

MOVAR IKS

ENERGINØYTRALITET – NYE FUGLEVIK RA

ADRESSE COWI AS

Kobberslagerstredet 2
Kråkerøy
Postboks 123
1601 Fredrikstad

TLF +47 02694

WWW cowi.no

INNHold

1	Innledning	2
2	Forutsetninger	2
3	Effekt- og energibehov	4
3.1	VVS-systemer	4
3.2	Prosessbehov	4
4	Effektpotensiale ved Fuglevik RA	6
4.1	Biogass	6
4.2	Mikrogassturbiner	6
4.3	Blåseluftgjenvinning	6
4.4	Varmepumpe på rensed avløpsvann	7
4.5	Varmegjenvinning spillvarme	7
4.6	Solceller	7
4.7	Videre slambehandling	8
4.8	ORC	8
5	Systemløsning	9
5.1	Termisk effektbalanse 2040 uten VP og pyrolyse	9
5.2	Systemløsning med varmpumpe	10
5.3	Elektrisk effektbalanse 2040	12
5.4	Total energibalanse med VP, uten pyrolyse	13
5.5	Energibalanse med pyrolyse og eksport av termisk energi	14
5.6	Olje- og gasskjeler	15
6	Oppsummering	16

OPPDRAGSNR.

A207440

DOKUMENTNR.

60-NOT-643

VERSJON

2.0

UTGIVELSESDATO

12.12.24

BESKRIVELSE

Energinotat

UTARBEIDET

Christen A. Langø

KONTROLLERT

Erik Johannessen
Tom Grunde
Garshol

GODKJENT

H. Vebjørn Kristoffersen

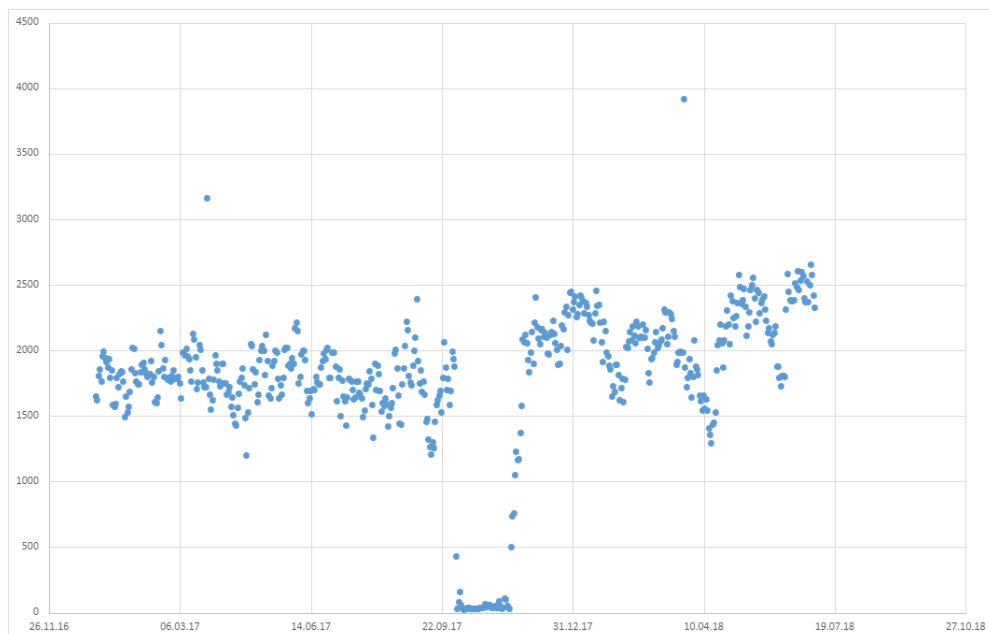
1 Innledning

I nytt avløpsdirektiv som ble godkjent i EU er det fokus på nasjonal energinøytralitet for avløpsrensplanlegg. Medlemsstatene skal sikre at den totale årlige energien fra fornybare kilder generert på eller utenfor avløpsrensplanlegget på vegne av eierne eller operatørene av avløpsrensplanlegg som behandler en belastning på 10 000 pe og mer, og uavhengig av om denne energien brukes på eller utenfor rennsplanlegget av deres eiere eller operatører, tilsvarer minst: 20% innen 31.12.2030, 40% innen 31.12.2035, 70% innen 31.12.2040 og 100% innen 31.12.2045. Dersom alle andre mulige tiltak er iverksatt er det mulighet for å kjøpe opp til 35% fornybar energi. Det er per d.d. ikke avklart om eksport av energi kan regnes positivt på energidekningen.

Denne rapporten har som formål å kartlegge effektbehovet ved Fuglevik rennsplanlegg (FRA), samt å identifisere energi- og effektpotensialet, for å belyse hvordan FRA ligger i forhold til energinøytralitetskravet. Det er sett på internt behov og utnyttelse/gjenvinning for å dekke dette behovet. Tallene som er benyttet er hovedsakelig for 2040, med sammenligninger til 2028 og 2056.

