

## Sluttrapportering på konseptutredning – Sorte fotballbaner og sentrumsgater som solfangere, sesonglagring av varme i gropvarmelager

---

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

## 1 Sammendrag

Bærum kommune Eiendom er en av Norges største kommunale eiendomsvirksomheter, og har med sine ca. 250 ansatte ansvar for utvikling, utbygging, forvaltning, drift og vedlikehold av kommunens bygningsmasse. Bygningsmassen består av ca. 565 000 m<sup>2</sup> formålsbygg, ca. 2 100 boliger og flere næringsbygg. I tillegg ivaretar Eiendom grunneierrollen, forestår eiendomstransaksjoner og leier og er utleier av eiendom. Eiendom har et årlig budsjett på 2,3 mrd. NOK.

Gjennomføringen av utredningsprosjektet ble styrt av Bærum kommune Eiendom sin fagansvarlig for energi, klima og miljø med bistand fra fire andre interne ressurser. Disse har utformet idegrunnlaget og alternativene, laget tallgrunnlaget og forutsetningene for utredningen og gjort vurderinger av resultatene. Rambøll har vært engasjert til å gjøre selve utredningsarbeidet.

I konseptutredningen har en innovativ felles energiløsning for Nadderud og Bekkestua Nord vært utredet. Nadderud er et området som i 2022 vil ha barneskole, ungdomsskole, svømmehall og stadion inkludert 3 kunstgressbaner med undervarme. Bekkestua er et området som i 2022 vil ha 22 000 m<sup>2</sup> med undervarme i bygater. De ulike forbrukerne har i dag ulike og uavhengige energikilder både med el, varmepumpe, solvarme, bioolje og fossilolje.

Den innovative løsningen, kalt alternativ 1, går ut på å benytte undervarmesystemet til kunstgressbanene og gatevarmen til å samle inn solvarme i sommerhalvåret og lagre denne varmen til vintersesongen i et gropvarmelager under kunstgressbanene. Det har vært gjort inngående vurderinger av bruk av gater og baner til varmeopptak og bruk av gropvarmelager som sesonglager og fysisk utforming av dette for å kunne plassere det under en kunstgressbane. For å kunne vurdere lønnsomheten i løsningen ble det samtidig utredet en løsning for å sesonglagre varme i energibrønner, alternativ 2b, og en konvensjonell løsning ved å hente varme ut av energibrønner, alternativ 2a. I alle alternativene har varmepumpe vært med som varmeproduserende enhet.

En sammenkobling vil fjerne behovet for å utvide eksisterende kapasitet på Bekkestua for å ha nok til å dekke gatevarmen ut fra de forbrukstallene som ligger i målingene. Gatevarmebehov vil være svært avhengig av nedbør og temperaturer gjennom vinteren og kan overstige de tallene som er benyttet i grunnlaget enkelte vintermåneder. En sammenkobling av systemene uten nye energiproduserende enheter vil derfor kunne medføre behov for å bruke oljekjelene i systemet som spisslast. Biooljekjelene i Nadderudhallen bør prioriteres før fossiloljekjelene i gatevarmesentralen.

Simuleringene viser at både alternativ 1 og 2b vil tilgjengeliggjøre elektrisk kapasitet i systemet med referansen. Dette vil redusere behovet for bruk av olje som spisslast i perioder med høyere energiforbruk enn det som er lagt til grunn for simuleringene.

Resultatene viser at alternativ 2b med sesonglagring i energibrønner er klart bedre enn alternativ 1 både med tanke på energisparing og lønnsomhet.

Alternativ 2b gir betydelig bedre energisparing pga. betydelig lavere varmetap i energibrønnene, sammenliknet med gropvarmelageret. Begrunnelsen for det høye tapet i gropvarmelageret er at det er et lite lager noe som gir et stort overflateareal sammenliknet med lagerets volum. Ettersom en varmepumpe er nødvendig for å ha nok temperatur i lageret til at det kan sesonglagre en betydelig varmemengde, vil det ikke bare være gratis varme som tapes, men også kjøpt varme i form av elektrisk energi til varmepumpene.

Lønnsomheten er også klart best for alternativ 2b sammen liknet med alternativ 1. Dette skyldes både at det er betydelig lavere energikostnader knyttet til energimengde og til effektbehov, men mye også knyttet til betydelig lavere investeringskostnader.

I oktober 2019, samtidig med endelig ferdigstilling av konseptutredningen fikk Oslofjord Varme fjernvarmekonsesjon i området. Dette endret forutsetningene og det ble i den forbindelse gjort en intern vurdering der alternativ 1 og 2b ble sammenliknet med fjernvarme. Som følge av vurderingen ble fjernvarme anbefalt som løsning da det innebærer lav risiko, høy forsyningssikkerhet og profesjonell drift av varmeforsyningen. Fjernvarme har en ulempe ved at kommunen ikke får direkte besparelse knyttet til energi- og effektreduksjon, men anses som den samfunnsmessig beste løsningen da flere kunder enn de kommunale byggene kan få nytte av løsningen.

## 2 Søker

Bærum kommune ligger i Akershus fylke og er Norges femte største kommune, med næringskode 84.110 – Generell offentlig administrasjon. Bærum kommune har i overkant av 12 000 ansatte som utfører 7 000 årsverk fordelt på ca. 200 tjenestesteder. Organisasjonen Bærum kommune er delt inn i de tre områdene; Samfunn, Organisasjon og utvikling og Velferd. Avdelingen Eiendom ligger her under Organisasjon og utvikling.

Bærum kommune Eiendom er en av Norges største kommunale eiendomsvirksomheter, og har med sine ca. 230 ansatte ansvar for utvikling, utbygging, forvaltning, drift og vedlikehold av kommunens bygningsmasse. Bygningsmassen består av ca. 565 000 m<sup>2</sup> formålsbygg, ca. 2 100 boliger og flere næringsbygg. I tillegg ivaretar Eiendom grunneirollen, forestår eiendomstransaksjoner og leier og er utleier av eiendom. Eiendom har et årlig budsjett på 2,3 mrd. NOK.

Konseptutredningen er forankret gjennom målene i klimastrategien til Bærum kommune der det er høyt fokus på å være innovativ, fremtidsrettet og klimaklok. Tiltak nr. 43 i klimastrategiens handlingsplan handler om å utvikle forbildeprosjekter innen miljø, og dette vil være et konkret prosjekt innenfor dette tiltaket.

