

VURDERING AV STRATEGI FOR HÅNDTERING AV SLAM FRA GRENLAND AVLØPSRENSEANLEGG

Sammendrag/konklusjon

Kommunene Skien, Porsgrunn og Bamble planlegger å bygge et nytt felles Grenland avløpsrenseanlegg (GRA), som skal erstatte dagens anlegg og håndtere om lag 7 200 tonn tørrstoff slam per år. Valg av framtidig slamhåndtering er en av de sentrale beslutningene i prosjektet, med betydelige konsekvenser for kostnader, miljø, drift og behovet for eksterne avtaler. Tidligere anbefalinger peker mot et regionalt anlegg, men kommunene har behov for en oppdatert og selvstendig vurdering av tre hovedalternativer før endelig strategi fastsettes. Disse hovedalternativene er:

- 1. Transport og levering av slam til eksternt anlegg**
Slammet avvannes, transporteres og leveres til en ekstern aktør som håndterer all videre behandling og sluttavhenging. Dette innebærer at GRA ikke bygger egen behandlingsskapasitet.
- 2. Etablering av eget slambehandlingsanlegg**
Kommunene etablerer et slambehandlingsanlegg for eget slam, med egne eller eksterne løsninger for avsetning av biorest og biogass.
- 3. Etablering av et regionalt slambehandlingsanlegg**
Et større anlegg bygges, dimensjonert for å behandle slam fra GRA og andre aktører i regionen, i tråd med anbefalingene fra LUP-prosjektet. Det vurderes både egne og eksterne løsninger for avsetning av biorest og biogass.

Anbefalingen i fra dette prosjektet er at et lokalt slambehandlingsanlegg (alternativ 2) gir kommunene den mest stabile og forutsigbare løsningen. Kostnadene er moderate, risikoen lav, og løsningen gir god kontroll uten avhengighet til eksterne markeder. Et regionalt anlegg (alternativ 3) kan på sikt gi lavere kostnader per tonn slam behandlet, men er mer usikkert fordi det forutsetter inntekter fra andre kommuner og et marked som kan variere. Alternativ 1 er både dyrere, mindre robust og innebærer en større risiko enn de to andre alternativene

Det anbefales derfor at kommunene bygger et anlegg for termofil utråtning av eget slam (biogassanlegg) som første steg (alternativ 2A). Anlegget bør utformes slik at det senere kan utvides til et regionalt anlegg hvis markedet og regionale behov tilsier det. Denne trinnvise tilnærmingen gir lav risiko i starten, samtidig som kommunene beholder muligheten til å utvikle en større regional løsning med lavere behandlingsskostnad for eierkommunene når man har mer erfaring og bedre kunnskap om markedet.

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
A02	21/1-2026	Første utkast og arbeidsdokument delt med oppdragsgiver	BJ	BP	BJ
C01	20/2-2026	Rapport klar til kommentering av oppdragsgiver	BJ	BP	BJ
J01	22/2-2026	Endelig versjon	BJ	BP	BJ

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
1.1	Dialog med potensielle samarbeidspartnere	4
1.2	Lokalisering av anlegg	5
1.3	Tre overordnede slambehandlingsstrategier	6
1.4	Terminologi	7
2	Markedsituasjonen	8
2.1	Råstoff	8
2.2	Biorest	9
2.3	Biogass	9
3	Rammebetingelser	11
3.1	Krav til hygenisering	11
3.2	BAT krav	11
3.3	Juridisk betraktning knyttet til alternativ 3 – etablering av eget selskap for slambehandling	11
3.4	Energinøytralitet	12
4	Utredning av alternativer	13
4.1	Alternativ 1 – Levering til eksternt anlegg	13
4.2	Alternativ 2 - Etablering av eget slambehandlingsanlegg	15
4.2.1	Generelle designforutsetninger:	15
4.2.2	Overordnet prosessflyt for konsepter	15
4.2.3	Alternativ 2A - Termofil utråtning (base case)	16
4.2.4	Alternativ 2B - Pasteurisering kombinert med termofil utråtning	17
4.2.5	Alternativ 2C - Termisk Hydrolyse (THP) med mesofil utråtning	18
4.2.6	Dimensjonering av Alternativ 2	19

4.2.7	Opsjoner i Alternativ 2	20
4.3	Alternativ 3 - Regionalt biogassanlegg med termisk hydrolyse og mesofil utråtning	21
4.3.1	Dimensjonering av Alternativ 3	22
4.3.2	Opsjoner i Alternativ 3	24
5	Kostnadsestimat	25
5.1	Forutsetninger for kostnadsestimeringen	25
5.2	Investeringskostnad	25
5.3	Estimering av behandlingskostnad	26
5.4	Oppsummering av behandlingskostnad	27
6	Multikriterie analyse	28
7	Konklusjon og anbefaling av løsning	29
	Vedlegg 1 – Multikriterie analyse	30

1 Bakgrunn

Kommunene Skien, Porsgrunn og Bamble gjennomfører et forprosjekt med mål om å etablere et felles avløpsrenseanlegg – Grenland renseanlegg (GRA) – som skal erstatte dagens 4–6 renseanlegg i regionen. Etableringen av et nytt anlegg innebærer betydelige valg knyttet til fremtidig behandling og avhending av slam. Det foreligger per nå ingen beslutning om hvilken strategi som skal legges til grunn for det nye anlegget.

Kommunene har tidligere deltatt i LUP-prosjektet «*Sammen om slambehandling*», hvor anbefalingen var å etablere et regionalt slambehandlingsanlegg med kapasitet for flere aktører. Selv med denne anbefalingen tilgjengelig er det behov for en selvstendig og grundig vurdering av tre prinsipielle alternativer for framtidig slamhåndtering i Grenlandsområdet.

For det nye Grenland renseanlegg legges det til grunn en korrigeret årlig slamproduksjon før behandling på 7 200 tonn tørrstoff, basert på søknad om utslipp fra 130 000 pe. Dette tilsvarer en mengde avløpslam på 28 800 tonn med 25% tørrstoffinnhold.

I en tidligere konseptvalgutredning ble det ikke inkludert kostnader for bygging av et nytt slambehandlingsanlegg, kun driftskostnader for avsetning av slam. Etter at disse prisene ble anslått, er det inngått nye avtaler, og kostnadsgrunnlaget bør derfor oppdateres.

Slamhåndtering er et av de mest kritiske valgene for prosjektet, både økonomisk, miljømessig og driftsmessig. Et bevisst valg av strategi vil ha direkte påvirkning på dimensjonering av GRA, energiløsninger, bemanning, risikobilde og behov for eksterne avtaler.

Norconsult er engasjert for å bistå med en strukturert utredning av ulike løsninger for slamhåndteringen. Oppdraget omfatter vurderinger av kostnader, risiko, fleksibilitet, miljøkonsekvenser og implikasjoner for renseprosess, drift og organisering. Utredningen skal danne grunnlag for politisk behandling i mars–april 2026.

1.1 Dialog med potensielle samarbeidspartnere

Forprosjektet for nytt Grenland renseanlegg har vært i dialog med flere interessenter rundt sirkulær økonomi. Man har sett på nytten av samarbeid, synergier og utnyttelse av ressurser som skal skapes i årene som kommer. I hovedsak dreier dialogen seg om avløpslam og utnyttelsen av slammet med dets ressurser.

Felles slambehandling:

Fellesprosjektet med LUP og Norsk Vann; «Felles slambehandling» som ble ferdigstilt høsten 2023 identifiserte at det er utfordringer med kapasitet på slambehandling i dagens marked. I kjølvannet av fellesprosessen har prosjekt GRA fått flere henvendelser fra kommuner som ønsker å levere slam, om det bygges et større slambehandlingsanlegg i Grenland. Dette gjelder både kommuner i og utenfor samarbeidet med LUP og Norsk Vann.

Slam til energi – Powered by Telemark:

Powered by Telemark (PbT) er en tverrfaglig industri- og teknologiklynge basert i Grenland (Porsgrunn). Klyngen består av over 100 medlemsbedrifter innen prosessindustri, teknologi og IKT, og jobber for å sikre grønne arbeidsplasser gjennom innovasjon, sirkulærøkonomi og samarbeid. Prosjekt GRA har en løpende dialog med Powered by Telemark om eventuell håndtering av råslam (ubehandlet avløpslam)). Bakgrunnen for dialogen er at Yara per i dag importerer årlig skifergass fra Nord-Amerika tilsvarende 4000 GWh. Det er

et mål å erstatte denne med biogass tilsvarende 1500 GWh. Powered by Telemark utreder potensialet ved blant annet å kunne bygge et biogassanlegg for slam i Grenland. Arbeidet så langt har resultert i en rapport med anbefalinger. Tidshorizont og eventuelle avgjørelser er ikke klarlagt, men PbT planlegger videre utredning og dialog i 2026.

Biogass – Skagerak Energi:

Skagerak Energi produserer strøm og varme fra fornybare kilder, som et bidrag i det grønne skiftet. Skagerak Energi eier blant annet 49 % av Redo Biosolutions AS (Air Liquide), et selskap som eier gassdistribusjonsnett, gassterminaler og fyllestasjoner på Øst- og Sørlandet. Grenland har en eksisterende gassinfrastruktur flere steder. Gassnettet fra Herøya til Skien (+ enn så lenge på Røra hvor det pt er lite forbruk). Det ble desember 2025 besluttet at det skal bygges et dekomprimeringsanlegg på gassnettet i Grenland, mest sannsynlig på Kjørbekk. Det betyr at her vil man kunne komme med 20 fot kontainer med oppgradert gass fra leverandører og «blø» inn i gassnettet hvor det kan brukes videre til fyllestasjonen på Kjørbekk eller av industrien i Grenland.

Om GRA blir en større produsent av biogass, kan man legge opp til LBG (flytende) produksjon på slambehandlingsenheten. I den sammenheng kan samarbeid med selskapet Redo Biosolutions være aktuelt, også med tanke på eierskap og drift av hele biogassproduksjonen. Per i dag satser Redo kun på biogass produsert av husdyrgjødsel. Avhending av biores er blitt en større sak for hele Norge etter at ny gjødselvarer forskrift og ny forskrift for lagring og bruk av gjødselvarer kom i 2025. Dette er noe både Redo og andre jobber med å utvikle og se på.

