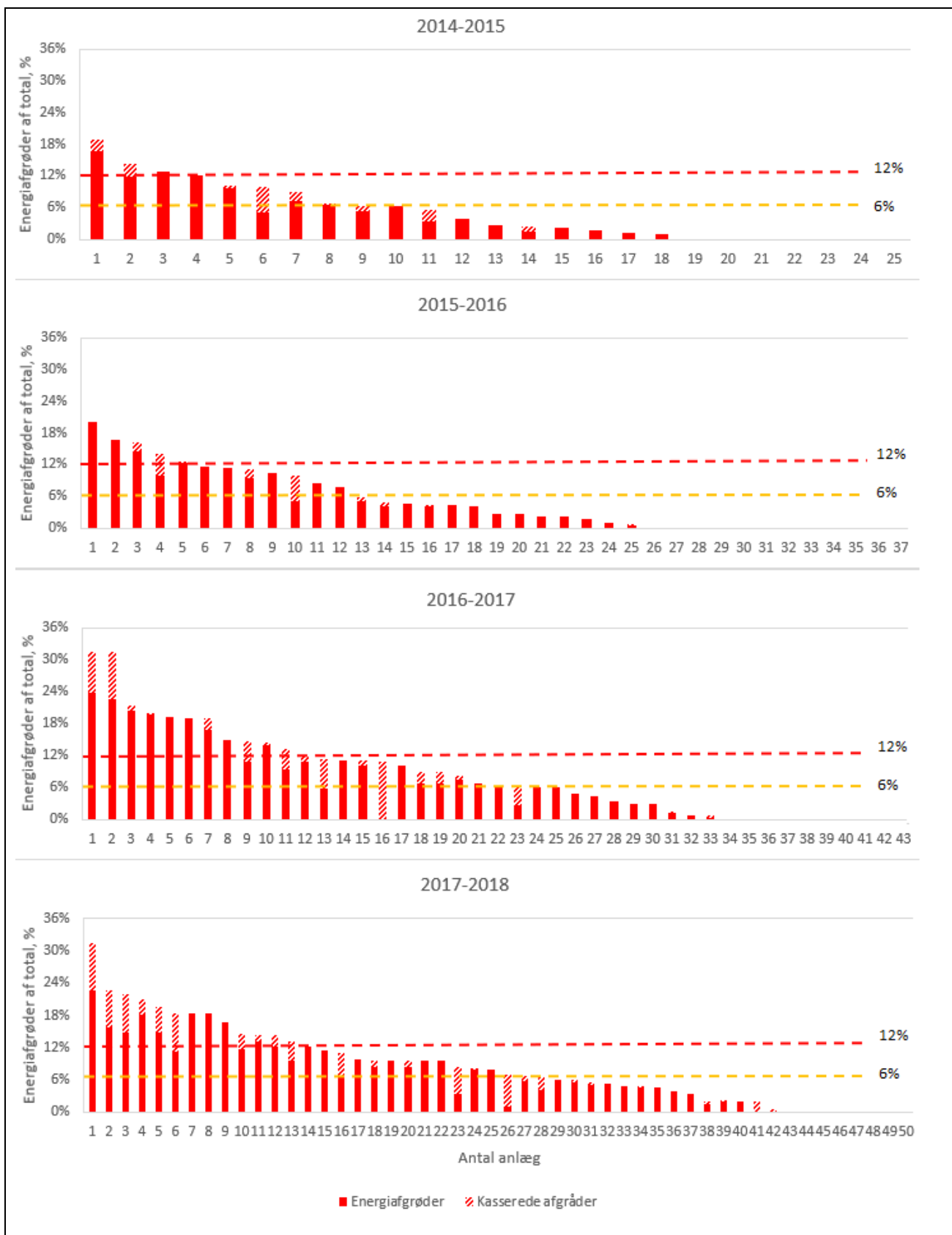
Gårdanlæggenes forbrug af energiafgrøder kan ses i Figur 11. I modsætning til fællesanlæg bruger de fleste gårdanlæg energiafgrøder (69-85 % af de inkluderede gårdanlæg) og 15-30 % af de analyserede gårdanlæg bruger over 12 % energiafgrøder, specielt i de sidste to år. Hvad angår et muligt loft på 6 %, anvender 36 til 63 % af gårdanlæggene mere end 6 % energiafgrøder.

Tabel 7. Registrerede gårdanlæg og andel energiafgrøder anvendt

År	2014- 2015		2015- 2016		2016-2017		2017-2018	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Antallet af registrerede anlæg	25		37		43		50	
Anlæg der bruger energiafgrøder	18	72	25	68	33	77	42	84
Anlæg der bruger over 6 % energiafgrøder	10 (8) <sup>1</sup>	40 (32)	12 (11)	32 (30)	24 (21)	56 (49)	29 (21)	58 (42)
Anlæg der bruger over 12 % energiafgrøder	4 (3)	16 (12)	5 (4)	14 (11)	11 (9)	26 (21)	14 (11)	28 (22)

<sup>1</sup> Tal i parenteser er eksklusive kasserede afgrøder

Der er en tydelig stigning i forbruget af energiafgrøder for størstedelen af gårdanlæggene. For eksempel bruger kun en lille andel (3 anlæg = 12 % af anlæggene) i året 2014-2015 over 12 % energiafgrøder, men i året 2017-2018 bruger knap 30 % af anlæggene over 12 % energiafgrøder.



Figur 13. Oversigt over brugen energiafgrøder og kasserede afgrøder i gårdanlæg 2014/15 til 2017/18

## 4 ALTERNATIVE BIOMASSER

Der er forskel på, hvilke muligheder fællesanlæg og gårdanlæg har for indkøb, lagring og forbehandling af alternative biomasser. Fællesanlæg har typisk fordelene af stor skala og kan økonomisk og teknisk bedre håndtere biomasser som fx halm og andet, der kan kræve en vis forbehandling inden de realistisk og attraktivt kan anvendes som co-substrat. Fællesanlæggene udgør desuden langt den største aftager af co-substrater mængdemæssigt, og hvis fremtiden viser det muligt og økonomisk attraktivt at anvende den volumenmæssigt meget store mængde halm, vil dette potentielt kunne frigøre andre co-substrater til gårdanlæggene.

Tilsvarende kan der i fremtiden vise sig at opstå letnedbrydelige og velegnede biomasser fra bioraffinering, som fx bio-slurry fra proteinproduktion, som også gårdanlæggene potentielt vil kunne aftage uden forbehandling. Der findes som nævnt i dag et enkelt nyt stort fællesanlæg, der grundet tekniske problemer med den ellers planlagte håndtering af halm blev afhængig af en vis mængde energiafgrøder, men de oplevede problemer kan forhåbentligt løses i fremtiden.

Et væsentligt aspekt ved alternative biomasser er naturligvis deres pris, og den betyder meget for, hvilke biomasser der aktuelt anvendes. Tabel 8 nedenfor viser nogle typiske priser for udvalgte biomassetyper.

Tabel 8. Råvareprisen for biomasser an reaktor pr. Nm<sup>3</sup> metan, Birkmose et al. (2015)

Biomasse	kr. pr. Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Gylle	1,45
Dybstrøelse	1,08
Halm	0,64-3,14
Majs	4,37
Roer	3,87
Roetoppe	3,87
Have- og parkaffald	1,46
Græs fra grøftkanter	4,4

Oversigten i tabellen peger på, at dybstrøelse nok er det økonomisk mest attraktive co-substrat for biogasanlægget, men også at halm i visse tilfælde kan være attraktivt, mens prisen på majs og roer er omkring 4-7 gange dyrere pr. produceret mængde metan.

## 4.1 HALM

I 2017 produceredes ca. 5,8 mio. tons halm (se tabel 9). Af halmen blev ca. 1,8 mio. tons anvendt til foder og strøelse, ca. 1,6 mio. anvendt til kraftvarme og opvarmning, og ca. 2,4 mio. tons blev ikke bjerget.

Tabel 9. Den samlede årlige anvendelse af halm i Danmark i mio. tons (Danmarks Statistik, 2018)

	2014	2015	2016	2017
<b>Halm i alt</b>	6,2	5,9	5,3	5,8
<b>Til fyring</b>	1,4	1,4	1,5	1,6
<b>Til foder</b>	1,0	0,9	0,9	1,0
<b>Til strøelse m.v.</b>	0,6	0,7	0,7	0,8
<b>Ikke bjerget</b>	3,2	2,9	2,2	2,4

### 4.1.1 Forudsætning for brug af halm til biogasproduktion

De specifikke karakteristika for halm, der er afgørende for brugen til biogas, kan opdeles i biologiske og fysiske egenskaber:

- Blandbarhed med vand og flydeegenskaber i reaktoren
- Risiko for tilstopning og blokering
- Behov for mekanisk forbehandling for størrelsesreduktion
- Krav til opholdstid i reaktoren
- Behov for forbehandling for øget nedbrydelighed

En vigtig funktion for forbehandlingen, er at ændre halmens iblandings- og flydeegenskaber, så halmen synker og er nem at pumpe med i stedet for at give et flydende lag i reaktoren.

Halm fra kornproduktion har typisk et højt indhold af ligno-cellulose, som er vanskeligt nedbrydeligt i reaktoren, og i dag bliver typisk højst 50 % af kulstoffet i halmen omsat til biogas med opholdstider på 20 – 30 dage. De seneste år er flere nye teknikker til forbehandling imidlertid kommet frem, herunder bl.a. en fjernelse af halmens voksbelægning, således at den bliver bedre blandbar med vand, forensilering/sam-ensilering med andet substrat som roetoppe, græs og andet, og termisk og/eller enzymatisk forbehandling. Flere aktører vurderer, at det er realistisk, at det inden længe lykkedes at opnå større nedbrydelighed med op mod 60 % omsætning af halmens kulstof til biogas.

### 4.1.2 Ukurant (våd) halm kunne være attraktivt

Tabel 10 præsenterer nogle produktionspriser med halm i forskellige scenarier.

Tabel 10. Metanpotentialer baseret på vådvægt og omkostninger ved produktion af metan med forskellige typer halm og forbehandling. Beregninger er blevet lavet med data fra Birkmose et al. (2015)

	TS %	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton	DKK/Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> <sup>1</sup>
<b>Halm, våd, ukurant</b>	70	153	0.64
<b>Halm, tør, briket/ekstrudering</b>	90	220	3.14
<b>Halm, tør, knusning</b>	90	197	2.9

<sup>1</sup>Transport på 5 km; prisen på vådt, kasseret halm antages at være nul, og prisen for de to andre forbehandling er antages at være 500 DKK/ton ifølge Birkmose et al. (2015)

Grundet tekniske problemer ved tilførsel af tør halm, har våde typer af halm og biprodukter fra halm fået stor opmærksomhed fra biogasanlæggene med følgende fordele:

- Billigere end tør halm
- Mindre dannelse af flydelag
- Forebyggelse af cellulosekrystallisation og af reduktion i metan-potentialet under lagring
- Flere muligheder for mekanisk forbehandlingsudstyr end med tørt halm
- Mindre energiforbrug til neddeling

## 4.2 DYBSTRØELSE

Dybstrøelse har ikke tidligere været udbredt anvendt af biogasanlæggene, men i de seneste år er dybstrøelse blevet en signifikant ressource for biogasproduktion med den fordel, at anlæggene i mange tilfælde ikke skal betale for det.

Problemet med dybstrøelse i biogasproduktion er fremmedlegemer, dvs. sten, betondele, mv. Derudover er der omkostninger til forbehandling og opbevaringskrav.

## 4.3 RESTPRODUKTER FRA PRIMÆRAFGRØDER

Restprodukter fra primærafgrøder i form af grøn plantemasse fra frugt- og grøntsagsproduktion kan tænkes at kunne bruges til biogas. Data for produktionen af frugt og grønt i Danmark (Danmarks Statistik, 2018) er vist i Tabel 11 herunder for de 10 typer frugt og grønt, der produceres mest af i Danmark.

Det kan ses, at det frugt og grønt, der bliver produceret mest af i Danmark, er gulerødder, med knap 116.000 tons (Se tabel 11).



Tabel 11. Produktion af frugt og grønt i Danmark fra 2015 til 2017 (Danmarks Statistik, 2018)

Produktion (1000 tons/år)	2015	2016	2017
Hvid- og spidskål	22	24	28
Rødkål	10	9	13
Salater, friland	6	14	23
Gulerødder	102	118	116
Løg	55	62	62
Rødbede	13	13	11
Ærter til konsum	13	14	15
Tomater, væksthus	11	11	11
Agurker, væksthus	20	20	20
Æbler	36	29	20

Potentialet af restaffald fra gulerødder og gulerodstoppe, er estimeret herunder. Det antages at gulerodstoppen udgør 20 % af vægten af gulerødderne. Derudover antages det at gulerodstoppe har samme metanudbytte som roetoppe, 300 L pr. kg VS, da begge dele er grøn plantemasse<sup>4</sup>. Metanpotentialet for gulerodstoppe er beregnet i Tabel 12 herunder.

Tabel 12. Udregning af metanpotentialet for gulerødder

	Mængde	Enhed
<b>Gulerødder</b>	116	kt/år
<b>Gulerodstoppe</b>	23	kt/år
<b>Total TS</b>	2,9	kt/år
<b>Total VS</b>	2,5	kt/år
<b>Metanudbytte</b>	740	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
<b>Brændværdi, metan</b>	36	MJ/m <sup>3</sup>
<b>Metanudbytte</b>	0,026	PJ

Metanpotentialet for gulerodstopperne er, som det fremgår af Tabel 11, nok til at producere 0,026 PJ, hvilket er meget beskedent i forhold til potentialet for øvrige co-substrater. Da gulerodstoppe er en af de biomasser, der forekommer i størst mængde fra frugt- og grønt-produktionen, vurderes det samlede potentiale fra frugt og grønt at være begrænset.

<sup>4</sup> Der regnes med en tørstofprocent på 12,5 % og en organisk tørstofprocent på 85 % af TS.



*Figur 15. Høstning af roetoppe. Konventionel metode, der efterlader roetoppe på marken (øverst) og opsamling af roetoppe (nederst) (Larsen et al. 2017)*

Mængden af frugt og grønt, der produceres i Danmark, er meget mindre end mængden af roer, der produceres. Roer produceres primært til sukkerproduktion og sekundært til dyrefoder, og mængden af roetoppe udgør omkring 2,5 mio. tons hvert år. Metanpotentialet for uudnyttede roetoppe er omkring 2,2 PJ/år, og mængdemæssigt vil det således give mest mening at gå efter roetoppene frem for restbiomasse fra frugt og grønt.

I øjeblikket bliver roetoppe ikke høstet, men efterlades på marken, da der ikke er forretning i at samle roetoppene (Figur 15). Der er kun 2 roetoppe-opsamlingsmaskiner med transportører, der opererer i Danmark. Maskinerne er fremstillet af Holmer.

Hvis restprodukterne fra frugt- og grøntsagsproduktion i forvejen indsamles, bør der ikke være noget i vejen for at det kan bruges til biogasproduktion.

#### **4.4 BIO-SLURRY (BRUN-SAFT) FRA GRØN BIORAFFINERING**

Sam-produkterne fra grøn bioraffinering, hvor der fra græsmarksafgrøder kan produceres et proteinfoder til en-mavede dyr, er en fast fraktion (fiberfraktion) og en flydende fraktion (kaldet brun-saft), se Figur 16. Fiberfraktionen kan både anvendes som kvægfoder eller til biogas sammen med brun-saften.



Figur 16. Brun saft (venstre) og fiberfraktion efter skruepresse (højre) (Jensen et al., 2015)

Metanpotentialet for fiberfraktion er vurderet til ca.  $62 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{ton}$ , og metanpotentialet i brun-saft er  $13 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{ton}$ .

Da bioraffinering af protein fra grøn biomasse er i en opstartsfasen, er anvendelse af brun saft og fiberfraktion i biogasanlæg på industriel skala endnu ikke kendt, men der er i 2019 bevilget tilskud til de første to grønne bioraffinaderier.

I beregningen af potentiel energiproduktion viser den nylige undersøgelse af Santamaría-Fernandez et al. (2018), at rester fra proteinudvinding af 1 ton grøn biomasse har et energipotential på  $1,20 \text{ GJ}$  pr. 1 ton frisk biomasse. Ifølge Danmarks Statistik var produktion af kløver og græs i 2017-2018 15,8 mil. ton, og hvis alle disse grønne biomasser anvendes til kombination af proteinudvinding og biogasproduktion, vil energiproduktionen i alt være  $19,0 \text{ PJ}$ , og hvis kun brun saft anvendes til biogas, mens fiberfraktionen bruges til kvægfoder, beregnes energiudbyttet til  $2,43 \text{ PJ}$  fra brun-saft.

## 5 BIOMASSE FORBEHANDLINGSTEKNOLOGIER

---

Generelt er der fire former for forbehandling: Mekanisk, termisk, kemisk og enzymatisk/biologisk. Mekanisk forbehandling, dvs. neddeling eller formaling er nødvendigt for faste biomasser, såsom halm og dybstrøelse. Kombinationen af mekanisk og termisk behandling, dvs. brikettering/ekstrudering er en mulighed for at øge metanudbyttet, men er også en dyr forbehandling. Biologisk forbehandling såsom ensilering og sam-ensilering anvendes i stigende grad især blandt gårdanlæggene og har et godt potentiale, da det er billigt og nemt at anvende.

Der er flere grunde til og fordele ved forbehandling:

- Muliggør dosering af fast biomasse til bioreaktor
- Nemmere iblanding af biomasse såsom halm i reaktortanken og forebyggelse af flydelag
- Øger metanproduktionshastigheden og muliggør øget metanudbytte ved begrænset opholdstid
- Volumenreduktion for transport som derved sænker transportudgifterne

### 5.1 MEKANISK FORBEHANDLING – MINDSTEKRAV TIL FORBEHANDLING

Forbehandlingsteknikkerne adskiller sig på flere områder, nogle typer er beregnet til behandling af meget tør biomasse (> 75 % TS) eller kun egnet til mere våd biomasse (20-50 % TS). Nogle teknikker kan håndtere et bredere spektrum af tørstofindhold.

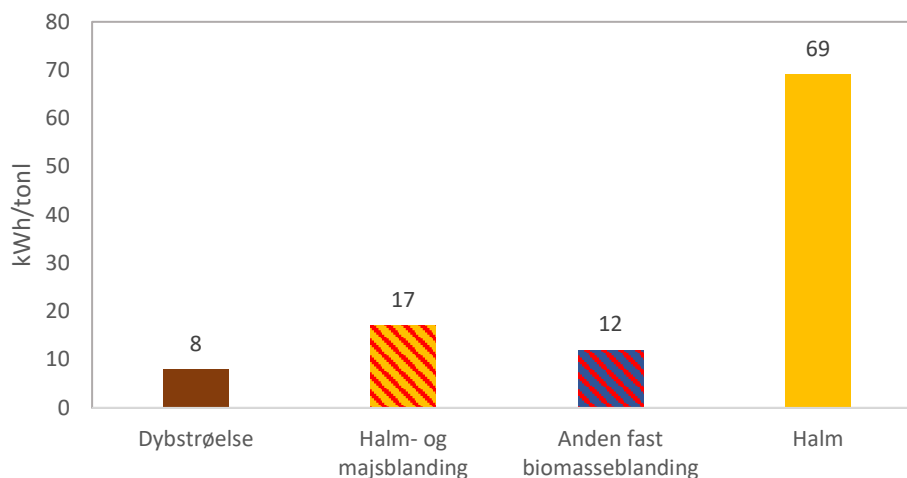
#### 5.1.1 Hammermølle

En hammermølle er en effektiv teknik, som bruges til at formale biomasser til mindre partikler ned til 1mm. Hammermøllen kan håndtere både tørre og våde produkter.

Fin formaling er kendt for at forbedre metan-produktionshastigheden og potentialet, idet partikelstørrelsen er vigtig for størrelsen af metan-potentialet. Men energiforbruget til formaling af halm stiger kraftigt med finformaling. Thøgersen (2015) rapporterede fx en stigning i energiforbruget på 68 %, når hammermøllens sigte blev ændret fra 2 mm til 1 mm i diameter. Hvis sigtestørrelsen blev reduceret til 0,5 mm viste der sig behov for omkring dobbelt så meget energi.

Energiforbruget var rapporteret til at være 12 kWh/ton ved formaling af fast råvare med et gennemsnitligt tørstofindhold på 32 % Energiforbruget ved formaling af halm er 69 kWh/ton, mens der kun kræves 8 kWh/ton ved formaling af dybstrøelse

## Energiforbrug for hammermøllen



Figur 17. Sammenligning af energiforbrug for forskellige råmaterialer ved forbehandling med hammermølle (Biogas taskforce, 2015). Halm- og majsblanding i forhold 1:4; Anden fast biomasseblanding: Blanding af dybstrøelse, majsensilage og hestegødning med blandingsforhold på 8.8 (dybstrøelse): 3.8 (majsensilage): 1 (hestegødning)

### 5.1.2 X-chopper fra Xergi

X-chopperen fra Xergi er en videreudvikling af en kædeknuser udviklet af den tyske virksomhed MeWa GmbH. Den kan anvendes på både dybstrøelse og halm ved først at befugte det ved tilførsel af gylle eller vand.

Energiforbruget ved brug af X-chopperen til halm er omkring 150 kWh/ton, hvilket er en omkring en fordobling i forbruget sammenlignet med hammermøllen, og energiforbruget til dybstrøelse er lidt højere end hammermøllens, idet ca. 13 kWh/ton er krævet.

### 5.1.3 Ekstrudering

Ekstrudering af fast biomasse har flere fordele, såsom muliggørelse af nem håndtering af råmaterialer og mindre energiforbrug til omrøring uden dannelse af flydelag i reaktoren og forøgelse af metanudbyttet. Forøgelse af metanudbyttet på 15-27 % med 20-30 dages opholdstid (Agrotech, 2012).

Energiforbruget, som Aarhus Universitet rapporterer, afhænger dog meget af TS-indholdet af råmaterialet, hvor ca. 140 kWh/ton energi kræves til meget tør biomasse (TS ca. 85 %) som halm, mens dybstrøelse har meget lavere energiforbrug. Niveauet af energiforbruget svarer sandsynligvis til X-chopperen (Wahid et al., 2015).

### 5.1.4 Briketpresse

Briketpressen blev udviklet af CF Nielsen A/S. Processen er i nogen grad kompliceret og kombinerer mekaniske og termiske processer i en enhed. Den består af en hammermølle med en 20 mm sigte og dampeksplodingsdel med gentagne kompressions-dekompressionscykluser.

Før brikettering er halmen forbehandlet i en hammermølle. Derefter går det gennem dampekspllosion, kompression og dekompressionscyklusser ved højt tryk i området 1500 og 2000 bar og ved atmosfærisk tryk. Energiforbruget er omkring 136 kWh/ton halm (Biogas taskforce, 2015).

- En af de vigtige fordele er forbedringen i de fysiske egenskaber ved at åbne den stive fiberstruktur, hvilket gør at biogasreaktoren er i stand til at arbejde med et tørstofindhold på 14 % uden tekniske problemer, dvs. nemmere omrøring og ingen dannelse af flydende materialer (Møller og Hansen, 2014).
- En 35 % stigning i metanudbyttet ved opholdstider på 15 dage (Møller og Hansen, 2014) og ca. 10 % ved opholdstider på 20-30 dage (Biogas taskforce, 2015).
- Effektiv til at reducere hydrogensulfid. Rapporter angiver, at hydrogensulfid er reduceret fra 1900 ppm til 365 ppm (Møller og Hansen, 2014).

