

TEMANOTAT NR.7

Oppdrag **NYTT HOVEDRENSEANLEGG, LIER KOMMUNE**

ENERGIOVERSIKT OG FJERNVARME

Dato 2021-03-15



Rambøll
Erik Børresens allé 7
Pb 113 Bragernes
NO-3001 DRAMMEN

T +47 32 25 45 00
Epost drammen@ramboll.no
www.ramboll.no

Utført: OAND
Kontrollert: HTOV
Godkjent: OAND

Forsidebilde: Rambøll

1. Sammendrag og oppsummering

I denne temanotatet har det blitt utarbeidet energibalanser for både elektrisk og termisk energi, enkelte basert på gjennomsnittlige effekt fordelt over årets timer, men også enkelte fra dynamiske energisimuleringer og energiberegninger.

I energibalansene er det medtatt lokal energiproduksjon fra varmepumpe påkoblet rens vann, solceller på tak, varmegjenvinning i ventilasjon og energi fra biogassgenerator. Det har vært prioritert å forsyne internt forbruk før man undersøker energisalg ved et eventuelt overskudd.

Det er gjort estimat på en generisk vann-til-vann-varmepumpe dimensjonert kun for intern lavtemperatur varmebehov. En varmepumpe med installert effektytelse på 350 kW, sammen med elektrokjel som spisslast, vil kunne forsyne oppvarming av ventilasjonsluft i tunnellanlegget, oppvarming av servicebygget og andre bemannede rom. Varmepumpen vil i dette tilfellet produsere 1,4 GWh til denne forsyningen og elektrokjelen dekker de resterende 0,2 GWh.

Det er et overskudd av rens vann som kan benyttes til videre energiproduksjon fra varmepumpe, etter å ha forsynt interne lavtemperatur varmekonsumenter, både i 2026 og 2050. For å bruke denne overskuddsmengden i varmepumpe til fjernvarmeproduksjon, kreves det et høyere temperaturløft enn hva varmepumpen for intern bruk benytter. Det er gjort særlig estimat på fjernvarmeproduksjon fra varmepumpe med resterende tilgjengelig rens vannmengde etter internt forbruk.

Det er også gjort et estimat på en ett-trinns ammoniakk-varmepumpe levert av varmepumpeleverandøren Eptec for fjernvarmeleveranse. Med visse betingelser er det mulig å levere 10 GWh fjernvarme basert på tilgjengelig rens vannmengde [l/s] i 2026, etter å ha benyttet nødvendig rens vannmengde til en mindre varmepumpe for intern lavtemperatur varmebehov. Tilsvarende fjernvarmeproduksjon basert på gjenstående rens vannmengde i 2050 er 15 GWh.

En varmepumpe for fjernvarmeproduksjon er en stor investering og krever at man får god nok salgpris på fjernvarmen og kan levere fjernvarme tilstrekkelig driftstimer for å kunne tilbakebetale investeringen. Det kreves en videre undersøkelse av hvor mange driftstimer og hvilken pris rensanlegget kan selge varme for, for å vite om det er en teknisk-økonomisk god løsning og man ikke får en tilbakebetalingstid som overstiger levetiden på varmepumpen.

All intern varmeproduksjon fra biogass benyttes tilbake til slambehandlingen i råtneprosess, og kan ikke benyttes andre steder i rensanlegget eller til energisalg, sett over året. Varmegjenvinning i ventilasjon er øremerket ventilasjon og benyttes ikke andre steder i rensanlegget eller til energisalg.

Intern elektrisk energiproduksjon generert fra både solceller og biogass er betydelig lavere enn strømforbruket for rensanlegg og går inn som suppleringsforsyning til nettstrøm og det vil heller derfor ikke være noe overskudd fra solceller og strøm produsert fra biogassbrenning.

Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag og oppsummering	2
2. Innledning	4
2.1 Bakgrunn	4
3. Kartlegging og rammer	5
3.1 Rammebetingelser	5
4. Oversikt over renseanleggets forbruk og produksjon	5
4.1 Renseanleggets forbrukere	5
5. Energiproduksjon fra biogass	6
6. Solceller	7
7. Varmegjenvinning fra blowere	8
8. Varmegjenvinning i ventilasjonsanlegg	8
9. Varmepumpe	8
9.1 Varmepumpe basert på kloakk og spillvann (gråvann) i Nytt Lier Renseanlegg	10
9.2 Dimensjonering av varmpumpe for internt varmebehov	11
10. Energibalanser	13
11. Fjernvarmeproduksjon fra varmpumpe	16
12. Kostnadsoverslag	17
12.1 Forutsetninger	17
12.2 Kostnadsberegninger	17
12.2.1 Varmepumpe til internt bruk	17
12.2.2 Varmepumpe til fjernvarme	18
12.2.3 Fjernvarmesalg og tilbakebetalingstid	20
13. Referanser	21

2. Innledning

I forbindelse med planlegning av nytt renseanlegg i Lier, hvor Linnes renseanlegg lukkes og det bygges nytt i Gullaugfjellet, undersøkes muligheter og potensial for ressursgjenvinning, og særlig i dette tilfellet, energigjenvinning, da dette kan gi lavere årskostnader ved drift. Det er flere renseanlegg i Lier, men det er det nye planlagte renseanlegget i Gullaugfjellet som har stor nok kapasitet til at det kan være potensial for tilstrekkelig ressursgjenvinning, også på det teknisk-økonomiske optimale plan.

Det er også blitt dokumentert at Linnes renseanlegget ikke overholder utslippskrav for klimagasser, da anlegget har overskredet kapasitetsgrensen for forskriftsmessig håndtering av avløpsvann.

Denne temanotatet er utarbeidet for å gi en oversikt over det totale energioverskuddet, i form av både elektrisitet og varme, fra Nytt hovedrenseanlegg i Lier kommune.

Det vil prioriteres selvforsyning av renseanleggets varme- og strømbehov foran et eventuelt energisalg ut på nett.

Det er derfor utarbeidet en oversikt over både energiforbruk- og produksjon for å se i hvor stor grad anlegget kan bli selvforsynt med energi før et eventuelt overskudd.