Videre utredninger kan avdekke potensiale for samarbeid, strategi, størrelse av produksjonen etc.

Fjernvarme – Skagerak Energi/Varme:

Prosjekt GRA har hatt løpende dialog med både Skagerak Energi og Skagerak Varme om fremdrift og potensiale for utnyttelse av ressurser i forprosjektet. Skagerak Varme produserer og leverer fjernvarme i både Porsgrunn og Skien. Per i dag er det ikke fjernvarme-infrastruktur ved næringsområdene på vestsiden av Frierfjorden. Skagerak Varme er heller ikke kjent med at det er omsøkt konsesjon for dette området. En av mulighetene for samarbeid fremover kan være å etablere en nærvarme-infrastruktur koblet mot slambehandlingsanlegget, med videre dialog. Plassering av slambehandlingsanlegget er viktig med tanke på kobling mot andre forbrukere som kan utnytte evt. varme. Generelt informerer Skagerak Varme at de er interessert i dialog med aktører som enten vil produsere varme eller ha behov for varme i området rundt Frierfjorden.

1.2 Lokalisering av anlegg

Valg av tomt for nytt renseanlegg er ikke avklart. Vinteren 2026 foregår det forhandling om tomtkjøp med aktuelle selgere. Ved utbygging av nytt Grenland renseanlegg på ett av industriområdene i ytre del av Frierfjorden, er det naturlig å erverve tilstrekkelig areal for å kunne bygge et slambehandlingsanlegg i tilknytning til renseanlegget.

I KVV ble det utformet flere skal-krav, som også innebærer valg av tomt:

- a) Tomt skal inneha nok arealer til at RA kan inneholde teknologi som kan håndtere fremtidig utvikling og kapasitet samt dagens forventede, og fremtidens antatte, rensekrav på alle kjente parametere
- b) Tomten for felles slambehandlingsanlegg skal inneha arealer for å tilrettelegge for fremtidig utvikling og

kapasitet i regionen

c) Erverv av tomter skal foregå uten at prosjektets mål om fremdrift forhindres

d) Kommunene skal være pådrivere for utvikling av klimavennlig teknologi og næringsvirksomhet, og legge til rette for det grønne skiftet gjennom samarbeid med virksomheter og kunnskapsmiljøer.

I KVVU'en ble det beregnet at behovet for tomteareal til nytt renseanlegg er ca. 47 daa. I den samme KVVU'en ble arealbehovet for et potensielt slambehandlingsanlegg med kapasitet på ca 12.500 tonn tørrstoff estimert til ca 33 daa. Til sammen utgjør dette et arealbehov på ca 80 daa.

Med utgangspunkt i at anleggene fordeles på flere bygg, samt nødvendig parkeringsareal, kjøreveier, grøntarealer, avstandskrav og at reguleringsplanene har en prosentvis utnyttelsesgrad, er det forespurt etter tomter på ca 100 daa, med mulighet til utvidelse.

En samlokalisering vil legge forholdene til rette for å utnytte personell, kompetanse og utstyr mellom renseanlegg og slambehandlingsanlegg på en optimal måte. I tillegg vil en samlokalisering gjøre at renseanlegget kan utnytte gass og varme fra slambehandlingsanlegget. Prosjektet søker også mulighetene til å dra nytte av synergier ved produksjon av ressurser og restkapasiteter med nærliggende industri.

Behovet for slamlagringskapasitet er helt avhengig av forutsetninger for det videre valg av slambehandling.

Arealbehovet for slambehandling er estimert til mellom 10 og 20 dekar avhengig av hvilket alternativ som velges og forutsatt at det ligger ved siden av renseanlegget.

1.3 Tre overordnede slambehandlingsstrategier

GRA-prosjektet vurderer tre hovedalternativer:

- 1. Transport og levering av slam til eksternt anlegg**
Slammet avvannes, transporteres og leveres til en ekstern aktør som håndterer all videre behandling og sluttavhending. Dette innebærer at GRA ikke bygger egen behandlingsskapasitet.
- 2. Etablering av eget slambehandlingsanlegg**
Kommunene etablerer et slambehandlingsanlegg for eget slam, med egne eller eksterne løsninger for avsetning av biorest og biogass.
- 3. Etablering av et regionalt slambehandlingsanlegg**
Et større anlegg bygges, dimensjonert for å behandle slam fra GRA og andre aktører i regionen, i tråd med anbefalingene fra LUP-prosjektet. Det vurderes både egne og eksterne løsninger for avsetning av biorest og biogass.

1.4 Terminologi

Begrep	Forklaring
RA	Renseanlegg for avløpsvann.
Slam	Restprodukt fra rensing av avløpsvann.
TS (tørrstoff)	Andel tørrstoff i slammet
VS (flyktige stoffer)	Organisk andel av tørrstoff som kan brytes ned i prosessen.
VS-reduksjon	Hvor stor andel VS som brytes ned i utråtningen.
pe (personekvivalenter)	Dimensjoneringsenhet tilsvarende forurensning fra én person.
Biorest	Fast rest etter biogassproduksjon.
Råstoff	Materialer som slam, matavfall, fett, fiskeensilasje m.m.
Hygienisering	Prosess for reduksjon av smittestoffer.
Termofil utråtning	Anaerob utråtning ved ca. 55 °C.
Mesofil utråtning	Anaerob utråtning ved ca. 37–40 °C.
Pasteurisering	Hygienisering ved 70 °C i 1 time.
THP (termisk hydrolyse)	Sterilisering med damp/trykk.
Biogass	Gass fra anaerob nedbrytning.
CBG	Komprimert biogass.
LBG	Flytende biogass.
CHP	Kombinert varme- og strømproduksjon fra biogass.
Oppgradering (gass)	Rensing av biogass for å øke metaninnhold.
Rejektvann	Vannfasen fra avvanning av biorest.
Struvitt	Mineral som kan felles ut for P-fjerning.
BAT	Best tilgjengelig teknologi.
IED	EU sitt industridirektiv.
Resipient	Vannforekomst som mottar rensset avløp.
KVU	Konseptvalgutredning.
LUP	Leverandørutviklingsprogrammet.
Avvanning	Prosess for å øke tørrstoffinnholdet i slam.
Råtnetank	Reaktor for anaerob utråtning.

2 Markedsituasjonen

2.1 Råstoff

Råstofftilgangen til anlegget vil i hovedsak bestå av slam fra det nye Grenland renseanlegg, med en forventet årlig slamproduksjon før behandling på om lag 7 200 tonn tørrstoff, basert på planlagt dimensjonering og søknad om utslipp fra 130 000 personekvivalenter (pe), noe som gir et høyere råstoffgrunnlag enn dagens belastning på 105 000 pe. Andre mindre renseanlegg i de 3 eierkommunene vil ha et behov for å levere avvannet slam til anlegget. Mottaket for avvannet slam må ta høyde for at slam fra opptil 13 000 pe, ca 60 tonn tørrstoff per måned, blir levert med en peak i sommermånedene. Det avvannede slammet er inkludert i den totale mengden av 7200 tonn tørrstoff.

Markedet for mottak av eksternt slam i regionen er begrenset og vanskelig å tallfeste, ettersom volumene i stor grad avhenger av kommunenes egne framtidige strategivalg. I hovedsak er det kun renseanlegg som i dag mangler egen slambehandling, som kan være aktuelle leverandører. Den største slamproduksjonen på Østlandet har allerede etablerte planer og avtaler for sin håndtering, noe som begrenser tilgangen på større eksterne volumer. Aktuelle kandidater vil derfor først og fremst være mindre aktører, som komposteringsanlegg eller anlegg som i dag har lange transportavstander til nærmeste behandlingsløsning. Dette gjør markedet potensielt interessant, men samtidig usikkert både i størrelse og forutsigbarhet

En Norsus rapport fra 2023¹ viser at det er forventet store forskjeller i forventet framtidig vekst i de andre råstoff kategoriene som kan brukes til biogass produksjon.

Matavfall har et lavt vekstpotensial, siden politiske mål om redusert matsvinn vil trekke volumene ned, selv om den ikke nyttbare andelen vil følge befolkningsveksten. Organisk industriavfall vurderes også å ha lavt til moderat potensial, ettersom volumene avhenger av utviklingen i biobaserte næringer og konkurrerer med andre teknologiske bruksområder. I østlandsområdet er det forventet sterk konkurranse fremover for denne type råstoff.

Husdyrgjødsel ligger i kategorien moderat vekstpotensial, men først og fremst som stabile og jevne ressurser som ikke forventes å øke betydelig. Utnyttelsesgraden av dette råstoffet er i dag lav, men forventet å øke betraktelig i fremtiden. Disse fraksjonene påvirkes av landbrukspolitikk, produksjonsnivåer og logistiske begrensninger som gjør dem krevende å mobilisere i større mengder, samtidig som de også krever god tilgang på spredearealer for biogjødselen som produseres.

De mest dynamiske råstoffene finnes i havbruksnæringen. Fiskeensilasje har et moderat til høyt potensial, drevet av næringens ambisjoner om økt produksjon, men påvirkes samtidig av usikkerhet knyttet til fremtidig fiskedødelighet. Fiske slam utgjør den klart største vekstdriveren og har svært høyt potensial, særlig dersom både økt produksjon og strengere krav til oppsamling av utslipp realiseres i fremtiden. Dette er den råstoffkategorien hvor volumene kan øke mest, men også den med størst regulatorisk og teknisk usikkerhet.

Samlet viser vurderingen at nye anlegg med ambisjon om vekst bør rette strategisk fokus mot marine råstoffer, som har det største potensialet for økning i markedet. Landbruks- og kommunale fraksjoner gir derimot stabilitet, men liten volumvekst, og bør primært vurderes som grunnlast i et helhetlig råstoffgrunnlag.