### 5.1.5 Haybuster

Der er flere teknikker til at snitte halm, men en af de mest kendte er en Haybuster. Metoden bruges oftest i kombination med en traktor, men kan også i stedet tilsluttes til en elektrisk motor. Størrelsen på den neddelte halm kan variere fra ca. 10 mm til 70 mm. Et energiforbrug på 136 kWh/ton tørt halm blev rapporteret ved brug af diesel. Imidlertid forventes ca. 45 kWh/ton halm med en elmotor (Biogas taskforce, 2015).

### 5.1.6 Sam-ensilering

En nylig undersøgelse rapporterede, at sam-ensilering er en god forbehandling, der både forbedrede metan-potentialet og reducerede problemerne med udvaskning i biogasreaktorer (Hjort-Gregersen et al., 2017; Larsen et al., 2017). Mængden af både roetoppe og halm er stor, men disse afgrøderester anvendes ikke i vid udstrækning i dag. Når roetoppe ensileres særskilt, skaber de en betydelig mængde saftafløb som let lækker fra siloen, og der opstår signifikant energitab på grund af dannelse af hydrogen fra organisk materiale, når koncentrationen af tørstof er under 10 %

Sam-ensilerings idéen er således, at saftafløbet skal absorberes af halmen i ensilageblandingen, hvorved halmen bliver blødgjort. Resultatet vil være en fin stigning i metan-potentialet, og blandingen vil være lettere at håndtere i anlægget. Sammenlignet med ikke ensileret roetop-halm blanding viste ensileret roetop-halm 14-24 % højere metan-potentiale.

En økonomisk analyse viste også prisen på råmaterialer, som for den blandede ensilage udgør 2,5 – 3 kr. pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (inden for 10 km afstand), her forudsat at halmen købes til en pris på 400 kr./ton. Denne pris er konkurrencedygtig i forhold til majsensilage, som koster 3,8 kr. pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>. Når halmen kan afhentes gratis hos en landmand, koster den kun 1,5 - 2 kr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (inden for 10 km afstand). Derfor kan roetop-halm-ensilage være økonomisk attraktivt for biogasanlæg, når de ønsker at erstatte energi-afgrøder.

Ifølge Energistyrelsens opgørelse over biomasse anvendt til biogasproduktion i 2016-2017, blev der dette år brugt godt 250.000 tons energiafgrøder i biogasproduktionen. Af denne mængde var 75 % majs, dermed vil det primært være majs, som sam-ensilagen skal kunne konkurrere med.



*Figur 18. Sam-ensilingen af halm og restprodukter (roetoppe) (Larsen et al., 2017)*

## 6 KONSEKVENSANALYSE

---

Konsekvensen for de danske biogasanlæg af at sænke loftet for anvendelse af energiafgrøde afhænger af, hvilke alternativer co-substrater der findes. Biogasanlæggene vil typisk have behov for at dosere et eller flere co-substrater til gyllen for at få gasproduktionen op og få økonomi i anlægget. Vi vil belyse mulighederne og konsekvenserne af at sænke loftet for brugen af energiafgrøder fra de i dag tilladte 12 % (på vådvægtbasis) til 6 % og 0 % ud fra følgende aspekter:

- Tilstrækkelighed – er der nok andre, egnede co-substrater til gyllen?
- Tilgængelighed – er disse andre co-substrater tilgængelige, både teknisk og økonomisk?
- Bæredygtighed – har anvendelsen af energiafgrøder stor klima- og miljøpåvirkning, og reduceres denne påvirkning væsentligt ved at sætte anvendelsen ned?

### Det korte sigt

Vi analyserer dette i to forskellige skala- og tidsperspektiver. På det korte sigt ser vi på konsekvenserne for de eksisterende anlæg og de anlæg, som er planlagt/under etablering i den nære fremtid under rammerne af den hidtidige støtteordning. Vi opdeler det korte sigt på to scenarier, et med en samlet produktion omkring 18 PJ biogas/år svarende til den produktion, Energistyrelsen forventer i 2020, og et med en produktion omkring 25 PJ/år, svarende til en forventet fuld udbygning inden for den eksisterende støtteordning, som vi vurderer nås i 2025. Eksisterende anlæg med el-produktion eller opgradering til biometan er garanteret den nuværende støtte frem til mindst 2032 eller frem til 20 år efter deres etablering, hvilket er senere end 2032, hvis de er etableret efter 2012. Inden for denne tidsramme kender anlæggene således nogle af de væsentligste rammevilkår for deres økonomi.

### Det længere sigt

Konsekvensen af at undvære energiafgrøder kan imidlertid afhænge af, hvor stor en biogasproduktion der samlet er i Danmark, fordi en øget efterspørgsel efter egnede co-substrater potentielt kan have indflydelse på markedet og priserne på egnede substrater. I det længere perspektiv ser vi derfor på konsekvenserne af at øge den samlede biogasproduktion i Danmark til 40 PJ/år og 60 PJ/år. Som vist i Tabel 13 er en sådan skala produktion inden for rammerne af det mulige i Danmark, og de 60 PJ/år svarer ca. til en fuld udnyttelse af de aktuelle mængder gylle/husdyrgødning. Det er svært at forudsige, hvornår en produktion af denne størrelsesorden tidsmæssigt kunne forventes, men for illustrationens skyld har vi her sat denne skala produktion til at finde sted i år 2030 hhv. 2040. Den tidsmæssige placering er imidlertid ikke afgørende for nærværende analyse.

Konsekvensanalysen dækker med andre ord samlet set spændet fra 12 % til 0 % energiafgrøde inden for rammerne af en samlet biogasproduktion fra 18 til 60 PJ biogas pr. år.

Vi analyserer endvidere konsekvensen både i et overordnet, nationalt perspektiv og i et individuelt anlægsperspektiv, hvor vi prøver at forholde os til det enkelte biogasanlæg og at se på, om det enkelte anlæg kan tænkes at opleve problemer for rentabiliteten og adgangen til fornødne co-substrater.



## 6.1 DET NATIONALE PERSPEKTIV

I kapitel 3 er vist uddrag fra BIB-analysen, herunder den vurderede biogasproduktion over årene og opdelingen på, hvor meget de forskellige biomassetyper bidrager med. Denne opdeling på bidraget fra hver type substrat er kun mulig at lave på baggrund af BIB-analysen. Men opgørelsen ud fra BIB-analysen har tendens til at overestimere biogasproduktionen. Det bedste estimat for størrelsen af den danske biogasproduktion fås fra den såkaldte Energiproducent-tælling, som opgør el-fremstilling fra biogas og salg af bio-metan til gasnettet. Disse data er mere troværdige, fordi de er baseret på de målinger af produktionen, der ligger til grund for den økonomiske afregning for anlæggene. Opgørelsen fra Energiproducent-tællingen viser en samlet produktion i kalenderåret 2018 på 13,4 PJ/år, hvoraf ca. 1,5 PJ/år er fra rådnetaanke på renselanlæg samt industrianlæg og lossepladsgas. Produktionen fra landbrugsanlæg (gårdanlæg og fællesanlæg tilsammen) var således omkring 12 PJ/år for kalenderåret 2018. Men udviklingen og udbygningen sker aktuelt meget hurtigt, og ifølge Energistyrelsen er prognosen for de kommende år 16,5 PJ i 2019 og 19,6 PJ i 2020, stadig med omkring 1,5 PJ/år for ikke-landbrugsanlæg og dermed omkring 18 PJ/år fra landbrugsanlæg i løbet af 2020. Produktionen for 2020 skønnes endda at slutte lidt højere, fordi der er iværksat byggeri af en del nye anlæg i løbet af efteråret 2019, og denne kapacitet vil i noget omfang også komme i drift i 2020.

Bedømt ud fra oplysningerne i BIB-analysen fører den samlede brug af energiafgrøder til en biogasproduktion på omkring 0,9 PJ/år i gødningsåret 2017/2018, som det er vist i kapitel 3. Det svarer til, at energiafgrøderne i 2017/2018 stod for omkring 8 % af gasproduktionen. Det er langt fra de over 20%, energiafgrøderne ville stå for, hvis doseringen havde været 12 % af den tilsatte vådvægt i alt som tilladt i dag. Det er med andre ord indtil nu lykkedes biogasanlæggene i Danmark at holde brugen af energiafgrøder langt under det tilladte niveau. Spørgsmålet er, om anlæggene fortsat kan undgå energiafgrøder og stadig bevare rentabiliteten af driften i fremtiden, også under de ændringer i rammevilkår, der kan opstå – fx fordi konkurrencen om andre co-substrater bliver større, og de derfor bliver dyrere og vanskeligere at få fat i. Vi ser således på, hvilke konsekvenser det kan få, hvis den tilladte mængde energiafgrøde nedsættes yderligere fra de 12 % til 6 % og helt ned til 0 %.

Først ser vi på, om de tilgængelige mængder co-substrater på nationalt plan er tilstrækkelige, dvs. er der nok egnede co-substrater ud over energiafgrøder, der kan supplere gyllen og dermed øge det samlede biogaspotentiale af det tilførte substrat og understøtte biogasanlæggets rentabilitet.

Der er i de senere år lavet en række studier af det danske biogaspotentiale på baggrund af de tilgængelige biomasser, herunder Birkmose et al. (2013) og Birkmose et al. (2015). I 2016 publiceredes et review af de hidtidige i alt 18 studier (EA Energianalyse og SDU, 2016), og der rapporteredes her et interval og et gennemsnit for studiernes vurdering af biomassepotentialet. Tabel 13 resumerer estimaterne fra disse studier.

Tabel 13. Oversigt over danske biogas potentialer fra litteraturen samt estimeret potentiale fremover

	Potentiale (PJ/år)	Ref.	Vurderet mulig biogasproduktion fra den pågældende type biomasse (PJ/år)			
			2020	2025	2030	2040
Gylle & gødning	16	a	5	6	12	20 <sup>6</sup>
Halm	32	b	1	5	15 <sup>5</sup>	45 <sup>5</sup>
Dybstrøelse	7	a	0,7	3	6	7
Industri & andet restaffald <sup>1</sup>	8	c	8	8	8	8
Kasserede afgrøder <sup>2</sup>	-		0,3	0,4	0,6	0,9
KOD & andet grønt affald <sup>3</sup>			2	6	6	6
- heraf KOD	5	a	2	5	5	5
- have/park affald	1	b	0	1	1	1
Grønt landbrugsaffald <sup>4</sup>			1	2	7	7
- heraf roetoppe og andre toppe	3	b	0	1	3	3
- græs fra naturarealer <sup>7</sup>	3	b	1	2	3	3
- randzoner og grøftekanter	1	b	0	0	1	1
<b>I alt</b>			<b>16</b>	<b>30</b>	<b>55</b>	<b>94</b>

Referencer: a) EA Energianalyse og SDU (2016), b) Birkmose et al. (2015), c) BIB-analysen, se kapitel 3 Tabel 5

<sup>1</sup>Inklusive importerede commodities, spildevandsslam og andre restprodukter, se Tabel 5, <sup>2</sup>bedømt ud fra den observerede hidtidige brug af kasserede afgrøder fra BIB-analysen, <sup>3</sup>inklusive organisk affald fra detailhandel og storkøkkener, <sup>4</sup>herunder græsslet fra naturbeskyttelse og/eller co-produkter (fx brunsaft) fra evt. kommende grønne bioraffinaderier, roetoppe, kartoffeltoppe, mm., <sup>5</sup>frem til og med 2030 kun det i dag ikke-bjergede halm, i 2040 inklusive det fulde potentiale også det, som i dag anvendes til andre formål og med øget nedbrydelighed – i 2040 antages biogasudbytte på 60% af halmens energiindhold, <sup>6</sup>antaget samme mængde gylle & gødning som i dag, men med hurtigere udslusning fra stalden og/eller gyllekøling og dermed højere VS indhold og større metanpotentiale pr. ton, <sup>7</sup>potentiale fra omlægning til græs af hensyn til naturpleje, se separat afsnit herom i brødtekst

Som det fremgår af tabellen, forventes der på sigt, her anslået til 2040, at være et maksimalt potentiale på 94 PJ biogas pr. år under antagelse af, at alle de nævnt biomasse typer i fuldt omfang anvendes som substrater til biogas. Der er naturligvis stor usikkerhed forbundet med at fremskrive mængden af de forskellige biomassetyper, for der kan opstå mange uforudsete ændringer, fx i indretningen af staldsystemer, tilgængeligheden af industrielle restprodukter, alternative anvendelser af råvarerne, mm. En fuld nyttiggørelse til biogas er formentlig også økonomisk og praktisk urealistisk, så potentialet skal forstås som en øvre grænse. Til gengæld indregner de viste potentialer ikke ny teknologi til såkaldt metanisering af biogassens CO<sub>2</sub> (omdannelse af CO<sub>2</sub> med brint til metan). En fuld metanisering af al CO<sub>2</sub> i de 94 PJ biogas/år ville give yderligere ca. 70 PJ metan/år, så den øvre grænse øges til 164 PJ/år metan i alt, dvs. summen af biometan og elektrometan, som det kaldes, når metanen er fremstillet ved tilsætning af brint fra elektrolyse af vand. Men dette er endda ikke den øverste grænse. Teknikken til metanisering af CO<sub>2</sub> i et biogasanlæg er aktuelt en af de mest fremskredne teknologier til at fremstille elektrobrændstof, og det er muligt, at metaniseringsanlæg beliggende på biogasanlæggene, vil blive en teknologi, der modtager yderligere CO<sub>2</sub>-strømme fra andre kilder i samfundet, fx CO<sub>2</sub> fanget i røggassen fra kraftvarmeværker, der anvender træmasse som brændsel. I sidste ende kan også atmosfærens CO<sub>2</sub> opsamles og indgå i metanisering. Det vil være noget dyrere end biogas-CO<sub>2</sub> eller andre koncentrerede CO<sub>2</sub> kilder, men sand-

synligvis kun 10-20 % dyrere for det endelige brændstof. I så tilfælde er der ingen øvre grænse for omfanget af metanproduktionen. Disse forhold er nærmere beskrevet og vurderet i Mortensen et al. (2019).

### **Gylle & gødning**

Der sker i dag et væsentligt tab af organisk stof (VS) fra gyllen under dens opbevaring i stald og lager. Tabet vurderes som gennemsnit for en dansk svinestald at være omkring 12-13 % af gyllens VS-indhold ved udgangen af stalden (Hamelin, 2013). Ved en hurtig udslusning og/eller køling af gyllen kunne dette tab næsten helt undgås. Da tabet sker pga. en omsætning af det lettest nedbrydelige VS i gyllen, vil denne del være at regne som fuldt omsættelig i biogasanlægget. Ved hurtig udslusning og/eller gyllekøling ville biogaspotentialt derfor stige med over 12 % VS-omdannelselse. Men da kun ca. 50 % af gyllens VS omsættes til biogas i dag, vil et sparet tab på 12 % betyde 24 % større biogasproduktion. Det ville dermed øge potentialt på de 16 PJ/år til ca. 20 PJ/år for den samme gylle.

### **Halm**

Til og med 2030 forudsættes kun anvendt den i dag ikke-bjergede del af halmen, men i 2040 antages det fulde potentialt tilgængeligt for biogas, idet det antages at forbrænding til el og varme er ophørt. Dette fulde potentialt skal forstås som et øvre loft, som i praksis aldrig vil nås, fordi der altid vil være en del af halmen, der ikke bjerges. At analysere en fuld brug af halm i biogas begrundes i en stigende konsensus om, at biomasse ressourcerne er begrænsede i forhold til energisystemets behov for kulbrinter, og at el og varme produktion i fremtidens vedvarende energisystem bør anvende så lidt biomasse som muligt for at prioritere den begrænsede biomasse til fremstilling af kulbrinter til brug for bl.a. brændstof til transportsektoren, se beskrivelse i (Wenzel et al., 2019). Der er endvidere sket en udvikling i forbehandling af halm, blandt andet i form af af-voksning, hvorved halmen bliver hydrofil og væsentligt lettere tilgængelig. Det vurderes sammen med nogle af biogasbranchens største aktører realistisk, at metanpotentialt fra halm på sigt vil udgøre 60 % af halmens nedre brændværdi eller mere. Et biogaspotentialt på 45 PJ/år er estimeret ud fra en antagelse om en halmmængde på 5 mill. tons/år (med 85 % TS) fra svine- og plantebrug alene svarende til 45 PJ biogas med en 60 % konvertering. Dette er fundet via modellering af planteproduktionen ud fra et anbefalet sædskifte (Taghizadeh-Toosi and Olesen, 2016). I potentialt på de 45 PJ biogas/år er ikke regnet den mængde halm, der anvendes i kvægbrug, da denne finder vej til biogas gennem dybstrøelsen og gylle/gødning fra kvægbrugene.

Et øget potentialt kunne desuden ligge i yderligere planteforædling, som bl.a. omtalt i Gylling et al. (2012). Vi antager potentialt heri inkluderet i de 45 PJ biogas/år for ikke at regne for optimistisk.

### **KOD**

Der er fastsat et mål for affaldssektoren om at genvinde mindst 50 % af det kommunale affald inden år 2022, og det er et mål, der ikke nås uden separat indsamling af kildesorteret organisk dagrenovation, KOD. Det forventes derfor, at alle danske kommuner vil indsamle KOD inden 2022 (Cimpan et al., 2017).

## Grønt landbrugsaffald

I denne kategori medregnes roetoppe, kartoffeltoppe og andre grønne rester fra primærafgrøder. Desuden medregnes potentialet for græs fra randzoner (og grøftekanter) samt græs fra fremtidig naturbeskyttelse, dvs. fra arealer, hvor afgrødens primære funktion er at beskytte vandområder mod udvaskning. I fremtiden vil vi sandsynligvis endvidere se omlægning af arealer til græs og kløver til videre raffinering til proteinholdigt foder, og herfra vil opstå en rest af pressekage og brunsaft, der er egnet til biogas. Presseka- gen vil også være egnet til dyrefoder, men brunsaften vil formentlig være mest attraktiv til biogas.

Muligheden for at omlægge arealer til græs omkring fx Limfjorden på ca. 170.000 ha har været analyseret og beskrevet i DCA rapport 131 (Børgesen et al., 2018), og muligheden for at udtage lavbundsjord på omkring 100.000 ha har været lagt frem i et fælles udspil fra Landbrug & Fødevarer og Danmarks Naturfredningsforening. Med en højtydende og gødet græs ville det aktuelle areal omkring Limfjorden kunne give græs med et biogasudbytte omkring 5-6 PJ/år. Ca. en femtedel af græssets tørstof ville ende i brunsaften ved en bioraffinering, og denne ville have omtrent samme metanpotentiale, dvs. forventeligt ca. 1 PJ/år biogas fra brunsaft fra dette areal. Potentielt kunne noget af pressekagen også ende i biogas, og pressekagens samlede biogaspotentiale ville være 3-4 PJ/år fra det aktuelle areal. Hvis der antages, at en fjerdedel af pressekagen og al brunsaften går til biogas, svarer græsset fra de 170.000 ha omkring Limfjorden således til et biogaspotentiale på ca. 2 PJ/år.

Hvis vi for de 100.000 ha lavbundsjord, for at kunne regne på det, eksempelvis antager, at:

- 1/3 af de 100.000 ha lægges ud til paludi-kulturer, dvs. vådlagte arealer med græs, hvor vi kan forvente at producere 10-15 t tørstof/ha. Biomassen kunne også anvendes som foder eller til grøn bioraffinering
- 1/3 af de 100.000 ha lægges ud til natur, der plejes. Biomasseudbyttet fra naturpleje kan forventes at være meget begrænset: i størrelsesordenen 6 - 7 ton biomasse/ha med 35 % tørstof er observeret andre steder
- 1/3 af de 100.000 ha lægges ud til natur, der sættes under vand. Udbyttet herfra har vi desværre ikke konkrete erfaringer med, men det vurderes at være højere end udbyttet fra normal naturpleje. Et bud kunne være 10-12 ton biomasse/ha med 35 % TS

og vi endvidere antager, at græsset fra naturarealerne anvendes til biogas, ville det give biogas på omkring 2 PJ/år. Alt i alt vurderes derfor, at de fastsatte 3 PJ/år i Birkmose et al. (2015) er et rimeligt bud på biogaspotentialet fra græs på naturarealer.

Det er klart, at når der udlægges tørre arealer til græs på bekostning af kornafgrøder, så vil halmmængden fra disse arealer falde. Men et andet potentiale for øget biomasse produktion er imidlertid at så efterafgrøde sammen med fx byg, høste byggen med højt strå og efterfølgende bjerge halmen og efterafgrøden sammen og sam-ensilere dem. Dette potentiale ville ikke betegnes som en energiafgrøde. Men vi har ikke regnet dette ind, og kan i stedet lade det modregne de reducerede halmmængder, der affødes af omlægning til græs.

## Kasserede afgrøder

Kasserede afgrøder defineres i denne rapport bl.a. som grovfoder, landmanden har i overskud fra sidste år, og som er uegnet som foder. For gårdanlæg kunne adgangen til energiafgrøder og kasserede afgrøder potentielt være en mulighed for et lagerbart co-substrat, der gør det muligt at kunne styre produktionen og opnå rentabilitet. Disse biomasser er ikke underlagt den almindelige konkurrence på markedet, og gårdejereren kan disponere og optimere sin drift af gård og biogasanlæg under et. Det er formentlig i denne gruppe, vi finder de gårdanlæg, der i videst omfang anvender energiafgrøder i dag – se Figur 11.

Spørgsmålet er, om der er for stort et økonomisk incitament til at kanalisere foderensilage over til biogas, således at der på sigt kunne opstå et planlagt overskud af foderensilage, der karakteriseres som kasserede afgrøder og derfor ikke registreres som energiafgrøder. Et overslag over økonomien i at anvende majsensilage til biogas i stedet for til foder viser imidlertid, at det ikke nødvendigvis er særligt attraktivt økonomisk. En landmand, der har et gårdbiogasanlæg med el-produktion vurderes at kunne opnå et dækningsbidrag på omkring 2.600 DKK/ha ved at dyrke majs til eget anlæg, vel at mærke før bidrag til drift og vedligehold af biogasanlægget. Tilsvarende vurderes en landmand at kunne opnå et dækningsbidrag på op 800 – 2.500 DKK/ha afhængigt af jordtypen ved at levere helsædsmajs til eksternt biogasanlæg indregnet udgifter til 10 km transport hver vej, men uden udgifter til ensilering, der antages at foregå på biogasanlægget. Nogenlunde samme dækningsbidrag ville landmanden få ved at anvende majsensilagen som foder. Dækningsbidraget for vårbyg, vil kunne være op mod 2.400 DKK/ha og vinterhvede kan give helt op mod godt 5.000 DKK/ha. Af de omkring 6.500.000 tons majs, der blev produceret i 2016 og 2017, var det kun omkring 1-3 %, der blev benyttet til biogasproduktion. Det peger yderligere på, at landmanden ikke har øget incitament til at producere majs til sit biogasanlæg i forhold til at anvende det som foder.

Det fremgår endvidere af BIB-analysen, at der indtil nu har været anvendt en begrænset mængde kasserede afgrøder svarende til, at omkring 1 % af biogasproduktionen kommer fra kasserede afgrøder. Det er især de mindre gårdanlæg, der har anvendt kasserede afgrøder indtil nu. Det vurderes, at andelen af biogasproduktionen fra mindre gårdanlæg ikke øges med stigende biogasproduktion fremover, snarere tværtimod. Ud fra denne antagelse har vi i fremskrivningen af brugen af kasserede afgrøder sat andelen til ca. 1 % af biogasproduktionen.

### 6.1.1 Nødvendig mængde co-substrat som supplement til gyllen

For at opstille et overblik over de nødvendige mængder co-substrat til at supplere gyllen sætter vi gyllens indhold af organisk tørstof (VS) til 5 %. Måske er det i underkanten i forhold til gennemsnittet af den i dag anvendte gylle, men det vil kun betyde, at vi ikke undervurderer behovet for co-substrater. Endvidere ser vi frem mod scenarier med en højere biogasproduktion, og jo højere vi kommer op, jo mere tynd gylle, kommer vi formentlig også til at tage i anvendelse.

