

# Grønn slamhåndtering for mindre landbrukskommuner

## SKIPTVET KOMMUNE

### **Tekniske forutsetninger** **Notat III**

Aquateam COWI AS

Rapport nr.: 20-029

Prosjekt nr.: A209326

Rapport utarbeidet av: Maria M. Estevez

Bjørn Rusten

Aquateam COWI AS  
 Postboks 6731 Etterstad,  
 0609 Oslo, Norway  
 Karvesvingen 2, 0579 Oslo  
 Tlf: 02694  
[www.aquateamcowi.no](http://www.aquateamcowi.no)

Rapportnummer: 20-029

Tilgjengelighet: Begrenset

Rapportens tittel	Dato
Tekniske forutsetninger	17.12.2020
	Antall sider og bilag
	19
Forfatter(e) sign.	Ansv. sign.
Maria M. Estevez	
Bjørn Rusten	A209326

Oppdragsgiver Skiptvet Kommune	Oppdragsgivers ref.

Rapport versjon	Dato	Signatur
Versjon 1	17.12.2020	

## Innhold

1. Sammendrag.....	4
2. Forkortelser.....	5
3. Innledning .....	6
4. Tilgjengelighet av avløpsslam ved Skiptvet Kommune .....	6
4.1. Hoel renseanlegg.....	6
4.2. Private renseanlegg .....	6
5. Andre RA i regionen .....	6
6. Estimert produksjon av biogass i Skiptvet .....	8
6.1. Metanpotensiale fra avløpsslam.....	8
6.1.1. Hoel RA avløpsslam- <i>Biochemical Methane Potential</i> forsøk (BMP). .....	8
6.1.2. Estimert potensial fra private RA .....	10
6.1.3. Estimert potensial fra Svinndal RA i Våler .....	11
6.1.4. Oppsummering: estimert potensial fra avløpsslam i dekket området .....	11
7. Avvanning av slam og biorest og behov for behandling av rejektivann.....	11
7.1. Bruk av husdyrgjødsel som substrat og effekter i rejektivann .....	13
8. Energibehov for biogassanlegg .....	13
9. Forutsetningen ved plassering.....	16
9.1. Plasseringsted.....	17
10. Oppsummering og foreløpige anbefalinger .....	18
11. Referanser.....	19

## 1. Sammendrag

Dette notatet om tekniske forutsetninger knyttet til etablering et nytt biogassanlegg på Skiptvet Kommune er de tredje notat for prosjektet "Grønn slamhåndtering for mindre landbrukskommuner" med varighet 09/ 2020-09/ 2021. En konseptutredning for bærekraftig biogassproduksjon i mindre landbrukskommuner skal utarbeides, slik at et økonomisk, klimamessig og energimessig lønnsomt alternativ til i dags løsning av transport av slam til Nordre Follo RA kan vurderes. Dette notatet er utgangspunktet på de tekniske aspektene som er grunnleggende for prosjektet, som vil fortsette å bli supplert med mer data og informasjon fra kommune og leverandører i løpet av prosjektet.

Kartlegging og beregninger knyttet til avløps slam tilgjengelighet i prosjektets område er her presentert. Metanpotensialforsøk av slamprøver fra Hoel RA var utarbeidet for å finne spesifikke metanutbytte av den mekaniske, kjemiske og biologiske slam produsert. Dialogen med Våler kommune ble opprettholdt for å få informasjon og spesifikasjoner for Svinndal RA.

Den totalt estimert energiproduksjon fra avløps slam fra Hoel RA, Svinndal RA og private RA i Skiptvet Kommune, som representere i totalt 170 tonn TS/år, er beregnet til ca. 324 MWh/år (886 KWh/d).

Fra det grove estimatet av energibehov for et biogassanlegg basert på disse avløps slam strømmer, er det beregnet at ca. 62 % av produsert energi vil bli benyttet internt, noe som ikke virker lønnsomt. Bruk av andre mulige substrater i området kan gjøre prosessen mer effektiv.

Beregninger viser at rejektivannproduksjon fra dette biogassanlegg konseptet betyr en viktig strøm som skal håndteres. Vanligvis blir rejektivann resirkulert tilbake til renseanlegget, som et tillegg til innkommende avløpsvann. Her representeres det en daglig mengde på ca. 10 m<sup>3</sup>/d med en viktig belastning av nitrogen.

I henhold til myndighetskrav må Skiptvet Kommune vurdere om det er mulig å håndtere rejektivann som et ekstra innkommende avløpsvann til Hoel RA. Utslippet av nitrogen kan være et problem, som med råtnetanker og mottak av slam fra private RA og Svinndal RA vil gi et merutslipp av nitrogen tilsvarende ca. 550 pe.

Nordre Follo RA har nitrogenfjerning, så med tanke på et klimaregnskap og effekten av utslipp av N fra rejektivann så vil klimabelastningen fra nitrogen bli større ved lokal håndtering på Hoel RA, med mindre man bygger et eget renseanlegg for fjerning av N fra rejektivann. Prosjektets konseptutredning må sammenlignes de samlede kostnadene for det lokale biogassalternativet, inkl. kostnadene for spredning av slammet, med de kostnadene man har i dag med kjøring til Nordre Follo RA og den avgiften man betaler til Nordre Follo RA.

De tekniske aspekter ved plassering et slik anlegg trenger å dekke sikkerhetshensyn. Som beskrevet i mer detalj i NOTAT 1 må sikkerhetsavstander tas hensyn til ved arealplanlegging. Arealer for et stort prosessbygg, lagring både av råstoff og ferdig produsert biorest, samt som for buffertanker og diverse installasjoner for slamavvanning, er nødvendige.

