

Sluttrapportering før konseptutredningen «Ombygging av Skøyen varmesentral til energisentral og etablering av fjernkjølenett på Skøyen»

Konseptutredning for innovative energi- og klimaløsninger i bygg, områder og energisystem

Utarbeidet av Fortum Oslo Varme AS med støtte fra ENOVA

Innholdsfortegnelse

Konseptutredning for innovative energi- og klimaløsninger i bygg, områder og energisystem	1
Sammendrag	3
Søker	3
Om bedriften	3
Om prosjektet	4
Beskrivelse av hovedprosjekt	4
Beskrivelse av konseptutredningsprosjekt	5
Om konseptutredningen	5
Sammendrag konseptutredning	5
Konvensjonell teknologi for et slikt prosjekt	5
Forutsetninger	6
Kunde grunnlag på Skøyen	6
Eksisterende potensial	6
Fremtidig potensial på kort sikt	9
Fremtidig potensial på lang sikt	10
Oppsummering	10
Varighetsdiagram	12
Fjernkjølenett	13
Kjøleproduksjon fra Skøyen varmesentral	16
Annen kjøleproduksjon	31
Økonomiske vurderinger	39
Avtaler, tillatelser og samarbeidspartnere	40
Konklusjon og anbefalinger i prosjektet	40
Løsningens-/teknologiens markedspotensial	41
Beskrivelse av teknologiens nyhetsverdi	41
Beskrivelse av nytte/økt verdi fra innføring av løsningen/teknologien	41
Kort beskrivelse av markedspotensialet i Norge	41
Beskriv evt. Involvering av norske teknologimiljø og utdannings situasjoner	41
Vedlegg	41

Sammendrag

Fortum Oslo Varme eier og drifter i dag fjernvarmenett i store deler av Oslo. En av våre viktigste varmeproduksjonseenheter inn i systemet er varmepumper på Skøyen varmesentral. Her benyttes Oslos avløpssvann som energikilde, der varme hentes fra kloakken til fordampere og leveres til fjernvarmevannet fra kondenseren. Under sommermånedene brukes kun spillvarme fra avfallsforbrenningsanlegg for å forsyne varmebehovet i fjernvarmenettet. Dette betyr at Skøyen varmesentral stort sett står ubrukt hele sommeren og deler av høsten/våren. Samtidig er det et veldig stort eksisterende og voksende kjølebehov i utviklingsområdet Skøyen. Dette kjølebehovet dekkes normalt med lokale ineffektive kjølemaskiner. Overskuddsvarmen fjernes oftest til luft, som innebærer store tekniske installasjoner på tak i form av tørrkjølere. Dette er ikke en effektiv måte å dekke kjølebehov og utnytte takarealer i et område med høy tetthet.

På bakgrunn av dette er det aktuelt å vurdere et kjøledistribusjonsnett på Skøyen med sentral produksjon av kjøling. For at en kjølesentral skal være effektiv er det mest gunstig hvis det samtidig er et varmebehov og at man dermed kan bruke både kald og varm side av en varmepumpe ved drift. Dette er en utfordring i Oslo da det på sommeren er et stort overskudd av varme, nemlig spillvarme fra avfallsforbrenning som pågår hele året. Levert varme inn på nettet på sommeren vil derfor være av liten verdi. Hvis det ikke er avsetning for varmen så må den i stedet dumpes mot luft eller vann. Dumping mot luft krever store installasjoner på tak. Derfor er det interessant å vurdere en ombygning av Skøyen varmesentral til en energisentral, som i tillegg til å produsere varme også kan produsere og distribuere fjernkjøling.

Hovedmålet til denne konseptutredningen er å få vurdert et fjernkjølenett på Skøyen med sentral produksjon og særlig fokus på en ombygning av Skøyen varmesentral. Følgende momenter skal inngå i utredningen:

- Mest optimal og kostnadseffektiv ombygning av Skøyen varmesentral for å kunne levere kjøling
- Kostnadsbudsjett for ombygging
- Alternativ produksjonsløsning
- Utarbeidelse av et detaljert kundegrunnlag for Skøyen

Søker

Om bedriften

Fortum Oslo Varme AS (FOV) er Norges største leverandør av fjernvarme. I Oslo-regionen eier og driver selskapet 13 produksjonsanlegg, og de største anleggene er lokalisert på Haraldrud, Klemetsrud og i Oslo sentrum. Ved utgangen av august 2017 hadde FOV 183 ansatte. FOV er et fellesforetak bestående av tidligere Hafslund Varme og Klemetsrudanlegget. I 2016 hadde selskapet en omsetning på 1165 MNOK og egenkapitalandelen er 18%, dog er 50% av gjelden ansvarlig lån.

Fjernvarme ble i 2016 produsert av spillvarme fra avfallsforbrenning, varmepumper (elektrisitet til kompressor, restvarme fra kloakksystemet i Oslo), direktevirkende elektrisitet i elektriske kjeler, bioolje og biodiesel, pellets, og olje og gass. I 2016 var den fossile andelen (fyringsolje og gass) av innfyrt energi til fjernvarmeproduksjonen på 1,3 %. I 2016 produserte FOV 1,7 TWh fjernvarme til næringsbygg, offentlige bygg, boligblokker og småhuskunder i Oslo-regionen.

FOV tilbyr i dag sine kunder bærekraftige termiske energiløsninger innom følgende produkter

- Fjernvarme
- Byggvarme
- Gatevarme
- Byggtørk
- Sorptiv kjøling
- (Isvannskjøling/fjernkjøling)

FOV eier i dag ikke en egen kjølesentral, men drifter en kjølesentral i Barcode (Bjørsvika). FOV har også etablert en avtale med det nye Munch-muséet og Deichmanske bibliotek ved Operakvartalet for leveranse av isvannskjøling fra Barcode-anlegget.

Om prosjektet

Beskrivelse av hovedprosjekt

Hovedprosjektet omfatter å realisere den kjøleproduksjonsløsning som blir konkludert i konseptutredningsprosjektet, samt å etablere et fjernkjølenett på Skøyen og tilknytte kunder.

Planlagt oppstart av hovedprosjekt er sannsynligvis sent i 2018 eller start av 2019 og utførelsesfasen vill være løpende i samband med nye bygg og utvikling av et kjølenett deretter. Prosjekteiere vil være avdelingsleder for teknisk utvikling og prosjektledelse er tiltenkt prosjektavdelingen i Fortum Oslo Varme, med bistand fra tekniske konsulenter. Andre sentrale avdelinger vil være utbyggingsavdelingen, forretningsutvikling, planavdelingen og salgavdelingen.

Det økonomiske omfanget av de hovedprosjekt som ble konkludert som mest aktuelle er 129-152 MNOK. Investeringer vil skje løpende i samband med at kjølenettet vokser.

Etablering av kjøldistribusjonsnett på Skøyen

På Skøyen er det allerede et kjølebehov i eksisterende bygningsmasse. Kjølebehovet til den eksisterende bygningsmassen er identifisert fra erfaringstall på kjølebehov per bruksareal. Det er antatt at 70 % av dette behovet kan bli dekket av FOV sitt kjølenett over levetiden. FOV antar at det er interesse for å bytte fra individuell kjøleløsning til kjølenettløsning, dette blant annet på grunn av sannsynligvis reduserte kostnader, og mulighet for å fjerne tørrkjølere og dermed frigjøre areal til for eksempel uteplasser, grønne tak og solceller. En annen grunn til at antakelsen om 70 % av kjølebehovet er tatt, er at levetiden er såpass lang at de fleste av de eksisterende byggene en eller annen gang i løpet av prosjektperioden står fremfor en reinvestering i kjølesystemet. Kjølebehovet som er identifisert at FOV kan dekke på Skøyen er gjengitt i **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Tabell 1. Kjølebehov til eksisterende bygningsmasse og nybygg.

	kWh
Antatt eksisterende kjølebehov som FOV kan dekke	11 200 000
Antatt kjølebehov til nybygg som FOV kan dekke	7 800 000
Totalt utbygget kjølebehov	19 000 000

Effektbehovet til nybygg og eksisterende er satt til 40 W/m². Effektbehov er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Viser effektbehovet til eksisterende bygningsmasse og nybygg.

	kW
Effektbehov for eksisterende bygg	11 200
Effektbehov nybygg som FOV dekker	11 800
Effektbehov totalt som FOV dekker	23 000

En potensiell energireduksjon, et resultat av at kunder velger bort individuell kjøleløsning, kommer som følge av at kjøleløsningen på Skøyen vil produsere kjøling med en høyere COP, coefficient of performance, enn alle de enkelte kjølemaskinene plassert i byggene med kjølebehov. Fullt utbygget er kjølebehovet på totalt 19 GWh. En sentral kjøleløsning på Skøyen med skalafordeler vil produsere kjøling med en COP på eksempelvis 4,5, det vil si at for å produsere 19 GWh med kjøling må det tilføres 4,2 GWh med elektrisk energi til kompressoren. For de individuelle løsningene antas det en gjennomsnittlig COP på 2,2, det vil si at det må tilføres 8,6 GWh med elektrisk energi til kompressorene for å levere 19 GWh med kjøling. Som en direkte konsekvens av dette vil altså reduksjonen i energi være forskjellen i tilført elektrisk energi i tilfellene der kjølingen produseres av varmepumpen på Skøyen og der kjølingen produseres i

de individuelle kjølemaskinene. Differansen er i dette regnestykket 4,4 GWh, som her altså kan antas som en reduksjon i tilført energi for å produsere kjøling. 4,4 GWh er då det årlige sparade energivolumet mot konvensjonell løsning. Et mer eksakt tall må klargjøres når man har et bedre kundegrunnlag og når en endelig løsning for ombygning og dermed en endelig COP er konkludert. Store kjølemaskiner kan ha en betydelig høyre COP. Det er i tillegg en mulighet å bruke absorpsjonsmaskiner. Disse drives av varme som er i overskudd om sommeren og energibesparelsen i dette fall vill altså være betydelig større.

FOV installerer en sentral med reguleringsutstyr, energimålere og temperaturfølere for alle kunder, både kjøling og varme. Energimåleren leser av vannstrøm, temperaturer og regner ut effektuttak. Dette gjør at FOV har god oversikt over hva slags energieresultat som alle kunder har, og resultatet fra et kjøleprosjekt på Skøyen vil kunne dokumenteres grundig gjennom data fra energimålere.

Beskrivelse av konseptutredningsprosjekt

Formålet med konseptutredningsprosjektet er å vurdere en ombygning av Skøyen varmesentral til energisentral og etablering av et fjernkjølenett på Skøyen. Utredningen skal også vurdere kundegrunnlaget på Skøyen, samt alternativt kjøleproduksjonsentral. I sin helhet skal konseptutredningsprosjektet være nok grunnlag for å kunne ta en styrebeslutning om å gå videre med detaljprosjektering av foreslått løsning. Prosjektet har følgende problemstilling og oppdeling:

- Hva må til av ombygning på Skøyen varmesentral for også å kunne levere kjøling?
- Hva er det mest aktuelle alternativet til en ombygning av Skøyen varmesentral?
- Hvordan er kostnadsbildet for en ombygning sammenliknet med alternativet?
- Hvordan ser kundemassen og tilhørende energi- og effektbehov ut i Skøyen-området?

Om konseptutredningen

Sammendrag konseptutredning

Eksisterende kartlagte bygg har et estimert kjølebehov lik 16 MW og 16 GWh. Basert på innmeldte bygg forventer vi en tilvekst med 4 MW og 3 GWh i perioden 2018-2022. Frem mot 2034 forventer vi en ytterligere økning med 12 MW og 9 GWh. Totalt effekt- og energibehov i 2034 blir 32 MW og 29 GWh. Økning i kundegrunnlaget tilsvarer en tilvekst lik 1 MW eller 25.000 m² ny bygningsmasse pr år.

Utbygging av fjernkjølenett på Skøyen er vurdert og kostnadsestimert for 3 ulike løsninger. I to alternativ utnyttes eksisterende fjernetrase mellom Hoff og varmpumperom til distribusjon av kjøling på sommeren og varme på vinteren. Eksisterende rørdimensjon begrenser overføringskapasiteten fra Skøyen VS til 10 MW. Ved å etablere ny trase ut fra varmpumperommet økes overføringskapasiteten til 18 MW. Investeringsbehovet for utbygging av rørnettet varierer fra 51 til 67 millioner med gjenbruk av eksisterende infrastruktur. Ved etablering av nytt fjernkjølenett fra Skøyen VS blir kostnadene 74,1 mill. kr. Vi har lagt til grunn at om lag 70 % av kundemassen tilknyttes et nytt fjernkjølenett. Effekt og energibehovet blir 23 MW og 19 GWh.

Skøyen VS kan bygges om for å levere kjøling. Investeringskostnadene for ombygging til kjøleleveranse er fra 21,2 til 23,8 mill. kr avhengig av om sentralen forberedes for 10 eller 18 MW spisslastleveranse. Dersom sentralen også skal levere kjøling om vinteren øker investeringskostnadene med ytterligere 20,6 mill. kr. Ved spisslastdrift vil sentralen få en gjennomsnittlig COP = 1,9. Kjøleproduksjon om vinteren er et biprodukt, der energi kun brukes på sirkulasjonspumper i fjernkjølenettet. Det vil gi COP lik ca. 50. Gjennomsnittlig årlig COP blir ca. 4,5.

For å dekke effektbehovet og oppnå akseptabel leveringssikkerhet må det bygges en energisentral med 5 MW kapasitet i tillegg til ombygging i Skøyen Varmesentral. Vi har kommet frem til at en luftkjølt sentral vil gi best økonomi samtidig som den er fleksibel med hensyn til plassering. Både klassisk kompressorkjøling med tørrkjølere og absorpsjonskjøling med kjøletårn kan være aktuelle alternativ. Investeringsbehovet for en 5 MW luftkjølt sentral er estimert til 30,5-33,5 mill. kr.

Totalt investeringsbehov for de mest aktuelle utbyggingsalternativene er 129-152 mill. kr

Konvensjonell teknologi for et slikt prosjekt

Konvensjonell løsning for kjøling i bygg er egne kompressorkjølemaskiner i hvert bygg. Prinsippet er helt lik, men fordampere kjøler ned kjølekretsen innad i bygget, og anlegget må utstyres med mulighet for å dumpe overskuddsvarme fra kondensatoren. Det vanligste

er å kjøle med sjøvann eller uteluft. Ved kjøling til uteluft plasseres tørrkjølere eller kjøletorn eksempelvis på byggets tak. Der «kjølemaskinen» som blir vurdert her dumper varmen i kloakken, vil bygg med egen kompressor kjølemaskin måtte bygge tørrkjølere for å kvitte seg med overskuddsvarmen. En konvensjonell kjølemaskin vil typisk ha en sesongs gjennomsnittlig COP på rundt 2,2.

Forutsetninger

Det har blitt utarbeidet lønnsomhetsvurderinger, kun tekniske løsninger og investeringsestimater. Investeringsestimaterne har en anslått usikkerhet lik +/- 20 %. For alternativ der vi er avhengige av sjøvann vil investeringsbehov i tillegg være avhengig av plassering.

Kundegrunnlag på Skøyen

Kundegrunnlaget for kjøling på Skøyen er kartlagt. Det er viktig for å få større sikkerhet rundt hvor stort kundegrunnlaget er og når det er realistisk å koble til kundene. Vurderingen er gjennomført for 3 kategorier, eksisterende potensial, fremtidig potensial på kort sikt og fremtidig potensial på lang sikt. Der kort og lang sikt henviser til henholdsvis 2022 og 2034.

Kundegrunnlag for kjøling er kartlagt ut fra følgende underlag:

- 1) Liste over kontor og næringsbygg basert på FOV kundedatabas
- 2) Liste over innmeldte byggeprosjekter identifisert av FOV
- 3) Byutviklingsplan for Skøyen, utarbeidet av Oslo kommune
- 4) Befaringer på et utvalg av byggene samt telefonsamtaler med et utvalg av byggeierne.

Alle verdier er oppgitt uten korleksjon for samtidighet.

Eksisterende potensial

Underlag

Eksisterende kjølebehov er identifisert gjennom å kartlegge næringsarealer på Skøyen. Her har det blitt tatt utgangspunkt i FOV sin kundedatabase og komplettertes med informasjon fra offentlig eiendomsregister der FOV ikke har hatt grunnlag. Videre har listen kompletterts med større bygg (>5000 m²) som har synlige tørrkjølere på tak. Estimert bygningsareal er basert på underlag fra FOV og komplementert med matrikkeldata fra infoland.

Bygg som er innmeldt for nybygging til kommunen er fjernet fra listen over eksisterende bygg.

Metode

Kjølebehov for eksisterende bygg er estimert ved å sette en andel av brutto areal lik kjølt areal, f.eks. 80 %. I denne konseptutredningen benyttes effekt og energibehov for kjøling lik 40 W/m² og 40 kWh/m² som nøkkeltall for alle bygg.

