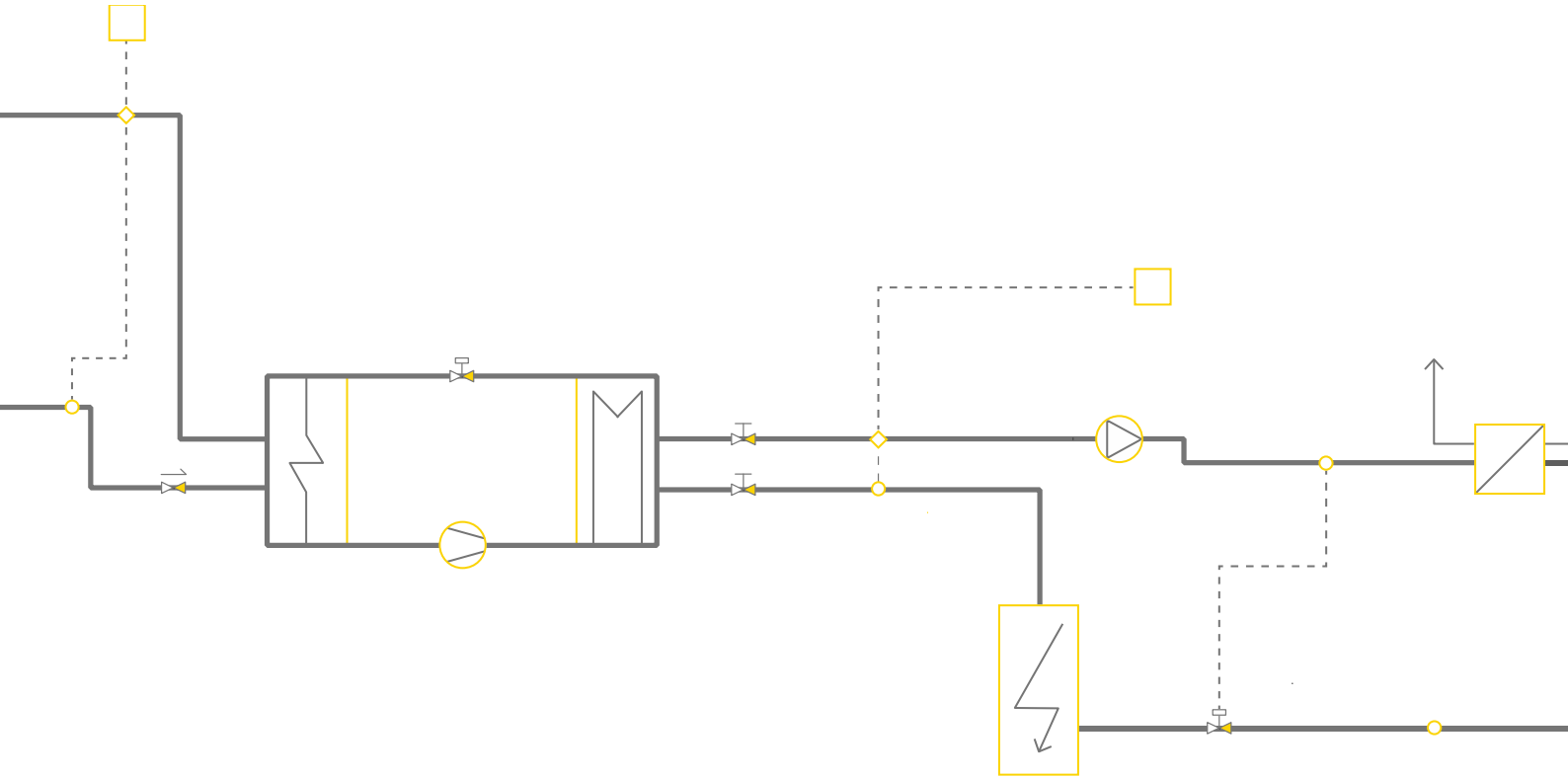
HÖEGH EIENDOM

AF GRUPPEN Energi



Utnyttelse av fordrøyningsmagasin for regnvann til termisk akkumulering

Utredning og anbefaling

AF Gruppen

August 2017

Innhold

1. Sammendrag 3
2. Søker 5
2.1 Bedriften 5
2.2 Prosjekt 7
3. Om konseptutredningen 9
3.1 Teknologi 9
3.2. Analyser og beregninger 10
3.2.1. Analyse av eksempelbygg 10
3.2.2 Energiberegninger 13
3.2.3 Kjølelager 14
3.2.4. Varmelager 15
3.2.5. Drift og vedlikehold 15
3.2.6. Dimensjonering 15
3.2.7. Scenarioanalyse: ekstremvær 15
3.3 Økonomiske vurderinger 16
3.5. Konklusjon og anbefalinger 18
4. Løsningens-/teknologiens markedspotensial 18
4.1. Nyhetsverdi og markedspotensial 18
4.2. Spredning, kompetanseformidling og kunnskapsgenerering 19
5. Risiko og risikodempende tiltak 19
6. Oppsummering 19
7. Vedlegg 20
..... 20

1. Sammendrag

Målet med prosjektet er å benytte termisk lagring til å neddimensjonere kjøleanlegg, oppnå redusert investering og samtidig oppnå stor grad av fri-kjøling og energibesparelse.

I næringsbygg i Norge er det stor døgnvariasjon i kjøleeffekt. Akkumulering av kald energi vil dempe disse variasjonene, og redusere størrelsen på kjølemaskinparken.

Ved å benytte energibrønner, lagring av kald energi i fordrøynings-basseng og CO_2 varmepumper oppnås redusert investering og lavere energiforbruk.

Erfaring og konkrete eksempler viser at kjøleanlegg svært ofte er overdimensjonert. Ved bruk av akkumulering kan kjøleanlegg neddimensjoneres med 30-50 %.

Samtidig er det nå krav til å etablere store fordrøynings-basseng for næringsbygg. Dette er installasjoner som krever stor investering kun for håndtering av store nedbørsmengder i korte perioder.

I sommermånedene vil kjøling av kontorbygg medføre stor variasjon i effektbehov over døgnet. Effekttoppene i disse periodene er dimensjonerende for kjøleanleggene og fører til at anleggene går på dellast omtrent hele året. Stor grad av kjøring på dellast gir dårlig utnyttelse av anleggene.

Det er her gjort beregninger for gevinster ved å utføre løsningen ved et konkret byggeprosjekt; Bøkkerveien 1-3 i Oslo.

Resultatet er redusert totalinvestering og redusert energibruk.

Kombinasjonen av fri-kjøling og akkumulering vil kunne gi en dekning på 50 % av klimakjølebehovet (strømbesparelse på 71.000 kWh/år) og en dekning på 90 % av datakjøling (strømbesparelse på 131.400 kWh/år). Ved å dekke 90 % av tappevannsbehovet med CO_2 varmepumpe oppnås en besparelse på 102.600 kWh/år. Total vil løsningene gi en beregnet besparelse på **305.000 kWh/år.**

Uten energilager antas det at byggets kjøleanlegg dimensjoneres til 1300kW. Ved utnyttelse av byggets fordrøyningsmagasin til akkumulering vil kjøleanlegget kunne neddimensjoneres med 30-50%.

	Neddimmensjonering	
	30 %	50 %
Besparelse grunnet redusert installert effekt	1 560 000	2 600 000
Merkostnad automatikk mm. For fordrøyningsmagasin	554 300	554 300
Merkostnad oppdimensjonering av lagringsvolum	367 200	776 400
Total merkostnad	921 500	1 330 700
Besparelse ved innføring av konsept	638 500	1 269 300

Samtidig oppnås en redusert årlig vedlikeholdskostnad på 80 – 110.000 Kr/år

Konseptet kan anvendes i alle næringsbygg med krav til fordrøynings-basseng og går ut på å utnytte overvann til termisk lagring.