## 2. Forkortelser

<b>AMPTS®</b>	Automatic Methane Potential Test System®, system fra Bioprosess Control AB, Sverige, for å måle metanpotensial av råstoff.
<b>Biorest</b>	Utråtnet biomasse. Det som er igjen av biomassen etter en anaerob nedbrytningsprosess.
<b>BMP</b>	Biokjemisk metanpotensial (Biochemical Methane Potential)
<b>CHP</b>	Kraftvarmeanlegg (Combined heat and power plant)
<b>CSTR</b>	Helomrørt reaktor. Reaktor/råtnetank med kontinuerlig omrøring
<b>HRT</b>	Hydraulisk oppholdstid (Hydraulic retention time)
<b>KOF</b>	Kjemisk oksygenforbruk
<b>Mesofil</b>	Temperaturområde mellom 25-45 °C (driftstemperatur i anlegg 35-39 °C) hvor metanproduserende bakterier kan vokse
<b>OLR</b>	Organisk belastning
<b>Substrat</b>	Råstof/råvarer til biogassproduksjon
<b>Termofil</b>	Temperaturområde mellom 45-60 °C (driftstemperatur i anlegg er 54-56 °C) hvor metanproduserende bakterier kan vokse
<b>Tilgjengelig-P</b>	Fosfor som er tilgjengelig for planteopptak (analyseres ved P-AL eller Olsen-P metoder)
<b>Total-N</b>	Totalt nitrogen
<b>Total-P</b>	Totalt fosfor
<b>TS</b>	Totalt tørrstoff (Total Solids)
<b>VOC</b>	Flyktig organisk forbindelse
<b>VS eller FTS</b>	Flyktig tørrstoff (Volatile Solids)

### 3. Innledning

Dette notat om tekniske forutsetninger har som mål å kartlegge og vurdere på overordnet nivå viktige tekniske spesifikasjoner for at konseptet om etablering av et biogassanlegg i Skiptvet kommune er gjennomførbart. Noen av de grunnleggende faktorene for utvikling av et slikt konsept i Skiptvet blir først gjennomgått her. Arbeidet gir en start på de tekniske aspektene ved å etablere et biogassanlegg, som vil fortsette å bli supplert med dataforskningen og evalueringene som skal utføres de neste månedene, spesielt med tanke på tilgjengeligheten av andre råstoffmaterialer i området som kunnes brukes som substrater i tillegg til slam og aktuell tilpasset teknologi (inkludert informasjon fra leverandører).

## 4. Tilgjengelighet av avløpsslam ved Skiptvet Kommune

### 4.1. Hoel renseanlegg

Avløpsslam som produseres ved renseanlegg i Skiptvet, Hoel RA, er estimert til 1248 m<sup>3</sup> år. Hoel RA er et simultanfellingsanlegg som håndterer et gjennomsnitt på ca. 400 m<sup>3</sup> avløpsvann hver dag. Anlegget er dimensjonert for 1900 p.e. De mekaniske, kjemiske og biologiske trinnene genererer et slam med ca. 3,5 % tørrstoffinnhold. Dette betyr at slammengde fra Hoel RA er ca. 44 tonn TS/år.

Data om analyser av slamkvalitet viser at slam er i klasse 2 av gjødselvereforskriften iht. tungmetallinnhold. Innhold av nitrogen er estimert til ca. 26 kg/tonn TS og innhold av fosfor ca. 14 kg/tonn TS. Verdier er på samme nivå som andre kjemiske-biologiske anlegg som finnes i Norge.

For å nøyaktig bestemme metanpotensialet av Hoel RA sitt avløpsslam ble prøver fra slamlager sendt til Aquateam COWI laboratoriet for å kjøre BMP (Biochemical Methane Potential) forsøk med AMPTS<sup>®</sup> II system-utstyr. Forsøk kan kjøres på mesofil (36 °C) eller termofil (56 °C) temperatur. Det var valgt termofil drift slik at en mer effektiv produksjon iht. prosesskinetikk og en hygienisert biorest kan oppnås.

### 4.2. Private renseanlegg

Det er ca 590 minirensesanlegg i Skiptvet. I følge kommunen var i 2019 tømmevolum 2115 m<sup>3</sup> for separate renseanlegg. Tørrstoffinnhold i slammene er estimert til ca. 5 %, slik at ca. 106 tonn TS er produsert fra private renseanlegg hvert år.

## 5. Andre RA i regionen

I tillegg til Hoel RA, vil avløpsslam fra Svinndal RA i Våler kommune også vurderes som et mulig råstoff. Svinndal RA er et lite kjemisk-biologisk anlegg dimensjonert for 650 p.e. med ca. 500 m<sup>3</sup> slam produsert hvert år. Våler kommune sluttbehandler slam i dag ved å transportere det til MOVAR IKS i Moss og interesse for behandling i nærheten er stor (Våler Kommune, 2020). Anlegget ligger ca. 11 km fra Hoel RA (10 min kjøretid).

Figur 1 viser området som man tenker at prosjektet primært skal dekke.

Figur 1. Området som prosjektet skal dekke iht. tilgjengelighet av råstoff/avløpsslam.



## 6. Estimert produksjon av biogass i Skiptvet

### 6.1. Metanpotensiale fra avløpsslam

#### 6.1.1. Hoel RA avløpsslam- *Biochemical Methane Potential* forsøk (BMP).

##### Slamprøver

To forskjellige prøver fra slamlager ved Hoel RA var sendt av Skiptvet Kommune mandag 26. Oktober.

I tillegg trenger man podeslam til disse forsøkene for å inokulere flaskene med metanproduserende bakterier. Oppstart av en biogassprosess er ikke lett, og bakteriekulturen i podeslam må tilpasses råstoffet og driftstemperaturen vi tenker å bruke i forsøket, slik at de adapteres raskt til prosess-miljøet og unngår ubalanser.