Listen er komplementert med bygg med synlige tørrkjølere. Disse vil normalt ha sentrale kjøleanlegg. Satellittbilder fra Google earth og flybilder fra gulesider har blitt benyttet til å finne tørrkjølere. Bygg uten synlige tørrkjølere kan ha kjøling innebygget i ventilasjonsanlegget. Det er ofte en løsning som velges på mindre anlegg. Implementering av kjøling i slike bygg vil kreve utskifting av kjøleaggregat med kjølebatteri i hvert ventilasjonsanlegg. Ofte er også kjølebehovet begrenset. I denne vurderingen er bidraget fra disse byggene neglisjert.

Basert på byutviklingsplanen fra Oslo kommune har Skøyen blitt delt inn i 7 områder.

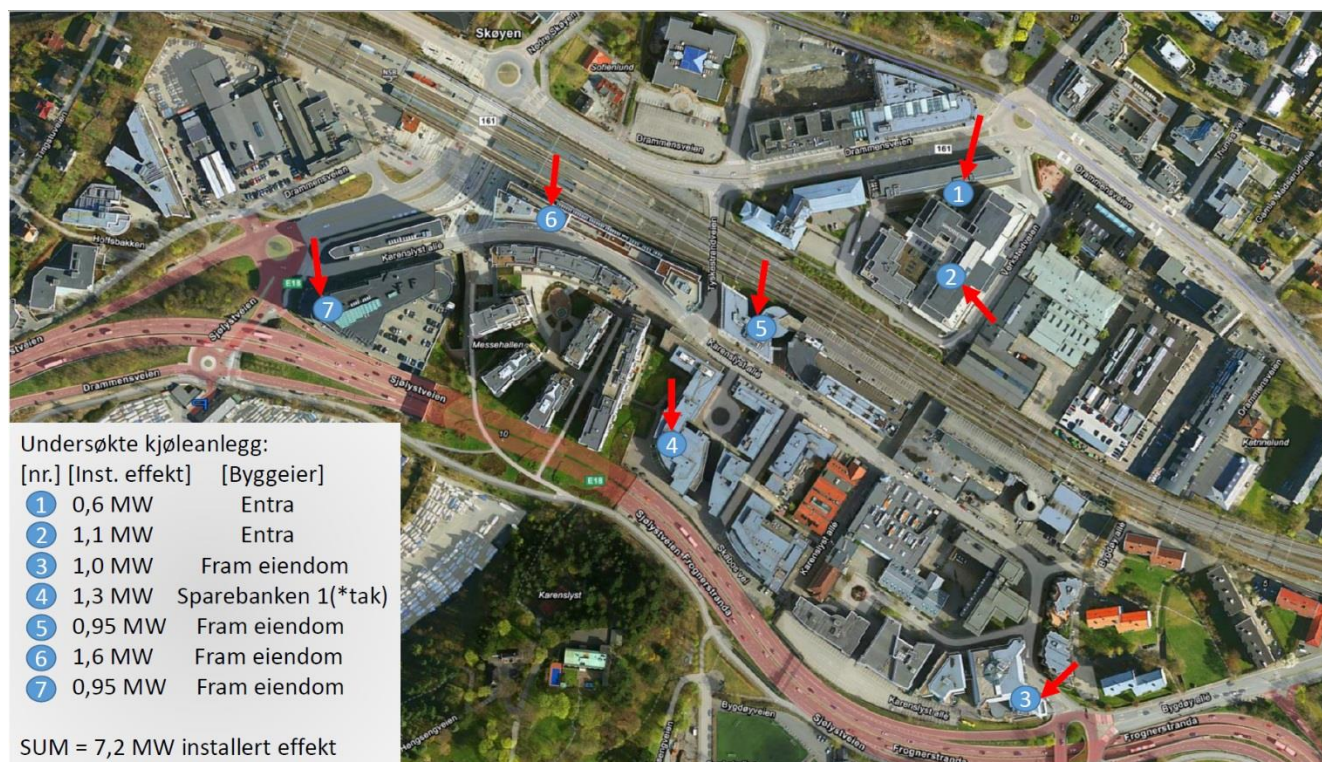
Befaring

Det har blitt gjennomført befaringer på 7 av de største byggene på Skøyen. Samlet står de for ca. 40% av eksisterende kjølebehov på Skøyen. Byggene eies av tre ulike byggeiere, Fram eiendom, Sparebanken 1 Eiendom, og Entra.

Formålet med befaringene var å utrede følgende:

- Oppbygging av kjøleanlegg, sentral kjølemaskin eller DX-anlegg
- Kjølekapasitet
- Alder på kjølemaskiner
- Plassering av kjølemaskin, for eventuell tilkobling til fjernkjølenett

Figuren under viser byggene hvor det er gjennomført befaring. Plassering av nummertag i figuren angir hvor kjøleanlegget er plassert i bygget. Alle bygg, utenom bygg nr.4, har kjølemaskin i kjeller med dumping av varme over tak. Bygg nr.4 har komplett kjøleaggregat på tak, med tilkobling til isvannskrets.



Figur 1 Oversiktsbilde fra befaring

Samlet har de 7 byggene installert effekt på 7,2 MW. Felles for byggene var at kapasiteten på luftkjølere, for dumping av varme, var begrensende og ingen bygg hadde vesentlig overkapasitet. Det er derfor lite potensiale for å skaffe tilgang til eksisterende kjøleanlegg som kan mate inn på fjernkjølenettet.

Se vedlegg A4 for mer utfyllende informasjon fra befaring.

Kvalitetskontroll

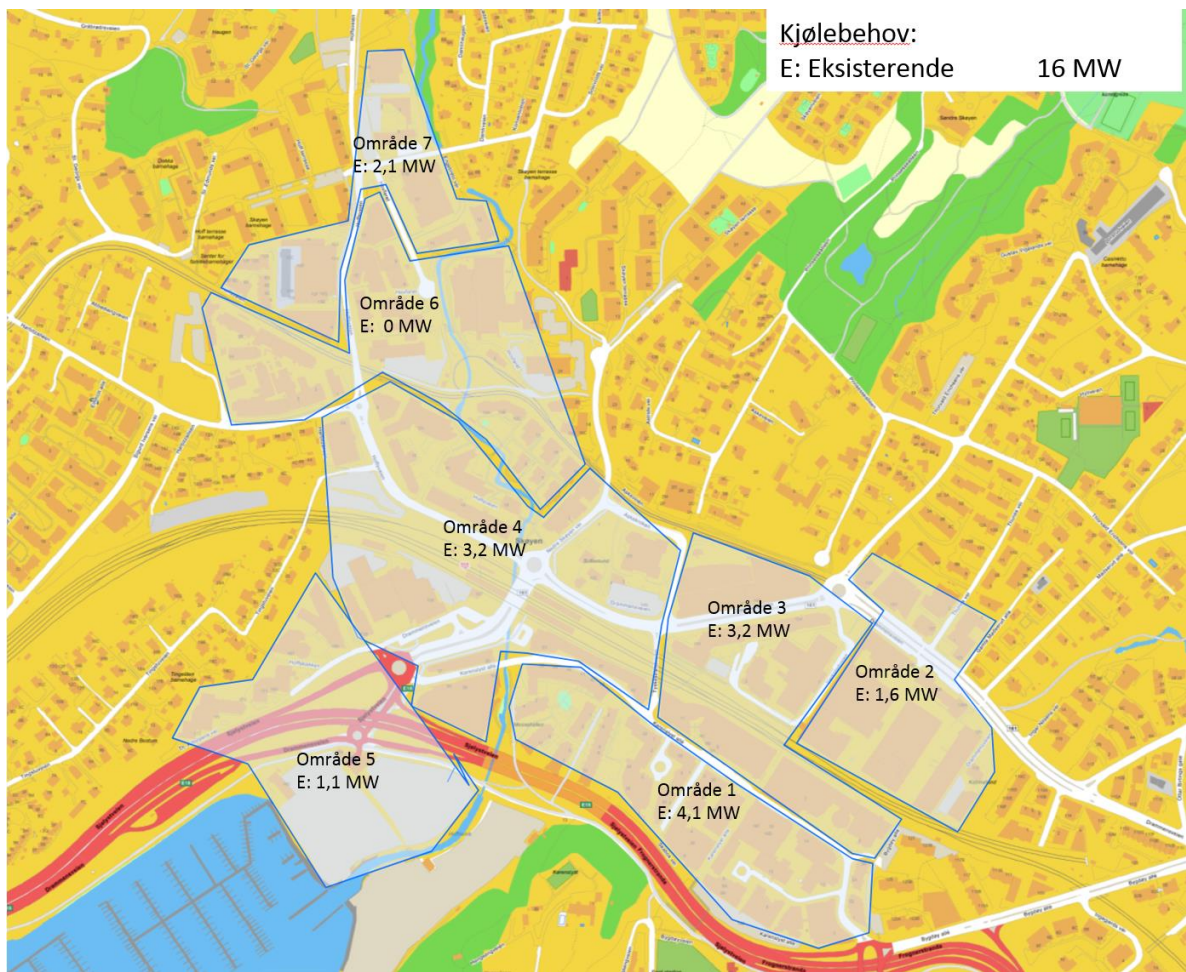
Informasjon fra befaringene er benyttet for å kvalitetssikre kjølebehovet for eksisterende bygg. Der hvor estimert effektbehov var høyere enn reel installert effekt, ble estimeringsverdien korrigert. Korreksjonen er gjort ved å korrigere andel kjølt areal i beregningene, se vedlegg A3.

Resultat

På kart og lister er byggene nummerert med E og løpenummer. For komplett liste og kart over kartlagte bygg se vedlegg A2 og A3.

Kartet under viser kjølebehovet for kartlagte eksisterende bygg fordelt på områder.

Det er estimert at eksisterende bygg har et kjølebehov på 16 MW.



Figur 2: Kundegrunnlag eksisterende bygg

Fremtidig potensial på kort sikt

Underlag

Prosjekter som er innmeldt til kommunen er samlet i egen liste. FOV har hentet informasjonen fra Byggfakta og saksinnsyn fra Plan- og bygningsetaten for å identifisere arealene.

Metode

Kjølebehov for innmeldte bygg er estimert ved å sette 80 % av brutto areal lik kjølt areal. Videre har det blitt benyttet effekt og energibehov for kjøling lik 40 W/m² og 30 kWh/m² som nøkkeltall for alle bygg.

Resultat

På kart og lister er byggene nummerert med N og løpenummer. For komplett liste og kart over kartlagte bygg se vedlegg A2 og A3.

Innmeldte bygg har et estimert kjølebehov lik ca. 4 MW

Fremtidig potensial på lang sikt

I tillegg til estimatet for eksisterende og innmeldte bygg har det blitt skissert hvilket omfang fjernkjølenettet kan få på lengre sikt. Dette har betydning for bl.a. hvilke rørdimensjoner som bør legges til grunn ved utbygging.

Underlag

I denne konseptstudien har det blitt lagt til grunn Plan- og bygningsetatens forslag til ny byutviklingsplan. Den ble utgitt i 2015 og har perspektiv for Skøyen frem mot 2030. Planen omfatter arealbruk, struktur for offentlige rom, byggehøyder, utnyttelse og trafikksystem. Endelig plan for ny områderegulering skal til politisk høring 1.halvår av 2018.

Metode

Basert på byutviklingsplanen har Skøyen blitt delt inn i 7 områder, etter tetthet og reguleringshøyde på bygg. Det er beregnet maksimalt kjølebehov for næringslokaler dersom alle bygg på Skøyen ble fornyet i henhold til byutviklingsplanen. Deretter er estimatet justert mot en forventning om hvor stor andel av bebyggelsen som vil fornyes frem mot 2034. Metodikken er beskrevet i detalj i vedlegg A3.1.

I denne studien benyttes effekt- og energibehov for kjøling for næring- og kontor lik 40 W/m² og 30 kWh/m².

Resultat

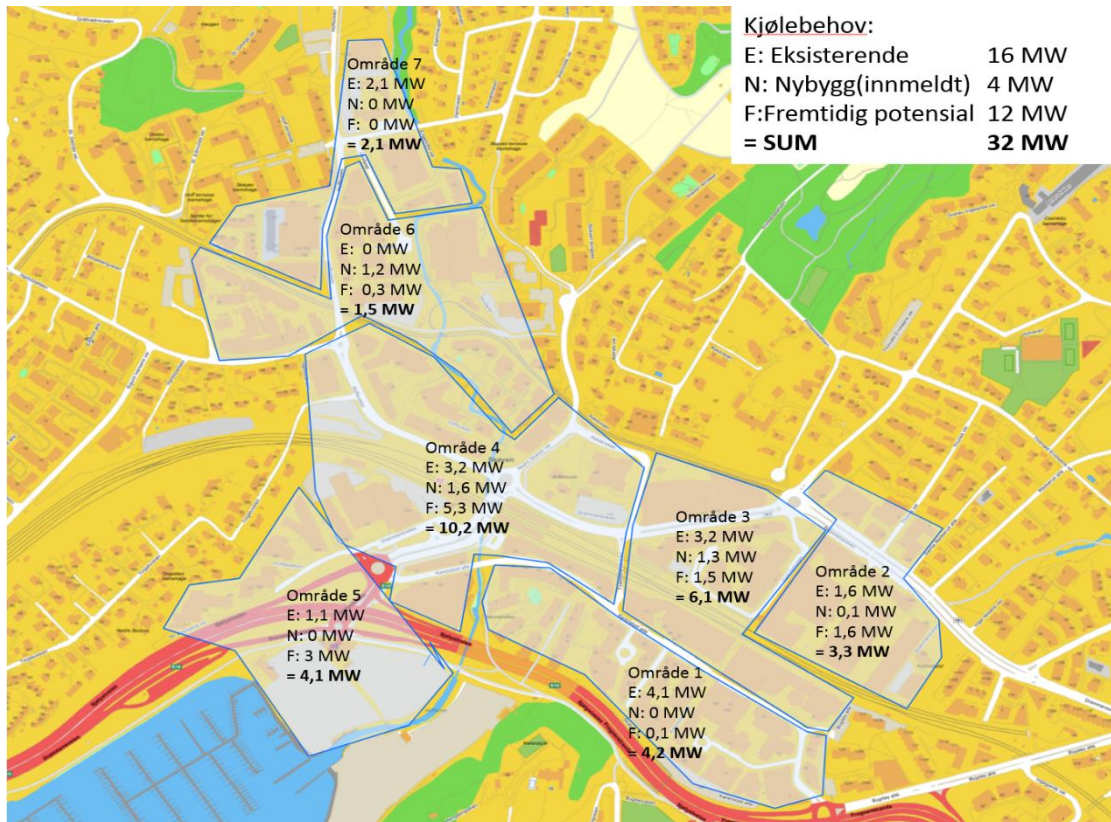
På kart og lister er områdene nummerert med F og løpenummer. For komplett liste, kart og beregning av fremtidig potensial på lang sikt, se vedlegg A2 og A3.

Det er estimert at fremtidig potensial på lang sikt utgjør et kjølebehov på 12 MW.

Oppsummering

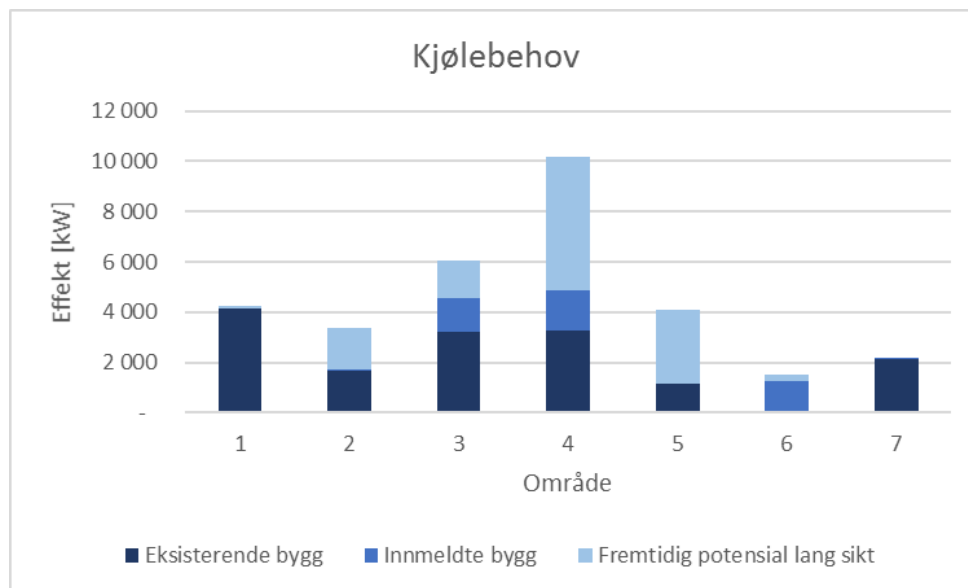
Samlet kjølebehov er estimert til 32 MW. Eksisterende bygg utgjør halvparten av fremtidig kjølebehov.