¹ [Mulighetsrommet for produksjon av biogass i Norge, Norsus, 2023](#)

2.2 Biorest

Fram til i dag har mesteparten av bioresten fra slambehandlingsanlegg på Østlandet gått til landbruket (korndyrkingsarealer) og med en økende andel til produksjon av anleggsjord for bruk på grøntarealer. Denne markedssituasjonen forventes å fortsette framover, så lenge det ikke skjer noe dramatisk i forhold til nye miljøgifter som kan knyttes til bruken av avløpsslam.

Avløpsrensaneanlegg som er lokalisert på Østlandet, vil likevel måtte forholde seg til to viktige faktorer som vil påvirke markedssituasjonen framover:

1. Økende slammengder som et resultat av strengere rensekraav og økt befolkning
2. Den nye gjødselbruksforskriften begrenser mengde biorest som kan brukes på jordbruksarealer, basert på fosforinnholdet (total-P) og ikke på tørrstoffinnholdet, slik det var tidligere. Dette innebærer at det trengs omtrent dobbelt så store arealer for å disponere den samme mengde biorest.

For å motvirke effekten av punkt 2 er det mer aktuelt enn tidligere å vurdere biologisk fosforfjerning, med fjerning av fosfor som struvitt fra rejeaktvannet fra avvanning av bioresten. På den måten vil man få en avvannet biorest med lavt innhold av totalfosfor, og nødvendig spredeareal for bioresten vil kunne reduseres deretter. Det kan også bli krav om gjenvinning av ressurser i fremtidige EU direktiver.

2.3 Biogass

Det norske biogassmarkedet står foran en betydelig vekstperiode fra 2030 og utover, drevet av nasjonale og europeiske klimamål, økende CO₂-prising og behovet for utslippsreduksjoner i transport og industri.

Stortinget ba regjeringen i 2025 tilrettelegge for en årlig økning i biogassproduksjon på minst 1 TWh per år². Bransjen har i tillegg foreslått at Stortinget setter et nasjonalt mål om 5 TWh produksjon i 2030, samt 10 TWh i 2035. Dette samsvarer med EUs strategi om å øke biometanproduksjonen til 350 TWh innen 2030, noe som gir et stort eksportpotensial for norske aktører.

Transportsektoren er den viktigste markedsdriveren for biogass. En studie fra 2024³Tungtransport og maritim sektor vil i økende grad etterspørre flytende biogass (LBG) på grunn av høy energitetthet og lang rekkevidde. LBG er spesielt attraktiv for internasjonal shipping og langdistanse lastebiltransport, hvor kravene til utslippsreduksjon blir skjerpet etter 2030. Samtidig vil komprimert biogass (CBG) ha en rolle i lokal distribusjon, særlig til kollektivtrafikk, renovasjonskjøretøy og industri med kortdistansebehov. Det norske markedet for CBG vil mest sannsynlig være lokalt og stabilt fra 2030 og utover, men begrenset sammenlignet med LBG, som har et betydelig vekstpotensial både nasjonalt og internasjonalt.

² [Representantforslag om en større satsing på norsk produksjon av biogass](#)

³ [Handlingsplan for økt produksjon og bruk av biogass. Biogassplattformen, 2024](#)

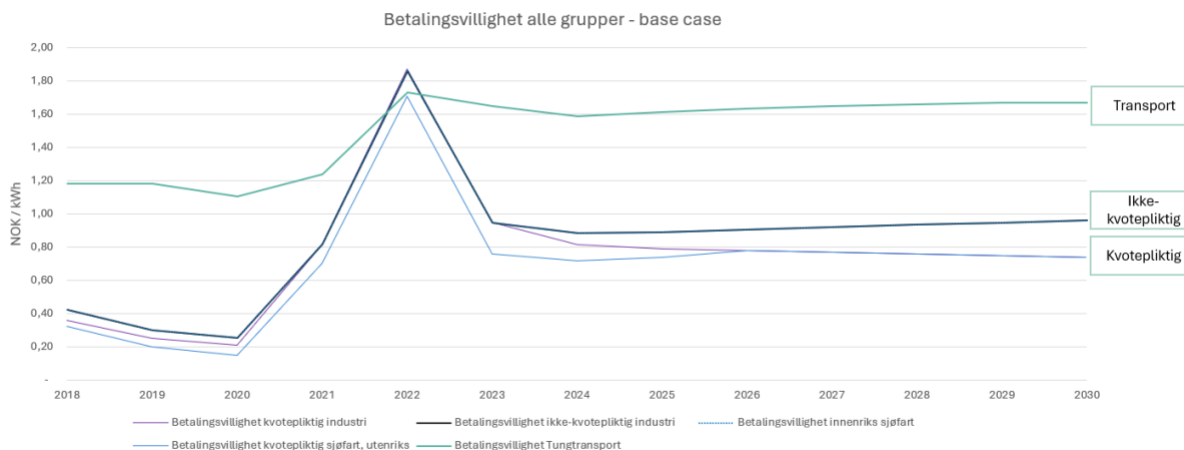


Fig 2-1 Betalingsvillighet alle grupper, hentet fra rapporten Betalingsvillighet Biogass, tungtransport, industri og shipping

Investeringene for LBG-produksjon er høyere enn for CBG, da LBG krever nedkjøling til rundt $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ og mer avansert logistikk. Til gjengjeld gir LBG tilgang til et bredere marked med høyere betalingsvillighet, spesielt i eksportsegmentet og maritim sektor. CBG har lavere etableringskostnader og kan leveres til eksisterende fyllestasjoner og gassnett, men er mindre konkurransedyktig for langtransport og eksport.

Biogass kan også brukes til produksjon av elektrisitet og varme med CHP anlegg, men det har en noe lavere energiutnyttelse enn oppgradering samt at det ikke bidrar til å erstatte fossilt drivstoff i samme omfang som oppgradert biogass. I mindre biogass anlegg ($< 20\text{ GWh}$ per år) som har en avtager for varmen, enten til eget bruk eller fjernvarme, kan det være attraktivt med CHP.

3 Rammebetingelser

3.1 Krav til hygienisering

Hygienisering av slam har som hovedhensikt å redusere smittefaren for mennesker, dyr eller planter i forbindelse med disponering av behandlet slam (biorest) Ved behandling av kun avløpslam er kravene til hygienisering gitt i gjødselvereforskriften, men for de fleste andre substrater er det strengere krav til hygienisering i henhold til animalie-biproduktforskriften. Dette gjelder blant annet eksternt fett, matavfall fra husholdninger og næringsmiddel-industriavfall.

3.2 BAT krav

Kravet om «Best available technology» (BAT) er nedfelt i EUs industridirektiv (IED), og det er utarbeidet slike krav for en rekke industrisektorer. Avløpslam regnes i denne sammenheng som avfall, og det er BAT-kravene for «Waste Treatment» som kommer til anvendelse her. EU har imidlertid presisert at biogassanlegg som er en integrert del av et avløpsreanseanlegg, ikke kommer inn under BAT-krav, men Miljødirektoratet har tolket denne regelen slik at integrerte biogassanlegg som mottar slam fra andre reanseanlegg, selv om det er fra anlegg i samme kommune, skal følge BAT-kravene. Dette er en praksis som ikke benyttes i noe annet land som følger EU-regler, og Norsk Vann er i diskusjon med Miljødirektoratet om akkurat dette.

Ved biogassanlegg som er en integrert del av et avløpsreanseanlegg, er det rejektivannet fra avvanning av bioresten som Miljødirektoratet ønsker å stille krav til. Dette rejektivannet blir alltid ført tilbake til avløpsstrømmen for å bli rensset sammen med innkommende avløpsvann, dvs. at det i BAT-sammenheng er snakk om et **indirekte** utslipp til resipient. For slike tilfeller stiller ikke IED noen konkrete krav til sammensetningen av det indirekte utslippet, men det kreves at det tas prøver for å dokumentere den aktuelle sammensetningen. Miljødirektoratet ønsker derimot at grenseverdiene for direkte utslipp skal gjelde også for anlegg med indirekte utslipp, men slambehandlingsanlegget kan inkludere rensingen som skjer ved hovedreanseanlegget ved beregning av utslippsgrenser. Uansett vil det ved de fleste avløpsreanseanlegg som får krav om nitrogenrensing, være en fordel å etablere et eget rensetrinn for fjerning av nitrogen fra rejektivannet.

3.3 Juridisk betraktning knyttet til alternativ 3 – etablering av eget selskap for slambehandling

Alternativ 3 innebærer at slambehandlingsanlegget etableres og drives som en kommersielt rettet virksomhet som må konkurrere i markedet på lik linje med andre tilbydere. Dette betyr at anlegget ikke kan motta et direkte oppdrag fra GRA, men må delta i en ordinær konkurranse om behandlingen av GRA-slam. En slik modell gir GRA full mulighet til å velge den økonomisk mest fordelaktige leverandøren, men innebærer samtidig at GRA ikke kan sikre seg kontroll over løsningen gjennom egenregi.

Organiseringen medfører at anlegget må hente en vesentlig del av omsetningen fra eksterne volumer og kommersielle avtaler. Dette kan gi større fleksibilitet i driften, men innebærer også usikkerhet knyttet til konkurransesituasjon, prisnivå og tilgang på råstoff. I et kommersielt regime vil anlegget stå fritt til å prise ulike fraksjoner etter markedssituasjonen, men må samtidig forholde seg til at GRA kan velge andre alternativer dersom kostnadene for behandling av eget slam ikke er konkurransedyktige.

Gassinntekter tilfaller den kommersielle aktøren og inngår ikke i et egenregiregnskap, men de påvirker anleggets konkurransevne. Dette gir tydelig insentiv til optimal drift og høy energiutnyttelse, men innebærer også at risikoen for prisendringer og markedsvariasjoner ligger fullt ut hos operatøren.

80/20-regelen innebærer at et offentlig eid selskap kan levere tjenester uten konkurranse (egenregi) så lenge minst 80 % av omsetningen kommer fra eierne. De resterende inntil 20 % kan selges i et åpent marked, men overskrides grensen, regnes selskapet som et kommersielt foretak som må konkurrere på lik linje med andre aktører

Hvis anlegget ikke blir en del av GRA-organisasjonen, bortfaller behovet for å dokumentere 80/20-fordelingen i egenregi, men til gjengjeld stilles det krav til at GRA gjennomfører konkurranse jevnlig i tråd med anskaffelsesregelverket. Dette kan skape mer dynamikk i markedet, men gir også en risiko for at den kommersielle aktøren ikke vinner fremtidige kontrakter.