Podeslammet ble tatt fra råtnetank 1 på Gardemoen Renseanlegg (Ullensaker Kommune), som driftes ved termofil temperatur. Tabell 1 viser parameterne for podeslam og for slamprøver fra Hoel RA slik som de har ankommet til vårt laboratorium.

**Tabell 1. Analyser av pH og tørrstoffinnhold i de mottatte prøvene.**

	pH	TS %	VS %	VS av TS %
<b>Podeslam</b>	8	3,20	1,92	59,9
<b>Slam 1</b>	5,6	3,72	2,74	73,7
<b>Slam 2</b>	6,2	1,92	1,31	68,1

For å få en tilstrekkelig høy slamkonsentrasjon, slik at slammet kunne brukes til måling av biogasspotensiale (min. 2 % VS), ble både podeslam og slam 2 oppkonsentrert ved sentrifugering med lab-sentrifuge.

##### Måling av metanpotensiale

For måling av biogassproduksjon ble det brukt et instrument fra Bioprocess Control AB i Lund, Sverige, se Figur 2. Med dette instrumentet måler man direkte metangassproduksjonen i slamprøver. CO<sub>2</sub> i gassen fjernes ved å bli absorbert i en 3 M NaOH-oppløsning, og bare "ren" metanproduksjon er registret i systemet som volumet av produsert gass. Testen er en batch-prosess, og ble kjørt ved en termofil temperatur på 56 °C og med en varighet av 20 døgn. Metangassproduksjonen måles kontinuerlig og logges på en egen PC.

Apparatet består av 15 flasker på 500 ml, som har omrørere og er plassert i et temperaturkontrollert vannbad. Det kjøres 3 paralleller av hver slamtype. Standard prosedyre for testen krever en stor andel med anaerobt podeslam i hver flaske. Metanproduksjonen av dette podeslammet måles separat i 3 av flaskene og trekkes fra ved beregning av netto gassproduksjon i de andre flaskene. I tillegg, biogassproduksjon fra et råstoff som har et kjent biogasspotensiale måles også som en kontroll, for å teste podeslammets kvalitet. Som kontrollsubstrat kan man bruke ren glukose eller cellulose.





**Figur 2. Lab-utstyr for måling av biogasspotensiale (AMPTS® II) (bilde: Aquateam COWI).**

Tabell 2 viser matrisen for tilsetning av slam og cellulose som substrater til de forskjellige flaskene ved oppstart av testen med måling av metanpotensiale.

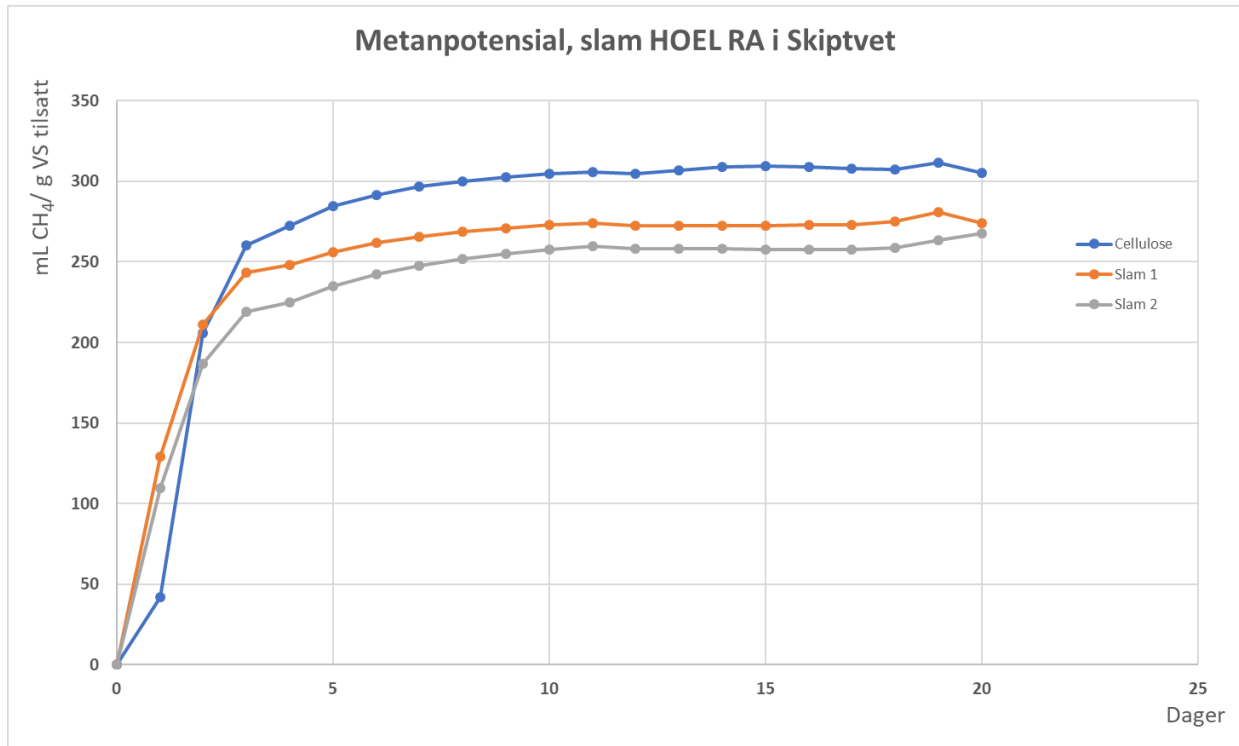
**Tabell 2. Matrise for måling av metanpotensiale.**

Flaske	Innhold	Volum	VS	VS	Sum volum	Sum biomasse	Podeslam/ substrat
		ml	%	g	ml	g VS	g VS/g VS
1, 2, 3	Podeslam	267	2,33	6,22	267	6,22	- - -
4, 5, 6	Podeslam	267	2,33	6,22	270	9,33	2,00
	Cellulose	3	100	3,11			
7, 8, 9	Podeslam	267	2,33	6,22	381	9,33	2,00
	Slam 1	114	2,74	3,11			
10, 11, 12	Podeslam	267	2,33	6,22	400	9,33	2,00
	Slam 2	133	2,34	3,11			

## Resultater

Resultatene fra målingene av metanpotensiale er vist i Figur 3.

