



**Konseptutredning:
Solenergi + sesongvarmelagring i
borehull = sant!
Sluttrapport Enova**



Dokumentinformasjon

Tittel på rapport:	Sluttrapport Enova
Oppdragsgiver:	Kolbotn Idrettslag
Oppdragsleder:	Asplan Viak v/Randi Kalskin Ramstad
Oppdragsnavn:	Konseptutredning: Solenergi + sesongvarmelagring i borehull = sant!
Utarbeidet av:	Kolbotn Idrettslag v/ Einar Engedahl Asplan Viak v/ Randi Kalskin Ramstad, Henrik Holmberg, Magni Fossbakken, Lars Bugge Båsum Boring v/ Nils Hanstad EPTEC v/ Finn Landberg
Dato:	12.05.2021

Innhold

1	Informasjon om søker og teknologileverandører	5
1.1	Søker er Kolbotn Idrettslag	5
1.2	Informasjon om teknologileverandører / samarbeidspartnere i prosjektet	5
1.3	Om hovedprosjektet	7
1.3.1	Miljø og økonomi	7
1.3.2	Usikkerhet ved etablering av et energianlegg	7
2	Konseptutredningen	9
2.1	Gjennomført konseptutredning – formål, problemstillinger og organisering	9
2.2	Beskrivelse av konseptet	9
2.3	Beregninger og grunnlag for bakkesolfanger	13
2.3.1	Erfaringstall for oppvarming av kunstgressbaner	14
2.4	Resultater fra beregninger av sesongvarmelageret	15
2.4.1	Igangkjøring	15
2.4.2	Energiflyt og driftssituasjoner	15
3	Energi- og kostnadsresultat	18
3.1	Strømforbruk og energikostnad – elektrokjel versus sesongvarmelager	18
3.2	Merkostnader ved investering og drift sammenlignet med elkjel (referanseløsning)	19
4	Løsningens/teknologiens markedspotensial	20
4.1	Nyhetsverdi	20
4.2	Markedspotensialet	20
5	Spredning, kompetanseformidling og kunnskapsgenerering	21
6	Risiko og risikodempende tiltak	22
7	Oppsummering	22

Sammendrag

Kolbotn idrettslag (KIL) har i overkant av 1000 barn og unge som hver vinter står uten oppvarmede kunstgressbaner i sitt nærmiljø. Når vinteren kommer må disse reise til Oslo og naboklubber flere ganger i uken for å spille fotball. Det er realiteten for alle som spiller fotball i et av Norges største idrettslag. Dette er kostbart, lite klimavennlig og veldig krevende for alle de barn og unge som spiller fotball i KIL.

Kolbotn Idrettslag (KIL) har over lengre tid jobbet med miljøvennlige oppvarmingsløsninger for kunstgressbanene på Sofiemyr, og har nå sluttført utredningsprosjektet «Design av konsept for oppvarming – grunnvarme + sol = sant!». KIL har allerede besluttet å gå videre med utredet løsninger og har søkt investeringsstøtte fra Enova for å realisere prosjektet. Konseptutredningen har gjort det mulig å gjøre detaljerte beregninger og gitt KIL et godt beslutningsgrunnlag for valg av løsning. På denne måten er KIL allerede en pionerklubb når det gjelder å bidra til å utvikle løsninger for klimavennlig oppvarming av fotballbaner.

De tekniske delene i varmeløsningen med sesonglagring av solvarme og «fri-oppvarming» av banedekkene vurderes å være en moden teknologi, men kombinasjonen og samvirke mellom delene er fortsatt lite utprøvd. Lønnsomhet og risiko er fremdeles barrierer, der utredningsprosjektet har vært til nytte både for å se nærmere på kostnader og også risikoelementer forbundet med løsningen. Innovasjonsgraden ligger i sammensetningen av kjente teknologier som varmepumpe, solceller, energibrønner inn i et helhetlig system med fotballbaner som solfangere og et sesongvarmelager. De helhetlige løsningene vurderes å ha en høy innovasjonsgrad sammenlignet med kommersielle løsninger.

Beskrivelse av varmeløsningen med sesonglagring av solvarme og «fri-oppvarming» av banedekkene til to fotballbaner:

- Etablering av et sesongvarmelager med energibrønner plassert i en sylinderform.
- Vår, sommer og høst blir banedekkene brukt som en bakesolfanger. En varmepumpe (delvis drevet med solcellestrøm) løfter temperaturen i banedekket for lading av energibrønnene i sesongvarmelageret ved et høyere temperaturnivå.
- Om vinteren blir varmen levert som «frivarmer» til banene.
- Banene er godt egnet for lavtemperatur oppvarming.

Som en illustrasjon av markedsillustrasjon kan nevnes at det finnes om lag 1300 kunstgressbaner i Norge, og vi regner med at om lag 200 varmes opp vinterstid. Av disse anslår vi at ca. 100 fyres med gass som etter hvert bør konverteres. Med et typisk varmebehov på 400-600 000 kWh/år, handler dette om et potensial på i størrelsesorden 50 GWh/år. Det største potensialet ligger imidlertid i videreutviklingen av konseptet med skalering og tilpasning til andre oppvarmingsformål og størrelser. Resultatene fra utredningsprosjektet viser varmeløsningens potensial for å redusere det elektriske effektbehovet i høyt belastede timer. Teknologien med sesongvarmelagring kan derfor bli en viktig brikke i samspillet mellom elektrisk og termisk energiforsyning, og for energisystemet som helhet. For eksempel kan kapasitetsutfordringer i strømmettet og fjernvarmenettet i de største byene bli avlastet med energiplanlegging og strategisk plassering av store borehullsbaserte sesongvarmelagre. Potensialet for videre spredning i Norge vurderes å være stort og prosjektet til KIL vil være viktig for å synliggjøre effektreduksjonspotensialet for denne type varmeløsninger.