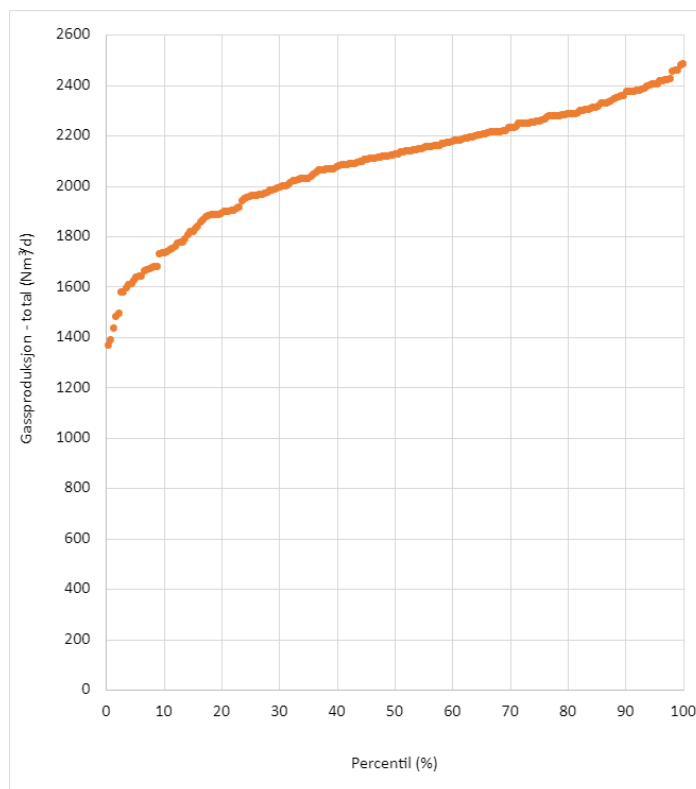
2 Forutsetninger

I energiberegningene i dette notatet er det forutsatt jevn flow med midlere slammengder og 80% nitrogenfjerning. I praksis vil gassproduksjon variere som vist i Figur 1. Her fremstilles gassproduksjon per døgn i 2017 og 2018 på FRA, med en nedetid mot slutten av 2017.



Figur 1: Eksempel på gassproduksjon [Nm^3/d], hentet fra FRA.

De samme tallene er fremstilt som et varighetsdiagram i Figur 2, uten ekstremverdier. Her kan en se at produksjonen varierer ca. 25% opp og ned fra gjennomsnittet.



Figur 2: Gassproduksjon for FRA i 2017 og 2018 fremstilt som et varighetsdiagram uten ekstremverdier.

Det er forutsatt at de to eksisterende 65kW mikrogassturbinene benyttes, mens resterende biogass forbrennes i nye mikrogassturbin(er).

Ettersom det er flere muligheter for gjenvinning og leveranse av varme med forskjellige temperaturer til varmeanlegget ved forskjellige lokasjoner anses det som gunstig med akkumuleringstanker. Dette vil jevne ut leveranse og virke besparende på antall rørmeter for varme som skal fordeles på FRA. Det forutsettes dermed en akkumuleringstank i PWR-NORD og en i BIO-NORD, som vil fordele varme til nærliggende forbrukere.

Varmeanlegget vil operere med lave temperaturer til radiatorer/takpaneler/gulvvarme og ventilasjonsaggregater. Dette i sammenheng med akkumulatortanker muliggjør varmegjenvinning på et lavere temperaturnivå enn et tradisjonelt varmesystem med høyere systemtemperatur.

For settpunktstemperatur i prosessområder legges det til grunn 10°C romtemperatur i kalde perioder for å spare energi. I unntakssituasjonen hvor biogass faller ut, vil settpunkt i prosessområder være 5°C.

Det legges til grunn nattsenkning på tilluft og rent avtrekk. Det vil si at tilluften reduseres med 40% i 12 timer, og at det rene avtrekket reduseres tilsvarende.

3 Effekt- og energibehov

Det termiske energi- og effektbehovet ved FRA består av varme til VVS-systemer og til prosess. Elektrisk behov består hovedsakelig av prosessbehov, men også drift av andre bygningstekniske installasjoner.

3.1 VVS-systemer

Spisseeffekter for romoppvarming er basert på varmebehovsberegninger for hvert bygg. For luftoppvarming er det brukt aggregatkjøring fra leverandører og forutsatt tilluftstemperatur på 10°C i prosess, mens 20°C i andre områder. For spyleposter er det antatt et behov på 60 kW. Snøsmelteanlegg vil kreve ca. 300 W/m² fra lavtemperaturvarme, men vil ikke operere på de kaldeste dagene i året. Dette resulterer i følgende termiske spisseeffekter for FRA:

Tabell 1: Spisseeffekter for VVS-relatert oppvarming.

	Effekt [kW]
Luftoppvarming	613
Romoppvarming	420
Spyleposter	60

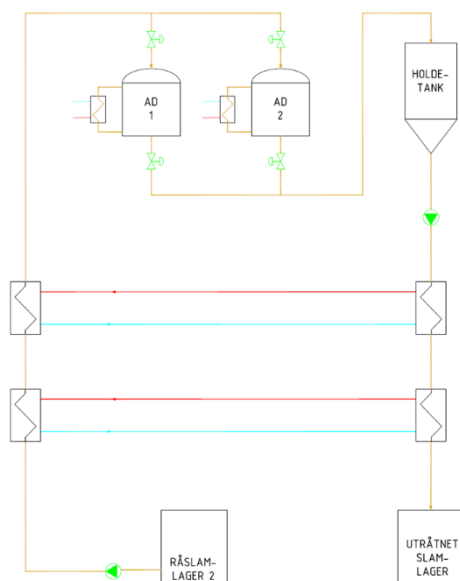
For elektriske effektbehov til er det tatt utgangspunkt i kjøring på aggregater, samt erfaringstall. Ventilasjonsdriften er estimert til 215kW ved normaldrift, mens ved nattsinking er det estimert 175kW. Forenklet settes behovet til 200kW døgnet rundt for videre beregninger. Varmepumpen har en spisseeffekt som vist i tabellen, men effekten reduseres med antatt bruk gjennom året.