Bærum kommunes rolle i konseptutredningen har vært å være bestiller, konseptier, bygg- og anleggseier, idéutvikler, premissgiver, og informasjonskilde for eksisterende systemer og planer for områdene.

Bærum kommune har satt av betydelige ressurser til utvikling av klimakloke løsninger både for eksisterende bygningsmasse og til nybygg. Det ligger tydelige politiske føringer for gjennomføring av prosjekter slik at målene i kommunens klimastrategi kan nås. Gjennom ulike nettverk og forskningsprosjekter ønsker kommunen å være ledende i utvikling av forbildeprosjekter innen energi, klima og miljø. Bærum kommune er blant annet deltagende i ZEN forskningsprosjekt, har en samarbeidsavtale med NTNU, er med i FutureBuilt-programmet og medlem av Grønn Byggallianse. I tillegg deltar kommunen i storbynettverket som er koordinert av Kommunalteknisk Forening.

### 3 Prosjektet

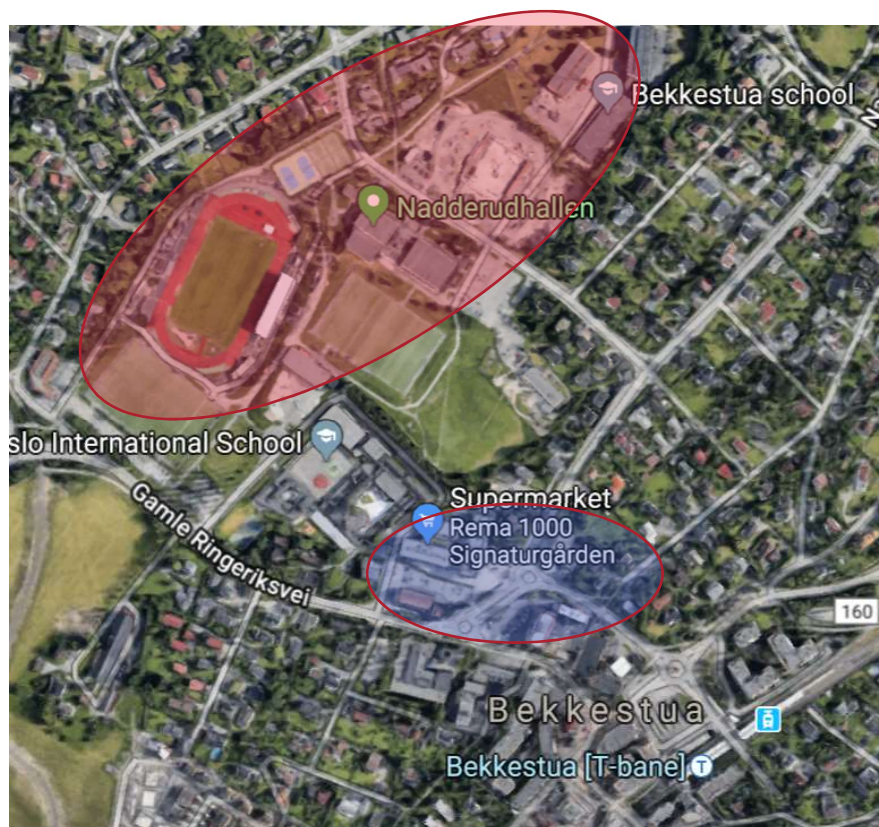
Høsten 2018 utførte Bærum kommune Eiendom en studie på muligheter for å utvide eksisterende energisystem i Nadderudhallen til å levere varme til de kommunale byggene på Nadderud. Konklusjonen ble at nye varmepumper med utvidelse av energibrønnpark var beste løsning.

I oktober 2018 mottok Bærum Kommune Eiendom en forespørsel fra Byprosjekter (utviklingsavdelingen til kommunen) via Prosjektenheten. De arbeidet med utvidelse av gatevarmeanlegget på Bekkestua Nord, og ønsket å se dette prosjektet i sammenheng med prosjekt for ny energiløsning for Nadderud området. Årsaker var at gatevarmeanlegget på Bekkestua hadde behov for kapasitetsutvidelse, og at trafo som forsyner elkjel for gateoppvarming ikke hadde kapasitet for utvidelsen.

Det var ønske om å søke midler fra Enova til å utrede en god og innovativ løsning for prosjektet. Det ble, innen fristen 1. november 2018, sendt inn en søknad til Enovaprogrammet «Konseptutredning for innovative energi- og klimaløsninger i bygg, områder og energisystem». I desember 2018 mottok Bærum kommune Eiendom tilsagn om Enovastøtte til prosjektet «Sorte fotballbaner og sentrumsgater som solfangere, sesonglagring av varme i gropvarmelager».

#### 3.1 Prosjektområdene

Prosjektet omfatter to områder øst i Bærum som begge er under utvikling. Det er Nadderudhallen med stadion og to nye skolebygg, og Bekkestua Nord med store arealer gatevarme. Områdene ligger i underkant av 400 meter i luftlinje fra hverandre. Figur 3.1 viser områdene sett ovenfra.



Figur 3.1: Flyfoto av området. Nadderud markert med rødt og Bekkestua Nord markert med blått.

Nadderud har Nadderudhallen med kunstgressbane og svømme- og flerbrukshall, og vil frem mot 2021 få ny barneskole, utvidet ungdomsskole, to nye kunstgressbaner og næringsarealer tilknyttet Nadderud stadion.

Bekkestua Nord er et fortettingsprosjekt rundt Bekkestua som knutepunkt for kollektivtrafikk i form av buss, trikk og t-bane. Prosjektet skal tilrettelegge for bymessig utvikling av området og de nært forestående utbyggingene av kvartalene langs traséen (nye bygg med private utbyggere). All nødvendig teknisk infrastruktur skal ivaretas

gjennom prosjektet til Bærum kommune, blant annet gatevarme/snøsmelteanlegg. Det er allerede etablert vannbåren gatevarme i et eksisterende gateareal på nesten 16 000 m<sup>2</sup> gateareal. Total skal dette utvides med ytterligere 6 000 m<sup>2</sup>. Detaljprosjektering av Bekkestua Nord pågår. Kommunen har satt som premiss at det skal være gatevarme på alle torg og fortau.

Begge områdene har behov for nye energiløsninger med økt grad av miljøvennlig energiforsyning og økt kapasitet innen 2021. Det er noe kapasitet for midlertidige løsninger frem til ferdigstillelse av alle bygg og anlegg. Det var ved prosjektets start ingen fjernvarmekonsesjon i området.