Termofilt podeslam viser god kvalitet på bakteriekulturen ut fra metanutbytte fra cellulose-kontrollen, og maksimalt spesifikk metanproduksjon fra avløpsslam fra Hoel RA var 280 Nml CH<sub>4</sub>/g VS tilsatt. Det er et forventet utbytte for et kjemisk-biologisk slam.



Figur 3. Metanproduksjonsprofilene fra Hoel RA slam og fra kontrollen med cellulose.

Basert på slammets spesifikke metanutbytte og mengde av VS tilgjengelig i slam fra Hoel RA er det beregnet et estimat av brutto energiproduksjon (MWh/år totalt hvis metan er brukt for produksjon av både varme og elektrisitet ved CHP), som vist i Tabell 3.

Tabell 3. Oppsummering av resultater fra BMP forsøk med Hoel RA slam.

Slam- mengde tonn TS	Slam- mengde tonn VS	Spesifikt metanutbytte	Energi- innhold i metan	Brutto energiproduksjon fra slam	
		Nm <sup>3</sup> /tonn VS tilsatt	kWh /Nm <sup>3</sup>	kWh /d	MWh /år
44	30,8	280	10	236	86,2

Dette betyr at energiproduksjon fra Hoel RA avløpsslam tilfører ca. 236 kWh/d.

### 6.1.2. Estimat potensial fra private RA

Det er beregnet at ca. 106 tonn TS er produsert per år fra de 590 private renselanlegg i Skiptvet kommune.

Uten detaljert info relatert til behandlingsprosessene, antas det at slamm fra private RA er kjemisk-biologisk, og derfor antas den spesifikke metanproduksjonen den samme som for Hoel RAs slam (280 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> / g VS tilsatt). Energi fra denne type slam skal så være (VS antas som 70% av TS) ca. 570 kWh/d.

### 6.1.3. Estimat potensial fra Svinndal RA i Våler

Ifølge Våler kommune, er renseanlegget dimensjonert for 650 p.e. og produserer per i dag ca. 500 m<sup>3</sup>/år slam som er kjørt til MOVAR med estimat 4 % TS, dvs. ca. 20 tonn TS/år. Dette vil gi, ved å anta samme spesifikke metanpotensial og VS innhold som for Hoel RA, ca. 107 kWh/d.

### 6.1.4. Oppsummering: estimat potensial fra avløpsslam i dekket området

Det totale grov metanpotensial og energiutbytte fra avløpsslam i området dekket i prosjektet (Figur 1) er vist i Tabell 4.

**Tabell 4. Oppsummering av potensial for metanproduksjon fra tilgjengelige avløpsslam i området dekket i prosjektet**

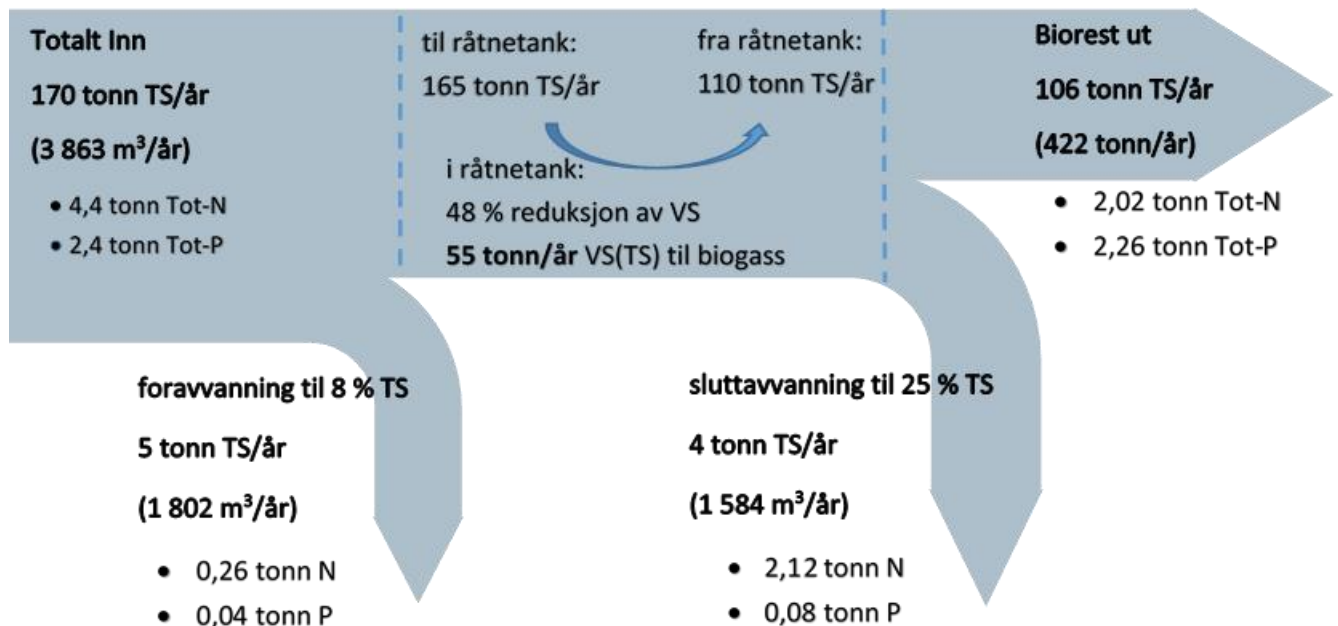
Avløpsslam kilder	Slammengde	Metanmengde produsert	Brutto energiproduksjon fra slam	
	tonn TS/år	Nm <sup>3</sup> /år	kWh /d	MWh /år
Hoel RA	44	8 620	236	86,2
Skiptvet-Private RA	106	20 776	570	208
Svinndal RA	20	3 920	107	39,2
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>33 316</b>	<b>913</b>	<b>333,4</b>

Det er viktig å legge merke til at i de følgende kapitlene som involverer foreløpige massebalanser for utformingen av konseptet, blir en mer presis estimering av energiproduksjonen gitt med tanke på den tapte VS-mengden i det første avvanningstrinnet (foravvanning).