I energiproduksjonen vurderes energikildene:

- Energi fra biogass (metan)
- Varmepumpe fra rensed avløpsvann
- Varmegjenvinning i ventilasjonsanlegget
- Solceller

2.1 Bakgrunn

Linnes renseanlegg er det største renseanlegget i Lier kommune og håndterer avløpsvannet fra Lier syd. I tillegg tar renseanlegget imot all kloakk fra spredt avløp, samt slam fra Sjøstad og Sylling. Anlegget har utslipp til indre Drammensfjorden.

Linnes renseanlegg har overskredet kapasitetsgrensen for forskriftsmessig håndtering av avløpsvann. Dette medfører at eksisterende anlegg ikke overholder utslippskrav. Lier kommune v/ Viva IKS har på grunn av dette fått avvik fra Fylkesmannen i Buskerud med pålegg om etablering av forskriftsmessig håndtering av avløpsvann.

Ut fra den utredning Viva IKS har oversendt mener kommunen at gjennomføring av vedlagte skisse fra Viva IKS, med et nytt hovedrenseanlegg i fjell for rensedistrikt Lier sør som erstatning for Linnes renseanlegg, er nødvendig av hensyn til å innfri myndighetspålagte krav og sikre kommunen en fremtidig bærekraftig renseløsning. Lier Sør rensedistrikt omfatter da områdene Nordan, Egge, Heia, Lierbyen og ned til Gullaug.

En av de viktigste parameterene for å kunne drive renseanlegg rimeligere i fremtiden er muligheten for å utnytte de ressursene som ligger i avløpsvannet. En effektiv ressursgjenvinning gi lavere årskostnader ved drift. Derfor ser denne rapporten på potensialet for selvforsyning av energi til internt forbruk, av både elektrisk energi og varme. I den sammenheng ser rapporten også på potensialet for et eventuelt energisalg av enten lokalprodusert elektrisk energi eller varme, hvis energioverskudd.

3. Kartlegging og rammer

3.1 Rammebetingelser

Målet med denne rapporten er å undersøke i hvilken grad renseanleggets egne energiprodusenter kan forsyne renseanlegget energibehov og om det eventuelt er overskuddsenergi som kan selges. Dette gjøres ved å utarbeide en oversikt over alt forbruk og produksjon av både termisk og elektrisk energi ved renseanlegget og sette opp en klar oversikt energibalansen.

Det vil også være nødvendig å analysere energibalansen over tid, både i 2026 og i 2050, da produksjon av slam, men også forbruk av energi vil utvikle seg i tråd med økt antall innbyggere koblet til renseanlegget.

I forbindelse med utarbeidelsen av energibalansen/systemet og undersøkes:

- Produksjon av elektrisk energi fra solceller på tak til drift av teknisk utstyr og ventilasjon
- Produksjon av strøm og varme fra brenning av egenprodusert biogass med biogassgenerator
- Bruk av varmepumpe til å generere varme fra rensed spillvann og bruk av dette til selvforsyning og til fjernvarme

4. Oversikt over renseanleggets forbruk og produksjon

Renseanleggets funksjon er å rense kloakk og spillvann og har derfor et elektrisk energiforbruk til denne prosessen. Renseanlegget har også energiforbruk i forbindelse med drift av hjelpeanlegg. («utility anlegg»)

Da slam fra rensed vann brukes til å produsere biogass, er det også energiforbruk relatert til dette, i form av oppvarming, kjøling og elektrisitet til denne prosessen.

Da det er både termiske og elektrisk energibehov i renseanlegget, vil det tilkobles både elektrokjel og nettstrøm for å imøtekomme dette kapasitetsbehovet.

I et slikt renseanlegget er det energiresurser som kan benyttes, og denne rapporten ser på best mulig utnyttelse av disse for å redusere mengde kjøpt levert energi.

Etter å ha produsert biogass fra slam fra rensed rensed vann, er det i dette anlegget vurdert å installere gassgenerator som brenner den produserte biogassen, og ut ifra dette generere en andel elektrisk energi og en andel varme. Denne energien er øremerket til forsyning av internt forbruk i anlegget, spesielt grunnlast i slamoppvarming under biogassproduksjon.

Rensed vann er vurdert til å holde en temperatur på 8-10 C. Dette benyttes som energikilde for en vann-til-vann-varmepumpe som kan produsere energi til intern vannbåren oppvarming i ventilasjonsanlegg og romoppvarming.

4.1 Renseanleggets forbrukere

Prosess

Denne energi- og effektposten innebærer alt av elektrisk forsyning til drift av prosess i renseanlegg.

Kjøling

Denne energi- og effektposten gjelder lokalt plassert kjølemaskin som produserer kald luft til tavlerommet og eventuelt andre rom med mye varmelast.

Varme - drift av varmegjenvinning og varmepumper

Denne energi- og effektposten innebærer varmebehovet til drift av varmegjenvinning og elektrisk drift av kompressor i varmepumpe koblet til rens vann.

Viftemotor, lufteanlegg

Denne energi- og effektposten innebærer elektrisk forsyning av viftemotorer i lufteanlegg i tunnelanlegg.

Drift gassanlegg

Denne energi- og effektposten innebærer strømforsyning til drift av biogassgenerator i omdanning fra biogass til varme og strøm, samt prosess i gassproduksjon.

El-kjel som back-up

Denne energi- og effektposten omtaler en el-kjel som er satt inn som reserveforsyning, kun til bruk for oppvarming av slam i biogassproduksjonen.

Servicebygg

Denne energi- og effektposten refererer til det totale energibehov dekket av elektrisitet for et 250 m² servicebygg med kontorer og lignende.

Uteområde

Denne energi- og effektposten referer til elektrisitetsbehovet til et uteområde utenfor renseanlegget.

Oppvarming av tunnelluft inkl. gjenvinning

Denne energi- og effektposten er oppvarmingsbehovet til ventilasjonsluften i tunnelanlegget. Dette har en grovt estimert drift på 800 kW effekt, men med medtatt varmegjenvinning er dette estimert til å kunne halveres, som igjen halverer energibehovet.

5. Energiproduksjon fra biogass

Spillvann og kloakk fra forbrukere blir rensert i renseanlegget og slammet blir trukket ut av vannet. Slammet blir varmet opp til 70 °C i en hygieniseringsprosess. Det blir brukt 3 tanker for å holde en fleksibel og jevn flyt av slam. Her skal slammet holde 70 °C i 1 time. Deretter blir det sendt til råtningsstanker som holder 40 °C. Her blir slammet omgjort til CO₂ og CH₄. Produksjonen av biogass (metangass) vil normalt fluktuere noe og det vil derfor bli etablert en bufferløsning på tankene.