Samlet sett gir en kommersiell modell større markedsfleksibilitet, men mindre kontroll for GRA. Den innebærer lavere juridisk kompleksitet for GRA, men overfører betydelige markedsmessige og økonomiske risikoer til aktøren som driver anlegget. Dette er et alternativ som bør vurderes dersom kommunene ønsker å la markedet styre utviklingen, og ikke har behov for direkte styring av slambehandlingsløsningen.

3.4 Energinøytralitet

EU-avløpsdirektivet (2024/3019) innfører et krav om at avløpsrensaneanlegg gradvis skal oppnå energinøytralitet som en del av EUs målsetting om klimanøytralitet innen 2050. Direktivet stiller krav om at anleggene skal redusere sitt netto energiforbruk gjennom energieffektivisering, økt energiutvinning fra avløpsstrømmer og bruk av fornybare energikilder. Det legger også opp til at medlemslandene skal etablere nødvendige rammer og virkemidler for å sikre at avløpssektoren bidrar til overgangen til en sirkulær og energiproduserende infrastruktur. Samlet innebærer dette at nye og oppgraderte anlegg må prosjekteres og driftes slik at energinøytralitet blir en integrert del av det tekniske og strategiske grunnlaget.⁴

Biogassanlegg (anaerob utrånning) er i praksis den eneste modne teknologien som kan oppfylle krav om energinøytralitet, da de fleste biogassanlegg produserer mer energi i form av metan enn de forbruker i form av strøm og gass. I tillegg vil det være ønskelig å utnytte varmen i det rensede avløpsvannet ved hjelp av varmepumper, og det kan installeres solceller på tak og fasader av bygninger for rensaneanlegg og slambehandling.

⁴ [Revidert avløpsdirektiv \(2024/3019\) - regjeringen.no](https://www.regjeringen.no)

4 Utredning av alternativer

4.1 Alternativ 1 – Levering til eksternt anlegg

Forventet slamproduksjon fra renseanlegget er 28 800 tonn per år, tilsvarende om lag 7 200 tonn tørrstoff som må behandles ved eksisterende anlegg. Det er per i dag ingen behandlingsanlegg med ledig kapasitet, og de utvidelsesprosjektene som planlegges fram mot 2030, vil sannsynligvis være bundet opp gjennom intensjonsavtaler med eksisterende slamleverandører.

Det er likevel mulig å innlede markedsdialog med enkelte aktører som Avfall Sør og Lindum, som driver egne behandlingsanlegg. Per nå er det kun Lindum som på sikt potensielt kan håndtere hele slammengden fra GRA. Dette vil imidlertid kreve investeringer i utvidelse av dagens anlegg samt nødvendige nye tillatelser. Dersom man inngår samarbeid med eksterne aktører som må bygge ny kapasitet, må man forvente behandlingskostnader per tonn på nivå med kostnadene ved å bygge og drifte egen løsning.

Andre aktører i bransjen kan også være aktuelle samarbeidspartnere. Grønn Vekst er allerede en betydelig aktør, mens teknologileverandører som Antec Biogas og Cambi kan være interesserte i «build, own and operate»-prosjekter. Antec har nylig gjennomført et pilotprosjekt i samarbeid med Søndre Follo renseanlegg. Biogassbransjen i Norge vokser dessuten raskt, og enkelte aktører som i dag baserer seg på husdyrgjødsel eller marint avfall, kan etter hvert være interessert i å bruke slam som råstoff.

Denne rapporten beskriver ikke konkrete samarbeidsmodeller med eksterne aktører. Den redegjør kun for mulighetsrommet og peker på selskaper som potensielt kan være interesserte i dialog eller samarbeid.

Tabell 4-1 gir en oversikt over estimert kapasitet på anlegg i samme region som GRA. Da det er forventet krav til energinøytralitet, er anlegg med biogass eneste reelle alternativ, men komposteringsanlegg vil være viktige samarbeidspartnere og backup anlegg.

Kapasitet totalt beskriver total kapasitet i anleggene, også inkludert det som brukes til internt avvannet slam. Uavvannet slam direkte fra renseanlegget i VEAS er ikke tatt med.

Kapasitet eksternt er kapasitet tilgjengelig for eksterne anlegg og inkluderer også det som per tiden er bundet opp i langsiktige kontrakter:

Ledig kapasitet er det som er ledig i markedet i 2026

2030 potensial beskriver det som er estimert tilgjengelig i 2030 i teorien, men det er forventet at denne kapasiteten vil være fylt opp av langsiktige avtaler da flere av disse anleggene drives kommersielt.

Tabell 4-1 Eksisterende anlegg med konsesjon for behandling av slam fra Sørøst-Norge fordelt på biogass og kompostering eller kalkbehandling:

Fylke	Navn på anlegg	Prosess	Kapasitet Totalt (tonn TS/år)	Kapasitet eksternt (tonn TS/år)	Ledig kapasitet (tonn TS/år)	2030 Potensial (tonn TS/år)	Kommentar
Akershus	VEAS eksternt slammottak (Ferdig 2027)	Biogass (THP kommer)	7 500	7 500	0	0	Allerede booket (ukjent avtalelengde)
Akershus	NRVA - Krogstad Eksternt slammottak (Ferdig 2026)	Biogass (THP)	16 000	3 600	0	0	Allerede booket (kortsiktige kontrakter)
Agder	Avfall Sør - Støleheia	Kompostering	7 500	2 500	0	2 500	Ledig kapasitet når kompostering av matavfall avsluttes om 1-2 år
Buskerud	Lindum Biogass	Biogass (THP)	6 250	6 250	3 000	10 000	Ledig kapasitet når kontrakter går ut (H2 2026). Planlegger utvidelse til 10 000 tonn TS.
	Sum biogass		37 250	19 850	3 000	12 500	
Agder	Avfall Sør - Støleheia	Kompostering	7 500	2 500	0	2 500	Ledig kapasitet når kompostering av matavfall avsluttes om 1-2 år
Akershus	Lindum Oredalen	Kompostering	4 500	4 500	0	0	Brukes kun som backup for Lindum Biogass
Vestfold	Lindum Holmestrand	Kalk behandling	3 125	3 125	2 500	5 000	Søkt om 60% økning
Telemark	RenoVest - Litveit komposteringsanlegg	Kompostering	975	325	0	0	Har kortsiktige avtaler på restkapasitet
Akershus	MIRA Tangen renseanlegg	Kalk behandling	Ukjent	0	0	0	Brukes kun som backup for Krogstad
	Sum kompostering og kalk behandling		16 100	10 450	2 500	7 500	
	Sum		53 350	27 800	5 500	17 500	

4.2 Alternativ 2 - Etablering av eget slambehandlingsanlegg

4.2.1 Generelle designforutsetninger:

- Anlegget skal kun behandle slam fra egne kommuner. Det er antatt at 90% av tørrstoff mengdene kommer direkte fra renseanlegget og de resterende 10% er tilkjørt avvannet slam fra andre renseanlegg i de 3 kommunene.
- God redundans skal redusere behov for backup løsninger utover uforutsette hendelser som fører til stans over flere dager og planlagt revisjonsstans.
- Layout skal legge til rette for utvidelser og oppgraderinger av anlegget for å øke kapasitet eller tilpasse seg endringer i regelverk eller marked.
- Alle konsepter skal inkludere et rejektvannrenseanlegg med biologisk nitrogenfjerning
- Alle konsepter vil kreve mellomlagerplass for det ferdig behandlede slammet, enten i egenregi eller hos eksternt entreprenør
- For retningslinjer rundt EX områder refereres det til temaveilederne til DSB for biogassanlegg
- Det skal legges opp til høy grad av energigjenvinning for å legge til rette for energinøytralitet
- Biogassen oppgraderes til komprimert eller flytende metan, mens CO₂ slippes ut til luft. Alternativt kan rågassen forbrennes i en CHP for å produsere strøm og varme.
- Det forutsettes tilgang til minimum 1 MW med nettkapasitet. Om det ikke er tilgjengelig, kan CHP anlegg vurderes.
- Teknologikonseptene begrenses til anaerob utråtning i kombinasjon med følgende hygeniseringsløsninger:
 - A. Termofil utråtning (base case)
 - B. Pasteurisering
 - C. Termisk hydrolyse

4.2.2 Overordnet prosessflyt for konsepter

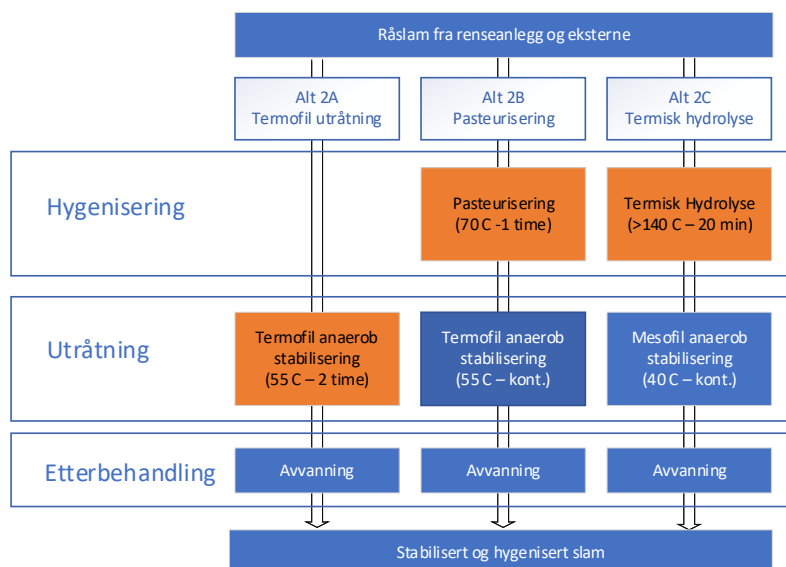


Fig 4-1 Overordnet prosessflyt for anbefalte konsepter

4.2.3 Alternativ 2A - Termofil utråtning (base case)

Biogassanlegg som driftes termofilt og med satsvis innpumping kan tilfredsstille kravene i gjødselvarerforskriften uten separat hygieniseringstrinn. Mattilsynet aksepterer at satsvis inn- og utpumping av slam, slik at alt slammet er sikret en eksponeringstid på minimum 2 timer ved minimum 55 °C, vil gi et utrånet slam som oppfyller hygieniseringskravene i gjødselvarerforskriften. Minimum oppholdstid i råtnetanker med termofil drift er 12 døgn, ifølge Norsk Vanns rapport 256 (2020).

