

Biogass/bioestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren

Sluttrapport kvalifiseringsprosjekt –
RFFVEST

Susanne Gitlesen, Kari-Anne Lyng, Pieter Callewaert og Anne Vatland Krøvel

Prosjekttittel:	Biogass/bioestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren
Prosjektnummer:	101221
Institusjon:	NORCE
Oppdragsgiver(e):	Hå kommune, Klepp kommune, Time kommune
Utgiver:	NORCE Norwegian Research Centre AS
Gradering:	Åpen
Rapportnr.:	5-2019
ISBN:	978-82-8408-044-4
Antall sider:	50
Publiseringsmnd.:	11
Sitering:	Gitlesen et al. (2019). Biogass/bioestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren. NORCE rapport 5-2019.
Tilhørighet	Susanne Gitlesen ¹ , Kari-Anne Lyng ² , Pieter Callewaert ² og Anne Vatland Krøvel ¹ ¹ NORCE Norwegian Research Centre AS ² Østfoldforskning AS



Revisjoner

Rev.	Dato	Forfatter	Kontrollert av	Godkjent av	Årsak til revisjon

Stavanger, 20.11.2019

Anne Vatland Krøvel
Prosjektleder

Atle Blomgren
Kvalitetssikrer

Catherine Boccadoro
Forskningsleder

Innhold

Sammendrag	4
Ordliste	5
1 Innledning	6
2 Hensikten med rapporten	8
3 Metodikk, avgrensinger og datagrunnlag for prosjektet	9
3.1 Datagrunnlag.....	9
3.2 Avgrensinger	10
3.3 Definererte scenarier	12
3.3.1 Scenario 0: ingen biogassproduksjon	13
3.3.2 Scenario 1: separering på hver gård og sentralisert biogasshub	13
3.3.2 Scenario 2: Separering og småskala våtreaktor på hver gård samt sentralisert biogasshub	14
3.4 Analysemodell for beregning av klimagass-utslipp.....	15
3.5 Analysemodell for beregning av lønnsomhet for bonden	16
4 Resultater	17
4.1 Separering av husdyrgjødsel fra storfe og svin som mulig strategi på kommunenivå	17
4.2 Gjødselmengder og antall biogassanlegg	22
4.3 Resultater for klimagassutslipp for hvert av de definerte scenariene.....	23
4.4 Resultater økonomien til husdyrgårdene	26
4.5 Skjerpede krav til spredeareal - Kan separering være en løsning for bonden?	30
5 Diskusjon og veien videre	33
5.1 Veien videre, videreutvikling av separering og håndtering	37

6	Konklusjon	39
7	Referanser	40
	Vedlegg A. Antagelser og nøkkeltall	43
	Vedlegg B. Kostnader og inntekter	48

Sammendrag

Hovedmålet med dette kvalifiseringsprosjektet har vært å vurdere om separering av husdyrgjødsel fra storfe og gris i en våt og en tørr fraksjon før behandling i biogassanlegg, vil kunne bidra til å løse noen av landbrukets utfordringer i forhold til klima og miljø regionalt og bondens utfordringer lokalt. Vi har spesielt sett på om separering av husdyrgjødsel fra storfe og svin i en våt og en tørr fraksjon før videre håndtering av tørr fraksjon i et sentralisert biogassanlegg (hub) kan være en mulig måte for gårdene å møte de foreslåtte skjerpede krav til tillatt spredning av fosfor.

Resultatene fra prosjektet viser at separering av husdyrgjødsel kan være en del av løsningen for en bærekraftig gjødselhåndtering. Separering vil kunne øke mengden husdyrgjødsel som prosesseres i et biogassanlegg samtidig som volumet som må transporteres reduseres. I tillegg vil metoden gi en bedre fordeling av næringsstoffer, siden den våte fraksjonen inneholder mer nitrogen, mens fosforet i større grad følger den tørre fraksjonen. Ved å separere husdyrgjødsel og transportere fosfor ut av gården vil de fleste gårdene (ca. 90%) ha nok eget spredeareal til å kunne oppfylle fremtidige skjerpede krav. En større sentralisert hub vil sannsynligvis kunne dekke det samlede behovet for hele regionen.

Biogassproduksjon fra husdyrgjødsel kan spille en viktig rolle som klimatiltak i landbruket. Klimagevinsten ved behandling av husdyrgjødsel er i stor grad knyttet til reduserte utslipp fra lagring på grunn av kortere lagringstid. Beregningene av klimagassutslipp viser derfor at jo mer husdyrgjødsel som går til biogassproduksjon, dess større reduksjoner av klimagasser kan man oppnå. Samtidig er det foreløpig lite kunnskap om hvordan separering påvirker utslippene fra våt og tørr fraksjon. Det er i dette prosjektet antatt at utslippene per tonn tørrstoff er upåvirket av separeringsprosessen.

Bedriftsøkonomiske analyser fra bondens perspektiv viser at separering av husdyrgjødsel og levering av den tørre fraksjonen til et sentralt biogassanlegg vil kunne være lønnsomt for gårder som i dag har kostnader knyttet til transport av husdyrgjødsel til nærliggende spredningsareal. Dette resultatet vil kunne påvirkes negativt dersom gårdene må bygge nye lagre for den våte eller den tørre fraksjonen etter separering. Det økonomiske resultatet for den enkelte bonde vil også avhenge av økonomien til den sentraliserte biogass-huben og avtalene med hver enkelt gård. Resultatet påvirkes positivt dersom huben kan betale for mottak; resultatet påvirkes negativt dersom bøndene må betale huben for leveransene. Prosjektet har ikke sett på forretningsmodell for huben og heller ikke hvordan huben skal få avsetning for bioresten.

For å få framdrift i gjødselhåndteringen i regionen vil et naturlig steg videre være etablering av et demoanlegg for å teste ut teknologi og kartlegge aktuelle «stakeholders» i biogass-verdikjeden.

Ordliste

Biorest	Fast fase som gjenstår etter biogassproduksjon
Bløtgjødsel	Bløtgjødsel, husdyrenes faste ekskrementer og urin lagret sammen, ofte også med større eller mindre mengder strø og vann fra husdyr og fjødrift.
Daa	Dekar.
GDE	Gjødseldyrenhet
Hub	Nav for å samle og prosessere gjødsel fra mange gårder i sentralisert prosess
Normtall	Angir hvor mye f.eks. fosfor som er knyttet opp mot gjødsel fra et bestemt dyreslag.
Separasjon	Separere gjødsel i en tørr og en våt fraksjon.
Stakeholders	Interessenter, grupper som har egeninteresse for tema
TS	Tørrstoff, stoff som blir tilbake etter fjerning av vann eller andre væsker.
Tørrfraksjon	Del av husdyrgjødsel etter separering. Inneholder 20-35% tørrstoff. Rapporten har brukt 30% TS og 80% fosfor i analysene.
Tørr biogassreaktor	Reaktor for tørre materialer med TS 20-35%
Våtfraksjon	Del av husdyrgjødsel etter separering. Inneholder mindre enn 3% tørrstoff. Rapporten har brukt 3% TS og 20% fosfor i analysene.
Våt biogassreaktor	Reaktor for våte materialer.

1 Innledning

Denne rapporten presenterer resultater fra prosjektet «Biogass-/biorestproduksjon som mulig bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren», et kvalifiseringsprosjekt finansiert av Regionale Forskningsfond Vestlandet. Prosjektet eies av de tre jærkommunene Hå, Time og Klepp. Prosjektpartnere er Rogaland Fylkeskommune, Fylkesmannen i Rogaland, Jæren biogass samt forskningsinstituttene NORCE (prosjektleder), Østfoldforskning og Nibio.

Rogaland har 10% av Norges befolkning og ca. 20 % av alle husdyr i landet. De store landbrukskommunene på Jæren har i dag utfordringer med mangel på spredeareal for husdyrgjødsel. Miljøutfordringene forsterkes ved at jorda i regionen har overskudd av fosfor som gir avrenning til vassdrag [1, 2]. Dersom foreslåtte forslag fra Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet til skjerpede krav til tillatt spredning av fosfor i revidert gjødselsforskrift blir vedtatt, anslår Fylkesmannen i Rogaland at regionen vil mangle over 100 000 dekar spredeareal for husdyrgjødsel [3]. Konsekvensen kan da bli at enkelte bønder må redusere husdyrbestanden med 25-50 %. Én mulighet for den enkelte bonde til å innfri strengere krav er å levere gjødsel ut av gården til annen bruk, for eksempel som råstoff i et biogassanlegg. På verdensbasis er fosfor en begrenset ressurs og ved behandling av husdyrgjødsel i et biogassanlegg vil fosfor i stor grad følge bioresten som blir igjen etter at man har tatt ut gassen [4]. Forutsatt at fosfor enten tas ut av bioresten før eventuell tilbakeføring til gården eller at bioresten blir brukt til annet enn jordbruksarealer i Rogaland, vil et problem kunne omgjøres til en positiv ressurs.

Videre kommer en stor andel av klimagassutslippene i Hå, Time og Klepp fra landbruksnæringen. For at kommuner og fylkeskommune skal ha mulighet å møte krav til reduksjoner i utslipp av klimagasser og næringsstoffer og samtidig opprettholde aktivitet og sysselsetting i regionen, krever dette tiltak. Alle tre deltagerkommunene samt Rogaland fylkeskommune har biogass nevnt i sine strategiske planer [5-10]. Videre er produksjon og bruk av biogass nevnt som et viktig tiltak i St.meld. 39 «Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen», hvor det er satt som mål at 30 % av husdyrgjødselen skal benyttes til produksjon av biogass innen 2020 [11].

Regionen har dessuten infrastruktur i form av gassledninger og pilotanlegg for biogass samt teknologi- og FoU-kompetanse innen gass og gjødsel. Samlet gjør dette biogassproduksjon til en mulig alternativ strategi for å: 1) håndtere overskudd av husdyrgjødsel og 2) møte myndighetenes krav til reduserte utslipp og bedre utnyttelse av ressurser, samtidig som 3) dagens matproduksjon i regionen opprettholdes eller til og med økes.

Overskudd av husdyrgjødsel eller mangel på spredeareal handler i stor grad om overskudd av fosfor, men i klimasammenheng er karbon og nitrogen viktigere faktorer. En enkel løsning er å transportere gjødsel til andre områder med underskudd av fosfor. Men da husdyrgjødsel fra storfe og gris inneholder mye vann vil det være snakk om transport av store volumer og dette er ikke hensiktsmessig hverken i et økonomisk eller miljømessig perspektiv. Ved separasjon av husdyrgjødsel i en tørr og en våt fraksjon vil hoveddelen av fosforen følge den tørre fraksjonen. Det gir mulighet for betydelig reduksjon i volumet som må transporteres bort fra den enkelte gård for å oppnå nødvendig reduksjon i fosfor. Jæren biogass på Voll har et pilotprosjekt hvor de ser på nettopp effekt av separering av gjødsel i en våt og en tørr fraksjon for deretter å ta ut biogassen i

de to fraksjonene [12]. I dette prosjektet har vi sett på om dette kan være en mulig strategi for regionen totalt sett og for de enkelte gårdene lokalt for å løse både utfordringer med økte krav til spredeareal foreslått i den nye gjødselverforskriften samt økte krav til at landbruket må bidra til å redusere klimautslippene.

Det er i juni 2019 signert en intensjonsavtale mellom jordbruket og regjeringen om redusert klimagassutslipp, der satsing på biogass er omtalt som ett av flere tiltak. Når det gjelder mulighet for bedre utnyttelse av nitrogen, og ikke minst effekt for utslipp av metan- og lystgass, har satsingen på biogass en klart positiv effekt. Det er i gang arbeid for at utslippseffekten som følge av biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel skal tas inn i utslippsregnskapet for landbruket. Det er samtidig slik at bønder i Rogaland trolig har kostnader til unødvendig innkjøp av nitrogen-gjødsel.

2 Hensikten med rapporten

Analysene i denne rapporten er ment å besvare følgende spørsmål:

- Hvordan endrer gjødselbildet seg for kommunene ved eventuelt skjerpede krav til spredning av fosfor?
- Hvor stort er råvaretilfanget for separert husdyrgjødsel fra storfe og gris i Hå, Time og Klepp, og hvor mange sentraliserte biogassanlegg er det hensiktsmessig å bygge?
- Hvilken effekt har separering av husdyrgjødsel fra storfe og gris til biogassproduksjon på klimagassutslipp og bondens økonomi, sammenliknet med dagens løsning?
- Hvordan kan biogass være en løsning på eventuelt skjerpede krav til spredning av fosfor for bøndene på Jæren?

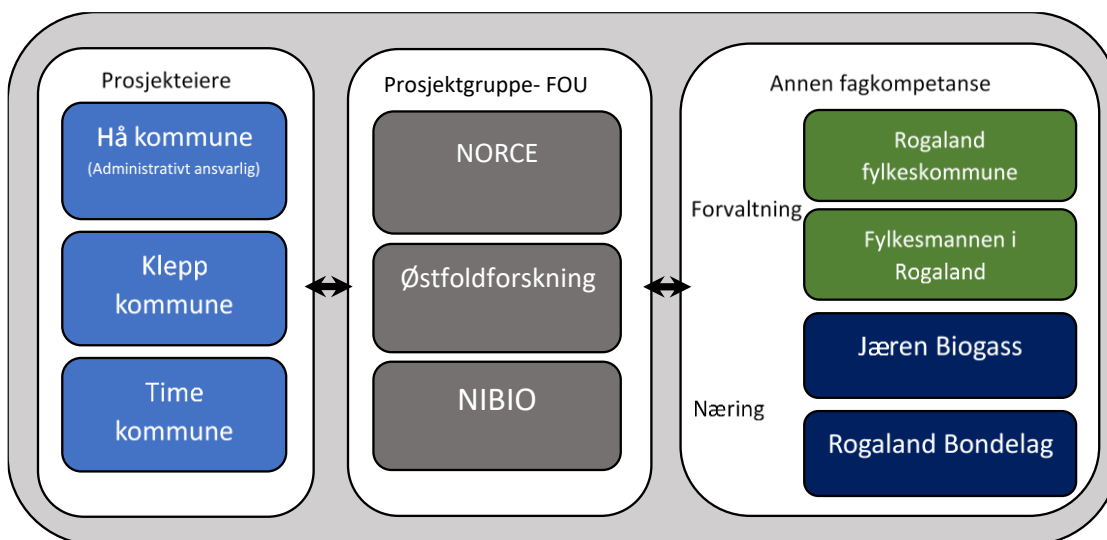
Over lengre tid har biogass vært lansert som et alternativ for å løse både miljø- og klimautfordringer fra landbruket. På grunn av lave energipriser her til lands har det imidlertid vært vanskelig å få til lønnsomhet for småskala biogassanlegg som produserer strøm og varme til gården.

Med endrede rammebetingelser som skjerpede krav til spredning av fosfor og økte kostnader til energi, kombinert med satsingen på den sirkulære økonomien (bedre utnyttelse av husdyrgjødsel som ressurs samt behov for omfordeling av fosfor) undersøkes det her om separering av husdyrgjødsel fra storfe og gris kombinert med biogassproduksjon kan være en måte å få til bærekraftig gjødselhåndtering for de tre kommunene.

Hensikten med rapporten er derfor å få frem et beslutningsgrunnlag for å se på om separering av husdyrgjødsel fra storfe og gris kan være en del av en gjødselhåndteringsstrategi (spredeareal, klima og økonomi) og å få ulike interessenter til å sette seg sammen og diskutere og bli enige om fokus og framdriftsplaner.

3 Metodikk, avgrensinger og datagrunnlag for prosjektet

I løpet av prosjektperioden har det vært en serie med arbeidsmøter hvor prosjektgruppen bestående av eierkommuner, forskning og annen fagkompetanse, se figur 3.1, har diskutert og blitt enige om gjødseltyper, teknologi, scenarier og begrensinger og kriterier for rådatautvalget.



Figur 3.1: Prosjektorganisering. Prosjektet har vært eid av Hå, Time og Klepp kommune med Hå kommune som administrativt ansvarlig. Forskningspartnere har vært NORCE (prosjektleder), Østfoldforskning og Nibio. Rogaland fylkeskommune og Fylkesmannen i Rogaland har vært med fra offentlig forvaltning mens næringsrepresentanter har vært Jæren Biogass og Rogaland Bondelag.

3.1 Datagrunnlag

I gjødselvereforskriften står det at det skal være tilstrekkelig disponibelt areal for spredning av husdyrgjødsel, minimum 4 dekar fulldyrket jord per gjødseldyrenhet (GDE) [13]. Forskriften oppgir også hvor mange GDE ulike dyreslag tilsvarer.

I dagens regelverk er det tillatt med 15 kg fosfor pr GDE og krav om minst 4 dekar spredeareal per GDE, dvs. 3,5 kg fosfor pr GDE. I utredningsdokumenter knyttet til nytt gjødselregelverk er det en oppdatering av normtall for antall dyr pr GDE. I tillegg foreslås det fra Landbruksdirektoratet å sette tak på 3 kg fosfor per dekar, tilsvarende 5 dekar spredeareal per GDE. Det er også vurdert en ytterligere innstramning på 6 dekar spredeareal per GDE eller 2,5 kg fosfor per dekar på lenger sikt. Dette er fortsatt uavklarte spørsmål, og det vil trolig bli høring av endelig forslag til nytt regelverk i 2020.

I vedlegg «Oversendelse 4.10.2018 av forslag til revidert forskrift om gjødsel med konsekvensutredningen til nytt gjødselregelverk» [1] vurderer Landbruksdirektoratet konsekvensene for de ulike forslagene til nytt gjødselregelverk. Klepp, Hå og Times kommune er områder som belyses å bli særskilt påvirket av de nye foreslåtte forskriftene p.g.a. den høye dyretettheten. Foreslåtte tiltak er blant annet å redusere dyretall eller transportere gjødsel ut av regionen.