Herfra sendes biogassen (metangassen) til forbrenning og konvertering til energi i enten gasskjele eller gassmotor/turbin. I gasskjelen antas det en 100% virkningsgrad og 95% tilgjengelighet, så tilnærmet alt av det potensielle varmeuttaket i den produserte biogassen blir utnyttet.

Ved forbrenning med gassmotor/turbin, blir deler av biogassen omdannet til elektrisk energi og deler blir omdannet til varme.

Det vurderes primært å bruke gassmotor/turbin til å lage elektrisk kraft og varme i Lier renseanlegg.

Ved å installere en gasskjele i tillegg som kun produserer varme, er det mulighet for å benytte denne til slamoppvarming ved topplast ved kalde perioder.

Renseanleggets varmebehov fordeler seg ujevnt over året. Basert på tidligere erfaringer forventes det at varmeforbruket om vinteren vil være rundt 50 % høyere enn årsmiddel, men varmeforbruket om sommeren kommer til å være rundt 50% lavere enn årsmiddel.

Et varmeforbruk (som primært forsyner råtneprosessen) for 2026 og 2050 på henholdsvis 1,2 GWh og 1,3 GWh per år bør derfor kunne dekkes større deler av året, men det er ikke selvsagt at effekten i biogassproduksjonen dekker både elektrisitet- og varmeproduksjon i de kaldeste periodene. Derfor bør systemet inkludere en kombikjel eller elektrisitetspanne som kan brukes for å kunne starte råtningsprosessen

Ved dimensjonerende år 2050 kan råtneprosessens varme- og elenergi behov dekkes helt av intern el- og varmeproduksjon hvis gassgeneratoreren benyttes for brenning av den produserte biogasse, sett over hele året. Imidlertid er det en risiko for at varmebehovet om vinteren blir høyere enn hva gassmotorene kan levere. Ved disse anledninger må du bytte til drift av gasskjelen for å kunne sikre varmebehovet.

Ved oppstartsåret 2026 kan ikke varmebehovet dekkes av intern varmeproduksjon hvis gassmotorer brukes til deponering av produsert biogass. Hvis en gasskjele brukes i stedet, kan imidlertid varmebehovet dekkes, og et overskudd av varme tilsvarende omtrent 0,6 GWh / år vil da bli sett gjennom året.

Med gassmotorer vil det i 2026 bli generert strømoverskudd på ca. 0,5 GWh / år resp. 0,8 GWh / år for året 2050.

	Energibalanse år 2026 (GWh/år)	Energibalanse år 2050 (GWh/år)
Produsert energi fra biogass (varmepotensiale)	2,2	3,2
Energiforbruk		
Varmeenergi	1,2	1,3
Elenergi	0,4	0,4
Gassgenerator		
Produsert varme	1,0	1,4
Produsert elenergi	0,9	1,2
Gasskjel		
Produsert varme	1,8	2,6

Tabell 1: Energibalanse i biogassystem. Behov for elektrisk energi til råtneprossen er midlertidig likt for 2026 og 2050.

Drift av biogassanlegg trenger strøm under biogassproduksjon. Dette effektbehovet og energiforbruket inngår i energibudsjett og elektrisk energibalanse.

6. Solceller

Det er gjort et estimat på strømproduksjon fra solceller installert på taket av renseanlegget i temanotatet for solcelleproduksjon.

Simuleringen er gjort på bakgrunn av blant annet disse betingelsene:

- 118 stk. paneler av typen REC 360w mono panel som
- Panelene utgjør til sammen en samlet arealflate på 206 m²
- 3 stk. invertere av typen Growatt 12000TL3-S
- Total solcelle-ytelse er 42,5 KWp (installert effekt)

Dette solcelleanlegget leverer **31 822 kWh per år**

Produsert solcellestrøm er fluktuerende og relativt lite fleksibel, da det ikke er vurdert batterier for solcelleanlegget. Den produserte solcellestrømmen er opplagt for forsyning av teknisk utstyr og vifter med lav jevn effekt. Da renseanlegget har et betydelig større jevnt strømforbruk enn hva solcelleanlegget produserer så vil tilnærmet all energiproduksjonen bli benyttet intern i renseanlegget. Solcellestrøm vil fungere som en supplering av nettstrøm og annen strømforsyning.

7. Varmegjenvinning fra blowere

Det vil være noe energi å hente i varmegjenvinning fra blowere (blåsemaskiner). Disse blåsemaskinene tilfører luft med ganske høyt trykk ned i vannbassengene og er en del av den biologiske prosessen.

Varmegjenvinningen fra blowere er ikke medtatt i denne rapporten, men er noe som kan undersøkes i en senere fase.

8. Varmegjenvinning i ventilasjonsanlegg

I estimert energibehov for ventilasjonsanlegg både i tunnelanlegg og i servicebygg er det medtatt en reduksjon av energibehov vha. varmegjenvinner. Varmegjenvinningen brukes til forvarming av ventilasjonsluft via varmebatterier. Varme gjenvunnet fra ventilasjon benyttes ikke på andre energiposter i renseanlegget. Det er medtatt en temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinner på 50%.

9. Varmepumpe

En form for aktiv varmegjenvinning er bruken av varmepumpe.

Varmepumper bruker en liten andel elektrisk energi til å hente ut en større andel varmeenergi fra en kilde med lav temperatur. Varmepumpeteknologien hever temperaturen slik at varmen kan utnyttes til oppvarmingsformål (romoppvarming, ventilasjonsvarme og tappevann). Med varmepumper kan en gjøre nytte av en rekke lavtemperatur fornybare energikilder som for eksempel omgivelsesvarme i uteluft, sjøvann, grunnvann, bergvarme og jordvarme eller overskuddsvarme (spillvarme) fra ventilasjonsluft, avløpsvann/kloakk, spillvann (gråvann) og kjølevann fra industri.