Tabell 2: Effekter for VVS-relatert elektriske forbrukere.

	Effekt [kW]
Ventilasjonsdrift	200
VVB + pumpedrift	80
Varmepumpedrift	75

3.2 Prosessbehov

For termofil utråtning varmes slammet opp til 57 °C som vist i Figur 3. Dette oppnås hovedsakelig gjennom en varmeveksling mot det utråtnede slammet, men det er behov for støttevarme fra varmesystemet.



Figur 3: Prinsippskisse for termofil utråtning.

Det er estimert at for å løfte temperaturen til termofil utråtning vil det kreve effektene som vist i tabellen.

Tabell 3: Effektbehov til støttevarme.

	Effekt [kW] 2040	Effekt [kW] 2056
Støttevarme	220	300

Videre har COWI estimert elektrisitetsbehovet basert på tilbakemelding fra Krüger, samt vurdering av samtidighet på utstyr. Det er også gjort estimat på besparelse for HUBGRADE. HUBGRADE er et styringssystem som har som formål å spare elektrisk energiforbruk og kostnad i forbindelse med prosess. Det er presentert to «pakker» for MOVAR: starter og extended, som hver har ulik forventet besparelse på elektrisitetsforbruket. Effektbehovet for prosess er vist i Tabell 4 for hhv. 2040 og 2056.

Tabell 4: Elektrisk effektbehov til prosessutstyr, inkludert HUBGRADE.

	Effekt [kW] 2040	Effekt [kW] 2056
Prosessbehov uten HUBGRADE	612	649
Behov med HUBGRADE med starter-pakke	559	589
Behov med HUBGRADE extended-pakke	496	521

4 Effektpotensiale ved Fuglevik RA

I de etterfølgende delkapitlene vurderes effektpotensiale for biogass, mikrogassturbiner, blåseluftgjenvinning, varmepumpe og solceller.

4.1 Biogass

For biogassproduksjonen er det antatt en nedbrytning av VS med termofil utråtning på 60% i de første årene ettersom det vil være høy oppholdstid på slammet. Det er også lagt til grunn et VS/TS forhold på 80% med spesifikk gassproduksjon på 280 m³ CH₄/tonn VS. Det er videre antatt at slambehandlingen suppleres med annen teknologi som gir høyere nedbrytning. Med disse forutsetningene er antatt effektpotensial vist i Tabell 5. Overskudd av gass som ikke kan utnyttes brennes i fakkell.

Tabell 5: Energi og effekt fra biogass.

	Slammengde Tonn TS/år	Effekt [kW]
2040	2 635	923
2056	3 235	1080

4.2 Mikrogassturbiner

Det er installert to 65kW mikrogassturbiner på dagens anlegg og med biogassmengdene som er forventet ved nye Fuglevik RA ved oppstart vil det være behov for ytterligere to til, eller én større. Senere kan det være aktuelt å installere ytterligere gassturbiner. Disse vil avgi effekt som vist i Tabell 6.

Tabell 6: Effektpotensiale fra mikrogassturbiner.

	Forbrent biogass [kW]	Termisk effekt [kW]	Elektrisk effekt [kW]
2040	923	462	289
2056	1080	540	333

4.3 Blåseluftgjenvinning

Det er forutsatt at blåseluften ved Fuglevik RA skal hentes utenfra. Dette medfører en forventet besparelse på 7% i elektrisk energi, men vil også minske det termiske gjenvinningspotensialet noe. For MBR er innblåsing på ca. 3m, og det anses ikke som gunstig å gjenvinne energi fra blåseluften. For IFAS + AN/AE derimot er bassengdybden 7m og det forutsettes gjenvinning fra disse blåsemaskinene.

Når blåseluften hentes utenfra vil det termiske gjenvinningspotensialet være avhengig av utetemperaturen. Potensialet vil også være avhengig av driftsmønsteret og mengde luft som tilføres bassengene. Dette fører til effektpotensialet i tabellen under, med høyest potensial på de varmeste dagene.

Tabell 7: Effektpotensiale i blåseluftgjenvinning.

	Effekt [kW]
2040	120-230

4.4 Varmepumpe på rensed avløpsvann

Det er en mulighet å installere varmpumpe (VP) på rensed avløpsvann for å redusere spisslastbehov og energiunderskudd. Leverandør anslår en virkningsgrad (COP) på ca. 4 avhengig av ønsket temperatur. Det vil si at det er behov for én del elektrisk effekt for å få levert fire deler termisk effekt. En systemløsning med VP er diskutert nærmere i kap. 5.2.

4.5 Varmegjenvinning spillvarme

Det legges opp til forskjellige løsninger for å gjenvinne spillvarme på FRA. Blant annet settes det avtrekk på blåsemaskiner i BIO som trekker av varm luft som gjenvinnes mot kjølig inntak i aggregatet. For turbiner og oppgraderingsenheter i PWR er det forventet spillvarme på ca. 80kW som ventileres bort og veksles i en luft/vann-veksler til varmesystemet eller føres direkte til roterende gjenvinner i aggregat for INN.