Driftserfaringer fra norske og internasjonale anlegg viser at termofil utråtning generelt er like driftsstabil som mesofil drift, forutsatt god prosesskontroll. Beste referanseanlegg for denne prosessen er Bekkelaget rensesanlegg som har hatt termofil drift i 25 år

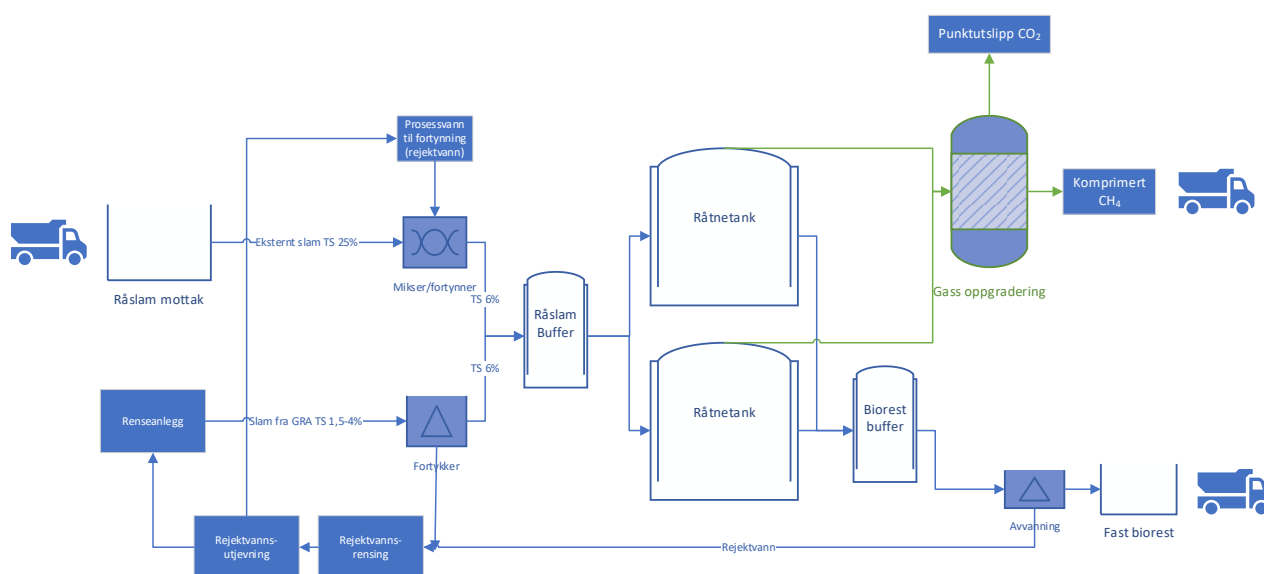


Fig 4-2 Prosessflytskjema for termofil utråtning av slam fra rensesanlegg uten annet råstoff

4.2.4 Alternativ 2B - Pasteurisering kombinert med termofil utråtning

I dette konseptet etableres et separat hygieniseringstrinn i form av pasteurisering før den anaerobe utråtningen. Fortykket slam varmes opp til minimum 70 °C og holdes ved denne temperaturen i 1 time. Pasteuriseringen utføres normalt kontinuerlig ved bruk av parallelle pasteuriseringstanker og et system av varmevekslere som sikrer korrekt oppholdstid for alt slam.

Etter pasteurisering kjøles slammet ned før det tilføres termofile råtnetanker, der stabilisering og biogassproduksjon finner sted. En mesofil utråtningssprosess ved 40 °C vil ha noe lavere varmetap fra råtnetankene og kan også velges, men det vil da øke kravet til oppholdstid i reaktorene fra 12 til 15 dager. Det vil føre til 25% økning i volum på råtnetankene.

Selve utråtningssdelen av systemet tilsvarer teknisk sett en kontinuerlig termofil utråtning, men den samlede løsningen får økt teknisk kompleksitet som følge av flere varmevekslere, pumper og tanker. Dette gir høyere investerings- og vedlikeholdskostnader og flere potensielle feilkilder i drift. Siden termofil utråtning i seg selv kan oppfylle hygieniseringskravene, vurderes denne tottrinns-løsningen ofte som mindre kostnadseffektiv for anlegg som kun behandler avløpslam.

Best referanseanlegg for denne prosessen er Rådalen biogassanlegg i Bergen.

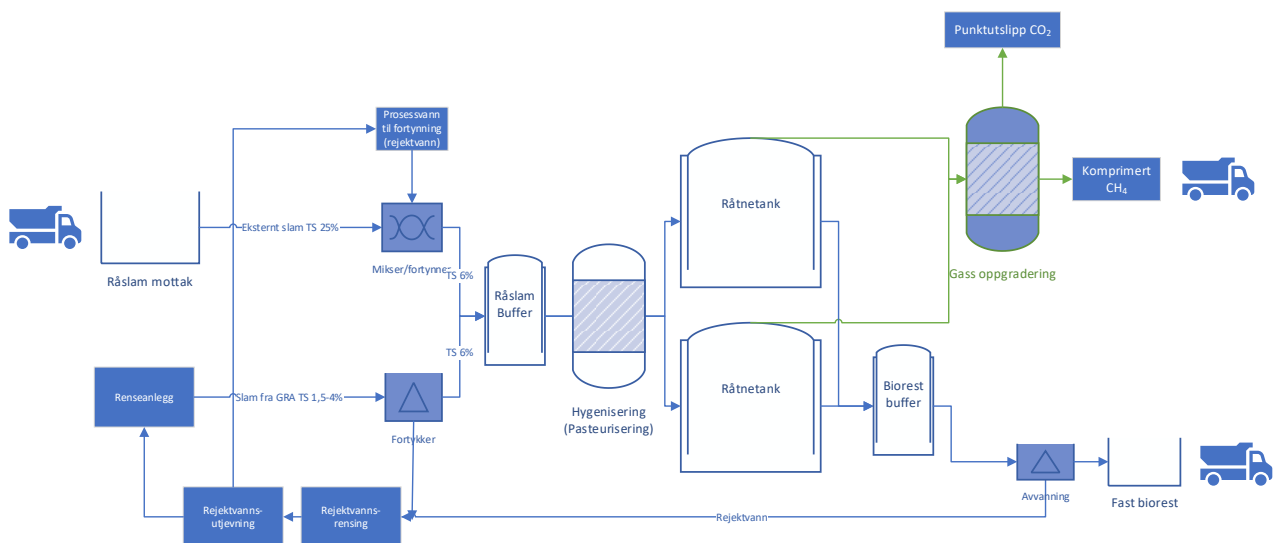


Fig 4-3 Prosessflytskjema for termofil utråtning med pasteurisering av slam fra renseanlegg

4.2.5 Alternativ 2C - Termisk Hydrolyse (THP) med mesofil utråtning

Termisk hydrolyse er en avansert forbehandlingsprosess der slam foravvannes til høyt tørrstoffinnhold, typisk 15–17 %, før det behandles med damp ved høy temperatur og trykk. I hydrolysetrinnnet holdes slammet ved ca. 140–165 °C og 6 bar i 20–30 minutter. Denne behandlingen fører til full sterilisering, oppløsning av cellevegger og betydelig redusert viskositet i slammet.

Prosessten er utformet med omfattende energigjenvinning. Damp og varme fra hydrolyse- og trykkavlastningstrinnene utnyttes til forvarming av innkommende slam. Etter hydrolyse trykkavlastes slammet i en flashtank, kjøles og fortynnes før det føres til mesofile råtnetanker. Cambi anbefaler mesofil utråtningssprosess grunnet den høye nitrogen belastningen. Den termiske forbehandlingen gir en høyere nedbrytning av organisk materiale og høyere biogassutbytte i den påfølgende utråtningen.

Termisk hydrolyse er teknisk kompleks og energikrevende, men regnes som en svært driftsstabil teknologi med godt dokumentert funksjon i fullskala anlegg internasjonalt. Beste referanseanlegg i Norge er Hias, Lindum og Krogstad biogass.