Iht. TEK10 § 15-10 skal bortledning av overvann og drensvann skje slik at det ikke oppstår oversvømmelser eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet. For å håndtere perioder med høy regnintensitet og unngå overbelastning på avløpsnettet, er det derfor krav til fordrøyningsmagasin for nye bygg. Ved store nedbørsmengder fylles fordrøyningsmagasin og tømmes med en tillatt vannmengde over en lengre periode. Maksimalt utslipp av regnvann fra prosjektet er 3 l/s. Beregnet behov for fordrøyningsmagasin er 344 m^3. Dette medfører en høy investeringskostnad for håndtering av noen få dager med styrtregn i året.

Istedenfor å la fordrøynings-magasinet renne naturlig tomt baserer konseptet seg på å holde igjen en bestemt mengde av overvannet i magasinet, og utnytte dette til termisk lagring. Alternativt kan magasinet overdimensjoneres for å sikre at det aldri blir overfylt. Til dette formålet er det vurdert som mest hensiktsmessig at vannmengden som skal benyttes til akkumulering skilles fra det resterende fordrøynings-magasinet og ledes til en eller flere separate tanker. Dette gjøres i hovedsak for å kunne forenkle kontroll av vannstand og temperatur i lageret, og dermed optimalisere styring og regulering.

For byggets energiforsyning anbefales lokal energiproduksjon ved en kombinasjon av ordinær varmepumpe for lavtemperatur, med høytemperatur CO_2 varmepumpe. CO_2 varmepumpe kan produsere kjøling til datarom mm. samtidig som den produserer høytemperatur varmtvann.

Begge varmepumpene bør kobles mot kjøleanlegg og mot energilager for optimal energiproduksjon. Det er et mål å redusere størrelsen på varmepumper og energilager ved hjelp av termisk akkumulering i fordrøyningsmagasin.

Fordelen med CO_2 varmepumper er at det benyttes naturlig kjølemediet, og at virkningsgraden er høy. Ulempen er at disse krever stor magasinering og har høy investering. CO_2 blir derfor lite brukt i næringsbygg.

En optimal løsning for kjøling er å benytte «overkapasitet» i magasinet og benytte energibrønner til fri-kjøling. For akkumulering av varm energi, lagres oppvarmet vann om natten og utnyttes i byggets brukstid.

Med større grad av akkumulering, kan kjølemaskiner og geobrønner neddimensjoneres, og investeringsbehovet reduseres. Dette vil gi bedre prosjektøkonomi, og større utbredelse av teknologien. Akkumulering åpner også for at variasjoner i kraftpris og effektbegrensning kan utnyttes i større grad. Det er derfor et mål i prosjektet å finne kostnadsoptimale løsninger, som gjør teknologien anvendelig i alle prosjekter.

Prosjektet er gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Höegh Eiendom as og AF Energi & Miljøteknikk as som energirådgiver. Rådgiver VVS, AJL as og arkitekt ARCASA her også bidratt.

Byggeprosjektet er nå ferdig rammesøkt. Oppstart av bygging er avhengig av å skaffe leietaker til bygget.

2. Søker

2.1 Bedriften

Hasle Linje Næring eies av Höegh Eiendom og AF Eiendom. Selskapene har en lang historikk innen utvikling av eiendom innen de fleste markedsområder.

Søker er Hasle Linje 9 AS, org nr. 998 171 296

Höegh Eiendom er et familieeiet eiendomsselskap som utvikler, eier og forvalter eiendommer i Oslo sentrum og i det sentrale østlandsområdet. Höegh Eiendom stiller høye krav til utvikling og miljø for å sikre bærekraftige bymiljøer – ikke bare for de som skal bo og arbeide der i dag, men også for generasjoner som kommer etter.

Höegh Eiendom forvalter bebygde eiendommer på til sammen 400 000 kvm med en årlig leieverdi på 380 MNOK. Selskapet har tre store stedsutviklingsprosjekter på Hasle i Oslo, Moss og Ski. Dette tilsvarer ca. 800 mål ubebygde tomter for utvikling til handel, logistikk, næring og boliger. Höegh Eiendom har 45 ansatte fordelt på hovedkontoret i Parkveien i Oslo og regionskontorer på Hasle i Oslo, Ski og Moss.

AF Eiendom er en del av AF Gruppen, som er en betydelig aktør på nybygg i Norge. AF Gruppen består av ca. 3.300 medarbeidere med en omsetning på over 12 milliarder/år. AF har høye miljøambisjoner og visjon om å bygge for fremtiden.

Prosjektene på Hasle har høye miljøambisjoner, og dette er forankret helt opp i styret for utviklingsprosjektet og i ledelsen for begge eierselskapene.

Prosjektorganisasjon Hasle Linje

Prosjektnavn: Bøkkerveien 1-3

Beliggenhet	: Hasle, Oslo
Bygningskategori	: Kontorbygg
Oppvarmet bruksareal	: 35 000 kvm
Byggeier	: Höegh Eiendom og AF Eiendom
Adresse	: Parkveien 55, 0256 Oslo, Pb 2414 Solli
Kontaktperson	: Erik Ryttervoll Kvamshagen
E-post	: erk@hoegheiendom.no
Søker	: AF Energi & Miljøteknikk
Adresse	: Innspurten 15, 0603 Oslo, Pb 6272 Etterstad
Kontaktperson	: Stine Fjærli Sjøthun
E-post	: Stine.sjothun@afgruppen.no

2.2 Prosjekt

Det er planer om å oppføre et tredelt kontorbygg på ca. 35 000 kvm på Hasle . Tidspunkt for bygging er avhengig av leietaker og ikke avklart. Bygget skal ha høy energi- og miljøprofil og det er fokus på innovative løsninger.

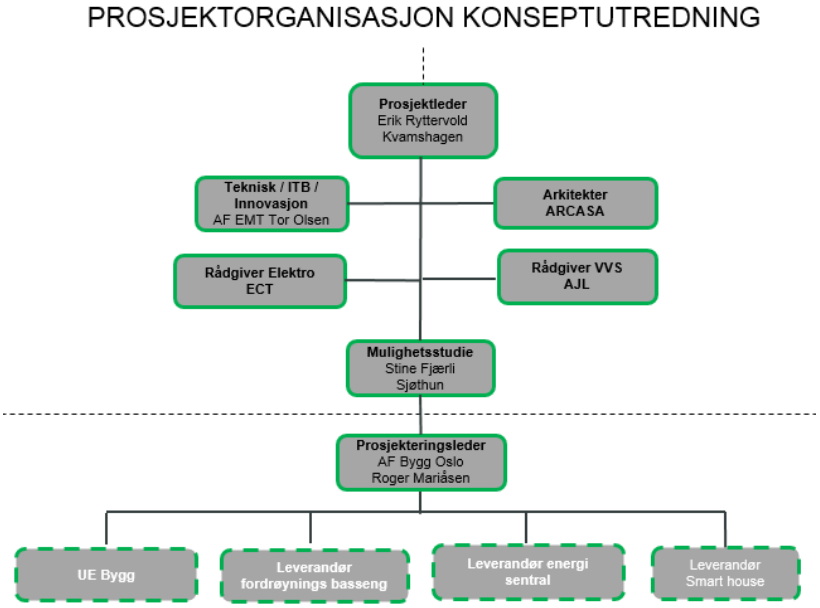
Rammetillatelse for bygget er mottatt juni 2017. Man jobber nå med å skaffe leietakere til bygget.

