

2019:00802 - Åpen

Rapport

Muligheter for å utnytte lavtemperatur spillvarme fra prosessindustrien i Grenland

Analyse av muligheter og bruksområder for lavtemperatur spillvarme.
"Grønne bærekraftige sommerjobber 2019"

Forfatter(e)

Sigmund Langedal Breivik
Daniel Andreas Monsen Gløsen



Rapport

Muligheter for å utnytte lavtemperatur spillvarme fra prosessindustrien i Grenland

EMNEORD:
Lavtemperatur
spillvarme
Prosessindustri i
Grenland
Fjernvarme

VERSJON
2

DATO
2019-08-30

FORFATTER(E)
Sigmund Langedal Breivik
Daniel Andreas Monsen Gløsen

OPPDRAGSGIVER(E)
SINTEF "Grønne bærekraftige sommerjobber"

OPPDRAGSGIVERS REF.
Oppdragsgivers referanse

PROSJEKTNR
102017118-2

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
14+ vedlegg

SAMMENDRAG

Lavtemperatur spillvarme, fra 20 °C til 200 °C, er det mye av i norsk prosessindustri, men det utnyttes lite. Denne rapporten har kartlagt mulighetene for bruk av slik spillvarme fra prosessindustrien i Grenland.

Lavtemperatur spillvarme kan brukes til oppvarming av drivhus, tørking av produkter og i meieriprosesser. Hovedproblemet som oppstår når man ser på disse mulighetene er at legging av rør til eventuelle slike næringer er en stor investering.

Spillvarmen kan oppgraderes med varmepumper til mer verdifull og brukervennlig varme. Det finnes flere høytemperatures varmepumper på markedet og flere norske bedrifter har begynt å bruke de. Produksjon av strøm er også mulig med lavtemperert spillvarme.

Fjernvarmenettet til Skagerak varme kan benytte seg av varme på over 80 °C. Det kan være at dette kravet blir lavere etter hvert med bedre varmevekslerteknologi installert hos fjernvarmekundene. Akkumulering av varmt vann er en måte å lagre energien på og å sikre leveranse til fjernvarmenettet også når spillvarmeleveransen ikke er der.

UTARBEIDET AV
Sigmund Langedal Breivik

SIGNATUR



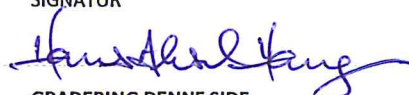
KONTROLLERT AV
Kristian Aas

SIGNATUR



GODKJENT AV
Hans Aksel Haugen

SIGNATUR



RAPPORTNR
2019:00802

ISBN
978-82-14-06386-8

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
2	2019-08-30	Endelig rapport
1	2019-08-02	Rapporten er skrevet, av studenter, som en del av SINTEFs "Grønne Bærekraftige Sommerjobber"-program gjennom et åtte ukers langt prosjekt hos SINTEF Tel-Tek i Porsgrunn.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Industriell spillvarme	5
2.1	Kort om kvaliteten på spillvarme	5
2.2	Lavtemperert spillvarme	5
3	Bruksområder for lavtemperatur spillvarme	5
3.1	Veksthus	6
4	Oppgradering av lavtemperatur spillvarme	6
4.1	SPP Hightlift fra Olvondo.....	7
4.2	Valg av varmepumpe	7
5	Varme til strøm	7
5.1	Organisk Rankinesyklus - ORC.....	8
5.2	Climeons Organiske Rankinesyklus	8
5.3	Kalinasyklus.....	10
6	Vannforbruk i Herøya Industripark	10
6.1	Eksempel på spillvarme - Inovyn.....	10
7	Transport av spillvann fra Herøya	10
7.1	Varmetap i rør.....	10
7.2	Kostnader på rørlegging.....	11
8	Skagerak Varme	11
8.1	Levere fjernvarme fra Porsgrunn til Skien.....	11
8.2	Akkumulator for spillvarme	12
9	Konklusjon	13
10	Takk	13
11	Referanser	14
	Vedlegg A – Prosesser og deres nødvendige temperaturområder	17

1 Innledning

Det er økt interesse rundt utnyttelse av spillvarme fra industrien. Både for å kutte ned på bruk av kjølevann og for å effektivisere bruken av energi. En stor del av denne spillvarmen har lave temperaturer og er dermed vanskeligere å utnytte. Denne rapporten vil se på muligheter for bruk og utnyttelse av denne energikilden fra prosessindustrien i Grenland. Muligheter som veksthus, strømgenerering og fjernvarme skal undersøkes, og også hva som er kriteriene for at disse mulighetene kan utnyttes. Selskapet Inovyn på Rafnes vil brukes som eksempel på spillvarmekilde.

2 Industriell spillvarme

Industriell spillvarme er energi som blir produsert i industrielle prosesser og som ikke blir brukt til noe og dermed går tapt i omgivelsene. For eksempel kan varmen overføres til kjølevann som kjøler ned prosessene og deretter sluppet ut i sjøen, eller blir sluppet gjennom pipa med avgasser. Mengden spillvarme i industrien er svært stor. Enova gir derfor støtte til prosjekter som omhandler spillvarmeutnyttelse i industrien. [1]

2.1 Kort om kvaliteten på spillvarme

Ved evaluering av en spillvarmekilde er det viktig å fastslå kvaliteten og kvantiteten for å kunne vurdere mulighetene for utnyttelse. Det viktigste å undersøke da er temperaturen, ganske enkelt fordi jo høyere den er jo mer energi inneholder spillvarmen. Og tilsvarende er mengden spillvarme viktig, hvor mye kjølevann eller hvor mye gass som kommer per tid.