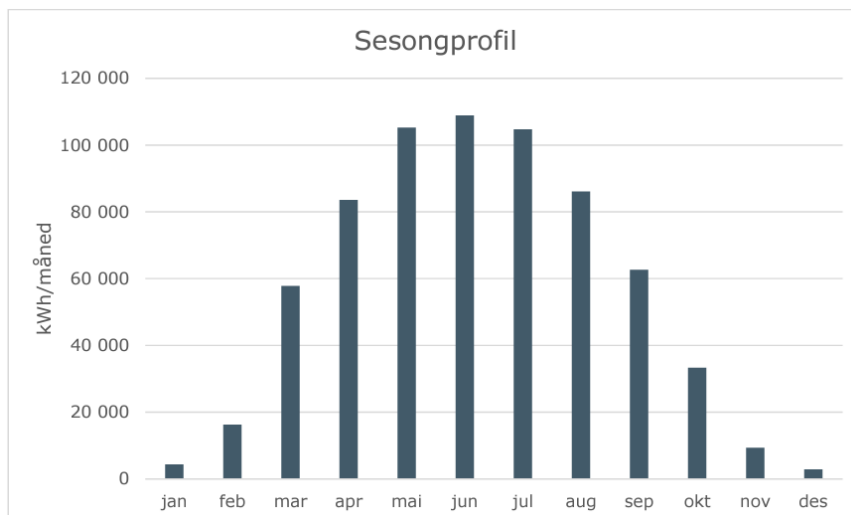
4.6 Solceller

Det skal installeres solceller på store deler av takflatene på anlegget. Forventet elektrisk energi fra solceller er simulert i PVSyst og fordelt på nye- og eksisterende bygningsmasser som vist i Tabell 8.

Tabell 8: Simulerte verdier for solcelleanlegg på FRA.

	Nybygg	Eksisterende
Installert effekt	472 kWp	241 kWp
Spesifikk ytelse	955 kWh/kWp/år	929 kWh/kWp/år
Elektrisk energi	451 MWh	224 MWh

Solcellene plasseres fortrinnsvis mot sør der takflatene muliggjør det, mens resterende plasseres mot vest. Forventet høsting vil gi en sesongprofil som vist under i Figur 4.



Figur 4: Simulert sesongprofil for solcelleanlegg på FRA.

4.7 Videre slambehandling

Det er besluttet et videre slambehandlingstrinn i renseprosessen for FRA. For denne rapporten er det brukt pyrolyse som eksempel. En autotermisk pyrolyse som opererer mot utråtnet slam vil kunne gi effektene som vist i Tabell 9. Det er tenkt at en pyrolyseenhet enten kan plasseres på FRA eller på Solgård. På Solgård er det nærhet til fjernvarme som mulig eksport, mens på FRA kan det mulig være aktuelt med eksport til nærliggende gartnerier. Dette er diskutert nærmere i kap. 5.5.

Tabell 9: Effekter for ATP, + tilsvarer overskudd mens - betyr forbruk.

	Termisk effekt [kW]	Elektrisk effekt [kW]
2040	+400	-45
2056	+470	-45

4.8 ORC

Organic Rankine Cycle (ORC) kan betraktes som en omvendt varmepumpe som konverterer termisk energi til elektrisk energi. Tidligere har det vært en utfordring med behov for høyere temperaturer, men nå opererer ORC ned mot 85°C¹. Med en spillvarmekilde på FRA som eksempelvis ATP som kontinuerlig leverer høy temperatur, kan denne kombineres med en ORC for å levere elektrisk energi. ORC er ikke vurdert på nåværende tidspunkt, men kan bli aktuelt avhengig av neste slambehandlingstrinn.

¹ <https://www.durr.com/en/media/news/news-detail/view/new-orc-module-converts-low-temperature-waste-heat-into-green-electricity-87486>

5 Systemløsning

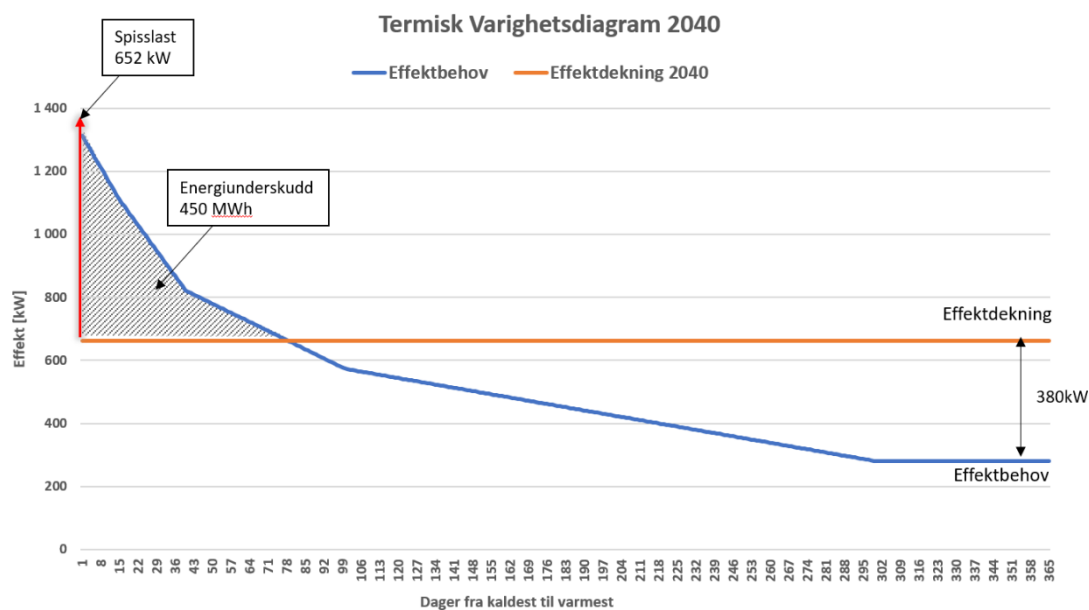
5.1 Termisk effektbalanse 2040 uten VP og pyrolyse

Tallene fra de tidligere kapitlene er oppsummert i Tabell 10 nedenfor for 2040. Effektbehovene består av systemer som har behov for effekt og er vist for den kaldeste dagen i året, mens dekningen viser systemene som tilfører varmeanlegget termisk effekt. Spisslasten tilsvarer differansen mellom effektbehov og effektdekning på den kaldeste dagen i året og dekkes av fornybar bioolje. Det forutsettes at all biogass forbrennes i mikrogassturbinene, og det termiske bidraget fremkommer av tabellen.

