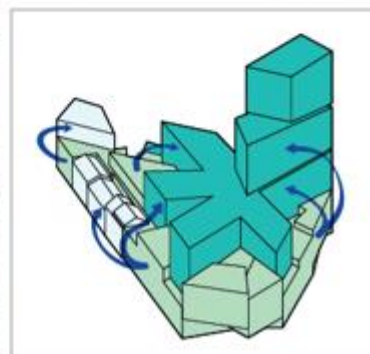




ERICHSEN
HORGEN

KONSEPTUTREDNING FOR INNOVATIVE ENERGI- OG KLIMALØSNINGER I BYGG, OMRÅDER OG ENERGISYSTEMER



GUNERIUSKVARTALET – EN LITEN BY I ETT BYGG

T: +47 22 02 63 00
E: oslo@erichsen-horgen.no

Pb. 4464 Nydalen
0403 OSLO

Organisasjonsnr.
929 308 697

Oslo - Trondheim
Skien - Lillehammer

erichsen-horgen.no

OSLO: Postboks 4464 Nydalen, 0403 Oslo Telefon: 22 02 63 00 LILLEHAMMER: Elvegata 19, 2609 Lillehammer Telefon: 61 27 59 00 SKIEN: Lyngbakkveien 5, 3736 Skien Telefon: 35 58 85 00 TRONDHEIM: Baard Iversens veg 7, 7037 Trondheim Telefon: 73 96 65 20 Epost: firmapost@erichsen-horgen.no www.erichsen-horgen.no Foretaksreg.: NO 929 308 697 MVA		RAPPORT
		RAPPORTTITTEL Konseptutredning Guneriuskvartalet
		OPPDRAGSGIVER Olav Thon Eiendomsselskap ASA
		OPPDRAGSGIVERS KONTAKTPERSON Ole Martin Moe
EH OPPDRAGSNUMMER 12266	DOKUMENTNUMMER 1	UTARBEIDET Hanne Andreassen, Ragnhild Løge, Ida Bryn
DATO 28.09.2018		SIDEMANNSKONTROLL Monica Havskjold, Ida Bryn
REVISJONSDATO -	REVISJONSNUMMER -	EH GODKJENNING

SAMMENDRAG

Stadig skjerpede klimamål og strengere krav til effektiv energibruk i bygninger er med på å sette standarden for fremtidens bygg. Nye ideer og teknologier ettersøkes for å kunne møte utfordringen om å redusere globale CO₂-utslipp.

Guneriuskvartalet i Oslo, som består av eldre bygninger og høyhus fra 1971 er teknisk utdatert og det har blitt arbeidet med et konsept for fornying av hele kvartalet. Det er et grunnleggende ønske å ta i bruk løsninger som er fremtidsrettede og som kan bidra til at bygget blir et foregangsprosjekt innenfor bærekraftig byggeri.

Prosjektet har hatt til hensikt å utrede konsepter til energiforsyning for dette konkrete byggeprosjektet. I tillegg skal arbeidet kunne gi underlag og metode av generell art som kan benyttes i andre prosjekter som Olav Thon Gruppen AS og andre aktører gjennomfører.

Utredningen har fokusert kartlegging av byggets interne varmelaster for å få et mest mulig realistisk bilde av forventet virkelig energibruk. Kartleggingen tar også for seg de ulike bygningsfunksjoners driftsmønster som videre brukes for å optimalisere utnyttelse av energi på tvers av funksjoner.

Fra et LCC-perspektiv er det en løsning med svartvannsgjenvinnig, brønnpark med lading fra solfangere og faseskiftetank for kulde som kom best ut i analysen. Såvidt vi kjenner til er det ikke implementert en tilsvarende løsning i et samlet energikonsept tidligere. Enkeltelementene er implementert i noen få prosjekter og synes å få økende oppmerksomhet og interesse i markedet.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	OPPSUMMERING	3
2	SØKER	3
3	PROSJEKT	3
4	KONSEPTUTREDNING.....	4
5	INNDATA FOR BEREGNING AV NETTO ENERGI- OG EFFEKTBEHOV.....	5
5.1	Areal- og funksjonsinndeling	5
5.2	Ventilasjonstekniske forutsetninger	6
5.3	Varmt tappevann	9
5.4	Prosesskjøling handel og restaurant	11
5.5	Helårsoppvarming av bad – hotell og bolig	12
5.6	Rom og distribusjonstap	12
6	FORVENTET NETTO ENERGIBEHOV	14
6.1	A. Energibehov beregnet i SIMIEN + helårsoppvarming av bad	15
6.2	B. Energibehov tappevann	15
6.3	C. Energibehov prosesskjøling.....	16
6.4	D. Energibehov systemtap	16
6.5	Samlet energibehov A+B+C+D	17
7	EFFEKTVARIGHET VARME- OG KJØLEBEHOV	17
8	INTERN ENERGIGJENVINNING	19
9	ALTERNATIVE ENERGIKILDER-BRØNNPARK	20
10	OPPBYGNING AV ENERGISENTRAL	21
10.1	Alt termisk energibehov håndteres sentralt	21
10.2	Ventilasjonskjøling håndteres lokalt i aggregater	24
10.3	Risikohåndtering og backup	26
10.4	Reversibel Luft/vann-varmepumpe.....	28
11	ØKONOMISK ANALYSE AV ALTERNATIVE ENERGISENTRALER	29
11.1	Aktuelle varianter av energisentraler	29
11.2	Forutsetninger for LCC-beregningene	35
11.3	Resultater.....	38
11.4	Oppsummering av LCC-resultater	42
11.5	Miljøbetraktninger av løsninger	42
12	LØSNINGENS MARKEDSPOTENSIAL.....	43
13	VEDLEGG.....	45

1 OPPSUMMERING

BSL-kvartalet i Oslo, som består av eldre bygninger og høyhus fra 1971 i området mellom Brugata, Stenersgata, Lybekkergata og Storgata er heleid av Olav Thon Eiendomsselskap ASA. Kvartalet som på folkemunne går under navnet Guneriuskvartalet er teknisk utdatert og det har blitt arbeidet med et konsept for fornying av hele kvartalet.

Prosjektet har høye ambisjoner både når det kommer til arkitektur, energi og miljø og det vurderes gjennomført som et BREEAM prosjekt.

Formålet med konseptutredningen har vært å utvikle en energieffektiv helhetlig løsning for utbyggingen, som inkluderer konsepter for optimalisering av klimatisering, lagring av termisk energi (kort- og langtidslagring), samspill mellom byggene ved utnyttelse av spillvarme, gjenvinning samt produksjon av termisk energi og utnyttelse av solenergi. Løsningen skal sikre "byen" lavt energibruk samt sørge for et optimalt samspill med den lokale fjernvarme- og elforsyningen.

Det er fokusert på å kartlegge virkelige internlaster og driftsmønster for de aktuelle funksjoner for best mulig å kunne optimalisere produksjon av termisk energi.

LCC-beregninger er benyttet for å belyse lønnsomheten i de ulike alternativene energisentraler, samt å gi en anbefaling om løsning. Det er sett på ulike løsninger for varmegjenvinning fra sanitæranlegget, og funnet at energigjenvinning fra svartvann er det mest lønnsomme. Av de vurderte energisentralene er det alternativet med svartvannsgjenvinnig, brønnpark med lading fra solfangere og faseskiftetank for kulde som kom best ut. Det er også denne sentralen som har lavest klimagassutslipp fra energiforsyningen

2 SØKER

Olav Thon Eiendomsselskap ASA er søker og prosjektleder for konseptutredningen og har deltatt i utredningen. Olav Thon Gruppen AS eies av Olav Thon Stiftelsen, og er i hovedsak engasjert innen eiendoms- og hotellvirksomhet.

Olav Thon Gruppen AS hadde i 2016 driftsinntekter på ca. 10,2 milliarder kroner og sysselsatte ca. 3 243 årsverk. Gruppen består av de to divisjonene Thon Eiendom og Thon Hotels. Thon Eiendom er markedsledende i Norge innen eiendom med 99 kjøpesentre og ca. 500 næringseiendommer. I eiendomsdivisjonen inngår det børsnoterte selskapet Olav Thon Eiendomsselskap ASA. Per 01.01.17 var leieinntektsnivået på 5,3 milliarder kroner. Handelseiendom utgjør den største posten i eiendomsporteføljen med 67 %. Kontor 14 % og hotell 12 % og øvrig eiendom utgjør 7 %.

Geografisk fordeler eiendomsporteføljen seg med 50 % i Oslo-regionen, 20 % i øvrig storby-Norge, 16 % i øvrig by-Norge og 14 % i utlandet.

3 PROSJEKT

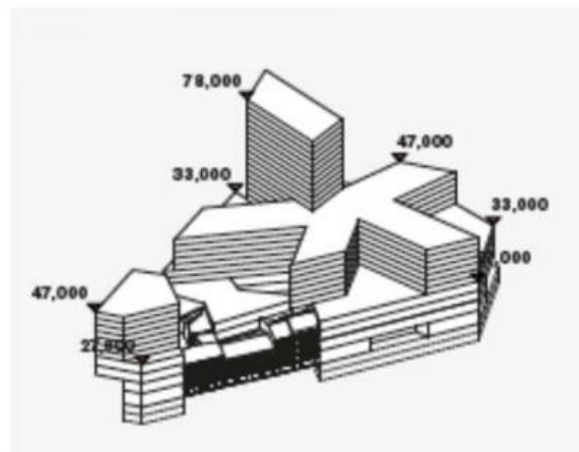
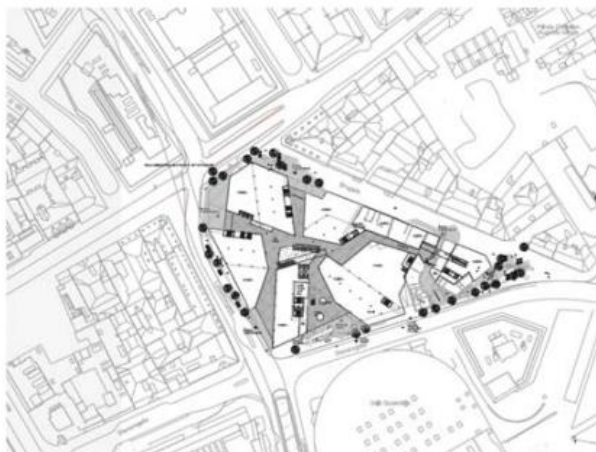
Olav Thon Gruppen står som eier av en betydelig mengde eiendommer i nær beliggenhet til BSL-kvartalet. Dette omfatter blant annet Brugata 1-11, Stenersgata 2-10, Lybekkergata 3, Christian Kroghs gate 1-11, Storgata 22, 34 B og C. Eiendommene består av hotell, kontor og forretninger.

BSL-kvartalet er i sin helhet eiet av Olav Thon Eiendomsselskap ASA. Selskapet er børsnotert og forvaltes av Olav Thon Gruppen. Selskapets strategi er å erverve, utvikle og eie eiendommer med sentral beliggenhet.

Planområdet for prosjektet ligger plassert sentralt i Oslo, med tilhørighet og tilknytning til flere av Oslos bydeler. Geografisk tilhører kvartalet bydel Oslo, men er administrativt en del av bydel St. Hanshaugen. Kvartalet er en del av sentrumsområdet Vaterland, definert av Akerselva mot øst, Storgata i nordvest og Jernbanetorget i sør. Vaterlandsområdet var tidligere et boligstrøk og en forstad til Christiania. Kvartalet ligger tett opp til Oslo S.

Kvartalet består i dag av Gunerius, et kjøpesenter og næringsbygg fra 1971, eldre bebyggelse samt et P-hus delvis tilknyttet kjøpesenteret.

Kvartalet som skal bebygges er ca. 10 daa. Olav Thon Eiendomsselskap ASA ønsker å utvikle hele kvartalet med ny bebyggelse, fortrinnsvis med næringsformål, herunder hotell, konferanse, helsesenter, handel, restaurant og bolig. Innenfor kvartalet ønskes oppført ny bebyggelse og delvis bevart bebyggelse. Samlet areal etter oppføring av ny bebyggelse forventes å være i størrelsesorden 80 000 m² over terreng og 18 000 m² under bakken.



4 KONSEPTUTREDNING

Formålet med konseptutredninger er å utvikle en energieffektiv helhetlig løsning for utbyggingen, som inkluderer konsepter for optimalisering av klimatiseringsløsning (oppvarming, kjøling, ventilering), lagring av termisk energi (kort- og langtidslagring), produksjon av termisk energi samt utnyttelse av solenergi. Løsningen skal sikre "byen" lavt energibruk samt ha et optimalt samspill med den lokale fjernvarme- og elforsyningen. Løsningene skal tilfredsstille de høye ambisjonene til utbygger med tanke på miljø og økonomi. Ved å analysere nye ukonvensjonelle løsninger og deres samspill vil det søkes å maksimere deres potensial, samtidig som fleksibilitet ivaretas med tanke på utbyggers risiko tilknyttet både funksjoner og kostnader. Det er fokus på utnyttelse av overskuddsvarme på tvers av funksjoner internt i "byen".

- Energieffektivitet på hver funksjon
- Samspill mellom de ulike brukskategoriene på en optimal måte
- Redusere behovet for tilført energi samt bygningenes effektbelastning på fjernvarme og el-nettet
- Lokal energiproduksjon

Det legges vekt på at løsninger skal være robuste, enkle og klare prinsipper som er bærekraftige i et livsløpsperspektiv. Kostnader er et viktig element for en bærekraftig løsning. Løsningen blir derfor vurdert utviklet med hensyn til både energimål og kostnadseffektivitet.

Analysedelen av konseptutredningen består av følgende hovedaktiviteter:

- Aktivitet 0 – Kartlegging av virkelig effekt- og energibehov
- Aktivitet 1 – Optimering av virkelig energi- og effektbehov
- Aktivitet 2 – Løsninger for gjenvinning av varme fra avløpsvann fra hotell og boliger
- Aktivitet 3 – Mulig samspill mellom funksjoner og flytting av energi i tid
- Aktivitet 4 – Detaljanalyser av valgte løsninger
- Aktivitet 5 – Identifisere optimale effektstørrelser for valgt løsning
- Aktivitet 6 – Kostnadsberegne valgt løsning og sammenholde referanseløsning

5 INNDATA FOR BEREGNING AV NETTO ENERGI- OG EFFEKTBEHOV

Bygningsmassens er modellert i det dynamiske simuleringsprogrammet SIMIEN for beregning av netto energibehov. SIMIEN-beregningen tar ikke hensyn til alle prosessene i bygget og enkelte energikrevende prosesser er beregnet utenom SIMIEN og lagt til i totalbudsjettet for byggets netto energibehov. For å kunne utnytte samspillet mellom de ulike funksjonene i størst mulig grad er det tatt utgangspunkt i at alle funksjonene/bygningskategoriene er tilknyttet et sentralt varme- og kjøleanlegg. Det bemerkes at denne rapporten omhandler beregning av forventet virkelig energibruk og energieresultater må ikke forveksles med energikrav i tekniske forskrifter. Det er kontrollert at beregningsmodellene oppfyller energikrav i TEK 17 med standardisert inndata gitt av NS3031:2014.

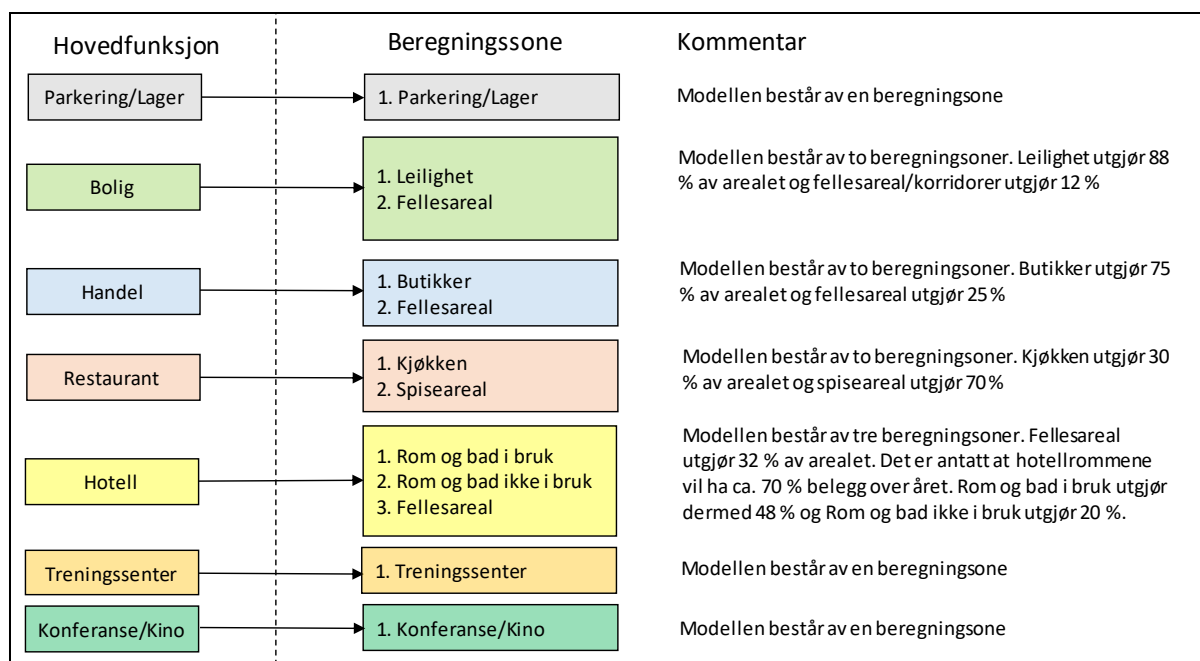
Hensikten er at inndata benyttet i beregninger for tekniske anlegg, internlaster etc. i størst mulig grad skal representere en virkelig driftssituasjon.

5.1 Areal- og funksjonsinndeling

Bygningsmassen er inndelt i ulike funksjoner/bygningskategorier. Tabell 5-1 viser arealfordeling som er lagt til grunn i beregningsmodellene. Inndelingen er basert på tidligfase arkitektskisser av bygningsutforming, samt antagelser om prosentvis inndeling av funksjoner basert på andre bygg i Olav Thon Gruppen sin portefølje. Det er laget separate beregningsmodeller for hver funksjon/bygningskategori og hver funksjon er videre inndelt i ulike beregningssoner, vist i Figur 5-1.

Tabell 5-1: Oppvarmet BRA per funksjon/bygningskategori

Funksjon	Oppvarmet BRA benyttet i beregningsmodell (m ²)
Parkering/lager	12 395
Bolig	8 223
Handel	25 055
Restaurant	3 067
Hotell	27 099
Treningscenter	540
Konferanse/Kino	10 630
SUM	87 009



Figur 5-1: Hovedfunksjon/bygningskategori og tilhørende beregningszoner.

5.2 Ventilasjonstekniske forutsetninger

Tabell 5-2 viser sentrale inndata for ventilasjonsanleggene benyttet ved beregning av forventet virkelig netto energibehov. Verdiene er basert på erfaringstall fra tilsvarende bygg og er bestemt i tett samarbeid med Olav Thon Gruppen.