Byggestart vil bli når leietaker er kontraktfestet. Forprosjekt for energiløsning vil utføres i samband med rammesøknad.

Målet for byggeprosjektet er å ha et energi- og kostnadseffektivt fremtidsrettet bygg som presterer enda bedre enn nybyggene som allerede er oppført på Hasle. Det er satt som mål å oppnå BREEAM-sertifikat Verry Good eller bedre hvis markedet etterspør dette. Med riktig materialbruk, optimale løsninger, godt inneklima, lokal energiproduksjon med varmepumper og solceller og lave driftskostnader ønsker man å profilere prosjektet for potensielle leietakere. Med byggherres ønske om fremtidsrettet profil er det fokusert på innovasjon og ny teknologi.

Bygget skal prestere bedre enn gjeldende forskrifter og krav, og følgende er planlagt for prosjektet:

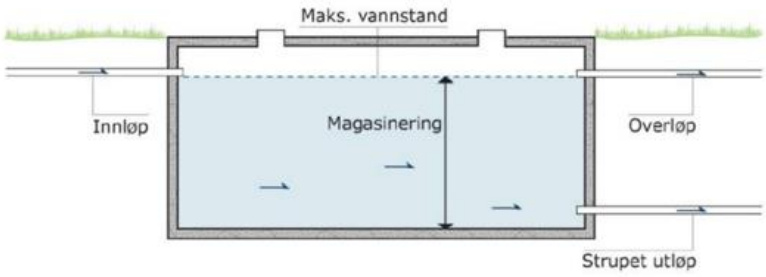
- Bygningskategori kontorbygg
- Bygningskropp tilfredsstiller krav til passivhus, NS 3701
- Lokal energiproduksjon via varmepumper med energibrønner for produksjon av varme og kjøling
- Ventilasjon og oppvarming dimensjoneres for lavtemperatur
- Solceller på tak
- Utrede mulighet for å bygge uten radiatornett til romoppvarming (svært få dager med romoppvarmingsbehov i tette, energieffektive bygg. De kaldeste dagene vil kunne dekkes av økt tilluftstemperatur fra ventilasjonsanlegg)
- Omluftsspjeld i ventilasjonsanlegg for oppvarming/kjøling til ønsket temperatur før brukstid
- Komfortkjøling besørges ved frikjøling og varmepumper gjennom ventilasjon
- Desentralisert ventilasjonsløsning med fullverdig VAV, høyeffektiv varmegjenvinning og lave SFP verdier
- Høyeffektive belysningsarmaturer og dynamisk dagslysstyring og behovsstyring
- Integrert intelligent styring av tekniske systemer som lys, varme, kjøling, alarmer, ventilasjon
- BREEAM sertifikat Excellent eller bedre avhengig av markedet og leietakere.
- Taket dekkes med solceller, for å minimere behovet for kjøp av elektrisk energi.
- Termisk energilagring for å ta hånd om store effektvariasjoner som oppstår over døgnet



3. Om konseptutredningen

3.1 Teknologi

Konseptet går ut på å utnytte overvann til termisk lagring. Iht. TEK10 § 15-10 skal bortledning av overvann og drensvann skje slik at det ikke oppstår oversvømmelser eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet. For å håndtere perioder med høy regnintensitet og unngå overbelastning på avløpsnettet, er det derfor krav til fordrøyningsmagasin for nye bygg. Ved store nedbørsmengder fylles fordrøyningsmagasin og tømmes med en tillatt vannmengde over en lengre periode. Maksimalt utslipp av regnvann fra prosjektet er 3 l/s. Beregnet behov for fordrøyningsmagasin er 344 m^3. Dette medfører en høy investeringskostnad for håndtering av noen få dager med styrtregn i året.



Prinsippskisse av et lukket fordrøyningsmagasin med innløp, strupet utløp og nødoverløp.

Bildene viser eksempler på ulike måter å utforme lukkede fordrøyningsmagasin i betong. Størrelse og utforming tilpasses i hvert enkelt prosjekt.

Istedenfor å la fordrøyningsmagasinet renne naturlig tomt baserer konseptet seg på å holde igjen en bestemt mengde av overvannet i magasinet, og utnytte dette til termisk lagring. Til dette formålet er det vurdert som mest hensiktsmessig at vannmengden som skal benyttes til akkumulering skilles fra det resterende fordrøyningsmagsinet og ledes til en eller flere separate tanker. Dette gjøres i hovedsak for å kunne forenkle kontroll av vannstand og temperatur i lageret, og dermed optimalisere styring og regulering.

For byggets energiforsyning anbefales lokal energiproduksjon ved en kombinasjon av ordinær varmepumpe for lavtemperatur, med høytemperatur CO_2 varmepumpe. CO_2 varmepumpe kan produsere kjøling til datarom mm samtidig som den produserer høytemperatur varmtvann.

Begge varmepumpene bør kobles mot kjøleanlegg og mot energilager for optimal energiproduksjon. Størrelsen på varmepumper må dimensjoneres nærmere avhengig av leietaker og løsninger for solavskjerming. Det er et mål å redusere størrelsen på varmepumper og energilager ved hjelp av termisk akkumulering i fordrøyningsmagasin. Fordelen med CO_2 varmepumper er at det benyttes naturlig kjølemediet, og at virkningsgraden er høy. Ulempen er at disse krever stor magasinering og har høy investering. CO_2 blir derfor lite brukt i næringsbygg.

En optimal løsning for kjøling er å benytte «overkapasitet» i magasinet og benytte energibrønner til frikjøling. For akkumulering av varm energi, lagres oppvarmet vann om natten og utnyttes i byggets brukstid.

Med større grad av akkumulering, kan varmepumper og geobrønner neddimensjoneres, og investeringsbehovet reduseres. Dette vil gi bedre prosjektøkonomi, og større utbredelse av teknologien. Akkumulering åpner også for at variasjoner i kraftpris og effektbegrensning kan utnyttes i større grad. Det er derfor et mål i prosjektet å finne kostnadsoptimale løsninger, som gjør teknologien anvendelig i alle prosjekter.

3.2. Analyser og beregninger

Konvensjonell løsning for kjøling av kontorbygget vil være ordinært kjøleanlegg med tørrkjølere på tak og ingen akkumulering. Det er kjent at slike kjøleanlegg ofte er kraftig overdimensjonerte. Hovedårsaken til dette er de store sikkerhetsmarginene som legges til grunnet utilstrekkelig data og informasjon til å anslå byggets faktiske effektbehov med større nøyaktighet. Stadig skjerpede krav til bygningskroppen skal redusere det årlige kjøleenergibehovet til kontorbyggene. Det innebærer at den ekvivalente driftstiden (årlig kjøleenergibehov dividert på maksimalt kjøleeffektbehov) for klimakjøling i nye kontorbygg stadig blir kortere. En utfordring for kjøleanlegg i kontorbygg er kravet om å dekke et døgnkontinuerlig lavt grunnbehov for kjøling av tekniske rom hele året samtidig som anlegget må være dimensjonert for å dekke de største effekttoppene som kan inntreffe. I nye kontorbygg der ekvivalent driftstid for kjøling stadig blir kortere må det legges vekt på å utforme kjølesystemet slik at det kan dekke nødvendig kjølebehov med høy effektfaktor (COP) i hele driftsområdet. Overdimensjonering av kjøleanleggene fører til at anleggene går på dellast store deler av året. Høy grad av kjøring på dellast gir dårlig utnyttelse av kjøleanlegget som vil oppnå en lavere COP i perioder med lavt effektbehov. I tillegg til dellastproblematikken vil overdimensjonerte kjøleanlegg føre med seg unødvendig høye kostnader. Termisk lagring gjør det mulig å neddimensjonere kjølemaskinene til et nivå som vil gi bedre utnyttelse av maskinene.