Datagrunnlaget i denne rapporten er basert på rapporterte tall fra Fylkesmannen i Rogaland som deretter er gjennomarbeidet av kommunene. Tallene er justert for godkjent innmarksbeite, beitesesong og antall slaktegris. For nøkkeltall, se vedlegg A.

3.2 Avgrensinger

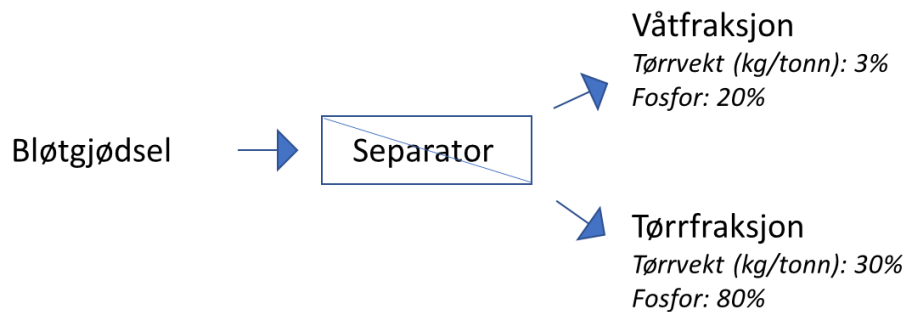
Analysene i denne rapporten er begrenset til gjødsel fra storfe og gris. Grunnen til dette utvalget er at storfe og svinegjødsel er mest aktuell for separeringsteknologien vurdert i prosjektet. I tillegg håndteres fjørfegjødsel i dag på Sele samtidig som IVAR allerede har etablert et biogassanlegg for å håndtere andre mulige biogass-råvarer som husholdningsavfall, slam og organisk avfall på Grødal i Hå. Vi har heller ikke gått i dybden på bruk av biorest eller biogass. Førstnevnte adresseres blant annet i det parallelt pågående prosjektet Mafigold «Matavfall, fiskeslam og husdyrgjødsel, fra problem til bondens gull» ledet av Nibio med hovedfokus på biorest som et gjødselprodukt [14] mens potensialet for biogass i Rogaland har blitt oppsummert i rapporten «Tilrettelegging for bruk av biogass i Rogaland» [15].

Separeringsteknologien omhandlet i denne rapporten innebærer for den enkelte gården at gjødselen separeres med en separator til en tørrfraksjon som transporteres til en sentralisert biogasshub hvor den behandles i en tørr-reaktor, og en våtfraksjon som brukes på gården. Etter separering har våtfraksjonen et høyt nitrogeninnhold mens fosfor i hovedsak følger den tørre fraksjonen. Dette innebærer at det transporteres et lavere volum til den sentraliserte huben, noe som gir lavere transportbehov, samt at fosfor fjernes fra den enkelte gården.

Etter separering eller annen behandling brukes analysert fosfor, P, som grunnlag for tillatt gjødselmengde/fratrekk fra spredeareal.

Erfaringer og resultater fra Jæren Biogass sitt pilotanlegg på Voll har blitt brukt som underlag for beregninger. Som basis til separeringen har det blitt benyttet tall fra Jæren Biogass [16]. Liknende tall finnes i litteraturen, men fosfor-fordelingen er avhengig av brukt teknologi og flere faktorer som pH, Mg, K, P, N konsentrasjon [4].

Jæren Biogass har en skrueseperator og et gårdsanlegg for våtfraksjon samt en tørr-reaktor. Foreløpige analyser indikerer en snittfordeling av tørrstoff i våt og tørr fraksjon på henholdsvis 3 og 30% [16]. Fordeling av fosfor i våt/tørrfraksjon er 20%/80%. Det er disse tallene som er lagt til grunn i analysene i denne rapporten. Denne fordelingen vil imidlertid endres dersom separasjonsteknologi endres, se figur 3.2.

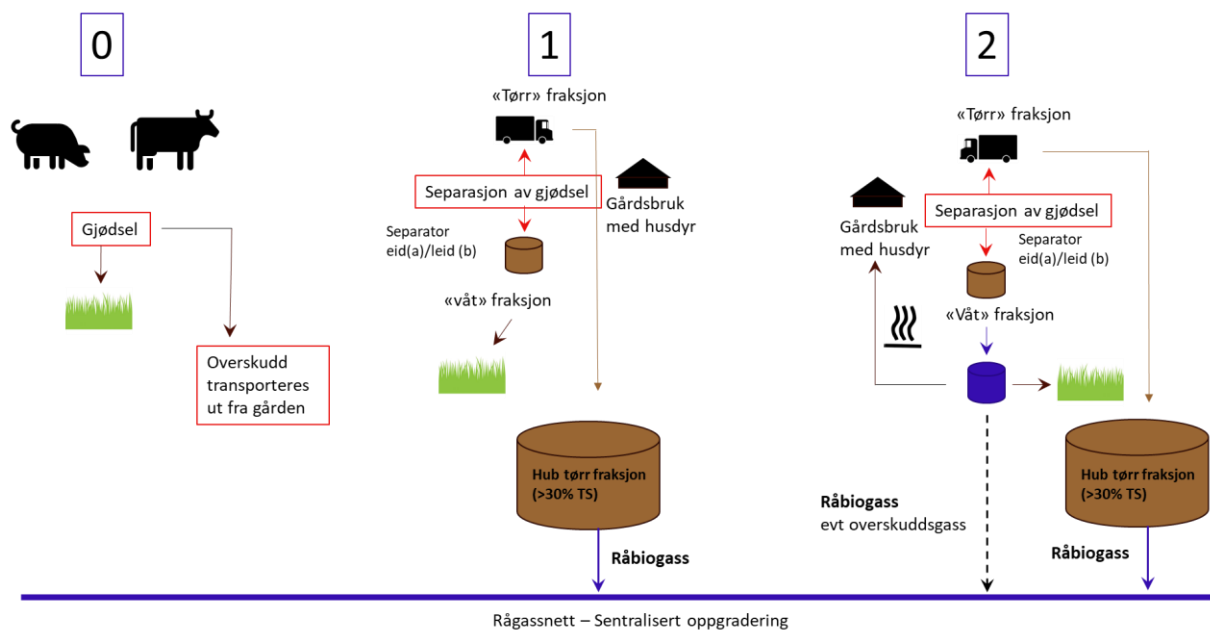


Figur 3.2: Oversikt over separering og verdier brukt i analysene i denne rapporten. Bløtgjødsel separeres ved hjelp av en skruseparator i en våt- og en tørrfraksjon, men henholdsvis 3% og 30% tørrstoffinnhold. Fordeling av fosfor i de to fraksjonene er 20/80 i våt og tørr fraksjon. Tallene er basert på data fra Jæren Biogass sitt pilotanlegg på Voll [16].

3.3 Definerde scenarier

Det er definert 3 ulike scenarier i prosjektet:

- Scenario 0: Ingen separering eller biogassproduksjon.
- Scenario 1: Separering av gjødsel og biogassproduksjon i sentralisert tørr-reaktor (hub).
- Scenario 2: Separering av gjødsel og biogassproduksjon både lokalt på gården (våtreaktor) og i sentralisert tørr-reaktor (hub).



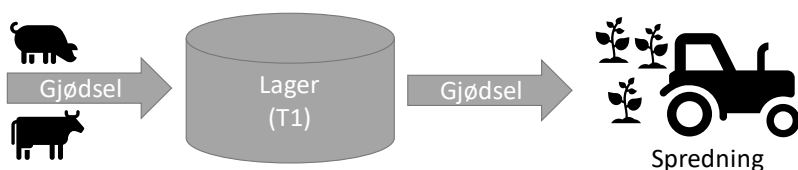
Figur 3.3: Oversikt over de 3 ulike scenariene. **Scenario 0** innebærer ingen separering av gjødsel eller biogassproduksjon. I **scenario 1** er det separering av gjødsel i våt og tørr fraksjon, spredning av våt fraksjon på egen gård og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. **Scenario 2** har separering av gjødsel, lokal biogass-produksjon fra våt fraksjon og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. Scenario 1 og 2 deles videre inn i a og b, hvor man i **a)** eier sin egen separator mens i **b)** leier man separator ved behov. Kilde: NORCE.

Hver av disse scenariene er beskrevet i mer detalj nedenfor.

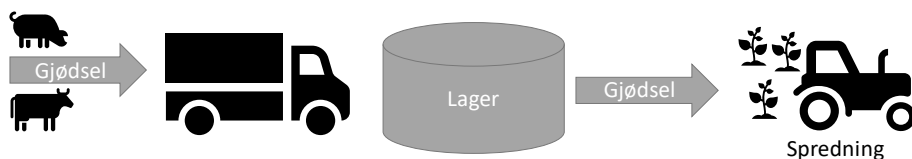
3.3.1 Scenario 0: ingen biogassproduksjon

Husdyrgjødsel lagres på gården før den spres på jordet, som vist i figur 3.4a eller transporteres til leid spredeareal eller til spredeareal på gårder i nærheten, figur 3.4b. Beregning mellom differanse mellom behov for spredeareal og tilgjengelig spredeareal er beskrevet i vedlegg A. Siden det er relativt korte avstander i regionen, er det antatt en transportavstand på 10 km.

A)



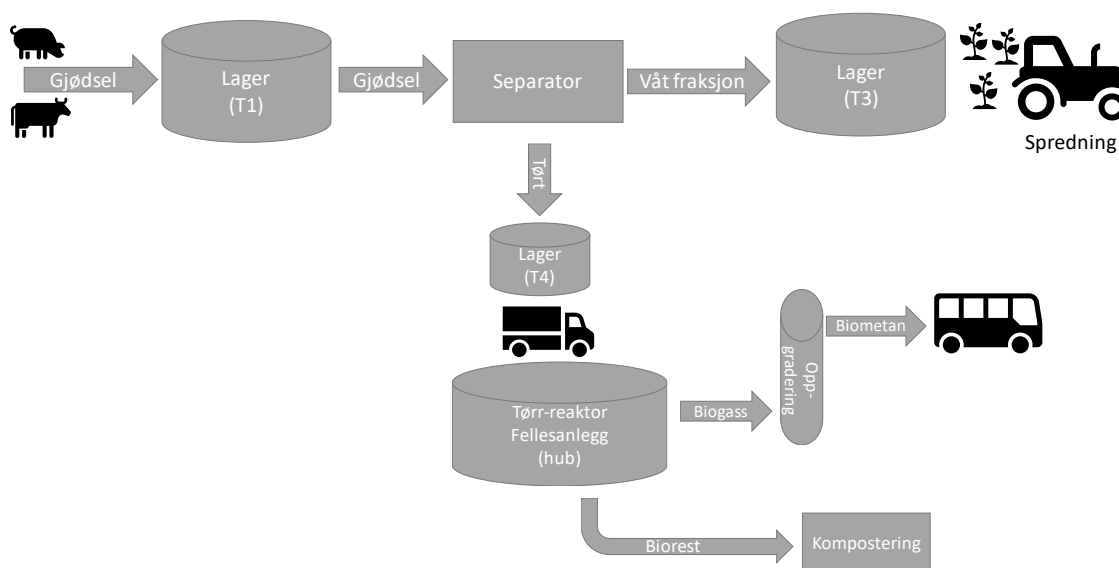
B)



Figur 3.4: Scenario 0- Ingen separering av husdyrgjødsel og ingen biogassproduksjon. Enten spres gjødsel på egen gård (A) eller transporteres til andre spredeareal (B). Kilde: Østfoldforskning.

3.2.2 Scenario 1: separering på hver gård og sentralisert biogasshub

I scenario 1 separeres all husdyrgjødsel i en tørr og en våt fraksjon på gården. Deretter transporteres den tørre fraksjonen til en sentralisert hub for behandling i en tørr-reaktor for biogassproduksjon, se figur 3.5. Etablering av hub antas å være en industrialisert prosess som ligger utenfor målsettingen til dette kvalifiseringsprosjektet. Det er antatt at den sentrale huben oppgraderer biogassen til drivstoffkvalitet og leverer dette til transportsektoren, hvor biogassen erstatter diesel.

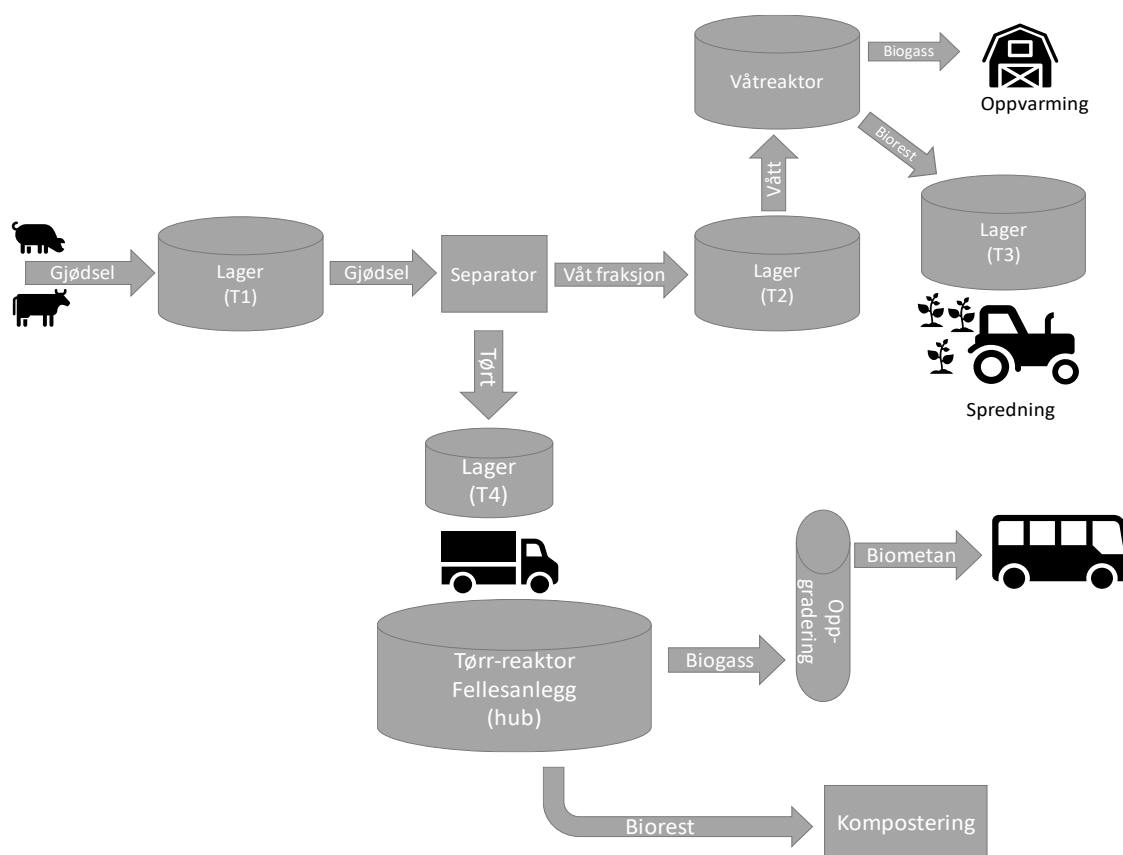


Figur 3.5: Scenario 1: behandling av separert gjødsel i sentral biogasshub. I økonomianalysene er det inkludert to ulike alternativer for separering: a) hver gård investerer en fast separator og b) en separator som går på rundgang og leies av hver gård på behov. Kilde: Østfoldforskning.

3.3.2 Scenario 2: Separering og småskala våtrektor på hver gård samt sentralisert biogasshub

Scenario 2 tilsvarer scenario 1 (separering av all husdyrgjødsel i en tørr og en våt fraksjon på gården, etablering sentral hub for behandling av tørrfraksjon) og i tillegg et gårdsanlegg på hver gård for den våte fraksjonen, se figur 3.6.

I likhet til Scenario 1 er det inkludert to ulike alternativer for separering i økonomianalysene: a) hver gård investerer en fast separator og b) en separator som går på rundgang og leies av hver gård på behov.

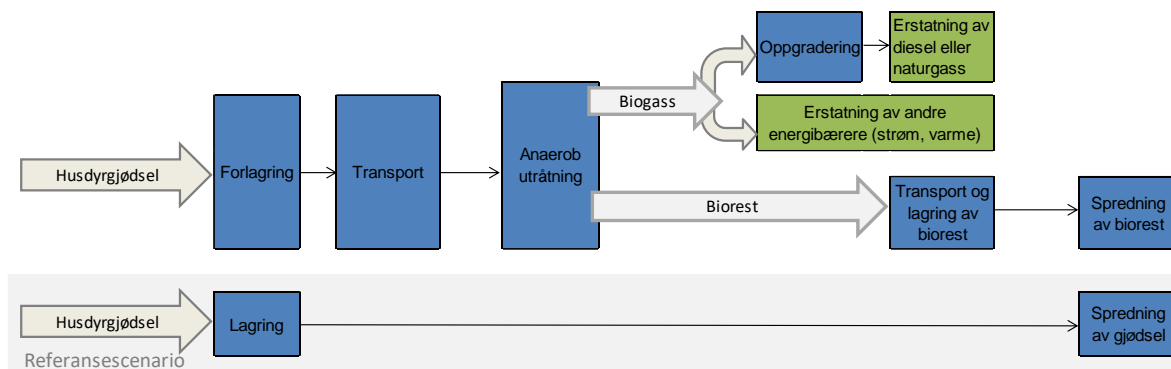


Figur 3.6: Scenario 2: behandling av separert gjødsel i sentral biogasshub (tørr fraksjon) og i gårdsanlegg (våt fraksjon). I økonomianalysene er det inkludert to ulike alternativer for separering: a) hver gård investerer en fast separator og b) en separator som går på rundgang og leies av hver gård på behov. Kilde: Østfoldforskning.

3.4 Analysemodell for beregning av klimagassutslipp

Tidligere studier har vist at husdyrgjødsel til biogassproduksjon kan bidra til reduksjon av klimagassutslipp totalt gjennom verdikjeden og i landbruket [17, 18]. På grunn av den store andelen fornybar energi i Norge, er utslippsreduksjonene størst dersom biogassen oppgraderes til drivstoffkvalitet og brukes til å erstatte fossile drivstoff.