Tabell 5-2: Ventilasjonstekniske inndata for beregning av forventet virkelig energibehov

Inndata ventilasjon - forventet reell inndata							
Hovedfunksjon	Beregningszone	Prinsipp	Luftmengde	Tillufts- temperatur	SFP	Gjenvinnings- grad	Varme-/ kjølebatteri
		[-]	[m ³ /hm ²]	[°C]	[kW/(m ³ / s)]	[%]	ja/nei
Parkering/Lager	Parkering/Lager	CAV	8,00	10/10	1,65	76,5 %	ja/nei
Bolig	Leilighet	CAV	4,30	19/19	1,65	76,5 %	ja/nei
	Fellesareal	CAV	5,00	19/19	1,65	76,5 %	ja/nei
Handel	Butikker	CAV	6,00	19/17	1,65	76,5 %	ja/ja
	Fellesareal	CAV	6,00	19/17	1,65	76,5 %	ja/ja
Restaurant	Kjøkken	CAV	50,00	19/19	2,20	54,0 %	ja/ja
	Spiseareal	VAV	15,00	19/19	1,65	76,5 %	ja/ja
Hotell	Hotellrom i bruk	CAV	4,00	19/19	1,65	76,5 %	ja/ja
	Hotellrom ikke i bruk	CAV	2,00	19/19	0,83	76,5 %	ja/ja
	Fellesareal	CAV	5,00	20/19	1,65	76,5 %	ja/ja
Treningscenter	Treningscenter	VAV	30,00	19/19	1,65	76,5 %	ja/ja
Konferanse/Kino	Konferanse/Kino	VAV	40,00	19/19	1,65	76,5 %	ja/ja

Varmetilskudd fra belysning, teknisk utstyr og personer er oppsummert i Tabell 5-3. Verdiene er basert på erfaringstall der det er tilgjengelig.

Tabell 5-3: Interne varmelaster benyttet i beregning av forventet virkelig energibehov

Hovedfunksjon	Beregningszone	Varmeavgivelse [W/m ²]			Kommentar/kilde
		Belysning	Utstyr	Personer	
Parkering/ Lager	Parkering/Lager	3,50	1,00	0,00	Belysning basert på data fra Storo Storsenter. Utstyr og personer er antatt
Bolig	Leilighet	1,95	3,00	1,50	Belysning og personbelastning leilighet iht. tabell A.2 NS 3031:2014 boligblokk. Antatt noe mer teknisk utstyr. Antar 0 personbelastning og teknisk utstyr i fellesareal
	Fellesareal	1,95	0,00	0,00	
Handel	Butikker	10,00	1,00	12,50	Utstyr iht. tabell A.2 NS 3031:2014 forretningsbygning. Personbelastning er gjennomsnittsverdi mellom formiddag og ettermiddagsdrift (hhv. 10 og 15 W/m ²).
	Fellesareal	7,50	1,00	12,50	Belysning antatt basert på tilsvarende bygg, høyere i butikker pga. spesialbelysning
Restaurant	Kjøkken	6,00	50,00	3,20	Personbelastning iht. tabell A.2 NS 3031:2014 kulturbygning. Belysning er antatt basert på tilsvarende bygg.
	Spiseareal	6,00	1,00	3,20	*Det antas at beregnet romoppvarmingsbehov på kjøkken tilsvarer varmetilskudd fra internlaster
Hotell	Hotellrom i bruk	3,00	1,00	2,00	Utstyr og personer iht. tabell A.2 NS 3031:2014 hotellbygning. Belysning basert på standardrom på Thon Hotell Opera
	Hotellrom ikke i bruk	0,00	0,00	0,00	Antatt 70 % belegg over året. Trukket ut internlaster fra rom som ikke er i bruk
	Fellesareal	3,00	0,00	0,00	Personer iht. tabell A.2 NS 3031:2014 hotellbygning. Belysning er antatt basert på tilsvarende bygg. Antatt 0 teknisk utstyr og personer i gangarealer
Treningssenter	Treningssenter	5,50	1,00	10,00	Utstyr og personer iht. tabell A.2 NS 3031:2014 idrettsbygning. Belysning er antatt basert på tilsvarende bygg
Konferanse/ Kino	Konferanse/ Kino	6,00	1,00	3,20	Utstyr og personer iht. tabell A.2 NS 3031:2014 kulturbygning. Belysning er antatt basert på tilsvarende bygg

Driftstider for belysning, teknisk utstyr, ventilasjon, personer og oppvarming, samt settpunkt i og utenfor driftstid er vurdert i samråd med Olav Thon Gruppen og hensikten er at det i størst mulig grad skal representere virkelig drift, Tabell 5-4.

Tabell 5-4: Driftstider og settpunkter benyttet ved beregning av forventet virkelig energibehov

Hovedfunksjon	Beregningszone	Driftstid					Settpunkt-temperatur for oppvarming [°C]		Settpunkt-temperatur for kjøling °C
		Belysning	Utstyr	Ventilasjon	Personer	Oppvarming	dag	natt	
Parkering/Lager	Parkering/Lager	24/7/52	24/7/52	24/7/52	-	24/7/52	10	10	-
Bolig	Leilighet	16/7/52	16/7/52	24/7/52	24/7/52	24/7/52	22	22	-
	Fellesareal	16/7/52	-	24/7/52	-	24/7/52	21	21	-
Handel	Butikker	12/6/52	12/6/52	14/6/52	12/6/52	24/6/52	21	21	23
	Fellesareal	12/6/52	12/6/52	14/6/52	12/6/52	24/6/52	21	21	23
Restaurant	Kjøkken	12/6/52	12/6/52	12/6/52	12/6/52	-	-	-	26
	Spiseareal	12/6/52	12/6/52	12/6/52	12/6/52	24/6/52	22	22	26
Hotell	Hotellrom i bruk	15/7/52	24/7/52	9/7/52	10/7/52	10/7/52	19	22	20
	Hotellrom ikke i bruk	-	-	24/7/52	-	24/7/52	19	19	25
	Fellesareal	16/7/52	-	16/7/52	-	24/7/52	20	20	-
Treningssenter	Treningssenter	16/7/52	16/7/52	16/7/52	16/7/52	24/7/52	22	22	24
Konferanse/Kino	Konferanse/Kino	16/7/52	16/7/52	16/7/52	16/7/52	16/7/52	21	20	-

5.3 Varmt tappevann

For å få et mest mulig realistisk bilde av energi- og effektbehov til varmt tappevann er det gjort en kartleggingsjobb av tappevannsforbruk i tilsvarende eksisterende bygg.

Lager/parkering og kino

Det antas at bygningskategori Lager/Parkering og kino-delen av Konferanse/Kino ikke har et tappevannsbehov.

Hotell, treningssenter og konferanse

For hotellbygning er det tatt utgangspunkt i data fra Thon Hotell Arena og Thon Hotell Opera. Begge disse er konferansehotell plassert i Lillestrøm og Oslo. Oppvarmet areal er hhv. 24 500 m² og 29 835 m² og består av 225- og 480 hotellrom. Til sammenligning består hotellandelen av Guneriuskvartalet (inkludert konferanse, restaurant og fitness tilhørende hotell) i beregningsmodellen av 31 972 m² og ca. 650 hotellrom.

Data om varmtvannsbehov på de to hotellene er basert på foreløpige data fra SINTEF Byggforsk sitt prosjekt VarmtVann2030. Forutsetningene for tallene i den foreløpige rapporten er fjernvarmedata for levert energi hentet ut for sommermånedene (da det antas at varmt tappevann er det eneste termiske behovet i denne perioden). Videre er det i SINTEF sitt prosjekt benyttet en virkningsgrad for å anslå netto energibehov til varmt tappevann. Levert energi inkluderer systemtap mens netto energibehov er det faktiske behovet i bygget. Virkningsgraden som er benyttet i SINTEF sitt prosjekt er basert på NS3031:2014 og er på 59 %. Dvs. at 59 % av levert energi blir nyttiggjort i bygget og resterende 41 % er systemtap. Foreløpige tall for energibehov til varmt tappevann for Thon Hotell Arena og Thon Hotell Opera som brukes som underlag for hotellandelen av Guneriuskvartalet er som vist i Tabell 5-5.

Tabell 5-5: Vannforbruk og energibruk til varmt tappevann for to representative hotell

Element	Enhet	Thon Hotell Arena	Thon Hotell Opera
Oppvarmet areal	m ²	24 500	29 835
Energibruk til varmtvann	kWh	960 000	1 080 000
Spesifikt energibruk til varmtvann	kWh/m ²	39,2	36,2
Antatt virkningsgrad basert på NS3031:2014	%	59 %	59 %
Spesifikt energibehov til varmtvann	kWh/m ²	23,1	21,4
Spesifikt netto energibehov til varmtvann eks. distribusjonstap	kWh/m ²	22	
Spesifikt netto energibehov til varmtvann inkl. distribusjonstap	kWh/m ²	38	

Basert på informasjonen i Tabell 5-5 benyttes gjennomsnittverdien av de to byggene som underlag for bygningskategori hotell (inkludert treningssenter, og konferansedelen av kino/konferanse), **38 kWh/m²**.

Bygningskategori konferanse og kino er slått sammen til en beregningsmodell. Det antas null energibehov til varmt tappevann for kinodelen og 38 kWh/m² for konferansedelen av denne kategorien. Arealvektet utgjør dette et energibehov til varmt tappevann på **8,0 kWh/m²** for den samlede bygningskategorien konferanse/kino.

Bolig

For boligdelen er det tatt utgangspunkt i energibehovet til to eksisterende bygg med oppvarmet areal på hhv. 1 092 m² og 4 589 m². Til sammenligning er boligdelen av Gunerius i dette prosjektet anslått til 8 816 m². Verdiene for de to boligblokkene er vist i Tabell 5-6.

Tabell 5-6: Vannforbruk og energibruk til varmt tappevann for to representative boligblokker

Element	Enhet	Osterhaugsveien 11	Oskar Braatens gate 31
Oppvarmet areal	m ²	1 092	4 589
Energibruk til varmtvann	kWh	40 800	154 680
Spesifikt energibruk til varmtvann	kWh/m ²	37,4	33,7
Antatt virkningsgrad basert på NS3031:2014	%	59 %	59 %
Spesifikt energibehov til varmtvann	kWh/m ²	22,0	19,9
Spesifikt netto energibehov til varmtvann eks. distribusjonstap	kWh/m ²	20	
Spesifikt netto energibehov til varmtvann inkl. distribusjonstap	kWh/m ²	34	

Gjennomsnittlig spesifikt netto energibehov til varmtvann inkl. distribusjonstap brukes som underlag for boligdelen på Gunerius, **34 kWh/m²**.

Handel

For bygningskategori handel finnes det lite data og erfaringstall, delvis på grunn av mye desentraliserte løsninger. Til videre analyse benyttes erfaringstall fra tappevannsforbruk på sentrene til Olav Thon Gruppen, tilsvarende gjennomsnittlig 8 kWh/m². Ved 59 % virkningsgrad tilsvarer dette et netto energibehov til tappevann på 4,7 kWh/m².

Restaurant

Det finnes lite underlag på varmt tappevannsbehov på restaurant. Olav Thon Gruppens restauranter på kjøpesentre har svært varierende behov. For videre analyse benyttes tall fra Youngstorget 1, på 200 kWh/m². Med 59 % virkningsgrad tilsvarer dette et netto energibehov til varmt tappevann på 118 kWh/m²

5.4 Prosesskjøling handel og restaurant

Totalleverandør av kuldeteknisk utstyr, Kelvin AS, har utarbeidet en rapport som sammenstiller energibehov knyttet til prosesskjøling i matbutikker og restaurantlokaler for betjening av kjøle- og frysedisker. Rapporten legger vekt på at det er en del samtidig bruk av utstyr og at utstyr sjeldent er i drift med maks pådrag. Gjennomsnittlig prosesskjølebehov til fire matbutikker, hvor det er tatt hensyn til samtidighet og redusert pådrag, benyttes som underlag for prosesskjølebehov på kategori Handel (Tabell 5-7). Matbutikkarealet er forutsatt å utgjøre 2 100 m² av totalt handelsareal.

Tabell 5-7: Prosesskjølebehov handel

Matbutikk (handel)	Kjølebehov [W/m ²]	Forventet gjennomsnittlig pådrag/ samtidighet	Kjølebehov inkl. samtidighet [W/m ²]	Oppvarmet areal [m ²]	Kjølebehov inkl. samtidighet [W]
Kjøøl	71	56 %	40	2 100	83 496
Frys	11	27 %	3	2 100	6 237
SUM	82		43		89 733

Prosesskjølebehovet for kategori restaurant er basert på gjennomsnittlig prosesskjølebehov til to restauranter, hvor det er tatt hensyn til samtidighet og redusert pådrag. Kjøkkenarealet er forutsatt å utgjøre ca. 1/3 av totalt restaurantareal, tilsvarende 920 m².

Tabell 5-8: Prosesskjølebehov restaurant

Kjøkken (restaurant)	Kjølebehov [W/m ²]	Forventet gjennomsnittlig pådrag/ samtidighet	Kjølebehov inkl. samtidighet [W/m ²]	Oppvarmet areal [m ²]	Kjølebehov inkl. samtidighet [W]
Kjøøl	52	47 %	24	920	22 485
Frys	10	27 %	3	920	2 484
SUM	62		27		24 969

Innenfor kategori Handel er det også forutsatt at en arealandel vil utgjøre mindre serveringssteder/cafeer. Basert på tilsvarende kjøpesentre er det anslått at cafeer utgjør ca. 610 m². Videre antas det av hver cafe er på ca. 150 m² og at tilleggskjølebehovet til cafe er på ca. 3,5 kW (basert på Kelvin AS sin rapport for Storo Storsenter). Totalt gir dette et tilleggskjølebehov til mindre serveringssteder/cafeer på ca. 14 kW.

Prosesskjølebehovet til kjøøl og frys på kategori handel og restaurant, inkludert mindre serveringssteder utgjør dermed ca. 90 kW + 25 kW + 14 kW = 129 kW. Dette kjølebehovet antas å være konstant og jevnt over året og vil ikke være klimaavhengig.

5.5 Helårsoppvarming av bad – hotell og bolig

Det er en forutsetning i prosjektet at badene på hotell- og boligdelen skal varmes opp hele året. Tilleggsenergien som kreves for å holde baderommene på ønsket innetemperatur er beregnet utenom SIMIEN. Det antas at temperaturen fra omkringliggende rom til bad skal heves med gjennomsnittlig 5 °C og at denne temperaturhevingen gjelder kontinuerlig gjennom hele året. Vi får da et ekstra effekt- og energibehov som beregnet i Tabell 5-9.

Tabell 5-9: Ekstra energi- og effektbehov som følge av helårsoppvarming av bad

Areal	Luftmengde [m ³ /h]	ΔT [°C]	Effekt per bad [W/bad]	Antall bad [stk]	Total effekt [kW]	Tilleggsenergi [kWh/år]
Hotellrom i bruk	108	5	178	454	81	710 000
Hotellrom ikke i bruk	54	5	89	195	17	149 000
Leilighet	108	5	178	100	18	158 000
SUM					116	1 017 000

5.6 Rom og distribusjonstap

Det er beregnet energitap relatert til varme- og kjøledistribusjon i bygget, og romreguleringstap. Det finnes lite erfaringstall om typiske størrelser på systemtap i bygninger. NS3031:2014 angir veiledende årsgjennomsnittlige distribusjonsvirkningsgrader for vannbårne varmeanlegg og veiledende årsgjennomsnittlige romvirkningsgrader for radiatorer. Verdiene er basert på en rekke optimale forutsetninger og det mistenkes at virkningsgradene i virkeligheten ofte er mye lavere.

SN/TS3031:2016 foreslår metoder for beregning av distribusjonstap fra varme- og kjølerør. Denne tar ikke for seg romreguleringstap. SN/TS3031:2016 benyttes derfor som grunnlag for beregning av distribusjonstap og NS3031:2014 benyttes for beregning av romreguleringstap. NS3031:2014 har ikke veiledende verdier for romvirkningsgrader på kjølesystem og som en forenkling er det antatt at dette tapet forholdsmessig er like stort som forskjellen mellom romreguleringstap og distribusjonstap på varm side.

Distribusjonstap fra varme- og kjølerør beregnes etter forenklede metoder iht. formel H.4 og H.19 (fra SN/TS3031:2016).