Forholdet mellom avgitt energi og tilført energi til varmepumpen kalles for effektfaktoren eller varmefaktoren, og avhenger av både temperaturløftet og egenskapene til varmepumpen. Årsvarmefaktor defineres som årlig varmeleveranse fra varmepumper dividert med årlig energi brukt for drift av kompressorer, pumper og vifter

Vannbaserte varmepumper medfører graving/boring, og har derfor høyere investeringskostnader enn luftbaserte varmepumper. Men de har en fordel i at vann har høy varmelagringskapasitet. Som varmekilde brukes det grunnvarme, overflatevann og jordvarme. Temperaturen til disse varmekildene varierer mindre over året, har tidsforsinkelse i forhold til uteluft og har høyere middeltemperatur i fyringssesongen. Denne typen varmepumper egner seg godt i regioner med kalde vintre. Årseffekt faktoren er dermed høyere enn for varmepumper basert på uteluft.

9.1 Varmepumpe basert på kloakk og spillvann (gråvann) i Nytt Lier Renseanlegg

I det nye hovedrenseanlegget vurderes det å bruke rensed vann fra rensesanlegg som energikilde for en varmepumpe for å forsyne varmebehovet til ventilasjonsluft i tunnellanlegg.

I Figur 1 er det skissert en prinsipptegning for en slik varmepumpe installert i rensesanlegget.

Råvannskretsen

Først pumpes rensed kloakkvann gjennom varmepumpen for å avgi varme før vannet ledes tilbake til utløpet. Det rensede kloakkvannet holder i 8-10 °C inn på fordampers innløp og eksempelvis 5-7 °C på fordampers utløp.

Varmekretsen

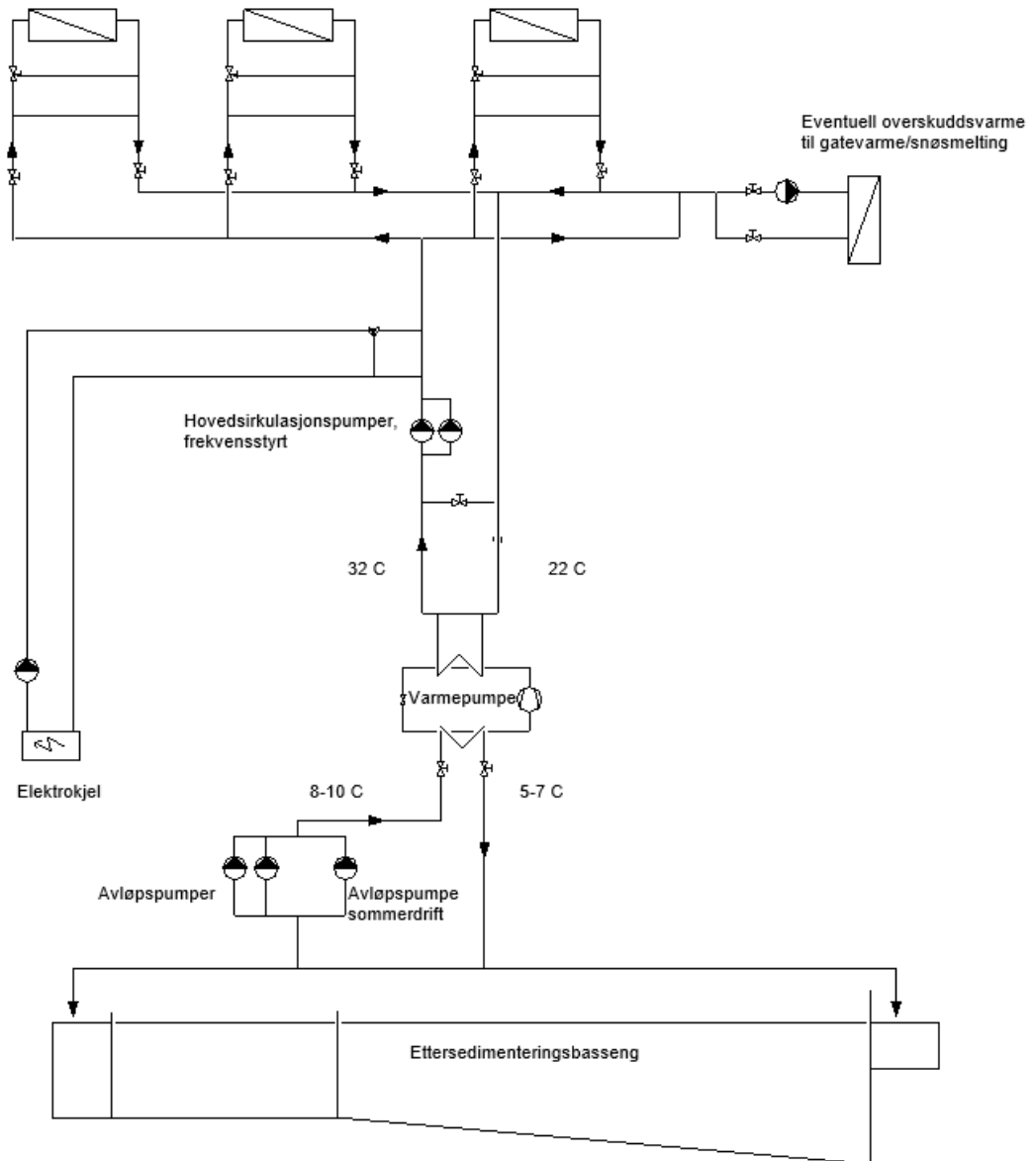
Dette er kretsen for oppvarming av ventilasjon i tunnellanlegget og andre varmekonsumenter, f.eks. servicebygg og bemannede rom inne i tunnellanlegget. Eventuelt snøsmelteanlegg hvis ønskelig. Denne kretsen er koblet til varmepumpens kondensator og underkjølingsveksler. Utgående temperatur fra varmepumpen vil variere etter anleggets bruk. Turtemperaturen er estimert til ca. 32 °C, og returtemperaturen ca. 22 °C tilbake til varmepumpens kondensator.

Ved tider med overskudd av slik lavtemperaturvarme, kan det resterende brukes som gatevarme eller snøsmelting på parkeringsplass utenfor rensesanlegg.

En elektrokjel er tilkoblet for å kunne ta spisslast, samtidig som den fungerer som back-up for varmepumpen.