Regnes gyllens organiske tørstofindhold som 5 % VS, ville en tilsætning af 25 % energiafgrøde eller andet co-substrat på vådvægtsbasis, regnet som majsensilage eller andet med et tørstofindhold på 35 % VS, give et gennemsnitligt VS indhold i det samlede tilsatte input til anlæggene på ca. 13 %.

I tabel 14 opstiller vi hermed et overblik over det samlede behov for co-substrat til gyllen. Vi antager her de 5 % VS for gyllen og en tilsætning af co-substrat op til de ca. 13 % i det samlede input som gennemsnit og op til de antagne 18, 25, 40 og 60 PJ biogas/ år i alt. Det tillader os dermed at estimere det samlede behov for co-substrat som tilskud til gyllen, idet co-substrat her forstås som alt andet end gyllen inklusive både energiafgrøder, dybstrøelse og alt andet.

Det fremgår af tabel 14, at grænsen for energiafgrødetilsætning inden for rammerne af de eksisterende biogasanlæg frem til 2020 kan sættes langt ned uden, at der derved er behov for mere 'andet co-substrat' end det i dag tilsatte 10 PJ/år (målt som biogasproduktionen fra dette co-substrat) til at erstatte energiafgrøder, såfremt råvarerne blev fordelt jævnt mellem alle biogasanlæggene. Det skyldes naturligvis, at biogasanlæggene i Danmark samlet set i dag kun bruger den begrænsede mængde energiafgrøde svarende til 1 PJ biogas/år. Men også op til en samlet biogas produktion på 25 PJ biogas/år, som kan forventes inden for rammerne af den gældende støtteordning og de besluttede nye biogasanlæg, kan grænsen sættes ned til 6 %, uden at der i det samlede billede er behov for at finde mere co-substrat end svarende til 4 PJ biogas/år ud over den mængde, der allerede i dag anvendes til biogas. Sættes den ned til 0 % for 25 PJ/år scenariet vil det samlet set betyde, at vi på landsplan skal have andet co-substrat svarende til 9 PJ biogas/år mere end i dag – forventeligt omkring år 2025.

**Tabel 14.** Behovet for co-substrat til gylle under antagelse af et tørstofindhold i gyllen på 5 % VS og tilsætning af co-substrat op til ca. 13 % VS i samlet input over året

		Biogasproduktion i alt			
		18 PJ	25 PJ	40 PJ	60 PJ
Gylle (5 % VS)	PJ biogas	5	6	10	15
Samlet co-substrat behov	PJ biogas	13	19	30	45
<b>Biogasproduktion fra tilladt energiafgrøde</b>					
- ved 25 % som tidligere tilladt	PJ biogas	13	19	30	45
- ved 12 % som tilladt i dag	PJ biogas	6	9	14	22
- ved 6 %	PJ biogas	3	5	7	11
- ved 0 %	PJ biogas	0	0	0	0
<b>Biogasproduktion fra andet co-substrat</b>					
- ved 12 % energiafgrøde	PJ biogas	7	10	16	23
- ved 6 % energiafgrøde	PJ biogas	10	14	23	34
- ved 0 % energiafgrøde	PJ biogas	13	19	30	45
Energiafgrøde i dag	PJ biogas	1	1	1	1
Andet co-substrat i dag	PJ biogas	10	10	10	10
<b>Øget behov for andet co-substrat i forhold de i dag anvendte 10 PJ/år</b>					
- ved 12 % energiafgrøde	PJ biogas	0	0	6	13
- ved 6 % energiafgrøde	PJ biogas	0	4	13	24
- ved 0 % energiafgrøde	PJ biogas	3	9	20	35

I scenarier med endnu højere samlet biogasproduktion i Danmark på op til både 40 og 60 PJ/år vokser behovet for andre co-substrater, hvis grænsen for energiafgrøder sænkes – fra 6 PJ/år op til 35 PJ/år under de betingelser som fremgår af tabellen. Spørgsmålet er så, om vi kan forventes at have disse mængder co-substrat til rådighed, og om de er tilstrækkeligt egnede og attraktive til at kunne træde i stedet for energiafgrøder.

### 6.1.2 Er mængden af egnede co-substrater tilstrækkelig?

Af Tabel 13 fremgår en oversigt over de samlede biogaspotentialer fra forskellige biomassetyper, der i fremtiden vurderes at være til rådighed, og antagelserne om, hvilke mængder der vurderes at være tilgængelige hvornår og hvorfor, er beskrevet.

I kapitel 5 er de forskellige co-substrat-typer gennemgået og deres tekniske tilgængelighed beskrevet, ligesom spørgeskemaundersøgelsen har belyst anlæggenes muligheder for at tage de forskellige typer co-substrat ind. Det vurderes på baggrund heraf grundlæggende, at det rent teknisk er muligt at tage alle co-substrater ind, forstået sådan at teknologien er til stede. Men det kræver dels, at anlægget råder over det fornødne håndteringsudstyr, dels at det er dimensioneret til de fornødne opholdstider. De faste co-substrater kræver et håndteringsudstyr som vist i Figur 4 i bilag 1, som er rapporten fra spørgeskemaundersøgelsen. Selv halmen vurderes det teknisk realistisk med tiden at tage ind, ligesom flere anlæg allerede gør i dag, og vi vurderer som før nævnt, at forbehandling og håndtering af halm i fremtiden bliver løst på et tilfredsstillende niveau, og at halmen bliver tilgængelig med et biogaspotentiale på omkring 60 % af halmens energiindhold.

I nedenstående figur har vi illustreret konsekvensen af forskellige tilladte mængder energiafgrøde i form af den mængde andet co-substrat, der i givet fald skal kunne træde i stedet for energiafgrøden. Med stiplede linjer er i figurerne vist de mængder co-substrat (udtrykt som biogasproduktionen fra co-substratet), der skal til, når grænsen for energiafgrøder er 12 %, 6 % og 0 %. Det er de samme mængder, som fremgår af Tabel 13, men her vist sammen med de vurderede tilgængelige typer og mængder co-substrat, så det fremgår, hvilke typer co-substrat der kan dække behovet.

Af Figur 20 fremstår dermed nogle erkendelser om tilstrækkeligheden af andre co-substrater på nationalt niveau. Det står klart, at ved en samlet produktion på 18 PJ biogas/år som estimeret for 2020, vil der rent mængdemæssigt ikke være noget problem i helt at undvære energiafgrøder, jfr. den røde linje for 0 % energiafgrøde i Figur 20c. Vi har forudsat, at kommunerne i 2020 indsamler lidt mere KOD end i dag, og det er en sandsynlig antagelse, fordi de fleste kommuner i landet allerede har planlagt KOD indsamling, og alle forventes at indsamle det i 2022. I dag er det kun en tredjedel af kommunerne, der indsamler KOD.

Med et niveau på 25 PJ biogas/år ville der tilsvarende være tilstrækkeligt co-substrat til at sænke det tilladte energiafgrøde niveau til 6 % alene i form af den mængde KOD, grønt affald og dybstrøelse, der forventes tilgængelig omkring 2025. På det nationale niveau, og hvad angår tilstrækkeligheden af andre co-substrater, kan niveauet på de 25 PJ biogas/år også nås helt uden energiafgrøder næsten uden at inddrage halm, og det vurderes overvejende sandsynligt inden 2025, at flere anlæg er begyndt at anvende væsentlige mængder halm, da nogle af de store biogasanlægsejere har konkrete planer herom.

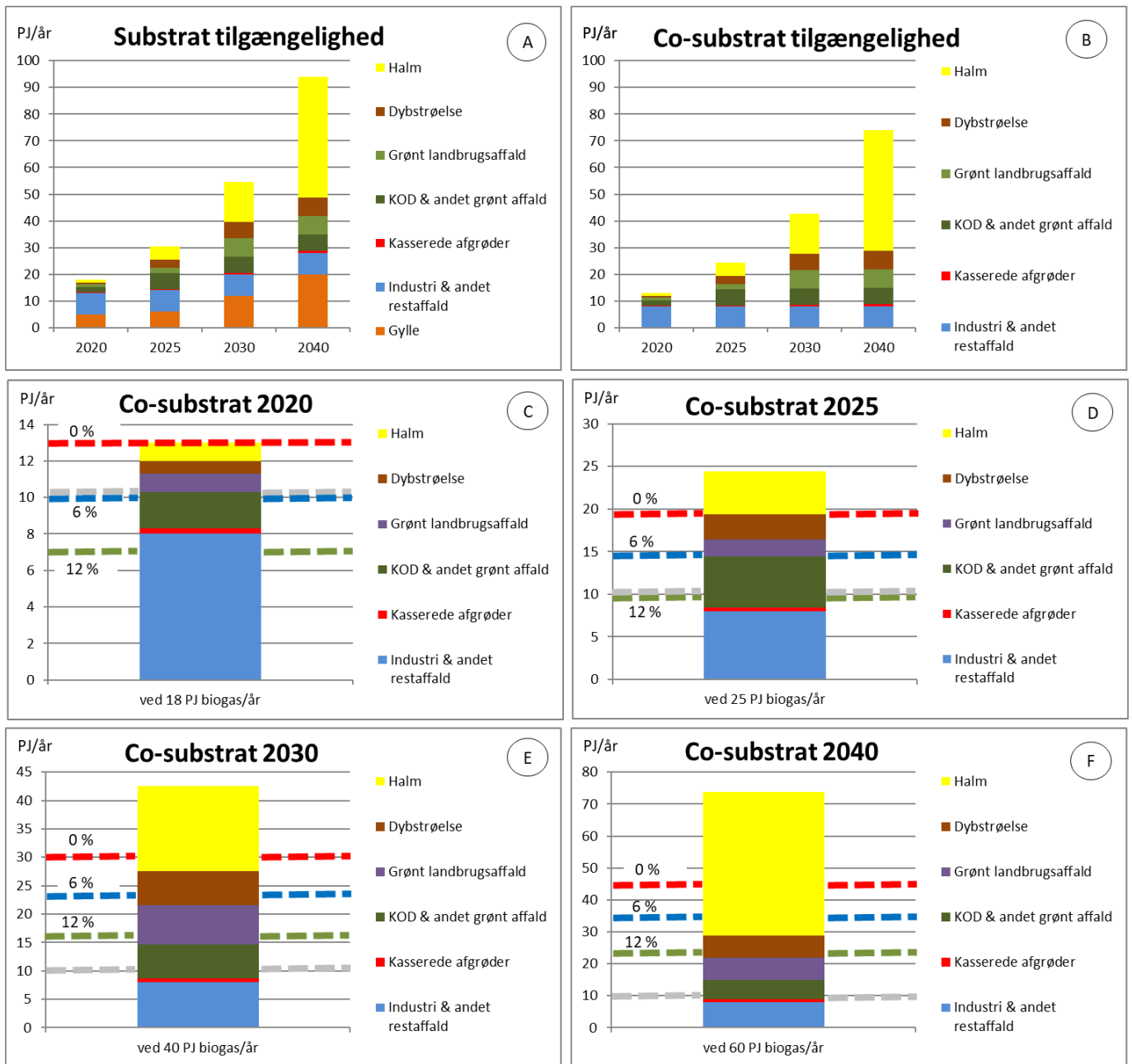
Som opsamling på det korte sigt frem til 2025 og inden for rammerne af de eksisterende biogasanlæg samt dem, der er besluttet etableret under den hidtidige støtteordning, kan det konkluderes, at der er tilstrækkelige mængder andet co-substrat tilgængeligt til helt at undgå brug af energiafgrøder.

Også på det lidt længere sigt, med et niveau på 40 PJ biogas/år, her løseligt anslået til omkring år 2030, forventes de lettest håndterbare co-substrater inklusive KOD, grønt affald og dybstrøelse samt en mindre mængde halm at kunne dække det fulde behov for co-substrat, således at det rent teknisk og mængdemæssigt fortsat er muligt helt at undvære energiafgrøder. Brugen af halm forventes at være mere udbredt på dette tidspunkt.

For niveauet på de 60 PJ biogas/år forudsætter vi i nærværende analyse al gylle anvendt. Her vil det være nødvendigt at anvende en del halm ud over de øvrige tilgængelige co-substrater, svarende til 15 PJ biogas/år fra halm, men også det vurderes at være muligt både teknisk og mængdemæssigt. Som før vist forventes meget mere halm end dette tilgængeligt, helt op til en øvre grænse på 45 PJ biogas/år fra halm.

En generel erkendelse fra analysen vist i Figur 20 er, at det lader sig gøre at etablere en rigelig forsyning af co-substrater til at få nyttiggjort det meste af gyllen med tiden. Især når det bliver almindeligt at anvende halm i biogas, vil der være et stort overskud af co-substrater i forhold til behovet for at skulle tilsætte mere tørstof til gyllen for at få økonomi i anlægget. Det er en nærliggende tanke, at man med fordel kunne se tilskudsreglerne og loftet for anvendelse af energiafgrøder i lyset af en samlet strategi for udviklingen af biogassektoren i Danmark hen imod stor skala med brug af alle bionedbrydelige restbiomasser. Man kunne eventuelt stille efter en gradueret sænkning af loftet for anvendelsen af energiafgrøde frem mod helt at undvære dem, og konsistent hermed støtte udviklingen af brugen af halm og sikre, at anlæg, der anvender halm kan gøre dette med en fornuftig økonomi.





**Figur 20.** Behovet for andet co-substrat ved tilladt mængde energiafgrøde på 12 % (grøn linje), 6 % (blå linje) og 0 % (rød linje). Den grå stiplede linje viser de 10 PJ biogas/år, der aktuelt (2018) er baseret på andet co-substrat end energiafgrøde. De stakkede søjler viser den estimerede tilgængelige mængde af de pågældende typer biomasse det pågældende år

Konklusionen er derfor, at på det overordnede nationale niveau, og hvad angår teknisk tilgængelighed og mængdemæssig tilstrækkelighed, er der reelt ikke brug for energiafgrøder helt op til 60 PJ/år. Men det betyder ikke dermed, at alle anlæg helt kan undvære energiafgrøder, der kan fortsat være anlæg, der ikke kan opnå en rentabel drift uden muligheden for at dosere energiafgrøder. De lettest tilgængelige co-substrater forventes ikke at blive fordelt ligeligt mellem biogasanlæggene, idet nogle anlæg forventes at

have større mulighed for at indkøbe de attraktive co-substrater end andre. Om det enkelte anlæg kan klare sig uden energiafgrøder afhænger derfor af fremtidige rammevilkår. Det kan imidlertid konkluderes, at problemet for sådanne anlæg vil være af økonomisk karakter, for rent mængdemæssigt og teknisk findes tilgængelige alternativer i fornødent omfang.

## 6.2 DET LOKALE/INDIVIDUELLE PERSPEKTIV

Det har stor økonomisk betydning, om biogasanlægget er el-producerende eller opgraderer til bio-metan og sælger denne til gasnettet. Som udgangspunkt er begge typer anlæg garanteret støtten i 20 år fra etableringstidspunktet og minimum frem til 2032, men der er alligevel visse fordele både i markedet og finansieringsmæssigt, hvis anlægget opgraderer. For det første er der en stigende betalingsvillighed i markedet til at købe bio-metan, der kan certificeres at være produceret fra affaldsprodukter alene, dvs. uden energiafgrøde. Generelt og lidt forenklet er det nogle af biogasanlæggenes erfaring, at man kan sælge bio-metan fra et anlæg, som dokumenteret/certificeret ikke benytter energiafgrøder overhovedet, omkring 40 øre/m<sup>3</sup> dyrere end et gennemsnitsprodukt, som ikke kan dokumenteres/certificeres på denne måde. Det betyder, at de bio-metan producerende anlæg har større motivation og betalingsvillighed til at købe andre typer co-substrater, og prisen for disse er derfor stigende, uden at de el-producerende anlæg har en tilsvarende fordel af dette. For det andet betyder ophøret af støtte til nye anlæg eller til anlægsudvidelser, at der er loft over produktionen og stop for øget produktion på anlægget. Hvor mange anlæg til nu har finansieret nye investeringer via en produktionsudvidelse, er dette ikke længere muligt.

På det længere sigt, efter ophør af støttegarantien i årene efter 2032, er den fortsatte støtte til el-producerende biogasanlæg formentlig usikker. Det har længe været bemærket af Finansministeriet, at den nødvendige støtte til biogasbaseret el-produktion er uforholdsmæssigt høj i forhold til el fra sol og vind. Biogas har naturligvis andre miljø- og klimamæssige fordele i form af optimeret gødningshåndtering og håndtering af organisk affald, men det tilbyder anlæg med opgradering også. Opgraderet biogas har den væsentlige ekstra fordel i fremtidens energisystem, at bio-metanen kan lagres på nettet til perioder med vindstille og netop sættes ind på kampagnebasis til el-produktion i sådanne perioder samt endnu mere afgørende, bio-metanen er en kulbrinte, der kan anvendes til transport og andre formål, enten direkte eller som råvare for fremstilling af andre kulbrinter. Det er heri biogassens store fordel og berettigelse ligger i fremtidens vedvarende energisystem, se nærmere beskrivelse i Mortensen et al. (2019) og Wenzel et al. (2019). Der er stor bevågenhed omkring dette, både blandt energisystemudviklere, politiske beslutningstagere og i Finansministeriet. Formentlig forstår bankerne det også, i hvert fald hvis de er involveret i finansieringen af et el-producerende biogasanlæg. Der er 12 år til 2032, så der går ikke så mange år, før dette forhold kommer til at påvirke el-producerende anlægs muligheder i form af belåning og nye investeringer.

Der er endvidere forskel på de økonomiske rammevilkår for store og små anlæg. Hvor store anlæg har bedre skalaøkonomi i både indkøb, håndtering og behandling af substrater, kan gårdanlæg ofte have adgang til egne/lokale restprodukter og deraf følgende mindre udgifter til transport. For de substrater, der kan transporteres over lidt længere afstande og handles på et større marked, som biomasser med

højt tørstofindhold eller mere præcist højt energi/vægt forhold, vil der være stor konkurrence på markedet, og de små anlæg kan forventes at få vanskeligere ved at klare sig i konkurrencen om den slags biomasse.

For mindre, el-producerende anlæg med langt til gasnettet, som har ingen eller begrænsede muligheder for belåning og yderligere investering, kan energiafgrøder måske til en vis grad være med til at holde økonomi i anlægget gennem den nuværende støtteperiode. Det er ikke inden for rammerne af denne analyse muligt at vurdere eller kvantificere dette yderligere, men det er et punkt, der kunne vurderes nærmere efterfølgende.

Ud over ovenstående generelle vinkel på, hvilke anlæg der kan tænkes at få problemer med at nedsætte den tilladte brug af energiafgrøder, vil vi fremhæve de konkrete aspekter, som anlæggene selv har fremhævet i vores dialog med dem.

#### **Anlæggenes egne udsagn – generelt om at sænke loftet for brug af energiafgrøder**

Anlæggenes respons på spørgsmålet om at reducere den tilladte mængde energiafgrøde kan opsamles som følger:

- Størstedelen af de anlæg, der kun anvender 0-4 % energiafgrøder, angiver at de har et konkret mål om at undgå energiafgrøder i deres produktion
- De to anlæg blandt respondenterne, som slet ikke er afhængige af energiafgrøder, er begge større (<100.000 tons biomasse/år) biogasfællesanlæg. Omvendt udgør gårdbiogasanlæg 7 af de 11 anlæg, der angiver, at de enten i høj eller i meget høj grad er økonomisk afhængige af energiafgrøder
- Seks af respondenterne (2 biogasfællesanlæg og 4 gårdbiogasanlæg) noterer, at det i høj eller meget høj grad vil være et problem for rentabel drift, hvis anvendelsen af energiafgrøder begrænses yderligere (dvs. ned til 6 %) fra 2021 og frem. Under de uddybende interviews blev det bekræftet, at de fleste af disse anlæg godt kunne håndtere det nuværende niveau på 12 %
- Halvdelen af anlæggene angiver, at de ikke vil blive påvirket af nedsættelsen af den tilladte energiafgrødeandel
- I alt noterer godt 80 % af respondenterne, at brugen af energiafgrøder har positiv indvirkning på anlæggets rentabilitet
- Langt størstedelen af biogasanlæggene forventer at anvende en uændret andel af energiafgrøder

#### **Anlæggenes egne udsagn - anlægsstyring**

Energiafgrøder er lagerstabile og kan bruges som erstatning når andet ikke kommer som planlagt. Et af de interviewede anlæg, der leverer gassen til et varmeværk, bruger fx majsensilage til at styre produktionen op og ned efter varmebehovet. Det anføres at være umuligt med halm. En generel anført pointe er desuden, at uden adgang til energiafgrøder kan der opstå mangelsituation på biomasser i perioder om året pga. ferie i fødevarerindustrien.

### Anlæggenes egne udsagn - høj pris på andre co-substrater

Prisen på mange af de andre råvarer - såsom restprodukter fra industrien - anføres at have nået et niveau, der gør, at der ikke er mange interessante alternative råvarer, der kan give en betydelig gasproduktion, og som kan håndteres enkelt. Et enkelt gårdbiogasanlæg, som selv producerer majs, oplyser, at det faktisk var et krav fra banken, at en del af biogasanlæggets substratgrundlag skulle udgøres af egne råvarer. Flere af gårdbiogasanlæggene peger ligeledes på forsyningsikkerhed som en væsentlig parameter. I interviewene angiver flere af anlæggene, at en stor del af de anvendte energiafgrøder er overskydende foder, som alternativt skulle være pløjet ned.

I interviewet med et af gårdanlæggene, der i dag anvender <4 % energiafgrøder, blev det anført, at den generelle efterspørgsel på industriprodukter har medført stigende priser, der nærmer sig balancepunktet. Det kan, ifølge dette gårdanlæg, derfor betyde, at man fremover må ty til energiafgrøder, selvom man ikke ønsker at anvende dem.

Flere af gårdbiogas- og fællesanlæggene udtrykte generel bekymring for, hvad den samlede efterspørgsel på andre råvarer vil betyde for råvareudbuddet fremover, og at det meget vel kunne være, at behovet for energiafgrøder vil stige i fremtiden.

### 6.2.3 Anlæggenes egne udsagn - Teknik og håndtering

For anlæggenes mulighed for at anvende de forskellige co-substrater er konklusionen:

- **Dybstrøelse** er med 18 svar den mest anvendte alternative råvare, og herefter følger **kasserede afgrøder, affald** og **industriprodukter**. Anlæggene, der er i stand til at håndtere faste biomasser, peger samstemmigt på dybstrøelse som den mest attraktive råvare. Typisk får biogasanlæggene dybstrøelsen gratis. En vis mængde kasserede afgrøder er formentlig uundgåelig, hvis landmanden skal kunne sikre en vis robusthed og buffer i sin planlægning af foderproduktionen
- **KOD** (forbehandlet organisk dagrenovation) anvendes i dag kun i begrænset omfang, men et enkelt anlæg angiver i spørgeskemaet, at de forventer at anvende det i større omfang. I de udførte interviews udtrykte mange af anlæggene ønske om at anvende KOD, men flere anlæg udtrykte en forventning om, at KOD'en vil blive højt prissat. Årsagen til, at nogle anlæg ikke mener at kunne håndtere den forhandlede organiske dagrenovation må tilskrives, at biogasanlæggene tror, at det er nødvendigt med separat hygiejniseringsudstyr.
- **Halm:** Det er interessant, at alle respondenter på et eller andet niveau påregner, at halm vil kunne indgå som råvare efter 2021. Af det samlede antal påregner 2/3, at det er sandsynligt til helt sikkert. Ingen af de interviewede anlæg havde imidlertid forventninger om at anvende indkøbt halm med de nuværende teknologier (ekstrudering, brikettering etc.), men flere af anlæggene håbede på, at der kunne udvikles nye omkostnings-effektive teknologier, der kunne muliggøre, at der kan opnås et markant højere gasudbytte fra halm. Det er endvidere interessant, at cirka 1/6 af respondenterne ikke finder, at halm bliver økonomisk interessant. Dette blev også bekræftet i de uddybende interviews, hvor flere af anlæggene pegede på, at bjærgningsomkostning for halm (~450 DKK/ton) er for høj i forhold til biogasudbyttet, der kan realiseres.