### 3.2 Bygg og anlegg i prosjektområdet

Området omfatter de bygg og anlegg som er vist i Tabell 3.1. Både eksisterende og planlagte bygg er inkludert. Bærum kommune er eier av alle byggene/anleggene. Totalt areal for alle bygg og anlegg etter ferdigstillelse er på 76 000 m<sup>2</sup>.

Tabell 3.1: Eksisterende og planlagte bygg som er inkludert i det aktuelle området for konseptutredning.

Bygg/anlegg	Areal [m <sup>2</sup> ]	Ferdigstillelse
Nadderudhallen (svømmehall)	9 000	Eksisterende
Eksisterende kunstgressbane	7 000	Eksisterende
Ny stadion Næring	6 000	2021
Nye kunstgressbaner	2·7 000=14 000	2021
Bekkestua barneskole (nybygg)	8 000	2019
Bekkestua ungdomsskole (rehabilitering og nybygg)	10 000	2021
Bekkestua Nord eksisterende gatevarme	16 000	Eksisterende
Bekkestua Nord nytt gatevarme	6 000	Nytt 2020/2021

### 3.3 Dagens energiløsninger

Nadderudhallen har i dag en varmpumpe med energibrønner (21 stk.), samt elkjel og oljekjel (bioolje). Det er ønskelig å forsyne de nye byggene og anleggene fra denne energisentralen. Varmepumpen kan levere opp til 250 kW, elkjelen er på 1 100 kW og biooljekjelen er på 2 500 kW. Installert total kapasitet per i dag er på 3 850 kW. Totalt estimert samtidig effektuttak til oppvarming basert på timesverdier målt og simulert for byggene i området er 2 500 kW. Den eksisterende varmpumpen er for liten til å levere en betydelig andel av varmebehovet. Denne må utvides eller komplementeres med noe annet for å sikre energieffektiv og miljøvennlig oppvarming av området.

Gatevarmen på Bekkestua Nord leveres i dag av en elkjel, med en oljekjel i reserve. Installert kapasitet på eksisterende gatevarmeanlegg er på 3,8 MW. Målinger fra energiselskapet viser at det tas ut maksimalt 2,8 MW. Samtidig maksimalt uttak inkludert nye arealer er estimert til 3,8 MW ut fra målinger på eksisterende arealer. Utfordringen med den eksisterende energisentralen for gatevarme er at kapasitet i trafo må økes for å få knyttet til de nye gatearealene. Det er ønskelig med andre kilder enn direkte elektrisitet og olje i Bærum kommunes anlegg av hensyn til energibruk, effektbruk, miljø og klima. Dagens energiløsning med elKjel, og oljekjel som reserve, er ikke miljømessig en god løsning og har heller ikke høy nok kapasitet.

## 4 Om konseptutredningen

I konseptutredningen har en innovativ felles energiløsning for Nadderud og Bekkestua Nord vært utredet. Løsningen går ut på å benytte undervarmesystemet til kunstgressbanene og gatevarmen til å samle inn solvarme i sommerhalvåret, og å lagre denne varmen til vintersesongen i et gropvarmelager under kunstgressbanene. For å kunne vurdere lønnsomheten i løsningen, ble det samtidig utredet en løsning for å sesonglagre varme i energibrønner og en konvensjonell løsning ved å hente varme ut av energibrønner. I alle alternativene har varmepumpe vært med som varmeproduserende enhet.

Formålet med konseptutredningen har vært å avdekke om det er praktisk mulig å gjennomføre den innovative løsningen, hvilken reduksjon den kan ha på effektuttak vinter, hvor mye energireduksjon som kan oppnås, hva løsningen vil koste og hvordan det vil være å drifte et slikt anlegg. En slik utredning med avdekking av muligheter, risiko og kostnader, er nødvendig for å kunne fremme en politisk sak om å gå videre med prosjektet.

### 4.1 Konvensjonell teknologi for et slikt prosjekt

Konvensjonell teknologi ville vært at Nadderudområdet og Bekkestua Nord ble sett på helt uavhengig av hverandre. For Nadderud vil varmepumpe med energibrønner og elkjel som spisslast være løsningen. Alternativt luft-vann varmepumpe for kunstgressbanene. For gatevarmen på Bekkestua Nord vil elkjeler være standard teknologi. Løsningen vil gi høyt effektuttak på tider av året hvor strømmettet allerede er sterkt belastet. Kostnadene for en varmepumpeløsning for Nadderud er estimert å ligge mellom 13 og 16 MNOK eks. mva. Kostnadene for varmekilde for gatevarmen er knyttet til innkjøp av elkjel og potensielt nødvendig utvidelse av trafokapasitet, denne kostnaden er ikke definert.

### 4.2 Mål for utredningen

Følgende har vært utredet i konseptutredningen:

- Opptak av solenergi fra undervarmesystemer, mengder og temperaturer
- Sesonglager i gropvarmelager under kunstgressbane, fysisk oppbygning, kapasitet, effekt og reduksjon, redusert kjøpt energi, varmetap, temperaturnivå, sikkerhet, behov for driftskompetanse og ressursbruk
- Helhetlig energisystemoppbygning, nødvendighet av varmepumper
- Mulighet for å kjøle bygg i Bekkestua sentrum ved hjelp av gatevarmedistribusjonssystemet
- Alternative løsninger til sammenlikning
- Kostnader knyttet til investering, drift og vedlikehold av energiløsningen, slik at en beslutning kan tas på om Bærum kommune vil gå videre med den innovative løsningen eller gå for en standard løsning.

Hovedresultatene er beskrevet i denne rapporten. Den fullstendige utredningen er beskrevet nærmere i vedlegg 1– konseptutredningsrapporten fra Rambøll.

### 4.3 Kartlegging

Som grunnlag for konseptutredningen er det gjort en kartlegging av forventet energibehov til byggene og anleggene når alt er ferdig utbygget i 2022. Denne kartleggingen tar utgangspunkt i målinger for eksisterende bygg og simuleringer for nye bygg. For gatevarmen er det benyttet måledata for eksisterende anlegg og lagt inn en utvidelse ut fra forventet nytt areal. For kunstgressbanene er det tatt utgangspunkt i målinger fra den av kunstgressbanene som i dag forsynes med varme fra Nadderudhallen (og ganget med 3 for antall baner totalt). Dataene er gitt som timesverdier for å kunne definere samtidighet ved et sammenkoblet system.