3.2.1. Analyse av eksempelbygg

For nærmere analyse av dimensjonering av kjøleanlegg i kontorbygg har effektforbruket til to bygg med beliggenhet i Nydalen i Oslo blitt analysert. Byggene som er analysert er kontorbyggene i Nydalsveien 12 og i Gjerdrumsvei 4.

Eksempelbygg 1 - Nydalsveien 12

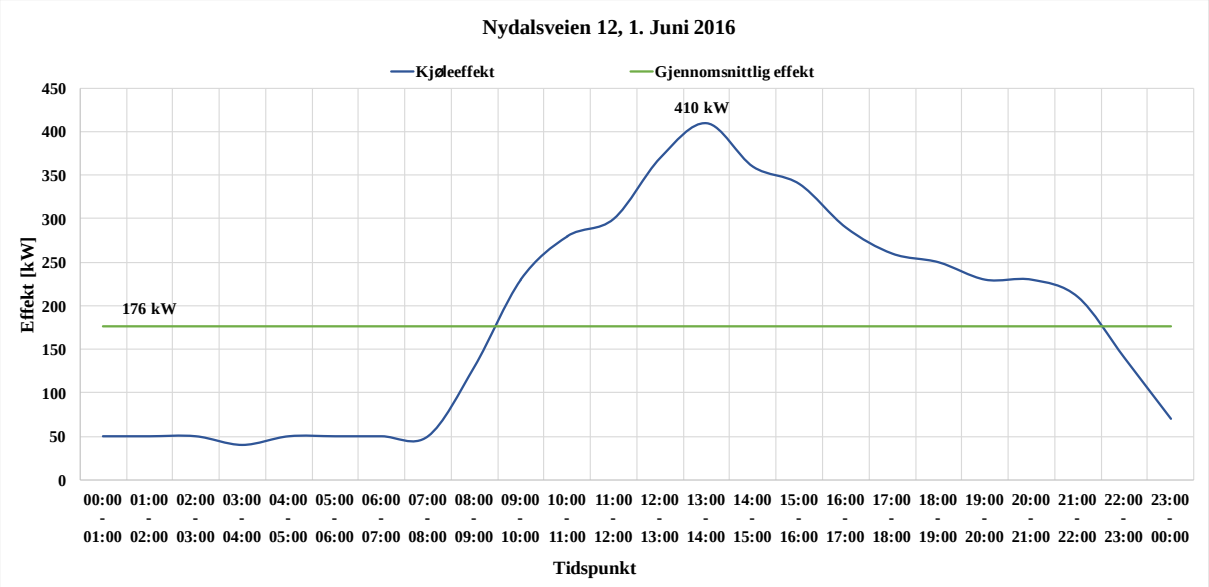
I tabellen under oppsummeres nøkkeltall for eksempelbygget i Nydalsveien 12. Fra tabellen kommer det fram at det høyeste registrerte effektuttaket for bygget er på 410 kW (32 W/ m^2). Kjøleanlegget i bygget er dimensjonert for en effekt på 800 kW. Totalt oppvarmet areal i bygget (BRA) er på 12 912 m2 og ut ifra det kan den installerte effekten til bygget beregnes til 62 W/ m2.

Data analysert for effektforbruket til bygget er fra årene 2013-2016, basert på disse dataene kommer det fram at kjøleanlegget er overdimensjonert med hele **48,75 %.**

Nøkkeltall for kontorbygg i Nydalsveien 12, data hentet fra byggets EOS:

Nydalsveien 12	
Bygningskategori	Kontorbygg
Totalt areal	13 950 m^2
Oppvarmet areal	12 912 m^2
Byggeår	2012
Energistandard	TEK10
Høyeste målte effektuttak (1. Juni 2016)	410 kW
Gjennomsnittlig effekt (1. Juni, 2016)	176 kW
Kjøleanlegg dimensjonert for	800 kW
Installert effekt per m^2	62 W/ m^2

Figuren under viser en grafisk framstilling av døgnvariasjonen til effektforbruket ved kjøling av kontorbygget i Nydalsveien 12. Den blå kurven viser effektuttaket, time for time, i løpet av døgnet i kW. Kurven viser effektforbruket til bygget i løpet av døgnet den 1. Juni 2016, som i henhold EOS-loggen er døgnet med det høyeste registrerte effektuttaket basert på data fra årene 2013-2016. Den grønne linjen viser gjennomsnittseffekten over døgnet som er beregnet til 176 kW. Effekttoppen på 410 kW er markert i figuren. Gjennomsnittseffekten over maksimaldøgnet er dermed kun 176 / 800 kW som tilsvarer 22% av kjøleanleggets kapasitet.



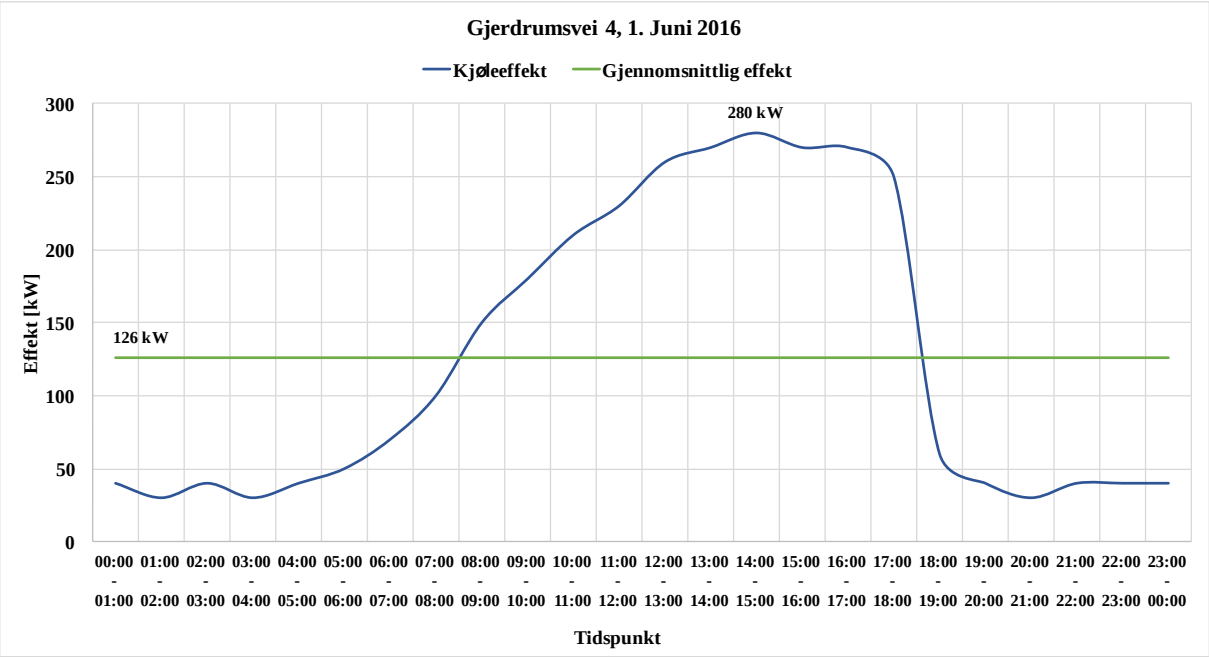
Grafisk framstilling av døgnvariasjonen til effektforbruket ved kjøling av kontorbygget i Nydalsveien 12, den 1. juni 2016. Analysert data er hentet fra byggets EOS.