Tilstanden på varmen er viktig å merke seg, om den er i form av kjølevann eller avgass, eller om den f.eks. bare spres ut i rommet og varmer opp omgivelsene. Dette handler også litt om tilgjengeligheten, kjølevann ut fra ett rør er lettere å bruke enn hvis den renner ut av mange rør på forskjellige steder. Den geografiske avstanden mellom kilden og bruksområdet er også en faktor. Infrastruktur og varmetap under frakt må tas med i kostnadsberegningene. Diffus varme som bare spres ut i rommet er lite tilgjengelig og dermed vanskelig å fange opp. Sammensetningen er også interessant for å unngå f.eks. korrosjon i varmevekslere ved bruk av spillvann. [2]

En spillvarmekilde kan være lett tilgjengelig i en periode, men så stopper f.eks. produksjonen opp og kilden forsvinner. Dette handler om påliteligheten til spillvarmen. Er det en kontinuerlig strøm, eller kommer vannet i puljer og er det ofte avbrudd i produksjonen som gjør at kilden blir borte over lengre perioder? For noen bedrifter kommer spillvarmen i sesong, der det ofte er mye på sommeren og lite på vinteren. En må være klar over at bedrifter ofte ikke vil ha forpliktelser på leveranse av spillvarme fordi det ikke er deres fremste prioritet. Derfor er også fremtiden til industribedriften også viktig å prøve å forestille seg, den kan være usikker og kilden blir dermed tilsvarende usikker. [3]

2.2 Lavtemperert spillvarme

Lavtemperert spillvarme er i denne rapporten en betegnelse som brukes om spillvarme fra rundt 200 °C og ned til 20 °C. Spillvarme på 200 °C er mye mer anvendbar enn den under 100 °C, men dessverre er det sistnevnte som det er mest av i norsk prosessindustri. Siden det er så store mengder av den, utgjør den også store energimengder som kan bli utnyttet. I de neste avsnittene blir forskjellige måter å bruke lavtemperatur spillvarme på diskutert.

3 Bruksområder for lavtemperatur spillvarme

Lavtemperatur spillvarme, altså vann eller luft fra 200 °C til 20 °C kan være en ressurs i industriprosesser eller landbruk. Mye forskjellig matproduksjon skjer på temperaturer rundt 100 °C som for eksempel pasteurisering av melk. Tørring av produkter som tre og murstein skjer på litt over 100 °C og dyrking av planter i drivhus trenger rundt 15-25 °C. [4] [5] Det er vanlig i Norge at varmen fra disse prosessene kommer

fra forbrenning av naturgass. Derfor er det store områder der energi og utslipp kunne blitt kuttet hvis man hadde utnyttet spillvarme fra industri.

En liten oversikt over forskjellige bruksområder og deres temperaturområde kan sees i Tabell 1. Det er viktig å huske på at temperaturen til varmemediet må være høyere enn det prosessen trenger for å oppnå tilstrekkelig varmeoverføring. Større oversikt over forskjellige bruksområder ligger i Vedlegg A.

Tabell 1 Temperaturene som trengs i ulike virksomheter, flere finnes i Vedlegg A

Temperaturområde	Forslag til prosess/virksomhet	Kommentar/Eksempel
150-120 °C	Ultrapasteurisering Tørking	Meieri Tang, pellets, flis, tre
100-80 °C	Pasteurisering	Meieri
80-60 °C	Tørking	Murstein, alger, korn
60-40 °C	Pasteurisering	Øl
40-20 °C	Akvakultur Veksthus (drivhus)	Fiskeoppdrett Tomat, agurk, salat
20-0 °C	Kjøling Snøsmelting	Prosesser i industri Undervarme i gata eller fotballbane

3.1 Veksthus

I Norge dyrkes det tomater, agurk og salat i veksthus. Det dyrkes også mange forskjellige blomster. Temperaturen inne i veksthuset er fra 15-25 °C hele året.

Energibehovet i veksthus, eller drivhus som det også heter, er stor og det er særlig på vinteren at veksthusene krever varme. Generelt sett krever de 350 kWh/m² varmetilførsel i året som i hovedsak kommer fra vannbåren varme i rør. I mange veksthus holder dette vannet en temperatur på rundt 80 °C, det er avhengig av utetemperatur. Ved annen oppvarming, for eksempel vifter som blåser varmen inn i veksthusene, kan man bruke lavere temperaturer på oppvarmingsmediet. Dette er noe som kan bli vanligere.

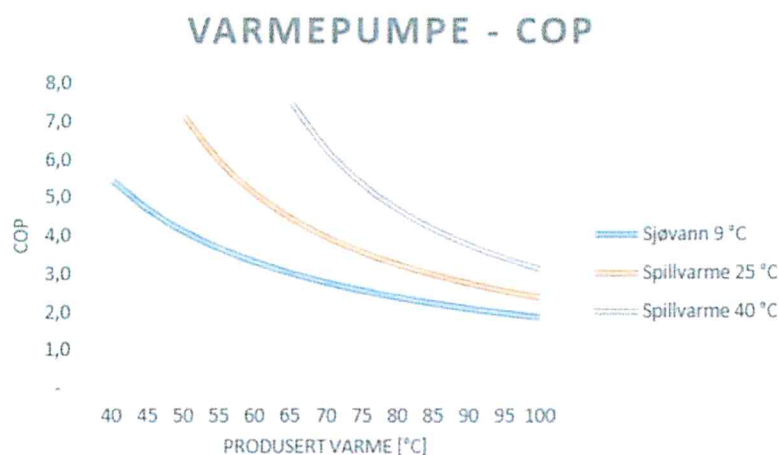
Nå til dags brukes det stort sett høytrykks natriumlamper til belysning i veksthusene. Disse gir også mye varme, noe som ikke nødvendigvis er en ulempe. Men det kan kanskje bli lønnsomt å bytte til LED-lamper i fremtiden og skaffe varmen annenstedsfra. Derfor kan spillvarme kunne bli mer aktuelt som oppvarming. [5]

4 Oppgradering av lavtemperatur spillvarme

Varmepumpen utnytter den allerede eksisterende energien i luft eller vann med én temperatur til å levere luft eller vann med høyere temperatur. Den leverer også kald luft/vann som også er ressurser i industriprosesser. Varmepumpen trenger strøm for å operere, men forbruket er mye mindre ved direkte oppvarming med strøm.