Varmetap fra distribusjonsrør i oppvarmede rom/soner, $q_{dis-h,i}$	
$q_{dis-h,i} = L'' * A_{BRA} * U' * (\theta_{em,mean} - \theta_i) * (1 - \varphi) \quad [W] \quad (H.4)$	
<i>Parameter</i>	<i>Verdi</i>
L'' er løpemeter distr.rør per kvadratmeter oppvarmet BRA, i m/m ² (veiledende verdi SN/TS3031:2016 tabell H.1)	0,35
A_{BRA} er oppvarmet bruksareal for bygningen, i m ²	87 009
U' er gjennomsnittlig U-verdi for distribusjonsrørene, i W/(K*m) (veiledende verdi SN/TS3031:2016 tabell H.2)	0,20
θ_i er temperatur i oppvarmet rom/sone, i °C	24
$\theta_{em,mean}$ er gjennomsnittlig distr.temp. beregnet ut fra tur og returtemp., i °C	35
φ er andel av distribusjonsrørene som går i uoppvarmede rom (eller ute)	0
$q_{dis-h,i} = 0,35 * 87009 * 0,20 * (35 - 24) * (1 - 0) = 67 \text{ kW}$	

Varmeopptak for kulderør i oppvarmede rom/soner, $q_{dis-c,i}$	
$q_{dis-c,i} = L_c'' * A_{BRA} * U' * (\theta_i - \theta_{em,mean}) * (1 - \varphi) \quad [W] \quad (H.19)$	
<i>Parameter</i>	<i>Verdi</i>
L_c'' er løpemeter kjølerør per kvadratmeter oppvarmet BRA, i m/m ² (veiledende verdi SN/TS3031:2016 – tabell H.8)	0,18
A_{BRA} er oppvarmet bruksareal for bygningen, i m ²	87 009
U' er gjennomsnittlig lineær U-verdi for distribusjonsrørene, i W/(K*m) (veiledende verdi SN/TS3031:2016 – tabell H.9)	0,30
θ_i er temperatur i oppvarmet rom/sone, i °C	24
$\theta_{em,mean}$ er gjennomsnittlig distr.temp. beregnet ut fra tur og returtemp. i k, i °C	15
φ er andel av distribusjonsrørene som går i uoppvarmede rom (eller ute)	0
$q_{dis-c,i} = 0,18 * 87009 * 0,30 * (24 - 15) * (1 - 0) = 42 \text{ kW}$	

Årsgjennomsnittlig romvirkningsgrad for varmesystemet er hentet fra NS3031:2014, tabell B.11-3. Det forutsettes *radiatorer med turtemperatur ≤ 45 °C m/termostatventil*, som gir en romvirkningsgrad på 0,92.

$$\eta_{rom,varme} = 0,92$$

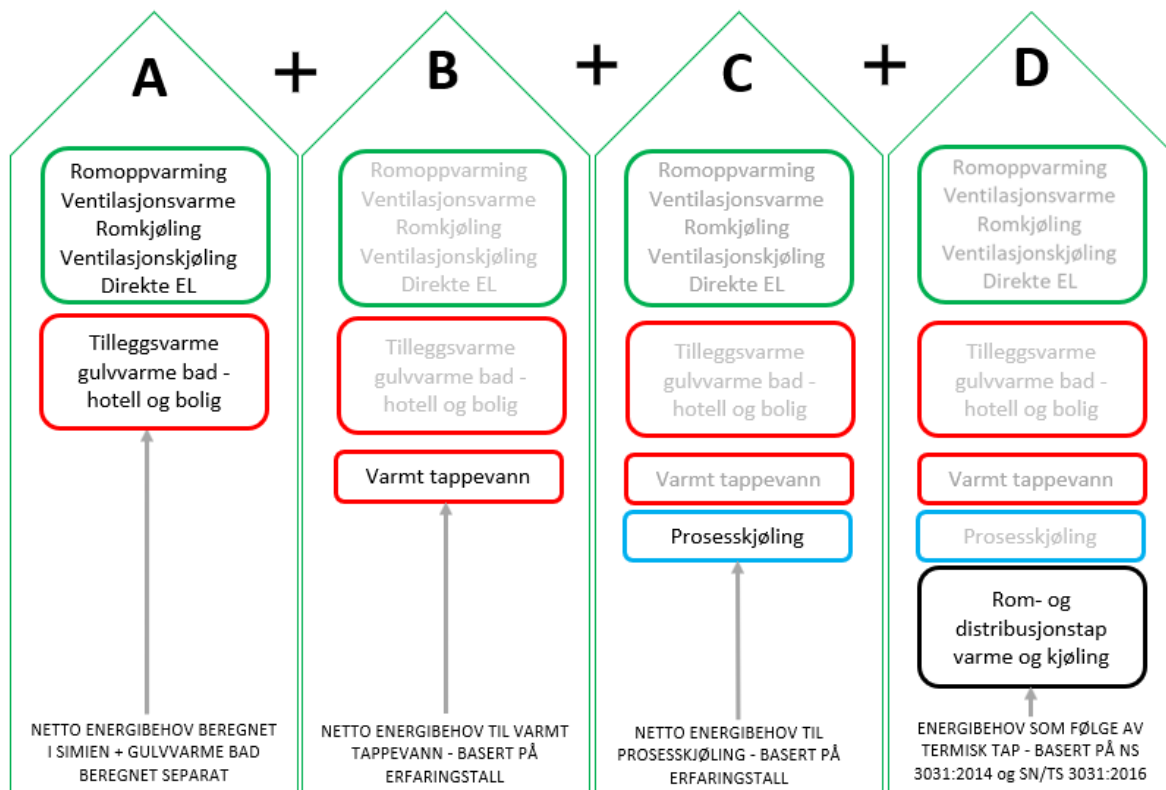
Romreguleringstap på kald side, $\eta_{rom,kjøling}$, beregnes ut fra forholdstallet mellom rom- og distribusjonstap på varm side:

$$\eta_{rom,kjøling} = \eta_{rom,varme} * \frac{q_{dis-c,i}}{q_{dis-h,i}} = 0,92 * \frac{42}{67} = 0,58$$

Effektbehov som skyldes systemtap i bygget er gjennomsnittsverdier og fordeles derfor som en jevn last over året. Romreguleringstapet beregnes basert på byggets netto energibehov og presenteres i resultatkapittel.

6 FORVENTET NETTO ENERGIBEHOV

I dette kapitlet presenteres resultatene fra beregning av netto energibehov for de ulike bygningskategoriene. Beregningsprosessen er illustrert i Figur 6-1. Netto energibehov er beregnet i SIMIEN. I tillegg er det lagt til et beregnet tilleggsenergiebehov for å ta hensyn til helårsoppvarming av bad på hotell og bolig (A). Videre er energibehovet til varmt tappevann lagt til (B). Energiebehov til prosesskjøling, basert på erfaringstall fra tilsvarende bygg legges til (C). Basert på netto energibehov fra A beregnes energibehov til å dekke rom- og distribusjonstap fra det termiske behovet i bygget, både varme og kjøling (D).



Figur 6-1: Beregningsprosess virkelig energibehov

6.1 A. Energibehov beregnet i SIMIEN + helårsoppvarming av bad

Netto energibehov beregnet i SIMIEN pluss tilleggsvarme for helårsoppvarming av bad er vist i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Netto energibehov SIMIEN + bad (A)

Hovedfunksjon	Energibehov SIMIEN [kWh]	Helårsoppvarming bad [kWh]	Energibehov SIMIEN + bad [kWh]	Spesifikt energibehov SIMIEN + bad [kWh/m ²]
Parkering/Lager	1 133 000		1 133 000	92
Bolig	976 000	158 000	1 134 000	138
Handel	2 604 000		2 604 000	104
Restaurant	670 000		670 000	219
Hotell	2 804 000	859 000	3 663 000	136
Treningscenter	78 000		78 000	145
Konferanse/Kino	1 200 000		1 200 000	113
SUM	9 465 000	1 017 000	10 482 000	121

6.2 B. Energibehov tappevann

Netto energibehov inkludert distribusjonstap for oppvarming av varmt tappevann er vist i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Netto energibehov varmt tappevann (B)

Hovedfunksjon	Netto energibehov tappevann [kWh]	Spesifikt energibehov tappevann [kWh/m ²]
Parkering/Lager	0	0
Bolig	288 000	35
Handel	200 500	8
Restaurant	613 500	200
Hotell	976 000	36
Treningscenter	19 500	36
Konferanse/Kino	85 500	8
SUM	2 183 000	25

6.3 C. Energibehov prosesskjøling

Energibehov prosesskjøling er vist i Tabell 6-3.

Tabell 6-3: Energibehov prosesskjøling

Kategori	Effekt [kW]	Energibehov [kWh]	Berørt areal [m ²]	Spesifikt energibehov [kWh/m ²]
Handel (kjøl- og frysedisker)	90	788 500	25 056	31
Handel (cafeer o.l.)	14	123 000	25 056	5
Restaurant	25	219 000	3 067	71

6.4 D. Energibehov systemtap

Romreguleringstap er beregnet med utgangspunkt i byggets beregnede termiske energibehov, fordelt på varme- og kjølebehov. Byggets termiske energibehov er vist i Tabell 6-4.

Tabell 6-4: Byggets termiske energibehov fordelt på varme og kjøling, basis for beregning av systemtap

Kategori	Energibehov rom- og vent.varme [kWh]	Spesifikt varmebehov [kWh/m ²]	Energibehov rom- og vent.kjøling [kWh]	Spesifikt kjølebehov [kWh/m ²]
Parkering/Lager	244 500	20	0	0
Bolig	757 000	93	0	0
Handel	456 500	19	741 500	30
Restaurant	246 500	81	37 500	13
Hotell	2 324 000	86	464 500	18
Trening	32 000	60	9 000	17
Konferanse	555 000	53	73 500	7
SUM	4 615 500	54	1 326 000	16

Beregnet effekt- og energibehov som følge av rom- og distribusjonstap fra varme- og kjølesystem er vist i Tabell 6-5.

Tabell 6-5: Energibehov systemtap

	Effektbehov [kW]		Energibehov [kWh/m ²]	
	Distribusjonstap	Romreguleringstap	Distribusjonstap	Romreguleringstap
Varme	67	46	7	5
Kjøling	42	29	5	3
SUM systemtap	184		20	

6.5 Samlet energibehov A+B+C+D

Totalt beregnet energibehov inkludert system (A+B+C+D) er vist i Tabell 6-6. Det beregnede energibehovet er grunnlaget for videre analyse og dimensjonering av energisentralen og vurdering av ulike systemløsninger.

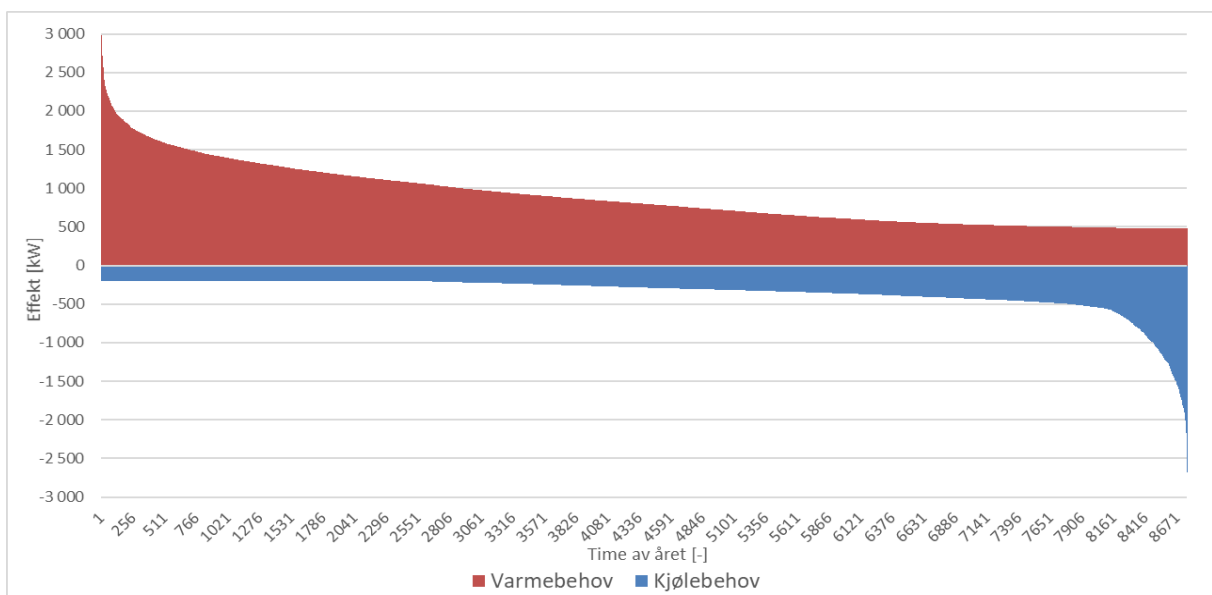
Tabell 6-6: Totalt beregnet energibehov for Guneriuskvartalet, basis for dimensjonering av energisentral

Kategori	A [kWh/m ²]	B [kWh/m ²]	C [kWh/m ²]	D [kWh/m ²]	Spesifikt energibehov [kWh/m ²]	Totalt energibehov [kWh]
Parkering/Lager	92	0	0	20	111	1 376 000
Bolig	138	35	0	20	193	1 583 000
Handel	104	8	37	20	168	4 210 000
Restaurant	219	200	72	20	510	1 563 000
Hotell	136	36	0	20	191	5 176 000
Treningscenter	145	36	0	20	200	109 000
Konferanse/Kino	113	8	0	20	141	1 494 000
SUM					179	15 511 000

Det påpekes at energiresultatene er basert på en rekke forutsetninger og forenklinger som må gjennomgås i senere prosjekteringsfaser. Mindre justeringer i driftstider, settpunkter og internlasten kan ha store utslag på energi- og effektbehov. Arealinndeling av de ulike funksjoner er basert på tidligfase arkitektskisser og det er store usikkerheter i hvordan den virkelige arealinndelingen blir.

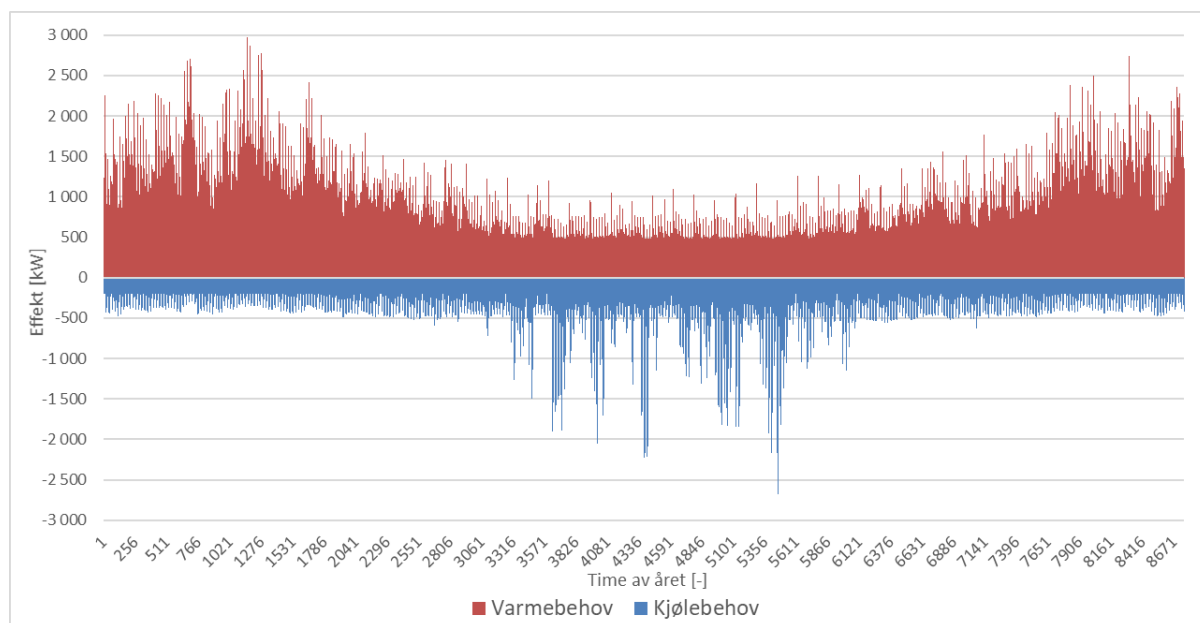
7 EFFEKTVARIGHET VARME- OG KJØLEBEHOV

Basert på energibehovet presentert i avsnitt 6.5 får vi totalbildet for varme- og kjøleeffektbehov over året, vist i Figur 7-1.



Figur 7-1: Effektvarighet for varme- og kjølebehovet over året

Figur 7-2 viser effektvariasjonen og samtidigheten av varme- og kjølebehovet gjennom året:



Figur 7-2: Effektdiagram for varme- og kjølebehov over året

Vi ser av figurene at det er en stor ubalanse mellom varme- og kjølebehov over året. Det er relativt mye større energibehov til varme enn til kjøling, og dette er i hovedsak forårsaket av høyt tappevannsbehov for hotell og restaurant. I tillegg bidrar gulvvarme på baderom til et relativt høyt varmebehov gjennom sommeren.

Tabell 7-1 og Tabell 7-2 viser makseffekt ved dimensjonerende døgn, og det totale årlige energibehovet for de ulike kursene for varme og kjøling:

Tabell 7-1: Makseffekt og årlig energibehov til varme, totalt for Guneriuskvartalet

	Effekt [kW]	Energibehov [kWh]
Romoppvarming	1 440	3 127 000
Ventilasjonsvarme	1 020	1 483 000
Tappevann	250	2 183 000
Distribusjonstap	113	990 000
Varme totalt	2 780	7 783 000

Tabell 7-2: Makseffekt og årlig energibehov til kjøling, totalt for Guneriuskvartalet

	Effekt [kW]	Energibehov [kWh]
Romkjøling	440	907 000
Ventilasjonskjøling	1 590	419 000
Kjølfrys	129	1 128 000
Distribusjonstap	71	622 000
Kjøling totalt	2 230	3 076 000

Makseffektene ved dimensjonerende forhold er noe lavere enn i årssimuleringene, som er underlag for effektvarighetskurvene. Dette er fordi årssimuleringer også har med

ekstremverdier for utetemperaturer, som drar opp effekt-toppene. Det er derfor en forskjell mellom maksverdiene i figurene og i tabellene.

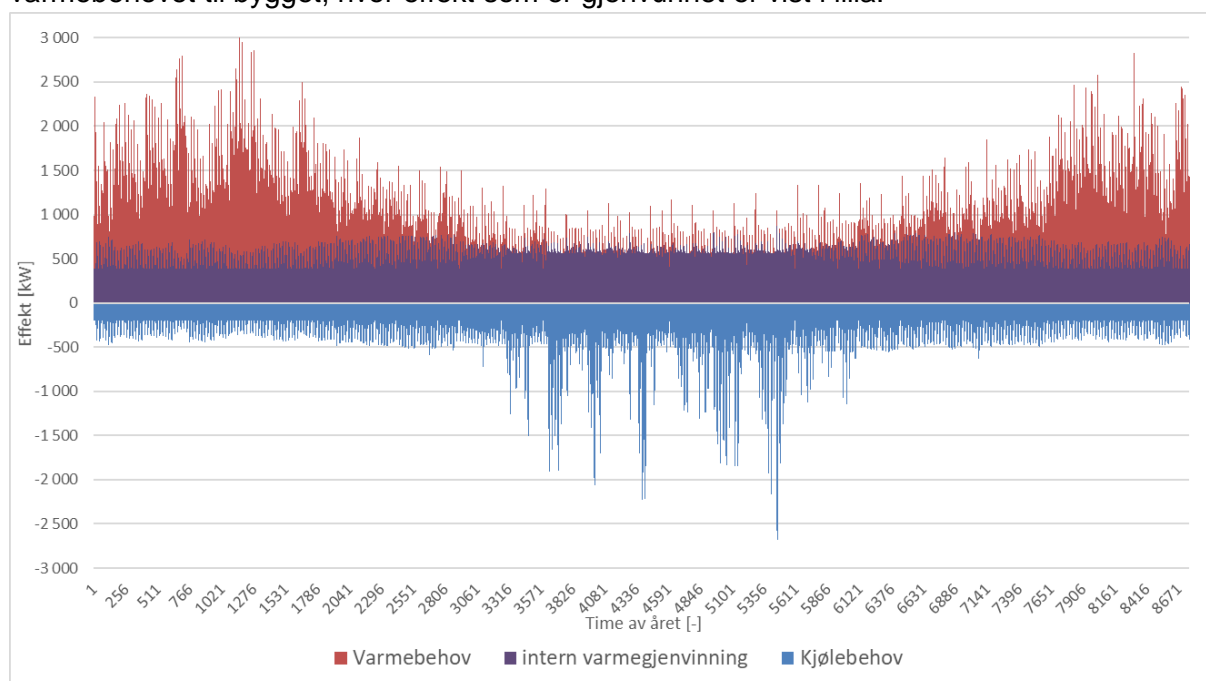
8 INTERN ENERGIGJENVINNING

Guneriuskvartalet har en betydelig andel samtidig varme- og kjølebehov. Bygningsmassen har også et høyt tappevannsbehov, som gjør at vi kan gjenvinne varme fra avløpsvann og nettvann. Vi kan dermed utnytte overskuddsvarme fra ulike interne prosesser til å dekke varmebehov, som igjen reduserer behovet for levert energi til bygget.

Det er utført en studie for å finne potensiale for energigjenvinning fra sanitæranlegget, og det er sett på gjenvinning fra nettvann, svartvann og gråvann. Med svartvann menes alt avløpsvann inkludert kloakk fra toaletter, mens gråvann er alt avløpsvann minus kloakkvann fra toaletter. Sannsynlig volum til kaldt og varmt forbruksvann i bygget er beregnet, og dermed også volumet av sannsynlig avløpsvann. På grunnlag av dette er det gjennomført en lønnsomhetsberegning for ulike gjenvinningsteknologier. Se forøvrig notat *RIEn-06-Energigjenvinning fra sanitæranlegg* for nærmere beskrivelse av alternativene og valgt løsning.