I dette prosjektet er det brukt life cycle assessment (LCA)-metodikk for å beregne reduksjoner i klimagassutslipp for ulike fremtidsscenarioer. Beregningene ble gjennomført ved hjelp av BioValueChain-modellen [19, 20]. Modellen er tidligere blitt benyttet for Vestfold [17]. Beregningene inkluderer utslipp gjennom hele verdikjeden, og formålet er å estimere differansen mellom utslipp for fremtidige scenarioer og utslippene knyttet til dagens løsning for gjødselhåndtering. Figur 3.7 illustrerer ulike livsløpsfaser for håndtering av gjødsel med og uten biogassproduksjon.



Figur 3.7: Ulike livsløpsfaser for håndtering av gjødsel med og uten biogassproduksjon. Kilde: Østfoldforskning [18].

3.5 Analysemodell for beregning av lønnsomhet for bonden

Hensikten med de økonomiske analysene i dette prosjektet har vært å vurdere sannsynligheten for at bøndene i regionen vil velge de ulike fremtidsscenarioene, ved å beregne den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Analysene synliggjør også hvilke typer gårder de ulike løsningene vil være mest lønnsomme for. Analysene er gjort fra landbrukets perspektiv og inkluderer derfor ikke kostnadene til andre aktører, som for eksempel det sentraliserte biogassanlegget (huben).

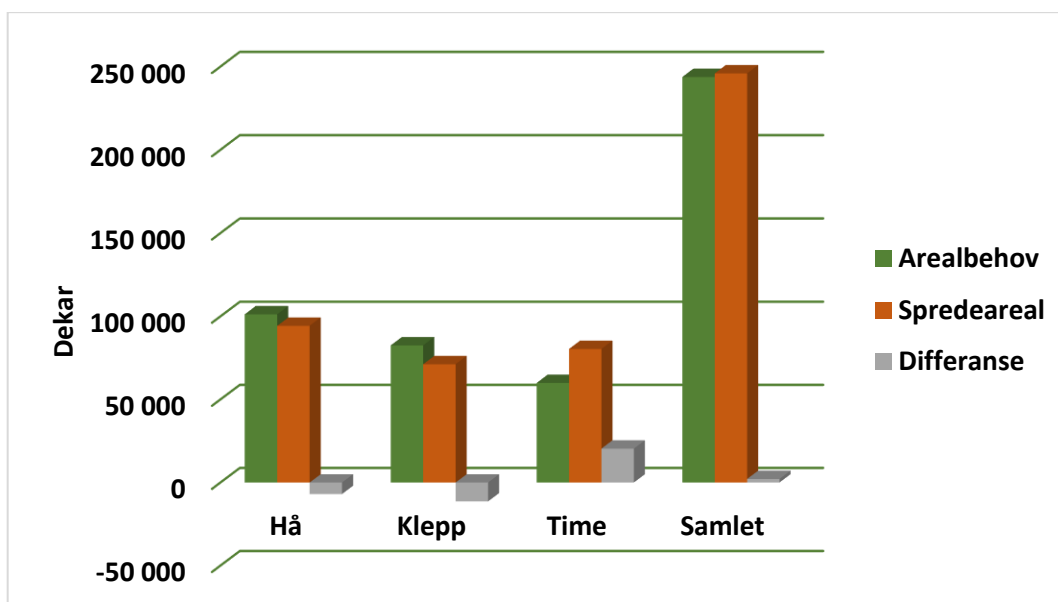
Økonomiberegningene følger samme prinsipp som i en studie for Vestfold [17], men det er innhentet egne data for håndtering av husdyrgjødsel, separering, transport og lagring. Datagrunnlaget er i stor grad basert på informasjon fra Jæren Biogass og fra prosjektdeltakerne, for detaljer se vedlegg B.

Det understrekes at økonomianalysene må ansees som grove estimater som kan gi en indikasjon på om et tiltak er lønnsomt eller ikke for bonden. De bedriftsøkonomiske resultatene vil i stor grad være avhengig av den eksisterende infrastrukturen på hver gård (lagertype, lagerstørrelse, beliggenheten på lageret, vei/ankomstmuligheter etc.). Det er ikke gjort en detaljert datainnsamling fra hver enkelt gård i regionen, og prosjektet har derfor basert seg på gjennomsnittstakelser, basert på kunnskapen og erfaringene til prosjektdeltakerne.

4 Resultater

4.1 Separering av husdyrgjødsel fra storfe og svin som mulig strategi på kommunenivå

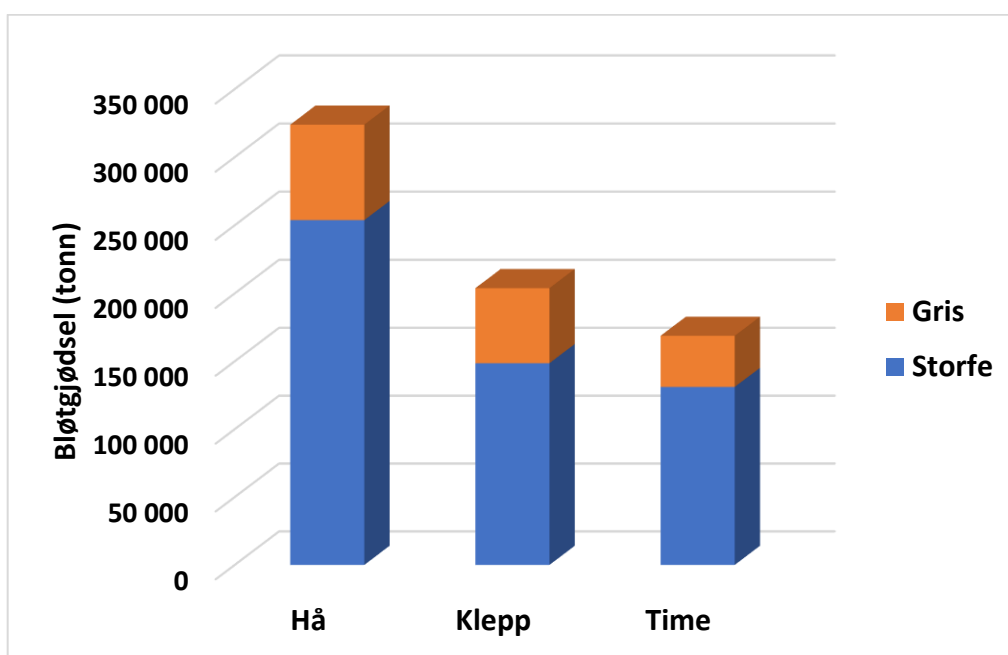
De tre jærkommunene Hå, Time og Klepp har i dag høy husdyrtetthet og regionen har samlet sett begrenset med spredeareal i forhold til dyretallet, se figur 4.1.



Figur 4.1: Arealbehov vs tilgjengelig spredeareal for alle dyreslag i Hå, Time og Klepp. Tallene inkluderer gjødsel fra alle dyreslag (storfe, gris, pelsdyr, fjørfe og sau). På kommunenivå har i Hå og Time per i dag for lite spredeareal og må finne alternative løsninger som transport over kommunegrenser eller levering av fjørfegjødsel til Norsk Naturgjødsel på Sele. Time kommune har i dag nok tilgjengelig spredeareal på kommunenivå. Samlet sett har de tre kommunene i dag et overskudd spredeareal på ca. 2000 dekar. Kilde Hå, Time og Klepp kommune.

De foreslåtte endringene i gjødselbruksforskriften med begrensinger på fosformengde, se kap. 3.1, vil derfor ha særlig betydning for kommunene på Jæren, se tabell 4.1. I dette prosjektet har vi kun sett på husdyrgjødsel fra storfe og gris, andre dyreslag som fjørfe, sau og pelsdyr er ikke inkludert i analysene, se også kap. 3.2.

Mengde husdyrgjødsel for storfe og gris er beregnet ut ifra antall dyretall i kommunene Hå, Time og Klepp. Av disse tre kommunene har Hå de største gjødselressursene fra storfe og gris (omtrent 320 000 tonn), mens Klepp har henholdsvis 200 000 tonn og Time omtrent 170 000 tonn bløtgjødsel hver. De estimerte totale mengdene vises i figur 4.2. Antagelser og nøkkeltall som er brukt til beregninger er beskrevet i Vedlegg A. Resultat tar ikke hensyn til andre dyreslag enn storfe og gris, og ikke heller til annen biomasse tilgjengelig som gjødsel. Tallene viser at om det ses isolert på storfe og gris, har de tre kommunene per i dag nok areal totalt sett for å dekke gjeldende krav om spredeareal, se tabell 4.1. Alle tre kommunene har for lite spredeareal til å dekke det foreslåtte krav på 6 dekar/GDE (figur 4.3).

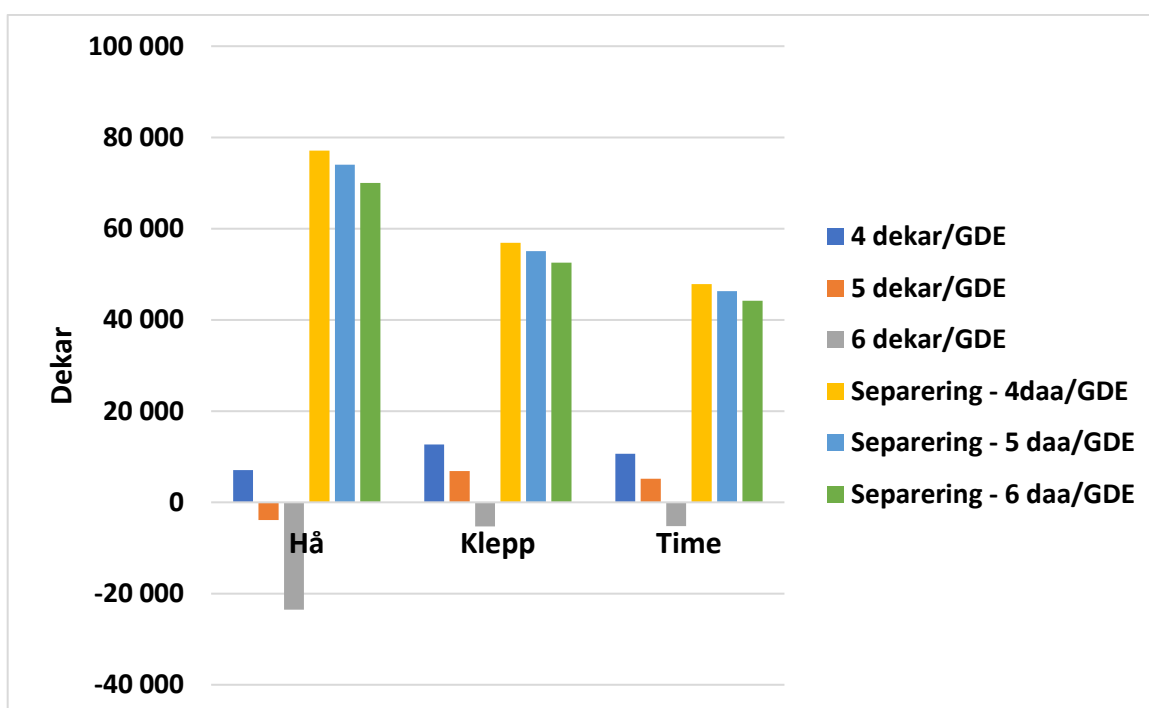


Figur 4.2: Estimert total mengde bløtgjødsel i tonn for gris og storfe fordelt på kommuner. Gjødsel fra fjørfe, sau og pelsdyr er ikke inkludert. Dette viser at Hå har de største gjødselressursene for storfe og gris (omtrent 320 000 tonn), mens Klepp har 200 000 tonn og Time har omtrent 170 000 tonn bløtgjødsel hver. Kilde: NORCE.

Tabell 4.1: GDE og fosfor på kommunenivå basert på eksisterende og nye normtall

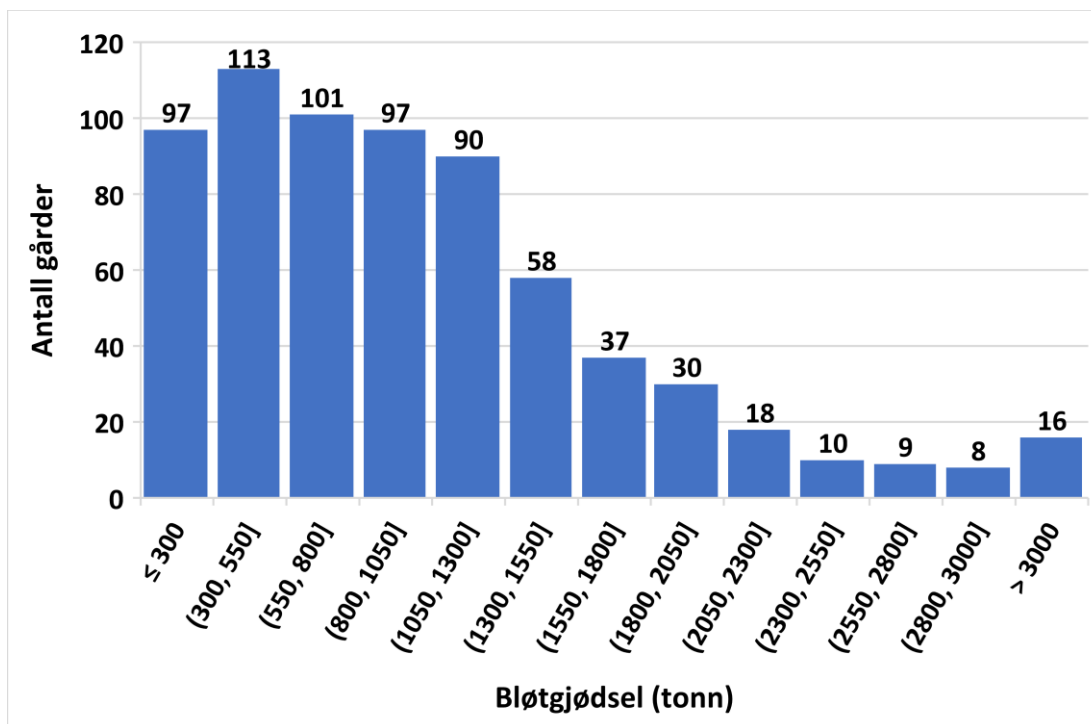
Fosfor per spredeareal er basert på gårdsenheter med storfe og/eller gris. Bruk av oppdaterte normtall for beregning av fosfor per GDE gir marginal endring fosfor per dekar. Det er marginal endring av de nye foreslåtte normtall totalt på antall tonn fosfor på kommune nivå. En endring til maksimalt 3 kg fosfor per dekar spredeareal innebærer at alle tre kommunene har for lite spredeareal ved opprettholdt dyretall.

Kommune	Antall GDE/dagens krav	Antall GDE /forslag	TOT P Tonn/dagens normtall	TOT P Tonn/foreslåtte normtall	P kg/daa dagens normtall	P kg/daa foreslåtte normtall
Hå	21 771	19 607	298	302	3,47	3,51
Klepp	13 734	12 153	187	188	3,19	3,21
Time	11 562	10 344	158	159	3,19	3,20
Totalt	47 066	42 104	643	648	3,31	3,34



Figur 4.3: Tilgjengelig spredeareal på kommunenivå basert på storfe og gris for ulike regelverksnivåer og med separering for de gårder som mangler eget spredeareal for de ulike krav nivåene. Spredearealet er beregnet basert på storfe og gris, andre dyreslag som fjørfe, sau og pelsdyr er ikke inkludert. Derfor ser dagens situasjon (4 dekar/GDE) bedre ut for Hå og Klepp enn dersom man ser på all gjødsel (se figur 4.1). Tallene i figuren er basert på gjeldende og foreslåtte normtall for GDE. Antatt fosfor-fordeling av total andel fosfor etter separering er 80 % i tørrfraksjon og 20 % i våtfraksjon. Kilde: NORCE.

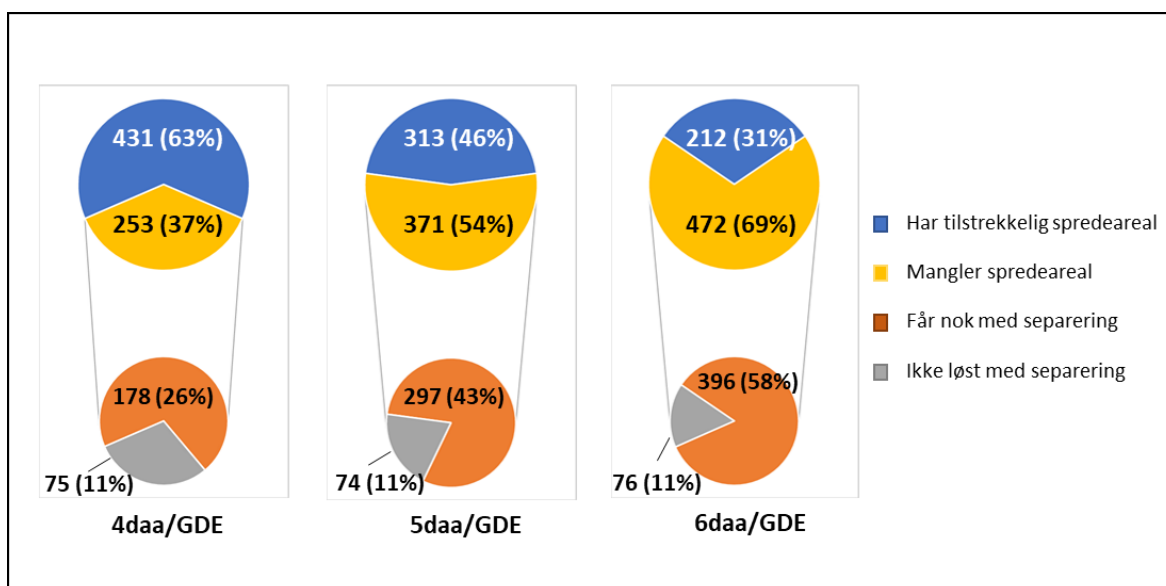
Figur 4.4 viser total mengdefordeling bløt gjødsel per gårdsbruk. Middelerdien er en gård med 714 tonn bløt gjødsel. Det finnes 16 gårder, som har mer enn 3000 bløt gjødsel fra storfe og/eller gris.