Forventet årlig energibehov og samlet og samtidig effektbehov er vist i Tabell 4.1.



Tabell 4.1: Årlig forventet energi- og effektbehov for Nadderud og Bekkestua

	Varme [MWh/år]	Varmeeffekt [kW]
Bekkestua barneskole	320	460
Bekkestua ungdomsskole	410	260
Ny Stabekk stadion	290	230
Kunstgressbaner	1 800	1 770
Nadderudhallen	1 790	870
Samlet Nadderud	4 610	3 590
Gatevarme eksisterende	1 879	2 770
Gatevarme ny	705	1 040
Samlet Bekkestua gatevarme	2 584	3 800
<b>Sum</b>	<b>7 200</b>	<b>7 400</b>
Samtidig maks Nadderud		2 500
Samtidig maks Bekkestua gatevarme		3 810
<b>Samtidig maks alle bygg og anlegg</b>		<b>5 160</b>
Redusert maksimaleffekt ved samlet løsning		2 240

Tabellen viser at det ligger en sparing i samlet installert varmekapasitet for forsyningen på 2,2 MW ved å koble de ulike byggene og anleggene sammen i et felles system.

Som grunnlag for utredningen er det også laget en samlet oversikt over de tilgjengelige varmeproduserende enhetene i systemet, denne er vist i Tabell 4.2. Utvidet informasjon om disse er gitt i vedlegg 4: «GrLag\_01 – Systemoppbygning energisystem».

Tabell 4.2: Varmeproduserende enheter i systemet

Sted:	Installert effekt [kW]
Nadderudhallen - Solfangere	70
Nadderudhallen - Varmepumpe	250
Nadderudhallen - Elkjeler	1085
Nadderudhallen - Biooljekjeler	2900
Stadion - Oljekjel	1000
Gatevarme - Elkjel	3800
Gatevarme - Oljekjel (reserve)	3500
<b>Sum varmepumpe og elkjeler</b>	<b>5205</b>
Sum bioolje	2900
Sum olje alt	7400
Sum totalt	12605

Kartleggingen viser at dersom alle byggene kobles opp i et felles energisystem, så vil det være god nok kapasitet til å levere nok varme kun ved å bruke elkjelene og varmepumpene. Olje kan derfor reduseres til å bli en reserveløsning.

En sammenkobling vil fjerne behovet for å utvide eksisterende kapasitet på Bekkestua for å ha nok til å dekke gatevarmen ut fra de forbrukstallene som ligger i målingene. Gatevarmebehov vil være svært avhengig av nedbør og temperaturer gjennom vinteren og kan overstige de tallene som er benyttet i grunnlaget enkelte vintermåneder. En sammenkobling av systemene uten nye energiproduserende enheter vil derfor kunne medføre behov for å bruke oljekjelene i systemet som spisslast. Biooljekjelene i Nadderudhallen bør prioriteres før fossiloljekjelene i gatevarmesentralen.

## 4.4 Scenarioanalyse

For å kunne sammenlikne lønnsomheten til den innovative energiløsningen er det laget to alternativer å sammenlikne den med. Følgende alternativer er studert i utredningen:

Alternativ 1: Sesonglagring av solvarme fra gater og baner i et gropvarmelager. Solvarmen er estimert til å ha en temperatur på rundt 18 grader og benyttes som kilde for to varmepumper som produserer varme ved rundt 60 grader, som leveres lageret i perioden fra april til oktober. Fra oktober til januar benyttes varmen fra lageret direkte som kilde i systemet ved 55 grader. Fra januar til april benyttes gropvarmelageret som kilde for varmepumpene som leverer varme ut på systemet. Eksisterende varmepumpe med energibrønner benyttes som kilde i systemet og eksisterende elkjeler benyttes som spisslast i systemet.

Alternativ 2a: Konvensjonelt varmepumpesystem med energibrønner der grunnen (bergvarme) er varmekilde for varmepumpene. Eksisterende energisystem i Nadderudhallen utvides med nye energibrønner og ny varmepumpesentral. Eksisterende varmepumpe med energibrønner benyttes som kilde i systemet og eksisterende elkjeler benyttes som spisslast i systemet.

Alternativ 2b: Sesonglagring av solvarme fra gater og baner i termiske energibrønner (sesonglagring i grunnen). Lagring av solvarme øker tilgjengelig varme i energibrønnene og gir mulighet for å ta ut mer energi i løpet av vinteren. Eksisterende energisystem i Nadderudhallen utvides med nye energibrønner og ny varmepumpesentral. Eksisterende varmepumpe med energibrønner benyttes som kilde i systemet og eksisterende elkjeler benyttes som spisslast i systemet.

Felles for alternativene er at alle bygg og anlegg knyttes sammen i et felles varmedistribusjonsanlegg (nærvarmeanlegg). Det er laget en referansemodell som illustrerer hvor stor nødvendig maksimal produksjon må være for å dekke behovet med de eksisterende energiproduserende enhetene.



## 4.5 Beregninger

Rambøll har benyttet energisystemsimuleringsverktøyet Energypro til å gjennomføre analysene. Programmet tar inputverdier for forbruk og produksjon og benytter timesverdier for energikostnader til å prioritere energikildene slik at rimeligste kilde velges til enhver tid. Sesonglagring er lagt inn i simuleringen som tilgjengelige energimengder med laveste kostnad i gitt tidsrom gitt av planlagt drift av lagrene.

### 4.5.1 Kapasitet varmepumper og energilager/energikilde for alternativene

Rambøll har benyttet simuleringene til å ta ut optimal kapasitet på varmepumpene og nødvendig størrelse på energilager/energiopptakskilde til de tre alternativene. Den eksisterende varmepumpen på 250 kW, ref. Tabell 4.2, er med i alle alternativene. Resultatet er vist i Tabell 4.3.