## 7. Avvanning av slam og biorest og behov for behandling av rejektivannet

Det finnes to avvanningstrinn i et vanlig biogassanlegg for avløpsslam. Foravvanning av innløpsslam skjer før råtnetanker. Hvis forbehandling eller hygienisering av slam ikke er på plass, krever slam ca. 6-8 % TS inn til råtnetankene, med tanke på god omrøring (Norsk Vann, 2020). Sluttavvanningstrinn skjer etter utråtningsprosess, og 25 % TS er vanlig iht. veiledning for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg (som inkl. biogassprosess). Med slikt tørrstoffinnhold er biorestproduktet lett å håndtere videre (Norsk Vann, 2020).

Massebalanser i Figur 4 viser detaljer for en slik prosess med de to avvanningstrinnene.



Massebalanser forutsetninger:

\*Total-P og Total-N innhold i slam for Svinndal RA og private RA er forutsatt samme som for Hoel RA

\*foravanning til 8 % TS (inn til råtnetank 8 % TS)

\*sluttavanning til 25 % TS (biorest 25 % TS)

\*Total-P og Total-N i rejektivannstrømmer er forutsatt å være mest som oppløst fraksjoner

\*Mineraliserings grad innen råtnetank øker innhold av oppløst N og i liten grad oppløst P

**Figur 4. Massebalanser for tørrstoff og næringsstoffer i det slambaserte biogassanlegg konseptet. Data kommer fra Skiptvet kommune og dimensjoneringsforutsetninger fra Norsk Vann veiledning 256-2020 (Norsk Vann, 2020).**

Fra beregninger er det estimert at total mengde rejektivann produsert i konseptet skal være ca. 3386 m³/år, med et innhold av 0,22 % TS, dvs. ca. 2191 mg/L TS. Etter første avvanningstrinn vil ca. 3,2 tonn VS dreneres og ikke bli tilgjengelige for biogassproduksjon. Dette er grunnen til at total energiproduksjon estimert fra den totale mengde av slam mottatt er litt mindre enn tidligere vist i Tabell 4, og egentlig 324 MWh/år (886 Kwh/d).

Nitrogenkonsentrasjonen i den **totale rejektivannstrømmen** er estimert til ca. 705 mg/L (2,4 tonn Nitrogen /år). Fosforinnhold er estimert til å være ca. 34 mg/L (0,12 tonn P/år).

Beregninger viser at rejektivannproduksjon fra biogassprosessen er en viktig strøm som skal håndteres. Vanligvis blir rejektivann resirkulert tilbake til renseanlegget, som et tillegg til innkommende avløpsvann. Her representeres det en daglig mengde på ca. **10 m³/d** som Hoel RA, iht. myndighetene og forskrifter, må vurdere om det er mulig å håndtere slik. Problemet vil evt. være **utslippet av nitrogen**, som med råtnetanker og mottak av slam fra private RA og Svinndal RA vil gi et merutslipp av nitrogen tilsvarende ca. 550 pe.

## 7.1. Bruk av husdyrgjødsel som substrat og effekter i rejektivann

Med bruk av husdyrgjødsel som substrat i en parallell råtnetanklinje uten å bli blandet med avløpsslam, kunne rejektivann også produseres etter et avvanningstrinn foran råtnetanken, avhengig av tørrstoffinnhold av gjødsel. Vanlig er brukt blautgjødsel som allerede har 8-9% TS og så er avvanning ikke nødvendig her. Etter råtnetank kan imidlertid biorest eventuelt spres som "flytende" gjødsel, et produkt som vil ha betydelig nitrogeninnhold, med en stor andel som mineralisert ammonium. Dermed vil i utgangspunktet nitrogenbelastningen fra slamvann fra husdyrgjødsel ikke bli så stor på Hoel RA.

Bruksområdet for denne gjødselen vil avhenge av om det hygieniseres eller ikke, for eks. ved termofil drift av råtnetanken eller i eget pasteuriseringsprosessstrinn. Dersom den ikke hygieniseres kan den kun benyttes av de samme bøndene som leverer råvare til anlegget.

Når tørre substrater også tilsettes til et biogassanlegg, som matavfall, hageavfall eller energivækster, kan rejektivann brukes som fortykning av substrater og slik minimere behov for å varme råstoff.

Egnet metode for håndtering av rejektivann avhenger av beslutninger som må tas for prosessen for øvrig, og analyser som bør utføres som grunnlag for disse. Håndtering av rejektivann må derfor detaljeres i en senere fase av prosjektet.

## 8. Energibehov for biogassanlegg

Energibehov for et biogassanlegg avhenger av prosesssteknologi, driftsparametere, substrater og kan i tillegg variere mye i løpet av året på grunn av ekstern temperatur. Våte prosesser bruker som et grovt estimat ca. 50 % av produsert energi internt.