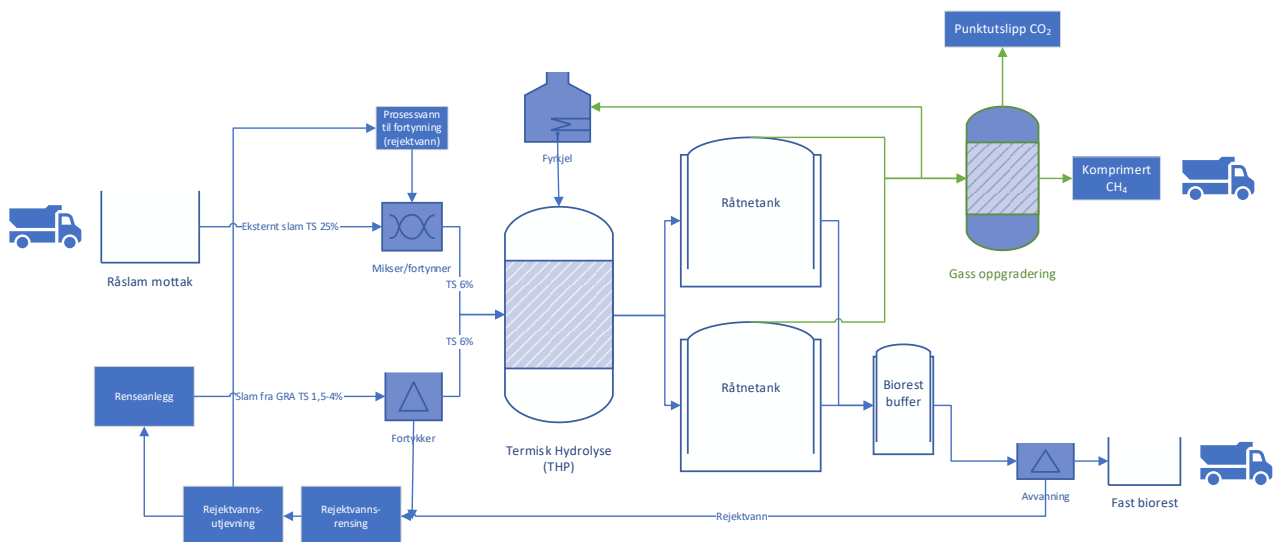


Fig 4-4 Prosessflytskjema for termofil utråtning med termisk hydrolyse av slam fra rensanlegg

4.2.6 Dimensjonering av Alternativ 2

For å sikre god nok kapasitet i anlegget i perioder med høy belastning er det antatt en peak faktor på 1,25 på gjennomsnittlig mengde tørrstoff per år. Råtnetankene er lagt av stål og overdimensjonert i forhold teoretisk minimumsstørrelse beskrevet i tabell 4-2 for å ta høyde for at sedimentering kan redusere effektivt råtnetank volum. For alternativ 2A og 2B er det lagt opp til 2 råtnetanker på 3000 m³ hver, mens i alternativ 2C (THP) er det 2 råtnetanker på 2000 m³ hver.

For alle alternativene er det lagt opp til oppgradering av gassen til komprimert biogass med membranteknologi. Gassen leveres på gassflak til eksternt kunde. Anlegget eier gasskompressorer og fyllestasjonen, mens kunde eier gassflak.

Bioresten avvannet med sentrifuger i alle alternativene, noe som gir et tørrstoffinnhold på rundt 25%.

Det finnes flere alternative teknologier til det som er lagt inn i konseptene her, men i denne vurderingen har vi prioritert kjent teknologi med lavest mulig kostnad foran innovative løsninger og produktkvalitet.

Tabell 4-2 Forutsetninger for dimensjonering av konsepter for alternativ 2

Prosessparametere	Enhet	2A	2B	2C
Peak faktor		1,25	1,25	1,25
TS- mengde	kg TS/d	24658	24658	24658
TS-innhold	% TS	6	6	10.5
VS-innhold	% av TS	75	75	75
VS-reduksjon	%	55	55	60
Oppholdstid i råtnetank	Døgn	12	12	12
Teoretisk råtnetank-volum	m ³	4932	4932	2818
Spesifikk biogass-produksjon	Nm ³ /kg VS _{red}	0,9	0,9	0,9
Metaninnhold i biogassen	%	60	60	60
Brutto energi produksjon	KWh/d	54925	54925	59918

Tabell 4-3 Overordnet masse og energibalanse for alternativ 2

	Enhet	Alt 2A	Alt 2B	Alt 2C
Råstoff inn	Tonn TS/år	7200	7200	7200
Biorest produksjon	Tonn TS/år	4230	4230	3300
Gassproduksjon	GWh/år	16.0	16.0	17.5
Energiforbruk el	GWh/år	5.5	6.4	2.0
Energiforbruk biogass	GWh/år	0.0	0.0	4.3
Energieffektivitet (biogass/forbruk)	ratio	2.93	2.52	2.75

4.2.7 Opsjoner i Alternativ 2

Gassmotor som erstatning for oppgradering av biogass

Gassmotorbasert CHP (Combined Heat and Power) er den vanligste teknologien for samtidig produksjon av strøm og varme fra biogass. En gassmotor forbrenner biogassen i en forbrenningsmotor som driver en generator for strømproduksjon, mens overskuddsvarme hentes ut fra motorens kjølesystem og eksos. Denne teknologien er godt etablert, driftssikker og egnet for kontinuerlig drift ved biogassanlegg. Typisk elektrisk virkningsgrad ligger på rundt 40 %, mens ytterligere 45 % av energien kan utnyttes som varme, for eksempel til intern prosessvarme, fjernvarme eller lokale næringsbygg.

Basert på et årlig gassvolum tilsvarende 16 GWh biogass, vil en gassmotor produsere om lag 6,5 GWh strøm og 7,1 GWh varme. Dette gir en energieffektivitet på 85% og rundt 13,6 GWh nyttbar energi totalt, mens resten går tapt som varme i eksos eller interne systemtap. CHP-løsningen gir dermed en høy samlet utnyttelsesgrad og kan bidra både til lokal energiproduksjon og redusert behov for kjøpt energi ved anlegget.

For den anbefalte løsningen (2A) kan bruke rundt 50% av varmen som produseres, så anlegget vil produsere rundt 6,5 GWh med strøm til nettet og 3,6 GWh med overskuddsvarme til eksterne. Tapte inntekter fra gass vil kompenseres med salg av elektrisitet og lavere driftskostnader, så anlegget vil ende opp med uendret behandlingkostnad for slam.

Største endringen med å erstatte oppgradering av gass med CHP er at man ikke produserer gass til egne kjøretøy, men er derimot mindre eksponert for begrensninger i kapasitet i strømmettet. Disse aspektene bør veie tyngre enn det økonomiske når man skal velge løsning.

Tørking av biorest

Som et tillegg til behandlingsprosessen kan bioresten tørkes termisk etter avvanning for å øke tørrstoffinnholdet til 85–90 %. Tørkingen skjer ved temperaturer over 100 °C og kan utføres med enten direkte eller indirekte teknologi, avhengig av krav til energibruk, avgassrensing og prosessutforming. Løsningen er energikrevende og teknisk mer kompleks enn ordinær avvanning, og driftserfaring viser at tørkeanlegg kan være sårbare for driftsstans og krever god håndtering av lukt, støv og varme. Det tørkede produktet får betydelig lavere volum og er lett å lagre og transportere, og egner seg godt til jordproduksjon, men har generelt lav attraktivitet for bruk i landbruk.

4.3 Alternativ 3 - Regionalt biogassanlegg med termisk hydrolyse og mesofil utråtning

Alternativ 3 innebærer etablering av et regionalt biogassanlegg som kombinerer behandling av slam med andre råstoffer med høyt gassutbytte. Prosessen baseres på termisk hydrolyse (THP) etterfulgt av mesofil utråtning, samme teknologiske prinsipp som i alternativ 2C, for å muliggjøre mottak og behandling av andre fraksjoner som krever hygenisering og sterilisering.

Anlegget dimensjoneres for en total slamkapasitet på 16 000 tonn TS, med en øvre teoretisk grense på 20 000 tonn TS for å håndtere variasjoner gjennom året. Mottaksanlegget vil ta imot 7 200 tonn TS slam fra GRA samt 8 800 tonn TS eksternt avvannet slam, og kan dermed fungere som en regional løsning for kommuner uten egen slambehandling. Dette åpner for inntekter gjennom mottaksavgift, men innebærer også betydelig markedsrisiko, ettersom eksternt slam utgjør om lag halvparten av det økonomiske grunnlaget i alternativet.

For å utnytte kapasiteten i anlegget og øke samlet gassproduksjon legges det til rette for mottak og prosessering av andre råstoffer, særlig fiskeensilasje, fiskeslam, fett og andre flytende organiske fraksjoner. Det er lagt til grunn et volum på rundt 2 500 tonn TS marine fraksjoner og ca. 5 000 m³ fett og lignende substrater. Ytterligere råstofftilgang vurderes som mulig, men krever en egen markedsanalyse. Det er foreløpig ikke vurdert om substratmiksen vil utfordre biologien i råtnetankene, og dette må analyseres nærmere ved videre prosjektering.

Rejektvann må renses til nivåer renseanlegget kan håndtere før retur til renseanlegget. Biorest leveres som fast fraksjon etter avvanning. På gassiden forutsettes produksjonen oppgradert til flytende biogass (LBG), siden dette markedet per i dag er størst og mest betalingsvillig. Det kan potensielt også produseres flytende CO₂ avhengig av hvilken teknologi som velges, men det er per tiden ikke et marked for dette så det antas at CO₂ slippes ut til luft i dette konseptet også. Varmeproduksjon via CHP er ikke aktuelt i dette alternativet, ettersom det ville kreve en stor og stabil varmeavtaker.

Driften av et kommersielt anlegg krever en noe større organisasjon enn et rent selvkostanlegg, men i dette konseptet er det lagt til grunn en enkel modell der eierkommunen eksisterende organisasjoner håndterer nødvendige administrative oppgaver uten behov for nye fulltidsstillinger.

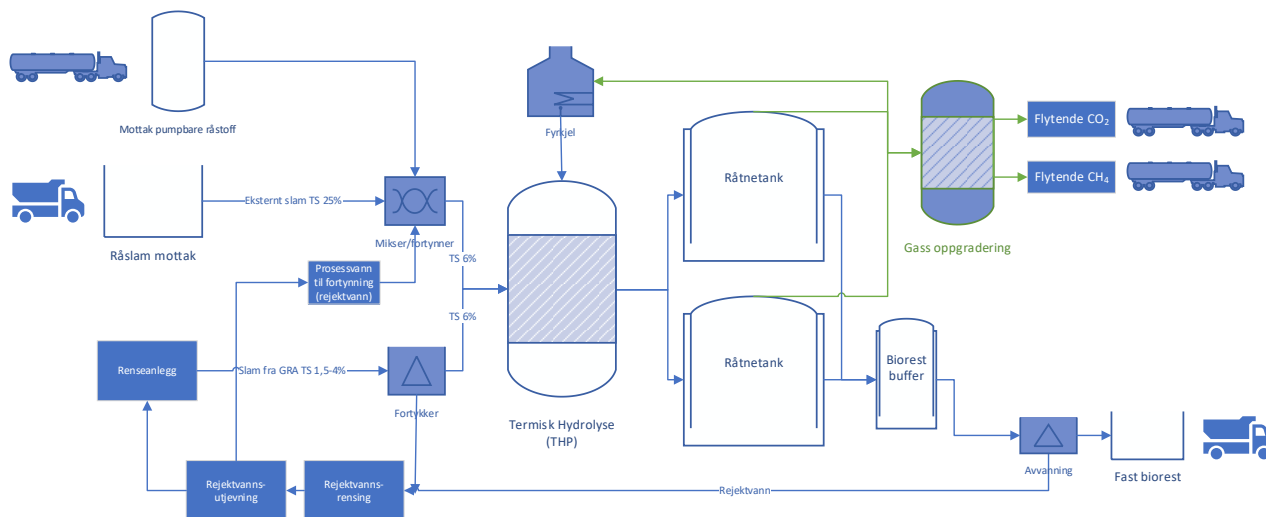


Fig 4-5 Prosessflytskjema for termofil utråtning med termisk hydrolyse for alternativ 3.