Tabell 4.3: Kapasitet varmepumper og energilager/energikilde for alternativene

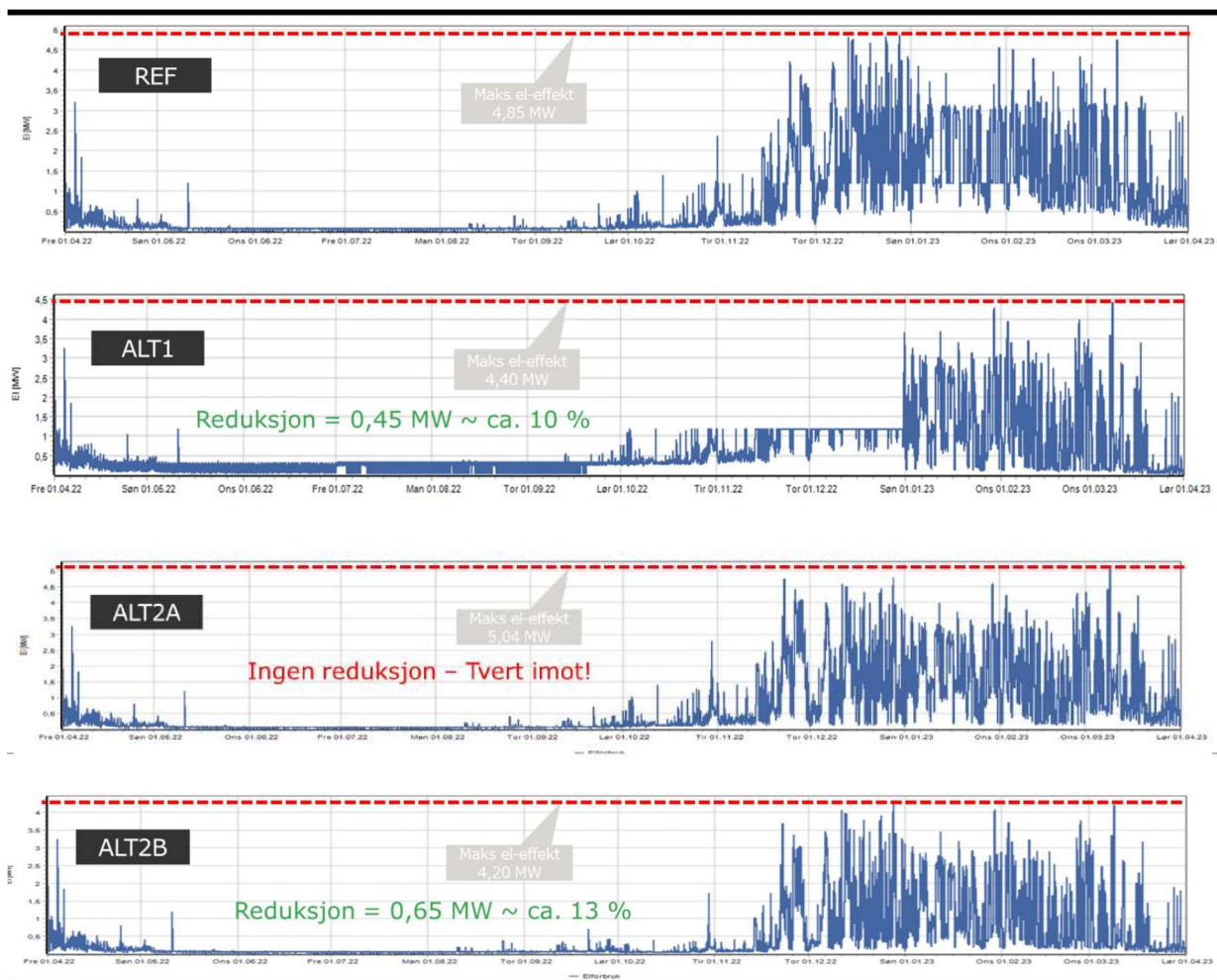
Alternativ	Optimal kapasitet nye varmepumper	Lager/varmeopptakskilde
<b>Alternativ 1</b>	De nye varmepumpene har en samlet installert effekt på 1,5 MW.	Lageret har et volum på 65 000 m <sup>3</sup> og et effektivt volum på 52 000 m <sup>3</sup> . Lageret varmes (lades) opp fra 1.april til 1.oktober. Varmen brukes direkte fra 1.oktober til 1.januar og benyttes som energikilde for varmepumpe fra 1.januar til 1.april.
<b>Alternativ 2a</b>	Ny varmepumpe vil ha en installert effekt på 0,7 MW.	Eksisterende brønnpark ved Nadderudhallen utvides med 48 nye energibrønner a 300 meter plassert under banene eller på Rismyra.
<b>Alternativ 2b</b>	Ny varmepumpe vil ha en installert effekt på 1,4 MW.	Ny brønnpark etableres som sesonglager i grunnen med 48 nye energibrønner a 300 meter plassert under banene eller på Rismyra.

### 4.5.2 Resultat effektuttak

I simuleringen er det sett på elektrisk effektbehov til de ulike alternativene for å se på hvilket som gir størst reduksjon i samtidigbehov. Tabell 4.4 angir maksimalt elektrisk effektuttak simulert for alternativene. Figur 4.1 viser elektrisk effektuttak for alternativene. Merk at driftsåret starter 1.april. Dette er fordi oppvarmingen av gropvarmelageret starter 1.april.

Tabell 4.4: Samtidig elektrisk effektuttak ved de ulike alternativene [kW]

Alternativ	Samtidig elektrisk effektuttak [kW]
Referansemodell el.	4850
<b>Alternativ 1</b>	4400
<b>Alternativ 2a</b>	5040
<b>Alternativ 2b</b>	4200



Figur 4.1: Simuleringsresultater elektrisk effektforbruk per time fra 1.april 2022 til 1.april 2023.

Resultatene er vist som elektrisk effektuttak for å levere nødvendig varme til forbrukerne. Varmepumpene i systemet reduserer behovet for elektrisk effekt. Det er derfor varmpumpene med tilhørende lager som påvirker resultatet i simuleringene og som gjør at effektresultatet for referansemodellen er lavere enn tallet «Samtidig maks alle bygg og anlegg» fra Figur 4.1.

Resultatene viser at Alternativ 2b med sesonglagring vil redusere det elektriske effektbehovet mest av alle alternativene. Årsaken til dette er trolig at det vil være et større tap i grovvarmelageret enn i energibrønnlageret.

Alternativ 1 kunne hatt en større effektreduksjon dersom man venter med å tømme lageret til perioder der man predikerer et høyt effektforbruk. Dette er ikke gjort i modellen av flere årsaker:

- Modellen vurderer ikke muligheten for å prioritere kilde utfra effekttariffer ettersom det er brukt utkoblbare tariffier som har utgangspunkt i maksimalt årlig uttak.
- Varmetapet er høyt og det er fordel å bruke opp den lagrede varmen så raskt som mulig.
- Dette vil være vanskelig å styre i praksis.