Oppvarming av ventilasjonsluft tunnelanlegg

Oppvarming av ventilasjonsluft, rom og forvarming til tappevann servicebygg, og andre bemannede rom



Figur 1: Skisse av mulig varmepumpeinstallasjon

9.2 Dimensjonering av varmepumpe for internt varmebehov

Varmepumpen benytter rensed gråvann og kloakk som varmekilde. Varmepumpens ytelse og varmeproduksjon vil være avhengig av det rensede vannets temperatur og hvilken temperatur man vil løfte temperaturen opp til. Ytelsen av varmepumpen vil også avhenge av mengden rensed vann det er tilgang på per tidsenhet.

Hvis man dimensjonerer varmepumpen for internt varmebehov så benyttes kun en liten del av renservannets mengde.

Forbrukere:

- Varmebatterier i ventilasjonsanlegg for tunnelanlegg
- Oppvarming av rom, ventilasjon og tappevann i servicebygg, laboratorium, kontrollrom og vedlikeholds- og automasjonsrom.

Gitte betingelser:

- Volumstrøm av rensed vann (Q, middel), 2026: 396 m³/h som er 110 l/s
- Volumstrøm av rensed vann (Q, middel), 2050: 567 m³/h som er 157 l/s
- Volumstrøm nødvendig for intern varmekonsum: 22 l/s
- Temperaturforskjell på før og etter fordampere på varmepumpen: 3K
- COP* (effektfaktor): 4,5
- Driftstimer på varmepumpe: 4000 timer

*COP er ytelsen til varmepumpen og tilsier hvor mye mer varmeeffekt du får fra varmepumpen enn hva den bruker av strøm. En COP på 4,5 er benyttet i dette estimatet da et lignende anlegg har dokumentert en lignende ytelse.

Benyttede formler:

- $N\ddot{o}dvendig\ renservannsmengde\ for\ en\ varmepumpe\ etter\ \ddot{o}nsket\ varmeytelse\ \left[\frac{l}{s}\right] = \frac{\ddot{o}nsket\ varmeytelse\ [MW] * ((COP - 1) / COP)}{(T_{fordampere,inn} - T_{fordampere,ut}) [K] * 4,18\ kJ / kgK}$
- $Varmeytelse\ [MW] = \frac{renservannsmengde\ \left[\frac{l}{s}\right] * 4,18\ \frac{kJ}{kgK} * (T_{fordampere,inn} - T_{fordampere,ut}) [K]}{(COP - 1) * COP}$
- $Varme\ levert\ [kWh] = Varmeytelse\ [MW] * Driftstimer$
- $Effektbehov\ kompressor\ [MW] = \frac{Varmeytelse\ [MW]}{COP}$

Hvis man installerer en varmepumpe for å forsyne disse energipostene med en 85% årlig energidekning så trengs det kun å installeres varmepumpe med en varmeytelse på omtrent **350 kW**. Installert effekt på kompressor vil da være omtrent 78 kW, gitt en effektfaktor (COP) på 4,5.

Med denne kapasiteten installert på varmepumpe vil da kun omtrent **22 l/s** av de tilgjengelige 110 l/s bli benyttet. Varmebehovet for disse energipostene øremerket varmepumpen vil også være det samme for år 2050 (157 l/s), selv om det er ytterligere tilgjengelig renservann.

Da varmepumpen er estimert med 85% energidekning til oppvarming, vil de resterende 15% energidekning bli dekket av elektrokjelen. Varmeeffektbehovet på 350 kW er basert på en kombinasjon av en simulering av ventilasjonsanlegget i SIMIEN og effektrammer som Rambøll innehar.

Da biogassanlegget er selvforsynende hvor slamoppvarming blir dekket av egen produsert varme fra biogass og effektopper blir dekket med elektrokjel, er heller ikke biogassanlegget relevant for forsyning fra varmepumpen. Det er derfor valgt å isolere biogassanlegget fra varmepumpeanlegget i denne rapporten, selv om tilsvarende anlegg har vist kompatibilitet mellom disse anleggene.

Det er derfor mer tilgjengelig vannmengde enn det blir benyttet i varmepumpeproduksjon til internt forbruk, så det er potensiale for et energioverskudd.

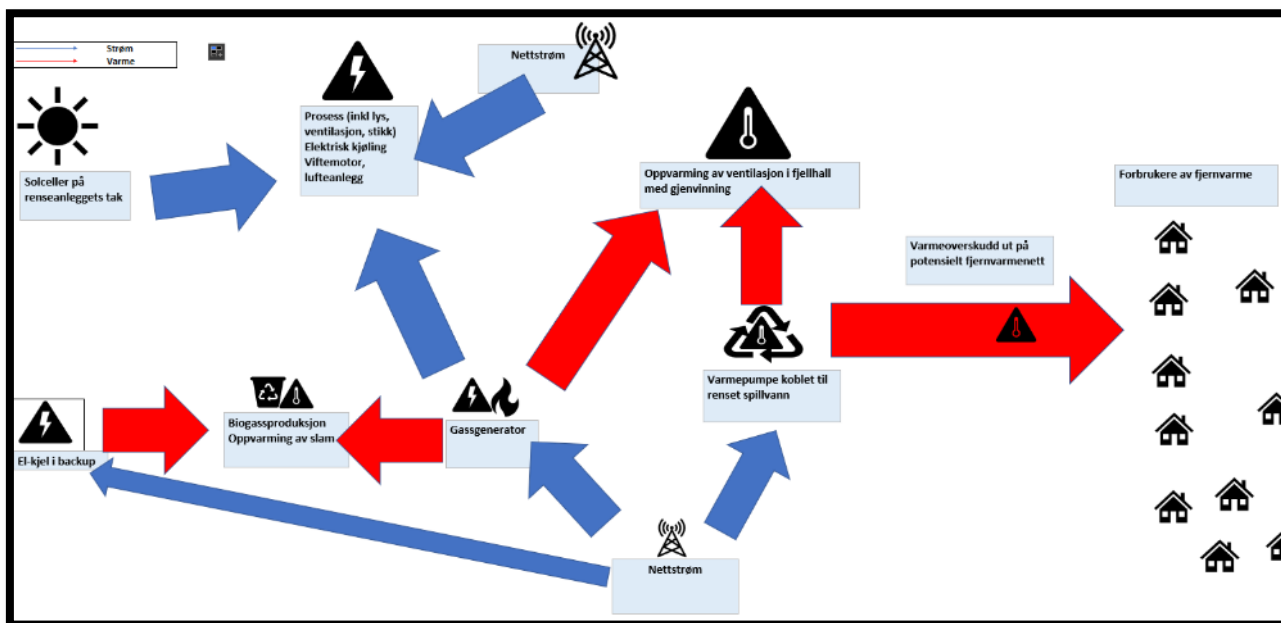
	Benyttet vannmengde (l/s)	Varmeytelse varmepumpe [kW]	Effektbehov kompressor [kW]	Produsert energi [kWh]	Elektrisk energiforbruk på kompressor [kWh]
Dimensjonert til internt varmebehov	22	350	78	1 420 000	315 748