Aktørene i prosjektet er Båsum Boring (boring av brønnpark, varmesentral), OneCo (solcelleanlegg), EPTEC (varmepumpeanlegg, rørtekniske installasjoner og driftsstøtte) og Asplan Viak (grunnvarme- og energirådgiver). I et investeringsprosjekt (med forbehold om støtte fra Enova) vil Båsum Boring koordinere prosjektet og stå som leverandør vis a vis KIL. Samarbeidet mellom entreprenørledet og rådgiver gir en effektiv og markedsnær tilnærming som gir trygghet for den teknologiske gjennomførbarheten. KILs deltagelse i prosjektet gir en trygghet for sikker drift og vedlikehold av anlegget i bruk.

1 Informasjon om søker og teknologileverandører

1.1 Søker er Kolbotn Idrettslag

Kolbotn idrettslag (KIL) ble opprettet i 1915 og har i dag ca. 3500 medlemmer og holder til i Sofiemyr Idrettspark i Nordre Follo kommune. De fleste kommer fra områdene Tårnåsen, Sofiemyr, Kolbotn, Myrvoll og Vassbonn, men også en stor andel fra Oslo. Det er 12 ulike idretter/grupper i idrettslaget der fotball er desidert størst med sine mer enn 1000 aktive fra 6 år og opp til et seniorlag i Toppserien.

Idrettslaget har en omsetning på i underkant av MNOK 30 i året der medlemsinntektene utgjør ca. MNOK 12. Videre en egenkapital på MNOK 10 (2020). I KIL er det 18 ansatte årsverk. Det er beregnet at KIL produserer 100 frivillige årsverk årlig. Klubben har totalt ca. 150 trenere. De største utgiftene er personellkostnader, leie av anlegg og innkjøp av utstyr. KIL eier og drifter noen anlegg selv (blant annet 7'er kunstgressbaner), men det meste er kommunalt.

KIL er blant landets største idrettslag og har over mange tiår utviklet utøvere og lag på topp nasjonalt og internasjonalt nivå. Fra OL gull i Snowboard og Bryting til Seriemesterskap og cupgull for Kvinnefotballaget som også har vært en del av Toppserien siden 1994. Men aller mest er klubben stolt av å ha bidratt til å utvikle tusenvis av flotte mennesker som er blitt glad i fysisk aktivitet, sosialt samvær og med respekt for hverandre.

KIL sin visjon er "Laget for livet". Visjonen skal signalisere at det er rom for alle. Klubben har flest barn og unge, men ønsker å bidra til at flere ungdommer holder seg i aktivitet lenger. KIL skal være en verdibasert organisasjon og våre kjerneverdier er "Glede, Utvikling og Inkludering".

KIL sine satsingsområder de kommende årene er Sport/idrett, Anlegg, Økonomi og Fellesskap.

1.2 Informasjon om teknologileverandører / samarbeidspartnere i prosjektet

Teknologileverandører / samarbeidspartnere i prosjektet er Båsum Boring, Asplan Viak, EPTEC og OneCo.

Båsum Boring:

Båsum Boring ble etablert i 1952 og er en organisasjon på ca. 50 medarbeider. Med over 60 år i bransjen har Båsum Boring den kunnskap og erfaring som sikrer optimale og økonomiske løsninger i beste kvalitet innen deres fagområder. De betjener i hovedsak Oslofjordregionen, det indre Østlandet, Møre-kysten, Trøndelag og Nord-Norge. Båsum Boring har oppdrag innenfor vannbrønner/vannforsyningsanlegg, energiboring/komplette energilagre i fjell, termisk responstest/energiberegning, fundamentering/ stålkjernepeler/mofixfundamenter, gjennomboring/mikrotunnelling for VA ledninger (NoDig), utblokking/rehabilitering, utskifting av rør uten graving

(NoDig) og montasje av komplette energianlegg/røranlegg med kjøleveske frem til teknisk rom. I utredningsprosjektet har Båsum boring bidratt med praktiske løsninger i utformingen av sesongvarmelageret og frem til grensesnittet mot varmesentralen, samt prising av leveransen.

Asplan Viak:

Asplan Viak er et av Norges største rådgivende ingeniør- og arkitektfirmaer. Selskapet har i snart 60 år bistått med tverrfaglig rådgivning og analyser til offentlig og privat virksomhet. Vi har over 1100 medarbeidere, fordelt på 31 kontorsteder. Virksomheten er organisert i to divisjoner: Plan og Arkitektur og Bygg og Infrastruktur. Asplan Viak eies av Stiftelsen Asplan. Asplan Viaks rådgivere representerer mange fagfelt. Vi jobber ofte i tverrfaglige team og ønsker å utvikle helhetlige, miljøriktige og funksjonelle løsninger – i dialog med våre oppdragsgivere. Tverrfaglig team er en gjennomgående arbeidsmetode i Asplan Viak. I dette utredningsprosjektet har Asplan Viak bidratt med sin spisskompetanse innen grunnvarme og sesongvarmeløsninger sammen med erfarent VVS-personell fra lignende prosjekter.

EPTEC:

EPTEC består av moderselskapet EPTEC – Energy & Process Technic AS med datterselskapet EPTEC Energi AS som det operative selskapet.