Kartet under viser kjølebehovet for eksisterende, innmeldte og fremtidige bygg.



Figur 3: Kundegrunnlag eksisterende og innmeldte bygg samt fremtidig potensial på lang sikt

For flere detaljer se figur og graf under, samt vedlegg A2 og A3.

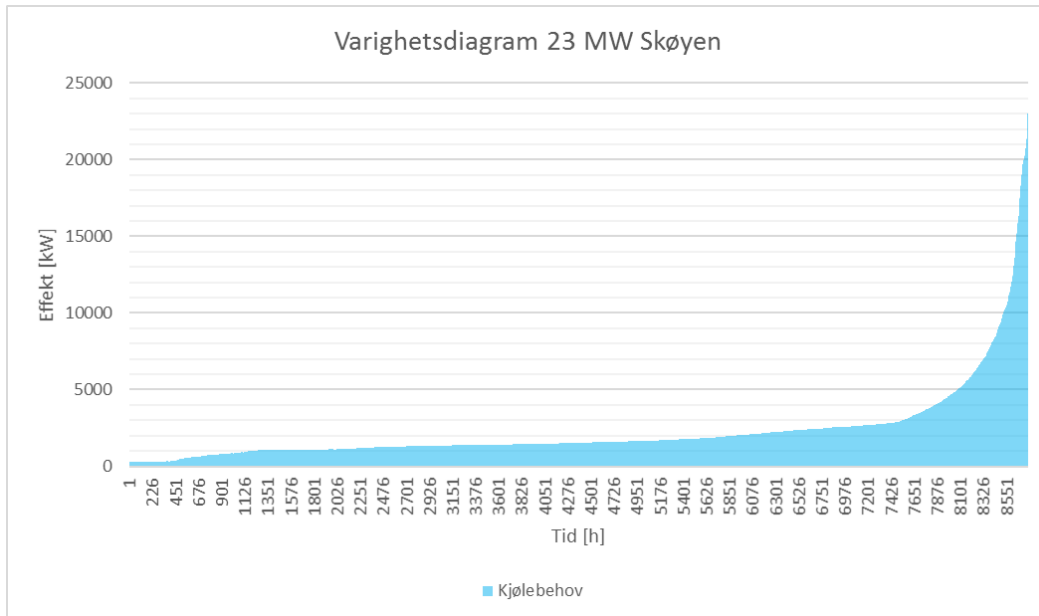


Figur 4: Estimert kjølebehov på Skøyen

Varighetsdiagram

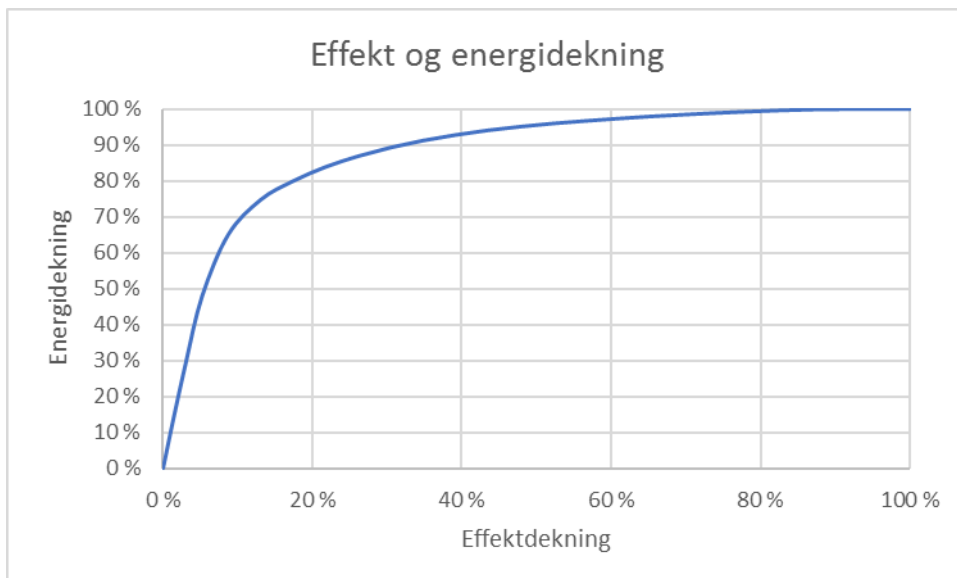
For å illustrere fordeling av effekt og energi over året har vi utarbeidet et varighetsdiagram. Varighetsdiagrammet viser effektbehovet for hver time i året sortert fra minst til størst.

Vi har forutsatt at ca. 70 % av kundegrnlaget tilknyttes et fjernkjølenettet. Videre har vi lagt inn at kundemassen vil bestå av 50 % eksisterende og 50 % nybygg. Varighetsdiagrammet under viser hvordan vi forventer at kjølebehovet vil fordele seg over året.



Figur 5 Varighetsdiagram ved 23 MW effektbehov og brukstid 875 timer.

Varighetsdiagrammet viser at det er meget kort tid med store effektuttak. Figuren under viser hvor mye energi som kan leveres ut i fra en kildes effektdekning. For eksempel vil en kilde med 20 % effekt i forhold til totalt behov kunne dekke ca. 80 % av energibehovet.



Figur 6 Energidekning avhengig av installert effekt.

Fjernkjølenett

Innledning og forutsetninger

Det er gjennomført en vurdering av 3 ulike alternativer for etablering av fjernkjølenett på Skøyen.

Det er lagt til grunn at nettet skal kunne overføre opptil 18 MW kjøling fra varmepumpene i Skøyen VS og 5 MW fra en ny kjølesentral i området rundt Drammensveien 161. Plassering av ytterligere kjølekapasitet er ikke vurdert.

Nettet er dimensjonert basert på følgende forutsetninger:

- Temperaturnivå fjernkjøling 7 / 14°C
- Standardlengde stikkledninger 15 m
- Dimensjoneringskrav stikkledning: 50-190 Pa/m
- Dimensjoneringskrav hovedledning: < 100 Pa/m

Det er beregnet investeringskostnad for de ulike alternativene. Investeringskostnad inkluderer prosjektering, rørkostnad, montering, og etablering av trase. Investeringsestimatet er basert på summen av trasekostnader for etablering av stikk-, fordelings- og hovedledninger i nettet. Det forutsettes at grensesnitt mot kunde er yttervegg bygg. Dermed forutsettes det at kostnad til kundesentral og innvendig arbeid hos kunde dekkes med anleggsbidrag.

Tabellen under viser enhetspriser som er lagt til grunn for fjernkjøletrase i ytter-, park-, sentrums-, og nybygningsområder.

Tabell 2 Enhetspriser for separat lagt fjernkjøletrase

Enhetspriser FK-kulvert (grøft)				
Rørdim	ytteromr.	parkomr.	sentr.omr.	nybygn.omr
DN	kr/m	kr/m	kr/m	kr/m
25	2 700	2 200	3 700	1 700
32	3 200	2 400	4 300	1 900
40	3 700	2 800	4 800	2 200
50	4 400	3 200	5 400	2 500
65	4 900	3 600	5 900	2 800
80	5 400	3 900	6 400	3 100
100	6 100	4 400	7 100	3 500
125	6 700	4 900	7 700	3 900
150	7 400	5 500	8 600	4 400
200	8 200	6 200	9 800	5 000
250	9 400	7 400	11 500	5 900
300	10 500	8 400	13 200	6 700
400	12 800	10 600	16 100	8 500
500	14 300	12 000	18 300	9 600
600	16 100	13 700	20 800	10 900

Bruk av eksisterende fjernvarmerør

Bruk av eksisterende fjernvarmerør mellom varmepumpene i Skøyen sentral og Hoff er vurdert på side 18 under **Generelle betraktninger ved kjøleleveranse**. Konklusjonen er at eksisterende røranlegg kan benyttes til fjernkjøling i sommersesongen.

Alternativ A: Spisslastsentral Skøyen VS – Påkobling ved Hoff VS

I dette alternativet kobles fjernkjølenettet til eksisterende FV-ledning ved Hoff VS, se vedlegg B1 for kart. Dermed benyttes eksisterende FV-ledning mellom Skøyen- og Hoff VS til vekselvis varme- og kjøleleveranse. Skøyen VS vil kun være tilgjengelig som spisslastsentral for kjøling.

Tabellen under viser investeringsestimater for alternativ A, se vedlegg B1.1 for detaljer.

Tabell 3 Investeringsestimater for fjernkjølenett utbyggingsalternativ A (felles infrastruktur med varme).

Alternativ A	Traselengde [m]	Gj. Enhetskost [kk/m]	Sum [kk]
Stikkeldninger	1 345	7,8	10 500
Fordelingsledninger	1 780	10,2	18 200
Hovedledninger	940	19,8	18 600
Uforutsett		10 %	4 730
		Sum	52 030

Samlet investeringsestimater for alternativ A er 52,0 millioner kr.

Alternativ B: Spisslastsentral Skøyen VS - Påkobling i Engebrets vei

I dette alternativet kobles fjernkjølenettet til eksisterende FV-ledning i Engebrets vei, se vedlegg C2 for kart. Dermed benyttes eksisterende FV-ledning mellom Skøyen VS og Engebrets vei til vekselvis til varme- og kjøleleveranse. Skøyen VS vil kun være tilgjengelig som spisslastsentral for kjøling. Se vedlegg B2 for kart og B2.1 for beregning av dimensjoner og kostnader.

Tabellen under viser investeringsestimater for alternativ B, se vedlegg B2.1 for detaljer.

Tabell 4 Investeringsestimater for fjernkjølenett utbyggingsalternativ B (felles infrastruktur med varme).

Alternativ B	Traselengde [m]	Gj. Enhetskost [kk/m]	Sum [kk]
Stikkeldninger	1 310	7,7	10 100
Fordelingsledninger	2 870	13,5	38 800
Hovedledninger	770	15,5	11 900
Uforutsett		10 %	6 080
		Sum	66 880

Samlet investeringsestimater for alternativ B er 66,9 millioner kr.

Alternativ C: Separat kjøledistribusjon

I dette alternativet etableres et separat distribusjonsnett for kjøling helt frem til varmepumpene, se vedlegg B3 for kart.

Trase for nye fjernkjølerør ut av varmepumperommet er vurdert i kapittel «Rørtrase ut av tunnel» side 24. Vi har vurdert alternativet at det bores en ny trase fra terreng på oversiden av varmepumperommet som det mest hensiktsmessige.

Det nye kjølenettet blir uten noen forbindelser til FV-ledningen, og sentralen kan derfor fungere som grunnlastsentral, men alternativet vil også være aktuelt for spisslastsentral der man skal ha ut 18 MW kjøling fra Skøyen varmesentral.

Investeringsestimater under inkluderer ikke kostnad for boring og etablering av trase fra terreng til varmepumperom. Disse kostnadene er inkludert i under ombygging av kjølesentralen.

Tabellen under viser investeringsestimater for alternativ C, se vedlegg B3.1 for detaljer.

Tabell 5 Investeringsestimater for fjernkjølenett utbyggingsalternativ C (separat infrastruktur for kjøling).

Alternativ C	Traselengde [m]	Gj. Enhetskost [kkr/m]	Sum [kkr]
Stikkeldninger	1 310	7,7	10 100
Fordelingsledninger	2 870	13,5	38 800
Hovedledninger	1 120	16,5	18 500
Uforutsett		10 %	6 740
		Sum	74 140

Samlet investeringsestimater for alternativ C er 74,1 millioner kr.

Tilknytningskostnader for kunde

Det er lagt til grunn at grensesnittet mot kunden går ved yttervegg på kundens bygg. Det betyr at kunden må stå for rørføring fra yttervegg til kundesentral, inklusiv kundesentral. Tabellen nedenfor oppgir komplett prisestimat for kundesentral, rørarbeider og hjelpearbeider for inntransport og montering. Prisene er basert på rammeavtale for et fjernvarmeselskap for 2017. Prisene er eks. prosjektering, byggeledelse og prosjektledelse. Det er forutsatt at gjennomsnittlig lengde for føring av rør fra yttervegg til kundesentral er 25 meter.

Komplette kundesentraler m/kommunikasjon ekskl prosjektering/byggeledelse/prosjektledelse												
Rørdimensjon	Rørdimensjon			Prefab	Lengde	Rørarbeider	Isolering	El kobling	Inntransport	Rigg+drift	Usikkerhet	Sum 2017
Delta T = 7°C ["(tommer)]	Delta T = 7°C [DN]	finn.rad [kW]	Effekt [kW]	kundes. [kr]		[kr]	[kr]	[kr]	av KS [kr]	[kr]	[kr]	[kr]
2,5	65	25	50	90 936	25	117 800	32 800	12 000	10 000	3 508	17 611	284 700
3	80	75	100	90 936	25	144 600	38 400	12 000	10 000	4 103	20 910	320 900
4	100	150	200	110 546	25	182 000	48 900	12 000	10 000	4 454	25 735	393 600
5	125	250	300	137 487	25	225 200	58 900	12 000	10 000	5 066	31 117	479 800
5	125	400	500	172 354	25	225 200	58 900	12 000	12 000	5 166	31 327	516 900
6	150	625	750	207 471	25	278 200	69 200	12 000	15 000	6 429	38 083	626 400
8	200	875	1000	229 800	25	374 300	89 300	12 000	15 000	8 145	49 874	778 400
8	200	1250	1500	340 397	25	374 300	89 300	12 000	15 000	8 145	49 874	889 000
10	250	1750	2000	380 042	25	465 500	111 200	12 000	20 000	9 957	61 866	1 060 600

Kjøleproduksjon fra Skøyen varmesentral

Innledning

Skøyen varmesentral har i dag 2 varmepumper. De henter varme fra urensset avløpsvann og leverer varmen til fjernvarmenettet. Ved etablering av fjernkjølenett i området kan det være interessant å bygge om varmesentralen slik at den også kan levere kjøling på sommeren. Ulike metoder for ombygging vurderes i dette kapittel.

Eksisterende varmepumper

Overordnet oppbygging

Begge varmepumpene i Skøyen varmesentral har tilnærmet lik oppbygging. Varme hentes fra kloakk og leveres til fjernvarmenettet. Varmepumpene er designet for å levere høy temperatur og høy ytelse. Som følge av dette er det valgt turbokompressorer. I stedet for 2 separate kompressorer på hver varmepumpe er det installert en 2- trinns kompressor med en elektromotor. Bilde under viser høyspent elmotor og kompressor for varmepumpe 1. Oppbyggingen er hensiktsmessig for leveranse til fjernvarmenettet.



Figur 7 Kompressor, planetgir og vannkjølt høyspentmotor for varmepumpe 1. Gass fra fordampner entrer kompressor horisontalt fra venstre. Gass fra mellomtrykksbeholder entrer kompressor vertikalt, lengst til venstre. Kompressoren leverer høytrykks-gass vertikalt opp og til venstre til kondensator som er installert utenfor bilde.

Når maskinen skal kjøres må kuldemediet sirkulere igjennom begge trinnene i kompressoren før overskuddsvarmen kan avgis i kondensator. Turbokompressorene har en nedre grense for minimum trykkløft. Ved for lavt trykkløft vil det oppstå aksielle krefter i kompressoren som igjen fører til høy oljetemperatur og kontrollert stopp. Dette medfører at den laveste utgående temperaturen fra kondensator er ca. 65-75°C. Dette gjelder både for VP 1 og for VP2.

Ytelse

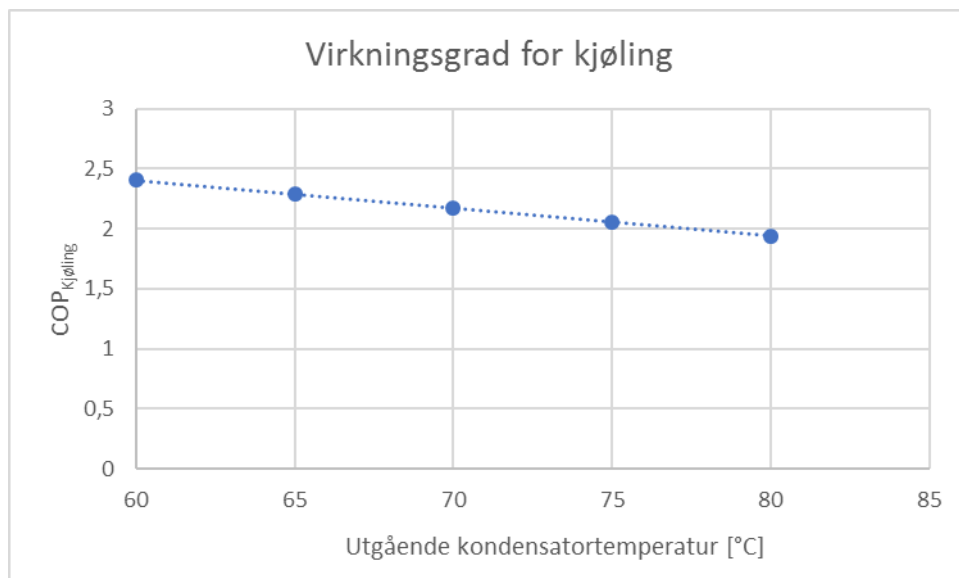
Varmepumpe 1 har en produksjonskapasitet for varme lik 18 MW og kjøling lik 12 MW

Varmepumpe 2 har en produksjonskapasitet for varme lik 9 MW og kjøling lik 6 MW.