Tabell 2: Oversikt over varmepumpe dimensjonering for intern forsyning av lavtemperaturforbrukere. Benyttet inndata: COP på 4,5, temperatursenkning på 3K og 4000 driftstimer.

Etter å ha brukt 22 l/s som dimensjonerende volumstrøm for varmepumpen for intern varmeforsyning, vil det derfor gjenstå henholdsvis 88 l/s og 136 l/s med vannmengde i 2026 og 2050 som kan benyttes til fjernvarme og energisalg.

10. Energibalanser

Hensikten med denne temanotatet er å utarbeide en energibalanse over rensesanlegget hvor forsyning av energiforbruket til rensesanlegget er prioritert over et eventuelt energisalg av enten fjernvarme eller strøm.



Figur 2: Oversikt over energiflyt i rensesanlegget.

I nedenstående tabeller for energibalansen er det estimert årlig energiproduksjon fra forskjellig energiforsyning i rensesanlegget og årlig energiforbruk på forskjellige forbruk i anlegget. Balansetabellene viser ikke potensialet for fjernvarme. Potensialet for fjernvarme blir estimert og vist i kapittel 11.

Den elektriske energibalansen i Tabell 3 viser at det elektriske energibehovet ikke alene kan dekkes av egenprodusert energi, men må primært dekkes av strøm fra nett. Energibehovet er basert på en antatt gjennomsnittlig effekt fordelt over årets 8760 timer. Installert effekt vil være høyere og vises i elektrofagets rapport. Den gjennomsnittlige årlige effekten på enkelte av energipostene vil øke over de neste 30 år, men i denne tabellen er det brukt de samme effektene for både 2026 og 2050, basert på tall fra finsk Rambøll-ressurs

Energibalanse, elektrisk energi					
	Energipost	Gjennomsnittlig effekt 2026 [kW]	Energibalanse 2026 [kWh]	Gjennomsnittlig effekt 2050[kW]	Energibalanse 2050 [kWh]
Energibehov	Prosess (inkl lys, ventilasjon, stikk/uttaksgrupper)	-600	- 5 259 600	-600	- 5 259 600
	Kjøling, Elektrisk. Kjøling av tavlero, serverrom, trafo	-25	- 219 150	-25	- 219 150
	Varme - sirkulasjonspumper og varmpumpe	-58	- 508 428	-58	- 508 428
	Viftemotor, lufteanlegg	-75	- 657 450	-75	- 657 450
	Drift gassanlegg - inkl sirkulasjonspumper	-134	- 1 178 150	-134	- 1 178 150
	Elkjel. Dette er backup.	0	-	0	-
	Servicebygg, 250m2 (lys, varme, drift)	-40	- 350 640	-40	- 350 640
	Uteområde (lys, elbillader, søppelkvern, uttaksgrupper for verktøy)	-10	- 87 660	-10	- 87 660
	Varmesentral/teknisk bygg	-40	- 350 640	-40	- 350 640
Egenprodusert energi	Strømproduksjon fra solceller	3,6	31 822	3,6	31 822
	Strømproduksjon fra biogassgenerator	103	900 000	137	1 200 000
Dekkes av nettstrøm		-876	- 7 679 896	-842	- 7 379 896

Tabell 3 Elektrisk energibalanse over rensaneanlegget. Negative tall er forbruk og positive tall er produksjon/forsyning. Den gjennomsnittlige effekten er basert på samtidighetsfaktorer. Installert effekt er høyere. Tallene er hentet fra elektro rapport

I Tabell 4 er varmebalansen for internt varmebehov for lavtemperaturforbrukere. Den viser at det interne energibehov blir dekket av en varmepumpe med installert kapasitet på 350 kW som dekker omtrentlig 85% av energidekning og de resterende 15% dekkes av elektrokjel som spisslast.

Det årlige varmebehovet for oppvarming av friskluft i tunnelanlegg er beregnet i en dynamisk simulering. Det er i simuleringen benyttet installert effekt på varmebatteriet på 600 kW inkludert varmegjenvinningsgrad på 50% og luftmengde på 90 000 m³/h og DUT på -20 °C. Energibehov og effektbehov for oppvarming i servicebygg og de andre bemannede rommene er basert på erfaringstall for bygningskategoriene «kontorbygg» og «lett industri, verksted» for TEK17.

Varmebalanse for internt varmebehov, ekskludert biogass 2026		
	Energipost	Energibalanse 2026 [kWh]
Internt energibehov	Oppvarming av friskluft v/-20 med varmegjenvinning	-1 656 166
	Oppvarming av servicebygg inkl. kontor (romoppvarming, tappevann og ventilasjon), basert på erfaringstall TEK17	-8 996
	Oppvarming av vedlikeholdsrom og automasjonsrom (romoppvarming, tappevann og ventilasjon), basert på erfaringstall TEK17	-6 790
	Oppvarming av laboratorie og kontrollrom (romoppvarming, tappevann og ventilasjon), basert på erfaringstall TEK17	-9 259
Egenprodusert energi	Varmeproduksjon fra varmepumpe med 85% energidekning	1 420 000
Dekkes av elkjel		261 000

Tabell 4: Varmebalanse for internt varmebehov. Disse energipostene blir dekket av varmepumpe og elkjel. Negative tall er forbruk og positive tall er produksjon/forsyning.

I Tabell 5 vises varmebalanse for biogassanlegg. Biogassanlegget dekker sitt eget varmebehov til oppvarming av slam (biogassproduksjon) og installert elektrokjel eller gasskjel dekker spisslasten.