Figur 4.4: Mengdefordeling bløt gjødsel fra storfe og gris i tonn på gårdsnivå. Mengde gjødsel er gitt som mengde fra f.eks. 300-550 tonn og stolpen representerer antall gårder som har gjødselmengde som faller inn under denne kategorien. Antall gårder per kategori er markert på toppen av stolpen. Kilde: NORCE.

Figur 4.5 viser at med dagens krav har 63% av gårdene tilstrekkelig spredeareal på egen eiendom, øvrige benytter avtaler med andre gårder i kommunene eller transporterer gjødsel ut av kommunen. Innføres for eksempel krav på 6 dekar/GDE har 31% av gårdene nok med egne spredningsarealer for å opprettholde dagens dyreproduksjon av storfe og/eller gris. 472 av 684 gårder har for lite eget spredeareal for å oppfylle et krav på 6 dekar/GDE, se også tabell A.9 i vedlegg A.

Separeringsteknologien undersøkt i denne rapporten innebærer for den enkelte gård at gjødselen separeres med en separator til en tørrfraksjon som transporteres ut av gårdsbruket til en sentralisert biogasshub og en våtfraksjon som brukes på gården. Fosforet følger den tørre fraksjonen (80%) dermed får man en transport av fosfor bort fra den enkelte gård. Figur 4.5 viser at med separering har ca. 90% av gårdene nok eget spredeareal ved de valgte betingelsene (TS 3%/30% og fosforfordeling etter separering 20%/80% i henholdsvis våt og tørr fraksjon). Ca. 75 gårder (11%) har for mye gjødsel i forhold til eget spredningsareal til at separering alene kan være en løsning.

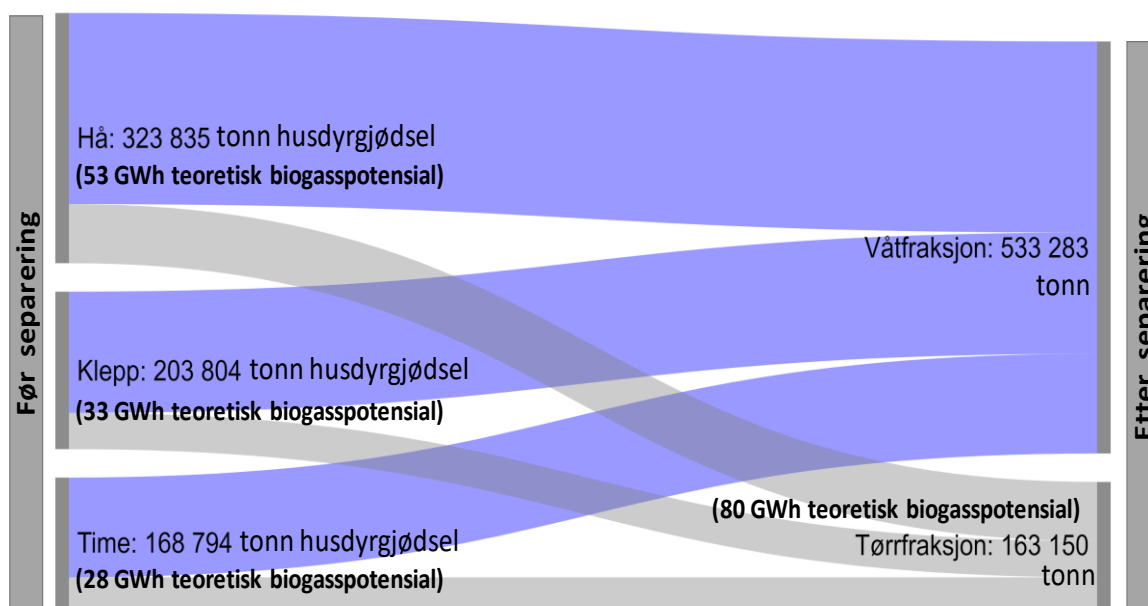


Figur 4.5: Fordeling gårder med storfe og gris som løser utfordring med spredeareal ved hjelp av separering ved ulike krav til spredningsareal. Totalt antall er 684 gårder med storfe og/eller gris i Hå, Kleppe og Time. Data basert på gjeldende og foreslåtte normtall for GDE og etter separering basert på normtall for fosfor i gjødsel, se vedlegg A. Antatt fosforfordeling av total andel fosfor etter separering med 80 % i tørr fraksjon og 20 % i våt fraksjon. Blått representerer gårder som har tilstrekkelig spredeareal, gult gårder som vil mangel spredeareal ved det gitte krav. Oransje representerer gårder som får tilstrekkelig spredeareal ved separasjon og transport av tørr fraksjon ut av gårdsbruket, mens grått viser de gårder som ikke oppnår tilstrekkelig spredeareal på egen gård selv ved separering og transport av tørr fraksjon ut av gårdsbruket. Kilde: NORCE.

Kort oppsummert betyr det at dersom alle gårder i Hå, Time og Klepp separerer, vil tilgjengelige gjødselressurser vært 696 000 tonn bløtgjødsel som tilsvarer 179 910 tonn tørrfraksjon etter separering. Sannsynligvis er det mer realistisk at de gårdene som får utfordringer ved skjerpede krav vil være de som er blir med på en slik ordning og da vil samlet potensiale for de tre jærkommunene være 114 000 tonn tørrfraksjon ved 5 dekar/GDE fordelt på 57 500 tonn, 31 600 tonn og 25 000 tonn for henholdsvis Hå, Time og Klepp.

4.2 Gjødselmengder og antall biogassanlegg

Totalt teoretisk biogasspotensiale for regionen, som er basert på gjødselmengder beregnet ut ifra antall storfe og gris på gårdene i kommunene Hå, Time og Klepp og estimat av separerte mengder tørr og våt fraksjon på gården vises i figur 4.6.



Figur 4.6: Sankeydiagram for mengde gjødselressurser fra storfe og gris (tonn våtvekt) tilgjengelig i de tre kommunene før og etter separering, samt teoretisk biogassutbytte (GWh) for de ulike strømmene. Kilde: Østfoldforskning.

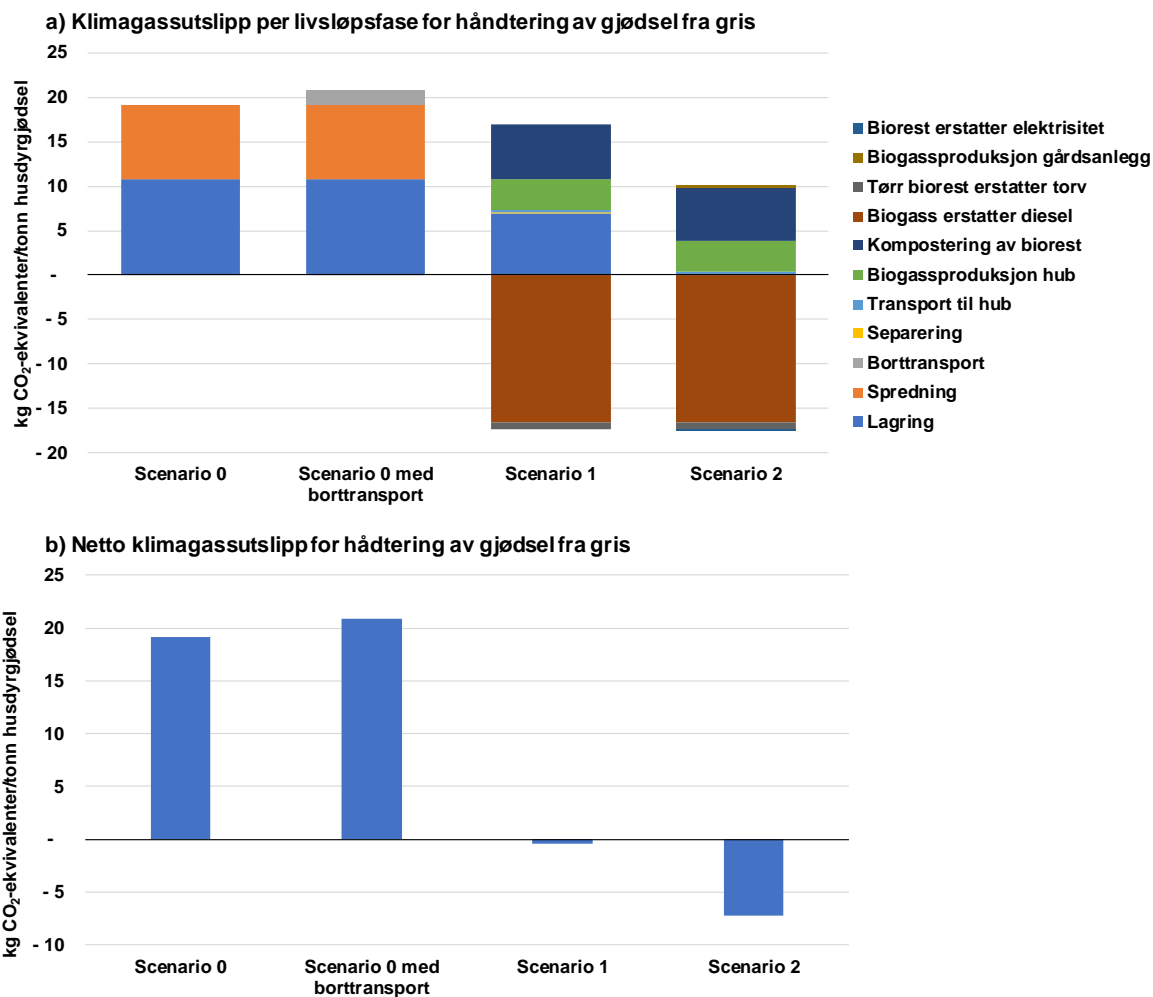
Det totale teoretiske biogasspotensialet fra husdyrgjødsel fra storfe og gris i Hå, Time og Klepp utgjør til sammen 114 GWh. Ved separering av husdyrgjødselressursene, er det teoretiske potensiale i den tørre fraksjonen estimert til å være 80 GWh. Tørrfraksjonen er tilstrekkelig til å etablere en modulbasert biogasshub som behandler 120 000 tonn som kan produsere ca. 50 GWh biogass (realistisk utbytte). Det kan også være aktuelt å etablere to eller tre mindre biogasshuber for tørrfraksjonen.

4.3 Resultater for klimagassutslipp for hvert av de definerte scenariene

Klimagassutslippene for hver av de definerte scenariene er beregnet per tonn husdyrgjødsel som oppstår på gårdene i Hå, Time og Klepp. Analysene inkluderer utslipp knyttet til lagring, separering, transport, biogassproduksjon og kompostering av biorest, samt de reduserte utslippene som følge av at oppgradert biogass erstatter diesel i kjøretøy, og at den tørre bioresten reduserer bruk av torv i jordprodukter. Analysene er basert på livsløpsmetodikk, som vil si at de inkluderer klimagassutslipp knyttet til energibruk og andre nødvendige innsatsfaktorer, i tillegg til direkte utslipp fra husdyrgjødsel.

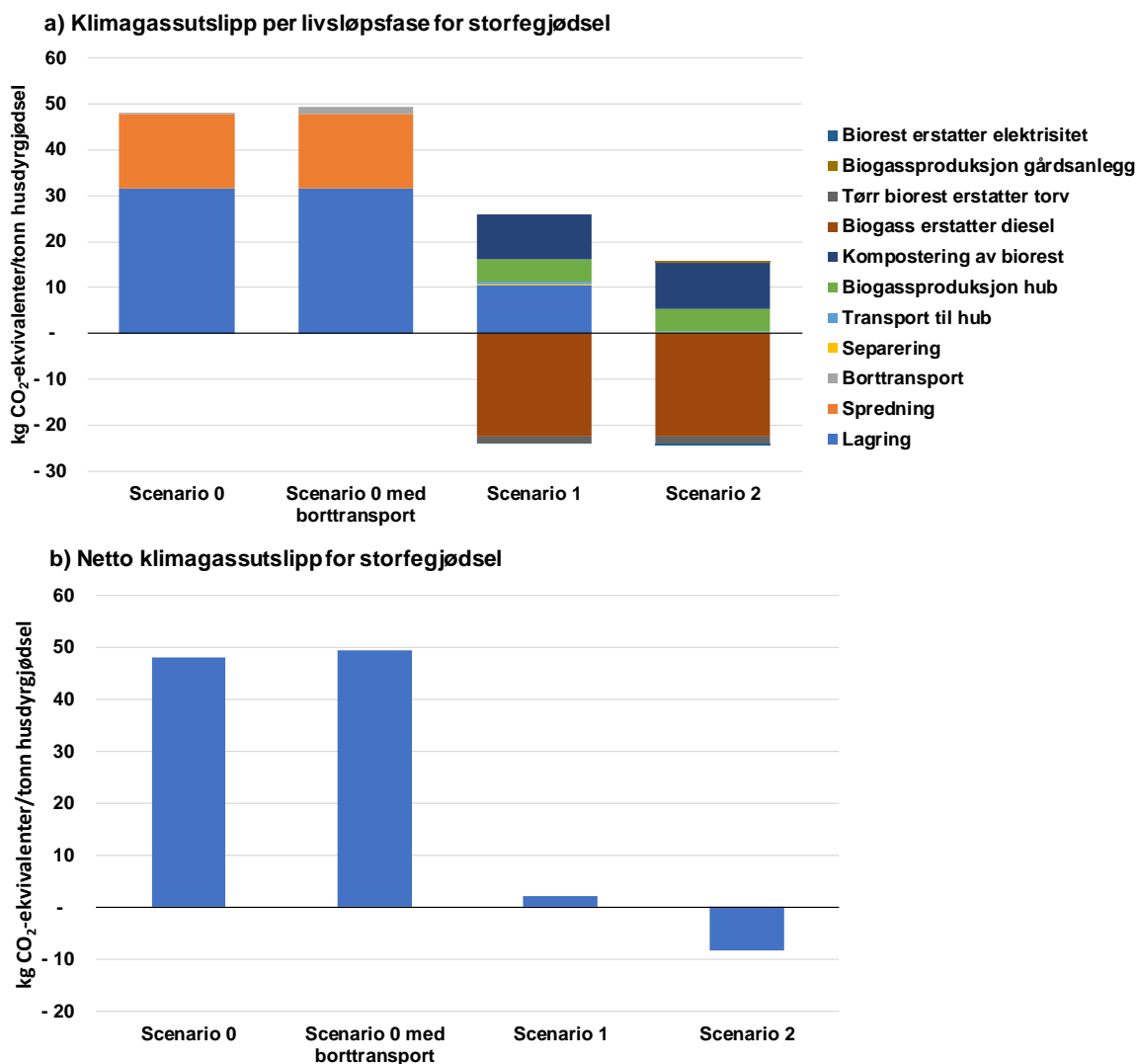
I beregningene av klimagassutslipp tas det ikke hensyn til forskjellen mellom at gården investerer i egen separator eller leier separator. Dette skyldes manglende detaljert informasjon om transportavstander og at forskjellen i miljøbelastninger mellom de to separerings-løsningene var antas å være relativt liten.

Resultater for håndtering av gjødsel fra gris er presentert i figur 4.7 nedenfor.



Figur 4.7: Klimagassutslipp gjennom livsløpet for behandling av gjødsel fra gris per tonn gjødsel som oppstår på gården. **Scenario 0** innebærer ingen separering av gjødsel eller biogassproduksjon. I **scenario 1** er det separering av gjødsel i våt og tørr fraksjon, spredning av våt fraksjon på egen gård og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. **Scenario 2** har separering av gjødsel, lokal biogass-produksjon fra våt fraksjon og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. Kilde: Østfoldforskning.

Tilsvarende resultater for storfe gjødsel vises i figur 4.8 nedenfor.



Figur 4.8: Klimagassutslipp gjennom livsløpet for behandling av gjødsel fra storfe per tonn gjødsel som oppstår på gården. **Scenario 0** innebærer ingen separering av gjødsel eller biogassproduksjon. I **scenario 1** er det separering av gjødsel i våt og tørr fraksjon, spredning av våt fraksjon på egen gård og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. **Scenario 2** har separering av gjødsel, lokal biogass-produksjon fra våt fraksjon og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. Kilde: Østfoldforskning.

Resultatene for netto klimagassutslipp viser at biogassproduksjon fra husdyrgjødsel representerer en vesentlig reduksjon i klimagassutslipp (Figur 4.7 b) og 4.8 b)). Ved å gå fra scenario 0 (dagens gjødselhåndtering) til scenario 1 (separering av husdyrgjødsel på gården og behandling av den tørre fraksjonen i en sentralisert hub som produserer oppgradert biogass som drivstoff og et fosforrikt jordforbedringsprodukt), kan det potensielt oppnås en betydelig utslippsreduksjon per tonn husdyrgjødsel. De største bidragene kommer fra reduserte utslipp av metan fra lagring fordi lagringstiden til den tørre fraksjonen forkortes (mørkeblå del av søyle i Figur 4.7 a) og 4.8 a)), og at det antas at dieselbusser i regionen byttes ut med busser som går på biogass (brun del av søyle for

scenario 1 og 2). Scenario 2 (separering av husdyrgjødsel er tørr fraksjon sendes til biogasshub og våt fraksjon brukes til å produsere varme på gården i en våtreaktor) gir noe større utslippsreduksjoner enn scenario 1. Dette skyldes at lagringstiden forkortes også for den våte fraksjonen, noe som gir ytterligere reduksjon i utslipp av metan og lystgass fra lager. I beregningene er det antatt at varmen som genereres på gården reduserer bruken av elektrisitet til oppvarming (unngåtte utslipp til varme i Figur 4.7 b) og 4.8 b), og bidrar derfor til reduserte utslipp fra produksjon og bruk av elektrisitet. Siden elektrisitetsmiksen i Norge i hovedsak består av fornybar energi, oppnår man lavere utslippsreduksjoner ved å erstatte varme enn å erstatte diesel i kjøretøy.