## 6.3 KONSEKVENSER FOR MILJØ OG KLIMA

Anvendelsen af energiafgrøder kan have væsentlig betydning for miljø- og klimapåvirkningen. For klimapåvirkningen er især to aspekter afgørende, dels størrelsen af udbyttet pr. hektar dels størrelsen af kulstofbindingen i jorden. For miljøeffekterne er især kvælstofudvaskningen betydende, men også pesticidforbruget til afgrøden og den direkte og indirekte betydning for biodiversiteten.

Den mest anvendte energiafgrøde til biogas er majs, men også græs kan anvendes. Majs har typisk en større netto klimapåvirkning og en større kvælstofudvaskning end græs. I det nedenstående er dette beskrevet kort og søgt og kvantificeret.

### 6.3.1 Kvælstofudvaskning

Afgrødens vækstperiode betyder meget for kvælstofudvaskningen, og lang vækstsæson og permanent plantedække mindsker kvælstofudvaskningen væsentligt i forhold til konventionelle et-årige kornafgrøder (Jørgensen et al., 2013). Dyrkning af majs har et højt behov for kvælstofgødning og en tilsvarende høj kvælstofudledning. Majs efterfulgt af majs fører med en gennemsnitlig gødningsanvendelse til en udledning på næsten 100 kg nitrat-N/ha, hvilket er godt halvanden gang mere end udvaskningen fra normal landbrugsdrift, der er vurderet til ca. 62 kg N/ha (Børgesen et al., 2013) som gennemsnit. Så et forbrug af majs som energiafgrøde under fortrængning af et gennemsnitligt sædskifte vil alt andet lige lede til en øget kvælstofudvaskning på over 50 % fra de aktuelle arealer.

Vælges derimod græs som energiafgrøde kan det føre til reduceret kvælstofudvaskning pr. hektar. Græs i omdrift er vurderet til en gennemsnitlig udvaskning på ca. 42,5 kg N/ha dækkende perioden 2005 – 2011, og omlægningen vurderes dermed at ville reducere udvaskningen med ca. 20 kg N/ha svarende til 30 %. Ved dyrkning af græs i omdrift er det praksis at lægge om med 2-3 års mellemrum, og en stor del af udvaskningen opstår i den efterfølgende afgrøde. Udvasningen kan yderligere reduceres ved en længere omlægning, og ved omlægning med 5-7 års mellemrum og slæt 3 gange årligt, vurderes kvælstofudvaskningen at kunne reduceres til omkring 10-30 kg N/ha (Termansen et al., 2015), og at der kan oprettholdes nogenlunde uændret udbytte.

Hvor valg af majs som energiafgrøde kan øge kvælstofudvaskningen med over 50 % pr. hektar i forhold til et gennemsnitligt sædskifte, vil omlægning til græs i omdrift med 5-7 års mellemrum kunne reducere udvaskningen med omkring 50 % pr. hektar i forhold til gennemsnitligt sædskifte. Ydermere kan omlægningen til græs med 3 slæt pr. år øge biomasseproduktionen udtrykt som energienhed eller tørstof per arealenhed med 70-100 % i (Jørgensen et al., 2013), og udtrykt pr. MJ høstet kan fordelen ved omlægning til græs således være endnu større.

### 6.3.2 Drivhusgasudledning

Når fossil metan brændes, fx i et gasfyr, udleder det 55 g CO<sub>2</sub>/MJ. Ofte udslipper derudover noget gennem utætte rør med mere fra udvindingen og frem til afbrændingen, og i visse tilfælde kan den samlede drivhusgasudledning derfor overstige 70 g CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ. For biometan produceret udelukkede fra gylle er nettoudledningen af drivhusgas derimod negativ og i samme størrelsesorden, dvs. i området -20

til -103 g CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ, se nedenstående Tabel 15. Det skyldes, at ved at føre gyllen til biogas undgås en stor drivhusgasudledning fra den konventionelle håndtering af gyllen i stalden og gylletanken, som altså netto er væsentligt større, end den drivhusgasudledning, der opstår i håndteringen af gyllen gennem biogasanlægget og efterfølgende.

Ser man imidlertid på drivhusgasregnskabet for at anvende majs til biogas, er der ikke en lignende negativ udledning som for brugen af gylle til biogas. Som Tabel 15 viser, ligger udledningen ved brug af majs til biogas i intervallet 26 til 58 g CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ, svarende til mellem 50 % og 100 % af den fossile metans klimaeffekt. Data i tabellen stammer fra den nyeste VE direktiv (EU, 2018) og afspejler de tal, EU regner med.

**Tabel 15.** Typiske drivhusgasemissioner fra produktion af bio-metan fra gylle henholdsvis majs udtrykt pr. MJ bio-metan ifølge det nye VE direktiv fra EU (EU, 2018). Data for lukket beholder vurderes at afspejle danske forhold bedst

Råvare	Åben beholder til afgasset biomasse (g CO <sub>2</sub> -ækvivalenter/MJ bio-metan)	Lukket beholder til afgasset biomasse (g CO <sub>2</sub> -ækvivalenter/MJ bio-metan)
Gylle	-35 til -20	-103 til -88
Majs	43 til 58	26 til 41

De i Tabel 15 anførte emissioner er summen af alle udledninger i forsyningskæden fra dyrkning af majs, over forarbejdning (omdannelse til biogas), distribution og brug af gassen. Heri er inkluderet effekten på jordens kulstofbalance ved dyrkning af afgrøden, og den kan være ret betydelig. Ved omlægning til majs reduceres kulstofindholdet i jorden betydeligt over tid, mens omlægning til græs modsat øger jodens kulstofindhold.

Det såkaldte Virkemiddelkatalog estimerer effekten af at lægge om fra et gennemsnitligt kornsædskifte til græs til at være et optag på ca. 1,8 t CO<sub>2</sub>/ha/år ekstra (Termansen et al., 2015). Det skyldes en øget lagring af kulstof over og under jord over en længere årrække, omkring 20-40 år indtil en ny ligevægt er indtrådt. Denne ændring af kulstofbalancen ved ændret afgrøde kaldes også den direkte effekt, eller 'direct land use change', dLUC. En prioritering af arealer til majs som energiafgrøde vil have den modsatte virkning på markjordens kulstofindhold. Ifølge Hamelin et al. (2012) er majs en af de dårligste afgrøder til at binde kulstof i jorden, og forskellen på kulstofbindingen i jorden for majs og rajgræs er på 3,6 tons/ha/år. Denne forskel betyder med andre ord, at hvor en omlægning fra gennemsnitligt sædskifte til græs medfører en øget binding af kulstof i jorden svarende til 1,8 t CO<sub>2</sub>/ha/år, vil en omlægning til majs medføre en reduceret binding af kulstof i jorden på 1,8 t CO<sub>2</sub>/ha/år, svarende til et tab af CO<sub>2</sub> til atmosfæren af denne størrelse over en 20-40 årig periode.

Effekten på kulstofbalancen af denne direkte arealoplægning, dLUC er som nævnt inkluderet i emissions-tallene fra EU direktivet i Tabel 15. Men EU's tal for drivhusgasemissionen fra majs viser ikke den fulde udledning. Ud over den *direkte* konsekvens af ændret kulstofbinding over og under jord, dLUC, er der også en *indirekte* effekt af at lægge markjord om fra at producere føde/foder til at producere afgrøder til energiformål. Det skyldes, at den aktuelle mængde foder/føde, der erstattes af energiafgrøden, i stedet vil blive produceret andetsteds i verden, ikke mængdemæssigt en-til-en, men delvist, på grund af effekten på markedet og ligevægten mellem udbud og efterspørgsel. Dette er et vidt drøftet aspekt, herunder i EU, men selv om der blandt forskere og andre eksperter er konsensus om, at der er en sådan effekt – kaldet 'indirect land use change' eller iLUC – er det som nævnt endnu ikke nået dertil, at den også regnes med i EU's emissionstal. Størrelsen af de værdier for iLUC, der publiceres i forskningslitteraturen, varierer. Audsley et al. (2009) finder en størrelse på 1,4 t CO<sub>2</sub>/ha/år, som er i den lave ende af de værdier, der publiceres. Searchinger et al. (2008) fastlægger effekten til ca. 6,0 t CO<sub>2</sub>/ha/år, mens Schmidt et al. (2012) finder den til ca. 7,8 t CO<sub>2</sub>/ha/år. Tonini et al. (2016) finder 4,1 t CO<sub>2</sub>/ha/år, og den seneste rapport fra EU er COWI et al. (2018), som finder ca. 4,0 t CO<sub>2</sub>/ha/år. Dette estimat vurderes at være et nogenlunde et gennemsnit for de publicerede værdier. Vi vil her anvende tallet på de 4,0 t CO<sub>2</sub>/ha/år, men også se på følsomheden af, at effekten kan være større. De anførte estimater regner alle med en afskrivning af iLUC over en 20-årig periode, altså samme periode som førnævnt for dLUC.

For at kunne fortolke betydningen af iLUC og dLUC – tilsammen kaldet LUC for 'land use change' – og for at kunne sammenligne LUC for energiafgrøder til biogas dem med drivhusgasudledningen fra andre brændsler skal de udtrykkes pr. energienhed biogas produceret ud fra energiafgrøden. Dette er gjort i Tabel 16 nedenfor.

**Tabel 16.** Estimer af værdierne for iLUC og dLUC for majs hhv. græs som energiafgrøde til biogas afskrevet over 20 år. Værdien på 8 ton CO<sub>2</sub>-e/ha for iLUC er medtaget som en følsomhedsvurdering for at repræsentere den høje ende af de videnskabeligt publicerede værdier og for at repræsentere en mulig fremtid med udnyttelse af mere klimafølsomme arealer i verden

	iLUC	dLUC	LUC	Udbytte	LUC	MCF	LUC (g CO <sub>2</sub> -e/MJ <sub>biogas</sub> )		
	ton CO <sub>2</sub> -e/ha	ton CO <sub>2</sub> -e/ha	ton CO <sub>2</sub> -e/ha				GJ/ha	g CO <sub>2</sub> -e/MJ <sub>afgrøde</sub>	-
Græs	4	-1,8	2,2	400	5,5	0,75	7,3	13,3	-6,0
Majs	4	1,8	5,8	200	29	0,75	38,7	26,7	12,0
Græs	8	-1,8	6,2	400	15,5	0,75	20,7	26,7	-6,0
Majs	8	1,8	9,8	200	49	0,75	65,3	53,3	12,0

Udbyttet pr. hektar for græs er her sat til 22 tons tørstof (TS)/ha/år i henhold til seneste testresultater fra Århus Universitet (Jørgensen, 2014), mens udbyttet for majs er sat til ca. 11 tons TS/ha/år (Jørgensen et al., 2013).

Data i Tabel 16 bygger på en antagelse om, at græsset eller majsens ensileres og anvendes direkte til biogas som energiafgrøde. Men hvis fx græsset indgår i en bioraffinering til proteinfoder og en fiberfrakti-

on eller brunsaft herfra indgår i biogas, kan regnestykket blive anderledes. Vi har imidlertid ikke haft data, der tillader at regne på dette.

Ændret afgrøde- og gødningsmønster kan også betyde noget for udledningen af lattergas, som er en betydende drivhusgas. Det betyder især meget for ændring mod græs, og det estimeres, at en ændring fra et korn-sædskifte til intensivt græs i omdrift vil medføre en stigning i lattergasemissionerne svarende til 1-1,3 t CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/ha som følge af et øget N-forbrug (Termansen et al., 2015). Regnes dette ind som en del af LUC, vil det betyde, at den resulterende LUC emissionsfaktor for biogas baseret på græs som energiafgrøde vil ligge omkring 11 g CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ for græs med iLUC faktoren på 4 t CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/ha og 24 g CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ for følsomhedsvurderingen med iLUC faktoren på 8 t CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/ha. For majs som energiafgrøde regnes ikke med øget lattergasudledning, og emissionsfaktoren for majs vil for LUC alene ligge på 38,7 g CO<sub>2</sub>-e/MJ med iLUC faktoren på 4 t CO<sub>2</sub>-e/ha hhv. 65,3 g CO<sub>2</sub>-e/MJ for følsomhedsvurderingen med iLUC faktoren på 8 t CO<sub>2</sub>-e/ha.

Hvis vi lægger det i Tabel 16 anførte iLUC bidrag til EU-direktivets tal for emissionen fra græs til biometan på de 26-41 CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ biogas, får vi et samlet estimat for drivhusgasemissionen ved at bruge majs som energiafgrøde til biogas. Det ses, at det vurderede iLUC bidrag på de 26,7 CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ biogas vil øge EU's emissionstal med 65-100 %, mens det høje følsomhedsestimat vil mere end fordoble EU's emissionstal. Med det gennemsnitlige iLUC estimat på de 26,7 CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ biogas ender emissionsfaktoren for majs til biometan således på 53-68 CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/MJ biogas, hvilket er det samme som emissionen fra naturgas.

### 6.3.3 Pesticidforbrug

Græsmarker udmærker sig ved at have en meget lav behandlingshyppighed på 0,01 BI\*/ha (BI=Behandlingsindeks), jfr. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2016 (Ørum og Holtze, 2017) sammenlignet med både den gennemsnitlige behandlingshyppighed for den samlede landbrugsproduktion på 2,94 BI/ha og behandlingshyppigheden for majs på 1,55 BI/ha (Ørum og Holtze, 2017).

### 6.3.4 Biodiversitet

I starten af maj måned 2019 udkom en status opdatering fra Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). IPBES kaldes også 'biodiversitetens IPCC'. Selve rapporten forventes at blive på 1500 sider og er så vidt vides endnu ikke tilgængelig, men en summary report kan downloades fra deres hjemmeside (IPBES, 2020). Det vurderes iflg. Rapporten bl.a., at omkring 1 million arter i dag er truet med udryddelse. I dag erhverver menneskeheden biomasse på i alt ca. 220 EJ/år fra skov og mark (det såkaldte Human Acquired Net Primary Production, HANPP), jfr. bl.a. Chum et al. (2011), som er en IPCC-ekspertgruppe konsensusrapport. Måske lidt mere, da estimatet er 7-8 år gammelt. Den i IPBES studiet rapporterede alarmerende tilstand og udvikling for biodiversiteten er en funktion af vores HANPP dags dato – som altså er omkring de 220 EJ/år globalt. Hvis biomasse skal erstatte det fossile på alle områder, så bliver HANPP omkring 1000 EJ/år i 2050 eksklusive føde/foder og tømmer (Wenzel et al., 2019) – inklusive føde/foder og tømmer bliver det 1200 – 1300 EJ/år. Med meget høj grad af elektrificering af el, varme og køling og persontransport bliver HANPP omkring 600-700 EJ/år, hvis den resterende efterspørgsel bliver rent biobaseret.

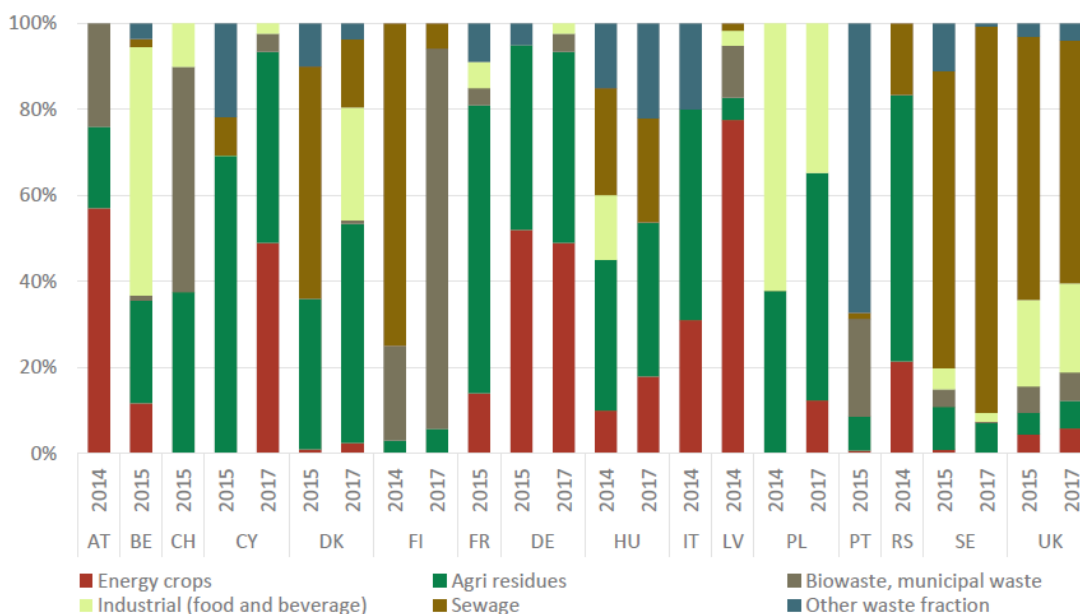


Hovedparten af de arealer, menneskeheden anvender på kloden til erhvervelse af de 220 EJ HANPP/år, anvendes til foder og fødevarerproduktion. Men der er et stort tab, især til kødproduktionen, og menneskeheden indtager i dag fødevarer med et energiindhold på omkring 30 EJ/år. De fossile brændstoffer udgør ca. 500 EJ/år og det kan stige til 900 EJ/år i et business-as-usual scenarie. Verdens plastproduktion forudsiges (Ellen McArthur Foundation, 2019) at firdobles frem mod 2050, og hvis bioplast skal erstatte fossil plast uden yderligere tiltage, vil vi skulle bruge over 120 EJ/år biomasse alene til plast (Wenzel et al., 2019).

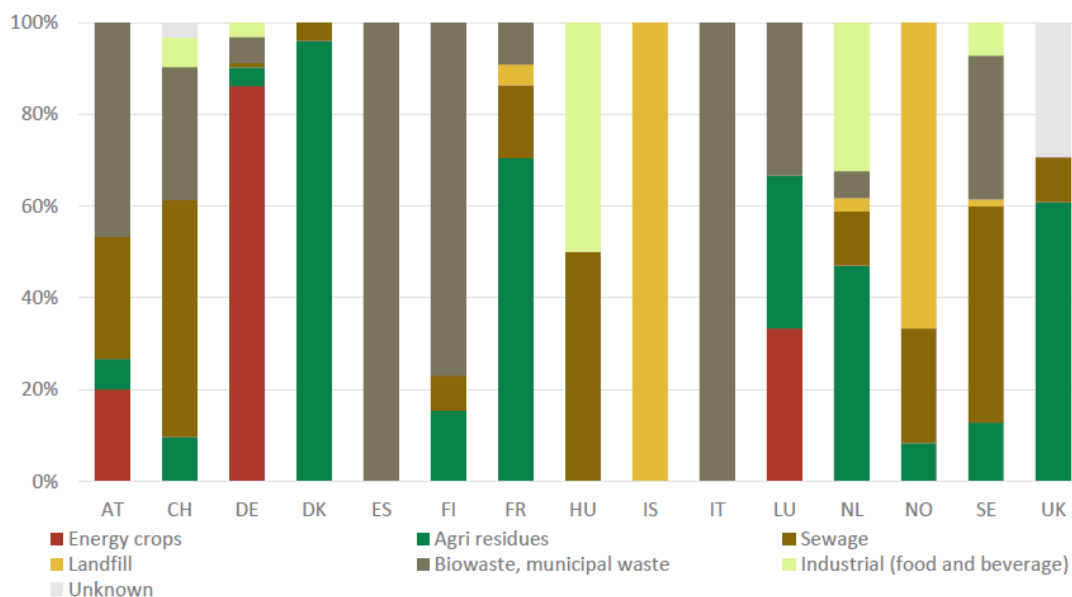
Proportionerne er med andre ord sådan, at verdens areal kommer under uholdbart stort pres, hvis vi generelt anvender areal til at tilfredsstille energi-, transport- og materiale-sektorernes behov. Biodiversitetsproblemet relaterer sig derfor ikke kun, og ikke overvejende, til biodiversiteten på den mark, afgrøderne kommer fra. På en produktiv mark er der ofte en monokultur, uanset afgrøde. Biodiversiteten relaterer sig overvejende til det generelle tryk på klodens arealforbrug, og alle sektorer, der kan undlade brug af areal til at dække deres behov, kan med fordel gøre det, hvis biodiversiteten er et afgørende hensyn.

## 6.4 STATUS OG REGLER I ANDRE LANDE

Den europæiske biogasforening, EBA udgav i 2018 en oversigt over biogasbranchen i Europa. Heraf fremgår det, hvilke biomassetyper, der anvendes i de forskellige lande udtrykt som andel på vådvægtsbasis. Figur 21 og 22 nedenfor viser overblikket.



Figur 21. Råvareforbrug i el-producerende biogasanlæg i Europa udtrykt som procent på vådvægtsbasis. Figuren er kopieret fra EBA (2018)



Figur 22. Råvareforbrug i opgraderende (bio-metan producerende) biogasanlæg i Europa udtrykt som procent på vådvægtsbasis. Figuren er kopieret fra EBA (2018)

Oversigten er desværre ikke vægtet med omfanget af biogasproduktionen i de enkelte lande, men som det fremgår anvendes der en stor andel energiafgrøde i flere lande. Mest udtalt er nok Tyskland, som mængdemæssigt tillige har en stor produktion med mange anlæg.

Det var oprindeligt ambitionen i projektet også at indsamle et overblik over gældende regler for anvendelse af energiafgrøder i de enkelte lande, men det viste sig vanskeligt at få fat i. Nedenstående givet et lille indtryk for nogle få lande.

I Storbritanien gælder en grænse på max 50 % af gassen fra energiafgrøder, hvis et biogasanlæg skal have tilskud (Department of Business, Energy and Industrial Strategy, 2016).

I Tyskland har biogas siden 2000 været støttet under den tyske lov om vedvarende energi (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Loven støtter el-produktion fra vedvarende kilder, herunder biogas og certificeret opgraderet biogas. I 2013 eksisterede der ca. 7.500 biogasanlæg og ca. 150 opgraderingsanlæg i Tyskland. EEG 2017 indeholder et loft over, hvor meget korn og majs der må anvendes til produktion af biogas. Råmaterialet må således højst indeholde 50 vægtprocent korn og majs til biogasproduktion i 2017 og 2018, og herefter er anført, at grænsen for iblandingsprocenten vil blive yderligere reduceret, men vi har ikke formået at få bekræftet, at dette er sket endnu.

Den franske 'Energy Transition Lov' blev ændret i 2017, således at kun 15 % af substrat inputtet må komme fra energiafgrøder, formentlig på vådvægtsbasis.

Den væsentligste lovmæssige regulering er EU's Vedvarende Energi direktiv (EU, 2018). Dette har været ændret nogle gange, og den nyeste version er også trådt i kraft, men er ikke implementeret endnu, dette skal først ske til den 1. juli 2021.