Energiforbruk [kWh]	

Varmebalanse, biogass			
	Energipost	Energibalanse 2026 [kWh]	Energibalanse 2050[kWh]
Energiforbruk	Oppvarming av slam med biogassproduksjon	-1 200 000	-1 300 000
Egenprodusert energi	Varmeproduksjon fra biogassgenerator	1 000 000	1 400 000
Dekkes av elkjele eller biogasskjel, hvis underskudd.		-200 000	100 000

Tabell 5: Varmebalanse biogassanlegg. Negative tall er forbruk og positive tall er produksjon/forsyning.

11. Fjernvarmeproduksjon fra varmepumpe

I kapittel 9 ble det dimensjonert en varmepumpe for interne bruk til lavtemperaturforbrukere. Det ble også vist at vi hadde et overskudd av rensset vannmengde etter internt forbruk via varmepumpe. Etter internt forbruk er det med vannmengden for 2026, en restvannmengde på 88 l/s og 136 l/s i 2050.

Denne resterende vannmengden kan brukes til fjernvarme.

Det er i tabellen gjort et grovt estimat på potensiell fjernvarmeproduksjon og installert kapasitet på varmepumpe i forbindelse med fjernvarmeproduksjon.

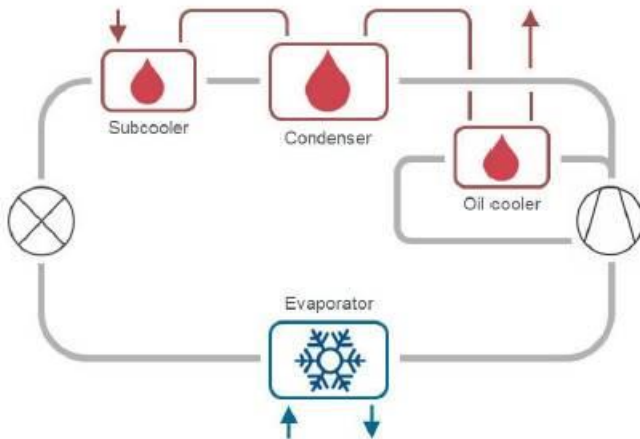
Utover antagelsene som er gjort i tabellene er det også antatt:

- At det leveres fjernvarmevann ut på nett med en turtemperatur på 70 °C og returtemperatur på 50 °C. Dette er tur/returtemperaturer som egner seg fremtidens fjernvarmenett hvor forbrukere av fjernvarmen er energieffektive bygninger.
- Det er tatt utgangspunkt for varmepumpeleverandøren Eptecs kostnadestimat for en ett-trinns ammoniakk varmepumpe av typen Ammonia-Liquid Heat Pump Type GEA Red Astrum RR.

	Resterende vannmengde etter intern varmforsyning (l/s)	Temperatursenkning inne og ut av fordampere på varmepumpen [K] kelvin	COP	Varmeytelse på varmepumpe (*inkludert 10% tap i kompressor) [MW]	Effektbehov kompressor [MW]	Driftstimer	Energimengde produsert (inkludert 10% tap i kompressor) [GWh]
År 2026 vannmengde	88	5K	2,99	2,8 (2,5*)	0,93	4000	10,0
År 2050 vannmengde	136	5K	2,99	4,3 (3,8*)	1,4	4000	15,3

Tabell 6: COP er basert datablad for en ett-trinns ammoniakk varmepumpe "Ammonia-Liquid Heat Pump Type GEA RedAstrum RR".

Beregningene bak resultatene i Tabell 6 er basert på samme formler som for varmepumpedimensjonering for intern bruk i kapittel 9.2 Dimensjonering av varmepumpe for internt varmebehov



Figur 3: Prinsipp tegning av varmepumpen som leveres av Eptec

12. Kostnadsoverslag

I dette kapittelet gjøres det et kostnadsoverslag for varmepumpeanlegg både for varmepumpen til internt forbruk og til fjernvarmeproduksjon, basert på oversendt kostnadsestimat fra varmepumpeleverandøren Eptec og erfaringstall

12.1 Forutsetninger

Varmepumpe til internt bruk

Her er det grove erfaringstall på **5 000 kr per kW varmeytelse installert**. Denne prisen inkluderer ikke vekslere, pumper, rørarbeid og etc., da prisen er kun for selve varmepumpen.

Fjernvarmeproduksjon

Det er tatt utgangspunkt for varmepumpeleverandøren Eptecs kostnadsestimat for en ett-trinns ammoniakk varmepumpe av typen Ammonia-Liquid Heat Pump Type GEA Red Astrum RR. Denne modellen yter **1485 kW og koster 5 000 000 kr stykket**.

12.2 Kostnadsberegninger

12.2.1 Varmepumpe til internt bruk

I Tabell 7 er det gjort et estimat på den mindre varmepumpen for internt varmebehov.

	Varmeytelse varmepumpe [kW]	Pris [kr/kW]	Kostnad [kr]
	355	5 000	1 750 000

Tabell 7: Investeringskostnad for den lille varmepumpen kun til internt varmeforbruk

Investering	1 776 080	kr eks mva		
Varmeproduksjon	1 420 864	kWh/år		
Nedskrivningstid	20	år (levetid)		
			Rente	Rente
			1,50 %	2,50 %
				5,00 %
Årskostnad	103 449	kr pr år	113 930	142 517
Driftskostnader	347 323	kr pr år	347 323	347 323
Vedlikeholdskostnad	0	kr pr år	0	0
Sum årlige kost	450 772	kr pr år	461 253	489 840
Varmepri intern VP	0,32	kr pr kWh	0,32	0,34
strømpris	1,10	kr pr kWh	1,10	1,10
Besparelse/tap	0,78	kr pr kWh	0,78	0,76
Besparelse pr år	1 112 179	kr pr år	1 101 697	1 073 110
Besparelse i levetid (20 år)	22 243 570	kr	22 033 943	21 462 207
Tilbakebetalingstid	1,60	år	1,61	1,66

Tabell 8: Økonomisk oversikt over besparelse (kr) og tilbakebetalingstid for den interne varmepumpen, gitt forskjellige renter.