Lavtemperatur spillvarme kan brukes som kilde i varmepumper og dermed løfte temperaturen opp på et nivå som kan være anvendbart i industriprosesser. Varmepumper som leverer vann eller luft med temperaturer opp mot og over 100°C kalles høytemperatur varmepumper.

Desto høyere temperaturkilden har desto rimeligere blir varmeløftet. COP (Coefficient of Performance) er et mål på effektiviteten til en varmepumpe, og er størrelsen på kostnaden å gjøre et temperaturløft i forhold til hvor mye strømmen koster. For eksempel hvis strømmen koster 75 øre/kWh og kostnadene for å heve spillvarmen en til gitt temperatur er på 25 øre/kWh blir COP på 3. Det betyr i praksis at en kan varme opp 3 ganger så mye med varmepumpen som ved direkte oppvarming for samme pris.



Figur 1 COP for forskjellige temperaturer i en varmepumpe

Figuren er hentet fra et prosjekt om spillvarme på Nyhamna. [6] Den er tatt med for å vise at ved høyere temperatur på kilden vil COP bli bedre. Dette gjelder også ved løft opp mot 100 °C, selv om fordelene blir mindre for produksjon av høye temperaturer.

4.1 SPP Hightlift fra Olvondo

Det norske selskapet Olvondo leverer varmepumpen Hightlift som skal være verdens første "Very High Temperature Heat Pump". Det betyr at varmepumpen benytter spillvarme fra 0 – 100 °C og leverer prosessvarme fra 100 – 200 °C. Systemet er en reversert Stirlingmotor og bruker helium som arbeidsmedium.

Hos Lerum blir varmepumpen forsynt med 10 l/s vann med en temperatur på 40 °C. Den leverer den 0,22 kg/s med damp som tilsvarer 500 kW. Den leverer også 250 kW kjølevann. Elektrisitetsforbruket er 250 kW og dermed blir COP på 2. Det betyr at kostnadene til sammenligning halveres mot å fyre med strøm. Levetiden som er oppgitt er 20 år. Sammenlignet med å fyre med naturgass reduseres CO₂-utslippene med 150 tonn/år.

Olvondo har installert sine varmepumper hos TINE i Ålesund og hos Lerum og i Sverige. De har også tre varmepumper i Sverige hos AstraZeneca. I Ålesund er varmekilden fjernvarme fra Tafjord Kraftvarme og de tre varmepumpene produserer damp på 184 °C som brukes i produksjonen. [7]

4.2 Valg av varmepumpe

Det finnes flere andre leverandører av høytemperatur varmepumper i Norge og Europa. Det skal ifølge en markedsanalyse fra 2017 være rundt 20 forskjellige varmepumper og 13 leverandører. [8] Norske Viking Heat Engines og Hybrid Energy er noen av disse. [9] [10] Når en varmepumpe velges bør den med høyest effektivitet ved temperaturene som er relevante velges. Det betyr at det viktigste er hvor mye strøm varmepumpen må bruke for å løfte spillvarmen opp til den temperaturen som ville vært gunstig i ny bruk.

5 Varme til strøm

Varme, eller egentlig temperaturforskjeller, kan produsere strøm. Den vanligste og mest kjente konverteringen er dampturbinen, men den trenger selvfølgelig damp. Det finnes også metoder å konvertere vann med temperaturer under 100 °C til strøm. Organisk Rankine-syklus og Kalina-syklus er sånne

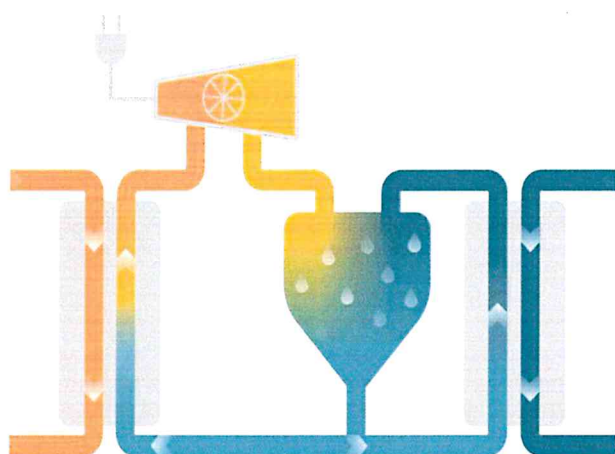
teknologier. Det finnes også såkalte direkte varme-strøm teknologier, men disse har ikke blitt benyttet i industriell sammenheng. [11]

5.1 Organisk Rankinesyklus - ORC

ORC er en teknologi som kan produsere strøm fra varmekilder ned til 70-90 ° C og er dermed aktuell for energiutnyttelse fra lavtempererte spillvarmekilder. Den bruker en organisk væske med et regulært kokepunkt som arbeidsmedium og det betyr i praksis at systemet kan tilpasses varmekilden. [12]

På 1980-tallet ble de første ORC-ene installert for å utnytte geotermisk varme, men det var ikke før rundt 2006 at spillvarme ble varmtvannskilden. I de siste 15 årene har bruken økt mye og i 2015 ble det installert 250 MW_{el} med ORC-systemer i verden der litt under halvparten av systemene brukte spillvarmekilder. [13] Det er mange leverandører av ORC-systemer i verden, Climeon er en av dem, og under er en kort presentasjon av deres Organic Rankine Cycle.