Flere gårder i regionen er lokalisert i nærheten til et gassnett, noe som gjør at gårdsanlegg potensielt kan koble seg på nettet og være leverandør av rågass fremfor å generere varme til eget bruk. Rågassen kan enten gå til et sentralisert oppgraderingsanlegg eller leveres som varme- og CO₂-kilde til veksthus i regionen. Dersom biogassen erstatter naturgass, vil gi en høyere klimagevinst enn å erstatte elektrisitet brukt til oppvarming, men vil gi lavere utslippsreduksjoner enn å erstatte diesel.

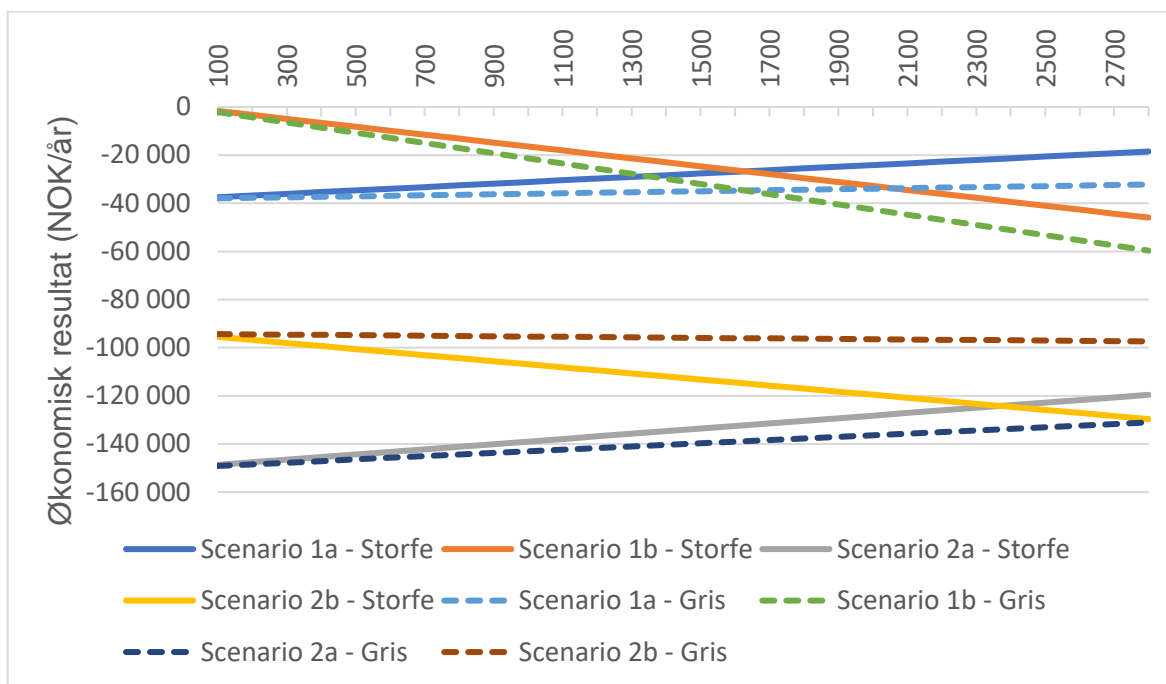
Resultatene viser også at transport av gjødsel til nærliggende spredearealer (grå del av søylen i Scenario 0 med borttransport i Figur 4.7 b) og 4.8 b)) utgjør en relativt liten del av de totale klimagassutslippene knyttet til dagens gjødselhåndtering. Dersom transporten gjøres med mindre biler eller med traktor, vil disse utslippene være noe høyere.

I beregningene ovenfor er det antatt at husdyrgjødsel lagres gjennomsnittlig i en måned før den behandles i biogassanlegg. Klimagassreduksjonene i landbruket som følge av behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg vil i stor grad avhenge av hvor lenge husdyrgjødsel ligger lagret på gården før den sendes til biogassanlegg. Det er derfor gunstig dersom det legges opp til hyppig hentefrekvens for den tørre fraksjonen på gården.

4.4 Resultater økonomien til husdyrgårdene

Økonomianalyse i denne rapporten omfatter bedriftsøkonomiske beregninger for bøndene i regionen knyttet til de ulike alternativene. Beregningene tar for seg både potensielle kostnader og inntekter/unngåtte kostnader, og beregner økonomisk resultat (summen av kostnader og inntekter).

Figur 4.9 viser årlig bedriftsøkonomisk resultat for gårdene i regionen for de definerte fremtidsscenariene for biogassproduksjon, som funksjon av størrelse på gården (antall tonn husdyrgjødsel). Resultatene viser at alle scenariene medfører en netto kostnad (summen av kostnader og inntekter blir negativ), og det er derfor valgt å vise negative verdier på Y-aksen.



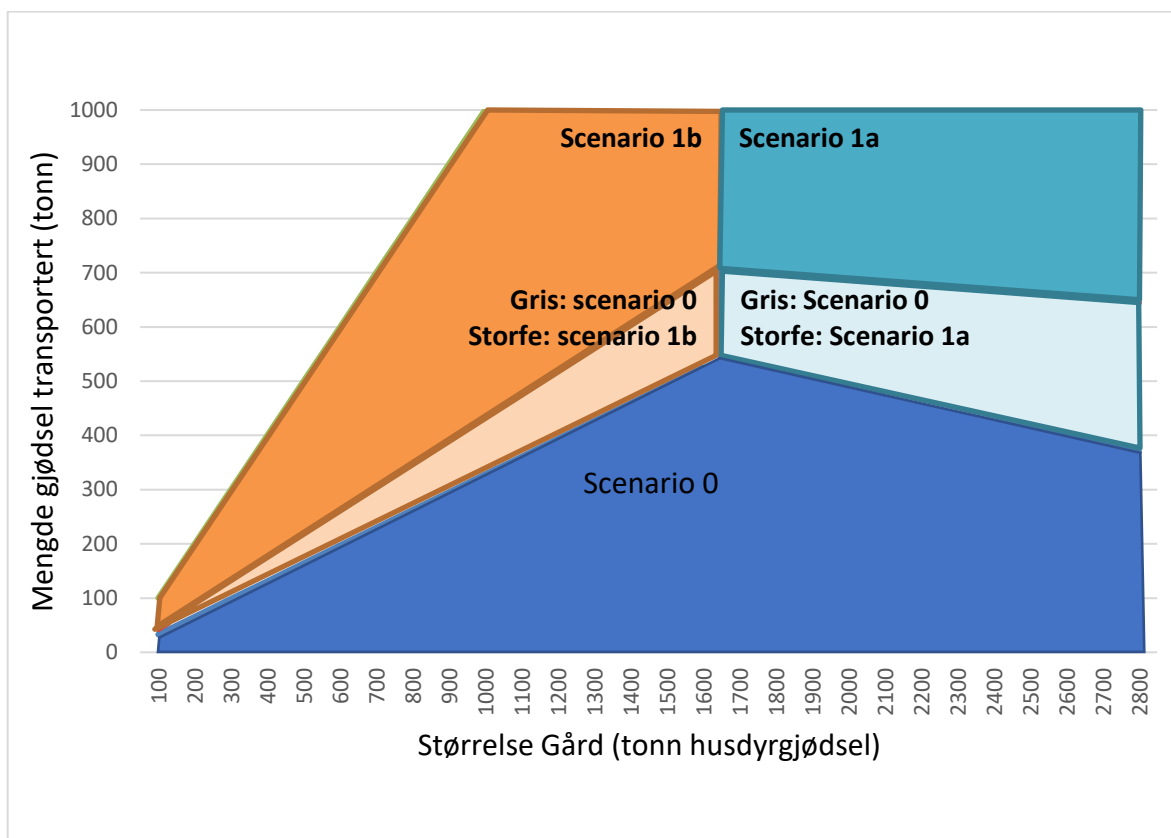
Figur 4.9: Bedriftsøkonomisk resultat som funksjon av mengde husdyrgjødsel. Verdiene på y-aksen er negative. **Scenario 0** innebærer ingen separering av gjødsel eller biogassproduksjon. I **scenario 1** er det separering av gjødsel i våt og tørr fraksjon, spredning av våt fraksjon på egen gård og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. **Scenario 2** har separering av gjødsel, lokal biogass-produksjon fra våt fraksjon og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. Scenario 1 og 2 deles videre inn i **a** og **b**, hvor man i **a**) eier sin egen separator mens i **b**) leier man separator ved behov. Kilde: Østfoldforskning.

Det forventede (negative) bedriftsøkonomiske resultatet for de ulike alternativene leses av på y-aksen for ulike gårdsstørrelser på x-aksen for hver av biogassscenariene. Et resultat på ca. 40 000 kr for scenario 1a betyr at det koster 40 000 for en bonde å velge dette scenariet. Resultatene tar ikke hensyn til dagens kostnader knyttet til gjødselhåndtering, som for eksempel borttransport av overskuddsgjødsel. Dette undersøkes mer i detalj i Figur 4.10. Generelt oppnår man de laveste kostnadene i alternativ a (investering av egen separator på gården) jo mer husdyrgjødsel man har tilgjengelig, mens det motsatte er tilfelle for scenario b (leie av separator). Dette skyldes at den variable inntekten (tilskuddet mottatt for å behandle husdyrgjødsel i biogassanlegg) er høyere enn de variable driftskostnadene (drift separering) i scenario a, mens det i scenario b er motsatt: tilskuddet er ikke stort nok til å dekke leieprisen til separatorene. Økonomien er også forskjellig for gårder med storfe og gårder med gris. Dette skyldes at tilskuddet baserer seg på mengde tørrstoff, og svinegjødsel er antatt å ha lavere tørrstoffinnhold enn storfe-gjødsel. Den variable inntekten fra behandling av grise-gjødsel er derfor ikke like høy som ved storfe. I scenario 2b for gris er den variable inntekten nesten like stor som driftskostnadene, noe som fører til at kostnadene til dette scenarioet i mindre grad er avhengig av gårdsstørrelsen.

Resultatene viser også at scenario 2 (våtreaktor på gården og levering av tørrfraksjon til sentral hub) er alltid dyrere en scenario 1 (levering av tørrfraksjon til sentral hub). Dette skyldes at mengde tørrstoff i den våte fasen som behandles i våtreaktoren er relativt lav, noe som medfører at støtten per mengde behandlet i biogassanlegg er relativt liten. I tillegg er mengden energi generert av våtreaktoren liten, og dermed blir de unngåtte kostnadene knyttet til å generere sin egen energi fremfor å kjøpe den, lav. De ekstra inntektene i form av økt tilskudd og unngåtte strømkostnader er dermed ikke nok til å dekke investeringene sammenlignet med alternativ 1. Flere av gårdene i regionen er lokalisert i nærheten av et gassnett, og kan derfor potensielt være leverandør av rågass til nettet fremfor å produsere energi til egen gård. Dette kan påvirke inntekten fra biogass, og dermed det årlige resultatet.

Dette viser at scenario 1b er billigst for mindre gårder mens scenario 1a er det for større gårder. For gårder med mindre en 1629 tonn gjødsel (våtvekt) er det ikke lønnsomt å investere i en egen separator. For gårder med mer gjødsel er det billigere å investere i en separator enn å leie den. Med en lavere leiepris vil scenario 1b kunne bli lønnsomt også for større gårder. Leiekostnadene for separatoren vil i stor grad avhenge av lønnskostnadene for operatøren. Dersom en operatør kan gjennomføre separering på flere gårder parallelt, vil leiekostnadene kunne reduseres betraktelig.

Hvor lønnsomt scenario 1 er sammenlignet med dagens løsning (scenario 0) er avhengig av kostnadene hver gård har per i dag knyttet til å transportere husdyrgjødsel fra gården til nærliggende spredearealer. Dersom denne kostnaden er høyere enn kostnadene i scenario 1, er det lønnsomt for bonden å separere gjødsel og være leverandør til et sentralisert anlegg som behandler den tørre fraksjonen. Basert på kostnadene i scenario 1, kan man beregne hvor mye gjødsel som i dag må transporteres for at scenario 1 vil være mer lønnsom enn scenario 0. Dette illustreres i Figur 4.10.



Figur 4.10: Valg av scenario på bakgrunn av størrelse på gård og mengde gjødsel transportert i nullscenario. **Scenario 0** innebærer ingen separering av gjødsel eller biogassproduksjon. I **scenario 1** er det separering av gjødsel i våt og tørr fraksjon, spredning av våt fraksjon på egen gård og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. **Scenario 2** har separering av gjødsel, lokal biogass-produksjon fra våt fraksjon og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. Scenario 1 og 2 deles videre inn i **a** og **b**, hvor man i **a**) eier sin egen separator mens i **b**) leier man separator ved behov. Figuren viser hvilke scenarier som er billigst for hvilke gårder. For eksempel, for en gård som produserer 1 200 tonn husdyrgjødsel per år og har manglende spreareal for 300 tonn gjødsel, er det billigst å ikke separere gjødselen (scenario 0). Men dersom gården må transportere bort 700 tonn vil det være lønnsomt å velge separasjon med leid separator (Scenario 1b) For gårder som transporterer bort hele gjødselmengden, vil det være lønnsomt å separere og levere den tørre fraksjonen til en biogasshub dersom denne etableres. Kilde: Østfoldforskning.

Resultatene viser at separering av husdyrgjødsel til sentral hub kan være en lønnsom løsning for bønder som per i dag har kostnader knyttet til borttransport av gjødsel, eller for bønder som kan komme til å få slike kostnader i fremtiden ved en eventuell innstramning av gjødselveriforsikten.

Det kan bli enda mer attraktivt å separere husdyrgjødselen og være leverandør av tørr fraksjon til et sentralisert biogassanlegg dersom dagens løsning blir dyrere eller dersom de alternative scenariene blir billigere enn estimatene ovenfor. En høyere transportkostnad enn kostnadsestimatet som er benyttet i analysen, vil øke kostnadene knyttet til dagens løsning, dermed gjøre de alternative scenariene mer attraktive. De to biogassscenariene kan bli billigere ved å innføre

en støtte til de nødvendige investeringene. Å gi støtte til å investere (eller leie) en separator vil gjøre det mer interessant for bondene å separere gjødselen. Det samme gjelder hvis avtalen mellom bonden og anlegget innrettes slik at mindre av tilskuddet deles med biogassanlegget.

Kostnader knyttet til tidsbruk for bonden er ikke inkludert i analysene. For gårder med små mengder gjødsel kan en separeringsløsning være for tidkrevende til at det vil lønne seg å separere husdyrgjødsel fremfor å transportere den til nærliggende spredeareal.

Det understrekes at økonomiberegningene i stor grad vil være avhengig av eksisterende løsninger på hver gård (type, størrelse og beliggenhet på lager) og infrastruktur (ankomst, oppstillingsplass for en eventuell separator). Kostnadene for de ulike løsningene er basert på erfaringer og kunnskap fra prosjektdeltakerne. Siden separeringen og biogassløsningene representerer en ny og lite uttestet teknologi i Norge, er det stor usikkerhet knyttet til investeringskostnader og andre kostnadsestimater.

4.5 Skjerpede krav til spredeareal - Kan separering være en løsning for bonden?

De foreslåtte endringene i gjødselbruksforeskriften vil gi en innskjerping på tillatt spredning av fosfor, og et høyere normtall for blant annet melkeku og avlsgris, men en lettelse for slaktegris. For å oppfylle de innskjerpete kravene og opprettholde dagens aktivitet trenger gårdene å øke tilgjengelige spredearealer eller finne en annen avsetning for gjødselen. Klepp, Hå og Time er kommuner med høy husdyrtetthet og området har utfordringer med spredeareal allerede med dagens krav, dermed er det begrenset med nærliggende tilgjengelig spredeareal.

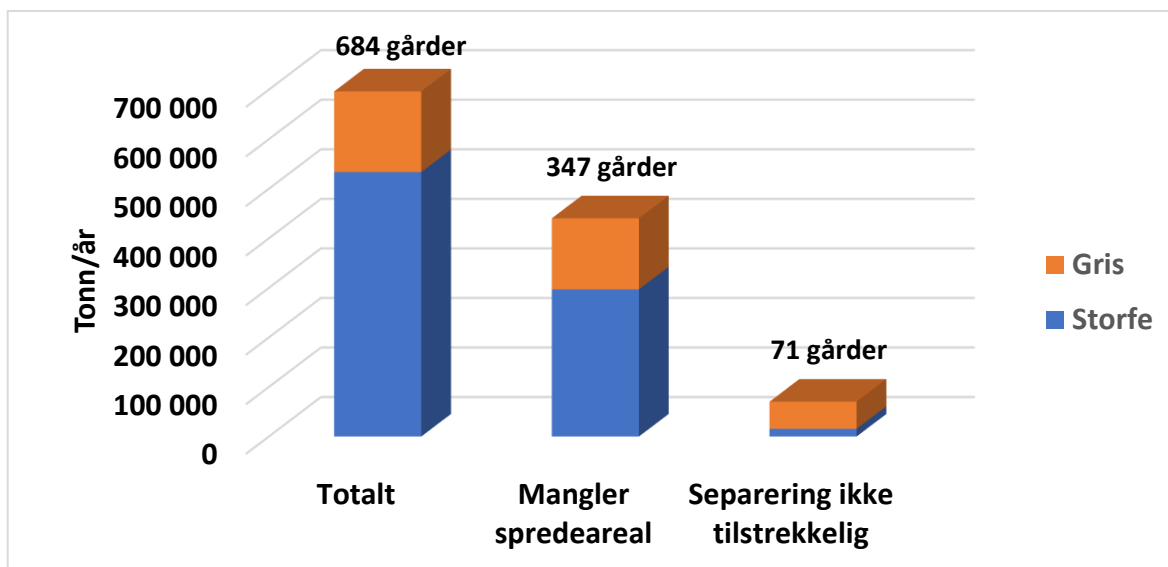
Separeringsteknologien omhandlet i denne rapporten innebærer for den enkelte gården at gjødselen separeres med en separator til en tørrfraksjon som transporteres til en sentralisert biogasshub og en våtfraksjon som brukes på gården, enten at den spres som den er eller til lokal biogassproduksjon se kap. 3.2. Kap. 4.4 viser at lønnsomhet ved separering sammenlignet med andre løsninger avhenger av tilgjengelig spredeareal og andel gjødsel som må transporteres bort.