EPTEC er en av Norges ledende entreprenører innen kulde- og varmepumpeteknologi med mer enn 30 års bransjeeerfaring og tilbyr rådgivning, prosjektering, ingeniørtjenester, produkt- og systemleveranser og service til

større bygg og industri. Løsningene bygges opp rundt kuldeanlegg, industrielle varmepumper og varmevekslere. De er også en nisjeleverandør av prosesspumper, varmevekslere og skreddersydde termodynamiske systemer til det norske olje- og gassmarkedet. EPTEC påtar seg både del-entrepriser og totaltekniske entrepriser. Hovedkontor er i Oslo med salgs- og serviceavdelinger i Oslo, Moss og Trondheim. I utredningsprosjektet har EPTEC bidratt med praktiske løsninger / tilpasninger i varmesentralen for design av et komplett anlegg.

OneCo:

OneCo er et industrikonsern med kjerneaktiviteter innen elektro og automasjon. En av deres styrker er å levere systemintegrerte løsninger, der de sørger for at ulike fag og produkter settes sammen og fungerer etter intensjonen. Fornybar energi er en viktig forutsetning for å få gjennomført det grønne skiftet. OneCo har over tid utviklet solid kompetanse innen bygging og drift av ulike anlegg som produserer fornybar energi. OneCo er en systemuavhengig leverandør innen installasjonsleveranser til, vann- og vindkraftverk. I tillegg leverer OneCo solenergianlegg både til boliger og større kontor- og industribygg. De tilbyr både analyse, prosjektering, utstyr og installasjon. I utredningsprosjektet har OneCo foreslått et oppsett for montering av solceller.

1.3 Om hovedprosjektet

1.3.1 Miljø og økonomi

Kolbotn idrettslag (KIL) har i overkant av 1000 barn og unge som hver vinter står uten oppvarmede kunstgressbaner i sitt nærmiljø. Når vinteren kommer må disse reise til Oslo og naboklubber flere ganger i uken for å spille fotball. Det er realiteten for alle som spiller fotball i en av Norges største idrettslag. Dette er kostbart, lite miljøvennlig og veldig krevende for alle de barn og unge som spiller fotball i KIL.

For å finne en løsning på dette har derfor KIL gjennomført denne konseptutredningen. Hensikten har vært å etablere et hovedprosjekt med en miljøvennlig energiløsning med størst mulig fornybar energi til oppvarming av to kunstgressbaner i Sofiemyr Idrettspark.

Ved etableringen av en slik energikilde vil KIL få en fantastisk mulighet til å gi alle våre barn og unge som spiller fotball mulighet til dette på egne oppvarmede baner i vinterhalvåret. De vil få sterkt redusert reiseavstand, bedre treningstider (ofte kveldstrening hos naboklubber), mye bedre treningsforhold og i tillegg vil KIL spare store summer årlig på leie av baner. Skolenes elever og innbyggerne forøvrig i nærmiljøet, vil også få glede av dette.

Det vil være en svært energivennlig løsning som bidrar i det grønne skiftet i Norge og til flere av FNs bærekraftsmål. Energiløsningen vil kunne bli tatt i bruk hos mange andre klubber som har behov for å etablere undervarmeanlegg.

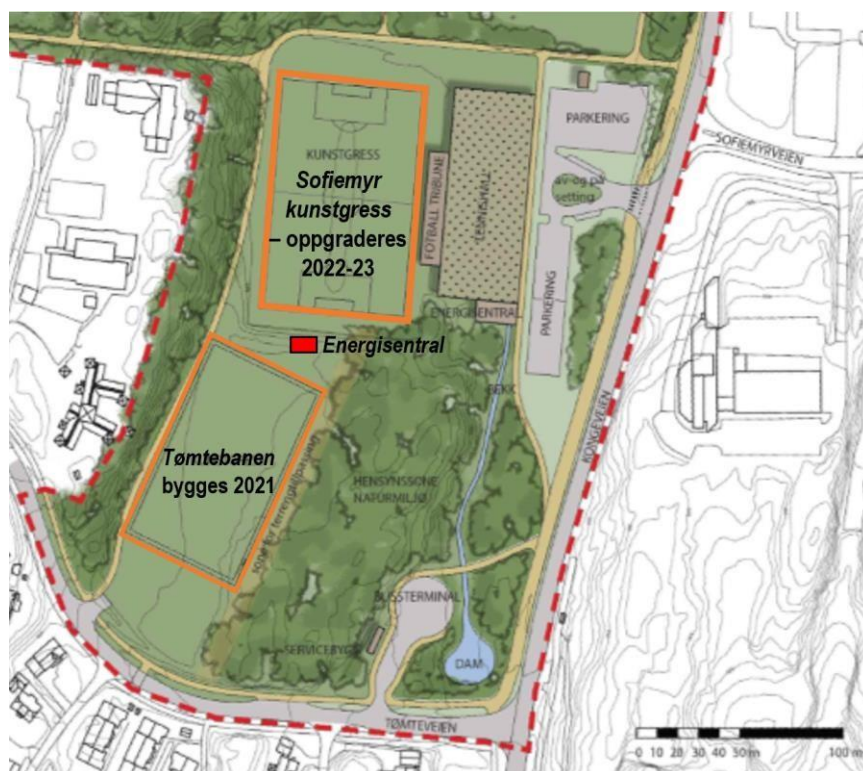
KIL har besluttet å gå videre med utredet løsninger og vil finansiere realiseringen av prosjektet med egenkapital og lån gjennom kommunal garanti fra Nordre Follo kommune (til behandling). I tillegg er det avgjørende med investeringsstøtte fra ENOVA, ref. innsendt investeringsøknad.

Det er i områderegeringsplanene for Sofiemyr Idrettspark beskrevet spesifikt muligheten for etablering av energisentral i Idrettsparken (figur 1-1). Kommunen er svært positiv til initiativet, og ser på dette anlegget som en vesentlig tilvekst i tilbudet til barn og unge i denne delen av kommunen.