12.2.2 Varmepumpe til fjernvarme

Disse selges som beskrevet i stykk på omtrent 1 500 kW ytelse hver, og derfor velges det i kostnadsestimatet å installere varmepumper med henholdsvis 3 MW og 4,5 MW varmeytelse.

Med en slik varmepumpe med installert effekt på 4,5 MW og lignende størrelsesorden, anbefales det fra leverandører å dele opp ønsket installert effekt i to varmepumper, for å ivareta ytelsen.

	Varmeytelse varmepumpe [MW]	Pris per 1485 kW	Kostnad [kr]
År 2026 vannmengde	3	5 000 000	10 000 000
År 2050 vannmengde	4,5	5 000 000	15 000 000

Tabell 9: Kostnadsestimat for varmepumpe for fjernvarmeproduksjon

Med gitte forutsetninger koster en varmepumpe av typen Ammonia-Liquid Heat Pump Type GEA Red Astrum RR med 3 MW levert av Eptec 10 000 000 kroner og en tilsvarende på 4,5 MW 15 000 000 kr. Disse estimatene inkluderer ikke vekslere pumper, rørarbeider og etc.

Investering	10 000 000	kr eks mva
Varmeproduksjon	9 962 707	kWh/år
Nedskrivningstid	20	år (levetid)

Strømpris	1,10 kr/kWh		
	Rente	Rente	Rente
	1,50 %	2,50 %	5,00 %
Årskostnad	582 457 kr pr år	641 471 kr pr år	802 426 kr pr år
Driftskostnader	4 072 455 kr pr år	4 072 455 kr pr år	4 072 455 kr pr år
Vedlikeholdskostnad	0 kr pr år	0 kr pr år	0 kr pr år
Sum årlige kost	4 654 913 kr pr år	4 713 926 kr pr år	4 874 881 kr pr år
Pris på varmesalg	0,80 kr pr kWh	0,80 kr pr kWh	0,80 kr pr kWh
Produksjonskost varme	0,47 kr pr kWh	0,47 kr pr kWh	0,49 kr pr kWh
Fortjeneste	0,33 kr pr kWh	0,33 kr pr kWh	0,31 kr pr kWh
Salg per år	3 315 253 kr pr år	3 256 239 kr pr år	3 095 285 kr pr år
Salg i levetid (20 år)	66 305 061 kr	65 124 782 kr	61 905 691 kr
Tilbakebetalingstid	3,02 år	3,07 år	3,23 år

Tabell 10: Økonomisk oversikt over besparelse (kr) og tilbakebetalingstid for 3 MW varmepumpen (rensevannmengde 2026) som leverer fjernvarme, gitt forskjellige renter.

Investering	15 000 000 kr eks mva		
Varmeproduksjon	15 340 403 kWh/år		
Nedskrivningstid	20 år (levetid)		
Strømpris	1,10 kr/kWh		
	Rente	Rente	Rente
	1,50 %	2,50 %	5,00 %
Årskostnad	873 686 kr pr år	962 207 kr pr år	1 203 639 kr pr år
Driftskostnader	7 890 383 kr pr år	7 890 383 kr pr år	7 890 383 kr pr år
Vedlikeholdskostnad	0 kr pr år	0 kr pr år	0 kr pr år
Sum årlige kost	8 764 069 kr pr år	8 852 589 kr pr år	9 094 021 kr pr år
Pris på varmesalg	0,80 kr pr kWh	0,80 kr pr kWh	0,80 kr pr kWh
Produksjonskost varme	0,57 kr pr kWh	0,58 kr pr kWh	0,59 kr pr kWh
Fortjeneste	0,23 kr pr kWh	0,22 kr pr kWh	0,21 kr pr kWh
Salg per år	3 508 254 kr pr år	3 419 733 kr pr år	3 178 301 kr pr år
Salg i levetid (20 år)	70 165 077 kr	68 394 659 kr	63 566 022 kr
Tilbakebetalingstid	4,28 år	4,39 år	4,72 år

Tabell 11: Økonomisk oversikt over besparelse (kr) og tilbakebetalingstid for 4,5 MW (rensevannmengde 2050) varmepumpen som leverer fjernvarme, gitt forskjellige renter.

Den eneste driftskostnaden som er med i disse tre regneeksemplene er kun strømbehov til kompressor i varmepumpe multiplisert med en strømpris på 1,1 kr/kwh.

12.2.3 Fjernvarmesalg og tilbakebetalingstid

Prisen som renseanlegget kan selge fjernvarmen sin for til nettet (kr/kWh) har innflytelse på tilbakebetalingstiden, samt hvor mange timer om året de kan selge fjernvarme.

Det er estimert en tilbakebetalingstid på varmepumpeinvesteringen på, gitt:

- Driftstimer levert fra varmepumpe: 4000 timer
- Årlig energimengde levert (inkludert 10% tap i kompressor)
- Strømpris: 1,1 kr

Formel benyttet for tilbakebetalingstid: $Tilbakebetalingstid = \frac{Investeringskostnad [kr]}{(salg \text{ per år}) [kWh]}$

Disse regneeksemplene viser at økonomien i varmepumpeinvesteringen avhenger mye av hvor mange timer man får levert fjernvarme og til hvilken pris man kan selge varmen for.

Det er også verdt å nevne at den gitte investeringen heller ikke inkluderer rørarbeider, vekslere, pumper osv.

I Lovdata § 5-5.(Pris), står det at vederlag for fjernvarme kan beregnes i form av tilknytningsavgift, fast årlig avgift og pris for bruk av varme. Prisen for fjernvarme skal ikke overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde.

For en eventuell tilkobling til Drammen Fjernvarmes (DF) fjernvarmenett og levering av varme til deres forbrukere, vil renseanlegget bli nødt til å selge sin varme til en lavere pris per kWh enn DF selger sin varme for, for at DF skal kunne tjene penger.

Det er benyttet 0,8 kr/kWh som salgpris, men dette er kun konservative erfaringstall. Salgsprisen varierer gjennom året.

Det er blitt nevnt i samtale med ansatte hos Drammen Fjernvarme at DF planlegger utbygging av fjernvarmenett i nærheten av Gilhus.

13. Referanser

Ericson, T., Fidje, A., Fonnøløp, J., Langseth, B., Magnussen, I., Rode, W. W., & Saugen, B. (2016). *Varmepumper i energisystemet*. NVE.