Det var varmegjenvinning fra svartvann som kom best ut i lønnsomhetsberegningene, og det er beregnet at vi kan gjenvinne ca. 50 kW varme jevnt over døgnet og året fra svartvannet. Denne effekten vil i virkeligheten variere over døgnet, i henhold til mengden avløpsvann, men er for beregningene satt til en midlet verdi. Det forutsettes at svartvannet har en gjennomsnittlig temperatur på 20°C, og energien overføres fra svartvannet ved hjelp av profilerte varmevekslerelementer i avløpsledningen ut av bygget. En glycolkrets sirkulerer gjennom gjenvinnernelementene og leverer varmen til en egen varmepumpe som produserer varmt tappevann.

Figur 8-1 viser hvordan intern varmegjenvinning fra kjøleproduksjon og svartvann kan dekke varmebehovet til bygget, hvor effekt som er gjenvunnet er vist i lilla.



Figur 8-1: Dekning av varmebehov over året med bruk av intern energigjenvinning

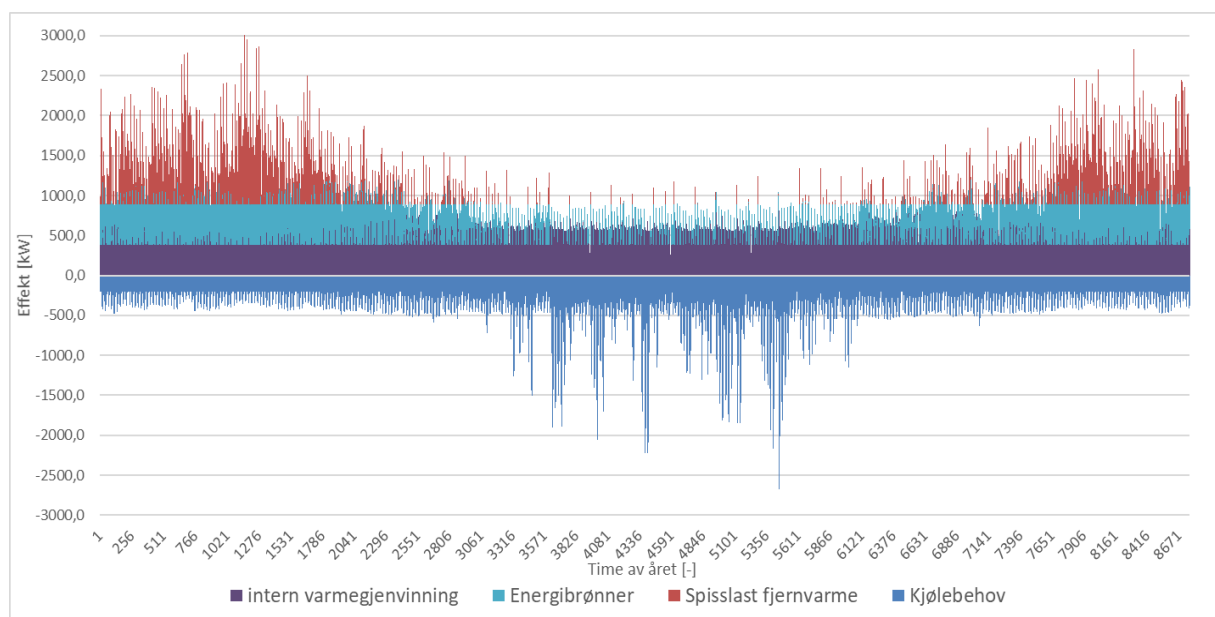
Det er beregnet at vi kan dekke ca. 49 % av energibehovet til varme internt. Det er dermed fortsatt en relativt høy andel av varmebehovet som må kjøpes, og driftskostnader vil derfor bli høye. Derfor er det fornuftig å finne en alternativ energikilde i tillegg til intern gjenvinning for varmeproduksjon.

9 ALTERNATIVE ENERGIKILDER-BRØNNPARK

Som nevnt trengs det mer energikilde til varmpumpe enn det vi kan få internt for å redusere andelen levert energi til kvartalet. Bergvarme er et nærliggende alternativ, og vil kunne fungere som et langtidslager for energi til varmeproduksjon samt frikjøling.

Grunnen under Guneriuskvartalet består av mye løsmasser og det er anslagsvis opp mot 40 meter til fjell. Denne lengden gir lite varmeopptak for energibrønner, og det er derfor hensiktsmessig å holde antall brønner nede, og heller bore dypere i hver brønn. Det foreslås å bore brønner på dybde på rundt 500 meter. Ettersom temperaturen i grunnen stiger jo dypere man kommer, vil man oppnå en høyere temperatur opp av brønnene og høyere effektuttak fra hver brønn. Dette er ikke like gunstig med tanke på eventuelle frikjølingsmuligheter, men for dette prosjektet er behovet for varmekilde større.

Ved å bore brønner på 500 m er effektuttaket fra hver brønn vurdert til å ligge på ca. 18-20 kW. Ved å bore 20 slike brønner kan man regne en effekt på varm side av varmpumpe på ca. 500 kW. Det regnes da med en COP for varmpumpedrift på ca. 4,5. Figur 9-1 viser hvordan varme fra brønner sammen med intern energigjenvinning bidrar til å dekke varmebehovet til bygget:



Figur 9-1: Energiproduksjon over året med bruk av intern energigjenvinning og brønnpark

Med brønnpark som beskrevet blir den totale dekningsgrad fra varmpumpe på 82%. En mulig plassering av disse må undersøkes nærmere. Den optimale dybden blir en avveining mellom borekostnad og ønsket effekt, og en studie av dette bør foretas i neste fase av prosjektet.

Brønnene er ikke dypere enn at de i perioder vil kunne fungere som energikilde for frikjøling. Det vil imidlertid være korte perioder hvor brønnene kan dekke kjølebehovet alene. Det er derfor som oftest aktuelt med en kombinasjon av frikjøling fra brønner og kjølemaskindrift.

Kjølemaskinen vil da, avhengig av temperaturen opp av brønnen, bidra med tilstrekkelig effekt for å få temperaturen ned til ønsket nivå.

En fordel med å bore dypere er at man kan kjøre vann i brønnene, og det er ikke behov for en glykol/spritblanding som er vanlig for å hindre frost. Dermed sparer man blant annet en varmeveksler og temperaturtapet som denne representerer. Det blir derfor viktig å sikre at temperaturen på kald side av varmepumpe ikke nærmer seg frysepunktet.

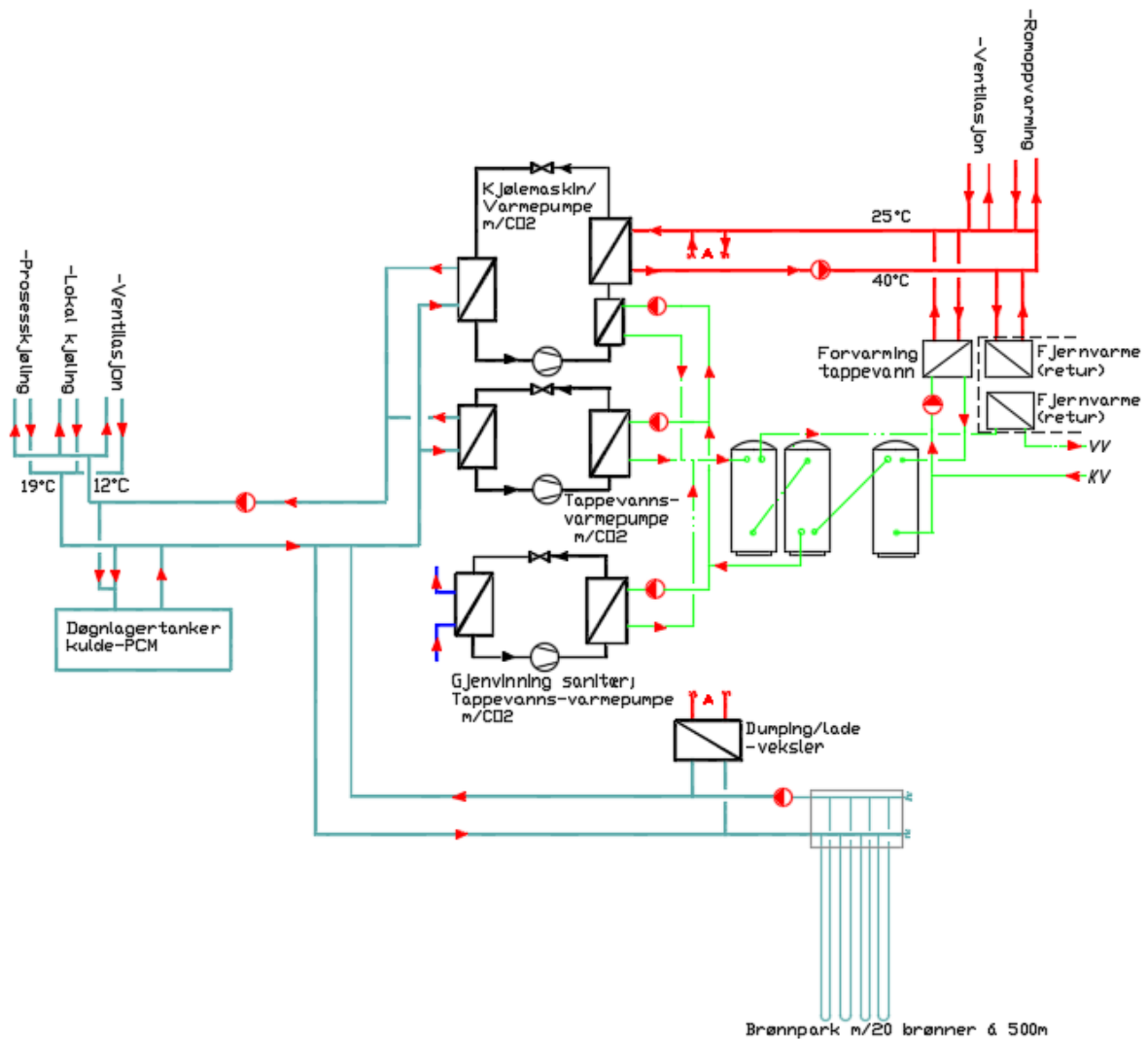
Vi har undersøkt den tekniske risikoen ved å bore 500 meter dype brønner kontra å bore mer konvensjonell dybde på 300 meter. Tilbakemelding fra boreentreprenør er at den største risikoen oppstår ved overgang fra løsmasser til fast fjell. Det er i løsmassene før man kommer ned til fast fjell eventuelle problemer som regel kan oppstå, og det vil være like stor utfordring uavhengig av dybde på brønn. Det er i den sammenhengen hensiktsmessig å bore færre og dypere brønner, for å ha færrest lengdemeter løsmasser og overganger til fjell.

10 OPPBYGNING AV ENERGISENTRAL

10.1 Alt termisk energibehov håndteres sentralt

Med utgangspunkt i de beregnede energibehovene og samtidigheter for varme og kjøling er det utviklet til et oppsett for energisentral som er basert på en momentan gjenvinning av kjøleproduksjon og gjenvinning fra sanitæranlegget. Dette kombineres med varmepumper/kjølemaskiner samt korttidslagring og langtidslagring av termisk energi. Korttidslagring er tenkt gjort med døgnlagertank for kjøling slik at en kan bufre opp for effekttoppen på dagen ved å produsere mer på natten. Langtidslagring er tenkt i form av brønnpark som beskrevet i kapittel 9. Varmeproduksjon fra varmepumpe med brønnpark som energikilde vil stå for 33% av varmebehovet til bygget, mens interngjenvinning vil stå for 49%. Det resterende 18% må dekkes av fjernvarme.

Figur 10-1 viser forslag til oppbygning av energisentral:



Figur 10-1: Energisentral med kombinerte CO₂ varmepumpe/kjølemaskiner, alt behov håndteres sentralt

Det er her tenkt 3 ulike varmepumper som alle har CO₂ som arbeidsmedium. To av disse er dedikerte tappevannsvarmepumper; en jobber mot isvann, mens den andre gjenvinner varme fra sanitæranlegget, som her vil være svartvannsgjenvinning. Den siste maskinen vil ha størst kapasitet, og dimensjoneres for å dekke hoveddelen av kjølebehovet og varmebehovet til bygningsoppvarming. Den bidrar også til tappevannsproduksjon, men det vil ikke være hovedfunksjonen. Det er høyst sannsynlig at det blir en videre oppdeling av denne kombinerte varmepumpe/kjølemaskinen, men for enkelhets skyld er den tegnet som en maskin.

Kaldt nett vann forvarmes via varmeveksling med retur fra varmekretsen. Videre akkumuleres tappevannet i to temperaturnivåer, der det øverste nivået jobber mot varmepumpene.

Kjølebehovet på vinteren dekkes av intern energigjenvinning fra tappevannsproduksjon og byggenes oppvarmingsbehov.

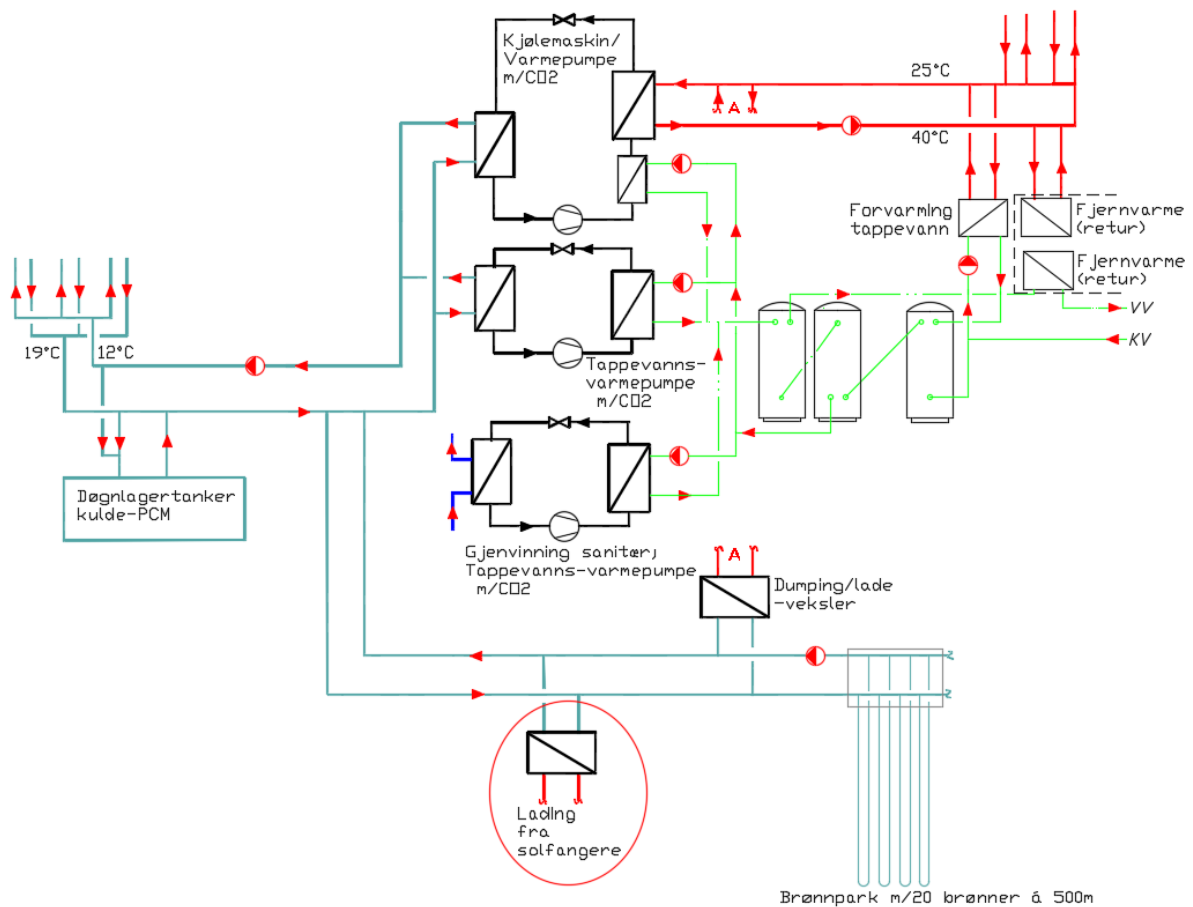
Høye effekttopper til kjøling blir dimensjonerende for de kombinerte kjølemaskin/varmepumper. Det er derfor satt inn en kuldelagertank for å dempe disse toppene. Størrelse og materiale må vurderes nærmere.

Som spisslast benyttes fjernvarme, idet området er innenfor konsesjonsområdet til Fortum fjernvarme. Det legges opp til lavtemperatur varmedistribusjon slik at vi vil kunne benytte retur fjernvarme, som vil kunne gi lavere tariffer. Fortum har foreløpig ikke åpnet for noe redusert tariff, men vi vil allikevel legge opp til muligheten for dette. Dersom man ikke oppnår noe redusert tariff i løpet av prosjektets utvikling vil man enkelt å koble seg på turledningen i stedet.

Ettersom det er dominerende varmebehov er det mulighet for å kunne lade brønnene med fjernvarme for å jevne ut ubalansen over året. Dette kan da gjøres ved å benytte den samme fjernvarmeveksleren som ved spisslast, og dumpe varme til brønnparken via dumpingveksleren på varmekursen. Fortum har et stort overskudd av varme fra avfallsforbrenning om sommeren, og det burde det være mulighet for gunstige tariffer for dette. Imidlertid er det foreløpig ikke utviklet noe tariffstruktur for dette heller fra Fortum sin side.

Ekstra lading av brønner kan også gjøres ved hjelp av solfangere. Energimengden man kan hente fra solfangere er noe usikker og er blant annet avhengig av type solfanger, plassering og systemløsning. Tallet kan variere fra ca. 400-500 kWh/m²/år til over 1 000 kWh/m²/år. Vi tar her utgangspunkt i en type enkle uisolerte solfangere for lavtemperatur varme, og forutsetter da en energimengde på 700 kWh/m²/år. Dette gir et nødvendig solfangerareal på i overkant av 2 100 m², for å utjevne ubalansen i varme/kjølebehov.