Produksjonskapasitet er først og fremst avhengig av fordampningstemperatur. Ved overgang til kjøleleveranse vil fordampningstemperaturen være tilnærmet uendret. Ytelsene over kan derfor legges til grunn for alle alternativ.

Temperaturnivå og virkningsgrad

I samtale med Jurg Burri (Friotherm) den 1. mai kom det frem at man ikke kan vite hvor lav temperatur som kan leveres fra varmepumpene før det er testet ut på anlegget. Erfaring fra andre tilsvarende anlegg tyder på at et temperaturløft (mellom utgående fordampner og kondensatortemperatur) ned mot ca. 60 °C kan være mulig. I figuren under er virkningsgrad for kjøling oppgitt ved varierende utløpstemperatur fra kondensator. Friotherm har fremskaffet ytelsesdata ved 80 og 60 °C utgående temperatur (interpolert derimellom). Beregningene er basert på inn/utgående fordampertemperaturer lik 12/5 °C.

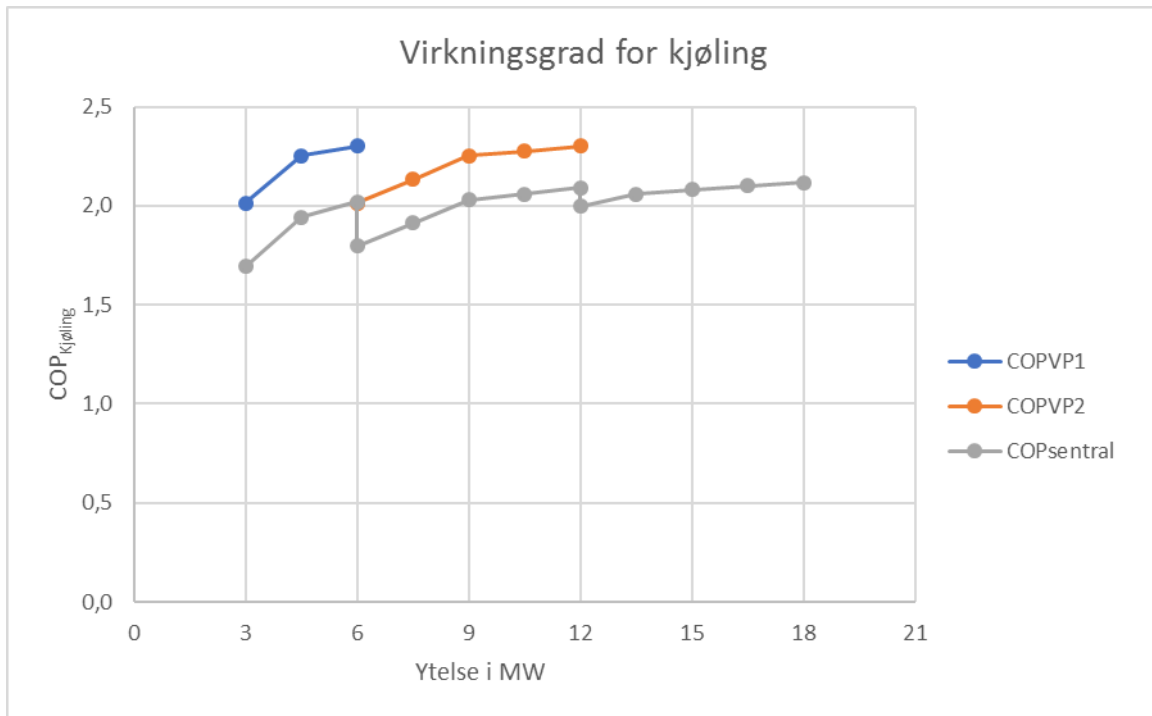


Figur 8 Virkningsgrad som funksjon av utgående kondensatortemperatur. Det er forutsatt tur/returtemperatur lik 5/12 fra kjølemaskinen.

I videre vurdering er det lagt til grunn en utgående kondensatortemperatur lik 65 °C som ved full last gir en $COP_{kjøling} = 2,3$.

Reguleringsområde og virkningsgrad

Eksisterende varmepumper har reguleringsområdet lik 50-100 % uten varmgass overløp. Ved åpning av varmgass overløp kan ytelsen reduseres ned til ca. 40 %, men da faller virkningsgraden raskt. Det anbefales at maskinene kjøres uten overløp med reguleringsområdet 0-50 %. Grafen under viser virkningsgrad og reguleringsområde til hver varmepumpe og til hele sentralen. For hele sentralen er virkningsgrad kompensert for strømforbruk til kloakk- og fjernkjølepumper samt et øvrig tap lik 10 kW.



Figur 9 Virkningsgrad som funksjon av levert kjøleeffekt. Normalt vil det være få dager med maksimalt behov. Veid snitt vil derfor ligge i det nedre området. En COP lik 1,9 legges til grunn ved økonomiske beregninger.

Reguleringsområde for kjøleproduksjon vil bli 3-18 MW.

Generelle betraktninger ved kjøleleveranse

Gjenbruk av rør i tunnel

Det er i dag etablert 2 stk. DN 300 rør for fjernvarmedistribusjon fra varmpumperom innerst i tunnel til tunnelåpning. Traseen er ca. 300 meter lang. Rørene er lagt på stativ som er etablert på tunnelvegg. Rørene er isolert med steinullmatter og mantlet med aluminiumsmantling.

Ved bruk av rørene til kjøling vil det diffundere inn fuktighet i isolasjonen som kondenserer på røret. Dette vil igjen føre til korrosjon som på sikt vil ødelegge rørene. Ved bruk av rørene til kjøling må det gjøres tiltak for å unngå kondensering. Eksempel på tiltak kan være:

- 1) Installere en diffusjonstett film rundt rørene
- 2) Demontere isolasjon og remontere en isolasjon som både er egnet for varme og kjøling
- 3) Avfukte luft som er i kontakt med rørene slik at duggpunktet for luften er lavere enn temperaturen på rørene.

Tiltakene er vurdert under. Basert på vurderingen er det valgt å gå videre med alternativ 2 i konseptutredningen.

Diffusjonstett film rundt rørene

Teoretisk kan det være mulig å få overflaten på utsiden av rørene diffusjonstett. F.eks. ved å legge over en film. I praksis vil det være vanskelig å få god tetting i alle skjøter ved opplagringene. I tillegg vil løsningen være skjør i forhold til utvendig slitasje. Totalt sett vil det bli stor risiko for feil og utilstrekkelig beskyttelse i anleggets levetid. På dette grunnlag har vi valgt å ikke arbeide videre med løsningen.

Isolasjon som er egnet for varme og kjøling

Dette gir den teknisk beste og mest holdbare løsningen. I praksis vil det best egnede materialet være PUR skum. Løsningen innebærer følgende

- demontere isolasjonen
- prime rørene
- legge på ny mantling
- Skumme opp tomrom mellom rør og mantling (med PUR skum, slik som for preisolerte rør)

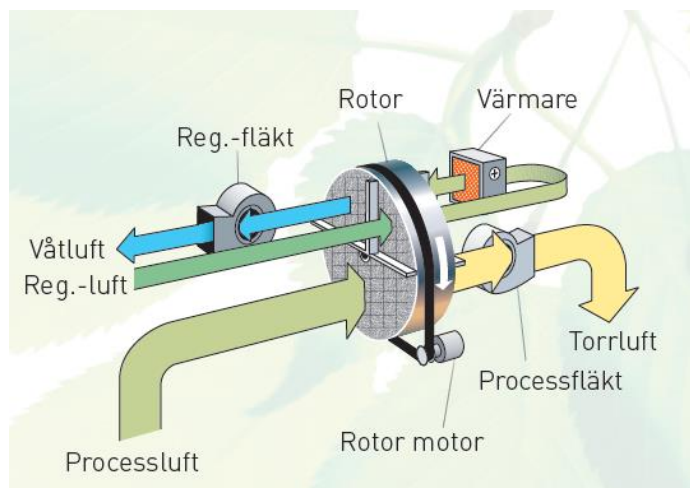
Kostnaden for denne isoleringsmetoden er omtrent som for klassisk isolering med steinullmatter og mantling med aluminiumsfolie. Noe høyere kostnad må imidlertid påregnes som følge av at eksisterende isolasjon også skal demonteres. Løsningen innebærer imidlertid en økt brannfarerisiko og en potensiell utvikling av giftige gasser ved brann.

Tunnel benyttes som rømningsvei fra varmpumperommet. Ved videreføring i av prosjektet bør det gjøres egen vurdering av brannkonsulent i forhold til om PUR skum og aluminiumsmantling kan aksepteres. Alternativt finnes det brannhemmende cellegummi isolasjon som tåler 110 °C. Dette vil isåfall bli en rimeligere utførelse enn den har blitt tatt høyde for.

Avfukte luft

Dersom man klarer å senke duggpunktstemperaturen under rørtemperaturen vil det ikke oppstå kondensering på rørene. Det kan gjøres med luftavfukning. Både tunnelen og varmpumperommet er dimensjonert for relativt store ventilasjonsmengder. Det vil medføre krav til stor avfukningskapasitet.

Illustrasjonen under viser et prinsipp for avfukning med roterende absorpsjonstørke:



Figur 10 Tørking av luft med absorpsjonsrotor

Luften avfuktes fra 20 °C og 80 % RF, dvs 11,7 g vann/kg luft. Den forlater tørken med 4,7 g vann/kg luft som tilsvarer en duggpunktstemperatur lik 3 °C. Luften blir varmet opp til 40 °C som følge av tørkeprosessen. For å få en behagelig temperatur bør luften kjøles ned igjen.

Det har blitt hentet inn et tilbud på en tørke med kapasitet til 9.000 m³/h. Pris er 350.000 kr. I tillegg kommer kostnader for installering med ventilasjonskanaler, rør- og elarbeid. Dersom teknologien blir valgt vil det være behov for større kapasitet samt å kombinere den med kjølebatteri før og etter tørke. En vil dermed raskt komme opp i et plassbehov tilsvarende et ventilasjonsaggregat. Trolig vil total investering bli i området rundt 1 mill. kr. Vi har valgt å ikke gå videre med denne løsningen grunnet krav til store ventilasjonsmengder.

Gjenbruk av rør i bakke

Om sommeren kan rør mellom Hoff og Skøyen varmesentral kobles ut av fjernvarmenettet og dedikeres til fjernkjøledistribusjon. Rørdimensjonen er DN 400 og rørene er preisolert. Isolasjonen er egnet både for varme og kjøledrift.

Ved bruk av rørene til fjernkjøling om sommeren vil rørene bli utsatt for store temperaturendringer. For å avklare om dette er problematisk har vi engasjert Gjöran Johansson i Powerpipe. Hans vurdering er gjengitt i vedlegg B4.

Kort oppsummert vil det, forutsatt at rørene er korrekt lag, være akseptabelt å benytte rørene vekselvis til varme og kjøling.

Gjenbruk av sirkulasjonspumper

Det har blitt vurdert om eksisterende pumper kan benyttes som sirkulasjonspumper i fjernkjølenettet. Følgende er vurdert:

- Sirkulasjonspumper i Hoff varmesentral
- Eksisterende pumper i Skøyen varmesentral
- Nye pumper i Skøyen varmesentral

Tabellen under oppsummerer kapasitet og løftehøyde til eksisterende pumper. Kapasiteten er også oppgitt som kjølekapasitet ved delta T = 7 °C.

Tabell 6 Oversikt over eksisterende pumper i Hoff og Skøyen varmesentral

Plassering	Tag	Antall [stk]	Kapasitet pr stk [m ³ /h]	Kapasitet pr stk [l/s]	Tetthet [kg/m ³]	Løftehøyde [mVS]	Virkningsgrad [%]	Elbehov [kW]	Kapasitet DeltaT = 7°C [kW]
Hoff VS	HU9NDC01AP001	3	1600	444	1000	167	84 %	867	13 100
Skøyen VS	Ukjent	2	820	228	1000	70	84 %	186	6 700
Skøyen VP-rom	3NDA01AP001	1	1900	528	1000	98	88,5 %	573	15 500
Skøyen VS	NY	1	2210	614	1000	50	84 %	358	18 000

Hoff varmesentral:

I utgangspunktet passer sirkulasjonspumpene i Hoff varmesentral meget godt til å sirkulere fjernkjølevann via Skøyen varmesentral ut til forbrukerne. Det ville vært meget interessant å benytte disse, men det vil medføre at vi utsetter store deler av rørsystemet på Hoff varmesentral for kald temperatur. Det vil medføre kondensproblematikk på rørene. Etablering av ny isolasjon er meget omfattende grunnet et stort røranlegg. Vi har derfor ikke gått videre med alternativet.

Skøyen varmesentral:

Parallell drift av de to eksisterende pumpene i Skøyen varmesentral vil gi tilstrekkelig kapasitet. Bruk av pumpene vil medføre at kaldt vann vil sirkulere i varmesentralen. En må da iverksette tiltak mot kondensering. Reisolering av eksisterende rør kan bli omfattende. Vi har foreløpig sett bort i fra dette alternativet, men det bør revurderes dersom en velger å bruke eksisterende røranlegg for distribusjon av kjøling.

Skøyen VP rom:

Pumpe P3 er meget godt egnet til å levere fjernkjøling. Denne har både høy løftehøyde og stor kapasitet. Vi har lagt til grunn å benytte denne for sirkulasjon av fjernkjøling i alternativet der Skøyen varmesentral bygges om til en spisslastsentral for kjøleleveranse.

Alt 1 A Spisslastsentral for kjøling med bruk av eksisterende infrastruktur

Ved bruk av Skøyen varmesentral som spisslastsentral for kjøling må man velge om sentralen skal levere varme eller kjøling. Begge deler kan ikke leveres samtidig. I et slikt scenario må fjernkjølenettet suppleres med en annen kjølesentral for grunnlastkjøling opp til minimum 3 MW. For å sikre noe slakk i systemet bør det tas høyde for om lag 5 MW kapasitet på sentral for grunnlastkjøling. Se eget kapittel for vurdering av en slik sentral.

Kjøleleveranse fra Skøyen vil kreve manuell klargjøring etter fyringssesongen. Tilsvarende vil varmeleveranse kreve manuell klargjøring etter kjølesesongen. Med denne løsningen vil det ikke være mulig med oppstart av varmepumpemodus om natten.

Forutsetning

Rørdimensjon fra varmepumperom og ut av tunnel er DN 300. Videre til Hoff varmesentral er dimensjonen DN 400 i nedgravet trase. Disse rørene er forutsatt benyttet til distribusjon av varme om vinteren og kjøling om sommeren.

Teknisk løsning

Overføringskapasiteten til eksisterende rør er begrenset til om lag 10 MW ved 7 °C temperaturdifferanse og 10 bar differansetrykk. Ved økt temperaturdifferanse vil leveringskapasiteten øke tilsvarende. En økning på noen grader kan være mulig, men det vil kreve tiltak på eksisterende kundefanlegg/regulering på minimum returtemperatur. Vi har ikke tatt høyde for dette. Følgelig blir maksimal kjøleleveranse i dette alternativet ca. 10 MW.

Minimumseffekten på varmepumpe 2 er 3 MW. Det medfører at reguleringsområdet for energisentralen vil bli 3-10 MW kjøleleveranse.

Prosesskjema i vedlegg C1-1 viser forslag til oppbygging.

Fjernkjølekrets:

Eksisterende rør for fjernvarme utnyttes for distribusjon av kjøling fra og med påkobling mellom Hoff og Skøyen varmesentral til og med grovfilter i VP2-rom. Fordamperne til VP1 og VP2 kobles i parallell og det installeres reguleringsutstyr for å styre vannmengden igjennom fordamperne. Rørene fra de to fordamperne kobles inn på hovedrør i VP1 rom før sirkulasjonspumpe P3. P3 utnyttes til fjernkjøledistribusjon.

Fjernkjølekretsen sirkulerer igjennom samme fordampere som henter varme fra kloakk. Ved overgang fra varmepumpedrift til kjøledrift er det nødvendig å rengjøre fordamperne, stenge ut kloakk-kretsen og koble inn fjernkjølingen.