4.3.1 Dimensjonering av Alternativ 3

For å sikre god nok kapasitet i anlegget i perioder med høy belastning er det også i Alternativ 3 antatt en peak faktor på 1,25 på gjennomsnittlig mengde tørrstoff per år. Råtnetankene er lagt av stål og overdimensjonert i forhold teoretisk minimumsstørrelse beskrevet i tabell 4-4 for å ta høyde for at sedimentering kan redusere effektivt råtnetank volum. For alternativ 3 er det lagt opp til 2 råtnetanker på 4000 m³ hver.

Det er lagt opp til oppgradering av gassen til flytende biogass dimensjonert for en produksjon mellom 6 og 10 tonn LBG per dag.

Bioresten avvannet med sentrifuger i alle alternativene, noe som gir et tørrstoffinnhold på rundt 25%.

Det finnes flere alternative teknologier til det som er lagt inn i konseptene her, spesielt på gassoppgraderingen, men det er i denne vurderingen lagt inn konsepter som enkle å sammenligne mot Alternativ 2.

Tabell 4-4 Forutsetninger for dimensjonering av konsepter for alternativ 3

Prosessparametere	Enhet	Alt 3
Peak faktor		1,25
TS- mengde	kg TS/d	54795
TS-innhold	% TS	10,5
VS-innhold	% av TS	75
VS-reduksjon	%	60
Oppholdstid i rånetank	Døgn	12
Teoretisk rånetank-volum	m ³	6262
Spesifikk biogass- produksjon	Nm ³ /kg VS _{red}	0,9
Metaninnhold i biogassen	%	60
Brutto energi produksjon	KWh/d	54925

Tabell 4-5 Overordnet masse og energibalanse for alternativ 3 sammenlignet med 2A og 2C.

	Enhet	Alt 2A	Alt 2C	Alt 3
Råstoff inn	Tonn TS/år	7200	7200	18250
Bioest produksjon	Tonn TS/år	4230	3300	9700
Gassproduksjon	GWh/år	16.0	17.5	54.9
Energiforbruk el	GWh/år	5.5	2.0	4.4
Energiforbruk biogass	GWh/år	0.0	4.3	9.6
Energieffektivitet biogass/forbruk)	ratio	2.93	2.75	3.82

4.3.2 Opsjoner i Alternativ 3

Behandling av matavfall

Som en opsjon i alternativ 3 kan anlegget utvides med en egen prosesslinje for forbehandling og utrånning av matavfall og andre våtorganiske fraksjoner. En slik linje vil omfatte mottak i lukket hall, grovsortering, kverning, fjerning av plast og emballasje, samt hygienisering før substratet pumpes inn i en separat biogassreaktor. Denne løsningen sikrer at matavfallet holdes adskilt fra slammet, noe som øker muligheten for at den resulterende biogjødselen kan brukes i landbruket uten begrensninger. En egen matavfallslinje kan gi økt gassproduksjon gjennom tilgang på råstoff med betydelig høyere metanutbytte enn slam, og den åpner for nye inntektsmuligheter gjennom mottaksavgift fra matavfall og lignende fraksjoner. Den gir også større markedsfleksibilitet, særlig dersom regionale aktører får behov for lokal behandling av våtorganisk avfall, og kan gi driftsmessige synergier ved at gassbehandling, infrastruktur og energiutnyttelse deles med øvrige prosesslinjer.

Samtidig innebærer opsjonen enkelte ulemper. Investeringen blir høyere på grunn av behov for forbehandlingsutstyr, strengere krav til hygienisering og en egen prosesslinje. Driften blir mer kompleks og krever høyere kompetanse, mer vedlikehold og håndtering av fraksjoner som ofte inneholder forurensninger. Det er også en markedsrisiko knyttet til matavfall, ettersom volumene kan reduseres gjennom tiltak for å redusere matsvinn og endringer i utsorteringsgrad. I tillegg kan mottak og håndtering av matavfall medføre utfordringer knyttet til lukt og logistikk, som krever gode tekniske løsninger og nøye styring av driftsrutinene.

5 Kostnadsestimat

5.1 Forutsetninger for kostnadsestimeringen

Kostnadsestimatene bygger på en forutsetning om at foretaket skal ha et driftsresultat på 0 kroner, slik at eventuelle inntekter brukes direkte til å redusere kostnaden per tonn TS for GRA. Det er også forutsatt i alle alternativer at det blir levert slam i henhold til estimerte mengder, slik at eventuelt bortfall av slammengder vil ha negativ effekt på intern behandlingskostnad.

I Alternativ 3 innebærer dette at både inntekter fra mottaksavgift for eksternt slam og inntekter fra gassproduksjon bidrar til å redusere mottaksavgiften for slam for å kunne sammenligne konseptet med Alternativ 2 som er drevet etter selvkostprinsippet. For enkelhets skyld er mottaksavgiften for eksternt slam satt likt som for internt slam, siden selskapet i dette tilfellet må konkurrere om å behandle GRA slam med andre aktører i markedet. Det er samtidig knyttet større usikkerhet til kostnadsbildet i Alternativ 3 på grunn av markedsrisiko samt mangel på sammenlignbare referanseanlegg.

I Alternativ 2 er gassinntektene trukket fra før mottaksavgiften er beregnet, noe som gir et mer stabilt kostnadsnivå.

For Alternativ 1 er estimatene hentet fra markedsdialogen.

Investeringskostnadene for Alternativ 2 er basert på erfaringstall fra referanseprosjekter justert til 2025 priser. Prosjektmodenheten er vurdert til 1-2%, og det er relativt stor usikkerhet i tallene (-25%, +50%), men summen er også vurdert i henhold til nyere prosjekter for benchmarking og sikring mot over og underestimering av total kostnaden.

5.2 Investeringskostnad

Tabell 5-1 Forutsetninger for beregning av investeringskostnad

Kostnadselement	Forutsetning	Kommentar
Investeringskostnader	Avskrivning 40 år, 4% rente	
Rigg og drift	25%	% av Netto entreprisekostnad
Prosjektadm. inkl. prosjekt- og byggeledelse	12.5%	% av Netto entreprisekostnad
Prosjektering	10%	% av Netto entreprisekostnad
Uspesifisert	20%	% av Netto entreprisekostnad
Uforutsett	20%	% av Netto entreprisekostnad
Prosjektreserve	30%	% av Netto entreprisekostnad

Tabell 5-2 Oppsummering av investeringskostnader i MNOK

Kostnadselement	Alt 2A	Alt 2B	Alt 2C	Alt 3
Prosessutstyr	195	204	229	502
Bygg og grunnarbeider	75	75	84	98
Sum netto entreprisekostnad	270	279	313	600
Rigg og drift	68	70	78	150
Uspesifisert	54	56	63	120
Sum brutto entreprisekostnad	392	405	454	869
Prosjektadm. inkl. prosjekt- og byggeledelse	34	35	39	75
Prosjektering	27	28	31	60
Sum byggekostnader	452	467	524	1,004
Uforutsett	54	56	63	120
Prosjektreserve	81	84	94	180
Prosjektkostnad	587	607	681	1,304

5.3 Estimering av behandlingskostnad

Investeringskostnad per tonn er beregnet ved å anta at total prosjektkostnad finansieres med et annuitetslån med 40 års nedbetalingstid med 4% rente. Det regnes da ut en årlig kostnad som divideres med estimerte slammengder inn.

Driftskostnader estimeres basert på erfaringstall fra lignende anlegg og prosjekter til en årlig kostnad som divideres med estimert slam mengde inn. Følgende kostnadsposter er inkludert:

- Strøm og varme (egenprodusert varme fra biogass regnes til kr 0)
- Biorest avsetning
- Varekost
- Lønn og personalkostnader
- Drift og vedlikeholdskostnader

Transportkostnader for avvannet slam fra andre anlegg er ikke inkludert

Inntekter er estimert ved å beregne mengde gass i GWh per år, multiplisert med gasspris (0,6 kr/kWh for CBG og 1 kr/kWh for LBG), dividert på estimert slammende inn. Gass til eget forbruk er trukket fra før utregning. For alternativ 3 inkluderer dette også inntekter fra andre råstoff.

Kostnad for slambehandling er beregnet ved å legge sammen kostnader, trekke fra inntekter og sette en pris på behandling av slam som gjør at driftsresultatet til anlegget blir 0 kr.

Hvis Alternativ 3 skal drives som et kommersielt AS, vil det ikke organisere regnskapet sitt slik, men organisere seg for et overskudd som blir delt mellom utbytte til eiere og reinvestering i selskapet. I denne tabellen er det beregnet litt annerledes for å kunne sammenligne med de andre alternativene, og kostnad slambehandling for Alternativ 3 kan anses om en «break even» pris på slam, hvor inntekter høyere enn dette vil bidra til overskudd i selskapet..

Tabell 5-3 Nedbrytning av kostnader og inntekter i hovedkategorier per tonn TS

	Alt 2A	Alt 2B	Alt 2C	Alt 3	
Investeringskostnad	4121	4258	4777	4117	kr/tonn TS
Driftskostnader	3602	3794	3147	2474	kr/tonn TS
Inntekter	-1337	-1337	-1097	-3428	kr/tonn TS
Kostnad slambehandling	6387	6715	6827	3163	kr/tonn TS

5.4 Oppsummering av behandlingskostnad

Behandlingskostnad per tonn tørrstoff er basert på estimatene i tabell 5-3. Høy og lav estimatene til alternativ 2 og 3 er vurdert ut ifra usikkerheten i kostnadsestimatene og markedseksposering. Intervallene for alternativ 1 er basert på markedsdialog.