Eksempelbygg 2 - Gjerdrumsvei 4

I tabellen under oppsummeres nøkkeltall for eksempelbygget i Gjerdrumsvei 4. Fra tabellen kommer det fram at det høyeste registrerte effektuttaket for kontorbygget er på 280 kW (32 W/m^2). Kjøleanlegget i bygget er dimensjonert for en effekt på 625 kW. Totalt oppvarmet areal (BRA) i bygget er på 8 800 m^2 og ut ifra det er den installerte effekten til bygget beregnet til 71 W/ m^2. Data analysert for effektforbruket til bygget er fra år 2013-2016, basert på disse dataene kommer det fram at kjøleanlegget er overdimensjonert med hele **55,2 %.**

Gjerdrumsvei 4	
Bygningskategori	Kontorbygg
Totalt areal	11 139 m^2
Oppvarmet areal	8 800 m^2
Byggeår	2002
Høyeste målte effektuttak (1. Juni, 2016)	280 kW
Gjennomsnittlig effekt (1. Juni, 2016)	126 kW
Kjøleanlegg dimensjonert for	625 kW
Installert effekt per m^2	71 W/m^2

Figuren under viser en grafisk framstilling av døgnvariasjonen til effektforbruket ved kjøling av kontorbygget i Gjerdrumsvei 4. Den blå kurven viser effektuttaket, time for time, i løpet av døgnet i kW. Kurven viser effektforbruket til bygget i løpet av døgnet den 1. Juni 2016, som i henhold EOS-loggen er døgnet med det høyeste registrerte effektuttaket basert på data fra årene 2013- 2016. Grønn linje viser gjennomsnittseffekten over døgnet, denne er beregnet til 126 kW. Effekttoppen på 280 kW er markert i figuren. Gjennomsnittseffekten over maksimaldøgnet er dermed kun 126 / 625 kW som tilsvarer 20%.



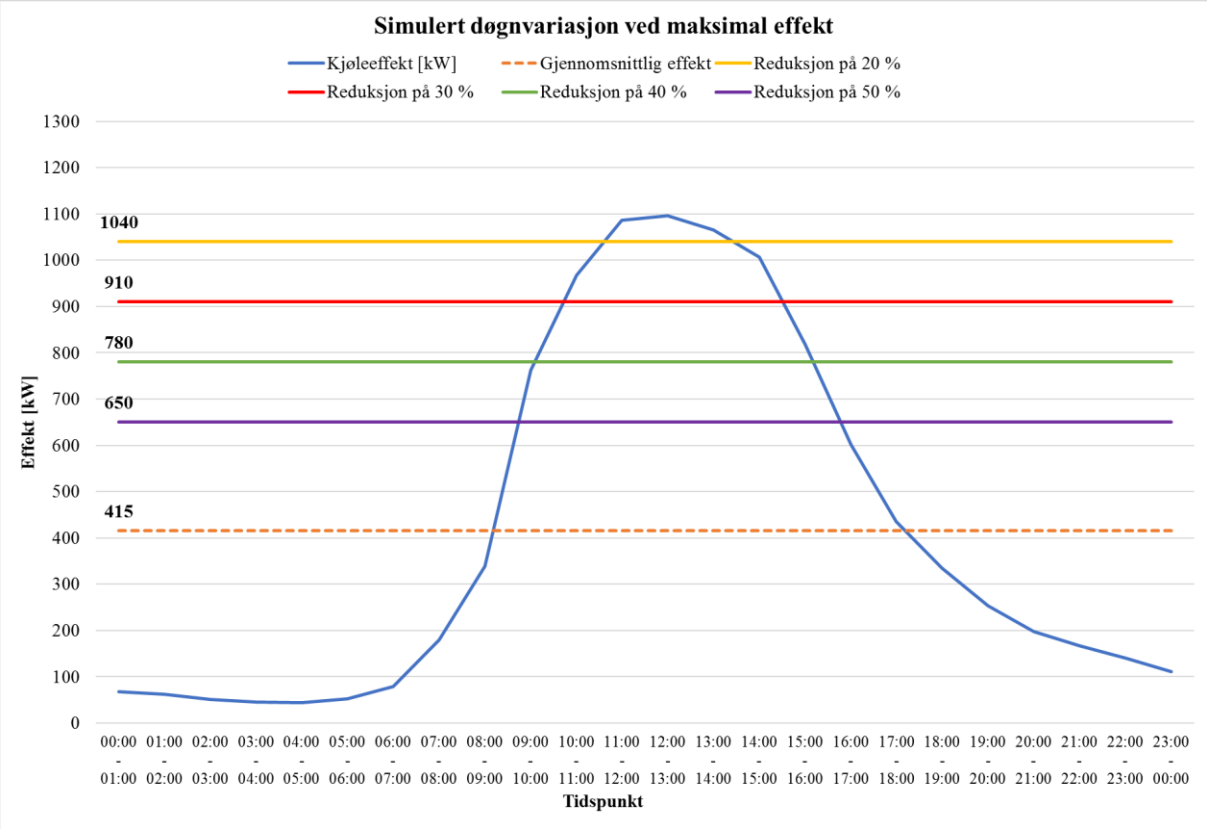
Grafisk framstilling av døgnvariasjonen til effektforbruket ved kjøling av kontorbygget i Gjerdrumsvei 4, den 1. juni 2016. Analysert data er hentet fra byggets EOS.

Den installerte effekten for eksempelbyggene er på henholdsvis 62 W/m² for Nydalsveien 12 og 71 W/m² for Gjerdrumsvei 4, sammenlignet med oppgitte standarder er dette verdier som ligger godt innenfor normalen. Analysene av data fra byggenes EOS-logger viser at begge byggene hadde et faktisk forbruk på om lag 32 W/m². Oppsummert viser resultatene at kjøleanleggene i disse to eksempelbyggene er kraftig overdimensjonerte. Samtidig viser dataene at selv på døgn med maksimalbelastning, er gjennomsnittlig effektbehov kun 20-22 % av kapasiteten på anleggene. Dette viser at akkumulering for utjevning av døgnvariasjoner er viktig.

For bygget på Hasle er maksimalt effektbehov teoretisk beregnet til 1100 kW. Tatt i betraktning dimensjoneringsmetodene som brukes i dag er det rimelig å anta at kjøleanlegget til bygget vil dimensjoneres til et maksimalt effektuttak på minst 1300kW. Dette tilsvarer en installert effekt på ca. 47 W/m². Ved bruk av akkumulering vil det være mulig å neddimensjonere kjølemaskinene med 30-50%.

3.2.2 Energiberegninger

I forbindelse med konseptutredningen ble det gjennomført en simulering av energi- og effektbehov for bygget over året ved bruk av energisimuleringsprogrammet IDA ICE. Resultatet av årssimuleringen viser et maksimalt effektuttak på ca. 1100 kW som inntreffer den 1. August ca. klokken 12:00. Den blå kurven i figuren under viser variasjonen av kjøleeffekt, time for time, for dette maksimaldøgnet. De fire heltrukne horisontale linjene viser effektnivået for redusert installert effekt med henholdsvis 20 %, 30 %, 40 % og 50 % under det dimensjonerte anlegget på 1300 kW. Den stiplede oransje linjen er plassert på 415 kW som er den gjennomsnittlige effekten over døgnet.



Resultat av årssimulering av effektbehovet til bygget utført med IDA ICE. Den blå kurven viser timesverdiene for maksimaldøgnet. De horisontale linjene viser effektnivået ved ulike prosentvise reduksjoner av installert effekt. Den stiplede linjen viser gjennomsnittseffekten over døgnet.