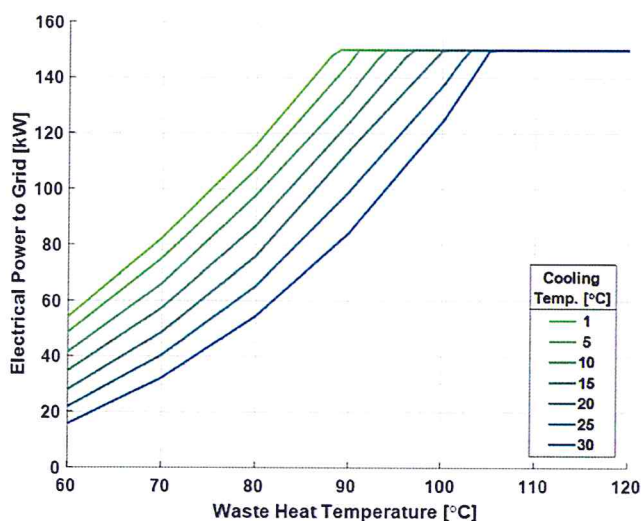
5.2 Climeons Organiske Rankinesyklus



Figur 2 Illustrasjon av Climeon ORC

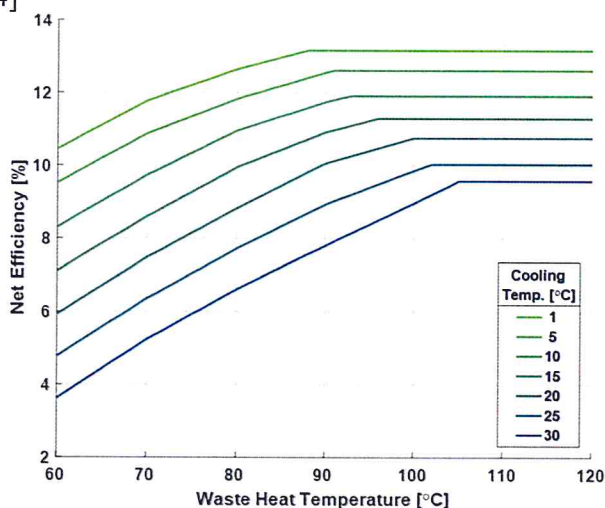
Climeon Heat Power fra det svenske selskapet Climeon er et system som produserer elektrisitet fra lavtemperatur varmtvann i kombinasjon med kaldt vann. Systemet er en slags *Organic Rankine Cycle* som dermed bruker organisk løsning med lavt kokepunkt som arbeidsmedium.

Climeon er i utgangspunktet en 2³ meter boks (modul) som kan med maks effekt produsere 150 kW strøm. På et år blir det 1,3 GWh strøm. Den vil trenge en varmtvannskilde på 40 l/s og kaldtvannskilden må ligge på samme mengde. Temperaturene på disse kildene må være mellom 60-120 °C i det varme vannet og 0-35 °C i det kalde vannet. Man kan sette sammen mange moduler i et kompakt system og dermed skalere etter hva som er mest hensiktsmessig størrelse.



Figur 3 Utbytte av Climeon ORC

Effektiviteten til modulen er avhengig av temperaturen på både kaldtvannstrømmen og varmtvannsstrømmen. Den maksimale effektiviteten er på rundt 13 % og kan oppnås med en varmekilde på over 90 °C og en kaldtvannskilde på 1 °C. Med rundt 15 °C kjølevann og 80 °C varmt vann er effektiviteten på netto 10 prosent. Denne effektiviteten er beregnet ved at det varme vannet synker 10 °C inne i modulen. [14]



Figur 4 Effektivitet av Climeon ORC

For eksempel en modul som går på maks effekt vil produsere 1,3 GWh/år strøm og trenger 144 m³ varmt vann i timen. Hvis kWh-prisen ligger på 30 øre blir inntekten på rundt 400 000 kr/år. [15] Prisen på en modul er på rundt 350 000 € uten å ta hensyn til andre kostnader og da blir tilbakebetalingstiden 8,5 år. [16] Levetid på modulene er ifølge leverandøren på 20-30 år. Kostnadene ved montering, bruk og vedlikehold av modulen er ikke tatt med og tallene her er ment som en pekepinn på det økonomiske ved kjøp av Climeon Heat Power.

De to figurene i dette avsnittet er fra Climeon Heat Power sitt "Technical Product Sheet", illustrasjonsbildet øverst er fra nettsiden deres. [14]

5.3 Kalinasyklus

Kalinasyklus er, i likhet med ORC, en teknologi som produserer strøm fra varmekilder, men i hovedsak med høyere temperaturer på varmekilden enn for ORC. Kalinasyklusen bruker et arbeidsmedium som består av en blanding av vann og ammoniakk. Det betyr i praksis at den har høyere effektivitetsgrad enn ORC og andre sykluser som bruker bare én komponent i arbeidsmediet. [11] Kalina Power er et kraftselskap som leverer Kalinasyklus-teknologi. [17] Selskapet har blant annet levert teknologien til byen Unterhaching i Tyskland, der den bruker jordvarme til å danne strøm. Denne jordvarmen hadde temperatur på 123 °C. Hvorvidt denne teknologien er brukt mye i industrien har ikke rapporten funnet ut av.

6 Vannforbruk i Herøya Industripark

Det er store vannstrømmer inn i Herøya Industripark og anleggene vest for Frierfjorden på Rafnes og Rønningen, disse blir brukt i hovedsak som kjølevann. For eksempel hos Inovyn på Rafnes brukes det 6000 m³ i timen som vil si 1666 l/s. [18] Alt kommer gjennom rør fra innsjøen Norsjø som ligger litt nord for Frierfjorden. Det har ikke tidligere vært noe mangel på vann til kjøling, men forbruket er i perioder nesten oppe ved makskapasitet for leveringsanlegget. Det kan derfor være nødvendig å kutte forbruket i fremtiden og bruke vannet mer effektivt.

6.1 Eksempel på spillvarme - Inovyn

På Inovyn sin fabrikk på Rafnes brukes det 6000 m³ vann i timen. Temperaturen på prosessene som blir kjølt ned er rundt 80 °C til 110 °C. Men siden så mye kjølevann blir brukt er temperaturene på kjølevannet sjelden over 20 °C. Kjølevannet slippes i Frierfjorden med lave temperaturer for ikke å påvirke økosystemet. Denne temperaturen er ikke veldig brukbar til annet enn badevann. [18]

Hvis man ville hatt høyere temperatur på spillvannet kunne man muligens brukt større varmevekslere og kuttet ned mengden kjølevann. Det hadde vært ønskelig hvis det hadde vært prosesser eller annen virksomhet som kunne brukt denne spillvarmen. Da hadde man også effektivisert bruken av vannet fra Norsjø. For å se på sånne muligheter måtte man satt seg nøye inn i prosessene og avkjølingssystemet, noe denne rapporten ikke har gjort.