1.3.2 Usikkerhet ved etablering av et energianlegg

KIL gjennomførte i 2019 et forprosjekt med AF Energi hvor en løsning med grunne brønner (inntil 350 m) i kombinasjon med EL kjele ble utredet. Konklusjonen var at investeringskostnaden var relativt høy, og driftskostnadene estimert til høye og KIL konkluderte med at alternativet ikke var bærekraftig.

KIL har i tillegg hatt en dialog med GTML i 2019/2020 om etablering av dype energibrønner. GTML var ansvarlig for etablering av brønnpark med dype brønner på Beredsskapsenteret på Taraldrud (kun ca. 3 km fra Sofiemyr Idrettspark). Her fremkom det at investeringskostnaden er høy, men driftskostnadene estimert til lave. Videre var det forbundet med relativt stor usikkerhet da erfaringene har vist utfordringer ved etablering av dype brønner. KIL konkluderte her med at investeringskostnaden vil bli for høy og at usikkerhet er for stor, og denne prosessen ble stanset. Senere startet vi imidlertid opp med dette konseptutredningsarbeidet.



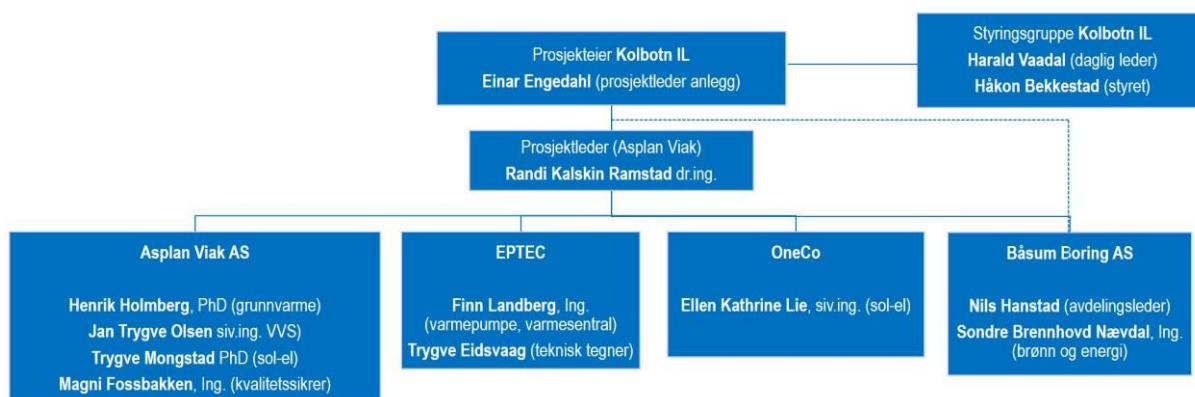
Figur 1-1. Oversikt over området. Tømtebanen skal bygges 2021 og Sofiemyr kunstgress skal oppgraderes i 2022-23.

2 Konseptutredningen

2.1 Gjennomført konseptutredning – formål, problemstillinger og organisering

Formålet med konseptutredningen var å gi KIL et faglig beslutningsgrunnlag for valg av oppvarmingsløsning av kunstgressbanene på Sofiemyr stadion. Varmeløsningen som er utredet er en videreutvikling av GeoTermoskonseptet som er ferdigstilt og inne i sitt første driftsår ved Fjell skole i Drammen. Løsninger som er utredet for KIL er et helhetlig system med direkte oppvarming av banedekket med sesonglagret varme fra borehull. I utredningsprosjektet er alle delene i konseptet gjennomgått, og det er gjort detaljerte beregninger for å sikre at sesongvarmelageret klarer å dekke varmebehovet til banene samt at banedekket kan levere tilstrekkelig med varme om sommeren. Utredningsprosjektet viser at konseptet / varmeløsningen er klar for etablering, og KIL har derfor nylig besluttet å videre med konseptet og nylig (4. mars 2021) søkt om investeringsstøtte i programmet «Fullskala innovativ energi- og klimateknologi. Konvensjonell og standard teknologi for oppvarming av kunstgressbaner ville vært el-kjel.

Prosjektorganisasjonen for utredningsarbeidet er vist i figur 2-1. Organiseringen av prosjektet vurderes å ha en stor nytteverdi siden entreprenører innen grunnvarme / varmepumpe / sol og rådgiver trekker inn sine erfaringer i gjennomføringen av prosjektet. Utredningsprosjektet er gjennomført med arbeidsmøter der rådgivere, entreprenør og leverandører har deltatt etter behov. Det har blitt gjennomført befarings- og geologiske vurderinger med testborehull og test av berggrunnens varmetekniske egenskaper, inkludert to forskjellige kollektortyper.