## 6.5 KONKLUSION OG ANBEFALINGER

Den danske biogasproduktion ud fra de tilgængelige biomasser ser ud til at kunne øges meget frem mod en anvendelse af det fulde potentiale af egnede og tilgængelige biomasser. Fra den forventede produktion på ca. 18 PJ biogas/år i 2020, vurderes produktionen at øges til 25 PJ/år frem mod 2025 inden for rammerne af den gældende tilskudsordning og med etablering af de allerede planlagte biogasanlæg. Produktionen vurderes endvidere at kunne øges til 40 PJ biogas/år i 2030 og 60 PJ biogas/år i 2040, idet denne skala produktion svarer nogenlunde til brug af al den forventede mængde gylle i Danmark til den tid. Der er imidlertid fortsat store mængder biomasse, der kan indgå i biogas ud over dette, herunder især halm, og helt op til over 90 PJ biogas/år vurderes principielt muligt ved brug af alle biogas-egnedede biomasser. Dette potentiale kan yderligere øges ved metanisering af biogas-CO<sub>2</sub> med brint, op til en øvre grænse på 160 PJ biogas/år under antagelse af, at alle egnede biomasser anvendes og al biogas metaniseres. På længere sigt kan også andre CO<sub>2</sub> kilder indgå i metanisering med brint og i den sidste ende atmosfærens CO<sub>2</sub>, og dermed er der intet øvre loft for metan-produktionen.

De undersøgte typer biomasse vurderes alle at blive teknisk tilgængelige, inklusive halm. Det betyder endvidere, at der rent teknisk og mængdemæssigt vil være tilstrækkelige mængder af anden egnet biomasse til helt at undvære energiafgrøder. Dette gælder på både kort sigt for perioden frem til 2025 og på længere sigt frem mod 2040. Ved høj biogas produktion på over 40 PJ/år nationalt vil det være nødvendigt at anvende halm som co-substrat. Men dette vurderes teknisk muligt lang tid inden, at produktionen når så højt op. Mængden og karakteren af dybstrøelse, KOD, grønt restaffald fra landbruget og kasserede afgrøder vurderes på nationalt niveau tilstrækkelig til, at anlæggene kan anvende dette til styring af fluktuationer i produktionen.

Det kan derfor samlet konkluderes, at individuelle anlægs eventuelle behov for at anvende energiafgrøder ikke vil skyldes fysisk mangel på alternativer, eller mangel på teknisk mulighed for at udnytte dem, men vil være af økonomisk karakter. Der forventes fremover stor forskel på de økonomiske rammevilkår for anlæg, der opgraderer biogassen til bio-metan og lægger den på gasnettet, og anlæg, der laver el og/eller varme af biogassen. Dette forventes særligt udtalt efter udløbet af den nuværende tilskudsordning efter 2032. Der forventes endvidere forskel på de økonomiske muligheder for at investere i håndteringsudstyr og for at opnå storskala fordele ved køb af biomasse for små hhv. store biogasanlæg.

Samlet set forventes det derfor, at små el- og varmeproducerede anlæg, som ligger langt fra gasnettet, i fremtiden vil være mest udfordret økonomisk. For sådanne anlæg kan der være behov for at se nærmere

på det enkelte anlægs økonomiske situation og på, hvilken konkret økonomisk betydning brug af energiafgrøder vil have for anlægget frem mod 2032 og herefter.

Klimapåvirkningen ved brug af majs som energiafgrøde er stor. Regner man uden den såkaldte indirekte arealforbrug, iLUC, er drivhusgasemissionen fra fremstilling og brug af biogas på basis af majsensilage mellem det halve og to tredjedele af udledningen fra naturgas. Medregnes iLUC, hvilket vurderes at være det fagligt rigtige, er udledningen ca. den samme som fra naturgas. Drivhusgasudledningen fra biogas fremstillet ved brug af græs som energiafgrøde er væsentligt mindre. Græs binder meget mere kulstof i jorden end majs, og drivhusgasudledningen fra arealforbruget, inklusive iLUC, for græs til biogas er kun en femtedel til en tredjedel af udledningen fra majs. Desuden har græs flere andre miljø- og naturmæssige fordele, se nedenstående. Såfremt der fremover tillades en vis andel energiafgrøde, kunne det være en overvejelse værd at skelne mellem græs og majs og herunder overveje, om der kan ligge en synergi i omlægning til græs af naturbeskyttelseshensyn og høst af græs herfra til biogas. Anvendes der græs fra arealer, der som primært formål er udlagt med græs aht. naturbeskyttelse fx for at mindske kvælstofudledningen, vil græsset være analogt til andet græs fra naturområder og græskanter og ikke en energiafgrøde.

Gødningsbehovet og kvælstofudledningen fra græs er meget mindre end fra majs og pesticidforbruget er ligeledes meget mindre. Rent miljømæssigt er græs derfor væsentligt bedre end majs pr. hektar. Udtrykkes kvælstofudledning og pesticidbelastning pr. energienhed høstet er dette endnu mere udtalt, fordi græs giver et højere udbytte end majs, nemlig ca. det dobbelte.

Generelt er efterspørgslen efter arealforbrugende produkter globalt stærkt stigende, og klodens naturarealer er udfordret af stigende befolkning og økonomisk vækst såvel som af stigende efterspørgsel efter biomasse til både fast brændsel, transport brændstoffer og materialer. Arealforbrugende biomasser som energiafgrøder lægger derfor et signifikant højere pres på biodiversiteten end rest-biomasser, der ikke fører til øget arealforbrug. På grund af det højere (dobbelte) udbytte for græs, er påvirkningen af biodiversiteten væsentligt større for majs end for græs som energiafgrøder.

### **Anbefalinger**

Det anbefales, at den kommende tilskudsordning, og herunder loftet for anvendelse af energiafgrøder, tænkes ind i en samlet strategi for biogassektorens udvikling. Her tænkes især på biogasanlæggenes særlige rolle i fremtidens energisystem, hvor der er særlige miljø- og klimamæssige såvel som samfundsøkonomiske incitamentter til at opgradere biogassen til bio-metan og inden længe også elektro-metan. Konkret betyder det, at mindre anlæg generelt og især mindre el- og varme producerende anlæg formentlig får det vanskeligere. Tilskudsordningen og loftet for andelen af energiafgrøder bør formuleres under hensyn til de el- og varmeproducerende anlægs økonomiske overlevelse frem mod 2032 og deres rolle og skæbne efter dette tidspunkt. Der bør iværksættes en nærmere analyse af disse anlægs økonomiske muligheder og fremtid.

Det kunne overvejes, om reglerne for brug af energiafgrøder med fordel kunne differentieres, således at det sikres, at de el- og varme producerende anlæg kan overleve økonomisk i det mindste frem til 2032. Det kan desuden overvejes, om der kan gives særlig støtte til at få sådanne anlæg koblet til gasnettet, såfremt det er inden for en rimelig økonomi. Det kan også overvejes, om reglerne kan formuleres således, at den tilladte anvendelse af energiafgrøder ses som gennemsnit over nogle år, så der kan tillades mere det enkelte år som værn mod uforudsete vanskeligheder, mod at anlægget så reducerer de efterfølgende år.

For langt de fleste anlæg kan loftet for anvendelsen af energiafgrøder umiddelbart sættes ned til 6 % uden, at dette behøver at afføde vanskeligheder. Dette burde også være tilfældet for mange af de mindre anlæg, men der vil formentlig være en del anlæg, der kan få vanskeligheder, og der kunne med fordel laves en grundigere teknisk-økonomisk analyse af nogle af de konkrete anlæg, der vurderer at kunne få problemer med en 6 % grænse.

For de store anlæg vurderes grænsen uden tekniske vanskeligheder at kunne sættes ned til 0 % senest år 2030. Om det er realistisk, er dybest set et spørgsmål om, hvorvidt de økonomiske rammevilkår også sikrer en rentabel drift med andre co-substrater.

For de små anlæg/gårdanlæg, der ikke realistisk kan koble sig på gasnettet, og som har svært ved at opnå rentabel drift, bør en samlet strategi overvejes.

På sigt kan og bør brug af energiafgrøder helt undværes af hensyn til både klima og biodiversitet. En nedsættelse af grænsen til nul kan med fordel meldes ud som en hensigtserklæring, således at der sigtes efter en milepæl, fx år 2030.

## REFERENCER

---

Agrotech (2012): Evalueringsrapport Biogas. BioM projekt rapport.

[https://www.teknologisk.dk/\\_media/67583\\_evalueringsrapport\\_biogas\\_light\\_0.pdf](https://www.teknologisk.dk/_media/67583_evalueringsrapport_biogas_light_0.pdf)

Amin FR, H Khalid, H Zhang, SU Rahman, R Zhang, G Liu og C Chen (2017): Pretreatment methods of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion. AMB Express, 7 (1).

Audsley E, M Brander, J Chatterton, D Murphy-Bokern, C Webster and A Williams (2009): How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope reduction by 2050. WWF-UK

Biogas taskforce (2015): Udvikling og effektivisering af biogasproduktionen i Danmark. DCA – Nationalt center for fødevarer og jordbrug. ISBN: 978-87-93398-26-9

- Birkmose T, K Hjort-Gregersen og K Stefanek (2013): Biomasse til biogasanlæg i Danmark – på kort og langt sigt. AgroTech.
- Birkmose T, K Hjort-Gregersen, J Hinge og R Hørfarter (2015): Kortlægning af hensigtsmæssig lokalisering af nye biogasanlæg i Danmark. AgroTech og SEGES.
- Børgesen CD, T Dalgaard, BF Pedersen, T Kristensen, BH Jacobsen, JD Jensen, M Gylling og U Jørgensen (2018): Kan reduktionsmålsætninger for nitratudvaskning til Limfjorden opfyldes ved øget dyrkning af biomasse, DCA rapport, nr. 131, 2018
- Chum H, A Faaij, J Moreira, G Berndes, P Dhamija, H Dong, B Gabrielle, A Goss Eng, W Lucht, M Mapako, O Masera Cerutti, T McIntyre, T Minowa and K Pingoud (2011): Bioenergy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O Edenhofer, R Pichs-Madruga, Y Sokona, K Seyboth, P Matschoss, S Kadner, T Zwickel, P Eickemeier, G Hansen, S Schlomer and C von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Cimpan C, B Sørensen, A Rabbani and H Wenzel (2017): Synergi i fynske ressourcestrategier – SYFRE. Sammen drag. SDU Life Cycle Engineering, ISBN 978-87-93413-14-6
- COWI, Directorate-General for Research and Innovation (European Commission) and Utrecht University (2019): Environmental impact assessment of innovative bio-based product. Task 1 of “Study on support to R&I policy in the area of bio-based products and services2”-study. ISBN no. 978-92-79-98485-3. Published 2019-02-25.
- Danmarks Statistik (2018): Vegetabilsk Produktion. <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/erhvervslivets-sektorer/landbrug-gartneri-og-skovbrug/vegetabilsk-produktion#>.
- Danmarks Statistik (2018): Halm i alt. <https://www.statistikbanken.dk/MRM2>
- Department of Business, Energy and Industrial Strategy (2016): The Renewable Heat Incentive: A Reformed Scheme. Government response to consultation. December 2016.
- EA Energianalyse og SDU (2016): Biogas og andre VE brændstoffer til tung transport - analyse af muligheder og udfordringer ved udfasning af fossile brændsler, 22-12-2016. Udarbejdet af Ea Energianalyse i samarbejde med Syddansk Universitet, Ea Energianalyse a/s, Frederiksholms Kanal 4, 3. th., 1220 København K
- EBA (2018): Statistical report 2018 - Annual Statistical Report of the European Biogas Association - Full Version.
- Ellen MacArthur Foundation (2017): The New Plastics Economy - Rethinking the Future of Plastics & Catalysing Action; 2017
- Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2015): Bekendtgørelse om bæredygtig produktion af biogas. BEK nr. 301 af 25/03/2015, Bilag 1. Energistyrelsen, j.nr. 2014 -1396. Fundet på: 1396<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=168945>. (besøgt den 8/10/2018).
- Energistyrelsen (2017): Energistyrelsens håndbog om dokumentation for biobrændstoffers bæredygtighed. [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Transport/haandbog\\_version\\_1\\_4\\_1\\_31012018.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Transport/haandbog_version_1_4_1_31012018.pdf)
- Energistyrelsen (2018): Energistatistik 2017.
- Energistyrelsen (2014): Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050. ISBN: 978-93071-64-3

EU (2018): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2001 af 11. december 2018 om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder. Den Europæiske Unions Tidende, 21-12-2018.

Fakta om Fødevarerkløveren (2018): Bæredygtig udvikling. Landbrug & Fødevarer <https://lf.dk/tal-og-analyser/fakta-om-foedevareklyngen/fakta-om-foedevareklyngen/fakta-om-foedevareklyngen-2018>

FIB (2015): Her bliver dybstrøelse og madaffald til gas. Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller (FIB), nr 53. <http://www.biopress.dk/PDF/her-bliver-dybstrøelse-og-madaffald-til-gas/view>

Gylling M, U Jørgensen, NS Bentsen, IT Kristensen, T Dalgaard, C Felby og VK Johannsen (2012): +10 mio. tons planen: muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier. Fødevarerøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Hamelin L, U Jørgensen, BM Petersen, JE Olesen and H Wenzel (2012): Modelling the carbon and nitrogen balances of direct land use from energy crops in Denmark: a consequential life cycle inventory. GCB Bioenergy, Volume 4, Issue6, November 2012, Pages 889-90

Hamelin L (2013): Carbon management and environmental consequences of agricultural biomass in a Danish Renewable Energy strategy. SDU, PhD afhandling, 2013.

Hjort-Gregersen K (2015): Udvikling af effektivisering af biogasproduktion i Danmark. AgroTech.

Hjort-Gregersen K, SU Larsen og J Pedersen (2017): Fleksibel kraft-varmeproduktion fra biogas baseret på restbiomasser fra landbruget. Delrapport. 1. Teknologisk Institut.

IPBES (2020): Global Assessment Summary for Policy Makers. Now available at <https://ipbes.net/news/global-assessment-summary-policymakers-final-version-now-available>

Jensen MA, AP Adamsen, S Kristensen og SF Jensen (2015): Tekniske løsninger til udvinding af protein fra kløvergræs. Økologi Kongres 2015, Bredsten, November 25 -26, 2015. <https://okologi-kongres.dk/download15/powerpoints/B1-M-Ambye-Jensen.pdf>

Johansen I (2018): Aarhus Universitet. Personlig samtale

Jørgensen PJ (2013): Praktisk anvendelse af dybstrøelse som substrat på biogasanlæg – kommende som eksisterende. PlanEnergi.

Jørgensen U (2014): Citeret i fagtidsskriftet FiB, 11.årgang, Nummer 49, September 2014

Jørgensen U, P Sørensen, P Olsen, FP Vinther, EF Kristensen, R Ejrnæs, B Nygaard, PH Krogh, A Bruhn, MB Rasmussen, A Johansen, SK Jensen, M Gylling og M Bojesen (2013): Biomasseudnyttelse i Danmark - potentielle ressourcer og bæredygtighed. DCA rapport, nr. 033, bind 033, DCA - Nationalt center for fødevarer og jordbrug

Larsen S (2015): Kortlægning af potentiale og barrierer ved energipil. AgroTech.

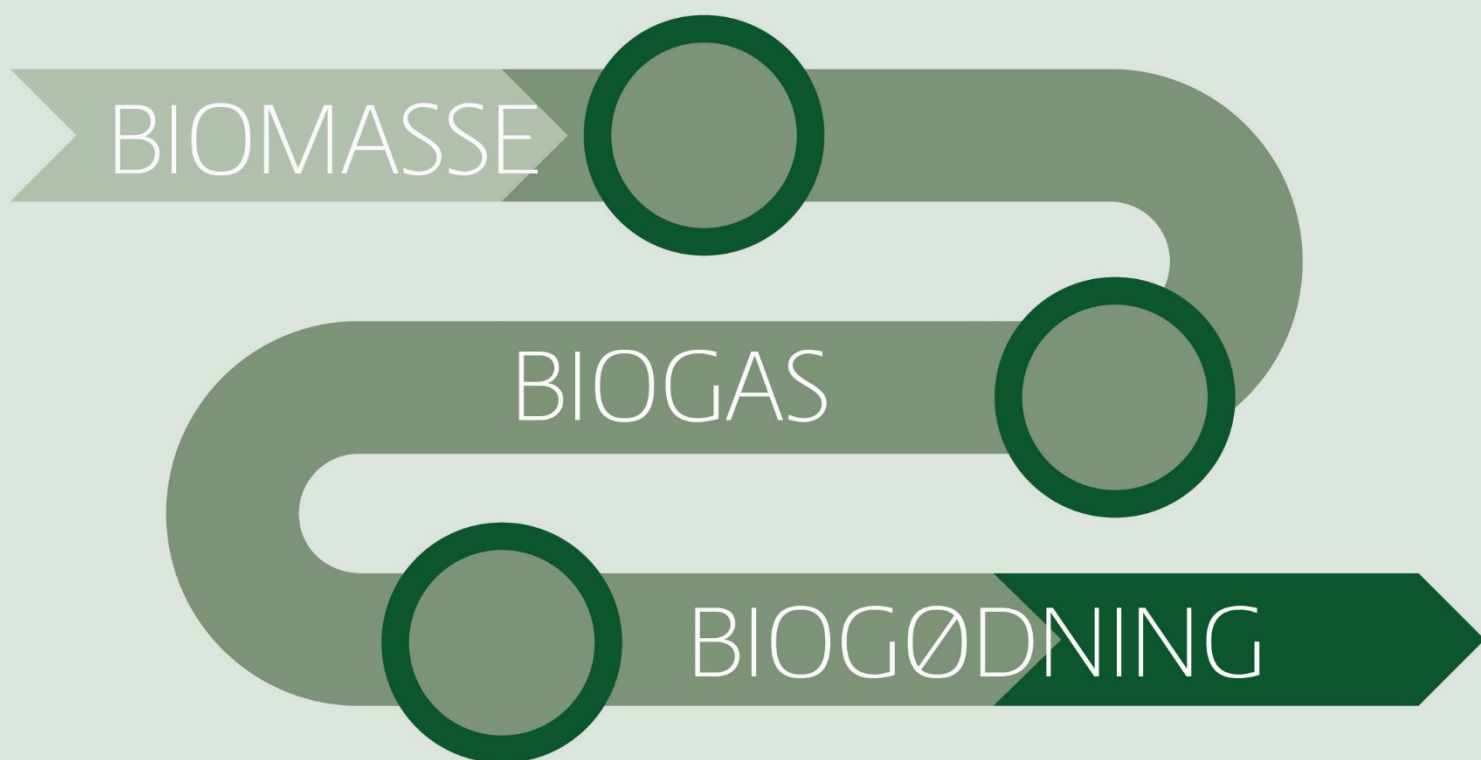
Larsen SU, KH Gregersen, JM Triolo and AH Vazifekhoran (2017): Co-ensiling of straw with sugar beet leaves increases the methane yield from straw. International Conference Progress in Biogas IV, Stuttgart, Germany, March 8-11.

Mortensen AW, H Wenzel, KD Rasmussen, SS Justesen, E Wormslev og M Porsgaard (2019): Nordic GTL – a pre-feasibility study on sustainable aviation fuel from biogas, hydrogen and CO2. NISA, NIRAS og SDU, 24th October 2019, Printed version: ISBN 978-87-93413-17-7, On-line version: ISBN 978-87-93413-16-0

- Møller HB, MM Hansen (2014): Briketter af halm og tørt græs kan fordoble gasproduktionen. Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller (FIB), nr 47. <http://www.biopress.dk/PDF/briketter-af-halm-og-tort-graes-kan-fordoble-gasproduktionen>
- Møller HB (2018): Aarhus Universitet. Personlig samtale
- Nghiem LD, TT Nguyen, P Manassa, SK Fitzgerald, M Dawson and S Vierboom (2014): Co-digestion of sewage sludge and crude glycerol for on-demand biogas production. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 95, 160–166.
- Planteavlsnyt. Prisniveau for markarbejde 2017-18. [https://www.planteavlsnyt.dk/pdf/Prisniveau\\_markarbejde\\_17\\_18.pdf](https://www.planteavlsnyt.dk/pdf/Prisniveau_markarbejde_17_18.pdf). (besøgt den 3/12/2018).
- Santamaría-Fernandez M, B Molinuevo-Salces, M Lübeck and H Uellendahl (2018): Biogas potential of green biomass after protein extraction in an organic biorefinery concept for feed, fuel and fertilizer production. *Renewable Energy*. 129, 769-775.
- Searchinger T, R Heimlich, R Houghton, F Dong, A Elobeid, J Fabiosa, ... T-H Yu (2008): Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science*, 319(5867), 1238–1240. <http://doi.org/10.1126/science.1151861>
- Schmidt JH, J Reinhard and BP Weidema (2012): A Model of Indirect Land Use Change. 8th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, Rennes, France, 2-4 October 2012
- Taghizadeh-Toosi A and J. E. Olesen (2016): Modelling soil organic carbon in Danish agricultural soils suggests low potential for future carbon sequestration. *Agric. Syst.*, 2016, 145, 83–89.
- Termansen M, M Gylling, U Jørgensen, J Hermansen, LB Hansen, MT Knudsen, APS Adamsen, M Ambye-Jensen, MV Jensen, SK Jensen, HE Andersen og S Gyldenkilde (2015): Grøn Biomasse, DCA rapport, nr. 68, 2015
- Thøgersen J (2015): Mekaniske forbehandlingsmetoder og rentabilitet af halm. 2015.
- Tonini D, L Hamelin and TF Astrup (2016): Environmental implications of the use of agro-industrial residues for biorefineries: application of a deterministic model for indirect land-use changes. *CGB Bioenergy*, Volume 8, Issue 4, July 2016, Pages 690-706
- Triolo JM, SG Sommer, HB Møller, MR Weisbjerg and X Jiang (2011): A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: influence of lignin concentration on methane production potential. *Bioresour. Technol.* 102, 9395–9402.
- Wahid R, M Hjorth, S Kristensen, and HB Møller (2015): Extrusion as pretreatment for boosting methane production: Effect of screw configurations. *Energy & Fuels*, 29(7), 4030-4037. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5b00191>
- Wenzel H, AW Mortensen, KD Rasmussen, L Yde og A Rabbani (2019): Vision for en bio-methan og elektro-methan platform for fremtidens kulbrinteforsyning. SDU Life Cycle Engineering, [www.sdu.dk/lifecycle](http://www.sdu.dk/lifecycle), Campusvej 55, 5230 Odense M, ISBN: 978-87-93413-15-3, EAN 9788793413153, 13. september 2019
- Ørum J E og MS Holtze (red.) (2017): Bekæmpelsesmiddelstatistik 2016: Behandlingshyppighed og pesticid-belastning baseret på salg og forbrug. Miljøstyrelsen. Orientering fra Miljøstyrelsen, Nr. 2



## Bilag 1. Aktørundersøgelsen



# Energiafgrødeanalysen Kvalitative data

Udarbejdet af: Lars Villadsgaard Toft & Niels Østergaard

25/1-2018

## Indhold

Baggrund.....	3
Anvendelsen af energiafgrøder og alternative biomasser .....	5

## Baggrund

Energistyrelsen har i henhold til den politiske aftale om begrænsning af anvendelsen af energiafgrøder i danske biogasanlæg fra 2015 igangsat en analyse af biogasanlæggenes aktuelle anvendelse af energiafgrøder, og af energiafgrødernes betydning for anlæggene fremover.

Syddansk Universitet (SDU) og SEGES er udpeget til at forestå en del af analysen, hvor SEGES er ansvarlig for kvalitativ dataindsamling. Dataindsamlingen er sket som en kombination af en spørgeskemaundersøgelse, der blev udsendt pr e-mail til 87 danske biogasanlæg i december 2018, samt interviews af 12 biogasanlæg/anlægsudviklere. Spørgeskemaet er udarbejdet i samarbejde mellem SDU og SEGES med hjælp fra Bruno Sander, Foreningen Biogasbranchen, mens SEGES har udført og afrapporteret 12 interviews med deltagelse af Henrik Wenzel fra SDU i to af de udførte interviews.

De interviewede biogasanlæg er udvalgt, så de repræsenterer en stor variation i anvendelsen af energiafgrøder, typen af råvarer, der ellers benyttes, størrelsen på anlægget samt om der er tale om et gård- eller fællesanlæg. Karakteristika for de 12 biogasanlæg, som blev interviewet i forbindelse med energiafgrødeanalysen er angivet i Tabel 1 nedenfor.