Det finnes en studie for de små (og mesofile) biogassanlegg som ligger i Norge (ved Tomb skole og Åna fengsel) (Fjørtoft et al., 2014, 2015). Studien handler om små gårdbaserte anlegg med husdyrgjødsel som hovedsubstrat, mesofil drift, utendørs reaktorer, og uten et trinn for avvanning eller separasjon av biorest. Resultatene sier at intern bruk av energi kan variere fra 25 til 45 % av det som produseres, med det meste brukt for varme (37 % av energi som produseres) vrs. elektrisitet (8 %). I sommerperioden var energiforbruket halvparten av det som ble brukt om vinteren. Når et co-substrat ble tilsatt til prosessen, viser resultatene at metanpotensialet økte og dermed også effektiviteten til anlegget.

For biogassanlegg med termofil drift og i tillegg to avvanningstrinn, vil behov for både varme og elektrisitet øke. Oppvarming til termofil temperatur (56 °C) fra antatt gjennomsnitt substrat oppstart temperatur på 10 °C og bruk av varmekapasiteten for vann, kan beregnes å være ca. 53 kWh/tonn slam (Morken et al., 2017).

Avvanning er en prosess som kreves elektrisitet. Ifølge Norsk Vann veiledning 256-2020, kan energiforbruk for fortykning foran råtnetank være mellom 15 og 30 kWh/tonn TS, og polymerforbruket vil være 3-7 kg polymer/tonn TS. For beregningene i dette konseptet, med fortykning til 8 % TS, bruker vi 22 kWh/tonn TS og 5 kg polymer/tonn TS.

For avvanning av biorest (sluttavvanningstrinn) med sentrifuge vil energibehovet bli 50-60 kWh/tonn TS (Norsk Vann, 2020). Skruerpresser trenger mindre energi (Møller et al., 2000), og et energiforbruk på 20 kWh/tonn TS (inkl. pumping og polymerdosering) er tatt for konseptet, med et estimert polymerforbruk av 6 kg/tonn TS.

Alle energi- og polymer-forbruk relatert til avvanningstrinnene er oppsummert i Tabell 5.

**Tabell 5. Avvanning-energi- og polymer forbruk.**

Slammengde tonn /år	3 863	
Tonn TS/år	170	
Slammengde til råtnetank tonn/år	2 062	
Tonn TS/år til råtnetank	165	
Energiforbruk for oppvarming av substrat (10 °C) til termofil temperatur (56 °C) kWh/d	301	
Tonn TS/år etter råtnetank	110	
	<b>Foravvanning</b>	<b>Sluttavvanning</b>
Energi forbruk for avvanning kWh/d	10	6
Polymer forbruk for avvanning kg/d	2,3	1,8
Sum energi forbruk for oppvarming og avvanning kWh/d	317 (16 kWh <sub>elekt</sub> og 301 kWh <sub>varm</sub> )	

Elektrisitetsforbruk for de to avvanningstrinnene er estimert til ca. 16 kWh/d og polymer forbruk til ca. 4,1 kg polymer/d. Oppvarmingsbehov til termofil drift er estimert til ca. 301 kWh/d.

For en mest effektiv prosess når det gjelder energi, skulle biogassanlegg bygges med innendørs substrat/biorest lager, og sikte på å utveksle den varme energien fra biorest til det kaldeste råstoff/slamm. God insolasjon av tanker og bruk av varmevekslere vil støtte dette.

Beregning av energiproduksjon og behov for anlegget iht. totalt slamråstoff tilgjengelig i området er vist i Tabell 6.

**Tabell 6. Enerkiproduksjon og energibehov for konseptet**

Slammengde tonn /år	3 863
Slammengde tonn TS/år	170
Produsert metan Nm <sup>3</sup> /d <sup>1</sup>	88,6
Produsert energi kWh/d (CHP)	886
kWh <sub>elekt</sub> /d <sup>2</sup>	319
kWh <sub>varm</sub> /d <sup>2</sup>	478
Internt bruk (estimert for små anlegg) kWh/d <sup>3</sup>	399

Forbruk elektro kWh <sub>elekt</sub> /d <sup>3</sup>	71
Forbruk varme kWh <sub>varm</sub> /d <sup>3</sup>	328
Tillegg Oppvarming termofil kWh <sub>varm</sub> /d <sup>4</sup>	131
Tillegg Avvanningstrinnene kWh <sub>elekt</sub> /d <sup>4</sup>	16
<b>Totalt estimert energibehov kWh/d</b>	<b>546</b>
<b>Netto energiproduksjon kWh/d</b>	<b>340</b>

<sup>1</sup> Brukt 365 dag/år for beregninger.

<sup>2</sup> CHP: ~90 % effektive: kWh 36 % til elektrisitet og 54 % til varme, 10 % tapt (Hjort-Gregersen et al., 2007)

<sup>3</sup> Estimerer for små mesofile biogassanlegg basert på våt-prosess, 45 % av all energi som produseres brukt internt (37 % som produseres bruk til varme og 8 % til elektro).

<sup>4</sup> Konseptet må inkl. energibehov for oppvarming til termofil drift fra mesofil drift (temperatur forskjell ( $\Delta T$ ): 23,2 kWh/tonn slam) og tilsetning av to avvanningstrinn for slam.

Dette grove estimat viser at ca. 62 % av produsert energi må benyttes internt for et slik anlegg, noe som ikke virker lønnsomt.

For å gi en mer detaljert estimering må vi vite om:

- Tilgjengelighet av andre mulige substrater som kan gjøre prosessen mer effektiv
- Produksjonskapasiteter og antall timer med drift per år må fastslås.
- En detaljering av investeringskostnadene der alle støttesystemer og nødvendig infrastruktur medregnes. For dette kreves det et mer omfattende samarbeid med utstyrsleverandører.

De samlede kostnadene for det lokale biogassalternativet, inkl. kostnadene for spredning av slammet, må sammenlignes med de kostnadene man har i dag med kjøring til Nordre Follo RA og den avgiften man betaler til Nordre Follo RA. Nordre Follo RA har nitrogenfjerning, så med tanke på et klimaregnskap og effekten av utslipp av N fra rejektivann så vil klimabelastningen fra nitrogen bli større ved lokal håndtering på Hoel RA, med mindre man bygger et eget renseanlegg for fjerning av N fra rejektivann.