Figur 4.5, viser at med separering har de fleste gårder (ca. 90%) nok eget spredeareal for å oppfylle også fremtidens krav mens det er ca. 70 gårder som fortsatt har for lite areal til å kunne bruke hele våtfraksjonen etter separering direkte på eget spredeareal. Mange har allerede i dag ikke nok eget spredeareal til å møte dagens krav med maksimal 3,5 kg fosfor per dekar, se tabell 4.2

Tabell 4.2: Antall gårder med storfe og/eller gris som etter separering av gjødsel mangler mer enn 10 dekar eget spredeareal til våtfraksjonen ved ulike krav til fosfor. Antatt fosforfordeling etter separering er 80% i tørrfraksjonen og 20% i våtfraksjonen.

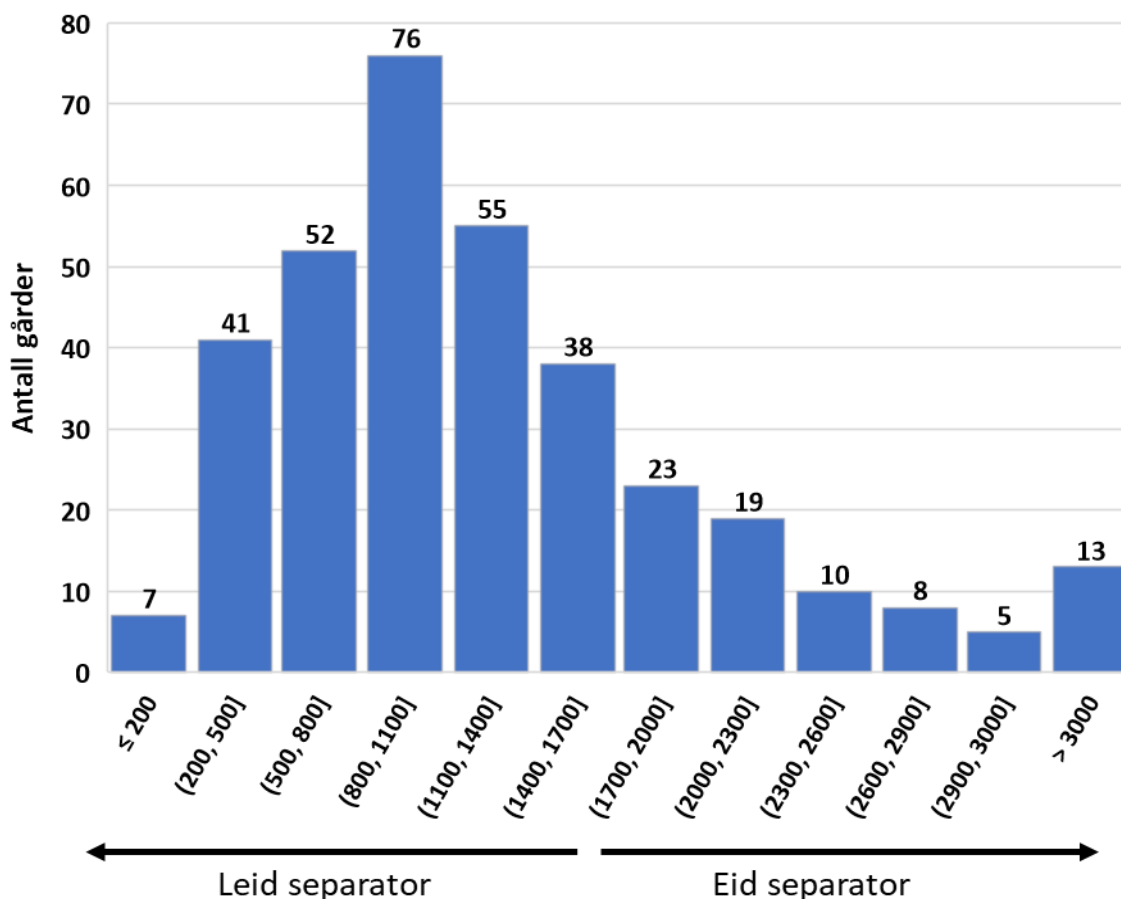
Antall gårder			
Kommune	3,5 kg P/daa	3 kg P/daa	2,5 kg P/daa
Hå	30	30	31
Klepp	24	24	25
Time	17	17	17
Total	71	71	73

For å vurdere potensialet og antall gårder som reelt vil kunne ha interesse av å separere, er det sett på gjødselmengden hos de gårdene med storfe og/eller gris som mangler mer enn 10 daa spredeareal. Antall gårder vil da være noe lavere enn oppgitt i figur 4.5. I figur 4.11 ser man at det er 347 gårder som reelt kan være aktuelle for separering ved krav om 5 daa/GDE eller maksimum 3kg/P/daa. Figuren viser at av 347 gårdene er det 276 gårder som vil kunne oppnå tilstrekkelig spredeareal ved å separere gjødselen og transportere tørrfraksjon bort fra gårdsbruket ved de gitte betingelsene, dvs. at gjødselmengden på disse gårdene utgjør det reelle potensialet for en separasjonsløsning. Totalt 71 gårder vil ikke oppnå tilstrekkelig spredeareal selv med separering.



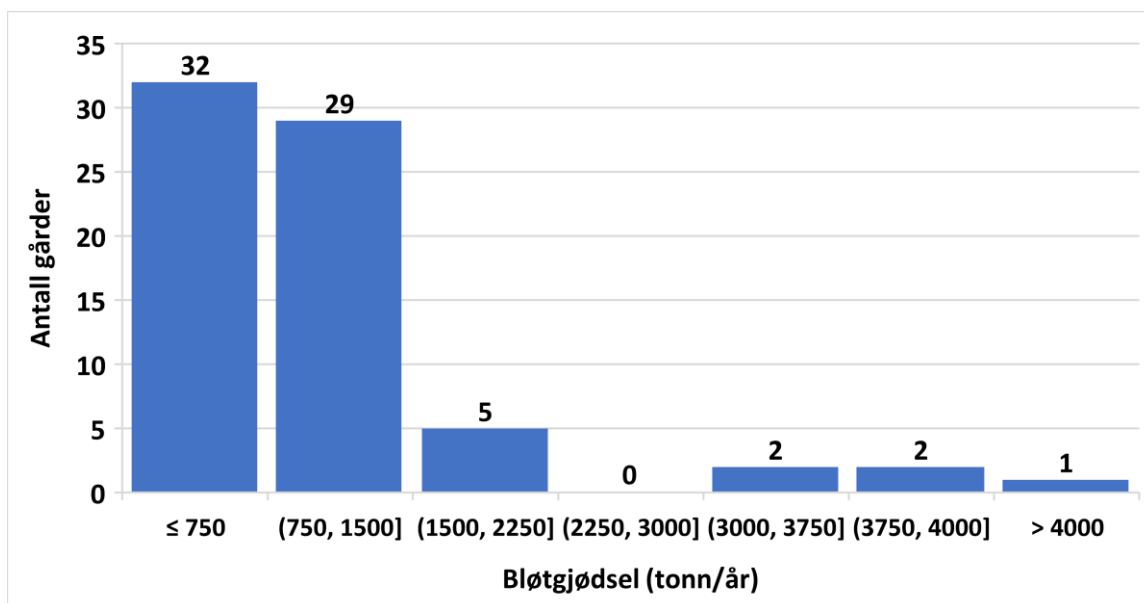
Figur 4.11: Mengde bløtgjødsel fra storfe og gris i tonn for gårder som mangler mer enn 10 dekar spredeareal. «Totalt» er samlet bløtgjødsel for Hå, Klepp og Time. Av totalt 684 gårder er det 347 gårder som ved krav om 5daa/GDE eller maksimalt 3 kg P/daa mangler 10 dekar eller mer spredeareal. 276 av disse gårdene vil få tilstrekkelig spredeareal dersom de separerer gjødselen og transporterer tørrfraksjon bort fra gården. 71 av gårdene har fortsatt ikke tilstrekkelig areal til å spre våtfraksjon etter separering. Antatt fosforfordeling etter separering av total andel fosfor er 80 % i tørrfraksjon og 20 % i våtfraksjon. Kilde: NORCE

De 347 gårdene har 440 tusen tonn bløtgjødsel/år, tilsvarende 109 000 tonn tørrfraksjon, figur 4.11. En tørr reaktor/hub antas å kunne behandle 120 000 tonn tørr fraksjon per år. Grensen for når det er lønnsomt å investere i en egen separator, scenario 1a er ved 1629 tonn bløtgjødsel, figur 4.8. Dermed er potensialet for en rundt-gående separator, scenario 1b, for de med mindre gjødsel enn 1629 tonn, 265 gårder og 240 000 tonn bløtgjødsel, figur 4.12.



Figur 4.12: Fordeling mengde bløtgjødsel i tonn for de 347 gårdene som mangler mer enn 10 daa spredeareal ved krav på 5 dekar/GDE. Tilsvarende 438941 tonn bløtgjødsel fordelt på 347 gårder med et gjennomsnitt på 1265 tonn per gård. Ut fra den benyttede økonomiske modellen er brytningspunktet for når det lønner seg å investere i egen separator er ca. 1700 tonn bløtgjødsel. Kilde NORCE.

Det er 10 gårder for storfe og 62 med gris, total 71 gårder (en av gårdene har både storfe og gris), som mangler mer enn 10 daa spredeareal til våtfraksjonen ved krav om maksimal 3 kg/P/daa, dvs. for disse er separering alene ikke være en løsning. Figur 4.13 gir en oversikt på mengdefordeling av bløtgjødsel ved disse gårdene. Flere av gårdene som mangler spredeareal til våtfraksjonen er samdrifter. Samdrifter er ofte organisert slik at spredearealene ikke tilhører samdriften, men den enkelte deltaker i samdriften, noe som kompliserer bildet og må undersøkes nærmere i hvert enkelt tilfelle.



Figur 4.13: Fordeling mengde bløtgjødsel for gårder som mangler mer enn 10 daa spredeareal til våtfraksjon etter separering. Mengde gjødsel er gitt som mengde fra f.eks. 750-1500 tonn og stolpen representerer antall gårder som har gjødselmengde som faller inn under denne kategorien. Antall gårder per kategori er markert på toppen av stolpen. Kilde NORCE.

5 Diskusjon og veien videre

I Landbruksdirektoratets konsekvensvurdering av forslaget til nytt gjødselregelverk diskuteres presset på spredeareal i de tre kommunene Hå, Klepp og Time. Vurderingen er basert på all husdyrgjødsel i regionen. Foreslåtte tiltak for å møte eventuelle skjerpede krav er reduksjon i antall dyr eller transportere bort gjødsel fra gårdene [21]. Kvalifiseringsprosjektet «Biogass-/biorestproduksjon som mulig bærekraftig gjødselhandteringsstrategi på Jæren», har sett på effekten av separering av husdyrgjødsel fra storfe og gris i en våt og en tørrfraksjon med påfølgende transport av tørrfraksjonen ut fra gården til et sentralt biogassanlegg. Erfaringer og resultater fra Jæren Biogass sitt pilotanlegg på Voll har blitt brukt som grunnlag for beregningene.

Det er ikke tatt hensyn til andre dyreslag enn storfe og gris i denne studien. Prosjektet har valgt å fokusere på gjødsel fra storfe og svin, da dette er gjødseltypene som er mest egnet for biogassproduksjon og dessuten mest egnet for separering på grunn av høyt vanninnhold. Videre håndteres en god del fjørfegjødsel i dag på Sele samt at IVAR allerede har etablert et biogassanlegg for å håndtere andre mulige biogass-råvarer som husholdningsavfall, slam og organisk avfall på Grødaland i Hå. Dagens situasjon når man ser på gjødsel for alle dyreslag er at Hå og Klepp kommune har for lite spredeareal. Time kommune har mer tilgjengelig spredeareal enn det er behov for og samlet sett har regionen så vidt nok spredeareal til å oppfylle kravene. Dersom kravene skjerpes, vil

situasjonen bli krevende for alle tre kommunene i større eller mindre grad. Fokuset i denne rapporten har vært effekten på spredeareal, klima og bondens økonomi ved bruk av separeringsteknologi sammen med foreslåtte endringer i tilskjerpede krav til spredeareal for gårder med storfe og gris.

Resultatene fra prosjektet viser at separering av gjødsel med påfølgende transport av tørrfraksjon med høyt fosforinnhold til en sentralisert hub for videre prosessering kan være en del av løsningen for en bærekraftig gjødselhåndtering på Jæren.

Biogass og husdyrgjødsel i Rogaland er ikke en ny diskusjon og potensialet i regionen er stort [22]. Klimagevinst ved separering av husdyrgjødsel og bedre utnyttelse av fosfor har tidligere blitt beskrevet og selv om det fortsatt er knyttet stor usikkerhet til tallene brukt i beregningene har erfaringer fra Jæren biogass sitt anlegg på Voll bidratt til bedre innsikt [16, 23]. Dersom strategien med separering og biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel skal kunne realiseres krever det at landbruksnæringen selv ønsker å delta i slik løsning. Det er helt nødvendig med praktiske, robuste tekniske og administrative løsninger for håndtering av gjødsel ved separering, inkludert logistikk og fratrekk i spredeareal ved transport av tørr fraksjon bort fra gården samt at det er lønnsomt for den enkelte gård.

Dette vil være viktig sett i forhold til framtidig konkurransekraft for hele næringskjeden i landbruket på Jæren. Dersom bøndene må redusere antall dyr vil det kunne ha direkte innvirkning både på bransjebedrifter som TINE, Fatland, Nortura og Felleskjøpet. I jordbrukskommuner som Hå, Time og Klepp vil næringsgrunnlaget til bøndene ha betydning i form av at reduserte kommunale inntekter på grunn av redusert næringsvirksomhet som igjen vil ha på innvirkning på det generelle tjenestetilbudet til innbyggerne. I dag er overskudd av gjødsel bonden sitt problem. Men dersom man ser på verdikjeden totalt sett er det mange som vil bli berørt og derfor er det flere som burde være interesserte i å ta risiko i felleskap og løfte sammen for å nå målet.

Kommunale og fylkeskommunale planer har alle pekt på biogass som en del av løsningen for noen av regionens utfordringer [5-10]. For å lykkes med den foreslåtte strategien for bærekraftig gjødselhåndtering i regionen er det viktig at de politiske betingelsene og rammeverket ligger til rette. Det vil også være helt avgjørende å få på plass økonomien for hele verdikjeden for biogassproduksjon fra separert husdyrgjødsel inkludert for den sentraliserte huben for tørrfraksjon. Her kan ulike støtteordninger og klimaavgifter komme til å bli utslagsgivende. En utfordring kan synes å være at ulike planer og politiske prioriteringer så langt kan virke til å ha hatt motvirkende mål, slik at politikk og mål ikke alltid drar i samme retning, noe som kan være en del av forklaringen på hvorfor utviklingen av biogass-verdikjeden ikke har kommet lenger i regionen.

Fosfor og spredeareal – ved å separere gjødselen vil de fleste kunne opprettholde dagens dyreantall selv med skjerpede krav. Prosjektet har tatt utgangspunkt i en typisk gjennomsnittsgård og ikke detaljansjert enkelt gårder. Analysene er utført med utgangspunkt i en fordeling av fosfor etter separeringen med 80%/20% for tørr-/våt-fraksjon. Separering (basert på antatt fordeling) er tilstrekkelig for 90% av gårdene for bruk av våtfraksjonen på egen jord. 10% behøver ytterligere tiltak, dvs. transport av gjødsel eller annen metodikk for reduksjon av fosfor. Om det er nødvendig med større reduksjon av fosfor eller nitrogennivå, finnes flere mulige metoder. En vanlig brukt metode er struvitt ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)-utfelling [24-27]. Andre muligheter for å endre fordelingen

mellom fraksjoner er for eksempel surgjøring før separering [27]. Det finnes også andre tilgjengelige separeringsteknologier som sentrifugering som vil kunne gi andre fordelinger. Det er per i dag knyttet for stor usikkerhet omkring den valgte separasjonsteknologien og hva som havner i våt og tørr fraksjon etter separering med skruveseparator. Det bør opparbeides et bedre datagrunnlag på fordeling av TS, karbon, fosfor og nitrogen samt biogassutbytte for de to fraksjonene man får ut ved ulike driftsbetingelser med skruveseparering.

Ytterligere uttak av fosfor gir mulighet til å tilbakeføre biorest til gårder som ønsker tilførsel av organisk materiale. Bønder som leverer til Greve biogass har f.eks. avtale om å ta tilbake biorest for bruk på gården. Man kan også se for seg en tilpasset biorest som utfyller den aktuelle gårdens gjødslingsbehov og dermed erstatter mineralgjødsel. Hanserud [4] diskuterer i sin avhandling at det er et stort potensial i å bruke resirkulert fosfor som erstatning for mineralgjødsel. I denne sammenheng må det også være fokus på optimal utnytting av nitrogen fra husdyrgjødsel.

For å redusere investeringsbehovet er det i praksis mulig å resirkulere våtfraksjonen tilbake til lagringstanken. Dette medfører mindre investering i lagring, men ettersom tillatt mengde per spredeareal er basert på målt fosfor kan det gjøre det vanskelig å sette opp standardiserte metoder for fosforinnhold i våtfraksjonen og dermed kompliseres tillatelser for bruk dersom regelverket ikke endres.