7 Transport av spillvann fra Herøya

For å nyttiggjøre seg av varmt spillvann andre steder enn på Herøya Industripark, Rafnes og Rønningen må den fraktes. Dette kan for eksempel skje med rør eller med tankbiler. Fordelen med tankbil er å benytte seg av allerede etablert infrastruktur, men mengden vann som kan transporteres blir liten. Det er i midlertidig motsatt for rørtransport der etableringen av infrastrukturen vil ha høye kostnader, mens vannmengden kan bli mye større.

Desto lenger unna den fraktes desto mer varmetap vil vannet ha, dette gjelder for både tankbil og rør. I rør er også tapet bestemt av hastigheten på vannet, omgivelsenes temperatur og komposisjon. Dette tapet er ikke spesielt stort uansett dersom rørene er godt isolert.

7.1 Varmetap i rør

En enkel beregning i varmetap i rør følger: 150 liter vann per sekund strømmer i Rokrør Serie 4, DN 350. Røret har en diameter på 70 cm og tykkelsen på veggene er 17 cm. [19] Dette tilsvarer altså en hastighet på 1,6 m/s og rørene er godt isolerte industrirør med et materiale med varmeoverføringskoeffisient på 0,026 W/m K. Temperaturen på vannet starter på 105 °C og temperaturen utenfor røret er 1 °C.

Etter 10 km vil faktisk ikke vannet i dette røret ha sunket mer enn 1 °C fra 105 °C ned til 104 °C. Dette tilsvarer omtrent avstanden fra Herøya til Skien eller fra Herøya til Brevik. Dessuten blir varmetapet mindre per km jo lengre avstanden blir siden temperaturdifferansen på ut og innsiden av røret blir mindre. Det betyr at varmetapet ikke er stort ved transport av vann i rør.

Det er viktig å vite at dette var en enkel beregning på varmetap og at man bør gjøre egne beregninger med tall og temperaturer som passer med egen situasjon dersom man skal utrede en eventuell rørlegging.

7.2 Kostnader på rørlegging

Å legge vannrør kan koste opp mot 8000 kr per meter grøft. [2] Rørlegging i sjøen er derimot billigere siden disse da bare legges langs bunnen. Langs elver kan også være en mulighet for å slippe kostnadene ved å måtte grave grøft.

Kostnader ved å legge rør blir nevnt av flere som en barriere mot å bruke spillvarme. Blant annet i samtaler med Kebony ble det sagt at det hadde vært fullt mulig å bruke spillvarme, men for dyrt å legge fjernvarmerør. [4] Skagerak Varme fortalte også at det å levere fjernvarme til vanlige bolighus ikke er lønnsomt. Prisen for å bygge infrastrukturen var mye høyere enn det bolighusene betaler for oppvarming. [20]

8 Skagerak Varme

Skagerak Varme leverer fjernvarme i Porsgrunn, Tønsberg, Horten og Skien.

Porsgrunn fjernvarme har en årlig produksjon på 27 GWh, der varmen i all hovedsak er spillvarme fra Yara [21]. Innen 2025 er planen å kunne produsere 50 GWh i året. Skien fjernvarme har en produksjon på 38 GWh og skal øke til 60 GWh i 2025 [22]. Skien får varmen sin fra bioenergi i form av skogsavfall (flis). I tillegg har både Porsgrunn og Skien gass-/bioolfjyrt reserveanlegg for å dekke spisslasten.

I fjernvarmenettet i Porsgrunn går det vann med temperaturer opp mot 120 °C i turrørene, og 85 °C i returrørene. På grunn av at varmevekslere installert i for eksempel Svenske hus er bedre enn i Norge kan temperaturene i nettet ligge lavere enn i Norge. Returtemperaturen på vannet kan være helt nede på 43 °C. Norske hus er tradisjonelt sett bygget for oljefyring.

Fjernvarmenettet i Porsgrunn er i dag avhengig av spillvarmen fra Yara, men denne avhengigheten er ikke gjensidig. Yara har ikke leveringsansvar, så dersom det er ekstra stort fjernvarmebehov, må Skagerak Varme bruke reservekjelene. Skagerak Varme er nødt til å ha dublerede løsninger, det vil si at de har flere kilder til varme. Derfor er det ønsket å for eksempel ha en stor buffer i form av en akkumulatortank. Dette vil gi økt forutsigbarhet for kundene.

8.1 Leverer fjernvarme fra Porsgrunn til Skien

Skien har i dag to biokjeler på 6 MW som dekker grunnlasten og 18 MW olje/bioolje i reserve [22]. Skien skal øke produksjonen fra 38 GWh til 60 GWh, altså nesten en dobling.

Det kan være interessant å se på mulighetene for å utnytte spillvarme fra Herøya til denne økningen. Ved å frakte fjernvarmen i undervannsrør langs Skienselva slipper man gravekostnader. Til gjengjeld kan det bli større varmetap ved å legge i vann enn å legge i jord, og det koster å legge ut rør med båt.

Dersom man antar at Skien dobler grunnlasten, vil de få behov for 12 MW ekstra. Med temperaturforskjell i tur og retur på 20 °C og varmekapasitet 4,2 kJ/(kg°C) trenger man en massestrøm på 143 kg/s for å dekke behovet ved hjelp av fjernvarme.

Kartet under viser at det er 8,64 km fra Porsgrunn til Skien langs vannveien. Hvis man legger til for ujevnheter på bunnen og ned- og oppstigning blir det omtrent 9 km. Dette blir veldig likt som i eksemplet i avsnittet *Varmetap i rør* over, som viser at selv med elvevann på 1 °C kan man frakte fjernvarme effektivt fra Porsgrunn til Skien langs elva. Frier Vest, det nye industriområdet som er tenkt bygget på vestsiden av Frierfjorden vil også være en mulig mottaker av varmt spillvann. Da kunne man legge rørene i fjorden.