Figur 2-1 Prosjektorganisering

2.2 Beskrivelse av konseptet

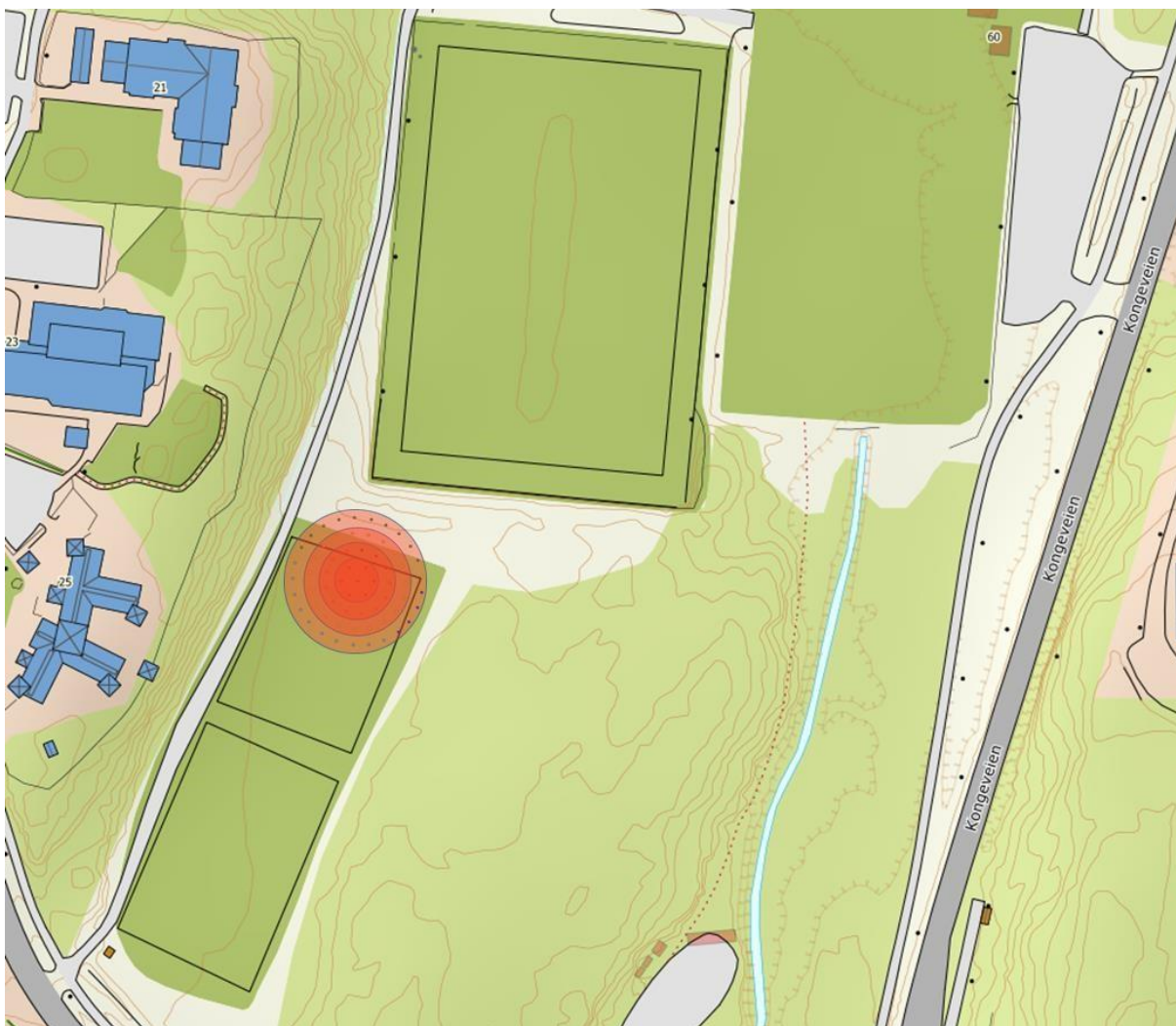
Konseptet består av teknologier og løsninger som gir et helhetlig system med direkte oppvarming av banedekket med sesonglagret varme fra borehull. Figur 2-4 og figur 2-5 viser henholdsvis sommer- og vinterdrift for den fornybare energiløsningen som er utredet i konseptutredningsstudiet for KIL. Formålet med utredningsprosjektet har vært å gi trygghet for løsningen både teknisk og økonomisk, som et beslutningsgrunnlag for å gå videre med å etablere en innovativ og klimavennlig energiforsyning. Vanligvis har kunstgressbaner blitt varmet opp med gass og mange baner gjør fortsatt det. Vi håper og tror derfor at dette prosjekt og konseptet kan bidra til å gjøre oppvarming av fotballbaner mer klimavennlig i Norge / Norden.

Den foreslåtte energiløsningen gir høy maskinutnyttelse for varmepumpen med drift gjennom vår sommer og høst, og anlegget vil i stor grad være selvforsynt med lokal energi.

Prosjektet består av (figur 1-1, figur 2-2, figur 2-3, figur 2-4 og figur 2-5):

- Etablering og drift av energisentralen i Sofiemyr Idrettspark.
- Energisentralen skal varme opp 2 fotballbaner (12 245 m²):
 - Tørtebanen som skal bygges sommeren 2021, og er et prosjekt som Nordre Follo kommune gjennomfører, finansierer og eier. Arbeidet blir gjort i nært samarbeid med KIL som skal bruke og drifte banen i etterkant, blant annet med oppvarming av banedekket.

- Eksisterende kunstgressbane på Sofiemyr skal oppgraderes med nytt banedekke og undervarmesystem i 2022-23. På samme måte som for Tømtebanen, er det Nordre Follo kommune som gjennomfører, finansierer og eier denne banen, mens KIL bruker og drifter banen.
- Prosjektet med energisentralen omfatter:
 - Selve bygget med energisentralen mellom banene.
 - Rør ut til Tømtebanen og rørstusser til eksisterende kunstgressbane på Sofiemyr som skal oppgraderes.
 - Et sesongvarmelager med energibrønner plassert i en sylindrisk form figur 2-2).
 - En varmepumpe til opplading av sesongvarmelageret. Det vurderes også å bruke varmepumpe om vinteren første driftssesong for å øke driftstiden på banen.
 - Solceller for produksjon av strøm til drift av varmepumpen blir etablert på tribuneanlegget dersom Enova ønsker å støtte solcelledelen av anlegget.



Figur 2-2. Sesongvarmelager med energibrønner plassert i en sylindrisk form. Sofiemyr kunstgress (6800 m²) i nord skal oppgraderes og Tømtebanen (5445 m²) i sør skal bygges sommeren 2021. Energibrønnene etableres under den nordre delen av Tømtebanen.