Varme overføres fra solfangere på tak til brønner via en veksler mot brønnparken, som vist på Figur 10-2 under:



Figur 10-2: Energisentral med CO₂- varmepumpe/kjølemaskiner og lading av brønner fra solfangere

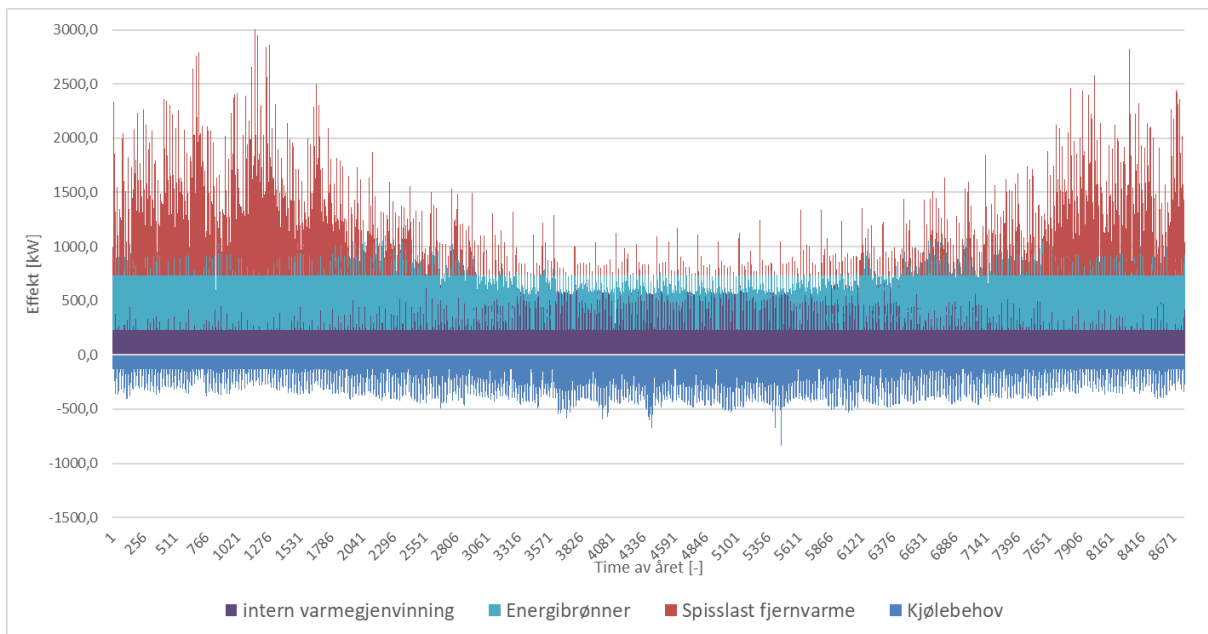
Solfangere vil redusere driftskostnadene betraktelig i forhold til å kjøpe fjernvarme for lading av brønner. Det må imidlertid vurderes opp mot installasjonskostnad og kompleksitet, og om det er tilgjengelig areal for en slik installasjon, som er mest nærliggende å plassere på tak. Det kan også være aktuelt å redusere areal for solfangere og kombinere med noe lading fra fjernvarme.

10.2 Ventilasjonsskjøling håndteres lokalt i aggregater

Som vist i Tabell 7-2 er det ventilasjonsskjølingen som er dominerende for effektbehovet til kjøling. Dette behovet blir dimensjonerende for kjølemaskininstallasjonen.

Et alternativ for å redusere installasjon i energisentralen er å trekke ut dette behovet og dekke det med desentral produksjon av kjøling til ventilasjon. Dette kan enten gjøres med kjølemaskin montert i ventilasjonsaggregater, også kalt dx-kjøling, eller sorptiv kjøling hvor man benytter fjernvarme og vann i en sorptiv kjøleprosess i ventilasjonsaggregatene. Dette vil redusere effekttopper i sentralen og kutte rørføringer til kjølebatterier i aggregater. Det er da også aktuelt å fjerne kuldagertank, ettersom det vil være bedre samsvar mellom ønsket varme- og kjøleeffekt fra maskiner.

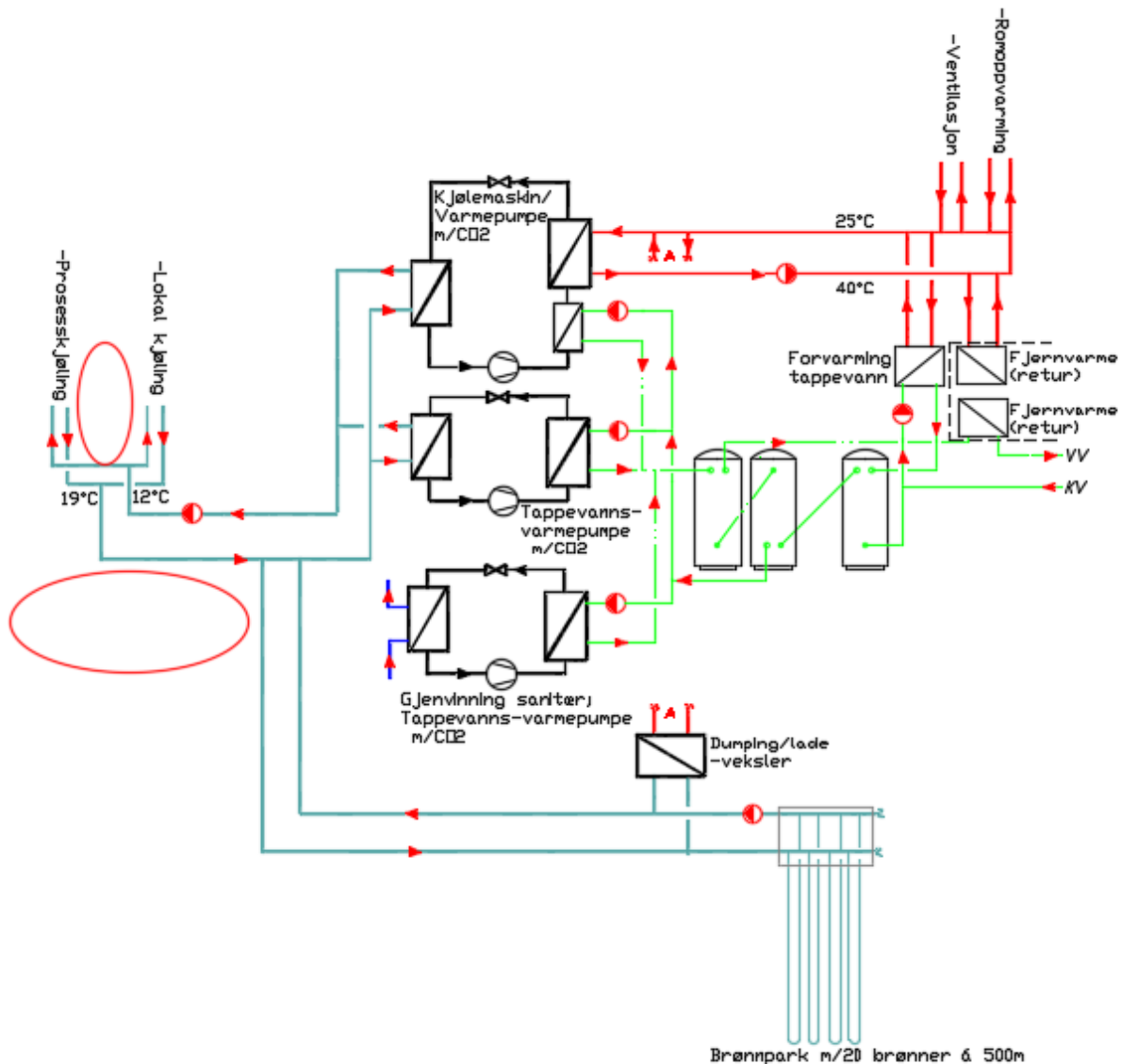
Ettersom overskuddsvarmen fra ventilasjonskjøling kommer på sommeren når det er lavt varmebehov, vil det kun bli en minimal reduksjon i intern gjenvinningsgrad (under 1%). Figur 10-3 viser effektvariasjonen over året, hvor kjøling til ventilasjonsluften er tatt vekk:



Figur 10-3: Effektvariasjon over året for energisentral uten ventilasjonskjøling

Som vist i figuren er effektoppene til kjøling vesentlig redusert i forhold til kjøleeffekter i Figur 9-1. Dette gir en bedre avstemming mellom varme- og kjøleeffekt fra de kombinerte varmepumpe/kjølemaskinene.

Systemløsningen blir dermed som vist i Figur 10-4, hvor kurs for ventilasjonskjøling samt korttidskuldelager er tatt vekk:



Figur 10-4: Alternativ energisentral uten ventilasjonskjøling

Selv om disse installasjonene utgår fra energisentralen, er ikke behovet til ventilasjonskjøling borte og reduksjoner i energisentral må veies opp mot økt installasjon i ventilasjonsrom/aggregater.

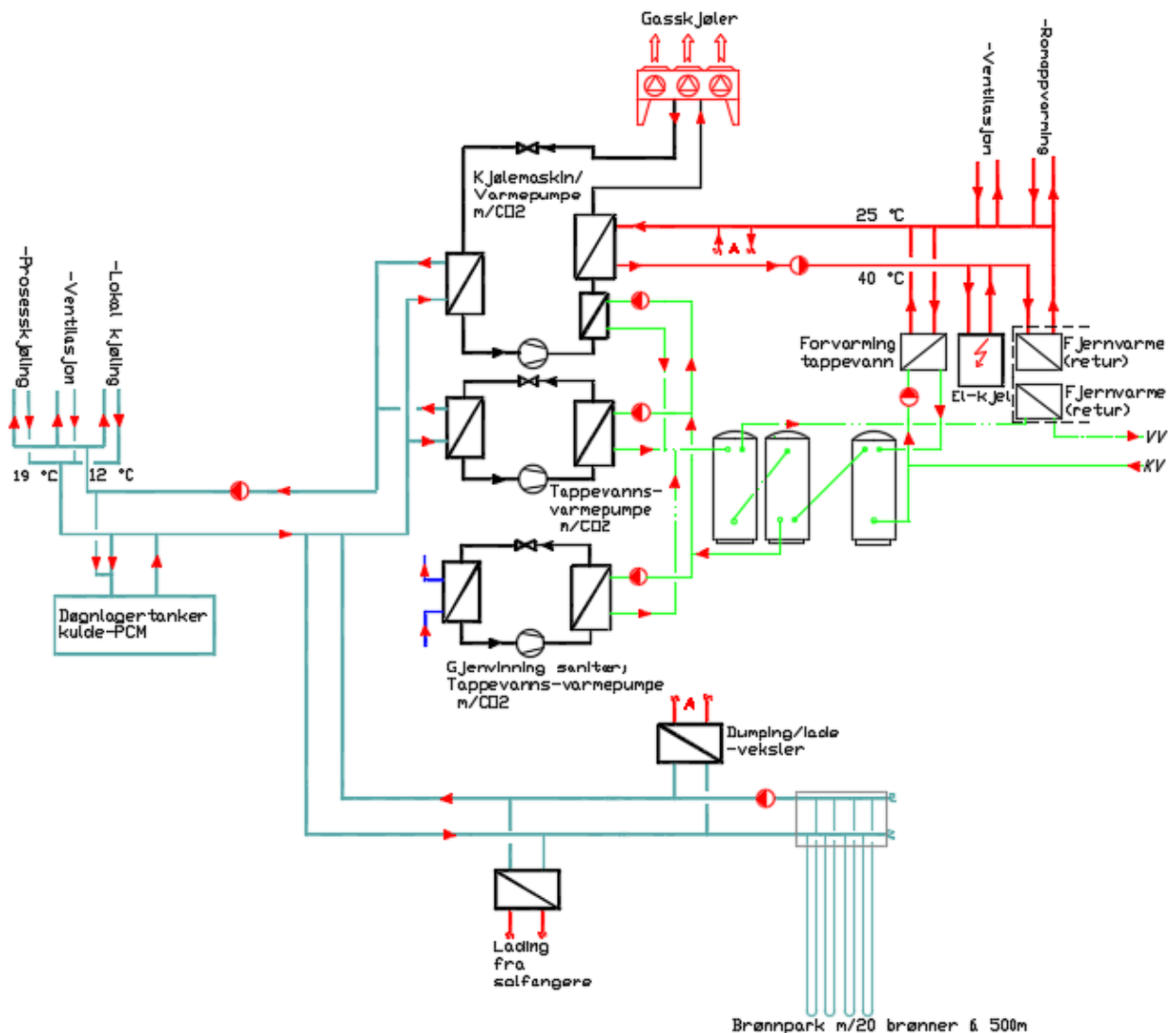
10.3 Risikohåndtering og backup

I alternativene presentert, er det for kjøleproduksjon lagt opp til dumping av overskuddsvarme mot brønnpark samt mot varmeanlegg for å dekke kontinuerlig varmebehov til bad. For kjøleproduksjon på de varmeste dagene er det knyttet usikkerhet til hvor mye kondensatoreffekt man får dumpet i brønner. Det er også behov for en sikkerhet dersom f.eks. brønnpumpe skulle ryke. Det er ulike løsninger for å kvitte seg med overskuddsvarme, bla avkastbatterier og dumping til snøsmelteanlegg. Det er ikke lagt opp til store snøsmelteanlegg i prosjektet, og det enkleste og sikreste vil være å etablere en utendørs gasskjøler, som kan plasseres enten på tak eller andre egnede plasser utvendig. En gasskjøler fungerer i prinsipp

på samme måte som en tørrkjøler. Forskjellen er at det er selve kuldemediet, CO₂-gassen, i den kombinerte varmepumpe/kjølemaskinen, som passerer gjennom denne enheten i stedet for at det er varmeveksling til en egen glycolkrets som for tørrkjøler. Det blir dermed mye mindre dimensjon på rørføringer til/fra gasskjøler enn til konvensjonelt tørrkjøler-arrangement.

Tilsvarende for varmeanlegg er det et ønske om å sikre seg mot eventuelt utfall av varmepumper. Det kan også oppstå tilfeller med bortfall av fjernvarmeleveranser ved f.eks. ledningsbrudd etc. Det er derfor aktuelt å etablere en el-kjel som et supplement og sikkerhet for varmeleveranse. Størrelsen på denne må vurderes i forhold til sannsynlighet og konsekvens ved bortfall av de andre kildene, samt hvilke andre tiltak som kan gjøres i anlegget hvis det skulle oppstå svikt i leveranse. Man kan f.eks. tenke seg at det kjøres omluft og evt. reduserte luftmengder i deler av anlegget for å dempe effektbehov. I en studie av klima for Oslo ser man at det f.eks. kun er 1% av timene i året hvor det er under -15 °C, og størrelsen på el-kjelen kan reduseres betraktelig ved å kunne gjøre andre tiltak dersom utfall skulle skje i den siste 1%.

I Figur 10-5 er det vist forslag til energisentral med utendørs gasskjøler og el-kjel:

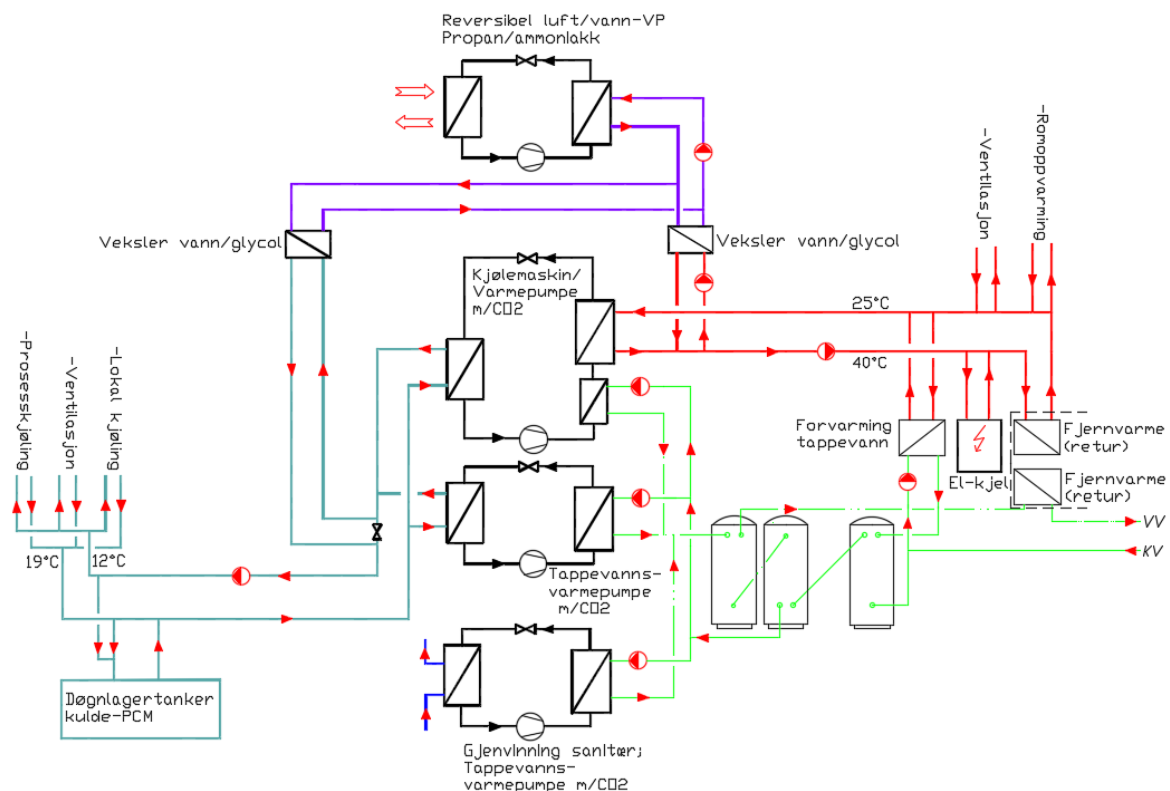


Figur 10-5: Energisentral med elkjel og gasskjøler for backup

10.4 Reversibel Luft/vann-varmepumpe

Det er i prosjektet uttrykt noe bekymring over mye løsmasser i området, som øker risiko under etablering av brønner. Ettersom man ikke får utnyttet løsmassene til varmeoverføring er dette fordyrende pga. økt lengde foringsrør og boremeter. Det er her også sannsynlig at en brønnpark må etableres under bygget, noe som er fullt løsbart, men som også bidrar til å komplisere byggeproppen.

Som et alternativ til etablering av brønner foreslås en reversibel luft/vann-varmepumpe på tak. Denne vil gå som enten varmepumpe eller kjølemaskin, og henholdsvis hente eller dumpe varme til uteluft. Energien overføres til varme eller kjøleanlegget via vekslere. Dette er vist i Figur 10-6:



Figur 10-6: Alternativ energisentral uten brønnpark, med reversibel varmepumpe på tak.

Ved å etablere en reversibel varmepumpe på tak vil man flytte over effekt fra hoved varmepumpe/kjølemaskin i energisentral til den reversible kjølemaskinen på tak. Denne vil også erstatte gasskjøleren som backup for kjøleproduksjon.

Ulempen med å fjerne brønnparken er at en mister muligheten til sesonglagring av energi. Effektfaktor til luft/vann-varmepumpen er lavere enn for væske/vann, og på de kaldeste dagene gir den lite/ingen bidrag. Det er imidlertid en rimeligere investering, med mindre risiko under etablering. Levetiden er tradisjonelt kortere enn for væske/vann.

For denne reversible løsningen er det ikke nødvendig med høytemperatur varmeavgivelse, og det foreslås her å benytte propan eller ammoniakk. Det må sjekkes ut nærmere hva som er tilgjengelig av maskiner for de aktuelle størrelser. Det er også noen risikoelementer knyttet til ammoniakk i sentrale strøk, så det må gjøres en risikovurdering ved valg av kuldemedium for å kunne gjøre eventuelle tiltak.