Tabell 10: Termiske spisseffekter for 2040 uten videregående slambehandling og VP.

	Effektbehov [kW]	Effektdekning [kW]
Luftoppvarming	613	
Oppvarming	420	
Spyleposter	60	
Slambehandling	220	
Gjenvinning spillvarme		50
Blåseluftgjenvinning		150
Mikrogassturbiner		462
Spisslast		652
Sum	1 313	1 313

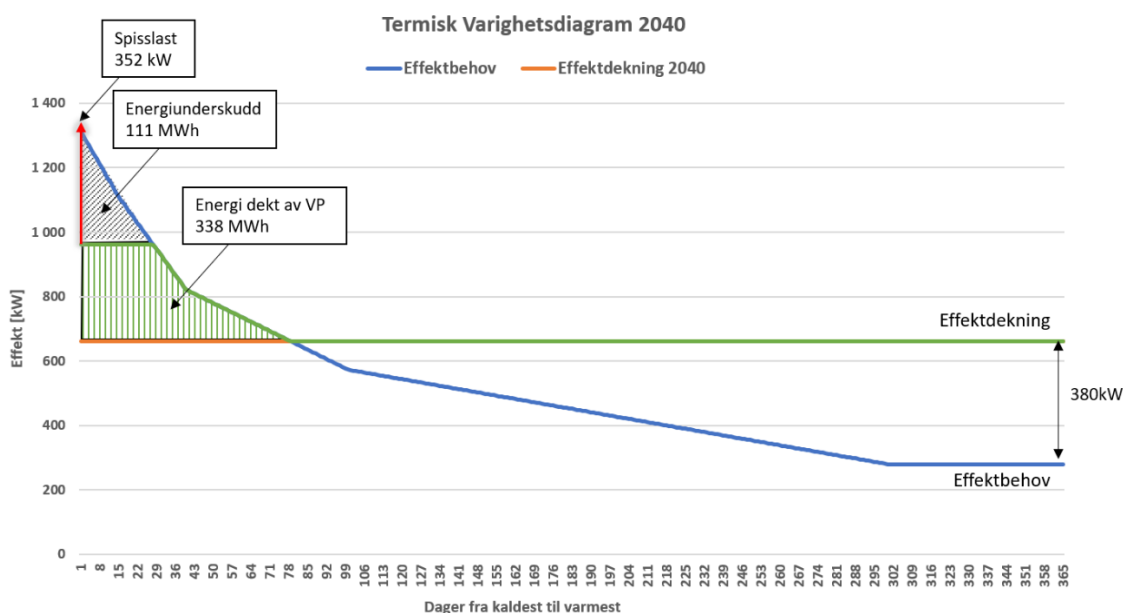
Effektene fra Tabell 10 er fremstilt i et varighetsdiagram som viser effektbehov og effektdekning fra størst til minst behov. Figur 5 viser hvordan forbruket varierer med temperaturen, mens effektdekningen er antatt stabil. Effektbehovlinjen som viser årsvariasjonen er konstruert basert på erfaringstall for lignende renseanlegg. Varighetsdiagrammet estimerer at det er termisk overskudd for mesteparten av året, mens det på de kaldeste dagene er behov for spisslast.



Figur 5: Varighetsdiagram for effektbehov og -dekning for 2040.

5.2 Systemløsning med varmepumpe

For å redusere energiunderskuddet og spisslasten for de kaldeste dagene i året er et alternativ å installere varmepumpe (VP) på rensed avløpsvann. I Figur 6 er det vist hvordan balansen ser ut med opptil 300kW bidrag fra VP i 2040. Grunnen til at VP ikke er estimert for å dekke hele spisslastbehovet er grunnet at temperaturen som den kan oppnå ikke dekker forbrukerne med høyest temperaturbehov. Spisslastbehovet reduseres med 300kW og det er estimert at VP kan dekke ca. 2/3 av energiunderskuddet i oppstart 2028.



Figur 6: Termisk varighetsdiagram for effektbehov og -dekning for 2040.