Figur 5 – Distanse fra Porsgrunn til Skien langs elva, skjermdump fra Gule Sider



8.2 Akkumulator for spillvarme

Gjennom et møte med Skagerak Varme dukket altså ideen om en akkumulatortank opp. For Skagerak Varme er det fordelaktig å alltid ha kapasitet til å dekke fjernvarmebehovet i Grenland. I dag har de en gass-biooljefyrt reservesentral som dekker spisslasten [20]. (Allerede forklart avsnitte 8)

I en akkumulatortank kan overskuddsvarme lagres og hentes ut etter behov. På den måten slipper man å bruke fossile brensler ved stor last, og man får utnyttet varme fra perioder der man har mye spillvarme og lite varmebehov. Andre fordeler er at tanken kan fungere som trykkholdning i nettet, reservoar ved lekkasjer og som batteri for overskuddsstrøm fra vindmølleproduksjon [23].

På Heimdal i Trondheim ble det nylig reist en akkumulatortank med kapasitet på 5000 m³ [24]. Inne i tanken lagres det vann på inntil 120 °C som skal erstatte fossilbaserte spisslastkjeler. En tilsvarende tank kan være et passende reservelager for Skagerak Varme, som har 900 m³ til enhver tid i fjernvarmeanlegget i Porsgrunn [20].

I Sverige og Danmark er akkumulatortanker mer brukt. Det bygges blant annet en tank på 39000 m³ til fjernvarmeanlegget i Jönköping. [25] Og i Danmark akkumulerer solfangstanlegg varmen i tanker med vann som brukes som fjernvarme [26].

Problemet med akkumulatortanker er at de krever en del areal. En typisk akkumulatortank er en sylinder som står på bakken. Tanken i Heimdal er 32 m høy og 16 m i diameter [23], som tilsvarer et grunnareal på rundt 200 m². Andre geometrier kan være mulige, men å oppbevare flere millioner liter vann krever uansett en stor konstruksjon.

Ny infrastruktur vil også være nødvendig i forbindelse med en akkumulatortank. Man trenger rør som går inn og ut av tanken. Dersom man skal utnytte spillvarme fra flere steder trengs ekstra mange rør. Spillvarmen på Herøya går over et stort temperaturområde. Det kan da tenkes at man kan utnytte den varmeste spillvarmen (for eksempel >120 °C) direkte i en akkumulatortank, og bruke de lavere temperaturene (for eksempel <120 °C) i rør rundt tanken som isolasjon.

9 Konklusjon

Lavtemperert spillvarme kan brukes til oppvarming av drivhus, tørking av produkter og i meieriprosesser. Disse virksomhetene er det ikke mye av i Grenlandsområdet fra før. Dessuten er problemet som oppstår når man ser på disse mulighetene at legging av rør til eventuelle slike næringer er en stor investering. Og hvis næringene baserer seg på spillvarme, men ikke får de leveransene av ulike årsaker, må de ha reserver. Gode avtaler og leveringsordninger er viktig, siden industrien helst ikke vil binde seg til å levere varmt vann.

Lavtemperert spillvarme kan oppgraderes med varmepumper til mer verdifull og brukervennlig varme, som for eksempel damp. Det finnes flere høytemperatures varmepumper på markedet og flere norske bedrifter har begynt å bruke de. De leverer også kaldt vann som produkt. Produksjon av strøm er også mulig med lavtemperert spillvarme. Det finnes mange produkter av type Organisk Rankinesyklus på markedet.

Hvis spillvarmen skal brukes direkte i Skagerak Varmes fjernvarmenett må den være over 80 grader. Det kan være at dette kravet blir lavere etter hvert med bedre varmevekslerteknologi installert hos fjernvarmekundene. Akkumulering av varmt vann er en måte å lagre energien på og sikre leveranse til fjernvarmenettet også når leveransen av spillvarme uteblir.

10 Takk

Dette har vært et lærerikt prosjekt, og det kunne ikke blitt gjennomført uten god hjelp fra:

Yara, Inovyn, Climeon, Herøya Industripark, Universitetet i Sørøst-Norge, Telemark Fylkeskommune, Industrial Green Tech, Olvondo, TINE Jæren, Kebony, Norsk Gartnerforbund, Skagerak Varme, og hele gjengen på SINTEF Tel-Tek. Spesiell takk til Kristian Leonard Aas, Kjell-Arne Solli og Rolf Olaf Larsen for veiledning.