De viktigste prinsippene ved sommer- og vinterdrift for energiløsningen er beskrevet nedenfor.

Sommerdrift:

Bruk av kunstgressbanenes undervarmesystem til indirekte (via varmepumpe) lading av et borehullsbasert sesongvarmelager med solvarme. Her har det vært arbeidet mye med å kvantifisere potensialet for varmeuttak fra banedekket. I dette har også oppbygging av banedekket og viktige forhold for effektiv varmeoverføring i banedekket blitt gjennomgått og beregnet (se avsnitt 2.3). Varmepumpen driftes med solstrøm fra solceller og strøm fra el-nettet.

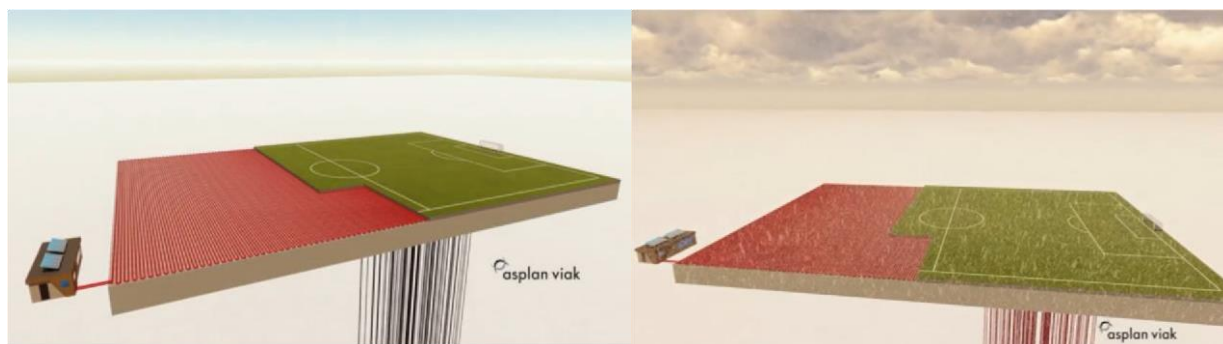
- Fra april til september leverer varmepumpen varme til sesongvarmelageret, med banedekket som varmekilde.
- Høsting av varme fra banedekket og lading av sesongvarmelageret kan optimaliseres for å få høyest mulig COP og minst mulig strømforbruk.
- Kjøling av banedekket om sommeren reduserer slitasjen og øker levetiden. Dette reduserer også behovet for vanning som vanligvis brukes for å kjøle ned banedekket om sommeren.

Vinterdrift:

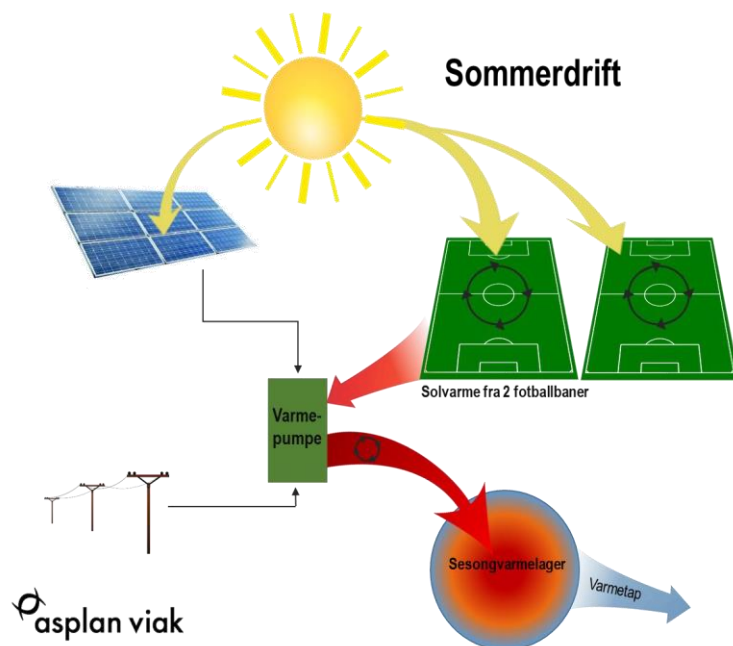
Bruk av sesongvarmelageret til direkte oppvarming/ «frivarming» av kunstgressbanene om vinteren. Her har det vært viktig å kvantifisere potensialet for direkte varmeuttak fra energibrønnene, og optimalisere dette ved detaljstudier av temperaturnivåer i energibrønnene. Mesteparten av varmen til sesongvarmelageret hentes ut og benyttes som frivarme til oppvarming av fotballbanene.

Helhet:

- Fokus for konseptet og løsningen har vært lavt strømforbruk (effekt og energi) om vinteren til banene, og maksimal maskin- og brønnutnyttelse, og investeringsgrad.
- Løsningen bruker strøm produsert av egne solceller til drift av varmepumpen. Solcelleanlegget klarer imidlertid ikke å levere hele strømbehovet til varmepumpa, og resten av strømbehovet blir dekket med strøm fra nettet. Løsningen utnytter dermed egen solstrømproduksjon og bruker strøm fra el-nettet i en periode på året med liten belastning og tidvis lave strømpriser og rimelige effekttariffer.
- Sesongvarmelageret må lades opp før første driftssesong.