Fjernvarme/kondensatorkrets:

Fortum Oslo Varme har overskudd av varme fra energigjenvinningsanleggene om sommeren. En spisslastsentral for kjøling vill øke overskuddet ytterligere. Derfor legges det til grunn at varmen må dumpes. Den rimeligste måten å bli kvitt varmen på er trolig å avgi den til kloakk. Det har derfor blitt foreslått en dumpingveksler mot kloakk.

Temperaturen fra varmepumpene kan bli så høy at rørveggtemperaturen på kloakksiden kan bli over 40° C i varmeveksleren. Det vil medføre risiko for at proteiner stivner med dertil oppbygging av belegg i veksleren. Det har derfor blitt lagt inn en shunt slik at temperaturen ved dumpingveksler kan reguleres ned for å motvirke denne problematikken.

En ny pumpe vil sirkulere vann igjennom dumpingveksler. Utløpet fra veksleren deler seg og sirkulerer delvis til 3-veisventil for nedblanding av temperatur til dumpingveksler og delvis igjennom varmepumpenes underkjølere og kondensatorer.

Varmepumpene har relativt likt krav til minimum kondenseringstemperatur. De er derfor koblet i parallell på kondensatorsiden.

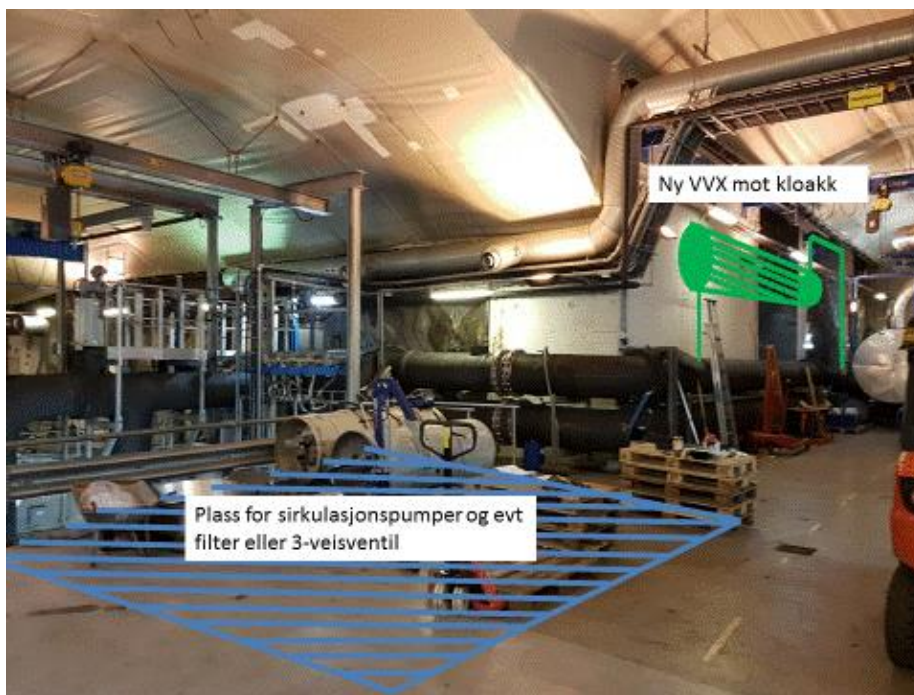
Kloakk:

En ny veksler for dumping av varme kobles inn i parallell med eksisterende fordamper til VP1. I kjølemodus stenges fordamper til VP1 ut og kloakken sirkulerer kun igjennom dumpingveksler. Eksisterende 4-veisventil og flowmåler utnyttes også ved sirkulering igjennom dumpingveksler. I varmpumpedrift stenges dumpingveksleren ut og kloakken vil kun sirkulere igjennom fordamperen til VP 1.

Kloakksystemet til VP2 vil ikke bli bygget om (det er ikke plass til å etablere egen dumpingveksler i VP2 rom).

Arealbehov

Bilde under viser hvilken plass vi kommer til å okkupere med denne løsningen. Den samme plassen vil bli benyttet i alle løsningene. I tillegg vil det bli etablert mange nye rør som må legges over varmpumpene. Det vil også bli behov for ombygging av røranlegg i passasje mellom rom for VP1 og VP2 for å komme igjennom med de nye rørene.



Figur 11 Bilde som viser plassering av hovedutstyr. Arealbehovet foran kloakkpumper (skravert) vil være ca. 6x5 meter. Ny varmeveksler for dumping av varme til kloakk plasseres på vegg.

Ombyggingsomfang

Rørarbeider

Ombyggingsomfang er illustrert på flytskjema i vedlegg C1-1 og omfatter:

Etablering av fjernkjølekrets

- Innkobling ved og bruk av eksisterende grovfilter – krever ombygging av eksisterende rør
- Legging av nye rør til de to fordamperne.
- Legging av nye rør fra de to fordamperne til P3. Påkoblingspunkt i rom med VP 1.

Det er lite tilgjengelig plass for ny rørtrase mellom VP 2 og VP1. Legging av denne rørforbindelsen vil kreve en del ombygging av rør ved P3. I den forbindelse vil det også bli behov for å flytte på noen elektriske installasjoner. Rørtrase er vurdert, men ikke avklart i detalj. Det er mulig et av rørene må legges ut i tunnelens hovedløp.

Etablering av dumpekrets mot kloakk:

- Innkobling på rør fra VP 1 kondensator
- Rørtrace til ny 3-veisventil og ny sirkulasjonspumpe
- Rørtrace til ny varmeveksler for dumping av varme mot kloakk (på vegg over kloakk rør)
- Rør utløp veksler til 3-veisventil
- Rør utløp veksler til innkoblingspunkt etter grovfilter – Krever ombygging av eksisterende rør.

Dimensjon DN 300

Etablering av nye kloakk rør:

- Rør legges på vegg og tilknyttes ny veksler som plasseres over eksisterende rør

Dimensjon DN 500.

Estimat i vedlegg D1-2 viser rørmengder og investeringsestimater for rørarbeidene

Elarbeider

Det vil bli behov for:

- ny stigeledning til ny kondensatorpumpe (med endring i hovedtavle).
- strømforsyning og signalutveksling med ca. 23 nye ventiler (alle har aktuator).
- Kabling av anslagsvis 20 instrumentpunkt.

Som følge av liten plass vil det også bli behov for å legge om noen kabelgater slik at vi får plass til nye rør. Omfanget for dette er ikke kjent, men det er satt av 0,5 mill. kr til formålet.

SRO arbeider

Endring av modus fra varmereproduksjon til kjøleproduksjon vil kreve en programmeringsendring i varmepumpene. Dette leveres av Friotherm.

Nye instrumenter og ventiler skal integreres i overordnet styresystem og signalutveksling med varmepumpene må utvides med et signal. Dette vil trolig kreve utvidelse av PLS/distribuert I/O.

Investeringsbehov

Totalt investeringsbehov er estimert til kr 21,2 mill. kr. Estimater er gjengitt i vedlegg D1-1.

Det gir en spesifikk investeringskostnad lik 2,1 mill. kr/MW.

Drift og vedlikeholdskostnader

Det anbefales å legge til grunn en COP for gjennomsnittlig kjøleproduksjon lik 1,9. Se Figur 9 for nærmere begrunnelse.

Drift av sentralen vil kreve at en av kloakkpumpene er i drift. Vi vet at det til tider kan være et stort behov for å suge bort stein i fra ansamlingsgrop før rister. Driftstiden for spisslastleveranse fra sentralen vil imidlertid være lav slik at dette behovet for arbeider på kloakkanlegget trolig blir begrenset til 2 arbeidsuker. Øvrig drift kan trolig gjøres med FOV eksisterende driftsorganisasjon.

På dette stadiet i vurderingen brukes en driftskostnad lik 20 øre/kWh for hele volumet som leveres.

Alt 1B Spisslastsentral med ny infrastruktur for fjernkjøling

Forutsetninger

Det legges ny infrastruktur for å utnytte produksjonskapasiteten til sentralen og overføre 18 MW.

Teknisk løsning

Rørtrace ut av tunnel

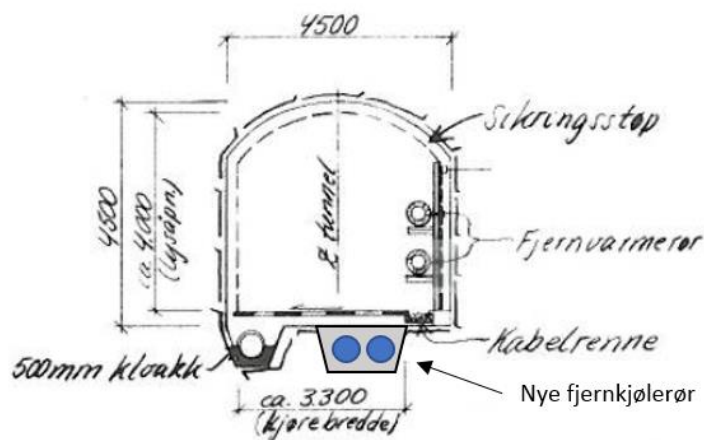
FOV ønsker å bevare lysåpningen i tunnel for å opprettholde eksisterende serviceadkomst til varmepumpeanlegget.

Nødvendig dimensjon er DN 500. Det er ikke plass til rør på eksisterende stativ på siden av tunnelen. Det har blitt vurdert følgende alternativ for trase:

- 1) Grave ned rør under eksisterende dekke
- 2) Bore igjennom fjell fra oversiden og ned til varmepumperom

Fjernkjølerør under dekke i tunnel:

Skissen under er fra byggetegning av tunnel. Den stemmer ikke helt (fjernvarmerørene etablert høyder opp på vegg og det er lagt en avtrekkskanal på undersiden), men den viser litt av utfordringene med å etablere nedgravet trace.



Figur 12 Tverrsnitt av tunnel mellom inngang i Skøyen varmesentral og VP rom. Alternativ med nedgravde fjernkjølerør er illustrert på tegningen.

Under eksisterende dekke er det etablert en 500 mm felles avløpsledning som ifølge VAV ikke kan stenges ut. Sannsynligvis er ledningen bygget i betong. Denne krysser over fra den ene siden til den andre ved innløpet til tunnelen.

Tegningene tyder på at det er sprengt en fordypning i tunneltverrsnittet under kloakkledningen. Om det skal etableres nye ledninger under dekke vil det bli behov for massiv pigging. Tunnelen er liten og gir kun adkomst til mindre gravemaskiner. Pigging vil dermed bli tidkrevende. I tillegg innebærer det risiko for at fjellet slår ut mot kloakkledningen og bryter denne. Graving av ny trace kan derfor innebære at det må legges en ny midlertidig kloakkledning i byggeperioden.

Totalt sett vil piggebehov, vanskelig adkomst og avløpsledning gjøre traseen vanskelig å drive frem. Som følge av dette har trasekostnadene totalt sett blitt satt anslagsvis 30 % dyrere enn ved fremføring av fjernvarmetrase i byområder (etter samtale med Petter Lien). Det medfører at kostnaden blir ca. 24.000 kr/meter. Totalt ca. 7,2 mill. kr.

Adkomsten til anlegget forhindres i byggeperioden. Det bør være gjennomførbart å bygge traseen i løpet av 4 mnd. om sommeren.

Boret trase ut av fjell:

Ved boring vil det være vanskelig å etablere et parallelt løp til eksisterende tunnel grunnet lengde og fall. Vi har derfor lagt til grunn at man borer seg ned i tunnelen fra oversiden. Boringen kan gjøres på skrå. Det er derfor mulig å starte på et egnet sted. Vi har lagt til grunn 20 meter sideforskyvning i forhold til ønsket gjennomslag i tunnel.

Tunneltaket i VP rom ligger på kote 16-17. Ønsket gjennomføringspunkt ligger litt utenfor Gulbergsvei (kote 46). Vi har forutsatt at borerigg må sette opp 20 meter horisontalt fra ønsket innføringspunkt. Med en vertikalavstand lik 30 meter og en horisontalavstand lik 20 meter blir den totale borelengden lik 36 meter. Kostnader for boring er basert på budsjettpris fra Olimb og Entreprenørservice.

Boringen gjennomføres i praksis ved at det bores et pilothull i dimensjon \varnothing 250. Deretter monteres det på en borekrone i ønsket dimensjon som trekkes tilbake med pilotstrengen. Boringen krever en del rigg og drift med mye tilgjengelig vann, en del strøm og støping av en plate der boremaskinen skal stå.



Figur 13 Bildene viser: Til venstre en typisk borerigg; oppe til høyre det ferdige hullet idet borekronen blir trukket tilbake; nede til høyre Borekronen rett etter gjennomslag.

Inklusive rigg og drift og etablering av nye rør i borehull samt 20 % uforutsett er kostnadene estimert til 2 mill. kr.

I tillegg kommer graving av noe lenger utvendig trase i et lite trafikkert område. Kostnad for dette er inkludert i utvendig trase, men for å sammenligne alternativene er den også oppsummert her. Vi har lagt til grunn en kostnad lik 14.000 kr/m og 300 meter. Økt trasekostnad blir da 4,2 mill. kr. Totalt estimat for boring og lenger trase er 6,2 mill. kr.

Boring vil kreve en del rigg, men når det først er på plass kan en forvente at de to rørene kan bores i løpet av en uke. Deretter kommer montasje av rørene som trolig også vil ta en uke.

Hvilket av alternativene som lønner seg å gjennomføre bør utredes nærmere ved beslutning om gjennomføring. I denne konseptstudie har alternativet med boret trase ut av fjell blitt tatt videre.

Overføringskapasiteten vil bli 18 MW ved 7 °C delta T.

Kjøleproduksjon

Prosesskjema i vedlegg C1-2 viser forslag til oppbygging. Funksjonen vil være lik som for alternativ 1A, men kjøledistribusjon og innkobling mot varmeanlegget blir likt som i alternativ 2.

Arealbehov

Det vil bli etablert egne pumper og grovfilter for fjernkjøling. Disse plasseres på skravert område som vist i Figur 11. Det legges til grunn at fjernkjølerørene kommer inn i tak over dette området. Se bildet under.



Figur 14 innføringspunkt for fjernkjølerør i tak nær kloakkpumper

Ombyggingsomfang

Omfanget vil være som for alt 2, men uten ny fordampner på VP 1. For estimat på rørarbeider se alt 2.

Investeringsbehov

Totalt investeringsbehov er estimert til kr 23,8 mill. kr. Estimater er gjengitt i vedlegg D-3.

Dette gir en spesifikk investeringskostnad lik 1,3 mill. kr/MW.

Drift og vedlikeholdskostnader

Drift og vedlikeholdskostnadene vil bli like som for alt 1.

Alt 2 Grunnlastsentral for fjernkjøling

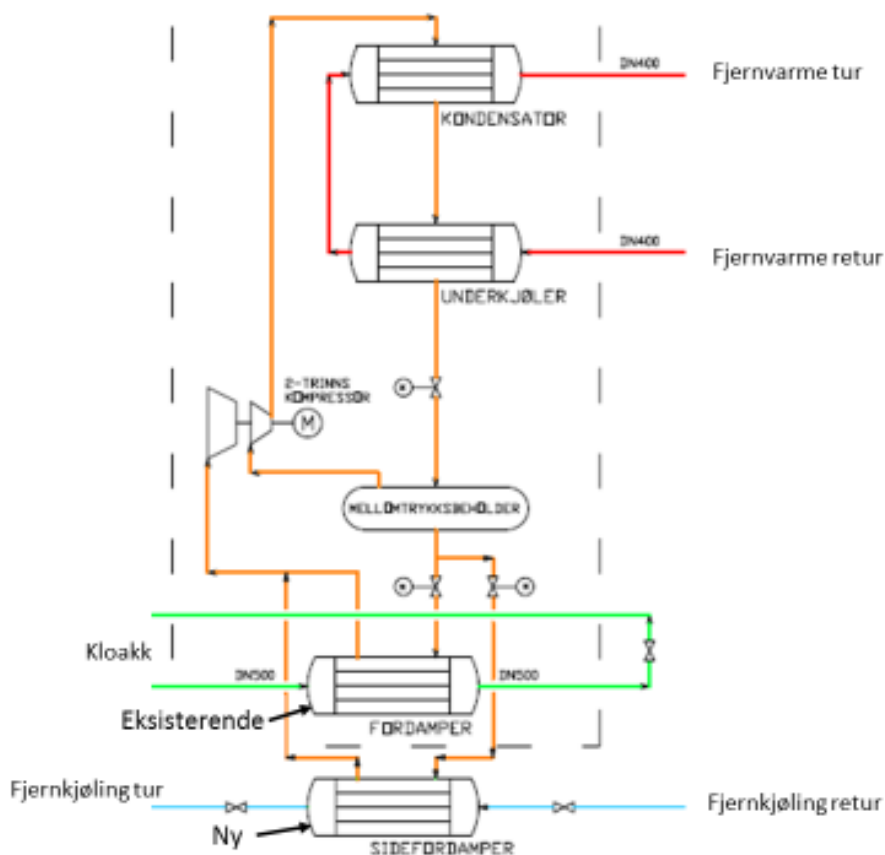
Forutsetninger

Det legges ny infrastruktur for å kunne levere varme og kjøling samtidig. Videre bygges varmepumpe 1 om med en ekstra fordampner slik at denne kan hente varme fra fjernkjølenettet og fra kloakk samtidig. Kapasitet til ny fordampner mot fjernkjølenettet skal være 12 MW.