11 Referanser

- [1] Byggfakta, «Byggfakta,» 31. januar 2019. [Internett]. Available: <https://www.byggfakta.no/slik-skal-eno-va-kutte-utslipp-i-industrien-136298/nyhet.html>. [Funnet 24. juli 2019].
- [2] G. Sollesnes og H. E. Helgerud, «Potensialstudie for utnyttelse av spillvarme fra norsk industri,» Enova, 2009.
- [3] I. Johnson, W. T. Choate, A. Davidson og B. Marizza, «Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in U.S. Industry,» U.S Department of Energy, 2008.
- [4] M. Eilertsen, Interviewee, *Om Kebony og temperaturer i prosessene*. [Intervju]. 17. juli 2019.
- [5] A. Sand, Interviewee, *Om veksthus og temperaturer til produksjon av matplanter*. [Intervju]. 1. august 2019.
- [6] L. Ekanger, K. Haga, S. Hustad Haukebø, I. H. Hollen og A. Næss, «Rapport forprosjekt - spillvarmeutnyttelse nyhamna,» aPoint AS, Front Group AS og Sensacon AS, Møre og Romsdal, 2013.
- [7] R. Myrvang, Interviewee, *Olvondo varmepumpe*. [Intervju]. 24. juli 2019.
- [8] C. Arpagaus, F. BLess, M. Uhlmann, J. Schiffmann og S. S. Bertsch, «High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials,» NTB University of Applied Sciences of Technology Buchs, Institute for Energy System, Buchs, 2017.
- [9] V. D. Group, «Viking Heat Engines,» 2019. [Internett]. Available: <http://www.vikingheatengines.com/>. [Funnet 29. juli 2019].
- [10] H. E. AS, «Hybrid ENergy,» [Internett]. Available: <https://www.hybridenergy.no/tech-overview/>. [Funnet 29. juli 2019].
- [11] H. Jouhara, N. Khordehgah, A. Sulaiman, B. Delpech, A. Chauhan og S. A. Tassou, «Waste heat recovery technologies and applications,» London, 2018.
- [12] Teknova, Iris, «Exergi utnyttelse av spillvarme,» 2010.
- [13] T. Tartière, «ORC World Map,» 16. august 2016. [Internett]. Available: <https://orc-world-map.org/analysis>. [Funnet 24 juli 2019].
- [14] Climeon, «TECHNOLOGY: Climeon,» Climeon, 7. Februar 2019. [Internett]. Available: <https://climeon.com/how-it-works-detailed/>. [Funnet 2. Juli 2019].
- [15] SSB, «Elektrisitetspriser,» Statistisk Sentralbyrå, 23. mai 2019. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/elkraftpris/>. [Funnet 23. juli 2019].
- [16] Bioenergy Intemational, «Varmaorka doubles Climeon Heat Power order to 197 units,» Bioenergy International, 26. juni 2018. [Internett]. Available: <https://bioenergyintemational.com/technology-suppliers/varmaorka-doubles-climeon-heat-power-order-to-197-units>. [Funnet 23. juli 2019].
- [17] K. Power, «Kalina Cycle,» 2015. [Internett]. Available: <http://www.kalinapower.com/technology/>. [Funnet 1. august 2019].
- [18] L. O. Melås, Interviewee, *Ineos bruk av kjølevann og temperaturer på den*. [Intervju]. 26. juni 2019.
- [19] P. S. AB, «Produkter,» 2019. [Internett]. Available: <https://www.powerpipe.se/sv/produkter>. [Funnet 30. juli 2019].
- [20] S. M. Rogn og K. Grønstad, Interviewees, *Møte om Skagerak Varme*. [Intervju]. 5. jujli 2019.

- [21] Skagerak Varme, «Porsgrunn fjernvarme,» Statkraft, [Internett]. Available: <https://www.statkraft.no/Energikilder/vaare-kraftverk/norge/Porsgrunn-fjernvarme/>. [Funnet 30. juli 2019].
- [22] Skagerak Varme, «Skien fjernvarme,» Statkraft, [Internett]. Available: <https://www.statkraft.no/Energikilder/vaare-kraftverk/norge/skien-fjernvarme/>. [Funnet 30. juli 2019].
- [23] S. Graver, «Akkumulatortank skal gi mer miljøvennlig avfallsvarme i Trondheim,» Norsk Energi, 7. desember 2016. [Internett]. Available: <http://www.energi.no/akkumulatortank-skal-gi-mer-miljovennlig-avfallsvarme-i-trondheim>. [Funnet 30. juli 2019].
- [24] Statkraft Varme, «Akkumulatortank,» Statkraft, [Internett]. Available: <https://www.statkraftvarme.no/om-statkraftvarme/vare-anlegg/norge/trondheim/akkumulatortank/>. [Funnet 30. juli 2019].
- [25] H.-O. Larsson, «Midroc Rodoverken oppfører akkumulatortank tillsammans med Jönköping Energi AB,» Midroc, 4. februar 2019. [Internett]. Available: <http://www.mynewsdesk.com/se/midroc/pressreleases/midroc-rodoverken-uppfoer-akkumulatortank-tillsammans-med-joenkoeping-energi-ab-2832001>. [Funnet 30. juli 2019].
- [26] P. Qvale, «I Danmark bygger de anleggene i hopetall. I Norge har vi bare ett,» Teknisk Ukeblad, 28. oktober 2015. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/i-danmark-bygger-de-anleggene-i-hopetall-i-norge-har-vi-bare-ett/275850>. [Funnet 30. juli 2019].
- [27] S. S. Sean M. Jarvis, «Technologies and infrastructures underpinning future CO2 value chains: A comprehensive review and comparative analysis,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 46-68, 5 Oktober 2017.
- [28] Opplysningskontoret for meieriprodukter, «Meierileksikon,» Opplysningskontoret for meieriprodukter - melk.no, 2019. [Internett]. Available: <https://www.melk.no/Meierileksikon/Produksjonsprosesser2/UHT-varmebehandling>. [Funnet 2. august 2019].
- [29] C. Baumann, «Varme fra vannkraft til tørking av flis,» Norsk institutt for skog og landskap, 4. april 2010. [Internett]. Available: <https://forskning.no/skogbruk-norsk-institutt-for-skog-og-landskap-partner/varme-fra-vannkraft-til-torking-av-flis/859597>. [Funnet 2. august 2019].
- [30] M. S. Helgason, «Heating soccer fields and growing cucumbers: 9 ways in which geothermal energy is used in Iceland,» *Iceland Magazine*, 17. mai 2016. [Internett]. Available: <https://icelandmag.is/article/heating-soccer-fields-and-growing-cucumbers-9-ways-which-geothermal-energy-used-iceland>. [Funnet 2. august 2019].
- [31] Climeworks, «Our technology,» climeworks, 2019. [Internett]. Available: <https://www.climeworks.com/our-technology/>. [Funnet 2. august 2019].
- [32] S. Srey, I. K. Jahid og S.-D. Ha, «Biofilm formation in food industries: A food safety concern,» i *Food Control*, School of Food Science and Technology, 2012, pp. 572-585.
- [33] P. Qvale, «Dette er Norges siste mursteinfabrikk,» Tekniske Ukeblad, 25. desember 2013. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/industri-dette-er-norges-siste-mursteinfabrikk/233393>. [Funnet 2. august 2019].
- [34] Rørosmeieriet AS, «Hva er lavpasteurisering?,» [Internett]. Available: <https://rorosmeieriet.no/faq-items/hva-er-lavpasteurisering/>. [Funnet 2. august 2019].
- [35] S. Tronstad, *Tørking av gran og furu*, Oslo: Treteknisk, 2006.
- [36] P. Stévant, M. Emblemsvåg, P. M. Walde, R. Sandvik, A. Chapman og L. G. Velle, «Kartlegging av kunnskap for tørking av makroalger,» Møreforskning, Ålesund, 2015.
- [37] Bryggeri og drikkevareforeningen, «Drikkeglede,» 23. mai 2010. [Internett]. Available: <https://www.drikkeglede.no/olskolen/olbrygging-article651-305.html>. [Funnet 2. august 2019].