Redusert installert effekt	Energimengde [kWh]	Nødvendig akk.volum [m^3]*
20 %	608	53
30 %	1421	122
40 %	2081	179
50 %	2954	254

*Ved beregning av nødvendig akkumuleringsvolum forutsettes det at det oppnås en ΔT på 10 grader (4°C/14°C) på vannet i tanken.

Energibesparelse

Ved akkumulering og utnyttelse av frikjøling vil det oppnås energibesparelse på bakgrunn av:

- Om sommeren vil deler av klimakjølingen dekkes av frikjøling fra brønnparken. Når kjølebehovet er lavt i bygget, vil brønnparken kjøle ned magasinet. Det er estimert at 50 % av klimakjølingen vil dekkes av frikjøling.
- Bygget har et kjølebehov for datarom, tavlerom mm. på 50 kW hele året. Denne kjølingen vil veksles mot lagringstankene og brønnparken. Store deler av denne kjøleeffekten vil dekkes av frikjøling. Det er estimert at 90 % av vinterkjølingen dekkes av frikjøling.
- Ved at det etableres en CO_2-varmepumpe som henter energi fra lagringsvolumet, og produserer tappevannet, vil 90 % av tappevannsbehovet produseres med en COP på 3,5.

Beregnet energibesparelse er som følger:

- Kjølebehov klimakjøling: 426.000 kWh/år termisk behov

  Normalt strømforbruk på 142.000 kWh/år

- Kjølebehov datarom mm.: 438.000 kWh/år termisk behov

  Normalt strømforbruk på 146.000 kWh/år

- Tappevannsbehov: 138.000 kWh/år

En dekning på 50 % av klimakjøling med frikjøling, gir en strømbesparelse på 71.000 kWh/år

En dekning på 90 % av datakjøling med frikjøling, gir en strømbesparelse på 131.400 kWh/år

Ved å dekke 90 % av tappevannsbehovet med CO_2 varmepumpe oppnås en besparelse på 102.600 kWh/år

Total beregnet besparelse er 305.000 kWh/år

3.2.3 Kjølelager

Vannet i akkumuleringstanken(e) kjøles ned om natten, utenfor byggets driftstid når kjølebehovet i bygget er på et minimum. Den lagrede kjøleenergien kan da utnyttes på dagtid, noe som vil føre til en utjevning av døgnets effektuttak. Akkumuleringstanken(e) skal kjøles ned med størst mulig grad av frikjøling mot energibrønnene, det resterende kjølebehovet dekkes med bruk av kjølemaskiner. For å maksimere kapasiteten til kjølelageret må vannet i tanken kjøles ned til så lav temperatur som mulig. Oppstart av kjølemaskiner for å senke temperaturen utover frikjøling må styres av værprognoser. Det må gjøres en vurdering av hvor mye det er hensiktsmessig, og nødvendig å kjøle

ned vannet. Dette er bl.a. avhengig av utetemperatur og kjølebelastning. For å unngå faseforandring bør ikke vannet kjøles ned til en temperatur lavere enn 2°C. For en mest mulig energieffektiv løsning er det ønskelig med stor grad av frikjøling mot energibrønnene. Den planlagte brønnparken tilknyttet bygget på Hasle er dimensjonert til 30 brønner med en målsetning om en dybde på 300 m. For disse 9000 brønnmeterne er det antatt en varmeledningsevne på 2,8 W/mK. Dette tilsvarer et forventet effektuttak på mellom 70-150 kW. Effektuttaket vil være avhengig av utetemperatur og temperaturen på vannet som føres ned i brønnparken og vil derfor variere noe i løpet av byggets kjøleperiode. Med et effektuttak på 70-150 kW vil byggets kontinuerlige kjølebehov (ca. 50kW) kunne dekkes med frikjøling. Kombinasjonen av frikjøling og energilager vil kunne dekke 50 % av byggets totale kjølebehov.

3.2.4. Varmelager

I sommermånedene vil det kun være tappevann som har behov for oppvarming. Med CO_2-varmepumpe, kan vannet varmes opp til ca. 75 °C. Lagringsvolum for tappevann vil dimensjoneres for å dekke hele behovet for en normal bruksdag. CO_2-varmepumpen vil dermed bidra til nedkjøling av kaldt lager, samtidig som alt overskudd lagres.

3.2.5. Drift og vedlikehold

Når det kommer til drift og vedlikehold av et kombinert fordrøynings- og akkumuleringssytem er det tilknyttet enkelte usikkerheter grunnet lite erfaring med denne typen bruk av regnvann. For prosjektet på Hasle består ca. 48 % av det regnutsatte arealet av tak, i dette tilfellet vil akkumuleringstanken(e) kunne få tilførsel av en tilfredsstillende vannmengde ved kun å benytte seg av takvann. Overvann som ikke er i kontakt med bakken vil ha en langt høyere renhetsgrad enn bakkevann og vil redusere vedlikeholdsbehovet til systemet.

3.2.6. Dimensjonering

Dersom både ønsket om å ha en bestemt vannmengde i akkumuleringstanken til enhver tid og ønsket om å kunne ha tilgjengelig kapasitet til fordrøyning skal oppnås, må magasinet oppdimensjoneres. Det må tas stilling til hvor mye det er nødvendig samt hensiktsmessig å oppdimensjonere det beregnede fordrøyningsvolumet. Her må balansen mellom nødvendig vannmengde som skal holdes igjen i tanken og nødvendig tilgjengelig kapasitet til fordrøyning optimaliseres. Med tanke på kostnader og en eventuell plassbegrensning er det ønskelig at oppdimensjoneringen holdes til et minimum.

Grunnet lite erfaring med optimalisering av dimensjoneringsmetoder, det potensielt store skadeomfanget ved underdimensjonering samt usikkerhet knyttet til fremtidige klimaendringer foreligger det en risiko som må tas hensyn til ved en minimering av størrelsen til fordrøyningsmagasinet. I hvert enkelt tilfelle bør det utføres en kartlegging av hele det aktuelle nedbørsområdet sett under ett, med fokus på mulighetene for sikre flomveier og egnede resipienter for mottakelse av overskuddsvann. Dersom det er gode muligheter for avledning til egnede resipienter på tomten kan en mulig mindre oppdimensjonering av anlegget forsvares.

3.2.7. Scenarioanalyse: ekstremvær

Når regnintensiteten er høy og nedbørsmengdene blir så store at kapasiteten til de resterende fordrøyningstankene overskrides må overskuddsvannet tilføres akkumuleringstanken(e). Tilførselen av regnvann med høyere temperatur vil øke temperaturen på vannet i lageret og dermed svekke

lagerets evne til å kjøle bygget. Den verst tenkelige situasjonen som kan oppstå for energilageret vil være dersom ekstremvær inntreffer og varmt regnvann må ledes til akkumuleringstanken kort tid før kjølebehovet i bygget nærmer seg maks. Når aktiviteten i kontorbygget i tillegg til solbelastningen øker utover formiddagen vil ikke vannet i akkumuleringstanken holde tilstrekkelig temperatur, og lageret kan ikke benyttes til kjøling i den grad det er tenkt. Dersom denne situasjonen skulle inntreffe, og det har blitt foretatt en for stor neddimensjonering av kjøleanlegget i bygget, vil konsekvensen kunne bli at innetemperaturen ikke kan kjøles ned til under 26°C, som i henhold til TEK10 er anbefalt. Dette er ikke en ønskelig situasjon og det bør gjøres en vurdering av konseptet i forbindelse med dette scenarioet. Ytterligere analyser og beregninger må gjøres for å kartlegge hvor stor risikoen er for at situasjonen inntreffer, hvor ofte kan den forekomme og hvor høy innetemperaturen potensielt vil kunne bli. I henhold til veilederen for TEK10 §13-4. Termisk inneklima, bør overskridelse av den anbefalte maksimaltemperaturen på 26°C kunne aksepteres i varme sommerperioder med utelufttemperatur over dimensjonerende utetemperatur.