Alternativ 2a har en mindre varmpumpe enn alternativ 1 og 2b grunnet at det er mindre tilgjengelig varme i energibrønnene enn i de to sesonglagrene. Det er forklaringen på hvorfor dette alternativet ikke gir en reduksjon i effektuttak.

Simuleringene viser at både alternativ 1 og 2b vil frigjøre elektrisk kapasitet i systemet med referansen. Den tilgjengelige kapasiteten er nødvendig for å ta høyde for variasjoner i forbruket uten å måtte benytte olje som spisslast. Oljekjelene, fortrinnsvis biooljekjelene, blir dermed kun reservelastkilder.

### 4.5.3 Energi:

Alle alternativene gir ulik besparelse av energi avhengig av hvor mye gratis energi som kan hentes fra solen og fra omgivelsene. Tabell 4.5 viser behovet for kjøpt energi til elkjelene og varmepumpene for hvert av alternativene.

Tabell 4.5: Kjøpt elektrisk energi og sparepotensiale.

	Referansemodell	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b
<b>Sum levert energi til energisystemene</b>	6926	5187	5809	3953
<b>Spart energi per år sammenliknet med opprinnelig levert energi til alle byggene/anleggene slik de er drevet nå uten sammenkobling.</b>	42	1782	1159	3016

Alternativ 2b kommer best ut i form av minst behov for kjøpt energi til systemet. Dette kan forklares med at det har betydelig mindre varmetap enn alternativ 1 og betydelig mer tilgjengelig varme grunnet sesonglagring av solvarme enn alternativ 2a har fra vanlige energibrønner.

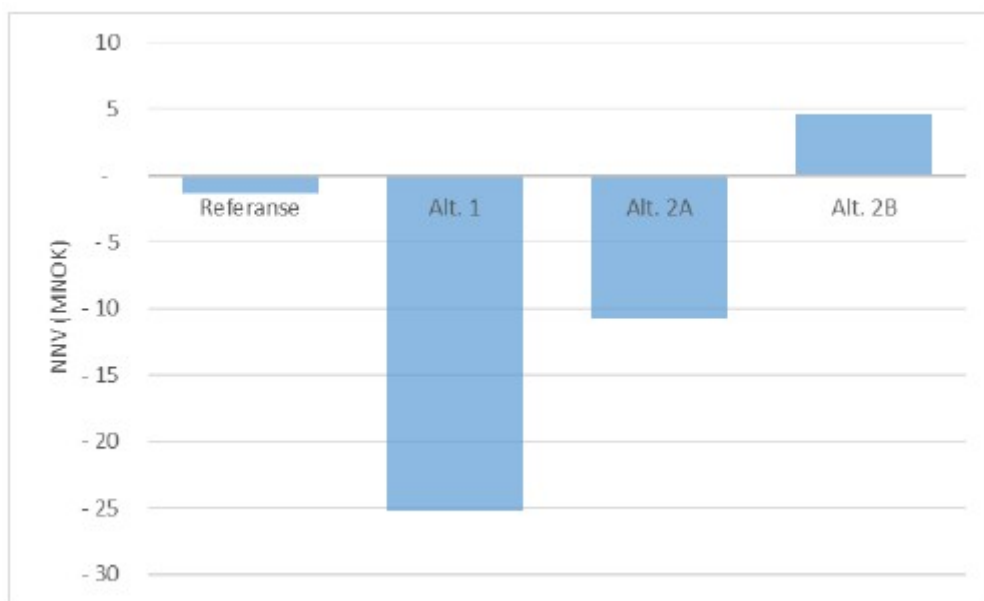
Gratis energi forventet levert som solvarme fra gater og baner er estimert å ligge på ca. 1500 MWh/år som kilde til den ene varmepumpen for å øke temperaturen i lageret fra 10-35 °C fra 01.04 til 01.07 og ca. 1850 MWh/år som kilde til den andre varmepumpen for å øke temperaturen i lageret fra 35-55 °C. Totalt tilført energi fra gater og baner til lageret er da 3343 kWh/år. Tapet i lageret er estimert til ca. 1600 MWh/år som gir en netto gevinst 1750 MWh/år med løsningen. Det er det store tapet som gjør at alternativ 1 får et dårligere energieresultat enn Alternativ 2b. Grunnen til at tapet fra gropvarmelageret er høyere er at varmen er lagret ved en mye høyere temperatur enn det som lagres i brønnene.

Vedlegg 1 gir en utdyping av resultatene. Vedlegg 2 og 3 er utfylt av Rambøll og gir en oppsummering av resultatene i tabellform og energiflytskjema.

## 4.6 Økonomiske vurderinger

Rambøll har gjort lønnsomhet vurderinger for de ulike alternativene og laget et oppsett over forventede investeringskostnader. En viktig forutsetning for de økonomiske vurderingene er at det i simuleringene er lagt til grunn at elkjelene i systemet leveres med utkoblbare tariffier. Dette er ikke tilfelle i praksis i dag, men dette ble gjort for at ulike tariffier på Nadderud og Bekkestua ikke skulle medføre unødvendig lastflyt i systemet. En bruk av de faktiske tariffiene ville gitt høyere nettleie, og ville gitt en fordel til det alternativet med lavest effektuttak. Det er brukt 4 % avkastningskrav og 20 år nedbetaling i lønnsomhetsvurderingene.

Resultatene av lønnsomhetsvurderingene er vist i Figur 4.2.



Figur 4.2: Resultater lønnsomhetsanalyser - nåverdi

Nåverdianalysene viser at det er klart best lønnsomhet å velge alternativ 2b.

En forventet energiprisanalyse er også gjort, denne er vist i Tabell 4.6.

Tabell 4.6: Energiprisanalyse.

Kostnader	Referansemodell	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	
Kostnader investering kroner	kr 1 300 000	kr 63 950 000	kr 26 500 000	kr 30 930 000	kr. eks.mva
Forventet Enovastøtte	kr -	kr 20 960 000	kr 3 900 000	kr 7 800 000	kr. eks.mva
Kostnader investering inkl. støttemidler	kr 1 300 000	kr 42 990 000	kr 22 600 000	kr 23 130 000	kr. eks.mva
Driftskostnader	kr 5 800 000	kr 4 500 000	kr 4 900 000	kr 3 750 000	kr. eks.mva.pr år
Kapitalkostnader (4 % rente, 20 år)	kr 0,007	kr 0,239	kr 0,126	kr 0,129	kr/kWh eks.mva.
Driftskostnader	kr 0,806	kr 0,625	kr 0,681	kr 0,521	kr/kWh eks.mva.
Energipris pr leverte kWh eks.mva.	kr 0,813	kr 0,864	kr 0,806	kr 0,649	kr/kWh eks.mva.
Energipris pr leverte kWh inkl.mva.	kr 1,016	kr 1,080	kr 1,008	kr 0,812	kr/kWh inkl.mva.