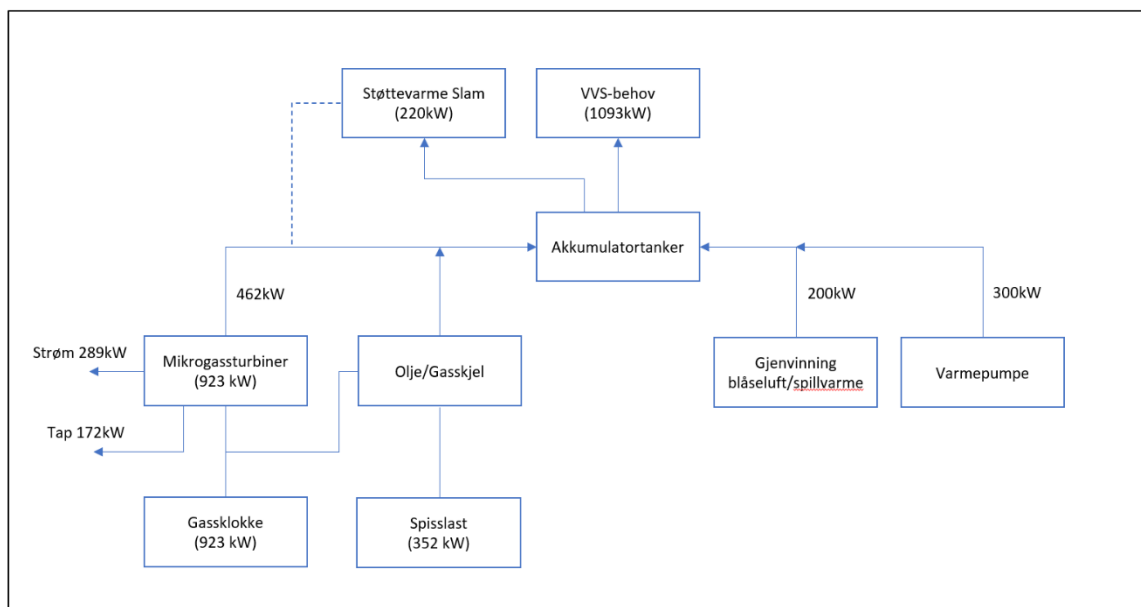
For å se på lønnsomheten knyttet til VP er det innhentet informasjon fra leverandør og gjort forutsetninger for installasjon i 2028:

- > COP for VP lik 4
- > Levert energi fra VP: 430MWh (fra 2028)
- > Energipris strøm vinter: 2kr/kWh
- > Energipris for alternativ spisslast: 1,5kr/kWh
- > Pris på VP med varmeveksler: 2 MNOK
- > Drift og vedlikehold: 2% av investering
- > Diskonteringsrate: 5%
- > Platevarmeveksler mot rensed avløpsvann

Disse forutsetningene gir en tilbakebetalingsperiode for VP på ca. 6 år. Det er også mulig at varmpumpen kan bidra som spisslast når neste slambehandlingstrinn kommer inn, avhengig av hvordan effektflyten blir seende ut.

Termisk flytskjema

I Figur 7 er et flytskjema for driftssituasjonen i 2040 illustrert med VP. Varme fra de forskjellige prosessene/gjenvinningene leveres til akkumulatortanker som distribuerer varme med tilpasset temperatur til forbrukere. Det er tegnet bypass fra mikrogassturbinene til støttevarme for slam, slik at dette kan gå utenom akkumulatortanken.



Figur 7: Flytskjema som illustrerer effektflyten for 2040 med VP og uten pyrolyse.

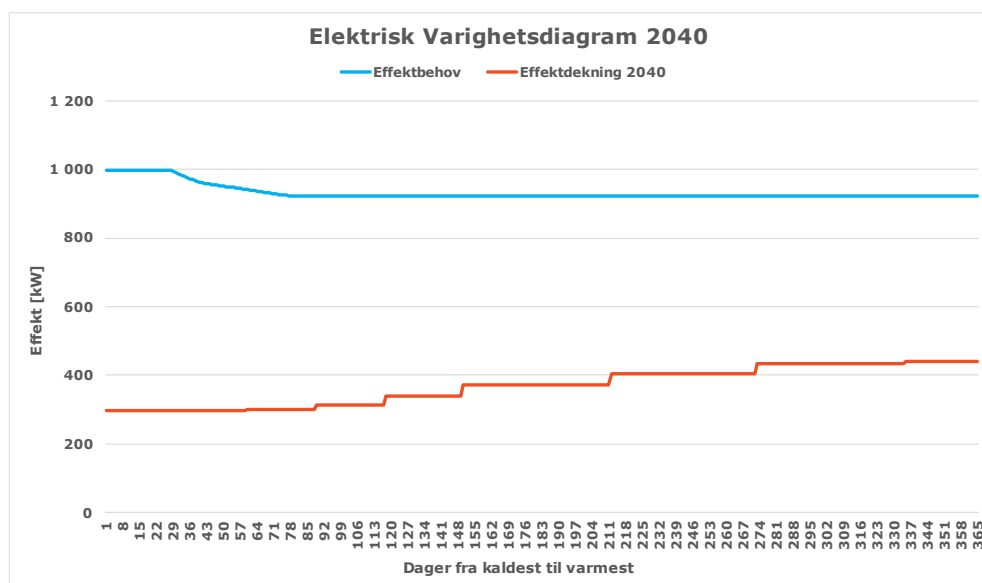
5.3 Elektrisk effektbalanse 2040

Tallene fra de tidligere kapitlene er oppsummert i Tabell 11 nedenfor for 2040. Effektbehovene består av systemer som har behov for effekt mens dekningen viser systemene som tilfører elektrisk effekt. Solceller er vist med 700kW som tilsvarer det solcellene maksimalt leverer med størst solinnstråling. Tallet for ventilasjon består hovedsakelig av viftedrift for å drive ventilasjonsanleggene.

Tabell 11: Elektriske spisseffekter for 2040 med VP, uten pyrolyse.