*Tabel 1: Beskrivelse af de 12 anlæg/anlægsudviklere, der er interviewet i forbindelse med energiafgrødeanalysen.*

	Type	Størrelse [tons biomasse/år]	Andel energi- afgrøder i 17/18	Besvaret spørgeskema	Beskrivelse
1	Flere fællesanlæg	> 250.000	< 4 %	Nej	Er en toneangivende spiller med flere biogasanlæg
2	Gårdanlæg	< 36.000	< 4%	Ja	Arbejder på at kunne anvende KOD på en kost-effektiv måde
3	Gårdanlæg	< 36.000	< 4 %	Ja	Gårdanlæg som succesfuldt i flere år har anvendt en høj andel af dybstrøelse og halm
4	Fællesanlæg	100 – 150.000	< 4 %	Nej	Teknisk velfungerende biogasanlæg uden brug af energiafgrøder
5	Fællesanlæg	50 – 100.000	< 4 %	Ja	Fællesanlæg der drives uden brug af energiafgrøder
6	Gårdanlæg	36 – 50.000	> 12%	Nej	Har en høj anvendelse af energiafgrøder
7	Fællesanlæg	> 250.000	8 -12%	Nej	Har en høj anvendelse af energiafgrøder
8	Gårdanlæg	100 – 150.000	8 – 12%	Nej	Har formålet at reducere anvendelsen af energiafgrøder
9	Gårdanlæg	< 36.000	8 -12 %	Ja	Har en høj anvendelse af energiafgrøder
10	Gårdanlæg	< 36.000	8 – 12 %	Ja	Har en høj anvendelse af energiafgrøder. Angav i spørgeskemaet, at de i høj grad er afhængige af energiafgrøder
11	Gårdanlæg	36 – 50.000	8 – 12 %	Ja	Har en høj anvendelse af energiafgrøder. Angav i spørgeskemaet, at de i meget høj grad er afhængige af energiafgrøder
12	Fællesanlæg	> 250.000	4 - 8%	Ja	Anvender et mix af mange forskellige afgrøder samt en høj andel af kasserede afgrøder

Formålet med interview og spørgeskema var at afklare, hvor afhængige danske biogasanlæg er af energiafgrøder nu og især i fremtiden, herunder hvilke alternative biomasser anlæggene kan anvende. Baggrunden er, at det fra

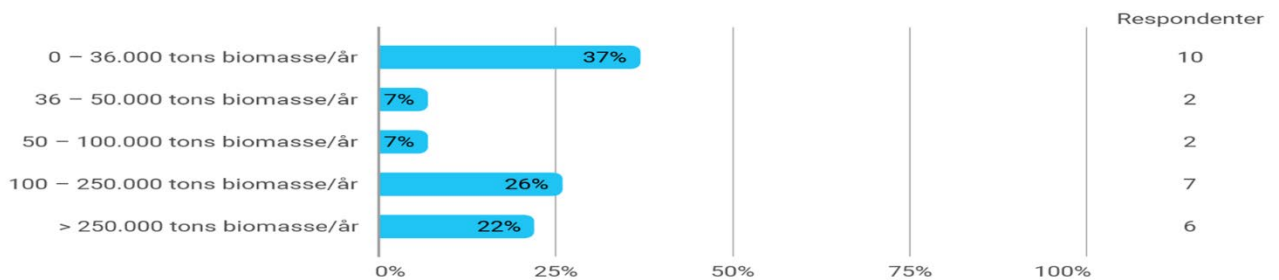
politisk side er målet at reducere og på længere sigt om muligt helt undgå brug af energiafgrøder til biogas i Danmark.

Den kvalitative dataindsamling er udført med fokus på at forstå betydningen af energiafgrøder i dag, hvilket omfang og tempo, det kan lade sig gøre at finde alternativer og undgå anvendelse energiafgrøder i dansk biogasproduktion, både generelt for branchen som helhed og konkret for det enkelte anlæg. I dataindsamlingen er der lagt vægt på at forstå baggrund for den nuværende anvendelse af energiafgrøder, og hvilke tekniske og økonomiske muligheder man på det enkelte anlæg har i dag og i fremtiden for at anvende alternative råvarer.

Derudover er der også i forbindelse med dataindsamlingen også spurgt ind til den årlige biomasseindberetning. Resultaterne herfra er afrapporteret separat til Aarhus Universitet primo januar 2019.

## Anvendelsen af energiafgrøder og alternative biomasser

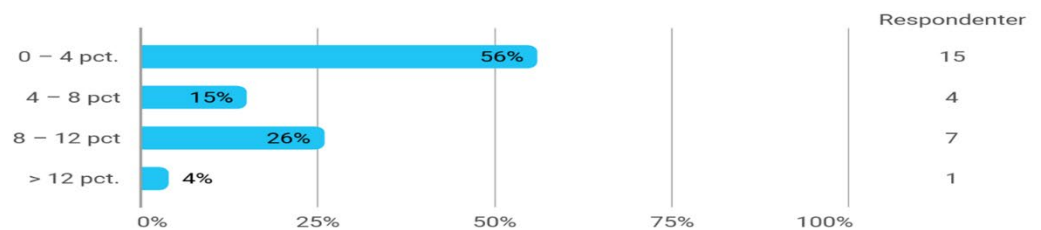
Dataindsamlingen er sket som en kombination af en spørgeskemaundersøgelse, der blev udsendt pr e-mail til 87 danske biogasanlæg, hvoraf 28 anlæg besvarede spørgeskemaet, samt efterfølgende uddybende interviews med 12 biogasanlæg/-udviklere. Anlæggene, der besvarede spørgeskemaet, fordelte sig lige mellem fælles- og gårdanlæg, mens der ved interviewene var en overrepræsentation af mindre gårdanlæg (7 gårdanlæg og 5 fællesanlæg/-udviklere). Denne overvægt skyldes, at gårdanlæggene er overrepræsenteret i andelen af anlæg, der har en høj anvendelse af energiafgrøder, og som angiver i besvarelsen af spørgeskemaet, at de er meget afhængige af energiafgrøder.



Figur 1: Hvor stor forventes den samlede biomassetilførsel i 2018 at være? (tons biomasse vådvægt/år).

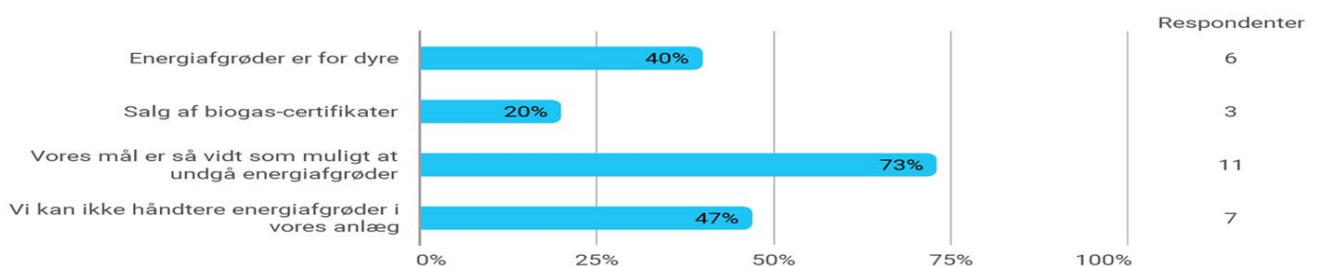
Ud fra det angivne navn på respondenter er der ligeledes opgjort hvilke produkter, som de enkelte biogasanlæg leverer. Af de 28 respondenter er det kun fem, som opgrader den producerede biogas til biometan, mens resten producerer el og varme på egen gasmotor eller leverer biogas til et kraft/varmeværk. De fem anlæg, der opgraderer biogassen til biometan fordeler sig på to fællesanlæg og tre gårdanlæg.

I forhold til størrelsen af anlæggene, så var der en overrepræsentation af mindre anlæg under 36.000 tons biomasse/år, der har besvaret spørgeskemaundersøgelsen, som det fremgår af Figur 2 nedenfor



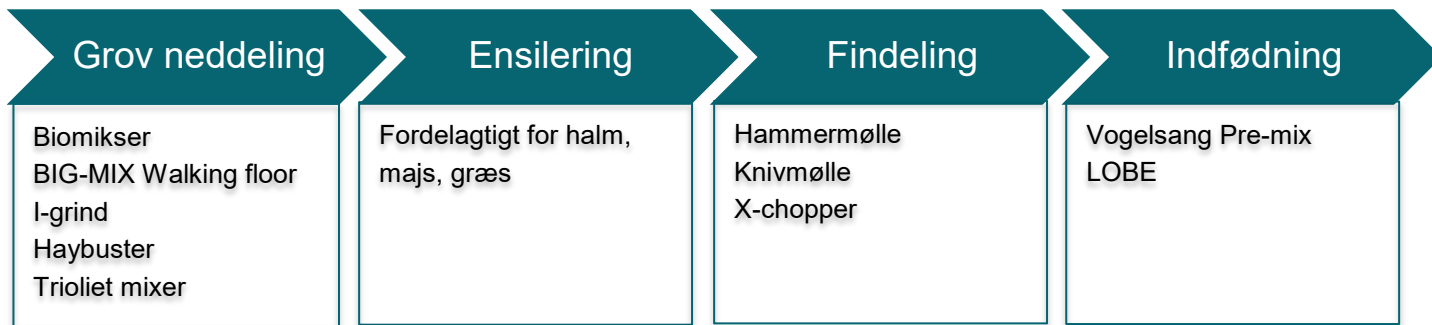
Figur 2: Hvor stor er en andel af energiafgrøder anvendes på jeres biogasanlæg i dag? (gennemsnit over det seneste år regnet på våd vægtbasis).

Af anlæggene, som har besvaret spørgeskemaundersøgelsen, anvender størstedelen kun en begrænset andel af energiafgrøder. Af de 15 anlæg, som anvender 0-4 % energiafgrøder er der tale om 5 gårdbiogasanlæg med en størrelse på mindre end 36.000 tons biomasse/år, og resten er fællesanlæg. Af de 8 anlæg, der i spørgeskemaundersøgelsen har angivet, at de anvender >8 % energiafgrøder, er der kun repræsenteret et fællesanlæg.

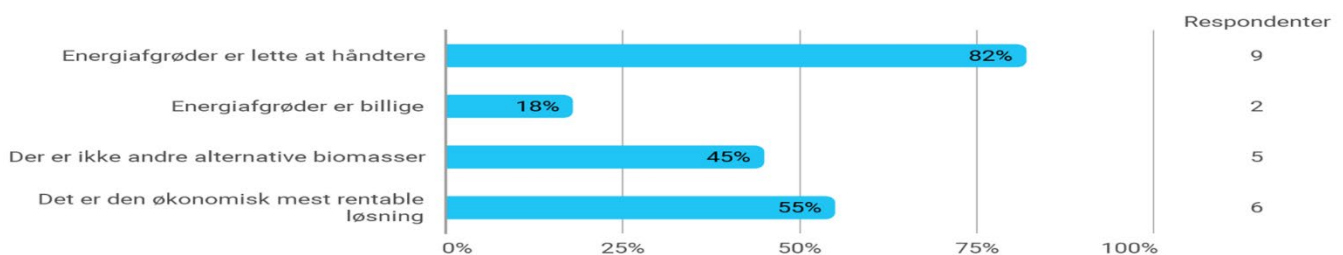


Figur 3: Hvad er hovedårsagerne til, at I bruger mindre end 4 pct. energiafgrøder? (gerne flere svar)

I spørgeskemaundersøgelsen angiver størstedelen af anlæggene, der kun anvender 0-4 % energiafgrøder, at de har et konkret mål om at undgå energiafgrøder i deres produktion. I interviewet med et af gårdanlæggene, der i dag anvender <4 % energiafgrøder, blev det dog anført, at den generelle efterspørgsel på industriprodukter har medført stigende priser, der nærmer sig balancepunktet. De faldende tilskud til elproduktion kan betyde, at gårdanlægget må ty til energiafgrøder, selvom de ikke ønsker at anvende dem. Derudover er der 7 anlæg, der svarer, at de ikke kan håndtere energiafgrøder. Dette skyldes formentlig, at de ikke har systemer til håndtering af nogen former for faste biomasser. Anlæggene, der er i stand til at håndtere faste biomasser anvender typisk et system som skitseret på Figur 4 nedenfor. Anlægsinvesteringen for et mindre gårdbiogasanlæg (< 36.000 tons biomasse/år) vurderes groft at være i størrelsesordenen 1 -3 mio. DKK.



Figur 4: Skitsering af de nødvendige enhedsoperationer ved håndteringen af faste biomasser



Figur 5: Hvad er hovedårsagerne til, at I bruger mere end 4 pct. energiafgrøder? (gerne flere svar)

#### Kommentarer fra spørgeskemaet:

Lager stabile, kan bruges som erstatning når andet ikke kommer som planlagt.

Driver et biogasanlæg, der er bygget til kun at bruge gylle, dybstrøelse og grønne plantedele, halm, efterafgrøder, frøgræshalm, kasseret kvægfoder, majsensilage.

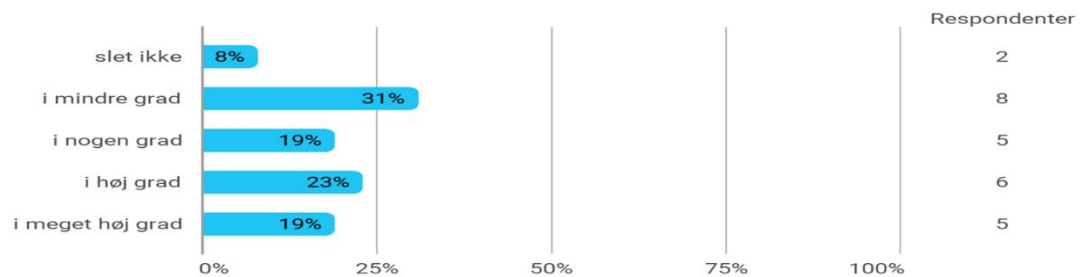
Energiafgrøderne har typisk også et højt energipotential pr. enhed og giver derfor også mulighed for regulering af produktionen samt reduktion af mandstimer i weekender og på helligdage, når disse biomasser erstatter andre biomasser, som bruges til hverdag med mindre energipotential.

Jeg ligger lige omkring 12% energiafgrøder, leverer gassen til et varmekværk, så jeg bruger majsensilage til at styre produktionen med op og ned, det kan du ikke gøre med halm.

Årsagen til at energiafgrøder benyttes er, at de er lette at håndtere, har en fornuftig pris og er lagerstabile. I de uddybende interviews påpeges det samstemmende, at prisen på mange af de andre råvarer - såsom restprodukter fra industrien - har nået et niveau, der gør, at der ikke er mange interessante alternative råvarer, der kan give en betydelig gasproduktion og som kan håndteres enkelt. Et enkelt gårdbiogasanlæg, som selv producerer majs, oplyser, at det faktisk var et krav fra banken, at en del af biogasanlæggets råvaregrundlag skulle baseres på egne råvarer. Flere af gårdbiogasanlæggene peger ligeledes på forsyningssikkerhed som en væsentlig parameter.

I interviewene angiver flere af anlæggene, at en stor del af de anvendte energiafgrøder er overskydende foder, som alternativt skulle være pløjet ned. I besvarelsen omkring erfaringer med den årlige biomasseindberetning

(særskilt afrapporteret til Aarhus Universitet) ses det også tydeligt, at der er stor uenighed om hvordan overskydende grovfoder skal klassificeres: 10 respondenter svarer *kasserede afgrøder* og 12 respondenter svarer *energi afgrøder*.



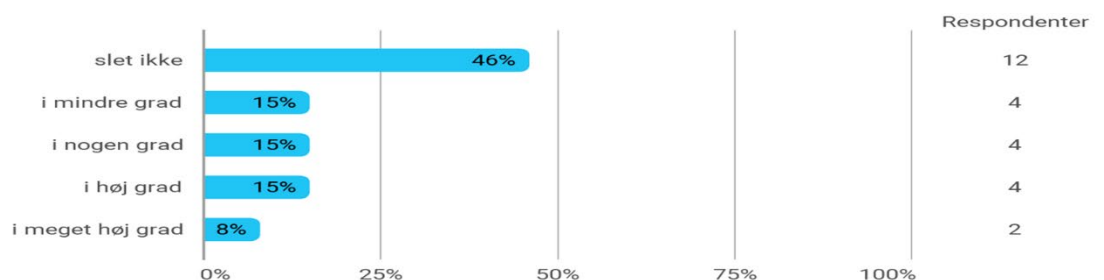
Figur 6: Er det nødvendigt at anvende energiafgrøder for at opretholde en rentabel produktion på biogasanlægget i dag?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

*På længere sigt vil behovet for energiafgrøder øges i takt med, at der bliver færre industriprodukter til rådighed.*

*Kan ikke styre min produktion, uden så skal jeg begynde at bruge glycerin eller et lignende produkt.*

De to anlæg som slet ikke er afhængige af energiafgrøder er begge større (<100.000 tons biomasse/år) biogasfællesanlæg. Omvendt er de 7 af de 11 anlæg, der angiver, at de enten i høj eller i meget høj grad er økonomisk afhængige af energiafgrøder, gårdbiogasanlæg.



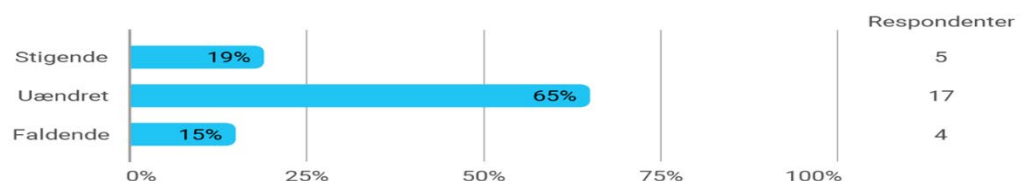
Figur 7: Vil rentabiliteten på jeres anlæg blive påvirket af nedsættelsen af den tilladte energiafgrødeandel til 12 % fra indeværende år?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

*Vi har tidligere kunnet holde os lige under 12 pct.*

Halvdelen af anlæggene angiver i spørgeskemaundersøgelsen, at de ikke vil blive påvirket af nedsættelsen af den tilladte energiafgrødeandel. Af de 6 anlæg, der angiver, at de i høj eller meget høj grad påvirkes af stramningen er 2 af anlæggene biogasfællesanlæg, og de resterende 4 er gårdbiogasanlæg.

Under de uddybende interviews blev det bekræftet, at de fleste af anlæggene godt kunne håndtere det nuværende niveau (12 %). Flere af gårdbiogas- og fællesanlæggene udtrykte bekymring for, hvad den generelle efterspørgsel på andre råvarer vil betyde for råvareudbuddet fremover, og at det meget vel kunne være, at behovet for energiafgrøder vil stige i fremtiden.



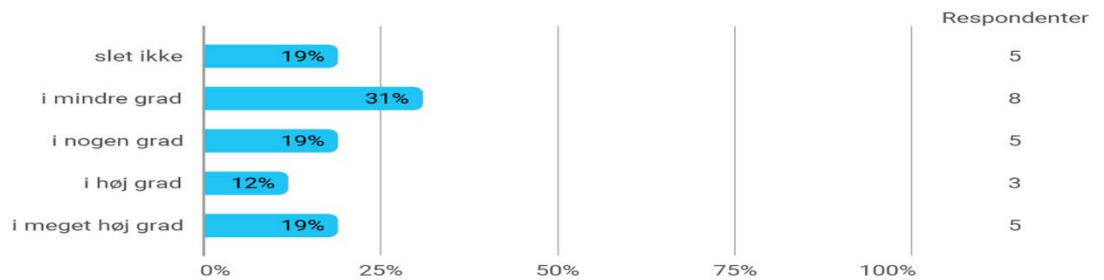
Figur 8: Hvad er jeres forventning til det fremtidige forbrug af energiafgrøder på jeres biogasanlæg?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

*Måske stigende da vi udvider kraftigt, men har ikke helt styr på input.*

Uændret eller faldende pr. tons afgasset biomasse, hvis lovgivningen kræver det.

Langt størstedelen af biogasanlæggene forventer at anvende en uændret andel af energiafgrøder.



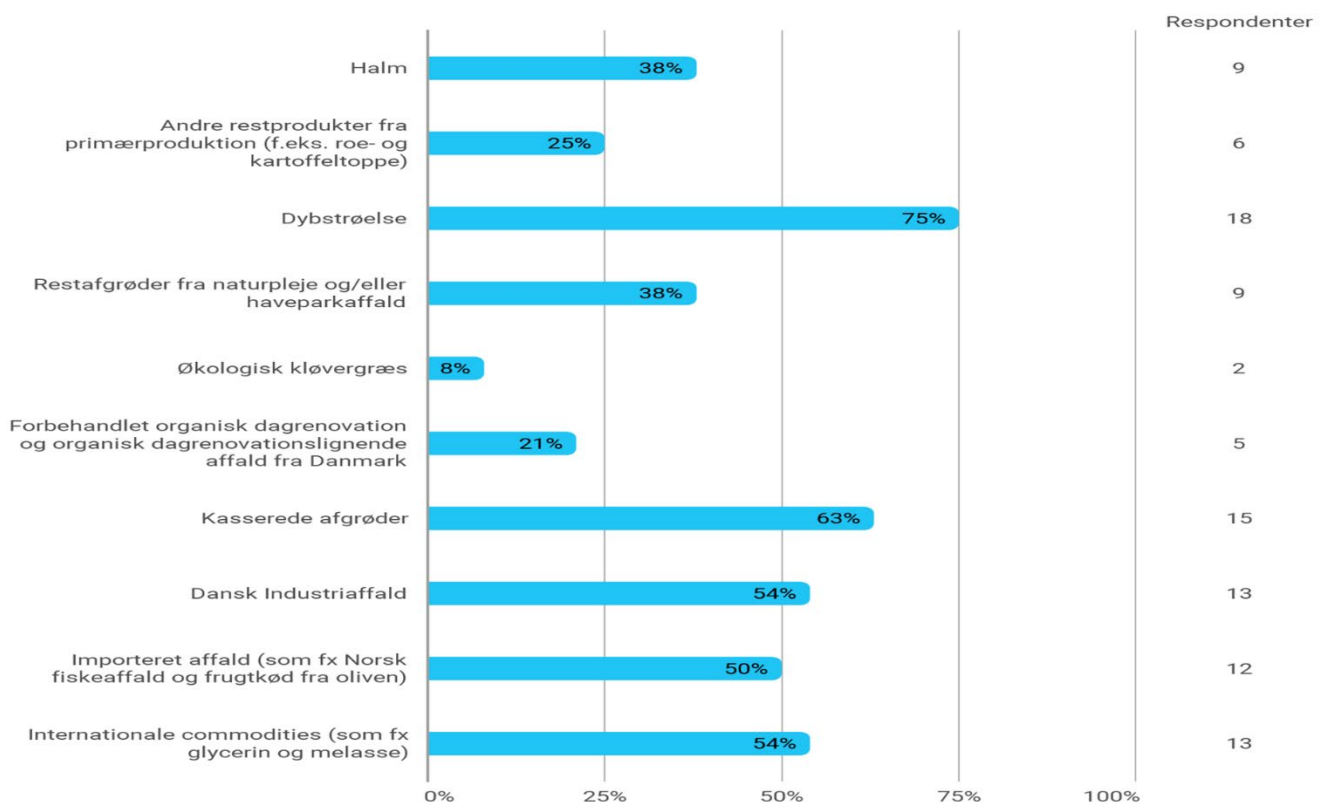
Figur 9: Vil det blive et problem for rentabel drift af jeres anlæg, hvis anvendelsen af energiafgrøde begrænses yderligere fra 2021?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

I mellem til høj grad. Problemet er, at der ikke er et råderum at regulere på, hvis energiafgrøder forsvinder.