Energiprisanalysen viser forventet energipris på varme levert ved de ulike alternativene. Alternativ 2b vil levere den rimeligste varmen.

**Investeringskostnadene og driftskostnadene er gitt i vedlegg 2.**

Alle tall, med unntatt av siste rad i Tabell 4.6 er eks.mva.

## 4.7 Avtaler, tillatelser og samarbeidspartnere

Bærum kommune har ikke kompetanse eller ressurser til å gjennomføre konseptutredningen og har derfor hentet inn rådgivere fra selskapet Rambøll. Rambøll sitter på kompetanse på energisystemer generelt og har spesialister som har arbeidet med gropparmelager og solvarmeanlegg i Danmark. Flere av disse anleggene er i drift i dag.

Rambøll har utført konseptutredningen med bakgrunn i beskrivelsen gitt i Enova-søknaden for denne konseptutredningen og energikartlegging utført av Bærum kommune. Rambøll leverte en endelig rapport og

tallgrunnlag i oktober 2019 som danner grunnlaget for denne sluttrapporten. Rambøll sin rapport viser utredningen i sin helhet og er tilgjengelig som vedlegg.

#### **4.8 Konklusjon og anbefalinger fra konseptutredningen**

En sammenkobling vil fjerne behovet for å utvide eksisterende kapasitet på Bekkestua for å ha nok til å dekke gatevarmen ut fra de forbrukstallene som ligger i målingene. Gatevarmebehov vil være svært avhengig av nedbør og temperaturer gjennom vinteren og kan overstige de tallene som er benyttet i grunnlaget enkelte vintermåneder. En sammenkobling av systemene uten nye energiproduserende enheter vil derfor kunne medføre behov for å bruke oljekjelene i systemet som spisslast. Biooljekjelene i Nadderudhallen bør prioriteres før fossiloljekjelene i gatevarmesentralen.

Simuleringene viser at både alternativ 1 og 2b vil frigjøre elektrisk kapasitet i referansesystemet. Dette vil redusere behovet for bruk av olje som spisslast i perioder med høyere energiforbruk enn det som er lagt til grunn for simuleringene.

Resultatene viser at alternativ 2b med sesonglagring i energibrønner er klart bedre enn alternativ 1 både med tanke på energisparing og lønnsomhet.

Alternativ 2b gir betydelig bedre sparing pga. betydelig lavere varmetap i energibrønnene, sammenliknet med groppvarmelageret. Begrunnelsen for det høye tapet i groppvarmelageret er at det er et lite lager noe som gir et stort overflateareal sammenliknet med lagerets volum. Ettersom en varmepumpe er nødvendig for å ha nok temperatur i lageret til at det kan sesonglagre en betydelig varmemengde, vil det ikke bare være gratis varme som tapes, men også kjøpt varme i form av elektrisk energi til varmepumpene.

Lønnsomheten er også klart best for alternativ 2b sammenliknet med alternativ 1. Dette skyldes både at det er betydelig lavere energikostnader knyttet til energimengde og til effektbehov, men mye også knyttet til betydelig lavere investeringskostnader.

#### **4.9 Endringer i forutsetninger etter gjennomført konseptutredningen og medfølgende nye konklusjoner og anbefalinger i etterkant av prosjektet**

I oktober 2019, samtidig med endelig ferdigstilling av konseptutredningen fikk Oslofjord Varme fjernvarmekonsesjon i området. Dette endret forutsetningene og det ble i den forbindelse gjort en intern vurdering der alternativ 1 og 2b ble sammenliknet med fjernvarme.

Løsningene ble sammenliknet teknisk og økonomisk, og det ble gjort vurderinger knyttet til drift- og vedlikehold.

Som følge av vurderingen ble fjernvarme anbefalt som løsning da det innebærer lav risiko, høy forsyningsikkerhet og profesjonell drift av varmesystemet. Fjernvarme har en ulempe ved at kommunen ikke får direkte besparelse knyttet til energi- og effektreduksjon.

Anbefalingen er gjort som en helhetlig vurdering, og lønnsomheten vil avhenge av kriteriene som settes i kontrakten med fjernvarmeselskapet.

Det er anbefalt å være kreativ i forhandlingen med fjernvarmeleverandører, og få de til å teste innovative metoder for å fakturere og styre effektene. Dette kan bidra til at kommunen får redusert sine effektkostnader ved å bruke fjernvarme, noe som vil kunne kompensere for at kommunen ikke vil få reduserte energikostnader knyttet til energisparing.

Det mangler tall på anleggsbidrag til fjernvarme for å kunne få direkte sammenliknbare økonomiske vurderinger. I dialog med fjernvarmeselskapet burde man ved å se på tariffen og anleggsbidrag kunne regne seg frem til noe som er gunstig slik at fjernvarme blir det mest lønnsomme for kommunen.

Oslofjord Varme er avhengige av å ha Bærum kommune som fjernvarmekunde for å sette i gang utbygging på Nadderud/Bekkestua. Dersom Bærum kommunen velger fjernvarme, bidrar vi til å skape en helhetlig løsning for alle og ivaretar kommunens sitt samfunnsansvar.

## 5 Løsningens-/teknologiens markedspotensial

### 5.1 Beskrivelse av teknologiens nyhetsverdi

Nyhetsverdien i teknologien er:

1. Å utnytte kunstgressbanenes og gatevarmens varmesystem som solvarmekollektorer og lagre dette til vinteren for å redusere både effektuttak og energiuttak. Vurdere bruk av sorte baner for økt varmeopptak.
2. Bygge gropvarmelager i Norge.
3. Bruke gropvarmelager til å redusere effektuttak i perioder med høy belastning på kraftnettet.
4. Ha kunstgressbane over et gropvarmelager.
5. Bruke gropvarmelager som varmekilde for et varmepumpeanlegg og samtidig øke kapasiteten til lageret.
6. Benytte distribusjonskretsen til gatevarmesystemet som kjølekrets.