	Effektbehov [kW]	Effektdekning [kW]
Ventilasjon	200	
Prosess	612	
Pumper varmeanlegg	30	
Lys	30	
Solceller		700
Varmepumpe	75	
VVB	50	
Mikrogassturbiner		289
Sum	997	989

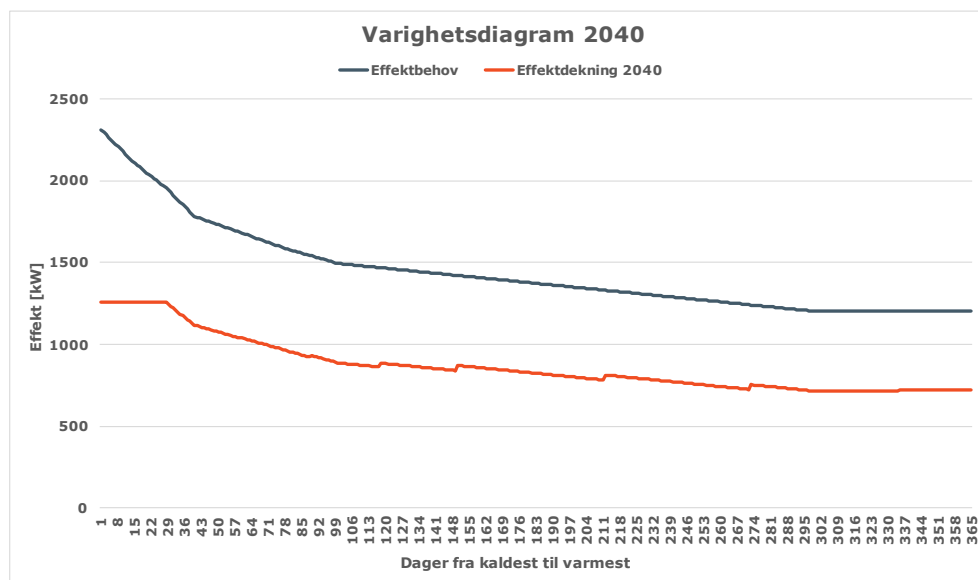
Effektene fra Tabell 11 er fremstilt i et varighetsdiagram som viser effektbehov og effektdekning. Figur 8 viser hvordan effektdekningen varierer med solinnstrålingen, mens forbruket er antatt stabilt. Effekten for solstråling er misvisende i form av at effekten når solen stråler vil være høyere enn det som er vist, men diagrammet er delt inn i døgn, og dermed vil det være store deler av døgn uten sol. Varighetsdiagrammet estimerer at det er stort elektrisk underskudd hele året som utgjør ca. 5 000 MWh.



Figur 8: Elektrisk varighetsdiagram med effektbehov og effektdekning for 2040.

5.4 Total energibalanse med VP, uten pyrolyse

For å se på total energibalanse er det laget varighetsdiagram som sammenstiller det termiske og det elektriske varighetsdiagrammet. Overskuddsenergi som ikke utnyttes er ikke tatt med. Dette er vist i Figur 9, og det samlede energiunderskuddet er ca. 5 100 MWh. Dette må dekkes hovedsakelig av strøm fra nettet som nevnt i 5.3.



Figur 9: Sammenstilt varighetsdiagram for total energibalanse med VP, uten pyrolyse for 2040.

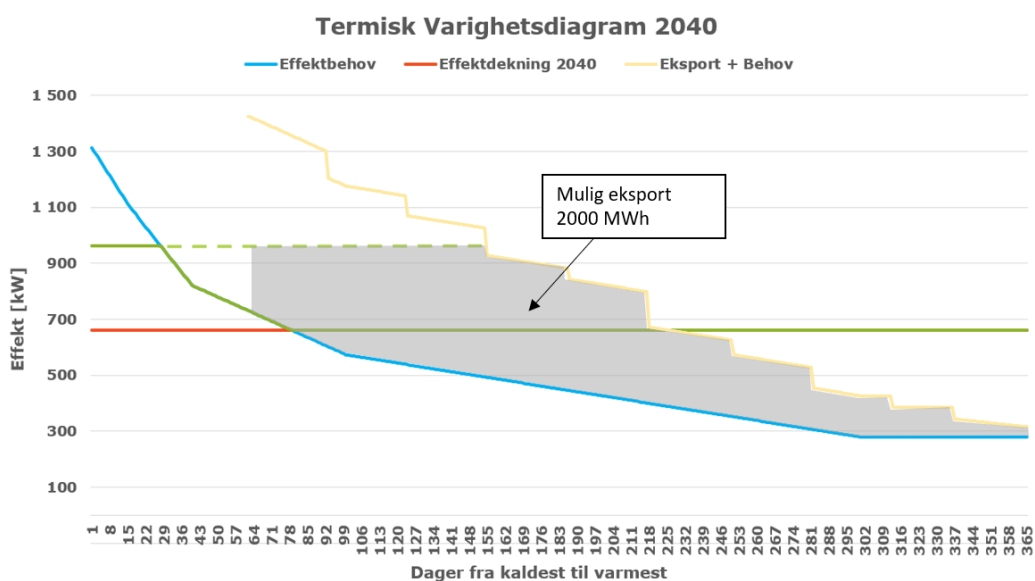
Tallene bak diagrammet sammenlignes med tallene for 2028 og 2056 i Tabell 12. Det er også vist hvordan energidekningen ser ut med HUBGRADE extended-pakke.

Tabell 12: Oversikt over energiforbruk og dekning for 2028, 2040 og 2056.