Så vil der opstå mangelsituation på biomasser i perioder om året pga. ferie i fødevarerindustrien.

5 (2 biogasfælles og 3 gårdbiogasanlæg) af respondenterne noterer, at det i meget høj grad vil være et problem for rentabel drift, hvis anvendelsen af energiafgrøder begrænses yderligere (dvs. ned til 6 %) fra 2021 og frem. Lige så mange, at det ikke vil. I alt noterer godt 80 % af respondenterne, at brugen af energiafgrøder har positiv indvirkning på anlæggets rentabilitet.



Figur 10: Hvilke andre biomasser anvendes i dag i biogasproduktionen udover gylle? (gerne flere svar)

#### Kommentarer fra spørgeskema:

Frøafrens piller, rasp, madolie, separeret svinegylle

Primært restprodukter fra industrien og gylle. Sekundært en mindre del importeret affald, KOD-pulp mv.



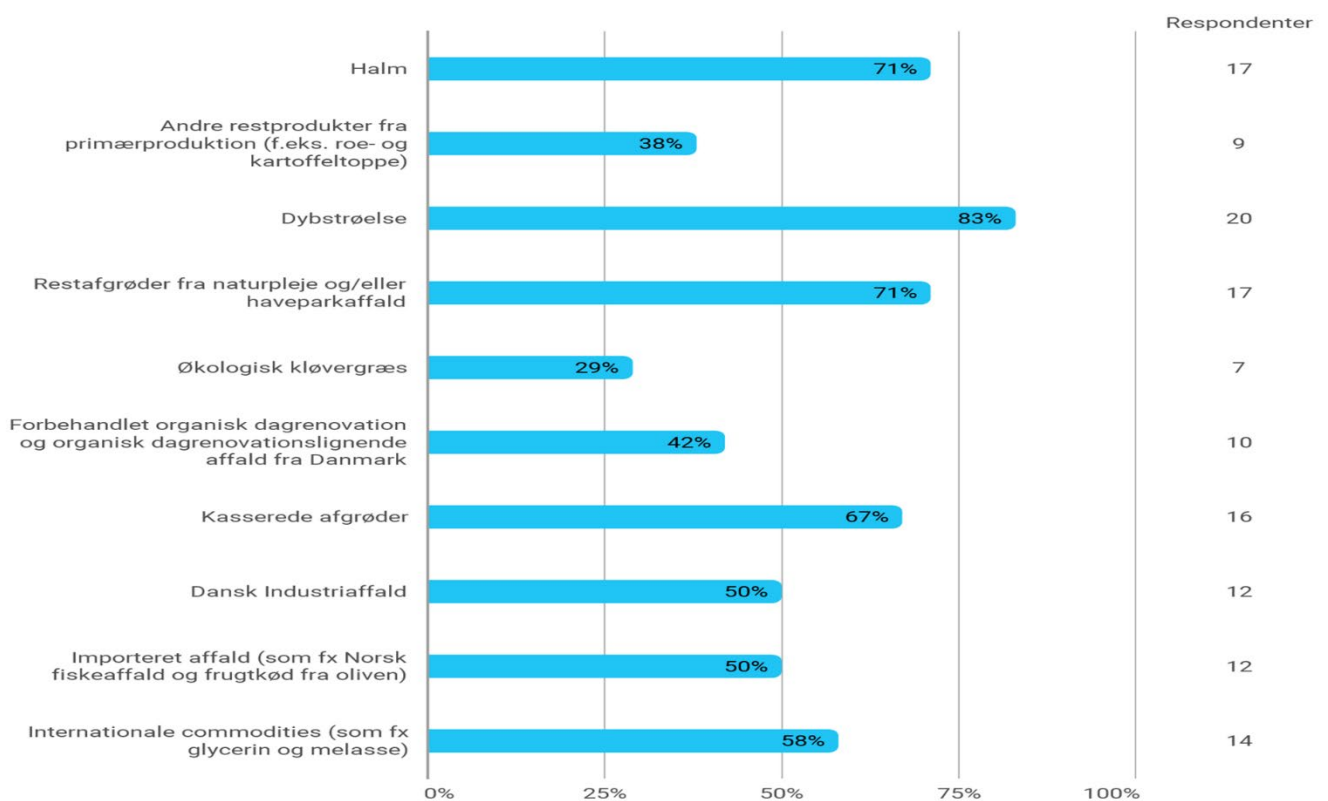
## Vinasse, gærrester

Efterslæt efter vårbyg, frøgræs ca. 400 ha, ensileret frøgræshalm ca. 100 ha

Vi bruger pt. ikke KOD, men forventer det bliver en biomasse, vi kommer til at bruge indenfor de næste 2 år.

Dybstrøelse er med 18 svar den mest anvendte alternative råvare, og herefter følger kasserede afgrøder, affald og industriprodukter. Forbehandlet organisk dagrenovation (KOD) anvendes i dag kun i begrænset omfang, men et enkelt anlæg angiver i spørgeskemaet, at de forventer at anvende det i større omfang. I de udførte interviews udtrykte mange af anlæggene ønske om at anvende KOD, men flere anlæg udtrykte en forventning om, at KOD'en vil blive højt prissat. Anlæggene, der er i stand til at håndtere faste biomasser, peger samstemmigt på dybstrøelse som den mest attraktive råvare. Typisk får biogasanlæggene dybstrøelsen gratis.

Figur 11 nedenfor viser besvarelser om tilgængeligheden af alternativer til energiafgrøder:



Figur 11: Hvilke af følgende biomasser vurderes tilgængelige inden for et realistisk opland til anlægget? (gerne flere svar)

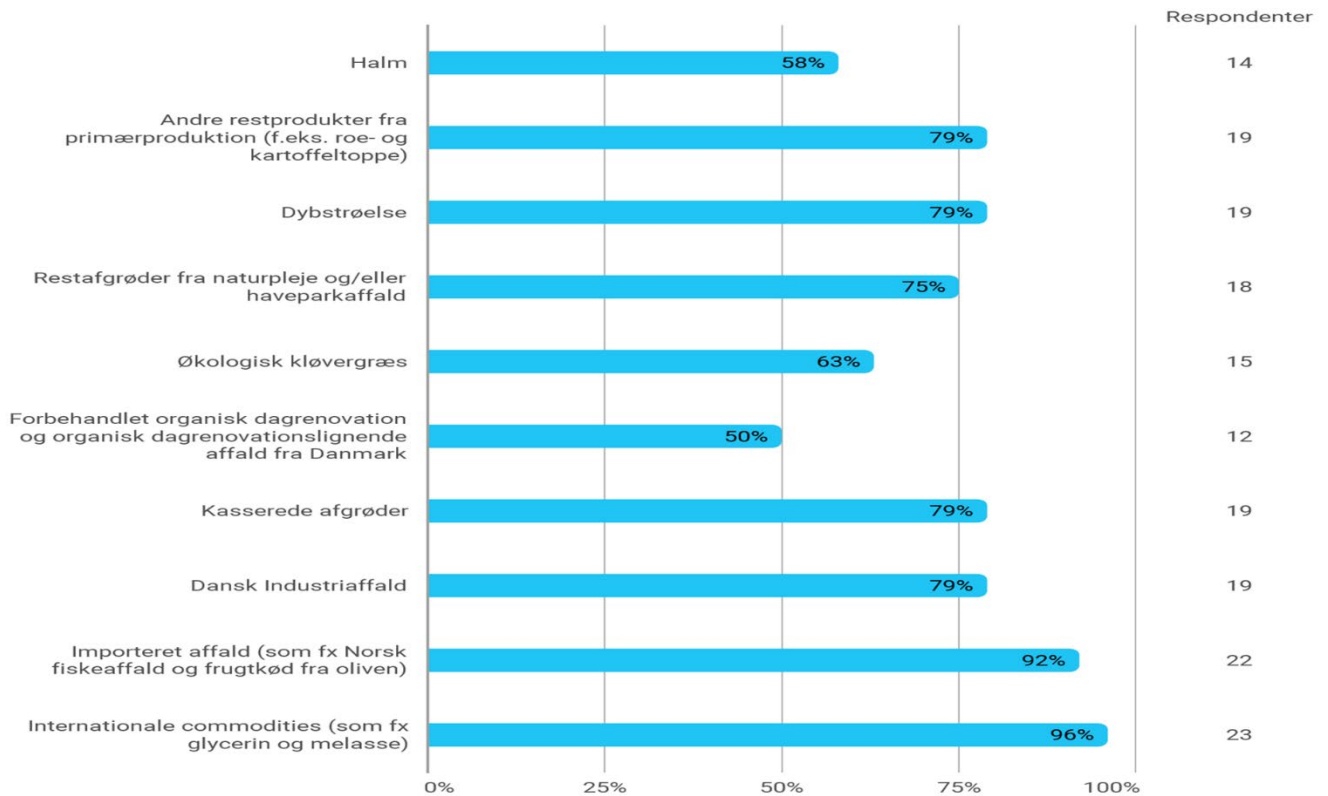
### Kommentarer fra spørgeskema:

Principielt alle

#### Efterafgrøder

De nævnte råvarer er i en vis udstrækning tilgængelig, men vores anlæg er ikke i stand til at håndtere råvarer der kræver lang opholdstid

Det ses, at der i almindelighed er et bredt sortiment af alternativer til energiafgrøder tilgængeligt indenfor respondenternes opland. Det betyder imidlertid ikke nødvendigvis, at det er økonomisk interessant at benytte sig af disse muligheder.



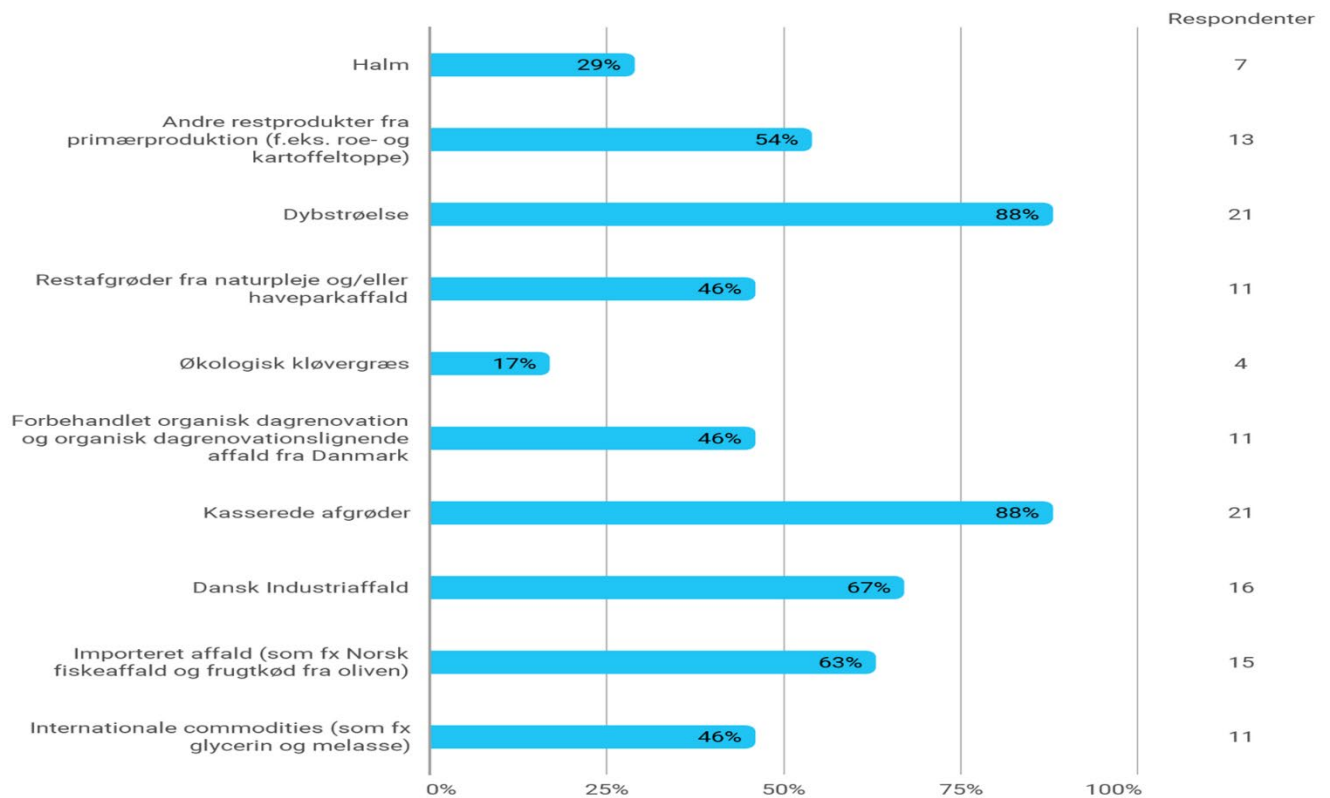
Figur 12: Hvilke af følgende biomasser kan jeres anlæg anvende i dag? (gerne flere svar)

#### Kommentarer fra spørgeskema:

##### Efterafgrøder

Vi har mulighed for at bruge de sidste tre biomasser på ovenstående liste, men vi har ikke brugt muligheden i en længere årrække, da biomasserne enten har haft en høj pris eller givet andre ulemper, når de senere skulle udspredes som afgasset biomasse.

Størstedelen af anlæggene er i stand til at håndtere affaldsprodukter og internationale commodities. Halm og forbehandlet organisk dagrenovation adskiller sig noget fra plantemasse og industriaffald, da færre anlæg kan håndtere dette. Årsagen til at anlæggene ikke kan håndtere den forhandlede organiske dagrenovation må tilskrives, at biogasanlæggene tror, at det er nødvendigt med separat hygiejniseringsudstyr, der behandler dagrenovationen ved 80°C. I praksis er det med de rette håndteringsprocedurer muligt at få opholdstiden i procestankene anerkendt som hygiejniserende.



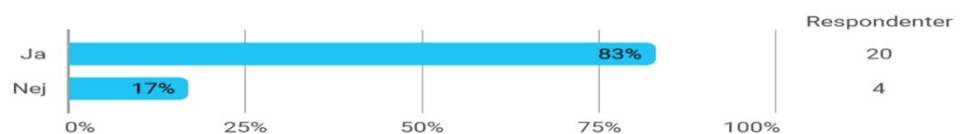
Figur 13: Hvilke af følgende biomasser betragter I som økonomisk relevante i dag? (gerne flere svar)

#### Kommentarer fra spørgeskema:

Vores anlæg er ikke bygget til dybstrøelse, men måske relevant efter ombygning, men helst noget industri affald

Har kun tilladelse til vegetabiliske produkter

Det ses, at særligt dybstrøelse og kasserede afgrøder topper ud som interessante. Typisk betaler biogasanlæggene ikke for hverken dybstrøelsen eller de kasserede afgrøder. Halm som alternativ betragtes ikke som videre økonomisk interessant, mens industriaffald, KOD og restbiomasse fra pasning af naturarealer ligger som en stor mellemgruppe, som mange anlæg formentlig allerede håndterer. I de udførte interviews blev det også samstemmigt bekræftet, at halm kun er rentabelt at anvende, hvis man kan få fat i kasseret halm, som man ikke skal betale for.



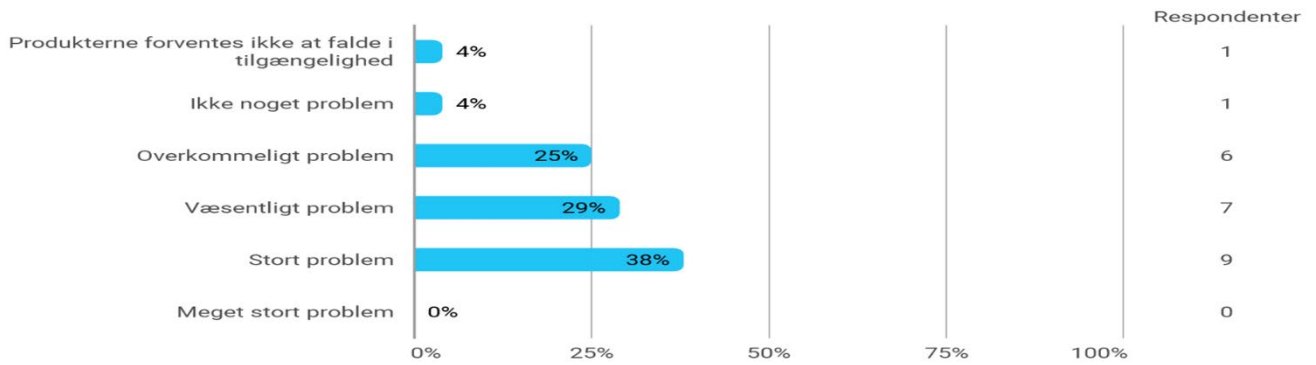
Figur 14: Anvender anlægget i dag råvarer, som har risiko for fremover at blive vanskeligere tilgængelige pga. faldende udbud eller stigende efterspørgsel til biogas eller andre formål end biogas. Vi tænker fx på glycerin, melasse, oliven frugtkød, norsk fiskeaffald eller tilsvarende.

#### Kommentarer fra spørgeskema:

Bruger kartoffelpulp, som der måske kan blive så stor efterspørgsel på, at det bliver for dyrt

Det synes ganske klart, at mange af respondenterne er bekymrede for den fremtidige tilgængelighed af de typer biomasse, de anvender i dag.

Vi har fået helt tilsvarende tilbagemeldinger fra anlæg, der efterfølgende er interviewet, og hvoraf det fremgår, at det reelt kun er energiafgrøder, der er et alternativ til industri-affaldsprodukter. KOD betragtes ikke som et alternativ, da biogasanlæggene forventer, at der bliver stor konkurrence om KOD'en og prisen bliver høj.

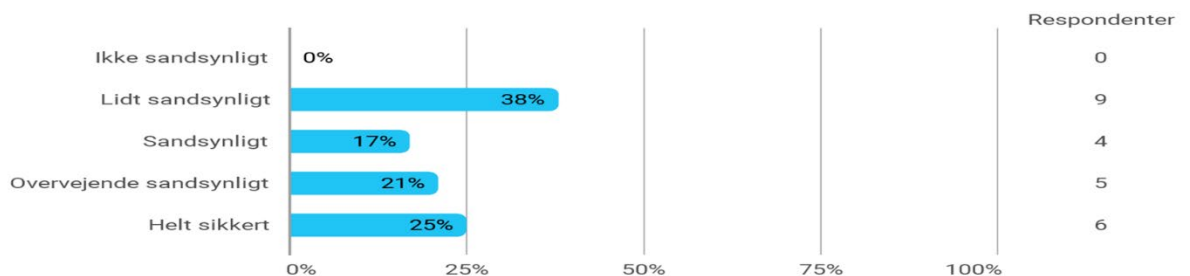


Figur 15: Hvis ja, hvor stort et problem vurderes, en faldende tilgængelighed af råvarer at kunne udgøre? (kun et svar)

**Kommentarer:**

*Ikke noget problem, da vi ikke anvender disse typer biomasse.*

Besvarelsen viser væsentligheden af at kunne udnytte forskellige råvarer i respondenternes biogasanlæg ud over gylle. Flere af de biogasanlæg, hvor der var foretaget modifikationer inden for de seneste år, var disse udført med henblik på at kunne håndtere så mange forskellige typer råvarer som muligt, og dermed gøre anlægget robust i forhold til den forventede faldende tilgængelighed. I forbindelse med interviews af flere anlæg er det noteret, at det især er priserne på affald, der betragtes som et stort problem efterhånden som meget store anlæg med meget rational drift kan tilbyde gode priser for gode produkter. Flere af de helt store spillere oplyste, at deres størrelse gav dem særlige muligheder for at aftage meget store partier (fx hele containerskibe) til en fordelagtig pris.



Figur 16: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende halm?

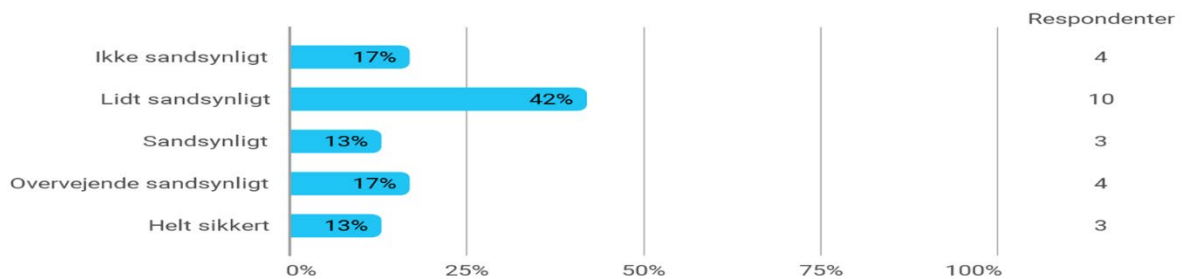
Det er interessant, at alle respondenter på et eller andet niveau påregner, at halm kunne indgå som råvare efter 2021. Af det samlede antal påregner 2/3, at det er sandsynligt til helt sikkert. Det kan forventes, i henhold til vores interviews, at flere af disse anlæg allerede i dag enten benytter halm i form af bl.a. dybstrøelse eller sekunda halm, der ensileres. Ingen af de interviewede anlæg havde forventninger om at anvende indkøbt halm med de nuværende teknologier (ekstrudering, brikettering etc.), men flere af anlæggene håbede på, at der kunne udvikles nye kost-effektive teknologier, der kunne muliggøre, at der kan opnås et markant højere gasudbytte fra halm.

**Kommentarer:**

*Uden ombygning af anlæg, er dette ikke sandsynligt.*

*Det kan vi allerede, men det alt for dyrt.*

*Bruger i dag masser af halm, alt det som er fysisk mulig*

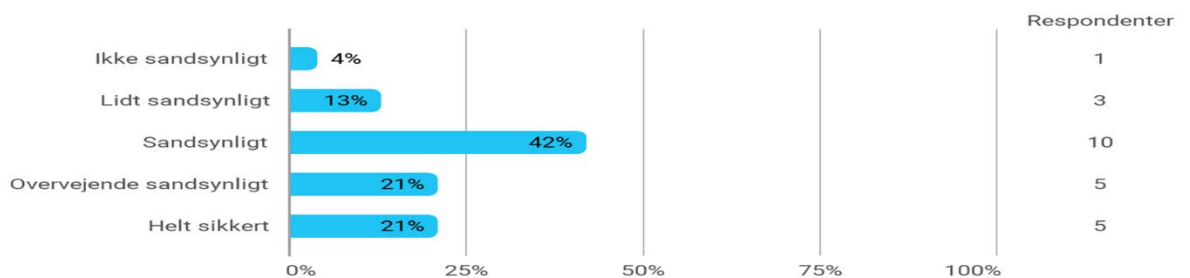


Figur 17: Hvad vurderer I sandsynligheden er for, at halm er en økonomisk relevant råvare i fremtiden? (kun et svar).

Det er interessant, at cirka 1/6 af respondenterne ikke finder, at halm bliver økonomisk interessant. Over 50 % finder, at det er lidt sandsynligt eller ringere, mens omkring 45 % finder, at det er sandsynligt eller gående mod sikkert. Dette blev også bekræftet i de uddybende interviews, hvor flere af anlæggene pegede på, at bjærgningsomkostning for halm (~450 DKK/ton) er for høj i forhold til biogasudbyttet, der kan realiseres. Netop den høje bjærgningspris betyder, at forbud mod at anvende halm til el- og varmeproduktion ikke kommer til at påvirke anvendelsen til biogasproduktion uden at der samtidig sker en teknologiuudvikling, der muliggør, at der med halm kan opnås et forbedret gasudbytte på en kost-effektiv måde.