Nedbørsmengde og tidspunkt for når ekstremvær inntreffer er vanskelig å forutsi, og dersom kjølemaskinene har vært i bruk hele natten er det svært uheldig at varmt regnvann tilføres tanken. Hyppig og sporadisk tilførsel av regnvann til akkumuleringstanken vil føre til en mindre stabil og pålitelig kjøleleveranse et økt behov for bruk av kjølemaskinene og dermed en mindre energieffektiv løsning.

Tatt det norske klimaet i betraktning er det liten sannsynlighet for at dette scenarioet inntreffer. Temperaturen om natten i Norge overgår svært sjeldent 20°C. Sannsynligheten for at situasjonen med store nedbørsmengder med høy temperatur etterfulgt av høy solbelastning og høy utetemperatur skal oppstå er svært liten.

3.3 Økonomiske vurderinger

Resultatene viser at de potensielle besparelse knyttet til den direkte effektbetalingen, slik avregningssystemet er i dag, er svært liten. Prisen på det variable effektleddet er lav for sommermånedene da kjøleeffekttoppene inntreffer. Selv med en betydelig effektutjevning vil ikke disse besparelsene være utslagsgivende med dagens avregningssystem.

Ved drift, vil det oppnås energibesparelser ved at store deler av tappevannet til bygget vil dekkes av CO_2 -varmepumpen. Videre vil det oppnås en besparelse ved at anslagsvis ca. 50 % av kjøleenergien dekkes av frikjøling. I tillegg oppnås en besparelse ved at kjølemaskinene i hovedsak vil kjøres på full last, noe som bedrer gjennomsnittlig COP.

Resultatene av de økonomiske beregningene i konseptutredningen viser at besparelsene ved redusert investering ved innføring av konseptet, hovedsakelig avhenger av tre faktorer: størrelsen på neddimensjoneringen av kjøleanlegget, størrelsen på oppdimensjoneringen av fordrøyningsmagasinet og størrelsen på merkostnadene ved systemendringen.

Tabellen viser en oversikt over estimerte merkostnader ved omlegging fra et tradisjonelt fordrøyningssystem til en kombinert fordrøynings- og akkumuleringssystem med utgangspunkt i prosjektet på Hasle. Kostnader tilknyttet isolasjon, motorventiler og økning av rørnettet antas å være variable og må vurderes spesifikt for hvert enkelt prosjekt.

Grunnet høydeforskjell til påkoblingspunkt til offentlig ledningsnett er det for prosjektet på Hasle bestemt at akkumuleringstanken(e) skal plasseres i parkeringskjelleren. Siden tanken ikke skal graves ned og plasseres under bakkenivå med stabil omgivelsestemperatur vil tanken(e) ha behov for isolasjon.

Kostnadspost	Kr
Prosjektering 10 % av byggekostnad	36 000
Isolasjon av tank(er)	120 000
Motorventiler innløp og utløp av tank(er)*	50 000
Rørmontasje ventiler	40 000
Økning av rørnett, skille takvann og overflatevann	50 000
Styringssystem, nivåkontroll i tanker mot sentral driftskontroll med prognosestyring	100 000
Byggeledelse og testkjøring	86 000
Uforutsett 15%	72 300
SUM	**554 300**

*I estimatet er det tatt utgangspunkt i motorventiler ved inn- og utløp for fem tanker.

Resultatet av de økonomiske betraktningene er presentert i tabellen under og viser størrelsen på besparelsene ved innføring av konseptet for ulike nivå av redusert installert effekt. De prosentvise neddimensjoneringene er sett i forhold til en estimert installert effekt på 1300 kW for kontorbygget på Hasle. Investeringskostnaden for kjøleanlegg lagt til grunn i beregningene er på 4 000 kr/kW.

	Maks 1300 kW kW	-20 % 1040 kW	-30 % 910 kW	-40 % 780 kW	-50 % 650
Investeringskostnad	5 200 000	4 160 000	3 640 000	3 120 000	2 600 000
Drifts- og vedlikeholdskostnader *	156 000	124 800	109 200	93 600	78 000
Totale investeringskostnader	5 356 000	4 284 800	3 749 200	3 213 600	2 678 000
Besparelse grunnet red. installert effekt	**-**	**1 071 200**	**1 606 800**	**2 142 400**	**2 678 000**
Merkostnad systemendring**	-	554 300	554 300	554 300	554 300
Merkostnad oppdimensjonering***	-	212 400	367 200	564 300	776 400
Totale merkostnader	**-**	**766 700**	**921 500**	**1 118 600**	**1 330 700**
Totale besparelser ved innføring av konseptet	**-**	**304 500**	**685 300**	**1 023 300**	**1 347 300**

* Benyttet en drifts- og vedlikeholdskostnad tilsvarende 3 % av investeringskostnaden.

** Tall hentet fra forrige tabell.

*** Volumet brukt i beregningene forutsettes en oppnådd temperaturdifferanse (ΔT) på 10 grader.

Til beregning av kostnaden ved oppdimensjonering av magasinet er det forutsatt en kostnad på 3 000 kr/m^3. Størrelsen på oppdimensjoneringen av fordrøyningsmagasinet vil være utslagsgivende for det totale kostnadsbildet til konseptet. De presenterte resultatene i tabellen over antar en fullstendig oppdimensjonering der hele akkumuleringsvolumet legges til fordrøyningsvolumet. Ytterligere analyser og en risikovurdering bør legges til grunn for å bestemme den mest hensiktsmessige størrelsen på det totale fordrøyningsanlegget. En mindre oppdimensjonering kan forsvares og vil redusere kostandene til konseptet. Eksempelvis vil en oppdimensjonering på 100 m^3 istedenfor 122 m^3 redusere denne kostnadsposten med 67 200 kr. Vurderes en oppdimensjonering på 80 m^3 til å være tilstrekkelig kan kostnaden reduseres med hele 127 200 kr.

3.5. Konklusjon og anbefalinger

Erfaring viser at kjøleanlegg svært ofte er overdimensjonert. Ved bruk av akkumulering kan kjøleanlegg neddimensjoneres med 30-50 %. I sommermånedene vil kjøling av kontorbygg medføre stor variasjon i effektbehov over døgnet. Effekttoppene i disse periodene er dimensjonerende for kjøleanleggene og fører til at anleggene går på dellast omtrent hele året. Stor grad av kjøring på dellast gir dårlig utnyttelse av anleggene.

Kombinasjonen av frikjøling og akkumulering vil kunne gi en dekning på 50 % av klimakjølebehovet (strømbesparelse på 71.000 kWh/år) og en dekning på 90 % av datakjøling (strømbesparelse på 131.400 kWh/år). Ved å dekke 90 % av tappevannsbehovet med CO_2 varmepumpe oppnås en besparelse på 102.600 kWh/år. Total vil løsningene gi en beregnet besparelse på **305.000 kWh/år.**

Samtidig oppnås en besparelse i redusert drift og vedlikehold, p.g.a. redusert dimensjon.