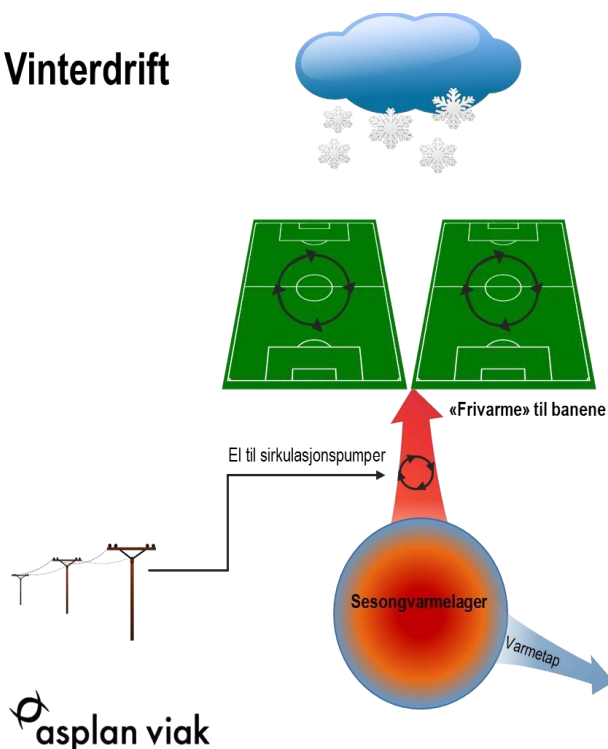


Figur 2-3. Sesongvarmelagring av varme i borehull og bruk av banedekket som bakkesolfanger (venstre) og oppvarming av banen om vinteren (høyre).



Figur 2-4. Sommerdrift for den fornybare energiløsningen for kunstgressbanene på Kolbotn. Om våren, sommer og høsten brukes kunstgressbanene som en bakkesolfanger til aktiv opplading av energibrønnene i varmelageret. Varmen fra banedekket føres til varmepumpen som høyner temperaturen egnet for effektiv overlading av brønnene slik at brønnene og berggrunnen etter hvert får en høyere temperatur enn den naturlige temperaturen (6-7 °C) i berget rundt. Etter en oppladingsperiode er temperaturen i brønnene egnet til direkte oppvarming, eller «frivarming» av banedekket i fyringssesongen (se figur 2-9). Varmepumpen drives med solstrøm eller el fra strømmettet.

Vinterdrift

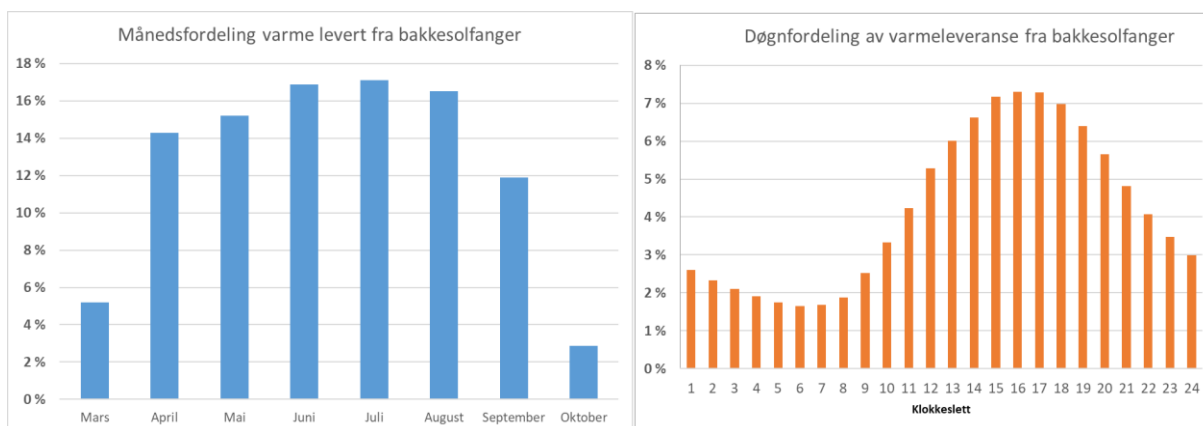


Figur 2-5. Vinterdrift for den fornybare energiløsningen for kunstgressbanene på Kolbotn. Mesteparten av varmen til banene blir levert som «frivarme» ved kun sirkulasjon av væske gjennom sesongvarmelageret og banenes undervarmesystem, det vil si **uten** bruk av varmepumpe. Sesongvarmelageret har kapasitet til å dekke varmebehovet til baneoppvarming med frivarme. Sesongvarmelageret må lades opp før første driftssesong.

2.3 Beregninger og grunnlag for bakkesolfanger

Det er benyttet erfaringstall og driftsdata fra en bakkesolfanger ved Ljan skole i Oslo, og figur 2-6 viser månedsfordeling samt døgnfordeling av varmeleveranse fra bakkesolfangeren. Varmeleveransen fra bakkesolfangeren på 1400 m² var 2012 ca. 180 000 kWh, tilsvarende ca. 128 kWh / m²·år. På Ljan skole er bakkesolfangeren et asfaltdekke der rørene ligger på 10 cm dybde og med senteravstand 25 cm.