Teknisk løsning

Rørtrase bores ut av fjell slik som for alt 1 B og det etableres separat infrastruktur for fjernkjøling.

Det installeres en ny fordampner på varmepumpe 1 slik at varme kan hentes parallelt fra fjernkjølenettet og fra kloakk i vinterdrift. I tillegg vil fordampneren ha stor nok kapasitet til å overføre full ytelse. Kjølerørene på varmepumpe 1 blir kun innkoblet mot den nye fordampneren. Figuren viser hvordan en ombygging av VP1 med fjernkjølenett koblet inn skulle kunne se ut.



Figur 15 Prinsippskjema VP 1 etter installasjon av ny fordampner mot fjernkjølenettet.

Fordamperen vil være av typen fylt fordamper med en ytre diameter lik 1,6 meter og en lengde lik 10 meter. Fordamperen vil øke fyllingsmengden med R-134a med 4,5 tonn. Det vil ikke være plass til å montere fordamperen på samme høyde som eksisterende kloakkfordamper. Det blir derfor behov for å bygge om reguleringen i varmpumpa og installere noen nye ventiler. Med denne endringen kan den nye fordamperen monteres på et annet nivå enn den eksisterende.

Det vil ikke være tilstrekkelig plass i oppstillingsrommet for å få til den samme løsningen på VP2. VP 2 kan i stedet kobles inn som en spisslastvarmpumpe og at kloakkfordamperen benyttes etter rengjøring slik som for alternativ 1.

Ombyggingsomfang

Ombyggingsomfang er illustrert på flytskjema i vedlegg C2 og omfatter:

Etablering av fjernkjølekrets

- Ny trase blir boret ned og kommer ut i tak i forkant av eksisterende kloakkpumper.
- Det bygges opp arrangement med 2 pumper og grovfilter i forkant av kloakkpumper, se Figur 11
- Legging av nye rør til de to fordamperne.
- Legging av nye rør fra de to fordamperne til tur ut av sentral.

Det er lite tilgjengelig plass for ny rørtrase mellom VP 2 og VP1. Legging av denne rørforbindelsen vil kreve en del ombygging av rør ved P3. I den forbindelse vil det også bli behov for å flytte på noen elektriske installasjoner. Rørtrace er vurdert, men ikke avklart i detalj. Det er mulig et av rørene må legges ut i tunnelens hovedløp.

Etablering av dumpekrets mot kloakk:

- Innkobling på rør etter P3 og nytt rør til ny dumpingveksler (kompleks trase).
- Rør fra ny dumpingsveksler til rør mot innløp underkjøler VP1
- Rør fra avgrening dumpingsveksler til utløp kondensator VP 1
- Bypas mellom tur og retur i VP 2-rom

Etablering av nye kloakk rør:

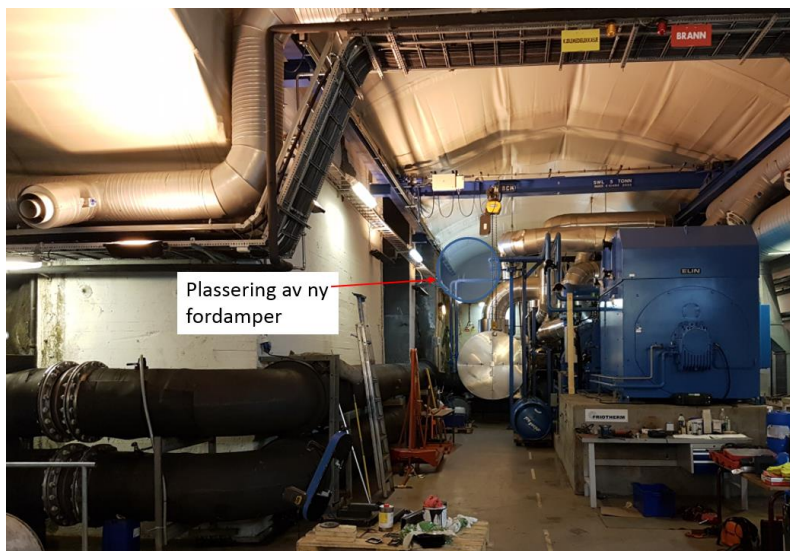
- Rør legges på vegg og tilknyttes ny veksler som plasseres over eksisterende rør

Dimensjon DN 500.

Estimat i vedlegg D2-2 viser rørmengder og investeringsestimat for rørarbeidene

Arealbehov

Fordamperen skulle kunne henges på vegg litt over eksisterende fordamper, se bilde under:



Figur 16 Plassering av ny fordampner ved VP1

Det er liten plass og installasjonsarbeidene kan bli relativt vanskelige. Mulig størrelsen på fordampneren også må justeres noe for å få dette til.

Totalt sett vil varmpumperommene fremstå som fullpakket etter modifisering for kjøleleveranse. Det kan i noe grad gjøre vedlikehold på deler av eksisterende anlegg noe vanskeligere.

Investeringsbehov

Totalt investeringsbehov er estimert til kr 44,1 mill. kr. Estimater er gjengitt i vedlegg D2-1.

Dette gir en spesifikk investeringskostnad lik 2,45 mill. kr/MW.

Drift og vedlikeholdskostnader

Ut ifra varighetsdiagram er det beregnet energileveranse fra Skøyen VS i periode med frikjøling og i periode med spisslastdrift. Gjennomsnittlig COP for alt 2 er 4,5.

Tabell 7 Tabell for beregning av gjennomsnittlig COP over året for alt 2.

Beregning av COP for Skøyen varmesentral	Energi [GWh]	COP	Elbehov [GWh]
Skøyen varmesentral frikjøling	4,9	50	0,10
Skøyen varmesentral spisslast	3,3	1,9	1,74
Sum Skøyen alt 2 i snitt	8,2	4,5	1,83

Alt 3 Utvidelse av grunnlastsentral med spisslastkjøling i kjelrom

Om det etableres parallell infrastruktur for varme og kjøling på Skøyen Varmesentral vil det være mulig å etablere en kjølesentral i deler av kjelrommet. Fjernvarmerør til varmpumperom kan brukes som kondensatorkrets og overføre varme til kloakk.

Det er imidlertid noen forhold som taler mot dette alternativet:

- 1) Ved modifisering av Skøyen varmesentral for kjøleleveranse vil det bli meget fult i oppstillingsrom for varmpumper. Det vil være vanskelig å få plass til ytterligere installasjoner.
- 2) Temperaturnivået på kondensatorkrets fra VP1 og VP2 er så høyt at kondensatorkretsen fra en ny kjøleinstallasjon må skilles ut i egen krets.
- 3) Kjøleleveransen vil være avhengig av tilgang på kloakk. Det kan være fornuftig for leveringssikkerheten å bygge ut kapasitet som er uavhengig av dette systemet.

Ved utbygging vil det kreve installasjon av en ekstra veksler mot kloakk med rørtilknytning både på kloakk og kondensatorside i varmpumperommet. Det er valgt å ikke utrede dette tiltaket ytterligere i denne fase.

Oppsummering

Skøyen varmesentral kan bygges om til å levere fjernkjøling. Med eksisterende distribusjonsrør mellom Hoff og Skøyen er leveringskapasiteten begrenset til ca. 10 MW. Med nye distribusjonsrør økes kapasiteten til 18 MW.

Tabellen under oppsummerer investeringsbehov for Skøyen varmesentral og fjernkjølenett for mulige utbyggingsalternativ.

Tabell 8 Investeringskostnader for ombygging av Skøyen varmesentral og utbygging av fjernkjølenett

Skøyen VS utbyggingsalternativ	1A	1A	1B	2
FK nett utbyggingsalternativ	A	B	C	C
Leveringskapasitet [MW]	10	10	18	18
Investering Skøyen VS	21,2	21,2	23,8	44,4
Investering FK nett	52	66,8	74,1	74,1
Total investering [mill kr]	73,2	88	97,9	118,5
Spesifikk investering [mill kr/MW]	7,3	8,8	5,4	6,6

Annen kjøleproduksjon

Skøyen varmesentral må stenges ned for vedlikehold på kloakkanlegget et par uker i året. I denne perioden og eventuelt i perioden med overgang fra varme til kjøleproduksjon vil kjøleleveranse fra Skøyen Varmesentral være utilgjengelig. Uansett hvilket alternativ som velges for modifisering av Skøyen Varmesentral vil det være aktuelt å etablere en annen kjølesentral i tillegg. Kjølesentralen bør få en kapasitet på minst 3-5 MW.

I dette kapittelet vurderes ulike alternativer. Alternativene er nummerert videre fra forrige kapittel for at de ulike løsningene skal ha unike nummer.

Alt 4 Eksisterende kjøleanlegg i kundenes bygg

Om noe av eksisterende bygningsmasse er tilknyttet store kjøleanlegg som er i god stand vil det være interessant å bygge de om og benytte dem til produksjon av fjernkjøling.

Figur 1 viser de største byggene på Skøyen der prosjektet har vært på befaring. Ingen av disse byggene er tilknyttet en kjølesentral med vesentlig overkapasitet. I tillegg er ytelsen på kjølesentralene relativt lave i forhold til hva vi ønsker å få etablert. Den største sentralen har en kjøleytelse lik 1,6 MW. Kapasiteten er fordelt på 4 kjølemaskiner.

Ved bruk av kundenes kjølesentraler mot fjernkjølenettet vil det være behov for å gå opp grensesnitt både i forhold til energibruk og drift- og vedlikehold med adkomst til anlegget etc.

Totalt sett er installasjonene litt små i forhold til hva som er hensiktsmessig for FOV å drifte. Dette har derfor ikke blitt utredet videre.

Alt 5 Ny sentral med luftkjøling

Forutsetninger

Det er forutsatt at sentralen skal dumpe varme mot tørrkjølere som monteres på tak/bakkeplan.

Grensesnitt mot FK-nettet legges ved vegg i sentral og sentralen etableres i forbindelse med et nybygg på Skøyen. Det etableres en ytelse lik 5 MW. Det er forutsatt at bygg koster 30.000 kr/m².

Alternativ plassering kan være i Skøyen varmesentral dersom man får lov til å sette opp tørrkjølere over parkeringsplass på utsiden.

Teknisk løsning

Frykt for legionellasmitte har ført til at de fleste fjernvarmeselskaper har gått bort fra kjøletårn. Det er derfor lagt til grunn tørrkjølere for varmeavgivelse til luft.

Det foreslås oppbygging av kjølemaskiner med skruekompressorer og nytt kuldemedium HFO 1234 ZE.

Kjølesentralen er satt sammen av 5 kjølemaskiner. Ved beslutning om gjennomføring bør det vurderes om en av kjølemaskinene skal erstattes med en varmepumpe som kan levere varmeoverskuddet til fjernvarmenettet om vinteren.

Prosesskjema i vedlegg C5 viser foreslått oppbygging av kjølesentral. Det er lagt til grunn en sirkulasjonspumpe og en reguleringsventil på hver kjølemaskin. Overordnet styresystem kan da koble inn en og en maskin for å tilpasse produksjonen til behovet.

Arealbehov

En tørrkjøler med størrelse 10 meter x 2,5 meter kan besørge 1-1,3 MW kjøleproduksjon. Ved etablering av 5 MW kjølesentral vil det bli behov for å etablere 4 tørrkjølere. Tørrkjølerne må plasseres med et mellomrom lik ca. 2,5 meter. I

t tillegg er det behov for et areal lik 2 meter i bakkant av kjølerne for rørføring og passasje. Tørrkjølerparken vil kreve et areal lik 12 x 19-22 meter. Totalt ca. 230-270 m².

Arealbehovet i teknisk rom vil bli omtrent 150 m², hvorav 110 m² til oppstilling av kjølemaskiner, 16 m² til traforom og 24 m² til el og kontrollrom. Krav til minimum takhøyde = ca. 3,0 meter.

Investeringsbehov

Investeringsestimater er utarbeidet i vedlegg D5. Total investering er estimert til 33,5 mill. kr. Det utgjør omtrent 6,7 mill. kr/MW.

Drift og vedlikeholdskostnader

Normalt settes drift og vedlikeholdsutgifter for en kjølesentral lik 3 % av elektromekanisk investering, dvs (21.800.000*0,03) kr 650.000 pr år.

I henhold til NS3031 har luftkjølt sentral en årsgjennomsnittlig COP lik 2,2. Med god styring og relativt høy belastning slik som denne sentralen vil ha kan vi forvente en COP opp mot 3.

Alt 6 Ny sentral med sjøvannskjøling

Forutsetninger

Det er forutsatt at sentralen skal dumpe varme mot sjøvann.

Grensesnitt mot FK-nettet legges ved vegg i sentral og sentralen etableres i forbindelse med et nybygg på Skøyen.

Det etableres en ytelse lik 5,6 MW.

Teknisk løsning

Varmeutveksling gjøres med sjøvann fra grunt vann. For å forhindre groe bygges to separate sjøvannssystemer slik at et kan stoppes mens det andre er i drift. Dyr som vokser i sjøvannssystemet vil da bruke opp oksygenet og dø før de blir så store at de skaper driftsproblemer.

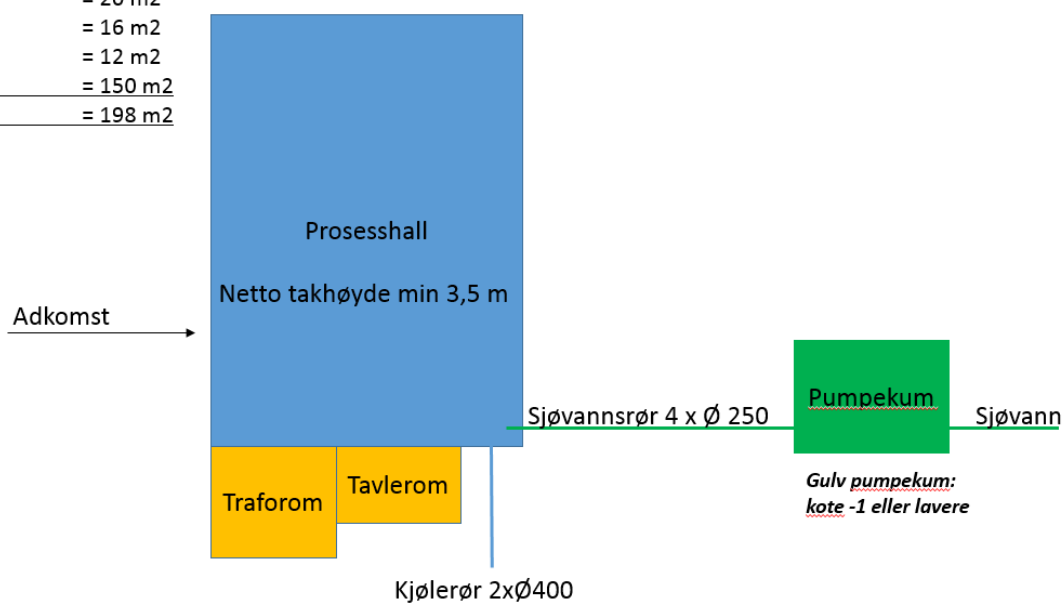
Ved utveksling av varme med sjøvann vil sjøvannstemperaturen være relativt stabil og forutsigbar. Det kan da være gunstig å benytte turbokompressorer på kjølemaskinene. Da oppnår man en høy ytelse i forhold til maskinens arealbehov.

Prosesskjema i vedlegg C6 viser foreslått oppbygging av kjølesentral. Det er lagt til grunn en sirkulasjonspumpe og en reguleringsventil på hver varmepumpe. Overordnet styresystem kan da koble inn en og en maskin for å tilpasse produksjonen til behovet. I tillegg til det som er vist bør det også legges til rette for frikjøling mot sjøvann når sjøvannstemperaturen er tilstrekkelig kald.

Arealbehov

Figuren under viser et eksempel på arealbehov. Dersom man får tilgang til et areal i et nybygg ved vannet kan dette være en fin løsning.

<u>Pumpekum</u> = 4x5 m	= 20 m ²
Trafoform = 4x4 m	= 16 m ²
Tavlerom = 4x3 m	= 12 m ²
Prosesshall = 10x15 m	= 150 m ²
<u>SUM netto arealbehov</u>	<u>= 198 m²</u>



Figur 17 Arealbehov for sjøvannskjølt sentral

Investeringsbehov

Investeringsestimert er utarbeidet i vedlegg D6. Total investering er estimert til 45,3 mill. kr. Det utgjør omtrent 8 mill. kr/MW.