	2028	2040	2056
Totalt energiforbruk	12 400 MWh	12 700 MWh	13 700 MWh
Energidekning	7 200 MWh	7 600 MWh	8 700 MWh
Prosentvis dekning	58 %	60 %	63 %
Energiforbruk med HUBGRADE extended-pakke	11 300 MWh	11 600 MWh	12 600 MWh
Prosentvis dekning	63 %	65 %	69 %

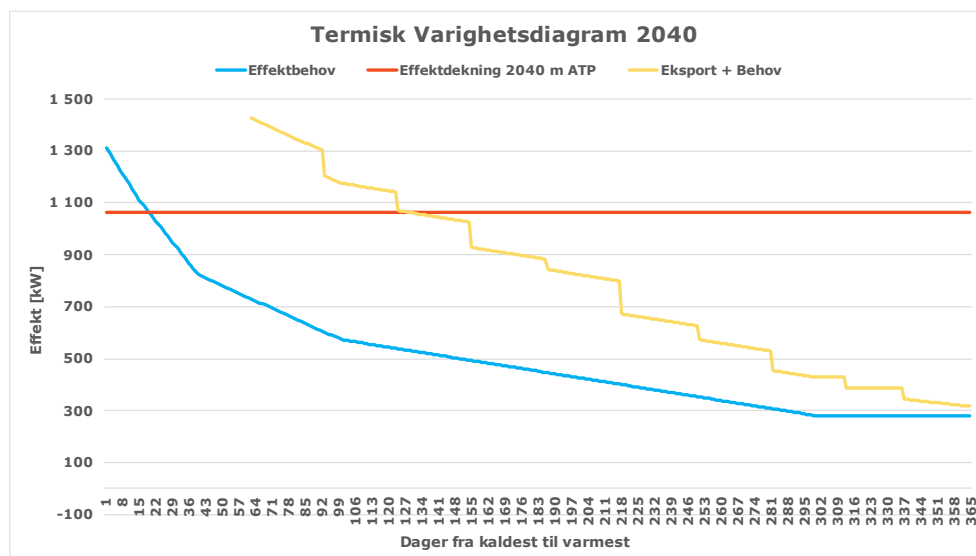
5.5 Energibalanse med pyrolyse og eksport av termisk energi

Det er tidligere hatt samtaler med nærliggende gartnerier om termisk forbruk for å vurdere muligheter for eksport. Fra tilbakemeldingen er det gjort grove beregninger basert på årlig temperatursvingninger og estimert mulig eksportmuligheter. Drift er oppgitt fra mars til november. Dersom temperaturen er høy nok til å eksportere er det vist i Figur 10 hvilken energimengde som kan eksporteres. Den stiplede grønne linjen tilsvarer energi levert fra VP, mens området mellom den blå og gule linjen er energibehovet til gartneriet. Det skraverte området viser mulig eksportmengde gitt disse forutsetningene i 2040.



Figur 10: Termisk varighetsdiagram med mulig eksportmengde til gartneri ved VP.

Som nevnt i avsnitt 4.7 er en mulig videre slambehandling autotermisk pyrolyse (ATP) på utråtnet slam. Dersom pyrolyseenheten plasseres på FRA vil det være aktuelt at den erstatter VP og kan eksportere til gartnerier. Varighetsdiagram for dette scenarionet er vist i Figur 11.



Figur 11: Termisk varighetsdiagram for ATP plassert på FRA med eksport til gartneri.

Det er vist energibalanse for ATP, plassert både på FRA og Solgård, sammen med eksport til gartneriene ved hjelp av VP for 2040 i Tabell 13. For alternativet med ATP plassert på Solgård er det antatt at alt overskudd kan utnyttes.

Tabell 13: Energibalanse med eksport og ATP i 2040.

	Eksport med VP	ATP på Solgård	ATP på FRA u VP
Totalt energiforbruk	12 900 MWh	13 000 MWh	13 000 MWh
Energidekning + eksport/ATP	9 700 MWh	11 100 MWh	10 000 MWh
Prosentvis dekning	75 %	85 %	77 %

5.6 Olje- og gasskjeler

Når det gjelder anskaffelse av olje- og gasskjeler anses det som fornuftig å ta ut minst to kjeler som dekker 100% av effektbehovet ved utfall av biogass. Dersom biogassen faller ut er det behov for ca. 1 MW spisslast hvis VP er installert.

På Fuglevik er det i dag en ny 500kW gasskjel. Ettersom målet er å forbrenne all biogass i turbinene for å produsere mest mulig strøm, anses det som fornuftig å ha to kombikjeler. Dermed anbefales det å installere to nye 1000kW olje- og gasskjeler.

6 Oppsummering

Det er sett på effektbalanse for driftssituasjoner i 2040 med alternativ energiutnyttelse. Det er estimert store termiske overskudd på den varme delen av året, mens det er underskudd på de kaldeste dagene. Varighetsdiagrammet for elektrisk energi viser store underskudd hele året grunnet store prosessbehov.

Gjenvinning av blåseluft som er en relativt liten investering er et godt alternativ til å bidra til å redusere underskudd og behov for spisslast på vinterstid. Bruk av varmpumpe med rensset avløpsvann som energikilde gir en tilbakebetalingstid på ca. 6 år. I tillegg utgjør varmpumpe en sikkerhet dersom andre energikilder skulle falle fra. Det er derfor anbefalt å installere varmpumpe.

For olje- og gasskjeler anbefales det å anskaffe to nye 1000kW olje- og gass kombikjeler.

I forbindelse med kravet om energinøytralitet viser de totale energibalansene at energidekningen er estimert til ca. 60% av behovet uten videre slambehandling i 2040, med økning på ca. 5% ved implementering av HUBGRADE extended-pakke. Ved 65% er FRA innenfor kravet ved kjøp av 35% fornybar energi. Dersom det kan etableres en eksport til gartnerier, viser grove beregninger en økning av energidekningen til 75% i 2040 med VP, mens 77% med ATP. Dette er forutsatt at eksporten vil bidra positivt på energidekningen. Med en ATP-enhet plassert på Solgård som kan eksportere overskuddsvarmen er energidekningen forventet å øke til 85%. Disse tallene må revurderes på senere tidspunkt dersom det kommer avklaringer for energi som eksporteres.