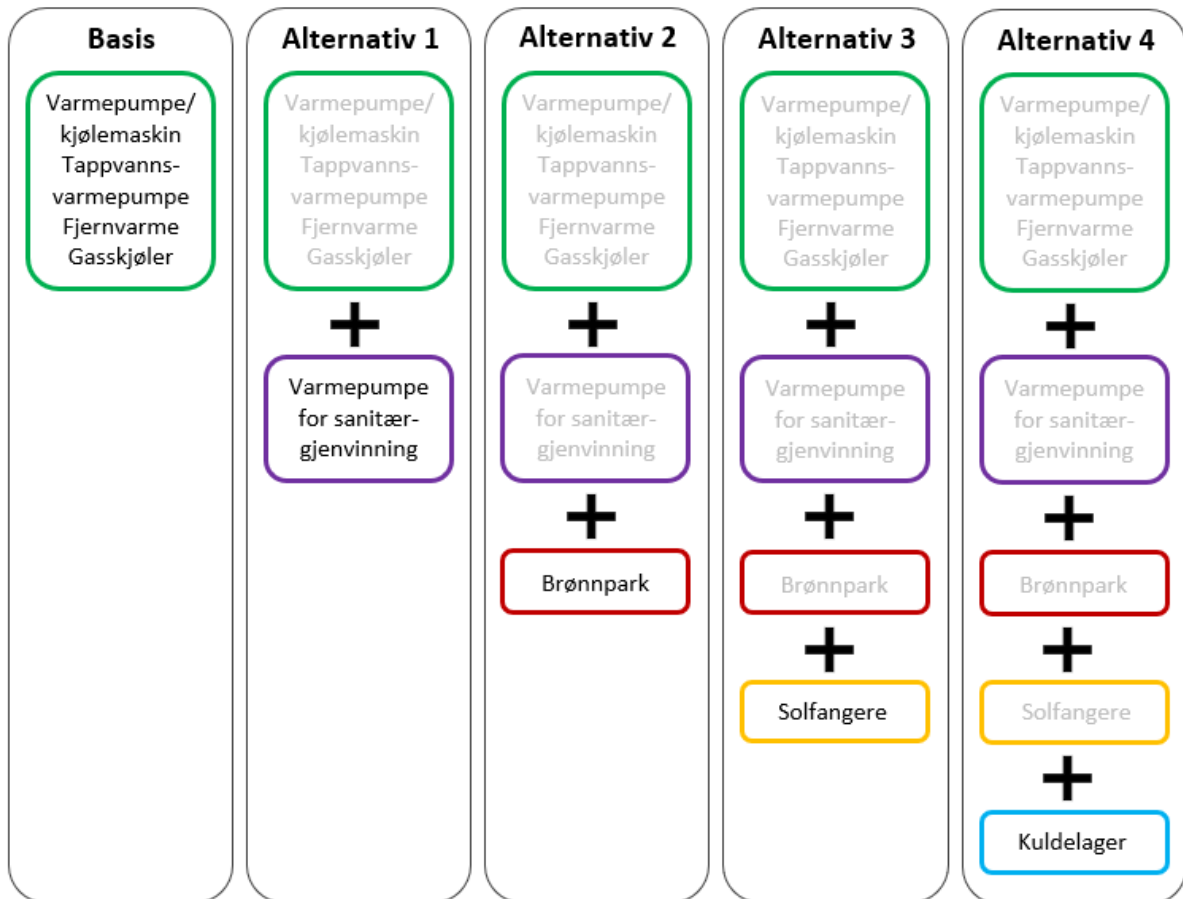
11 ØKONOMISK ANALYSE AV ALTERNATIVE ENERGISENTRALER

Det er utført lønnsomhetsberegninger for det vi har vurdert som de mest aktuelle varianter av energisentraler. Dette er gjort i form av LCC; Life Cycle Cost, hvor nåverdien av livssyklus kostnadene for alternativene beregnes. Dette inkluderer de totale kostnadene for sentralene inkludert investering, drift, service og vedlikehold over en bestemt tidsperiode.

11.1 Aktuelle varianter av energisentraler

Med utgangspunkt i systemoppbygningene fra kapittel 10 er det valgt ut 5 varianter av energisentraler. Disse alternativene inneholder ulike komponenter for å øke intern gjenvinning og redusere tilført energi. Vi har ikke medtatt tiltakene som i hovedsak fokuserer på backup og

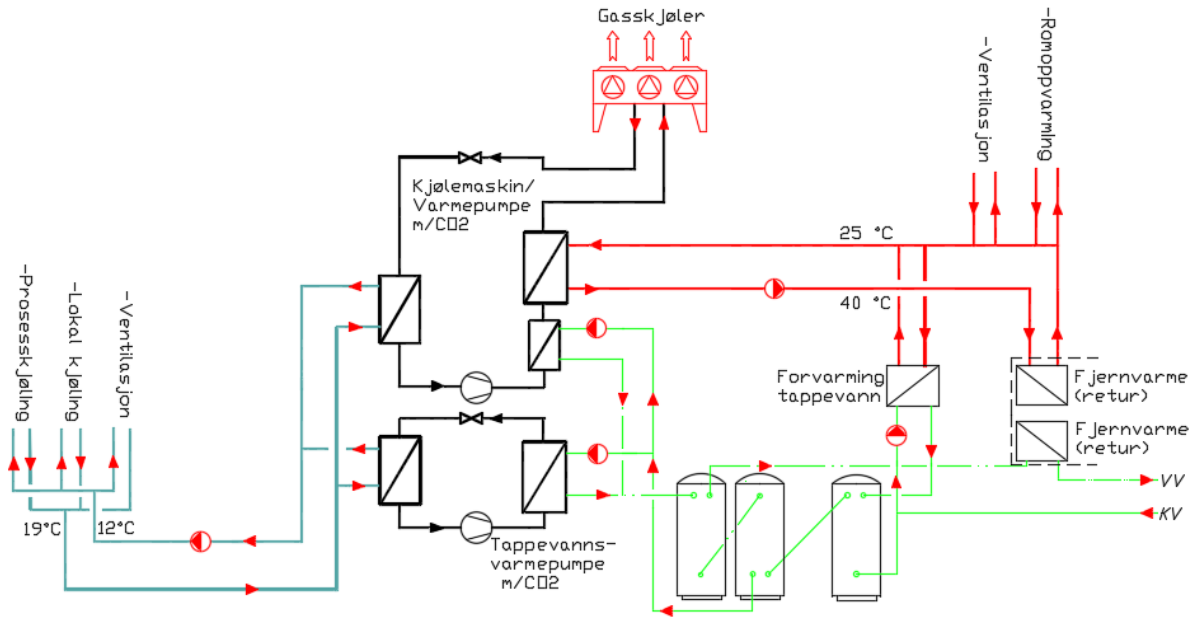
sikkerhet, som reversibel kjølemaskin på tak og elkjel. Disse er konvensjonelle velkjente løsninger, og vurdert å ikke være så interessante for en lønnsomhetsanalyse. De valgte alternativene er sammenlignet med et basis-scenario, med kun intern energigjenvinning og fjernvarme. Figur 11-1 viser hvilke elementer som legges til for de ulike alternativene:



Figur 11-1: Prinsipiell oversikt over oppbygning av de vurderte alternative energisentraler

Basis-sentral

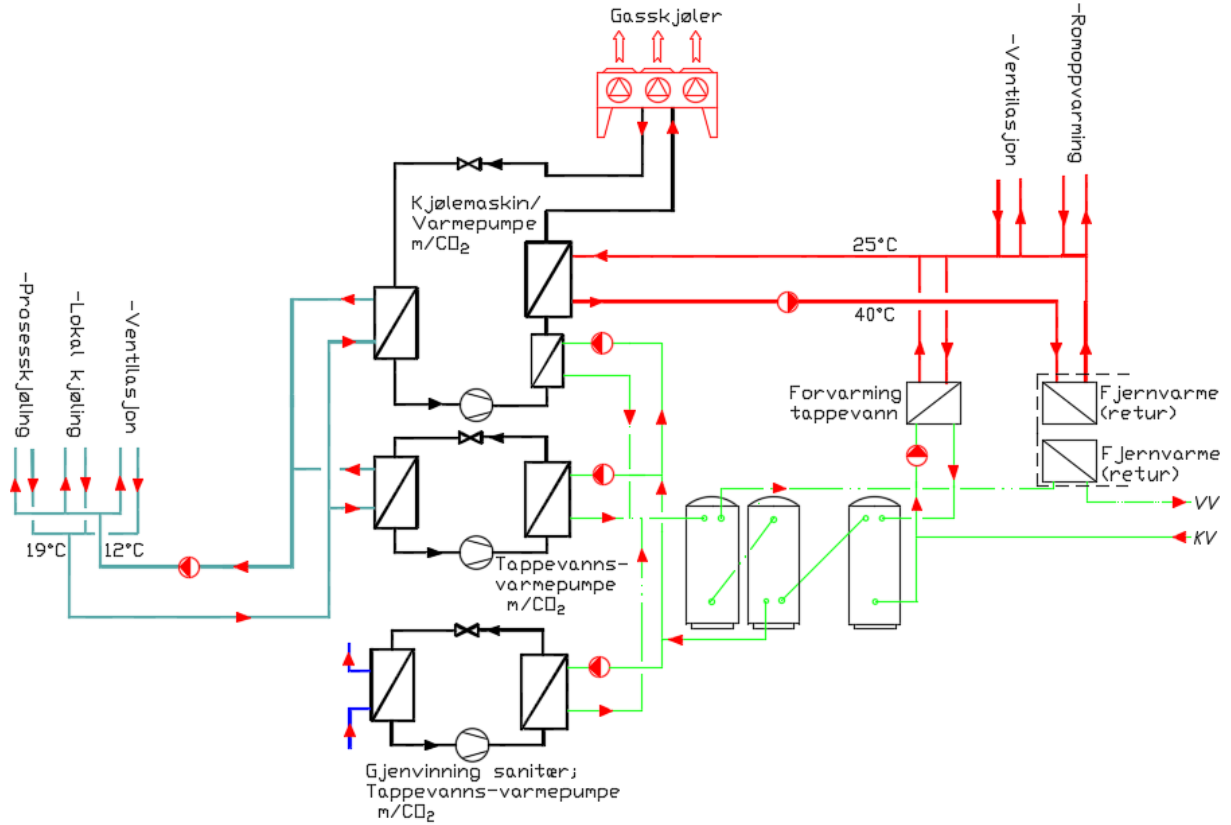
Utgangspunktet har kun intern energigjenvinning av overskuddsvarme fra kjøleproduksjon. Oppsettet for sentralen er vist i Figur 11-2. Som tilleggsenergikilde for varme benyttes fjernvarme, som vil dekke alt varmebehov utover bidrag fra intern kjølegjenvinning på vinteren. Mye av kjølegjenvinning vil gå til tappevannsproduksjon, så det blir en betydelig andel fjernvarme til oppvarming. I tillegg til en egen tappevannsvarmepumpe bidrar hoved kjølemaskin/varmepumpe også noe til tappevannsproduksjon, men bidraget derfra blir et produkt av byggets kjøle- og varmebehov. En gasskjøler på tak sørger for tilstrekkelig nedkjøling av CO₂-gassen på dager med høyt kjølebehov og lavt varmebehov.



Figur 11-2: Basis energisentral med intern gjenvinning av byggets kjølebehov til varme og tappevannsproduksjon.

Alternativ 1: varmegjenvinning fra svartvann

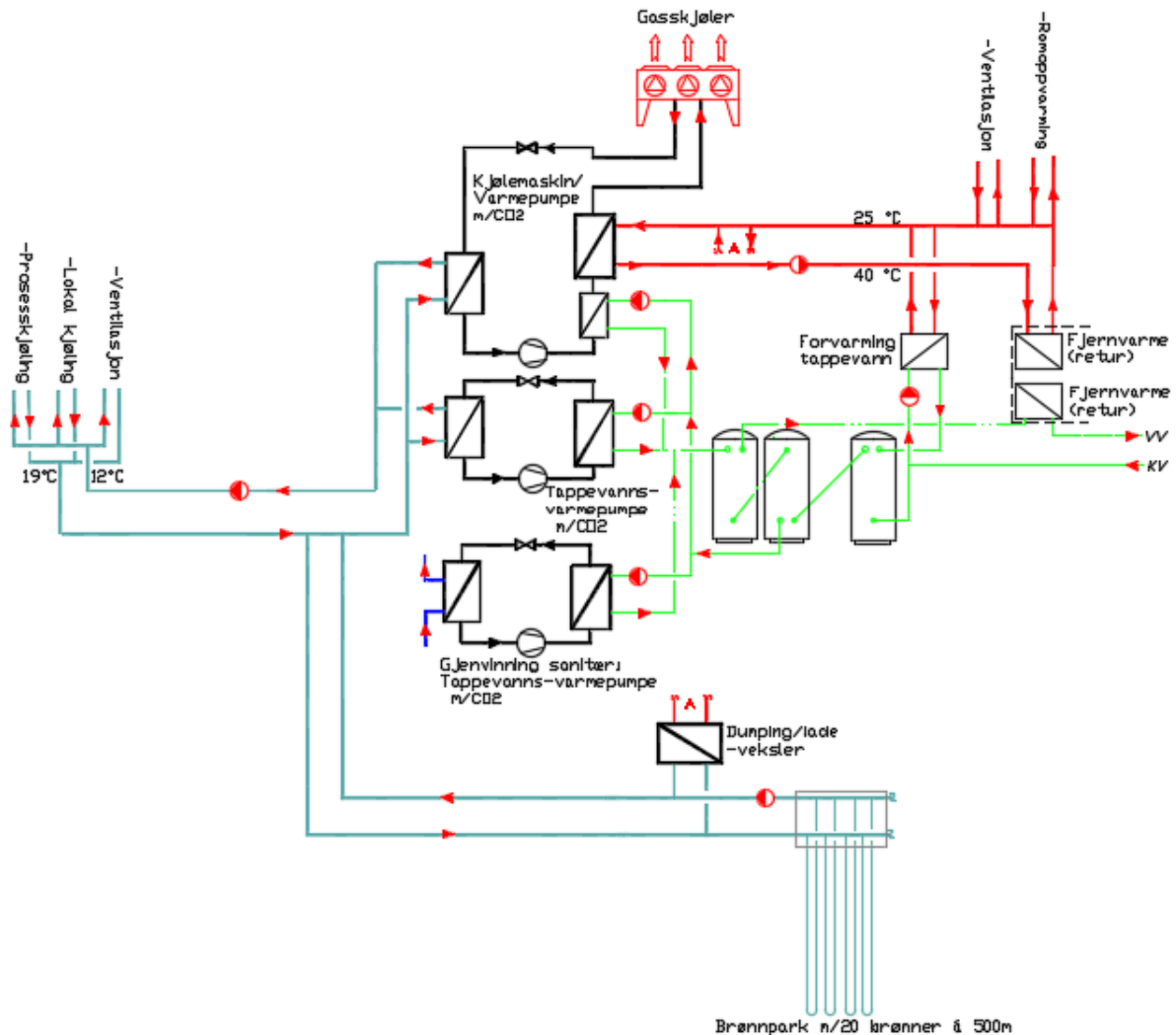
Nytt element: Varmepumpe for energigjenvinning fra sanitæranlegget til tappevannsproduksjon. Det var svartvannsgjenvinning, dvs varmegjenvinning fra kloakkledning som kom best ut i LCC, ref notat *RIEn-06 Saniitærgjenvinning-rev1*, så denne løsningen er benyttet videre inn i energisentralen. Oppstett for energisentralen blir som vist i Figur 11-3:



Figur 11-3: Energisentral med gjenvinning av varme fra sanitæranlegget til tappevannsproduksjon

Alternativ 2: Brønnpark med lading fra fjernvarme

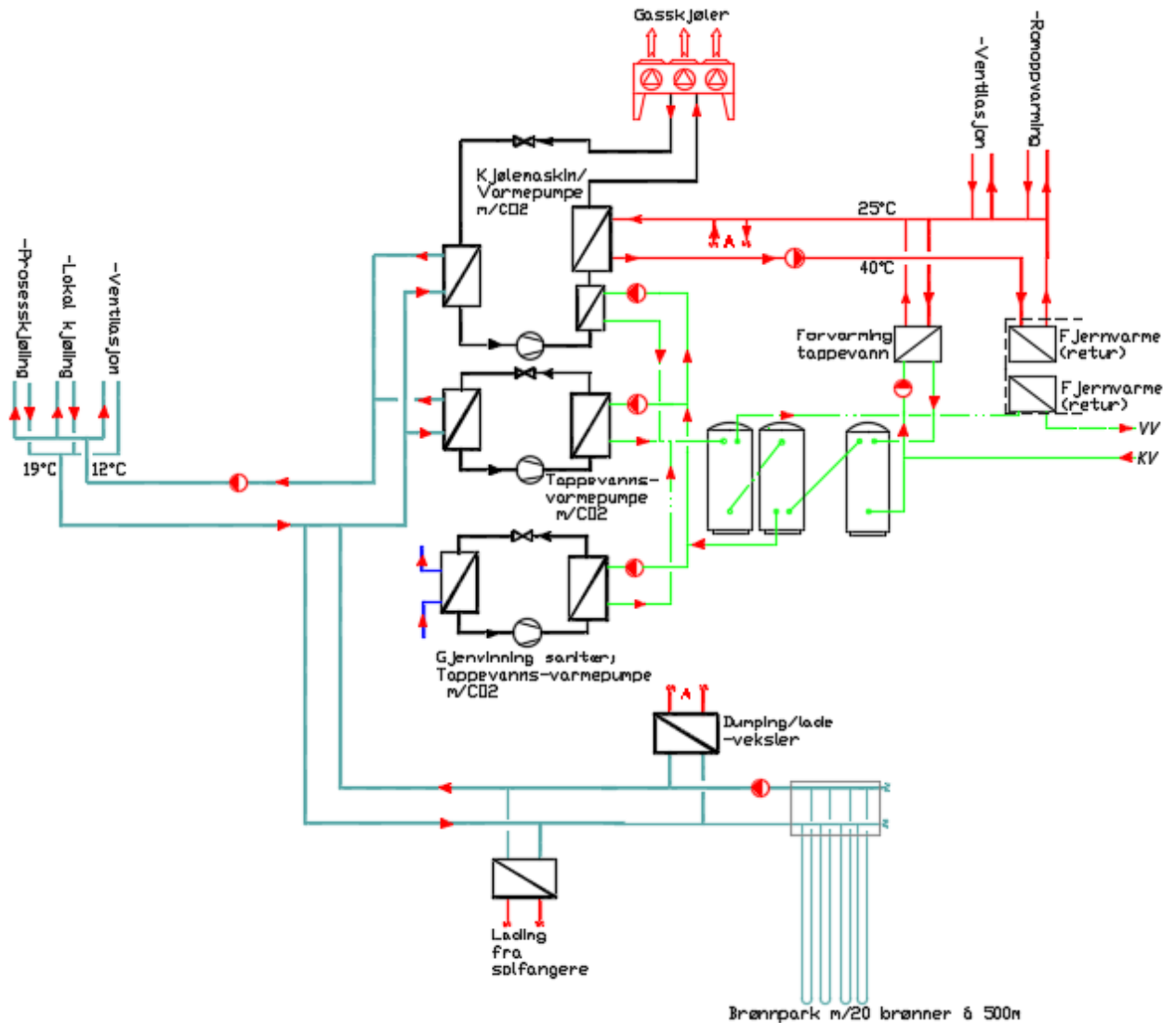
Nytt element: Brønnpark som energikilde til varmeproduksjon. Ettersom det er ubalanse i varme- og kjølebehov er det her foreslått tilleggslading av brønnparken med fjernvarme på sommeren. Dette reduserer behov for fjernvarme om vinteren, men øker behov i "ladesesong". Energisentralen blir som vist i Figur 11-4:



Figur 11-4: Energisentral med brønnpark og tilleggslading av denne fra fjernvarme

Alternativ 3: Brønnpark med lading fra solfangere

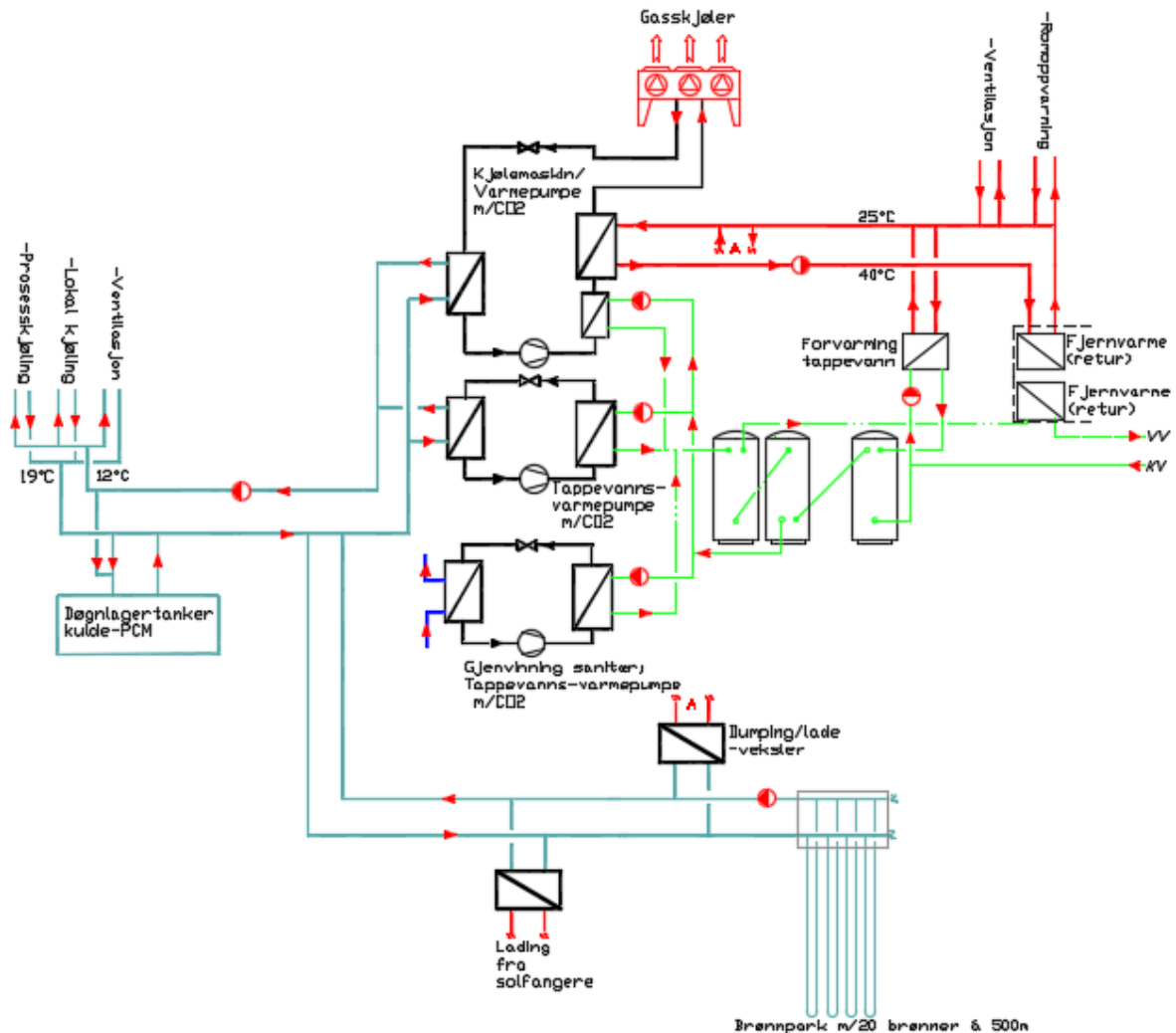
Nytt element: Lading av brønner med solfangere. Forutsetter at solfangere fullt erstatter lading fra fjernvarme. Det er med forutsatt kapasitet på solfangere nødvendig med ca. 2 150 m² effektivt solfangerareal. Vi får da følgende oppsett for sentralen:



Figur 11-5: Energisentral med tilleggslading fra solfangere

Alternativ 4: Brønnpark og kuldelaertank

Nytt element: Korttids kuldelaer med faseskiftmateriale, og med total størrelse på 160 m². Dette vil redusere nødvendig installert effekt på hovedkjølemaskin med ca. 1 MW, og dermed reduseres også gasskjøler med ca. 1,3 MW, som er nær en halvering. Oppsettet for sentralen blir da som følger:



Figur 11-6: Energisentral med brønnpark, solfangere, og korttids kuldelaer med faseskiftetank

11.2 Forutsetninger for LCC-beregningene

Investeringskostnader

Det er gjort en beregning av nødvendig størrelse på hovedkomponenter for de ulike alternativene vist i Tabell 11-1. For effektavgivelse for kjølemaskin/varmepumper er det regnet med en COP på 4,5, som gir et forholdstall mellom effekt avgitt på kondensatorside og fordamperside på 1,3. Dette er en forenkling, men med de gitte temperaturforhold er det en sannsynlig gjennomsnittlig verdi.

Det er små justeringer i kapasitet på hovedinstallasjoner for alternativ 1-3, men for alternativ 4 blir det en markant reduksjon i nødvendig effekt for kjølemaskiner og gasskjølere grunnet installasjon av faseskiftetank for kulde:

Tabell 11-1: Størrelser på komponenter i energisentral for alle alternativer

Størrelse hovedkomponenter	Basis	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Kjølekapasitet hoved VP/KM [kW]	2 035	2 085	2 085	2 085	1 055
Gasskjølereffekt [kW]	2 530	2 595	2 595	2 595	1 255
Fjernvarmeveksler [kW]	2 525	2 400	1 895	1 895	1 890
Tappevanns-VP varmekapasitet [kW]	255	190	190	190	190
VP sanitærgjenvinning [kW]	-	65	65	65	65
Brønner à 500 m [stk]	-	-	20	20	20
Solfangere [m ²]	-	-	-	2 150	2 150
Kuldelagertank [m ³]	-	-	-	-	160

Kjøleproduksjon vil måtte fordeles på flere maskiner, i likhet med gasskjøler og kuldelagertank. De resulterende investeringskostnadene er basert på erfaringstall fra tilsvarende anlegg og kan variere ut i fra hva som vil bli en fornuftig oppdeling av komponenter, samt antall tilbydere på markedet. Investeringskostnader for de ulike alternative energisentralene er vist i Tabell 11-2.

Tabell 11-2: Investeringskostnader for energisentral for de ulike alternativene

Komponent	Investeringskostnad [kNOK]				
	Basis	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
VP/KM	8 140	8 340	8 340	8 340	4 220
Tappevanns-VP	1 770	1 320	1 320	1 320	1 320
Abonnentsentral fjernvarme	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Akkumulatortanker + div utstyr tappevann	160	160	160	160	160
Sirkulasjonspumper	500	600	700	700	700
Rørføringer inkl ekspansjon, montasje, ventiler mm.	3 900	3 900	3 900	3 900	3 900
Gasskjøler	3 800	3 890	3 890	3 890	1 880
Sanitærgjenvinning (kloakk)	-	760	760	760	760
Brønnpark med utstyr	-	-	6 200	6 200	6 200
Solfangeranlegg	-	-	-	6 450	6 450
Kuldelagertank	-	-	-	-	8 330
Sum termiske installasjoner	19 300	20 000	26 300	32 700	34 900
SD-anlegg	1 200	1 200	1 300	1 400	1 500
Elektro	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Prosjektering/adm	2 320	2 400	3 160	3 920	4 190
Sum energisentral	25 300	26 100	33 300	40 500	43 100

Levetider

Tabell 11-3 viser levetiden som er forutsatt for sentrale komponenter i energisentralen. Disse er omtrentlige og vil variere ut ifra leverandør etc.

Tabell 11-3: Levetider for komponenter i energisentral benyttet i LCC-beregningene

Komponent	Levetid [år]
VP/KM	20
Tappevanns-VP	20
Abonnentsentral fjernvarme	40
Akkumulatortanker + div utstyr tappevann	20
Sirkulasjonspumper	20
Rørføringer i energisentral inkl ekspansjon, montasje, ventiler mm.	40
Gasskjøler	20
Sanitærgjenvinning (kloakk)	20
Brønnpark med utstyr	60
Solfangeranlegg	20
Kuldelagertank	60

Ettersom vi har valgt en tidshorisont på 20 år for LCC-beregningen, blir det ingen reinvesteringer. Levetiden får allikevel konsekvens for restverdien av anlegget ved endt beregningsperiode.

Drift- og servicekostnader

Det er forutsatt 6 % av investeringskostnad for maskineri og utstyr med bevegelige deler i sentral. For brønnpark, solfangeranlegg og faseskiftetank er det forutsatt 1% av investering. Dette er installasjoner med høy investeringskostnad, men med lav andel bevegelige deler og utstyr som krever vedlikehold.

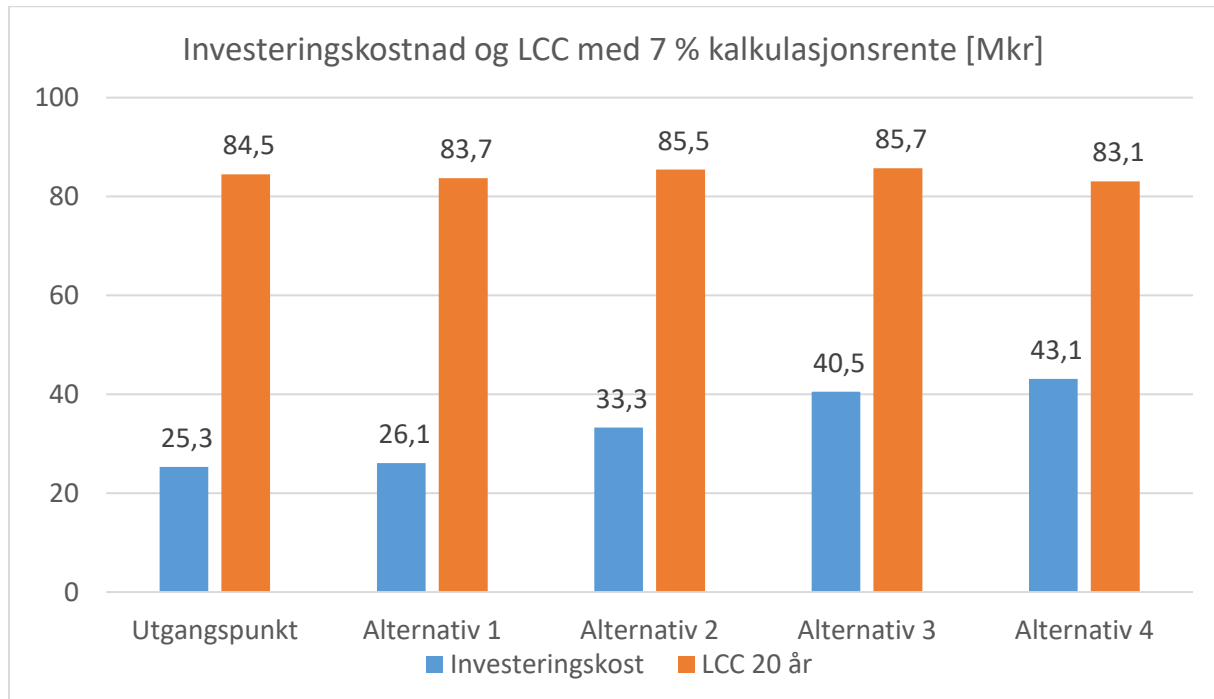
Energi- og effekttariffer

For å få mest mulig riktige kostnader for levert energi er det benyttet aktuelle tariffmodeller for strøm og fjernvarme. Strømtariff er bygd opp av et energiledd og et effektledd. For energiledd er det benyttet vektet månedspris basert på Norpools prishistorikk, med påslag. Effektleddet er iht. Hafslunds månedstariffer for maksimalt effektforbruk per måned.

For Fjernvarme er energileddet tilsvarende som for strømtariffen, men med 5 % avslag på energileddet i forhold til strøm. Effektleddet er iht. Fortums månedstariffer for maks effektforbruk per måned. Når fjernvarme regnes som spisslast (alternativ 2-4) benyttes en fast årlig tariff for abonnert effekt, på 735 kr/kW. I tillegg kommer energipris, som er en vektet månedspris basert på Norpools prishistorikk. For mer detaljer rundt energikostnader se vedlegg 1.

11.3 Resultater

Det er utført LCC-beregninger for de ulike alternativene beskrevet i kap. 11.1, for en periode på 20 år, og med kalkulasjonsrente på 7 %. Resultatene er vist i Figur 11-7, sammen med investeringskostnaden for sentralene:

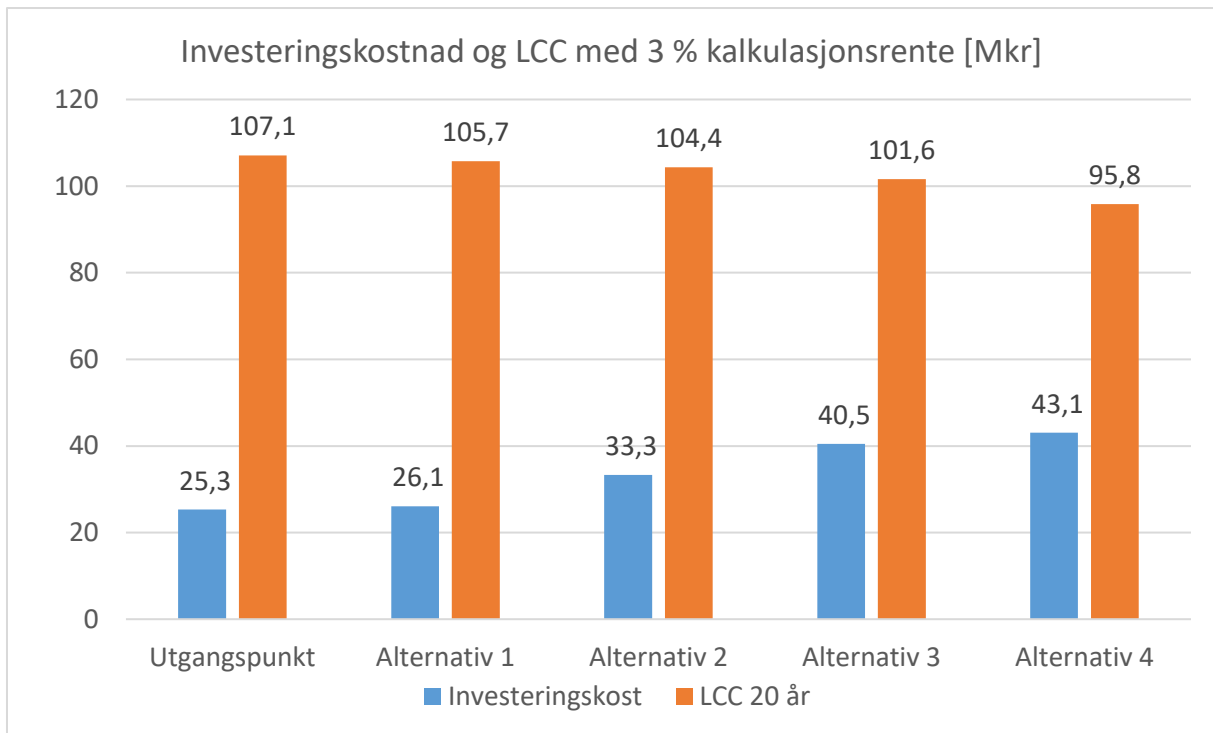


Figur 11-7: LCC for ulike alternative energisentraler

Det er medregnet reelle total kostnader for installasjon og drift, slik at den laveste totale LCC-verdien er den beste. Det er dermed sentralen med kuldagertank som synes å være den mest lønnsomme over tid. Den har 70 % høyere investeringskostnader enn utgangspunktet, men tar igjen investeringen med reduserte energi- og vedlikeholdskostnader. Det er generelt liten forskjell i LCC for alternativene, og små variasjoner i forutsetningene blir dermed avgjørende for om det vipper i favør av de ulike alternativene.

Alternativ 2 og 3, installasjon av bønnpark og solfangere, gir isolert sett en høyere LCC enn basis-sentralen, og er dermed mindre lønnsomme i denne betraktningen. Ved å legge til kuldalager kan effektinstallasjon for kjølemaskin reduseres betraktelig. Det er regnet med en relativt høy enhetspris for kjølemaskiner ettersom CO₂ fortsatt er relativt nytt og det er ikke så stor konkurranse på markedet. Det blir dermed en markant reduksjon i kostnad for kjølemaskin og gasskjøler, som gjør at kan man forsvare en stor og kostbar investering som jo kuldalagertank må sies å være. Det som samtidig skjer er at de totale servicekostnadene går ned ettersom det er mindre slitasjedeler i sentralen.