Blandt gårdanlæggene angiver mere end 50%, at det enten er *ikke sandsynligt* eller *lidt sandsynligt*, at halm er en økonomiske relevant råvare i fremtiden. Blandt fællesanlæggene angiver 70%, at det en enten er *ikke sandsynligt* eller *lidt sandsynligt*, at halm er en økonomiske relevant råvare i fremtiden.

På Figur 18 nedenfor ses forventningerne til udnyttelse af alternative råvarer:



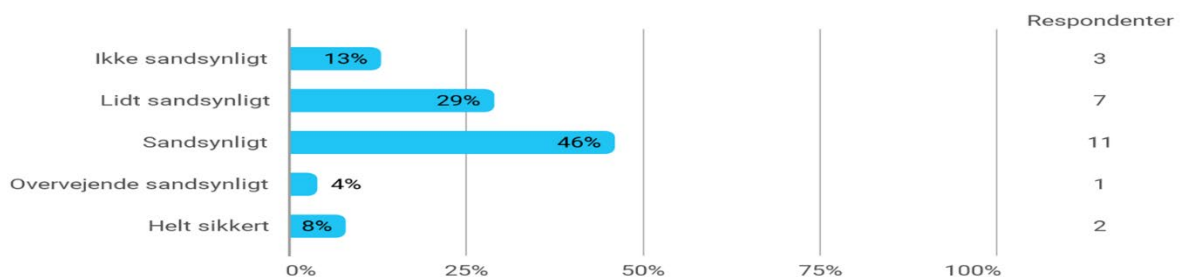
Figur 18: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende andre restprodukter fra primærproduktion (f.eks. roe- og kartoffeltoppe)?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

*Det kan vi allerede i dag.*

Det er interessant, at kun 4 (et fællesanlæg og 3 gårdbiogasanlæg) at de ikke i fremtiden kan udnytte eksempelvis plantetoppe. Over 80 % af respondenterne påregner at kunne bruge sådanne restprodukter. I Danmark blev der ifølge Fakta om erhvervet 2017 dyrket 38.000 ha foder- og sukkerroer.

Det er vanskeligt at gennemskue, hvorfor cirka 4 respondenter påregner, at de ikke kan benytte sådanne produkter, da de umiddelbart er mulige at opblende i gylle.



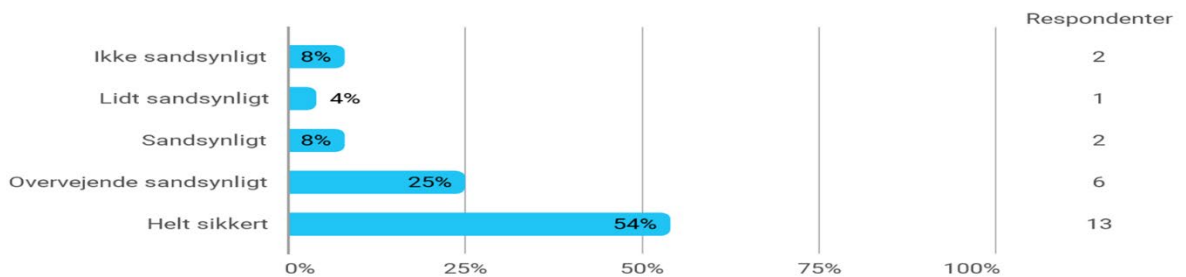
Figur 19: Hvad vurderer I, at sandsynligheden er for, at andre restprodukter fra primærproduktion (f.eks. roe- og kartoffeltoppe) er en økonomisk relevant råvare i fremtiden? (kun et svar).

#### Kommentarer fra spørgeskema:

*Undrer mig at i hele tiden spørger til roer og kartoffeltoppe, der findes da masser andre grønne restprodukter, som kan bruges, det gør jeg i dag i stor stil*

I denne sammenhæng er det interessant, at 1/8 svarer, at det er overvejende sandsynligt eller helt sikkert, at sådanne restprodukter er økonomisk interessante. Dette kunne pege i retning af, at mange af respondenterne finder at have sådanne restprodukter indenfor deres umiddelbare opland, hvorfor det vil være økonomisk attraktivt at aflevere sådanne masser lokalt.

Samtidig mener 40 % af respondenterne, at det er ikke eller lidt sandsynligt, at sådanne restprodukter er økonomisk relevante. Dette kunne eventuelt hænge sammen med, at sådanne restprodukter næppe udnyttes i dag, og at det derfor vil kræve en ekstraordinær indsats at få dem bjærget.



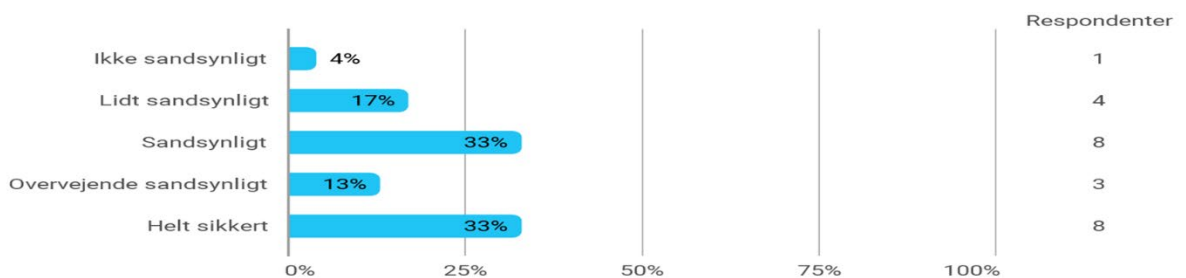
Figur 20: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende dybstrøelse? (kun et svar).

#### Kommentarer fra spørgeskema:

*Det kan vi allerede i dag.*

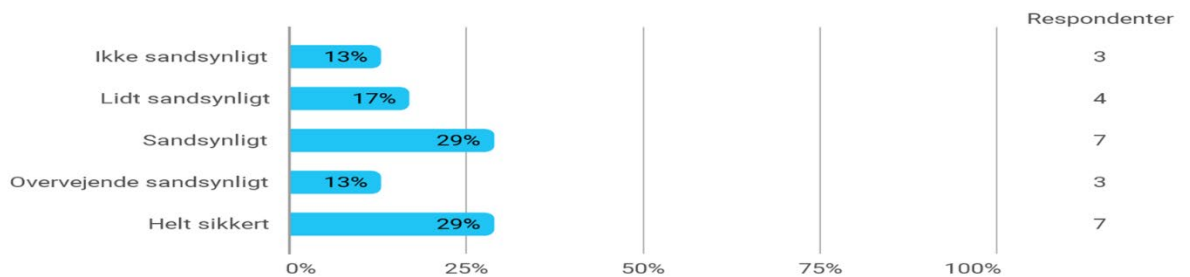
Det er interessant, at næsten 90 % af respondenterne forventer at benytte dybstrøelse i fremtiden.

Dybstrøelse benyttes allerede på næsten alle større anlæg og en række mellemstore gårdanlæg. I forbindelse med vores interviews blev det gentagne gange noteret, at dybstrøelse kan være meget urent og kræver maskinomkostninger og maskinservice. Det blev i øvrigt noteret dertil, at halm også kan indeholde store fremmedlegemer formentlig afhængigt af, hvem der har bjærget halmen. De tre anlæg, der angiver det som værende lidt eller ikke sandsynligt er alle biogasfællesanlæg. I forbindelse med interviewene blev der besøgt både mindre gårdanlæg og større fællesanlæg, som kunne anvende dybstrøelse uden videre problemer.



Figur 21: Hvad vurderer I sandsynligheden for, at dybstrøelse er en økonomisk relevant råvare i fremtiden?

Det ses, at cirka 1/5 angiver dybstrøelse som ikke eller lidt økonomisk relevant, mens 4/5 noterer, at det er sandsynligt eller mere sikkert, at dybstrøelse er økonomisk relevant. I de udførte interviews blev det også samstemmigt bekræftet, at dybstrøelse er en særdeles attraktiv råvare, som de typisk ikke betaler for og som giver et godt gasudbytte.

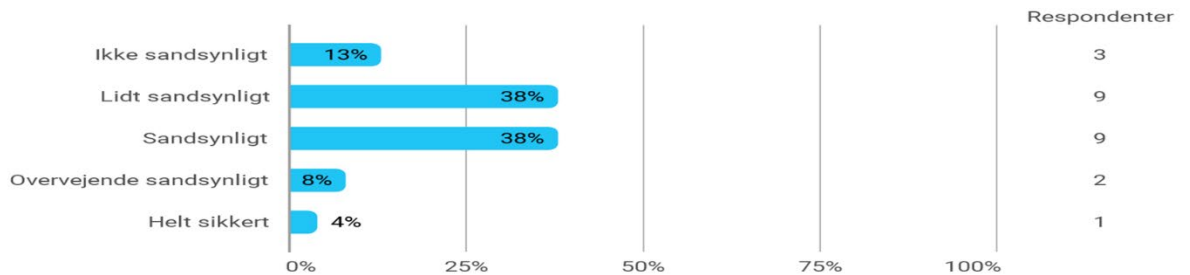


Figur 22: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende restafgrøder fra naturpleje og/eller haveparkaffald?

**Kommentarer fra spørgeskema:**

Det kan vi allerede i dag.

Figur 22 viser, at mere end 2/3 forventer fremover at kunne udnytte sådanne råvarer. Det er lidt færre end ovenfor, og det kan hænge sammen med, at have-park affald er en meget inhomogen størrelse, der eventuelt også kunne inkludere hæk og grenafklip. I de uddybende interviews var der bl.a. et gårdbiogasanlæg, der havde gjort sig nogle meget negative erfaringer med haveparkaffald, idet det indeholdte ekstremt store mængder fremmedlegemer, og biogasanlægget, som ellers anvender meget store mængder faste biomasser, måtte opgive at anvende restafgrøderne.



Figur 23: Hvordan vurderer I sandsynligheden for, at restafgrøder fra naturpleje og/eller haveparkaffald er en økonomisk relevant råvare i fremtiden? (kun et svar).

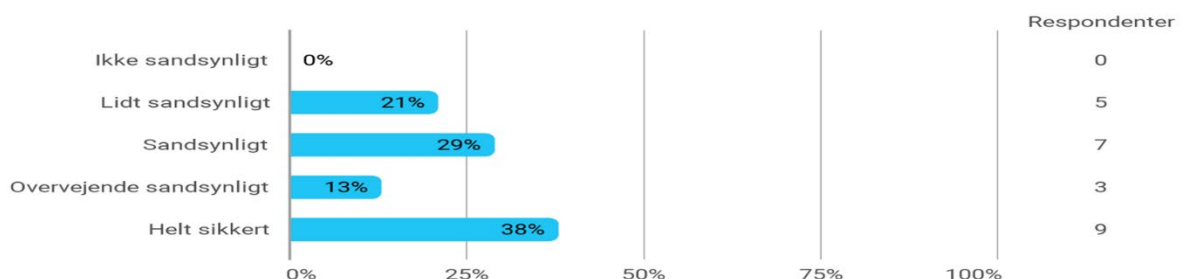
**Kommentarer fra spørgeskema:**

Der er ikke noget tons.

Der er ikke meget tørstof og mange fremmedlegemer. Vi har prøvet det!

Har gjort lidt i det allerede men bjergnings omkostningerne er tit for store til at det er økonomisk kan gå.

Det er interessant, at kun 12 % af respondenterne finder, at det er overvejende sandsynligt eller sikkert, at disse typer råvarer er økonomisk interessante. I interviewene påpegede flere af anlæggene, at udfordringen typisk er, at tørstofindholdet er lavt, mængderne er begrænsede og ofte er der et højt indhold af fremmedlegemer.

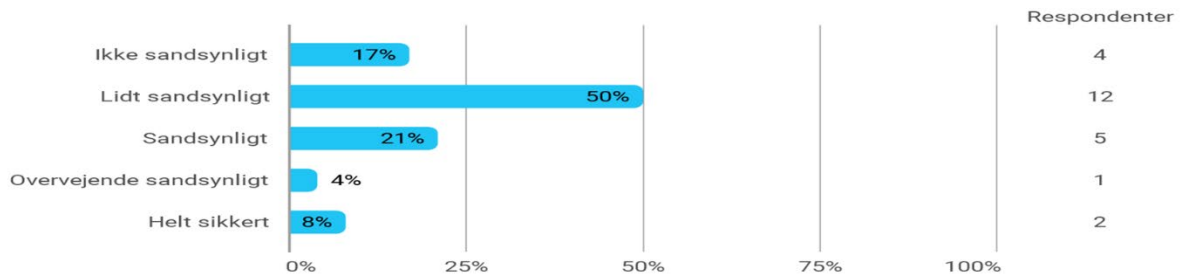


Figur 24: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende kløvergræs?

**Kommentarer fra spørgeskema:**

Det kan vi allerede i dag.

Det er interessant, at alle respondenter svarer, at kløvergræs kan blive en del af fremtiden. Det skal også ses i forhold til, at kløvergræs i dag i stor udstrækning refererer til økologiske landbrug.



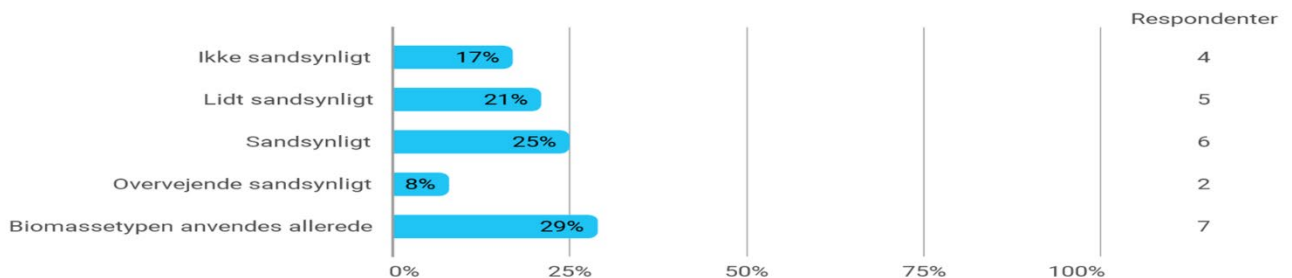
Figur 25: Hvad vurderer I sandsynligheden for, at økologisk kløvergræs er en økonomisk relevant råvare i fremtiden?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

For mange omkostninger og for lidt økologisk.

Pris.

Det er interessant, at cirka 67% vurderer, at kløvergræs ikke er eller kun med lav sandsynlighed er økonomisk interessant i fremtiden. Dette skal ses overfor forventningerne til den tekniske mulighed for at bruge det, der ligger på et helt anderledes positivt forventningsniveau.



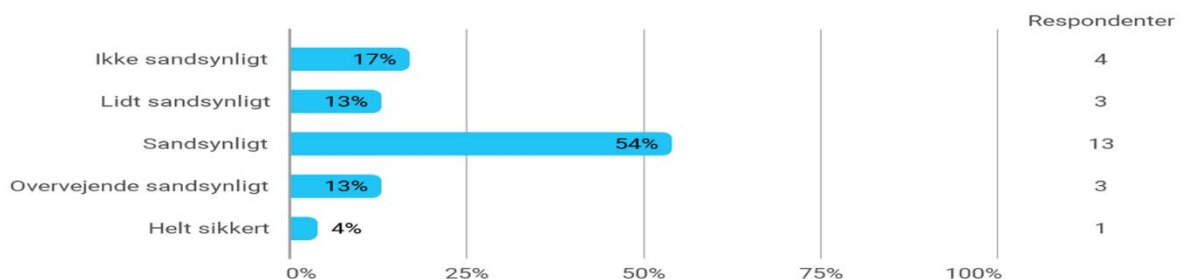
Figur 26: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende forbehandlet organisk dagrenovation og organisk dagrenovationslignende affald?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

Plastik og glas i KOD.

Anlægget skal så helt bygges om.

Det er interessant, at knap 30% (6 fællesanlæg og 1 gårdanlæg) af respondenterne allerede benytter forbehandlet organisk dagrenovation (KOD). På den anden side ses knap 40% at betragte det som usandsynligt (4 gårdanlæg) eller lidt sandsynligt (5 fællesanlæg), at de vil komme til at anvende KOD. Dette skal formentlig ses i forhold til, at anlæggene ikke nødvendigvis kan udføre kontrolleret hygiejnisering, og / eller at der stadig er forbehold for indholdet af fremmedlegemer i KOD.



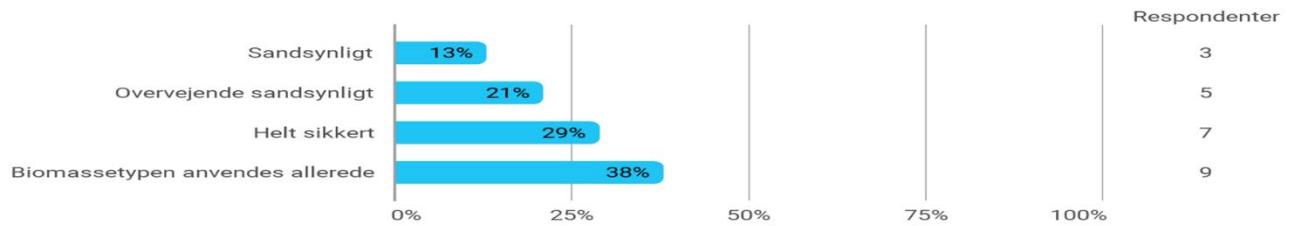
Figur 27: Hvad vurderer I sandsynligheden for, at forbehandlet organisk dagrenovation og organisk dagrenovationslignende affald er en økonomisk relevant råvare i fremtiden?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

For små mængder.

Som det fremgår af Figur 27 angiver 30% af respondenterne (4 gårdbiogasanlæg og 3 fællesanlæg), at det er lidt eller ikke sandsynligt, at KOD bliver økonomisk rentabelt. Omkring 2/3 af respondenterne (10 fællesanlæg og 7 gårdanlæg) forventer, at KOD bliver rentabelt at benytte i fremtiden.



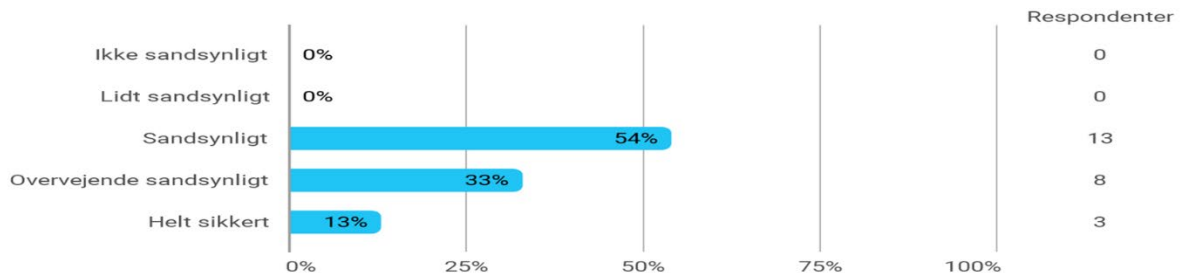


Figur 28: Hvad er sandsynligheden for, at I på anlægget efter 2021 rent teknisk kan anvende kasserede afgrøder?

#### Kommentarer fra spørgeskema:

Forefindes kun i små mængder.

Besvarelsene viser, at der generelt er ganske stor interesse for at udnytte og kunne udnytte kasserede afgrøder.



Figur 29: Hvad vurderer I sandsynligheden for, at kasserede afgrøder er en økonomisk relevant råvare i fremtiden?

Her er der meget høj grad af enighed om, at anvendelsen af kasserede afgrøder også i fremtiden er økonomisk interessant.

#### Eventuelle kommentarer til, hvilke generelle eller specifikke rammevilkår, der skal ændres/være på plads for at undgå brugen af energiafgrøder efter 2021?

Energiafgrøder bør ikke nedsættes til under 6-9%.

Støtten kan omlægges således, at gas produceret på gylle afregnes lidt højere end fra energiafgrøder. Men certifikatmarkedet arbejder allerede, og prisen på gas fra gylle og dybstrøelse bliver højere og dette er i sig selv med til at mindske brugen af energiafgrøder.

Afregningsvilkårene skal være nogenlunde som pt.

Det kræves at der sker store ombygninger på vores anlæg. Håndtering af omkostninger ved fosforfordeling efter det nye Langbrugsforlig.

En klar beregning på hvad biogas kan tilbyde via eksternaliteter i forhold til anden VE energi som fx sol og vind. Sammenligningsgrundlaget er forkert og biogasafregningen bliver dermed reduceret med sværere drift som resultat.

Restprodukter som halm og dybstrøelse er sværere at håndtere end energiafgrøder og ofte med mindre gas-potentiale, hvilket gør økonomien ekstra vanskelig.

At der findes tilstrækkelige mængde til rådighed til en pris det kan matche afregningen.

Varmeforsyningsloven.

Jeg mener ikke der bør arbejdes på at reducere andelen af energiafgrøder til biogasproduktion, nærmere tværtimod.

Der udtages i forvejen store arealer rundt omkring i Danmark til placering af solceller til energiproduktion. Jeg kan ikke se nogen forskel i om landbrugsarealer producerer energi på basis af afgrøder eller på basis af solceller.

Tværtimod vil arealer med energiafgrøder generere en langt større samfundsværdi i form af beskæftigelse/arbejde og andre effekter.

Derfor:

Man bør ligestille energiproduktionen fra landbrugsarealer, hvad enten den sker på baggrund af solceller eller på baggrund af afgrøder. Alt andet vil ikke gi nogen mening.

*Vi skal have mulighed for at anvende energiafgrøder, pga. forsynings sikkerhed.*

*Som el-producent har vi en udfordring med store nyinvesteringer, idet elprisen falder og vi derved mister konkurrencekraft.*

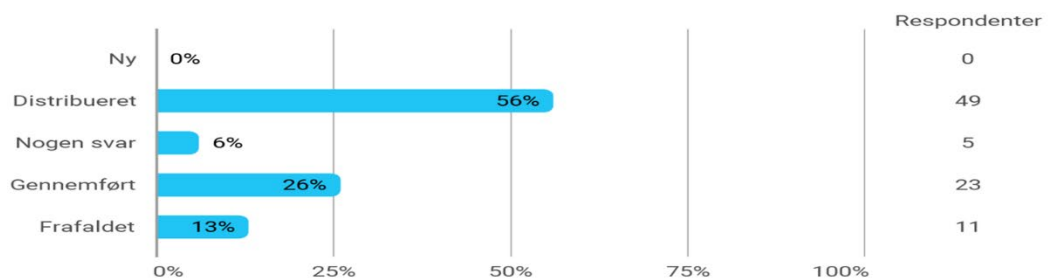
*Ingen.*

*Jeg kan ikke drive mit anlæg uden en vis mængde majs, da jeg skal styre min produktion efter varmemeforbruget i Spjald by og der skal jeg have nogle let omsættelige biomasser for mit anlæg er det kun ca. 1/3 af gasen der kommer fra energiafgrøder.*

*Alternativet for mit anlæg vil være at bygge det om så jeg kan bruge noget let omsættelig industriaffald som højst sandsynlig vil stige i pris vis energiafgrøderne falder væk.*

### Samlet status

Samlet status viser fordeling af spørgeskemaer, hvorledes det er lykkedes at komme ud til og få svar tilbage fra de anlæg, der indgår som potentielle i undersøgelsen:



Det ses, at:

- Det er lykkedes at komme igennem til 49 anlæg eller 56 % af den potentielle gruppe.
- 6 % har givet svar på nogle spørgsmål.
- 26 % har gennemført spørgeskemaet.
- 13 % er faldet fra inden spørgeskemaet er afsluttet.

Af de 14 gårdanlæg og 14 fællesanlæg, der har svaret, har 5 anlæg således ikke gennemført besvarelsen, men kun svaret på nogle spørgsmål.

Således har 23 af de potentielle 87 anlæg gennemført besvarelsen til fulde. Det svarer til en besvarelsesprocent på 26 %.