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

Dersom anlegget i alternativ 1 hadde blitt bygget på Nadderud hadde man fått testet ut om det er mulig å få til et sesonglager i Norge. Mulighetene for å redusere effektuttak ved å bruke sesonglager kunne synliggjøre sesonglagring som et virkemiddel for økt bruk av fornybar solenergi og bruk av sesonglager til å redusere belastning på kraftnettet.

### 5.3 Kort beskrivelse av markedspotensialet i Norge

I tillegg til Nadderud har Bærum kommune åtte andre kunstgressbaner. To av disse har ikke undervarme i dag og en er planlagt å bygge om. Oslo kommune har 25 kunstgressbaner med undervarme.

Fotballforbundet opplyser om at det er i Norge i dag rundt 1 750 kunstgressbaner i ulike størrelser, hvorav ca. 150 er baner med undervarme. De neste to årene er det planlagt rundt 180 nye kunstgressbaner. Av de eksisterende blir ca. 40 til 45 baner rehabilitert hvert år. Av de planlagte nye og rehabiliterte banene er det antatt at flere av disse ønsker undervarme.

Det antas å være flere gatevarmeprosjekter under planlegging knyttet til områder der man ikke ønsker eller har mulighet for snømåking. Dette er ikke tallfestet.

Ved å teste ut løsningen, vil man få vite mer om hvor mye energi som kan spares og hvor mye effektuttaket faktisk kan reduseres. Man får også erfaring knyttet til varmeopptak fra kunstgressbaner og gatevarmesystemer. Gjennomføring av løsningen kan gi erfaring for å bygge tilsvarende og enda bedre anlegg andre steder. Det er viktig å måle og dele resultatene ved bygging av et anlegg.

Dersom man kan finne en måte å levere undervarme til disse anleggene som reduserer energi- og effektkostnadene, uten å kreve for mye areal og samtidig er en teknologisk trygg løsning til en akseptabel kostnad, så vil det være interessant for flere anlegg. Det er i denne utredningen sett på å bruke solvarmen fra gater og baner til å dekke varmebehov i bygg. Byggene har høyt temperaturbehov sammenliknet med undervarme til gater og baner. Løsningen kan vise seg å være bedre egnet for forbrukere som har lavtemperatur energibehov og som ikke vil ha behov for å tilføre en betydelig mengde elektrisk energi til systemet via en varmepumpe. Dersom dette utredes, testes og gir gode resultater, vil det kunne bidra til at andre byggherrer gjør det samme der de har forholdene tilrettelagt for det.

Sesonglagring er også interessant for større og mindre fjernvarmeselskaper, spesielt selskaper med overskudd i sommerhalvåret. Sesonglagring av varme fra sommer til vinter vil kunne avlaste strømmettet ved at en større del av varme leveres som varme i perioder hvor det normalt benyttes mye elkjeler til å dekke spisslast.

## 5.4 Beskriv evt. Involvering av norske teknologimiljø og utdannings situasjoner

En artikkel om utredningen ble publisert i Teknisk ukeblad i juli 2019 og delt videre på Linked in og på Bærum kommunes intranett side.

Konseptet har blitt presentert på Urban energi konferansen i oktober 2019.

Rapporten er forespurt av et dansk energiselskap som vurderer liknende løsninger.

Ferdig rapport vil deles i fora som ZEN, Futurebuilt og på Bærum kommunes blogg Tenketanken.

## 6 Risiko og risikodempende tiltak

Alternativ 1 er et innovativt energisystem hvor deler av systemet ikke tidligere er utprøvd. Den største risikofaktoren i alternativ 1 er knyttet til ferdsel på det flytende lokket over lageret, i form av fotballspillere mm., men også i form av lette kjøretøy. Dette er ikke blitt utprøvd tidligere og det anbefales at det utføres en testing av konseptet i liten skala, for eksempel 25 x 25 meter. Testresultatet kan føre til forkasting, modifisering eller godkjenning av konseptet. Eventuelle konsekvenser for design er ikke vurdert. Risiko kan dempes ved å gjøre en statikkberedning av lokket.

Et annet risikomoment er fare for lekkasje i membran. For å forhindre dette er det behov for grundig tilsyn under utførelse av arbeidet inkludert kontroll av tetthet. Det anbefales at det benyttes inngjerding og overvåkning for å kunne forebygge uønsket ferdsel og opphold på membranen. Det er viktig med oppfølgende kontroll av tetthet når lageret er fylt med vann og første membran i lokket er lagt ut. Lekkasje fra sider og bunn av lageret fanges opp av drenering mens lekkasje i lokket blir synlig ovenfra. For å minimere risikoen anbefales det grundig tilsyn under etableringen da forbedringer under byggeprosessen vil være en kostnad som entreprenøren skal dekke. Hvis lekkasje oppstår etter anlegget er i drift, vil det helt eller delvis bli en kostnad for Bærum kommune.

Foringet vannkvalitet i form av kjemiske sammensetninger, urenheter og luftinnhold er en risiko det må tas høyde for. Ved å ha nøye planlegging av vannbehandling ved fylling og nøye kontroll av vannbehandling, kjemikalietilsetning og ventilerings ved fylling og i den etterfølgende driften, vil denne risikoen minimeres. Urenheter vil kun være et kortvarig fenomen, da urenheterne enten flyter oppå, eller går til bunnen av lageret.

Kostnadene knyttet til alternativ 1 er også veldig usikre og er i stort knyttet til kostnader for graving og deponering av masser. Risiko kan dempes ved å utføre grunnundersøkelser og en vurdering av gjenbruk av masser lokalt.

Driftskostnader er også en stor risiko både med tanke på feil på gropvarmelageret og det at Bærum kommunes driftsorganisasjon ikke er rustet for å drifte denne typen energianlegg. Risiko kan dempes ved å selge anlegget eller sette bort drift til en fjernvarmeoperatør.

Alternativ 2a og 2b er mer tradisjonelle løsninger hvor risikoer er kjent fra tidligere prosjekter.

Største risikodempende tiltak er å velge fjernvarme som varmekilde for området.

## 7 Vedlegg

Vedlegg 1: Konseptutredning Rambøll

Vedlegg 2: Tabeller til konseptutredning Rambøll

Vedlegg 3: Skjema Energiflyt Rambøll

Vedlegg 4: Produksjonsenheter

Vedlegg 5: Bilder

Vedlegg 6: Prosjektøkonomi (publiseres ikke)