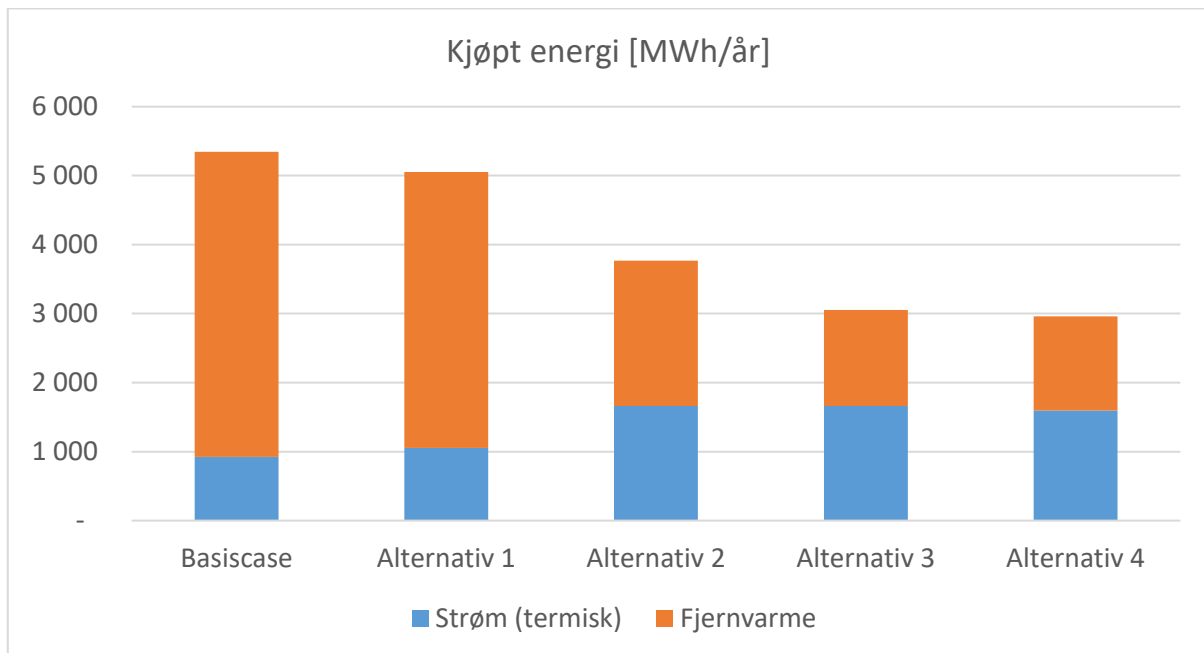
Den valgte kalkulasjonsrenten har stor betydning for om en økt investering blir lønnsom. 7 % er en relativt høy kalkulasjonsrente, og den medfører at større investeringer som gir lavere utgifter i fremtiden gir høyere total LCC, enn løsninger som har lavere investering men høyere driftskostnader. For å vise effekten av dette er det gjort LCC tilsvarende som over, men med 3 % kalkulasjonsrente:



Figur 11-8: LCC for ulike alternative energisentraler med 3% kalkulasjonsrente.

For alternativ med brønnpark og solfangere er det vurdert størrelse ut ifra å kunne gi en fornuftig dekning av årlig energibehov. Det kan hende en redusert størrelse kan være mer hensiktsmessig med tanke på total LCC. For solfangere er det nå lagt opp til at de skal dekke hele tilleggladingen som man ikke får fra dumping av kondensatorvarme. En kombinasjon av lading fra en mindre solfangerpark sammen med lading fra fjernvarme kan være et mer økonomisk alternativ.

Behov for kjøpt energi til termisk energiproduksjon er sammenlignet for alle alternativene, og vist i Figur 11-9:

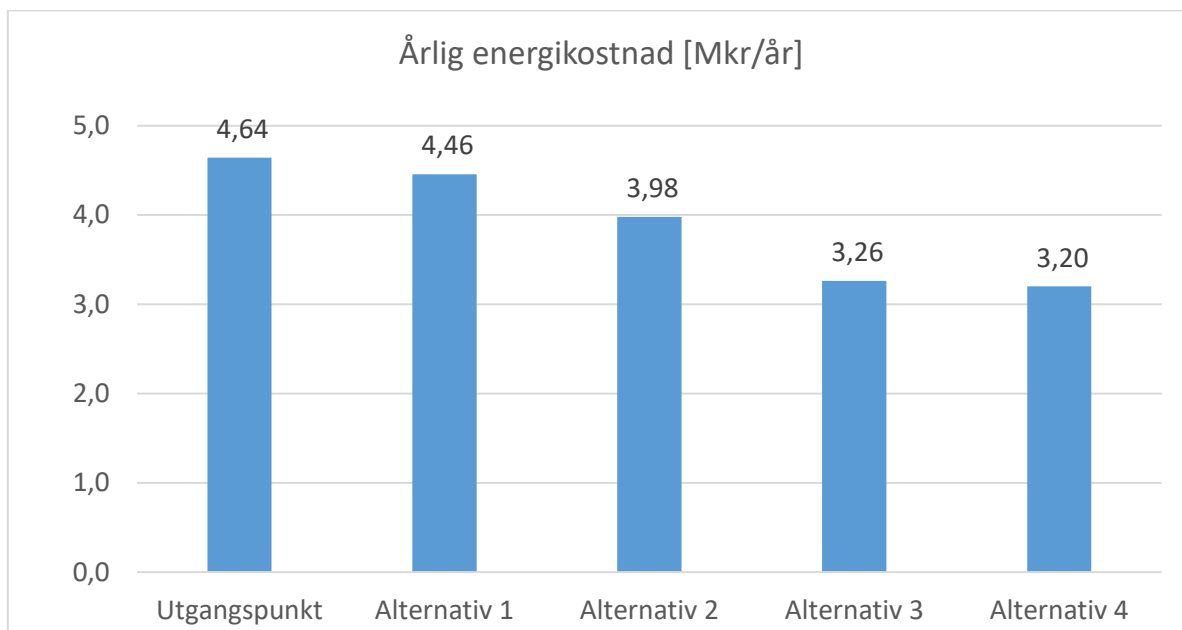


Figur 11-9: Fordeling av kjøpt energi for alternativene

Som vist reduseres behovet for hvert tiltak som implementeres i sentralen. Størst påvirkning har implementering av brønnpark og solfangeranlegg for lading av energibrønner. Ved å implementere kuldager gir det minimal reduksjon i levert energi, men det gir allikevel reduksjon i energikostnader grunnet redusert effektbehov til kjøleproduksjon.

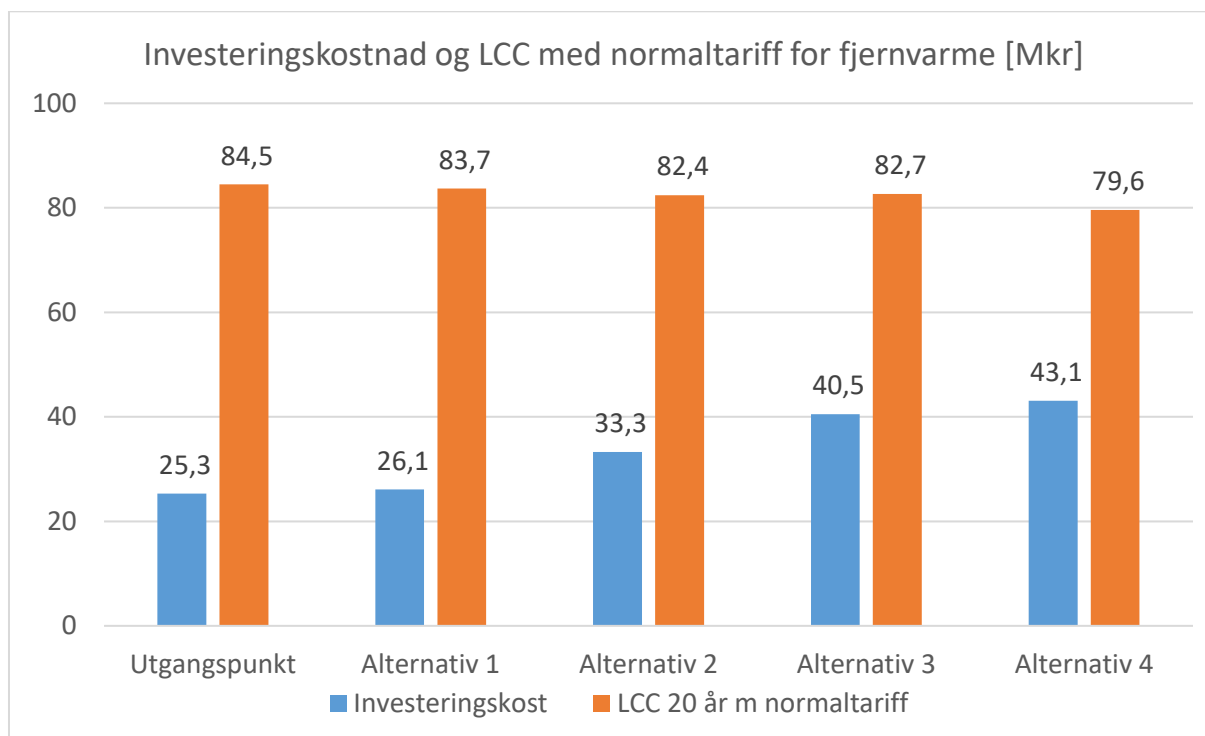
Strømbehovet i figuren er strøm til kompressorer for kjølemaskin/varmepumper (ikke generelt strømbehov til belysning, utstyr etc.). Effektfaktor for disse er i beregningene satt til en fast verdi, men vil i virkeligheten variere noe med varierende utetemperatur.

De årlige energikostnadene for alle de alternative energisentralene fra LCC-beregningen er vist i Figur 11-10:



Figur 11-10: Årlig energikostnad for de ulike alternative sentraler

Det er her forutsatt at fjernvarme for alternativ 2-4 regnes som spisslast, og får da et høyere effektledd (ref. Vedlegg 1). For å vise konsekvensen av dette er det beregnet en LCC for alternativ 2-4 med normal tariff for fjernvarme. Resultatet er vist i Figur 11-11:



Figur 11-11: LCC med normaltariff for fjernvarme for alle alternativer

Det viser at modell for energitariffer har mye å si for hva som blir det foretrukne valget ut fra et LCC-perspektiv.

En bør ytterligere undersøke muligheter for reduserte kostnader gjennom drift av sentralen som senker maksimalt effektuttak til fjernvarme. Slik fjernvarmetariffen er lagt opp ligger mye av energikostnaden i effektleddet til fjernvarme. Det er også på trappene en endring av energitariffer i form av økning i effektleddet, både for strøm og fjernvarme. Det er usikkert akkurat hvordan denne utviklingen vil bli, men da er det uansett fornuftig å legge til rette for en ytterligere reduksjon av effekttopper.

11.4 Oppsummering av LCC-resultater

Det er alternativ 4, med kuldelaagertank, som kommer best ut i LCC-beregningene, både med 7% og 3% kalkulasjonsrente, og uavhengig av om fjernvarme regnes som spisslast eller normal tariff. Det viser seg at en relativt mye dyrere investering betaler seg inn i reduserte drifts- og servicekostnader. LCC for de ulike energisentralene som er vurdert spriker i midlertid prosentvis lite med de forutsetninger som er gjort. Det vil si at en justering i en av parameterne for beregningen kan endre resultatet i annen favør. Endring i forutsetninger for energipris og rente gir stort utslag i resultatet.

Beregning av investeringskostnader er en forenklet modell, og vil variere avhengig av leverandør og bestykning på utstyr. Det er også usikkert hvordan energipriser og investeringskostnader utvikler seg de neste 20 årene. I tillegg vil det være andre hensyn som påvirker valg av energisentral enn kun LCC-resultatet, som driftssikkerhet, fleksibilitet og miljøaspekter.

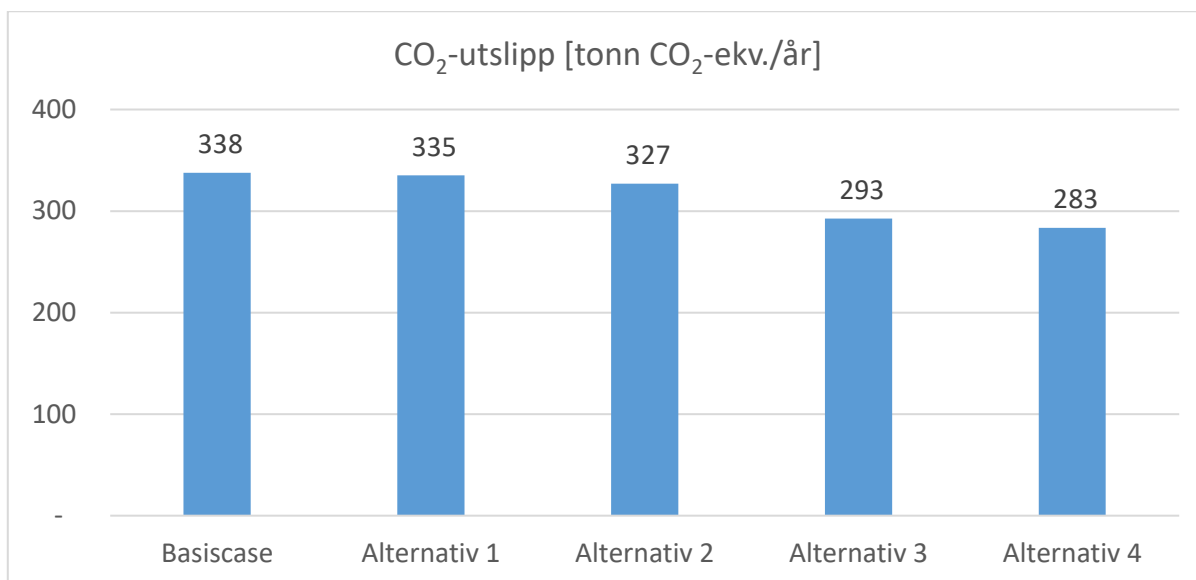
11.5 Miljøbetraktninger av løsninger

Det er stadig økende interesse blant leietakere for klimavennlige bygg. Moderne, miljøvennlige bygg bidrar blant annet til bedre inn klima og gode arbeidsforhold, lavere driftskostnader som følge av lavere energibruk og ofte økt betalingsvillighet fra leietaker sin side. Reduserte felles- og leietakerkostnader til energi og høy miljøstandard opplever Olav Thon Gruppen som attraktivt i markedet og en gjennomgående trend for forretning, hotell og bolig. Det er mer og mer vanlig at leietakere ved inngåelse av kontrakter har krav til at byggene de skal inn i skal ha en høy energi- og miljøstandard. Dette kan for eksempel være krav til BREEAM-sertifikat, høyt energimerke, plusshus, miljøvennlige materialiteter osv. Spesielt offentlig og internasjonale aktører med solid forankrede miljøprofiler går foran. Et BSL-kvartal med solid energi- og miljøstandard kan medføre mer attraktive leietakere, økt etterspørsel fra hotellgjester og generelt økte leieinntekter.

Energiforsyningsløsningene i rapporten fokuserer blant annet på å redusere byggets effekttopper ved å utnytte korttidslagring av energi. Det er usikkert hvordan tariffstrukturer blir i fremtiden, men det er sannsynlig at effekt vil få mer og mer fokus og at det vil bli mer kostbart med høye effekttopper i fremtiden. Det er derfor et insentiv å holde effekttoppene nede for å redusere risikoen for en eventuell prisøkning frem i tid.

CO₂-regnskap

Det er beregnet utslipp av tonn CO₂-ekvivalenter for levert energi til de vurderte alternative energisentralene. Det er da beregnet CO₂-utslipp for kjøpt energi, iht. Figur 11-9. Verdiene som er benyttet for beregning av CO₂-utslipp er hentet fra NS3720: *Metode for klimagassberegninger for bygninger*. For elektrisitet benyttes 136 g CO₂-ekvivalenter per kWh. For fjernvarme benyttes i tillegg oppgitt energimiks for innfyrte brensler fra Fortum for 2017, som gir 48 g CO₂ ekvivalenter per kWh. Figur 11-12 viser resultatet av CO₂-utslipp for de ulike sentralene:



Figur 11-12: Årlig CO₂-utslipp fra den termiske energiforsyningen.

Alternativ 4 gir lavest utslipp av CO₂ fra energiforsyningen, og ca. 20% reduksjon i forhold til basis-sentralen.

12 LØSNINGENS MARKEDSPOTENSIAL

Løsningen med svartvannsgjenvinnig, brønnpark med lading fra solfangere og faseskiftetank for kulde som kom best økonomisk ut er såvidt vi kjenner til ikke implementert i et samlet energikonsept tidligere. Enkeltelementene er implementert i noen få prosjekter og synes å få økende oppmerksomhet og interesse i markedet.

Løsningene med solfangere og lagertanker er relativt utprøvd globalt og anses for å være lite teknisk risikable. Det er avgjørende å dimensjonere komponentene riktig i forhold til hverandre for å oppnå god økonomi i investeringen. Det er knyttet noe usikkerhet til erfaring rundt installasjon og drift av svartvannsgjenvinning. Vi har hatt dialog med prosjektet til Stavanger kommune der de har svært gode erfaringer med en gjenvinningsløsning i hovedkloakken i kommunen. Vi har derimot ikke funne noen kommersielt utbredte løsninger tilpasset størrelsen på vårt prosjekt. Det vil være avgjørende å finne en løsning og leverandør som sikrer en robust løsning både økonomisk og driftsmessig.

Løsningen er svært interessant miljømessig fordi den i stor grad baserer seg på gjenvinning av energi og utnyttelse av solenergi som er utslippsfri. Dette er også underbygget av at det er denne sentralen som har lavest beregnet klimagassutslipp fra energiforsyningsløsningene som er undersøkt. Med bakgrunn i erfaringer fra økt fokus på BREEAM sertifisering med god

score tror vi energiløsninger med lavt klimagassutslipp vil være en viktig faktor for å vinne frem i markedet i tiden som kommer.

Erichsen & Horgen underviser ved masterutdanningen i energi og miljø på Oslo Met samt har samarbeid om masteroppgaver både på Oslo Met, NTNU og NMBU. Løsningen som her er tatt frem vil belyses i undervisningen i varme og kjølesystemer samt bli tema for masteroppgaver i årene som kommer.

13 VEDLEGG

Vedlegg 1: Energitariffer som ligger til grunn for beregning av årlige energikostnader

Effektledd strøm

	Effektledd (kr/kW/mnd)
Januar	150
Februar	150
Mars	76
April	11
Mai	11
Juni	11
Juli	11
August	11
September	11
Oktober	11
November	76
Desember	150

Energiledd strøm

- Gjennomsnittlig historisk månedspris fra Nord Pool for de siste år
- Administrativt påslag: 2%
- Nettleie: vinter: 5,2 øre/kWh, sommer: 3,7 øre/kWh
- EI-avgift 13,65 øre /kWh
- Grønne sertifikat: 1,12 øre/kWh

De ovennevnte elementer gir følgende energiledd på månedsbasis:

Måned	Energiledd [kr/kWh]
Januar	0,5705
Februar	0,5673
Mars	0,5675
April	0,5383
Mai	0,5367
Juni	0,4816
Juli	0,5013
August	0,5068
September	0,4754
Oktober	0,5624
November	0,6552
Desember	0,5840

Effektledd fjernvarme normaltariff

	Effektledd (kr/kW/mnd)
Januar	150
Februar	150
Mars	77
April	19
Mai	19
Juni	19
Juli	19
August	19
September	19
Oktober	19
November	77
Desember	150

Effektledd fjernvarme spisslast:

735 kr pr kW installert/år

Energiledd fjernvarme:

- Gjennomsnittlig månedspris fra Nord Pool med 5% rabatt
- Vektet profilt tillegg
- EI-sertifikat
- Administrativt påslag
- Nettleie
- EI-avgift

De ovennevnte elementer gir følgende energiledd på månedsbasis for siste år (kilde Fortum):

Måned	Energiledd [kr/kWh]
Januar	0,5433
Februar	0,5403
Mars	0,5404
April	0,5127
Mai	0,5112
Juni	0,4587
Juli	0,4774
August	0,4827
September	0,4528
Oktober	0,5356
November	0,6240
Desember	0,5562