- [38] Miljøgartneriet, «Miljøvennlig produksjon - fordi vi bryr oss!», [Internett]. Available: <http://miljogartneriet.no/milj%c3%b8vennlig-produksjon>. [Funnet 2. august 2019].
- [39] Northern Periphery and Arctic Programme, «Tørking av korn etter høsting -retningslinjer», Northern Periphery and Arctic Programme og Northern cereals.
- [40] J. Vidvei, Interviewee, *Fjordkjøkken og spillvarmeburk*. [Intervju]. 10. juli 2019.
- [41] Å. M. Espmark, I. Lein, A. K. Bakken, G. M. Berge, A.-K. Løes, A. Wibe, Ø. Høstmark, E. Langmyhr, B. Olsen, K. Måløy, I. Bakken, J. Kvande, P. H. Malvik og G. Tvedt, «Bruk av spillvarme til dyrking og prosessering av andemat Lemna minor i Midt-Norge», Nofirma, 2012.
- [42] E. Uggerud, «Urea», 10 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://snl.no/urea>. [Funnet 28 Juni 2019].
- [43] E. Uggerud, «Metanol», Store Norske Leksikon, 7. mai 2019. [Internett]. Available: <https://snl.no/metanol>. [Funnet 31. juli 2019].
- [44] E. Uggerud, «Maursyre», Store Norske Leksikon, 2. oktober 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/maursyre>. [Funnet 31. juli 2019].
- [45] C. R. International, «World's Largest CO2 Methanol plant», [Internett]. Available: <https://www.carbonrecycling.is/george-olah>. [Funnet 31. juli 2019].
- [46] H. A. Haugen, A. Mathisen, L. Riboldi, K. A. Hoff og C. Jayarathna, «CO2 capture and potential in the Eyde cluster», Porsgrunn, 2019.

Vedlegg A – Prosesser og deres nødvendige temperaturområder

Temperaturområde (°C)	Mer nøyaktig temperatur (°C)	Hva	Hvem	Kommentar
~150	~200	Fischer-Tropsch-prosessen [27]		Nordic Blue Crude skal bruke F-T-prosessen i sin produksjon av fornybart drivstoff
	100-180	Tørking av tre	Kebony [4]	Tørkingen foregår på 110-120 grader
	135-145	Ultrapasteurisering	Meierier [28]	Skolemelk, laktosefri melk og andre ting som skal ha lang holdbarhet.
~120		Tørking av flis	[29]	
		Tørking av pellets til bioenergianlegg	[29]	
	112	Tørke tang	Island [30]	Punkt nummer 7
~100	~100	Climeworks CO2 Capture from air	Climeworks [31]	Nordic Blue Crude skal sette opp 36 Climeworks-moduler: http://www.aftenposteninnsikt.no/klimamilj/tatt-rett-ut-av-luften
	60-110	Climeon Heat Power System	Climeon [14]	
	110-80	Fjernvarme	Skagerak Energi [22]	Samtale med Skagerak Varme
~90	90-95	CIP: Desinfeksjon av "food processing lines"	Meierier mm. [32]	
	90	Tørking av murstein	Generelt [33]	Ingen teglverk i Norge lenger
	>85	Høypasteurisering	Rørosmeieriet [34]	Produktet skal varmes opp til 85 °C.
	80	Tørking av gran og furu	Trefokus [35]	
	70-80	Sorptiv kjøling		Kjøling på 6°C
	75	CIP: vasking av rør	Brus og juice	
	72	Lavpasteurisering	Tine/Røros [34]	Melka skal være 72 °C men man bruker vann på 105 °C i rørene.
~70	>70	Tørking av Alger	Møreforskning [36]	Tørking på denne tempen gir høy prosessering
	60-70*	Pasteurisering av øl	[37]	*Ølet skal ha 60-70 °C, uvisst hva vannet bør være på, sikkert noe høyere
~50	40-60	CIP: Clean-in-place	Meierier mm.	Hva er CIP: https://www.process-worldwide.com/what-is-cleaning-in-place-and-how-does-it-work-a-320588/
	<50	Tørking av Alger	Møreforskning [36]	Tørking under 50 grader egner seg bedre til mat, tar vare på næringsstoffer

	55	Gartneri	Miljøgartneriet [38]	Tomatdyrking
	38-43	Tørking av korn	Northern Periphery and Arctic Programme [39]	Korn til malting bør tørkes på 38, mens korn til mat kan ha tørketemperatur på 43 grader, ikke over 60 grader på fôrkorn
~30	30-35	Oppvarming av fotballbane	Fjordkjøkken [40]	
	~25	Andemat	Rapport Nyhamna [6]	Kan tåle ned mot 7 , 3.2.2.2.
	20-31	Mer om Andemat	Nofirma [41]	Optimal temperatur, men temperaturen kan være mellom 5 og 35 grader, kan også tørke andematen med lufttørking: 5.1.4
	~30	Soyabønner	Rapport Nyhamna [6]	Må ha over 15 grader, side 25
		Utendørs svømmebasseng	Island	Geoterm varme på Island
~20	25	Dyrking av alger	Rapport Nyhamna [6]	
	20 ca	Drivhus	Rapport nyhamna [6]	Forskjellige drivhusplanter: orkide, salat, tomat, purre, kål og jordbær. Fin tabell med temperaturer i rapporten
	7 til 30	Akvakultur, diverse fisk	Rapport Nyhamna [6]	Fin tabell med temperaturer i rapporten
	24	Tørking av fisk	Rapport Nyhamna [6]	
	<15	Climeworks CO2 Capture from air	Climeworks	Kaldt innløp til Climeworksmodulen
~10	0-20	Kjøling	Generell prosessindustri	
~0	0-20	Snøsmelting		Underverme til snøsmelting



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no