Klima – Landbruket skal redusere utslipp av klimagasser med 5 millioner tonn innen 2030 [28]. Biogassproduksjon fra husdyrgjødsel er identifisert som et av de enklest tilgjengelige tiltakene for å redusere klimagassutslipp i landbruket [29]. Disse utslippsreduksjonene er i hovedsak knyttet til redusert lagringstid, som medfører reduserte utslipp av metan. I tillegg kan økt biogassproduksjon potensielt gi utslippsreduksjoner i andre sektorer slik som transport- og avfallssektoren. Regjeringens forslag om å innføre CO₂-avgift for landbruket vil også være interessant i regnestykket, samt bruk av «grønn» CO₂ fra biogassproduksjon i veksthus som er en betydelig næring i regionen [15, 28].

En eller flere sentrale huber for behandling av tørrfraksjonen fra husdyrgjødsel på Jæren vil kunne gi betydelige reduksjoner i klimagassutslipp i regionen, både som følge av redusert lagringstid og som følge av at den oppgraderte biogassen kan erstatte fossilt drivstoff i transportsektoren. Dersom den våte fraksjonen i tillegg behandles i en våtreaktor på gården, vil utslipp fra lagring kunne reduseres ytterligere. Separering vil også gi en godt avsilt våtfraksjon godt tilpasset spredning med dyser og mulighet for nedgravde gjødslingssystemer, noe som igjen kan gi redusert avgassing og skade på jord som følge av utkjøring.

Økonomi - Separering av husdyrgjødsel kan gi økonomisk lønnsomhet for de gårdene som har for lite spredeareal og dermed har kostnader knyttet til transport av gjødsel. Jo høyere kostnad til transport desto mer lønnsomt er det å knytte seg til en hub. Sentralisering vil være bedre enn gårdsanlegg. Det er lite lønnsomt å ha en gårdsanlegging til våtfraksjonen på gården ettersom biogassproduksjon fra en våtfraksjon med lavt tørrstoffinnhold vil gi en relativt lav energiproduksjon. Her vil separeringsteknologi og tørrstoffinnhold ha innvirkning på lønnsomhet. Den eneste inntekten til gårder med biogassanlegg til våtfraksjonen er sparte elektrisitetskostnader og noe tilskudd for behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg. Den ekstra inntekten i form av tilskudd og reduserte strømkostnader er ikke nok for å dekke investeringene sammenlignet med å

levere til en hub. Ved en innstramning i gjødselvareforskriften knyttet til spredeareal, kan transportkostnadene øke for mange av gårdene på Jæren, og separering av husdyrgjødsel kan bli lønnsomt for flere av gårdene. En investeringsstøtte for biorestlager og/eller separering kan også bidra til å redusere risiko og øke interessen blant gårdene for å bli leverandør av tørrfraksjon til biogass.

For samdrifter og de større enhetene kan det være aktuelt å behandle gjødselen i en «vanlig» våtreaktor uten separering, dvs. et biogass-gårdsanlegg for hele bløtgjødselen. Det løser ikke fosfor problematikken, men kan kombineres med teknologi for utvinning av fosfor i et prosess-steg før eller etter biogassanlegget. Det finnes flere alternative gårdsreaktorer for behandling av hel bløtgjødsel. Eksempler på norske teknologier er Telemarkreaktoren (finnes i ulike varianter) og Antec Biogas som er en nyutviklet modulbasert reaktor.

Bioresten- For at biogass-prosessen skal være bærekraftig, må man få omsatt bioresten. Dette adresseres i et parallelt pågående prosjekt: Mafigold «Matavfall, fiskeslam og husdyrgjødsel, fra problem til bondens gull» ledet av Nibio med hovedfokus på biorest som et gjødselprodukt [14]. Alternative produkter til biorest er for eksempel gjødsel som kan erstatte bruk av mineralgjødsel, noe som kan redusere utslipp av klimagasser. Ved å bruke biorest til å erstatte torv i vekstmedier, kan effekten på klima-avtrykket ytterligere forbedres. Det har også blitt foreslått brukt som materialer som strø [30, 31].

Pilotprosjektet til Jæren biogass har brukt biorest fra eget anlegg til økologisk jordbærproduksjon . Fordelen med å ha anlegg basert på husdyrgjødsel er at det gir «ren» biorest som er enklere å håndtere regulatorisk sett. Dette passer godt med sirkulær økonomi tenking og vil kunne være med på å gi et mer selvforsynt norsk landbruk.

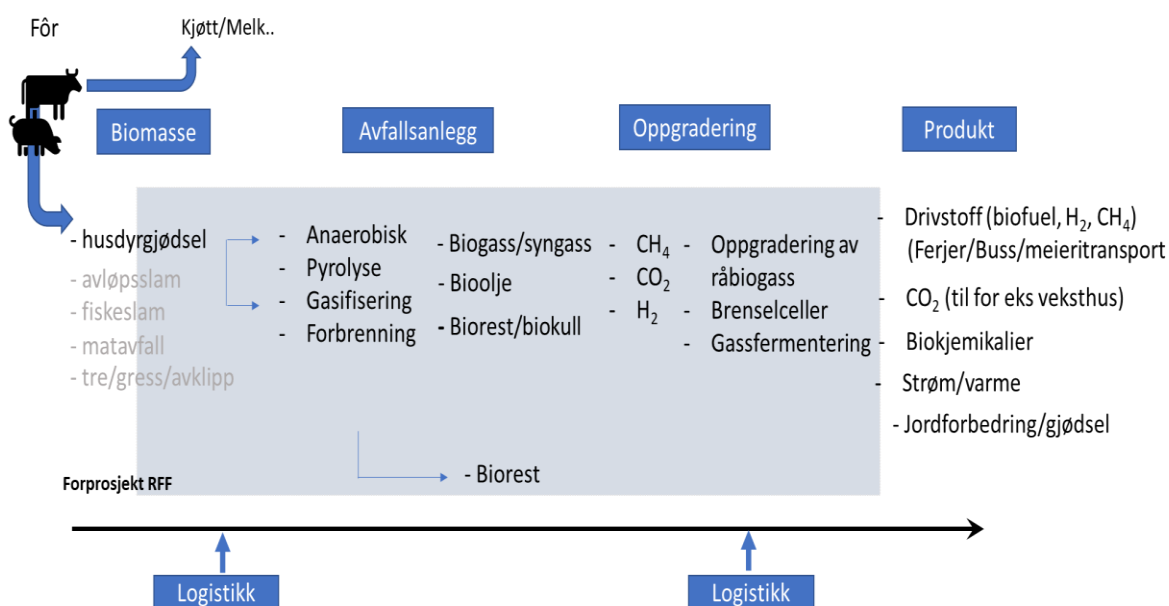
Huben har ikke vært i fokus i dette prosjektet. Huben trenger en viss størrelse for å kunne oppgradere til drivstoffkvalitet, og for å kunne bli en «biorest» fabrikk som kan produsere attraktive gjødselstatningsprodukter. For den sentraliserte biogass huben for tørrfraksjonen kan det være aktuelt å ta inn annen biomasse for å optimalisere drift og lønnsomhet, samtidig kan dette begrense bruksområdene for restproduktet. I Norge i dag finnes det veldig lite tilgjengelige data for tørrreaktorer. Nedover i Europa er det langt mer erfaring med slike anlegg. Flere av dem er modulbaserte slik at man kan skalere opp/ned etter behov. Neste steg i utviklingen av verdikjeden for biogass fra husdyrgjødsel bør være å se nærmere på teknologi og prosess for en slik hub.

5.1 Veien videre, videreutvikling av separering og håndtering

Regionen har unik mulighet med høy husdyrtetthet og en infrastruktur som legger til rette for å kunne implementere en full verdikjede. På Jæren har vi dessuten en stor veksthusnæring med et stort energibehov. Kombinert med et eksisterende rørledningsnett for gass gir det et spesielt stort potensial for biogass for vår region.

Det er i dag lite erfaring i Norge med separering og tørr-reaktorer som gjødselhåndteringsstrategi. For å komme videre er det nødvendig med et demoanlegg for tørrfraksjonen for uttesting av prinsipper. Et slikt anlegg er nødvendig både for å verifisere og optimalisere implementering av gjødselstrategien samt for å se på hele biogass/biorest-verdikjeden som igjen vil gi et sikrere underlag for implementering av en fullskala biogasshub, se figur 5.1. Målet med demoanlegget vil være å kartlegge hva som kreves for å sette opp et fullskala-anlegg for biogass for separert gjødsel. Grødaland i Hå, med sin unike lokalisering i nærheten av gjødselråvarer, næringsområdet i Kviamarka og IVAR sin eksisterende infrastruktur som vil kunne gi stordriftsfordeler, vil derfor kunne være en naturlig plassering for et slikt demoanlegg. Sammen med de mer tekniske detaljene vil det også være behov for å vurdere hele verdikjeden, aktørbildet og mulige drifts- og forretningsmodeller og/eller støtteordninger og behov for regelendringer.

Jæren som demoregion – verdikjede



Figur 5.1: Verdikjeden som skal vises gjennom et demoanlegg.

Aktuelle spørsmålstillinger som trenger å besvares;

- Hva kreves? Areal, infrastruktur og logistikk
- Er det mulig å bygge opp et anlegg suksessivt i moduler?
- Støtte (hvor mye trengs eller markedsmulighet for å være interessant/lønnsomt for gårdene og huben
- Separeringsmodellen er per i dag på FoU nivå og ikke brukt i Norge utenom testene som er utført ved Jæren Biogass sitt pilotanlegg. Ta lærdom av sammenliknbare regioner og anlegg internasjonalt. Separeringsteknologien trenger å verifiseres for å få pålitelige tall og optimalisering av prosessen.
- Sikre bedre utnyttelse av fosfor, se på alternativer for separering/utfelling av fosfor, erstatning for kunstgjødsel, bruk biorest, samt å vurdere effekten mot regelverk og oppfølging av spredeareal og gjødselplaner.
- Hvilken betydning har fremtidige skjerpede krav til spredeareal på muligheter og insentiver for å bygge biogassanlegg i Rogaland?
- Samhandling i offentlig sektor og med øvrige aktører- Vurdere hele verdikjeden med "stakeholders", vurdere kommunen og fylkeskommunens rolle, interkommunale bedrifter og samarbeid med andre aktuelle aktører som trengs for implementering av prosessen og relevante sideprosesser. Resultatet gir støtte til næringsutvikling og implementering, skaper grunnlag for støtte og oversikter som muliggjør implementeringen og oppfølging av klima-, miljø- og landbruksplaner.

6 Konklusjon

Resultatene fra prosjektet viser at separering av husdyrgjødsel kan være en del av løsningen på bærekraftig gjødselhåndtering og mulige kommende begrensninger på spredning av fosfor i regionen.

Separering av husdyrgjødsel ser ut til å være en lovende metode og et positivt klimatiltak både fordi det øker mengden husdyrgjødsel til biogassproduksjon og fordi man unngår å transportere store mengder vann. I tillegg vil separering kunne gi en bedre fordeling av næringsstoffer, siden den våte fraksjonen inneholder nitrogen, mens fosforet i større grad følger den tørre fraksjonen. Fosforet kan dermed lettere omfordeles ved at den tørre fraksjonen fraktes ut av gården og behandles i et sentralt biogassanlegg. Ved å eksportere fosfor ut av gården vil de fleste gårdene (ca. 90%) ha nok eget spredeareal til å kunne oppfylle fremtidige skjerpede krav. Beregnet realistisk mengde tørrfraksjon viser at det vil være tilstrekkelig til å etablere en biogasshub som kan behandle 120 000 tonn. Det kan også være aktuelt å etablere to eller tre mindre biogasshuber for tørrfraksjonen dersom dette finnes mer hensiktsmessig.

Klimagevinsten ved behandling av husdyrgjødsel er i stor grad knyttet til reduserte utslipp fra lagring. Beregningene av klimagassutslipp viser derfor at jo mer husdyrgjødsel som går til biogassproduksjon, dess større reduksjoner av klimagasser kan man oppnå. Samtidig er det foreløpig lite kunnskap om hvordan separering påvirker utslippene (våt og tørr fraksjon).

De økonomiske analysene viser at separering av husdyrgjødsel og leveranse av tørrfraksjon til behandling i biogassanlegg kan være lønnsomt for gårder som har kostnader knyttet til transport av gjødsel til nærliggende spredeareal, eller som kommer til å ha slike kostnader ved innstramning av gjødselvereforskriften. Resultatene er avhengig av avtalen mellom biogasshuben og hver enkelt gård og hvorvidt gården må investere i ekstra lager for den tørre eller våte fraksjonen. Gårdsanlegg for behandling av den flytende fraksjonen ser ikke ut til å være lønnsomt på grunn av lav energiproduksjon og lave energipriser.

Analysene viser at i utgangspunktet vil en stor sentralisert hub for tørrfraksjonen kunne dekke hele behovet i regionen, men det er mulig at det er mer hensiktsmessig å etablere mindre huber i hver av de tre kommunene.

For å komme videre er det nødvendig å etablere et demoanlegg for tørrfraksjonen for uttesting av tekniske prinsipper. Grødaland i Hå, med sin unike lokalisering pekes på som en naturlig plassering for et slikt demoanlegg. Det vil også være nødvendig å vurdere hele aktørbildet og mulige drifts- og forretningsmodeller og/eller støtteordninger og behov for regelendringer for hele verdikjeden.

Med økt fokus på landbrukets rolle og mulige skjerpede innenfor klima kombinert med de utfordringene Jæren, er det veldig viktig å videreutvikle den kompetansen og de mulighetene som finnes i regionen. Regionen har alle muligheter til å lykkes, men aktørene må være villig til å ta risiko sammen!

7 Referanser

1. Landbruksdirektoratet. *Forslag til nye forskrifter levert: Gjødsel- større ressurs, mindre ulempe*. 16.03.2018.
2. Øgaard, A.F., Kristoffersen, A.Ø., Bechmann, M., *Utredning av forslag til forskriftskrav om tillatt spredemengde av fosfor i jordbruket, NIBIO rapport*. 2017.
3. Fylkesmannen i Rogaland. *Vil mangle over 100 000 dekar spreieareal for husdyrgjødsel*. 09.04.2018.
4. Hanserud, O.S., *Phosphorus management in an environmental perspective. The role of secondary phosphorus recycling in the case of Norway*, in *Faculty of Engineering*. 2018, NTNU.
5. Rogaland Fylkeskommune., *Strategi for bioøkonomi i Rogaland 2018-2030*, <http://www.rogfk.no/Vaare-tjenester/Naeringsutvikling/Biooekonomi>. 2018.
6. Hå kommune., *Klima- og energiplan for Hå kommune 2017*. <https://www.ha.no/f/p1/ib774ccd8-c18e-42a4-a21a-5c7abbbda9c1/planprogram-klima-og-energi-l909144.pdf>, 2017.
7. Klepp kommune., *Klima- og miljøplan 2019-20134*. <https://www.klepp.kommune.no/globalassets/planar/klimaplan/endelig-versjon.pdf>, 2019.
8. Time kommune., *Kommunedelplan for energi og klima 2011-2022*. <https://www.time.kommune.no/f/p1/ibf550d65-59a1-4edd-a00a-c5985c978993/kommunedelplan-energi-og-klima.pdf>, 2011.
9. Rogaland Fylkeskommune., *Regionalplan for energi og klima i Rogaland*, <http://www.rogfk.no/Plan-Rogaland/Regionale-planer-og-strategier/Energi-og-klima/Regional-plan-for-energi-og-klima-2010-2020>. 2011.
10. Rogaland Fylkeskommune., *Regionalplan for landbruk i Rogaland*. <http://www.rogfk.no/Plan-Rogaland/Regionale-planer-og-strategier/Naeringsutvikling/Regional-plan-for-landbruk>, 2011.
11. matdepartement, D.k.L.-o., *Klimautfordringene- landbruket en del av løsningen*, <https://www.regjeringen.no/contentassets/1e463879f8fd48ca8acc2e6b4bceac52/no/pdfs/stm200820090039000dddpdfs.pdf>. 2008-2009.
12. Sæbø, A., van Leeuwen, G., Briseid, T., og Nesheim, L., *Produkter av husdyrgjødsel - nye foredlingsmetoder og produkter fra separert og biogassbehandlet husdyrgjødsel*, NIBIO rapport.
13. Lovdata 2003. FOR-2003-07-04-951. *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>.
14. Sæbø.A. *MAFIGOLD- Matavfall, fiskeslam og husdyrgjødsel, fra problem til bondens gull*. <https://www.nibio.no/prosjekter/mafigold>. 2018.
15. Carbon Limits, *Tilrettelegging for bruk av biogass i Rogaland. Rapport utarbeidet for Rogaland fylkeskommune og Biogass Konsortium AS*. 2018.
16. Sæbø.A., B.B. Njærheim, and R. Aasen, *Kvalitetshåndbok for biogassanlegg- Fra husdyrgjødsel til biogass, biorest og ny gjødsel*. 2016, NIBIO rapport.