Drift og vedlikeholdskostnader

Normalt settes drift og vedlikeholdsutgifter for en kjøle sentral lik 3 % av elektromekanisk investering, dvs (29.700.000*0,03) kr 890.000 pr år. Vi foreslår imidlertid å legge til grunn en vedlikeholdskostnad for hele prosjektet lik 20 øre/levert kWh.

Gjennomsnittlig COP over året kan forventes å bli ca. 4

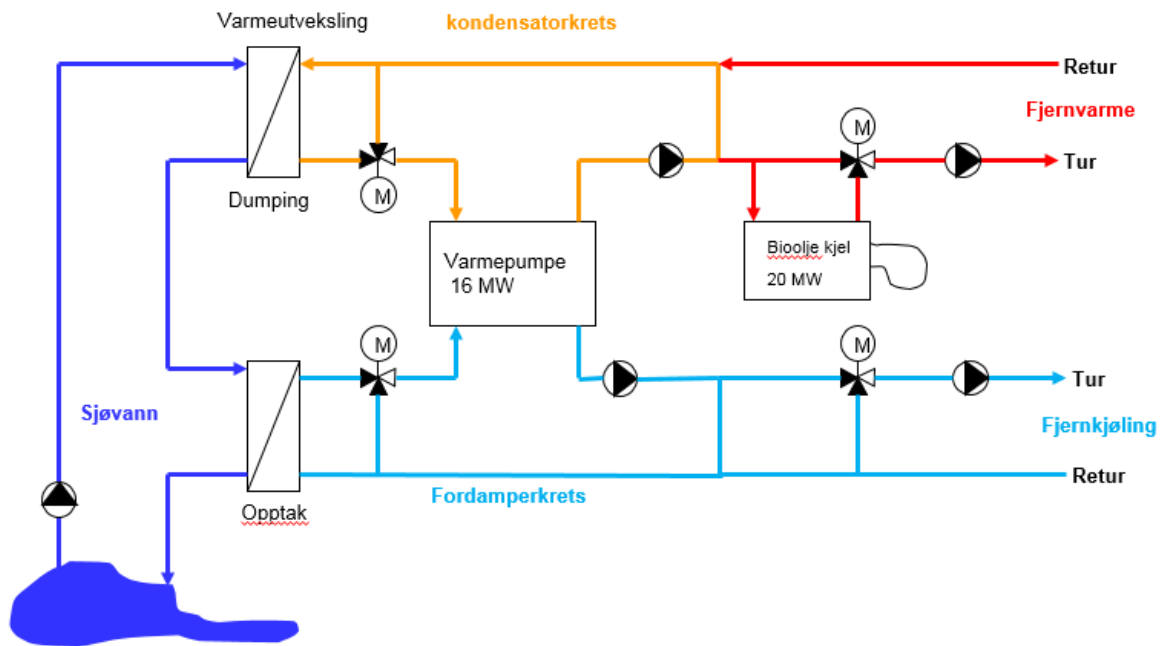
Alt 7 Kombinert varmepumpe og kjølesentral

Forutsetninger

Det er forutsatt at sentralen skal kunne hente varme fra sjøvann og levere til fjernvarmenettet om vinteren. Fjernvarmenettets kapasitet til å overføre denne varmen er ikke vurdert.

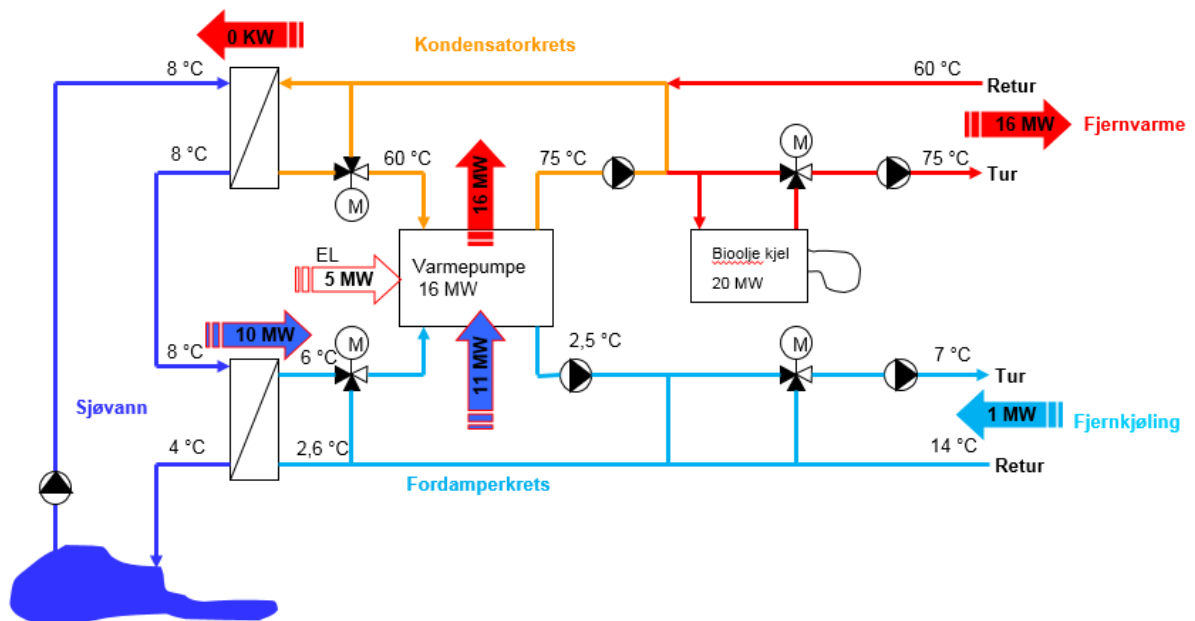
Teknisk løsning

Skjemaet under viser prinsipiell oppbygging av et kombinert varmepumpe- og kjøleanlegg.



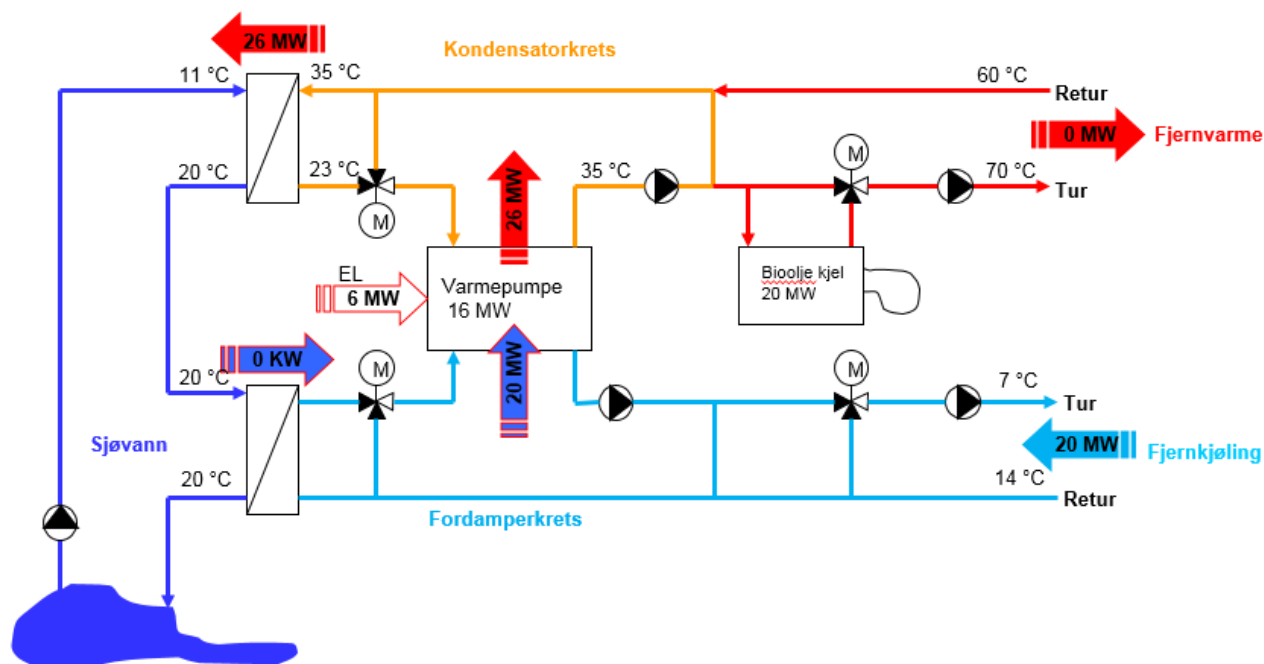
Figur 18 Oppbygging av et sjøvannsbasert varmepumpeanlegg

I varmemodus hentes varme fra fjernkjølenett og sjøvann slik som vist i figuren under. Hver varmepumpe har kompresjon i to trinn med to separate kompressorer. I varmemodus er disse kompressorene koblet i serie slik at varmen kan avgis ved temperaturer opptil 95 C.



Figur 19 Energiflyt ved maksimal varmeproduksjon med varmepumper. Temperaturer som er vist på tegning er kun et eksempel. Maksimal temperatur fra varmepumpeanlegget er opp mot 95 °C.

I kjølemodus kobles de to kompressorene i parallell. På denne måten økes kjøleeffekten og varmen kan avgis til sjøvann ved et temperaturnivå på om lag 30-35 °C. En prinsippskisse som viser dette er gjengitt under. I tillegg kan kapasiteten økes med frikjøling. Det er forutsatt gjort.

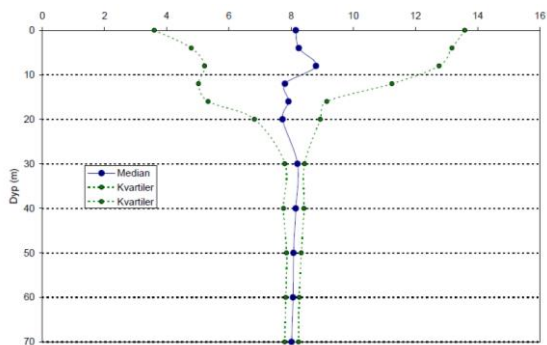


Figur 20 Energiflyt ved maksimal kuldeproduksjon med varmepumper. Ved kalde sjøvannstemperaturer kan det også være et stort potensial for frikjøling.

Sjøvannssystemet

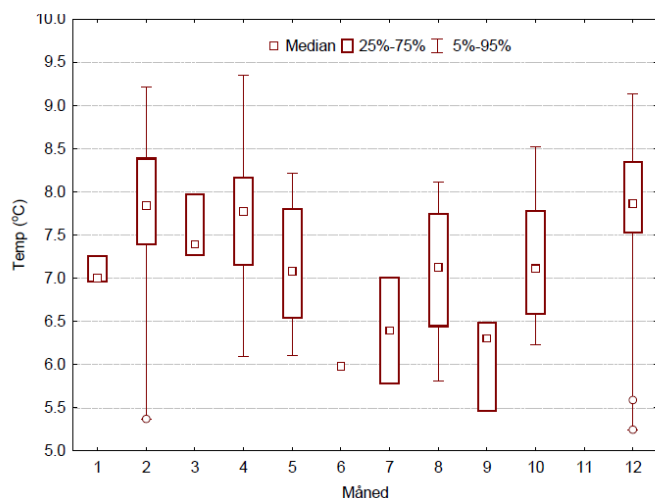
For å få til et godt varmepumpeanlegg er det viktig å ha sjøvann med tilstrekkelig høy temperatur om vinteren. Bestumkilen er grunn så det vil bli behov for en lang sjøvannsledning ved etablering av et slikt anlegg. Vi har ikke egne temperaturmålinger for aktuelt område, men en rapport for Bekkelagsbassenget fra 2004 er trolig representativ for temperaturene, i hvert fall på litt dypere vann.

Figuren under viser variasjoner i sjøvannstemperaturen for noen dyp ved 6 målinger om året. Figuren viser at temperaturen er stabil fra 30 meters dyp.



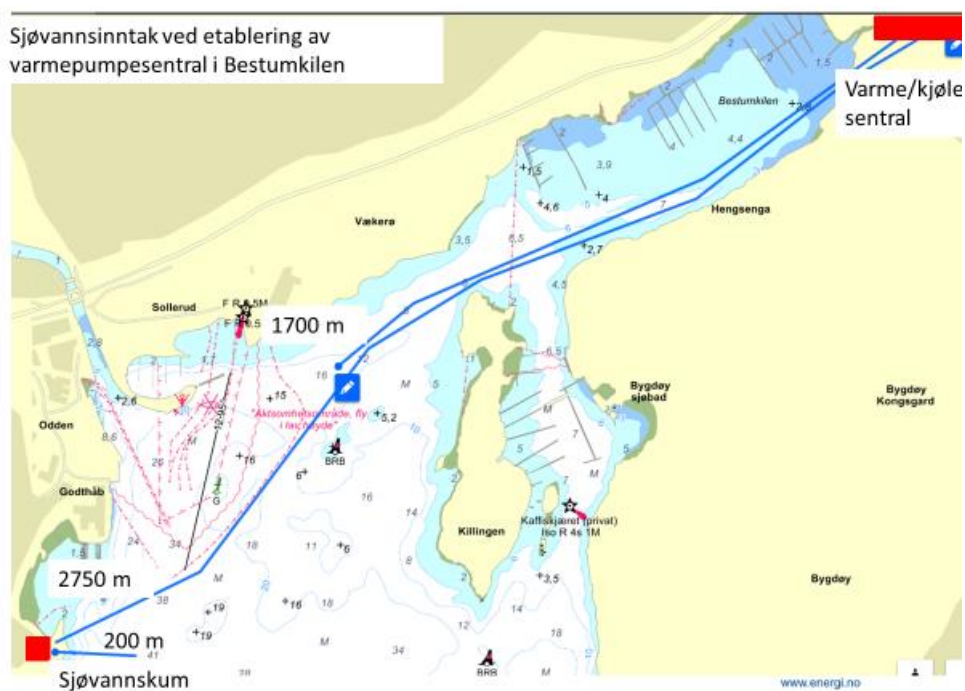
Figur 21 Sjøvannstemperatur avhengig av dybde for 6 observasjoner pr år i tidsrommet 2000-2004.

Figuren under viser en fremstilling av temperaturvariasjonene pr mnd. ved 40 meters dyp.



Figur 22 Temperaturfordeling pr måned ved 40 meters dyp i bekkelagsbassenget over overvåkingsperioden fra 1972 til 2004.

For å komme ut på tilstrekkelig dypt vann vil det være nødvendig å hente vannet i Lysakerfjorden. Kartet nedenfor viser en aktuell løsning for å få tak i vannet på ca. 40 meters dyp.



Figur 23 Kart som viser mulig ilandføring av sjøvann på Fornebulandet via 200 meter lang inntaksledning til 40 meters dyp og videreføring til energisentral innerst i bestumkilen via 2,75 km lang overføringsledning. Ved krav om å lede utslippet til 15 meters dyp blir utslippsledningen ca. 1700 meter lang

Normalt må utslippsledningen føres til ca. 10-15 meters dyp for å komme under det øvre vannlaget. Dette fordi vann på dypet kan være næringsrikt og kan føre til oppblomstring av alger ved utlipp i toppsjiktet.

Med denne løsningen bør det bygges en sjøvannskum der vannet strømmer inn i kum med selvføll. Vi legger til grunn at det skal hentes ut 11 MW av sjøvannet ved en temperaturredifferanse lik 4 °C. Rørdimensjoner blir Ø800 for inntaksledning og Ø710 for overførings- og utslippsledningene (alle i kvalitet PE-100, SDR 17). Se trykktap i tabell under:

Tabell 9 Trykktap og rørdimensjon for sjøvannsledning

Flow nr	1	2
Medie	Sjøvann	
Flow [kg/s]	700	700
Rørdimensjon [Ø]	800	710
Hastighet	1,74	2,21
Trykktap [Pa/m]	41	76
Temperatur [C]	8,0	4,0
Overført effekt [MW]	11,3	

Arealbehov

Arealbehov for en energisentral som vist er ca. 700 m²

Investeringsbehov

Investeringsestimert er utarbeidet i vedlegg D7. Total investering er estimert til 233 mill. kr. Av dette utgjør installasjoner i forbindelse med sjøvannsystemet ca. 40 mill. kr. Videre vil om lag 20 mill. være knyttet til investering i 20 MW spisslast.

Store deler av investeringen vil kunne finansieres med varmeleveranse fra varmepumpene

Drift og vedlikeholdskostnader

Normalt settes drift og vedlikeholdsutgifter til 3 % av elektromekanisk investering, dvs. 4 mill. kr pr år. (133.500.000 * 0,03). Dette vil dekke både varme og kjøleproduksjon. Vi foreslår imidlertid å benytte en driftskostnad lik 20 øre/kWh levert kjøling for hele prosjektet.