## 9. Forutsetningen ved plassering

Anlegget bør plasseres i nærheten av eksisterende infrastruktur og om mulig også i nærheten av andre virksomheter som gjør det mulig å dra nytte av synergieffekter. Her kan nevnes personell, tilgang til kjølevann, forespørsel etter varme, lagringsplass m.v.

Byggegrunn vil ha betydning for fundamentering og byggekostnader.

Et biogassanlegg kreves nødvendige arealer for et stort prosessbygg, lagring både av råstoff og ferdig produsert biorest. Avhengig av prosess valgt iht. å oppfylle kravene til hygienisering av biorest, kan det bygges to parallelle linjer for utråkning av slam (eks en for å håndtere avløpslam og slam fra private RA og den andre for å håndtere mer "rent" råstoff som husdyrgjødsel og evt. matavfall). Anlegg vil også ha buffertanker og diverse installasjoner for slamavvanning.

Hvis råstoff som matavfall er brukt skal det inkluderes forbehandlingsanlegg for å fjernes store forurensinger (søppel) og videre homogenisering av råstoffet.

I tillegg til bygningene skal det opparbeides adkomstveg, skogsbilveg forbi anlegget og interne veger/oppstillingsplasser/snuplass i tilknytning til biogassanlegget.

Infrastruktur som strøm, vann, internett, og areal for håndtering av gass (gasslager, kjel, rørledning og kraftvarmeverk) er nødvendig.

Biogass er en brennbar og eksplosiv gass og regelverket med tanke på sikkerhetsavstander må tas hensyn til ved arealplanlegging (se Notat 1, DSB, 2012, 2015; PBL, 2008). Sikkerhetsavstander er avhengig av hvor mye gass man produserer. Deler av anlegget kan ha behov for inngjerding og beskyttelse mot påkjøring.

Samtidig når forskjellige råvarer/råstoff brukes, må områdene organiseres slik at krysskontaminering av råvarer ikke skjer, spesielt for å opprettholde den hygieniske kvaliteten av bioresten.

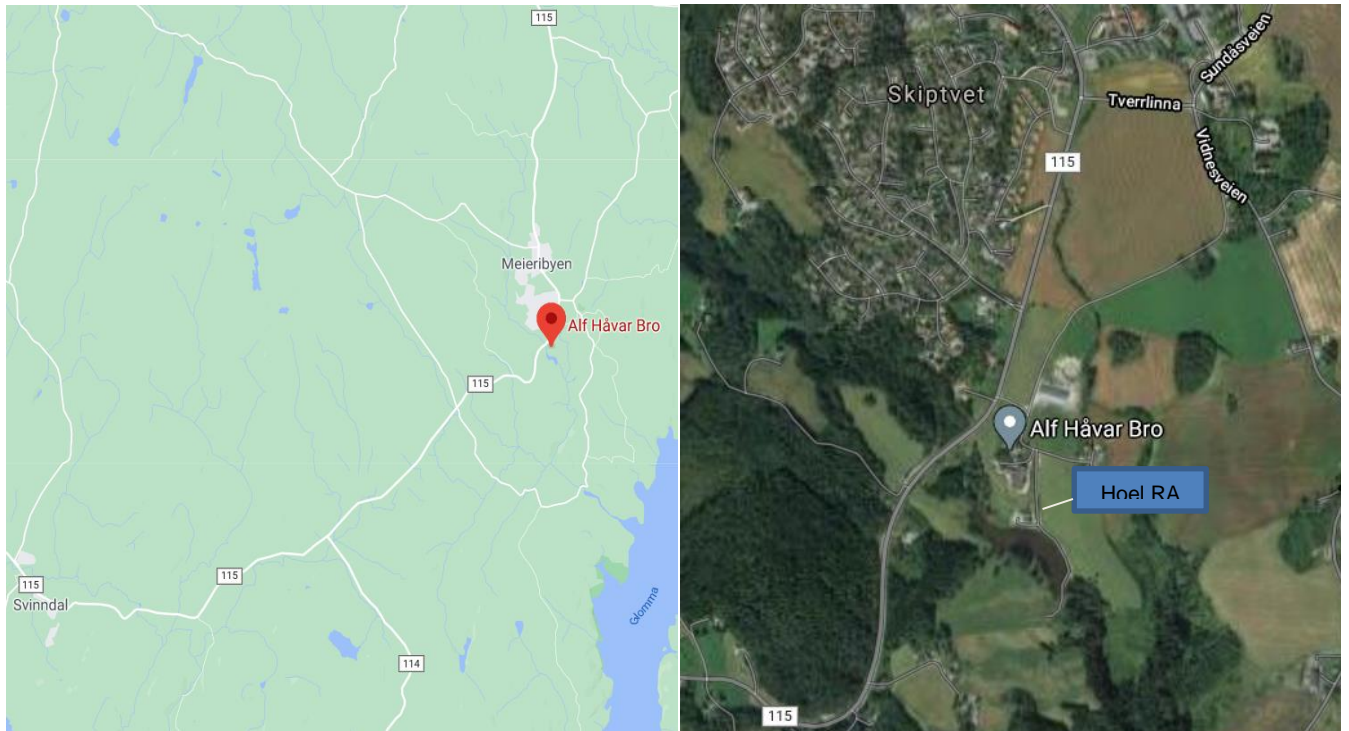
Rør, reaktor og tanker kan med fordel plasseres slik av man minimerer behov for pumping.

I tillegg vil et biogassanlegg normalt ha behov for garderobe, toalett, dusj, kontrollrom (evt. en liten lab-benk i forbindelse med kontrollrom) og spiserom, samt et lite verkstedrom.