Tabell 5-4 Behandlingskostnad per tonn tørrstoff for slam uten frakt for alternativene.

	Lav	Medium	Høy	Kommentar
Alternativ 1	6 000 kr/tonn TS	10 000 kr/tonn TS	13 200 kr/tonn TS	Fra markedsdialog
Alternativ 2	4 800 kr/tonn TS	6 400 kr/tonn TS	9 600 kr/tonn TS	(-25%/+50%)
Alternativ 3	1 600 kr/tonn TS	3 200 kr/tonn TS	6 300 kr/tonn TS	(-50%/+100%)

6 Multikriterie analyse

Analysen (Vedlegg 1) viser at Alternativ 2 får høyest samlet score, mens Alternativ 3 kommer som nummer to og Alternativ 1 langt lavere.

Økonomisk ligger Alternativ 2 i et mellomnivå både når det gjelder investering og driftskostnader, og vurderes som mer forutsigbart enn Alternativ 1 og mindre kapitalkrevende enn Alternativ 3. Alternativ 1 fremstår som det svakeste økonomisk, mens Alternativ 3 har lave kostnader per tonn, men krever store investeringer.

Når det gjelder forutsigbarhet og robusthet, scorer Alternativ 2 best fordi løsningen gir god kontroll, lav eksponering mot eksterne markeder og relativt liten usikkerhet med tanke på fremtidige krav. Alternativ 3 vurderes som noe mer utsatt siden det innebærer avhengighet av råstoff og markeder utenfor egen organisasjon.

Driftsmessig kommer Alternativ 1 best ut, men Alternativ 2 vurderes også som håndterbart med moderat kompleksitet. Alternativ 3 er mer krevende på grunn av mer avanserte prosesser.

Miljømessig oppnår Alternativ 2 også den høyeste scoren, blant annet på grunn av lavere transport og moderat energibehov.

Ressursutnyttelse skiller mindre mellom alternativene, og alle får lik score her. Samlet peker vurderingen i tabellen på at Alternativ 2 fremstår som den mest balanserte og robuste løsningen totalt sett.

7 Konklusjon og anbefaling av løsning

Den anbefalte løsningen er å gjennomføre en todelt utviklingsplan, der kommunene i første omgang etablerer et biogassanlegg med termofil drift for behandling av eget slam (Alternativ 2A). Prosjektet bør samtidig prosjekteres slik at anlegget enkelt kan bygges ut til Alternativ 3 dersom markedsforhold, teknologiutvikling eller regionale behov tilsier det på et senere tidspunkt. Denne tilnærmingen gir en god balanse mellom kostnadseffektivitet og risikostyring.

I første fase vil kommunene sikre en løsning med høy forutsigbarhet, moderate investeringskostnader og lav markedsavhengighet. Det gir både driftsmessig trygghet og god kontroll med egne rammebetingelser i en periode hvor regelverk og markeder fortsatt er i utvikling. Samtidig holdes muligheten åpen for å ta en mer omfattende rolle i markedet på et senere tidspunkt, uten at det låser kommunene til et høyt kostnadsnivå eller betydelig markedsrisiko i den innledende fasen.

Løsningen gir også en praktisk fordel ved at driftserfaring fra det termofile anlegget kan brukes som beslutningsgrunnlag før man eventuelt går videre til en større regional satsing. En oppdatert markedsvurdering vil kunne gjennomføres etter noen års drift, basert på faktiske driftsdata, reelle kostnader og bedre kunnskap om etterspørsel etter både biogass og biorest i regionen.

Samlet sett vurderes denne trinnvise tilnærmingen som den mest hensiktsmessige måten å redusere risiko, sikre kontroll og samtidig legge til rette for fremtidig fleksibilitet og eventuelle synergier dersom Alternativ 3 senere viser seg å være fordelaktig.

Vedlegg 1 – Multikriterie analyse

Kriterier	Vekting	Alternativer, poeng		
		1	2	3
1 Økonomi	30	-1	1	2
Vektet poengscore		-30	30	60
1.1 Investering		Mindre investeringer til fortykking/avvanning og slamsilo	490 - 660 MNOK	1090 - 1270 MNOK
1.2 Driftsutgifter		Transport og administrasjon	20-30 MNOK/år	35-45 MNOK
1.3 Kostnad per tonn TS		lav - med - høy: 6000 - 10000 -13200	lav - med - høy 4700 - 6300 - 9400	lav - med - høy 1600 - 3200 - 6500
1.4 Arealbehov/Tomtekjøp		Potensielt noe til mellomlagring	10 -20 dekar	20-30 dekar
1.5 Gir ekstra krav til renseprosess oppstrøms		Må håndtere rejektivann men liten tilleggsbelastning på RA	Må håndtere rejektivann med stor tilleggsbelastning på RA	Må håndtere rejektivann med enda større tilleggsbelastning på RA
1.6 Gassproduksjon		Ingen	16 GWh/år (Med THP ca 12 GWh/år)	77 GWh
1.7 Potensial for inntekt fra mottaksavgift		Ingen	Ingen	Stort potensiale (40-50 MNOK), men konkurrerer i et åpent marked
2 Forutsigbarhet/Robusthet	25	0	1	0
Vektet poengscore		0	25	0
2.1 Byggbarhet for tiltaket, herunder sårbarhet kapasitet prosjektering og bygging		Ikke relevant	lite sårbart sammenlignet med RA	Noe sårbart sammenlignet med RA

2.2 Sårbarhet for marked på bioest		Mister kontroll på marked, pris og blir avhenging av at eksterne tilpasser seg fremtidig regelverk. Konkurs og oppkjøp må risikovurderes	Gir lavest sårbarhet da man kun leverer et bioest marked for eget slam, dvs ingen forpliktelser for andre kunder	Tar på seg en forpliktelse fra andre som man behandler råstoff for
2.3 Sårbarhet for marked på andre restprodukter (P og N)		Ingen restprodukter for slambehandlingsanlegget. Vil ligge under renseanlegget		
2.4 Sårbarhet for marked for utnyttelse av biogass		potenielt utfordrende for leverandør	Moderat risiko, lav ved CHP	Høyest risiko, redusert ved LBG
2.5 Usikkerhet for langsiktige avtaler		Beskrevet i punkt 2.2	Ingen risiko	Stor risiko da man i teorien konkurrerer i et skandinavisk marked
2.6 Tilgang på energi for renseanlegget (strømproduksjon)		Ingen	5 GWh strøm 7 GWh varme med CHP	Neppe aktuelt å produsere strøm og varme grunnet avhengighet av gassinntekter
2.7 Fremdrift sett opp imot bygging av renseanlegget		Raskest	Noe mer tid	Lengst
2.8 Usikkerhet om fremtidige krav (BAT, direktiver og forskrifter)		En liten usikkerhet. Eksterne vil ta seg betalt for usikkerheten	Lav risiko	Lav risiko
3 Driftsvennlighet	10	2	1	0
Vektet poengscore		20	10	0
3.1 HMS (lukt, støy, Ex,...)		noe lukt må håndteres. Kjører ut mer masse enn i alt 2.	Må investere i luktreduksjon (medium kost)	Må investere i luktreduksjon (høy kost) Trafikk vil være noe høyere
3.2 Vedlikeholdsbehov		Lavt behov	Moderat	Høyt (forutsetter mer avansert prosess)
3.3 Kompleksitet		Lav	Moderat	Høy (forutsetter mer avansert prosess)
3.4 Kompetansebehov personell		Lavt	Moderat	Høyt (forutsetter mer avansert prosess)

3.5 Sårbarhet og konsekvens ved driftshendelser		Lav	Moderat	Høy (forutsetter mer avansert prosess)
3.6 Organisering/eierstruktur (80-20 regel)		Ingen utfordringer	Ingen utfordringer	80/20-begrensninger
4 Miljøbelastning	20	0	1	0
		0	20	0
4.1 Energiforbruk		Lavt, men økt transportbehov	Moderat 5-7 Gwh	Høyest (13-15 GWh) Inkl gass til THP
4.2 Kjemikalieforbruk (polymer)		Høyt	Lavt (45 % reduksjon i TS)	Moderat
4.3 Lukt og støy for 3. part		Noe lukt under transport, men skal være lukkede containere. Anlegget må tilfredsstille krav i luktveilederen	Lavest i dette scenarioet. Kun transport fra små anlegg fra kommunene. Anlegget må tilfredsstille krav i luktveilederen	Moderat. Noe lukt under transport, men skal være lukkede containere. Anlegget må tilfredsstille krav i luktveilederen
4.4 Transport		Høy	Lav	Moderat
4.5 Klimaavtrykk for byggeriet		Lavt (forutsetter at eksterne utvider eksisterende anlegg)	Moderat	Høyt
5 Ressursuttak/-utnyttelse/Funksjon	15	1	1	1
		15	15	15
5.1 Langsiktig samfunnsutvikling		Liten mulighet for industrielt samarbeid	Godt potensial for synergier	Godt potensial for synergier
5.2 Energibalanse (egenproduksjon/nett)		Ingen produksjon, men lavt forbruk	Positivt for lokalt strømnett at det kan produseres strøm på/ved RA	Ikke like aktuelt med strømproduksjon pga restvarmen

5.3 Mulighet for gjenvinning av ressurser		Kan stilles som krav til leverandør	Må håndteres internt	Samarbeid med eksterne gir muligheter
5.4 Mulighet for sirkulær økonomi (industri, Renovasjon i Grenland eller næringsfellesskap)		Har ikke kontroll på dette selv, men kan stilles som krav i konkurransegrunnlaget.	Moderat potensial,	Størst potensial for samarbeid
5.5 Energinøytralitet		Lavest score, transport trekker ned	Best alternativ	Noe mer transport, men høy energiproduksjon
Sum vektet score	100	5	100	75