Det kan forventes at anlegget vil yte en gjennomsnittlig COP for varmeproduksjon lik 2,7 (ved varmeleveranse på 80 °C).

En betydelig andel av kjølebehovet vil kunne dekkes med frikjøling, enten alene eller i kombinasjon med kjølemaskinene. Gjennomsnittlig COP er beregnet i tabellen under.

Tabell 10 COP for kjøleproduksjon fra sjøvannsbasert varmepumpesentral

Beregning av COP for VP sentral	Energi [GWh]	COP	Elbehov [GWh]
VP sentral frikjøling (samtidig varmeopptak)	4,9	50	0,10
VP sentral frikjøling (kun kjølebehov)	7,6	30	0,25
VP sentral maskinkjøling (spisslast)	7,6	3,5	2,17
Sum VP sentral i snitt	20,1	8,0	2,52

Alt 8 Luftkjølt sentral med absorpsjonskjøling og åpne kjøletårn

Forutsetninger

Det er forutsatt oppstyking av kjølesentralen med:

- 2,5 MW absorpsjonsmaskin
- 1,5 MW kompressorkjølemaskin
- 1 MW varmpumpe.

Varme skal avgis til luft via åpne kjøletårn som monteres på tak/bakkeplan.

Grensesnitt mot FK-nettet legges ved vegg i sentral og sentralen etableres i forbindelse med et nybygg på Skøyen. Det etableres en ytelse lik 5 MW. Det er forutsatt at bygg koster 30.000 kr/m².

Teknisk løsning

Ved absorpsjonskjøling er varme den største innsatsfaktoren for å drive kjøleprosessen.

Det vil være nødvendig med en inngående fjernvarmetemperatur lik ca. 90 °C. Fjernvarmevannet vil kjøles ned ca. 16 °C. Om fjernvarmetemperaturen reduseres vil ytelsen og virkningsgraden til maskinene reduseres raskt. Dumping av varme gjøres ved bruk av åpne kjøletårn tatt ut for vanntemperatur inn/ut lik 36/31 °C. Dersom temperaturnivået stiger vil ytelsen på maskinen reduseres raskt.

Det har blitt lagt til grunn at kjølemaskin og varmpumpe baseres på skruekompressorer og nytt kuldemedium HFO 1234 ZE.

Prosesskjema i **vedlegg C8** viser foreslått oppbygging av kjølesentral. Det er lagt til grunn en sirkulasjonspumpe og en reguleringsventil på hver kjølemaskin. Overordnet styresystem kan da koble inn en og en maskin for å tilpasse produksjonen til behovet. Kondensatorkretsen er skilt i 2 fordi absorpsjonsmaskinen stiller krav til lavere temperatur enn kompressorkjølemaskinene.

Arealbehov

Det vil bli behov for 3 åpne kjøletårn, hver med mål: LxBxH = 3,0x6,1x4,4 m. Kjøletårnene kan plasseres ved siden av hverandre med et mellomrom lik ca 1 meter. I tillegg er det behov for et areal lik 2 meter i bakkant av kjølerne for rørføring og passasje. Totalt areal for kjøletårnene blir dermed 12 x 8 meter = 96 m²

Arealbehovet i teknisk rom vil bli omtrent 190 m², hvorav 150 m² til oppstilling av kjølemaskiner, 16 m² til traforom og 24 m² til el og kontrollrom. Krav til minimum takhøyde = ca. 4,0 meter.

Investeringsbehov

Investeringsestimert er utarbeidet i vedlegg D5. Total investering er estimert til 30,6 mill. kr. Det utgjør omtrent 6,1 mill. kr/MW.

Drift og vedlikeholdskostnader

Normalt settes drift og vedlikeholdsutgifter for en kjølesentral lik 3 % av elektromekanisk investering, dvs (19.100.000*0,03) kr 570.000 pr år. I tillegg må det påregnes kostnader for drift og vannbehandling på kjøletårn lik ca. 200.000 pr år. Total driftskostnad er estimert til 770.000 kr/år. I denne vurderingen benyttes 20 øre/kWh i gjennomsnitt i drift og vedlikeholdskostnader.

Om vinteren forutsetter vi at varme kan leveres tilbake til fjernvarmenettet på retur ved et temperaturnivå lik 65 °C. Vi forutsetter at ca. 25 % av årlig kjøleleveranse kan gjenvinnes med varmpumper som har en driftstid på 4000 timer.

Denne andelen er betraktet som frikjøling med virkningsgrad 50. Videre antas at 50 % av årlig kjølebehov kan dekkes med absorpsjonskjøling med virkningsgrad 10 (gjelder for strøm). Varme er forutsatt gratis. Resterende 25 % dekkes med kompressorkjøling med COP lik 3. Totalt blir veid COP for sentralen 7,2.

I alternativ med samdrift med Skøyen varmesentral, alt 2 vil Skøyen Varmesentral levere frikjøling. Det medfører at virkningsgraden for sentralen reduseres til 5,6.

Økonomiske vurderinger

I tillegg til Skøyen varmesentral vil det være behov for en ekstra produksjonssentral for kjøling. I konseptutredningen er det satt opp alternativ med luft (alt 5), vannkjølt sentral (alt 6) og absorpsjonskjøling (alt 8). De tre alternativene er oppsummert med nøkkeltall i tabellen under (det er forutsatt samdrift med skøyen varmesentral alt 2):

Tabell 11 Produksjonskostnad for kjøling levert fra supplerende kjølesentral

Kjøleproduksjon alternativ	5	6	8
Leveringskapasitet [MW]	5	5,6	5
Investering kjøleproduksjon [mill kr]	33,5	45,3	30,6
Kapitalkostnad [7 % kalkulasjonsrente og 15 år]	3 678	4 974	3 360
Energileveranse	11,8	11,8	11,8
COP	3	4	5,6
Strømpris	50	50	50
Energiutgift [kkr]	1 967	1 475	1 054
D&V 20 øre/kWh [kkr]	2360	2360	2360
Prod. Kostnad [øre/kWh]	68	75	57

En luftkjølt sentral vil være rimeligere i investering, lettere å plassere og vil gi marginalt lavere produksjonskostnad i forhold til sjøvannskjølt sentral. Vi har derfor kombinert utbyggingsalternativene for Skøyen med en luftkjølt sentral både med kompressorkjøling og absorpsjonskjøling. Et sjøvannsbasert varmepumpeanlegg (alt 7) gir tilstrekkelig kapasitet og leveringssikkerhet uten ytterligere sentraler. Tabellen under illustrer produksjonskostnadene ved momentan utbygging av ulike alternativ.

Tabell 12 Produksjonskostnad v for ulike utbyggingsalternativ ved momentan utbygging. For alt 7 er det forutsatt at 2/3 av investeringen dekkes fra varmeproduksjon (og kommer i tillegg til investering oppgitt i tabellen under)

Kjøleproduksjon kilde 1 [alt]	1A	1B	2	7	1B	2
Kjøleproduksjon kilde 2 [alt]	5	5	5	-	8	8
Leveringskapasitet [MW]	15	23	23	23	23	23
Energileveranse [GWh]	13,0	20,0	20,0	20,0	20	20
Investering kjøleproduksjon [mill kr]	54,7	57,3	77,9	78	54,40	75,00
Investering fjernkjølenett [mill kr]	52	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1
Sum investering [mill kr]	106,7	131,4	152,0	151,8	128,5	149,1
Kapitalkostnad [7 % kalkulasjonsrente og 15 år]	11 715	14 427	16 689	16 663	14 109	16 370
Energileveranse kilde 1	2,2	3,3	8,2	20	3,3	8,2
COP 1	1,9	1,9	4,5	4,5	1,9	4,5
Energileveranse kilde 2	10,9	16,7	11,8		16,7	11,8
COP 2	3	3	3		7,2	5,6
Strømpris	50	50	50	50	50	50
Energiutgift [kkr]	2 382	3 652	2 878	2 222	2 028	1 965
D&V 20 øre/kWh [kkr]	2 609	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Prod. Kostnad uten Enova støtte [øre/kWh]	128	110	118	114	101	112
Energibesparelse (COP = 2,2 som ref) [GWh]	1,2	1,8	3,3	4,6	5,0	5,2

De resulterende kostnadene for alt 1B, 2 og 7 er relativt like. Valg mellom disse alternativene bør derfor holdes åpent videre i prosjektet. Ved utbygging av en mindre sentral vil alt 8 med absorpsjonskjøling gi best økonomi forutsatt gratis

varme og like arealkostnad som for de andre alternativene (kravet til takhøyde er 4 meter som er 0,5-1 meter mer enn for de andre alternativene).

Avtaler, tillatelser og samarbeidspartnere

De avtaler som vil være viktige i sammenheng med hovedprosjekt er følgende:

Avtale med VEAS om å dumpe varme i kloakk. FOV har allerede en avtale med VEAS, som tar for seg varmeuttak fra kloakk og maksimal tillatt senkning av temperaturen i avløpsvannet. Å etablere en avtale om varmedumping anses ikke som problematisk da dette i motsetning til reduksjon av temperaturen ikke medfører en ulempe for vannrensingsprosessen. En høyere temperatur på avløpsvannet kan til og med være gunstig med tanke på bakteriell rensing av vannet.

- **Avtale med Friotherm vedrørende garantispørsmål.** Det må i forbindelse med ombygging av sentralen avklares med Friotherm om dette medfører en endring av gjeldende garantispørsmål for eksisterende teknologi og komponenter.
- **Avtale med rådgivende konsulenter.** En stor del av arbeidet med hovedprosjektet skal utføres av innleide konsulenter. Hvis FOV går videre med hovedprosjektet skal en konkurranse utføres med mål om en avtale med det mest hensiktsmessig og konkurransedyktige konsultentselskapet.

Konklusjon og anbefalinger i prosjektet

Eksisterende kartlagte bygg har et estimert kjølebehov lik 16 MW og 16 GWh. Basert på innmeldte bygg forventer vi en tilvekst med 4 MW og 3 GWh i perioden 2018-2022. Frem mot 2034 forventer vi en ytterligere økning med 12 MW og 9 GWh. Totalt effekt- og energibehov i 2034 blir 32 MW og 29 GWh. Økning i kundegrunnlaget tilsvarer en tilvekst lik 1 MW eller 25.000 m² ny bygningsmasse pr år.

Utbygging av fjernkjølenett på Skøyen er vurdert og kostnadsestimert for 3 ulike løsninger. I to alternativ utnyttes eksisterende fjerntrase mellom Hoff og varmpumperom til distribusjon av kjøling på sommeren og varme på vinteren. Eksisterende rørdimensjon begrenser overføringskapasiteten fra Skøyen VS til 10 MW. Ved å etablere ny trase ut fra varmpumperommet økes overføringskapasiteten til 18 MW. Investeringsbehovet for utbygging av rørrettet varierer fra 51 til 67 millioner med gjenbruk av eksisterende infrastruktur. Ved etablering av nytt fjernkjølenett fra Skøyen VS blir kostnadene 74,1 mill. kr. Vi har lagt til grunn at om lag 70 % av kundemassen tilknyttes et nytt fjernkjølenett. Effekt og energibehovet blir 23 MW og 19 GWh.

Skøyen VS kan bygges om for å levere kjøling. Investeringskostnadene for ombygging til kjøleleveranse er fra 21,2 til 23,8 mill. kr avhengig av om sentralen forberedes for 10 eller 18 MW spisslastleveranse. Dersom sentralen også skal levere kjøling om vinteren øker investeringskostnadene med ytterligere 20,6 mill. kr. Ved spisslastdrift vil sentralen få en gjennomsnittlig COP = 1,9. Kjøleproduksjon om vinteren er et biprodukt, der energi kun brukes på sirkulasjonspumper i fjernkjølenettet. Det vil gi COP lik ca. 50. Gjennomsnittlig årlig COP blir ca. 4,5.

For å dekke effektbehovet og oppnå akseptabel leveringssikkerhet må det bygges en energisentral med 5 MW kapasitet i tillegg til ombygging i Skøyen Varmesentral. Vi har kommet frem til at en luftkjølt sentral vil gi best økonomi samtidig som den er fleksibel med hensyn til plassering. Både klassisk kompressorkjøling med tørrkjølere og absorpsjonskjøling med kjøletårn kan være aktuelle alternativ. Investeringsbehovet for en 5 MW luftkjølt sentral er estimert til 30,5-33,5 mill. kr.

Det anbefalles en kontinuerlig utbygg av fjernkjølenettet på Skøyen. 5 MW sentralen etableres til start for å dekke vekst i nettet. Etter hvert tilknyttes Skøyen varmesentral som bygges om til å også levere kjøling, når kjølebehovet har blitt tilstrekkelig stort.

Totalt investeringsbehov for de mest aktuelle utbyggingsalternativene er 129-152 mill

Løsningens-/teknologiens markedspotensial

Beskrivelse av teknologiens nyhetsverdi

Den tiltenkte løsningen er unik i Norge der alle større kjølenett er basert på tilgang til sjøvann. Mange tettbygde områder er lokalisert der det ikke er dypt og stabilt kaldt vann og det er dermed stor nyhetsverdi i å kunne vise til gode og konkurransedyktige løsninger av dette slag. Tettbygde områder har store avløpsnett og det er viktig å aktivt bruke denne tilgjengelige energien mer effektivt i byplanleggingen.

Felles løsninger for å dekke kjølebehov kan ha en betydelig positiv effekt på energieffektivisering av samfunnet og samtidig redusere utslipp av drivhusgasspotente kjølemedium. En løsning slik som denne har derfor stor nyhetsverdi fordi den opplyser liknende selskap og kommuner hvordan dette kan gjøres på en konkurransedyktig måte i områder der det ikke finnes lett tilgjengelig kaldt vann som kan brukes for frikjøling.

Beskrivelse av nytte/økt verdi fra innføring av løsningen/teknologien

De tiltenkte løsningene gjør det mulig å få større utnyttelsesgrad på eksisterende anlegg. Mange fjernvarmeselskaper erfarer et voksende kjølebehov fra sin kunder og potensielle kunder. Gjennom dette prosjektet kan vi vise til hvordan samspill mellom fjernvarme og fjernkjøling kan brukes for et mer effektivt totalprodukt. Prosjektet kan videre vise hvordan en varmesentral kan bygges om til en energisentral, noe som kan være veldig aktuelt for andre fjernvarmeselskaper som sliter med å finne nye arealer til plassering av kjølesentral.

Å vise hvordan en varmepumpeinstallasjon kan utnyttes maksimalt kan også lede til at prosjekter som ikke tidligere var lønnsomme blir det, ved at den kalde siden også kan representere en inntektsstrøm.

Kort beskrivelse av markedspotensialet i Norge

Til tross for det kalde klimaet i Norge er kjølebehovet kraftig stigende. Områder med høy varmetetthet og høy kjøletetthet er ofte sammenkoblede og derav finnes det potensiale i å vurdere kombinasjonssystem for varme og kjøling. Flere varmepumper ble bygget ut i tider da kjølebehovet ikke var særlig stort og disse systemene ble derfor ikke designet for å kunne produsere kjøling. Det finnes av denne grunn mange anlegg i landet og internasjonalt som kan bygges om på en liknende måte som skal vurderes i dette prosjekt.

I Norge har fokus vært sterk mot individuelle kjøleløsninger. Felleskjøleløsninger på flere steder kan bidra til at Norge når sine overordnede mål om energieffektivisering da primærenergibruken kan reduseres betydelig. For å få dette til må det vises til vellykkede prosjekter i tettbygde områder uten bruk av sjøvann eller luft.

Beskriv evt. Involvering av norske teknologimiljø og utdanningssituasjoner

Det er per dags dato ikke tatt initiativ til samarbeid med teknologimiljø eller utdanningsinstitusjoner, men hvis prosjektet er framgangsrikt så blir det et godt eksempel på hvordan man kan bruke innovasjon i sammenheng med eksisterende infrastruktur for å oppnå gode systemeffekter. Det kan også vise på hvordan man på en god og effektiv måte kan bygge ut et fjernkjølesystem i ett eksisterende område.

Vedlegg

- D1-1: Alt 1 A: 10 MW Spisslastsentral Skøyen VS med eksisterende infrastruktur
- D1-2: Alt 1 A: Estimert rørarbeider

- D1-3: Alt 1 B: 18 MW Spisslastsentral Skøyen VS med ny infrastruktur
- D2: Alt 2: 18 MW Grunnlastsentral Skøyen VS
- D2-1: Alt 2: Estimert rørarbeider
- D3: Alt 3: Spisslastsentral i kjelhall på Skøyen VS – ikke utarbeidet
- D4: Alt 4: Eksisterende kjøleanlegg i kundens bygg – ikke utarbeidet
- D5: Alt 5: Luftkjølt sentral
- D6: Alt 6: Sjøvannskjølt sentral
- D7: Alt 7: Kombinert varme og kjølesentral
- D8: Alt 8: Luftkjølt sentral med absorpsjonskøling og åpne kjøletårn