17. Lyng, K.-A., Bjerkestrand, M., Stensgård, A.E., Callewaert, P., og Hanssen O.J., *Optimising Anerobic Digestion of Manure Resources at a Regional Level*. Sustainability, 2018. **10**.
18. Lyng, K.-A., , K. Presterud, and A.E. Stensgård, *Evaluering av pilotordning for tilskudd til husdyrgjødsel til biogassproduksjon*. . 2019, Østfoldforskning AS.
19. Lyng K-A., M., I.S., Møller, H., Morken, J., Briseid, T., Hanssen, O.J., *The BioValueChain model: a Norwegian model for calculating environmental impacts of biogas value chains*. Int J Life Cycle Assess, 2015. **20**: p. 490-502.
20. Modahl, I.S., et al., *Biogassproduksjon fra matavfall og møkk fra ku, gris og fjørfe. Status 2016 (fase IV) for miljønytte for den norske biogassmodellen BioValueChain*. . 2016, Østfoldforskning AS.
21. *Vedlegg til oversendelse, gjødselregelverket: Konsekvensvurdering i hovedtrekk* <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/gjodsling/regelverk/forslag-til-nye-forskrifter-levert-gjodsel-storre-ressurs-mindre-ulempe>. 2018.
22. Lyng K-A., et al., *KUNNSKAPSGRUNNLAG FOR NASJONAL STRATEGI FOR HUSDYRGJØDSEL TIL BIOGASSPRODUKSJON*. 2019: ISBN: 978-82-7520-811-6.
23. Pettersen, I., et al., *Klimatiltak i jordbruk og matsektoren -Kostnadsanalyse av fire tiltak*. 2017, NIBIO rapport.
24. Liu, Y.H., et al., *Recovery of nitrogen and phosphorus by struvite crystallization from swine wastewater*. Desalination, 2011. **277**: p. 364-369.
25. Rico, C., et al., *Anaerobic digestion of the liquid fraction of the dairy manure in pilotplanfor biogas production: Residual methane yield of digestate*. Waste Management, 2011. **31**: p. 2167-2173.
26. Tao, W., K.P. Fattah, and M.P. Huchzermeier, *Struvite recovery from anaerobically digested dairy manure: A review of application potential and hindrances*. Journal of Environmental Management, 2016. **169**(46-57).
27. De Vriezea, J., et al., *Resource recovery from pig manure via an integrated approach: A technical and economic assessment for full-scale applications*. Bioresource Technology 2019. **272**: p. 582-593.
28. Teknisk arbeidsgruppe., *RAPPORT FRA TEKNISK ARBEIDSGRUPPE – JORDBRUK OG KLIMA 10.12.18*. 2018: <https://www.bondelaget.no/getfile.php/13887254-1544598108/MMA/Bilder%20NB/Mat/Mat-%20og%20landbrukspolitikk/Milj%C3%B8%20energi%20og%20klima/Klimafor%20handlinger/Teknisk%20arbeidsgruppe%20-%20ferdig%20rapport%2010.12.18.pdf>.
29. Miljødirektoratet, *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030- Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*. 2015: <https://tema.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>.
30. Husfeldt, A.W., et al., *Management and characteristics of recycled manure solidsManagement and characteristics of recycled manure solids used for bedding in Midwest freestall dairy herdsused for bedding in Midwest freestall dairy herds*. J. Dairy Sci., 2012. **95** (2195-2203).
31. Lybæk, R. and T. Kjær, *Pre-assessment of the circular economic benefits and challenges of biogas production in Denmark when utilizing sand bedding in dairy cow stables*. Journal of Cleaner Production 2019. **219**: p. 268-277.

32. Nesheim, L. and E.H. Sikkeland, *Mengd utskilt husdyrgjødsel- forslag til nye standardtal*. 2013: Bioforsk rapport 8.
33. Hanserud, O.S., Lyng, K-A., De Vries, J. W., Øgaard, A.F., Brattebø, H., *Redistributing Phosphorus in Animal Manure from a Livestock-Intensive Region to an Arable Region: Exploration of Environmental Consequences*. *Sust*, 2017. **9**(4).
34. SSB. *Elektrisitetspriser, Statistikkbanken*. <https://www.ssb.no/statbank/table/09387/>. 2019.
35. *Lovdata, 2015: FOR-2014-12-19-1815, Forskrift om tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg*. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-19-1815>.

Vedlegg A. Antagelser og nøkkeltall

Følgende nøkkeltall er brukt i rapporten.

Dagens krav: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951/KAPITTEL_6#KAPITTEL_6

I gjødselvereforskriften står det at det skal være tilstrekkelig disponibelt areal for spredning av husdyrgjødsel, minimum 4 dekar fulldyrket jord pr. gjødseldyrenhet (GDE) [13]. Forskriften oppgir også hvor mange gjødseldyrenheter ulike dyreslag tilsvarer (se Tabell 1).

For å beregne hvor stor andel av husdyrgjødselen som må transporteres til leid areal utenfor gården eller til en nabogård, er differansen mellom GDEprodusert per gård basert på dyreantall og GDEtilgjengelig beregnet ved hjelp av spredeareal på hver gård.

Tabell A.1: Antall dyr per GDE.

	Ungdyr storfe	Melkekyr	Ammekyr	Smågris*	Avlspurker	Råner	Slaktegris	Ungpurker
GDE	3	1	1,5	0	2,5	2,5	18	0

*gjødsel fra smågris er inkludert i purker

Tabell A.2: GDE for areal.

	Fulldyrka areal	Overflatedyrka	Innmarksbeite
GDE	4	4	1,5

Tabell A.3: Estimert andel husdyrgjødsel som transporteres til spredeareal
Separering av gjødsel.

	Tørr fraksjon (våtvekt)*	Våtfraksjon (våtvekt)*	TS tørr	TS våt
Storfe	0,26	0,74	30 %	3 %
Gris	0,15	0,85	30 %	3 %

*Beregning fra Østfoldforskning.

Tabell A.4: Gjeldende lovforslag har brukt for beregninger for 4 GDE men for 5 og 6 GDE har nytt regelverksforslag ihht tabell under blitt benyttet.

	Ungdyr storfe	Melkekyr	Amme- kyr	Smågris	Avls- purker	Råner	Slakte- gris	Ung- _6purker
Fosfor kg/år	4,7	14	9		4,7	4,7	0,7	0,7
Nitrogen								
1/antall dyr per GDE gjeldende lovkrav	0,33	1,00	0,67	0,00	0,40	0,40	0,06	0,00
antall dyr per GDE gjeldende lovkrav	3,00	1,00	1,50	0,00	2,50	2,50	18,00	0,00

Tabell A.5: For separering og behandlet gjødsel er spredeareal basert på fosfor innhold med dagens krav for 4GDE men tall fra Høringsforslag til nytt gjødselregelverk 23. mai 2018 [1]ihht tabellen under for 5 og 6 GDE.

	Ungdyr storfe	Melke- kyr	Amme- kyr	Smågris	Avls- purker	Råner	Slakte- gris	Ung- purke r
Fosfor kg/år	5	15	8		6	6	0,5	1,6
1/antall dyr per GDE, forslag	0,33	1,00	0,67		0,17	0,17	0,03	0,11
Antall dyr per GDE, forslag	3	1	1,8		2,5	2,5	30	9
Tonn blaut gjødselmengde/p er dyr/mnd***	0,54	1,67	0,89	0,08	0,39	0,39	0,51/dy r	0,39
Antall måneder inne per år *	9,5	10	7		12	12		12
Gjødselmengde bløt tonn/per dyr/år**	5,13	16,7	6,23	0,08	4,68	4,68	0,51	4,68
Ts % (kg/tonn) ***	11	10,4	12,6	7,3	6,5	6,5	7,8	7,8
TS gjødselmengde tonn/per dyr/år **	0,56	1,74	0,78	0,0058	0,30	0,30	0,04	0,37

* Kilde: Hå kommune- Relevant beite sesong i regionen

** Beregnet

*** Nesheim (Nesheim og Sikkeland. Bioforsk Rapport 8 (109) 2013, tabell 9 side 18) [32]

Antatt dagens krav 1GDE =14 kg P, nye krav med 5 resp 6 daa/GDE, og 1 GDE=15 kg P

Tabell A.6: Innmarksbeite godkjent som spredeareal i våre analyser er basert på innspill fra Hå og Klepp, for Time kommune er følgende faktorer brukt for å estimere på gårdsnivå.

	Innmarksbeite	Stein	Godkjenningsandel	Omregningsfaktor GDE
GDE	0,373	20 %	70 %	0,67

Tabell A.7: Separeringsfaktorer. Basert på tall fra Jæren biogass [16]

Separering	TS (kg/tonn)	Fosfor fordeling av total andelen fosfor etter separering
Tørr fraksjon	30 %	80 %
Våt fraksjon	3 %	20 %

Tabell A.8: Teoretisk biogasspotensialet for gjødsel er basert på [20]:

	Storfegjødsel	Gris	
	260	330	Nm ³ /tonn TS
	0,65	0,65	Metaninnhold
	0,65	kg/m ³ tetthet metan	
	50,2	MJ/kg LHV metan	

om ikke separeres, antar tetthet	0,6
----------------------------------	-----

NB! Tilgjengelige analysedata for våt fraksjon er veldig begrenset. Kun oppgitt N og P. Har antatt at man får ut 70% av teoretisk utbytte både for våt og tørr fraksjon.

Datagrunnlag for utbytte for tørr reaktor med den teknologien som er tenkt benyttet her er veldig begrenset. Gir usikkerhet i tallene.

Tabell A.9: Resultat analyser av antall gårder og antall med for lite spredeareal i kommunene Hå, Time og Klepp. Data basert på gjeldende og foreslåtte normtall for GDE og fosfor i gjødsel, 5daa/GDE eller maksimalt 3 kg P/daa eller 6 daa/GDE eller maksimalt 2,5 kg P/daa. Etter separering eller annen behandling brukes analysert fosfor, P som grunnlag for tillatt gjødsling.

Totalt antall gårder		975		
Gårder med storfe og/eller gris		684		
		Antall gårder med for lite sprednings areal basert på GDE krav		
Kommune	Gårder med storfe og/eller gris	Dagens krav: 4daa/GDE	5daa/GDE	6daa/GDE
Hå	321	126	187	241
Klepp	198	69	105	131
Time	165	58	79	100
Totalt	684	253	371	472
		Antall gårder med for lite sprednings areal basert på fosfor krav		
Uten separering		251	378	473
med separering		75	74	76

Vedlegg B. Kostnader og inntekter

Scenario 0

Dagens situasjon (scenario 0) for en andel av gårdene i Hå, Time og Klepp innebærer at noe av husdyrgjødselen transporteres til spredearealer i nærheten, på grunn av manglende spredeareal der gjødsla oppstår. Som beskrevet ovenfor, er det antatt en transportavstand på 10 km. Det er antatt en transportkostnad på 50 NOK/m³ basert på undersøkelser knyttet til transportkostnader i regionen. På grunn av korte avstander, er det antatt at laste- og lossetid av husdyrgjødsla er vel så viktig, og at kostnaden er dermed ikke avhengig av transportavstanden. Kostnadene knyttet til spredning av gjødsla er ikke inkludert i studien, fordi disse er antatt å være likt for alle scenariene, til tross for at gjødselmengden reduseres noe i de definerte biogassscenariene. Transportkostnadene for mengden gjødsel som ikke kan spres på selve gården er derfor den eneste kostnaden som reduseres ved å levere gjødsla til biogassproduksjon.

Scenario 1

I scenario 1 blir gjødselen separert og den tørre (fosforrike) fraksjonen blir sendt til det sentraliserte biogassanlegget. Den våte fasen er rik på nitrogen kan spres på jorda. Kostnadene for dette scenariet er i hovedsak knyttet til separering. Forskjellen mellom å leie en mobil separator (scenario 1b) og å investere en egen separator (scenario 1a) har blitt inkludert på følgende måte: En fast separator er antatt å kreve en investering på 300 000 NOK og har en kapasitet til å separere 100 m³ per dag. Separatoren er antatt å ha et forbruk på 4.3 kWh/tonn gjødsel basert på Hanserud et al. [33]. Med en energipris på 1,1 NOK / kWh [34] fører dette til en driftskostnad til 5 NOK per tonn gjødsel. Eventuelle arbeidskostnader til bøndene er ikke inkludert i analysen. Leieprisen til den mobile separatoren er beregnet basert på antagelsen om at en separator har en kapasitet på 100 m³ per dag med 300 produksjonsdager, altså 30 000 m³ per år. Den mobile separatoren er antatt å koste 1,5 millioner kroner. Med en rente på 3,50% og en tilbakebetalingstid på 15 år, blir det en kostnad på omtrent 130 000 NOK per år. Hvis man i tillegg antar 700 000 NOK i kostnader knyttet til lønn, vedlikehold, strøm og transport, trenger man en inntekt på 28 NOK per tonn gjødsel for å dekke kostnadene. Dersom en operatør kan drifte flere separatorer samtidig vil denne kostnaden kunne reduseres.

Det er en del usikkerhet knyttet til behovet for å investere i nye lagre ved separering av husdyrgjødsel på gården, da dette i stor grad vil være avhengig av eksisterende lager og hvordan disse er utformet, samt grunnforhold på gården. For eksempel kan noen gårder ha behov for å etablere et nytt lager for oppbevaring av den våte fasen etter separering. I denne studien er det antatt at eksisterende lager kan benyttes til å lagre den våte fasen etter separering, og at det ikke er behov for å investere i ett nytt lager for dette. Etter separering kan det også være behov for å lagre den tørre delen frem til den blir hentet og kjørt til biogassanlegget. Lagringsbehovet vil sannsynligvis være mer aktuell under scenariet hvor man investerer i et eget separeringsanlegg enn hvor man benytter den mobile separatoren på rundgang. Henting av den tørre delen kan bli koordinert med bruken av den mobile separatoren, og reduserer dermed lagringsbehovet. På grunn av dette er det kun antatt en investering i et tørrlager under scenario 1a. Tørrlageret har en investeringskostnad til 200 000 NOK og en levetid på 25 år.

Når husdyrgjødsel bli levert til biogassanlegg får man et tilskudd fra staten. Dette tilskudd gis per tonn husdyrgjødsel, vektet per tørrstoff i gjødsla. «Gjødsel med kun tørrstoff danner referanse, og vektet med faktor 1. Faktoren avtar med minkende andel tørrstoff etter formelen $2x-x^2$, der x er andelen tørrstoff i gjødselen. Satsen er 583 kroner per tonn levert husdyrgjødsel.» [35]. Ifølge Jæren Biogass vil den tørre fraksjonen ha et tørrstoffinnhold på omtrent 30% etter separering [16]. Ved bruk av formelen beskrevet ovenfor, fører det til et tilskudd på 298 NOK per tonn TS levert til biogassanlegget. Det er antatt at det sentraliserte biogassanlegget dekker kostnadene knyttet til å transportere den tørre fraksjonen til anlegget, og at de får 50% av tilskuddet for å kompensere transportkostnadene. Dette betyr at bøndene beholder 50% av tilskuddet de har mottatt for å dekke sine investeringer og driftskostnader.

Scenario 2

Under scenario 2 investerer man i en våtrektor på gården for å behandle den våte fasen etter separering. Det er antatt at anlegget har en investeringskostnader på 600 000 NOK (fratrasket investeringsstøtte) og har en kapasitet til å behandle omtrent 2 500 m³ per år. Driftskostnadene er antatt å være omtrent 30 000 NOK per år (Lyng et al., 2018). Det antas at våtrektoren produserer strøm/varme, da det ikke vil være lønnsomt å oppgradere biogassen til drivstoffkvalitet for så små anlegg. Det er antatt at denne energiproduksjonen medfører reduserte strømkostnader på gården. Generert mengde energi er beregnet ut ifra et realistisk utbytte på 70% av det teoretiske biogasspotensialet til storfe og gris per tonn tørrstoff, basert på Modahl et al. [20]. I analysen er det antatt en strømkostnad på 1,1 NOK / kWh (SSB, 2019). I tillegg mottar gården et tilskudd basert på mengden husdyrgjødsel som behandles i våtrektoren på gården. Som beskrevet ovenfor er tilskuddet beregnet fra mengde tørrstoff og den flytende delen har et tørrstoffinnhold på kun rundt 3%. Mesteparten av inntektene vil derfor komme fra de unngåtte strømkostnadene.

Lagringskostnadene er også usikkert for dette scenariet og dermed er det valgt samme tilnærming som under scenario 1. For å lagre den våte delen mellom separering og behandling i gårdsanlegget kan det muligens være behov for et ekstra lager sammenlignet med scenario 1. Det eksisterende lageret for lagring av husdyrgjødsel før spredning kan eventuelt benyttes til å lagre gjødsla før det går inn i gårdsanlegget. Det kan likevel være krevende å holde begge varestrømmene separert i det samme lageret og derfor er det antatt at det trengs et nytt lageret i dette scenariet, både i scenario 2a og 2b. Lageret har en investeringskostnad på 200 000 NOK og en levetid på 25 år. Erfaringer fra Jæren Biogass viser at det er behov for å kjøre den våte delen gjennom en ekstra sikt før det kan behandles i våtrektoren. Denne sikten er antatt til å ha en investeringskostnad på 200 000 NOK og en levetid på 15 år. Dette er ikke nødvendig når man bruker den mobile separatoren. Alle kostnadene oppsummeres i tabell B.1.

Tabell B.1: Kostnadskomponenter (kostnader + inntekter) på gården. **Scenario 0** innebærer ingen separering av gjødsel eller biogassproduksjon. I **scenario 1** er det separering av gjødsel i våt og tørr fraksjon, spredning av våt fraksjon på egen gård og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. **Scenario 2** har separering av gjødsel, lokal biogassproduksjon fra våt fraksjon og transport av tørr fraksjon bort fra gården til en sentralisert hub for biogassproduksjon. Scenario 1 og 2 deles videre inn i **a** og **b**, hvor man i **a**) eier sin egen separator mens i **b**) leier man separator ved behov

Kostnad	Verdi	enhet	Scenario
Transport	50	NOK/m ³	0
Investering separator	300 000	NOK	1a, 2a
Drift av separator	5	NOK/tonn VV	1a, 2a
Leie av separator	28	NOK/tonn VV	1b, 2b
Lager tørr (t4)	200 000	NOK	1a, 2a
Lager våt (T2)	200 000	NOK	2a, 2b
Investering sikt	200 000	NOK	2a
Investering reaktor	600 000	NOK	2a, 2b
Drift reaktor	30 000	NOK/år/reaktor	2a, 2b
Tilskudd tørr bioest	298	NOK/tonn TS	1a,1b,2a,2b
Besparelse Strøm	1.1	NOK/kwh	2a, 2b



NORCE Norwegian Research Centre AS
www.norceresearch.no