## 9.1. Plasseringsted

Plasseringen av det mulige biogassanlegget blir evaluert hos Alf Håvard Bro gård, 59°27'44.0"N 11°09'54.2"E.



Dette sted var tidligere vurdert som mulig plassering av biogassanlegg i henhold til prosjektet "Mulighetsanalyse for biogassutbygging i Indre Østfold, Rakkestad og Halden" (Biogass Østfold, 2013).

Hoel RA er nabo til gården, og slam er tenkt å pumpes til biogassanlegg. Avstand til Svinndal RA (og Våler kommune) er ca. 11 km (10 min kjøretid).

Lengde på pumpeledning må vurderes fordi slam er ikke nødvendigvis enkelt å pumpe pga. problemer med avsetninger av fett, osv.

## 10. Oppsummering og foreløpige anbefalinger

Den estimert energiproduksjon fra avløpsslam tilgjengelige i området dekket av konseptet, som inkludere avløpsslam fra Hoel RA, Svinndal RA og private RA i Skiptvet Kommune (totalt 170 tonn TS/år), er beregnet til ca. 324 MWh/år (886 KWh/d).

Selv om energimålet på 500 kWh/d er dekket her, er det fortsatt en veldig liten årlig mengde som tonn TS for å ha et industrielt skala biogassanlegg. For et "lønnsomt" biogassanlegg har man tidligere ansett ca. 500 tonn TS/år som minste slammengde.

Fra det grove estimatet av energibehov for et slik anlegg, er det beregnet at ca. 62 % av produsert energi vil bli benyttet internt, noe som ikke virker lønnsomt.

Beregninger viser at rejektivannproduksjon fra et biogassanlegg med bare avløpsslam som substrat betyr en viktig strøm som skal håndteres. Vanligvis blir rejektivann resirkulert tilbake til renseanlegget, som et tillegg til innkommende avløpsvann. Her representeres det en daglig mengde på ca. 10 m<sup>3</sup>/d med en viktig belastning av nitrogen.

Skiptvet Kommune må vurdere om det er mulig å håndtere rejektivann som et ekstra innkommende avløpsvann til Hoel RA. Utslippet av nitrogen kan være et problem, som med råtnetanker og mottak av slam fra private RA og Svinndal RA vil gi et merutslipp av nitrogen tilsvarende ca. 550 pe.

De samlede kostnadene for det lokale biogassalternativet, inkl. kostnadene for spredning av slammet, må sammenlignes med de kostnadene man har i dag med kjøring til Nordre Follo RA + den avgiften man betaler til Nordre Follo RA. Nordre Follo RA har nitrogenfjerning, så med tanke på et klimaregnskap og effekten av utslipp av N fra rejektivann så vil klimabelastningen fra nitrogen bli større ved lokal håndtering på Hoel RA, med mindre man bygger et eget renseanlegg for fjerning av N fra rejektivann.

Massebalanser og beregninger fra dette tekniske notatet vil fortsette å bli supplert med dataforskningen og evalueringene som skal utføres de neste månedene. Dette gjelder spesielt med tanke på tilgjengeligheten av andre råstoffmaterialer i området som kunnes brukes som substrater i tillegg til slam, mer informasjon relatert til plasseringsted og data fra aktuell tilpasset teknologi inkl. energibehov, kostnader, spesifikasjoner, osv.

## 11. Referanser

Biogass Østfold (2013) Mulighetsanalyse for biogassutbygging i Indre Østfold, Rakkestad og Halden.

Collota, M., Tomasoni, G. (2017) The environmental sustainability of biogas production with small sized plant. Energy Procedia 128, 38-45.

DSB (2012) Temaveiledning om tilvirkning og behandling av farlig stoff. Kapittel 2: Biogassanlegg. <https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/farlige-stoffer-npf/farlige-stoffer/tilvirkning-og-behandling-av-farlig-stoff.pdf>

DSB (2015) Temaveiledning om bruk av farlig stoff. Del 1: Forbruksanlegg for flytende og gassformig brensel. [https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/farlige-stoffer-npf/industriikkerhet/temaveiledning\\_bruk\\_av\\_farlig\\_stoff\\_del\\_1.pdf](https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/farlige-stoffer-npf/industriikkerhet/temaveiledning_bruk_av_farlig_stoff_del_1.pdf)

Fjørtoft, K., Morken, J., Hanssen, J. F., Briseid, T. (2014) Methane production and energy evaluation of a farm scaled biogas plant in cold climate area. Bioresource Technology Vol. 169, Pages 72-79.

Hjort-Gregersen, K., Møller, H. B., Sommer, S.G., Birkmose, T., Nielsen, L.H. (2007) Probiogas-Promotion of Biogas for electricity and heat production in EU countries. Final Assesment Repport. EIE/Altener and EU cofunded Project.

Morken, J., Fjørtoft, K. Briseid, T. (2015) Agricultural Biogas Plants-Energy Balance. Nordic view of sustainable rural development, 25th Nordiske Jordbrugsforskeres Forening, Latvia.

Morken, J., Briseid, T., Hovland, J., Lyng, K.A., Kvande, I. (2017) Veileder for biogassanlegg - mulighetsstudie, planlegging og drift. REALTEK Rapport versjon 091017, 53 s.

Møller, H.B., Lund, I., Sommer, S.G. (2000) Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. Bioresource Technology 74 (2000) 223-229.

Norsk Vann (2020) Veiledning for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg. Forfattere: Johannessen, E., Rusten, B., Bjørn, E., Ødegaard, H., Paulsrud, B. Rapport 256:2020. ISSN 1890-9248

PBL (2008) Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL\\_4#KAPITTEL\\_4](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4#KAPITTEL_4)

Våler Kommune (2020) Kommunikasjon med ansvarlig ingeniør for vann og avløp ved Våler Kommune tekniske tjenester.