Uten energilager antas det at byggets kjøleanlegg dimensjoneres til 1300kW. Ved utnyttelse av byggets fordrøyningsmagasin til akkumulering vil kjøleanlegget kunne neddimensjoneres med 30-50%. Dette vil kunne gi besparelser ved redusert investering på mellom ca. 650 000-1 270 000kr avhengig av størrelsen på neddimensjoneringen av kjøleanlegget og oppdimensjoneringen av fordrøyningsmagasinet.

4. Løsningens-/teknologiens markedspotensial

4.1. Nyhetsverdi og markedspotensial

Utnyttelse av fordrøyningsmagasin i kombinasjon med termisk lagring er ikke utprøvd i Norge. Hvis dette kan løses på en kostnadseffektiv måte, vil dette kunne utnyttes i alle nybygg i bystrøk.

Kombinasjon av termisk lagring og CO_2 varmepumper vil øke utbredelsen av dette naturlige kjølemediet. Løsningen vil bedre virkningsgraden ved bruk av varmepumper.

Termisk lagring vil gi økonomisk gevinst, ved at varmepumper gir bedre virkningsgrad. Det vil også dimensjon på varmepumper. Det vil i tillegg øke andelen frikjøling i næringsbygg.

Konseptet vil gi økonomiske gevinster ved å benytte termisk lagring til lavere nettleie og utnyttelse av elektrisitet i den delen av døgnet hvor prisen er lav. Utrullingen av AMS vil medføre nye avregningsmetoder med økt fokus på betaling for effekt. Med timesmålinger som verktøy og med

den hensikt å redusere toppbelastningen på strømnettet ved innføring av et nytt betalingssystem, vil det gjøre besparelsene ved effektutjevning større i framtiden.

4.2. Spredning, kompetanseformidling og kunnskapsgenerering

Eiere i dette prosjektet ønsker å profilere gode løsninger og innovasjon som en del av prosjektet. Det er derfor ingen begrensning i innsyn og åpenhet rundt prosjektet.

Prosjektet vil sertifiseres i BREEAM. Gjennom Eiernes medlemskap i Grønn Bygg allianse, er det naturlig at prosjektet presenteres for deres medlemmer.

AF EMT deltar normalt i en rekke foredrag, og vil bidra til informasjonsspredning i alle typer faglige arrangement. Vi har tidligere holdt innlegg på Enova konferansen, NOVAP sin årskonferanse, Norsk varmeteknisk forening mm. Vi har også årlig presentasjon på en rekke universiteter og høgskoler, som NTNU, NMBU mm. En student ved Universitetet i Ås; Rikke , NMBU, skrev masteroppgave om konseptet våren 2017.

5. Risiko og risikodempende tiltak

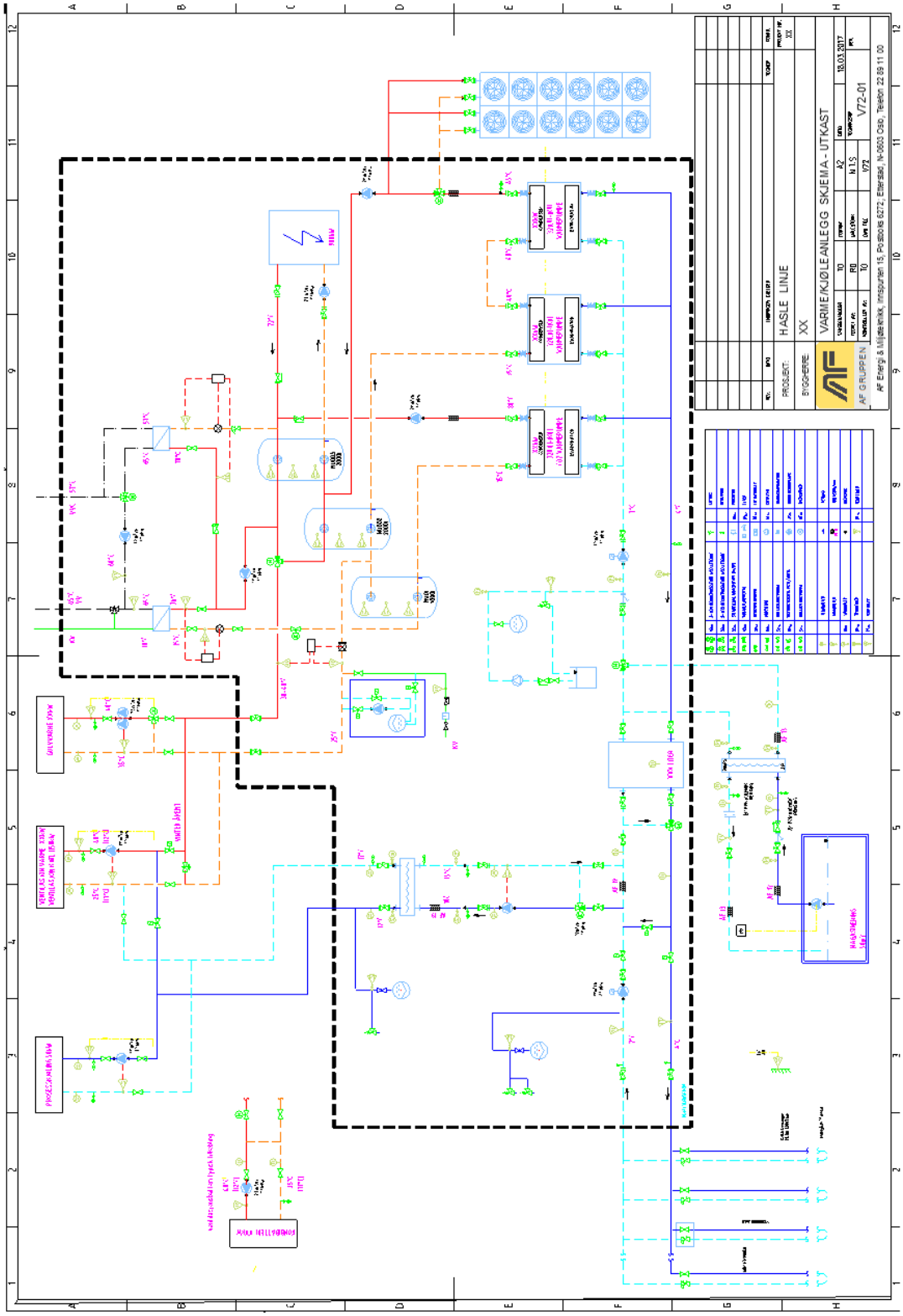
Ved oppdimensjonering av fordrøyningsmagasin er risikoen for overfylling redusert. Alternativet er å utnytte fordrøyningsmagasin uten overdimensjonering, men da må flomveier for bortledning av overløp ivaretas.

En situasjonen som bør unngås er tilførsel av varmt regnvann i et nedkjølt lager på et tidspunkt som vil svekke kapasiteten til lageret. En god løsning for styring og regulering av vannet i akkumuleringstanken vil kunne redusere risikoen og øke stabiliteten og påliteligheten til energilageret og kjøleleveransen. For å optimalisere driften kreves det en løsning for styring slik at en fast vannmengde holdes igjen og kretser i systemet mesteparten av tiden, og tilførsel av nytt regnvann begrenses til kun de største nedbørsperiodene, dette kan løses ved prognosestyring.

6. Oppsummering

Høgh Eiendom er positive til å integrere løsningen i prosjektet. I og med at beregningene viser redusert investering, redusert energikostnad og bedre uttelling i BREEAM sertifiseringen vil løsningen høyst sannsynlig benyttes i prosjektet.

Konseptstudien har vært avgjørende for å dokumentere at denne innovative løsningen er gjennomførbar.

7. Vedlegg

Utkast til systemskisse av mulig løsning for utnyttelse av fordrøyningsmagasin til energilagring.