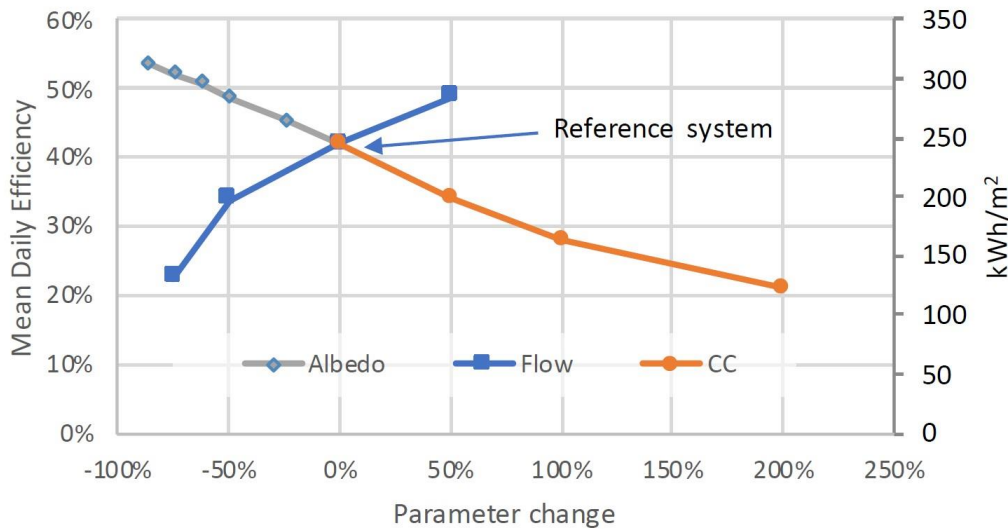
Kunstgressbanene ved Kolbotn IL vil bli brukt som bakkesolfanger på tilsvarende måte, men det forventes en noe lavere ytelse fordi banedekket består av kunstgress og ikke asfalt slik som på Ljan. Samtidig vil rørene i banene på Kolbotn legges med mindre senteravstand 10 – 15 cm, og på ca. 3 cm dybde i sporet pad og med sand som omfylling. Erfaringstall fra tilsvarende anlegg med banevarme og energibrønner tilsier en varmeleveranse på ca. 63 kWh / m²·år. Dette tallet er imidlertid basert på direkte utveksling mellom brønnene og banevarmesystemet (frikjøling av banedekket). Med bruk av varmepumpe forventes en større varnehøsting fra banedekket.



Figur 2-6. Månedsfordeling samt døgnfordeling av varmeleveranse fra bakkesolfanger. Fordelingen er basert på erfaringsdata fra Ljan skole hvor det er en bakkesolfanger som leverer varme direkte til en brønnpark. Døgnfordelingen er basert på gjennomsnittlig varmeleveranse i juni og juli.

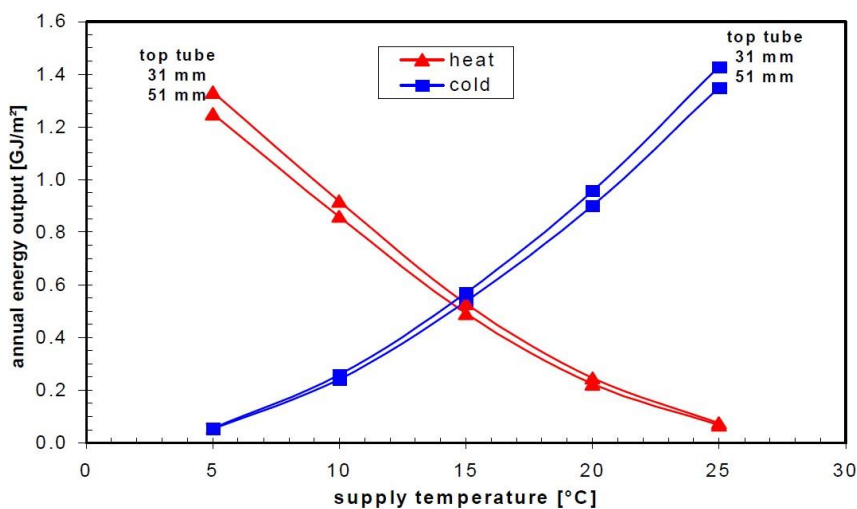
Ytelsen til kunstgressbanen som bakkesolfanger er avhengig av flere faktorer, deriblant banedekkets oppbygning med leggedybde på rør, avstand mellom rør, og temperaturen på væsken som sirkulerer gjennom banedekket. Påvirkning av albedo, sirkulert mengde og avstand mellom rørene vises i figur 2-7 (basert på doktorgradsavhandlingen til Josef Johnsson). Figuren viser at ytelsen til bakkesolfangeren er høyest dersom rørsøyfene legges tett sammen.

Parameter sensitivity



Figur 2-7. Daglig varmeleveranse som funksjon av albedo, sirkulert mengde og avstand mellom rørene (fra Johnsson 2019).

Studier på bakkesolfanger utført i Nederland i 2003 viser en tydelig sammenheng mellom turtemperaturen til bakkesolfangeren og ytelse, noe som vises i figur 2-8. En reduksjon av turtemperaturen til bakkesolfangeren fra 10°C til 5°C øker årlig varmeleveranse med ca. 44 %.



Figur 2-8. Årlig varmeleveranse som funksjon av temperaturen til bakkesolfangeren, ytelse både ved oppvarming og kjøling vises, og for 2 ulike dybder på rørsystemet. Loomans et al. 2003.

Tilsvarende resultater for asfalt som bakkesolfanger er og presentert i [Mirzananadi et al. 2018](#). Teoretiske beregninger utført av Raheb Mirzananadi i AFRY AB og basert på lokale klimadata, solinnstråling og oppbygging av banedekket bekrefter at kunstgressbanene vil ha tilstrekkelig med kapasitet for å forsyne sesongvarmelageret med varme.

2.3.1 Erfaringstall for oppvarming av kunstgressbaner

Om vinteren benyttes banevarmesystemet til oppvarming av banedekket. Hensikten med banevarmen er å opprettholde ca. 3°C til 4 °C i banedekket slik at det er mykt å spille på. Banevarmen skal ikke brukes til å smelte snø og må kompletteres med mekanisk snømåking. Erfaringsdata fra Kjelsås IL sin kunstgressbane tilsier et varmebehov på ca. 420 000 kWh/år for en 7200 m² bane (gjennomsnitt fra 2015 - 2020). Dette tilsvarer ca. 58

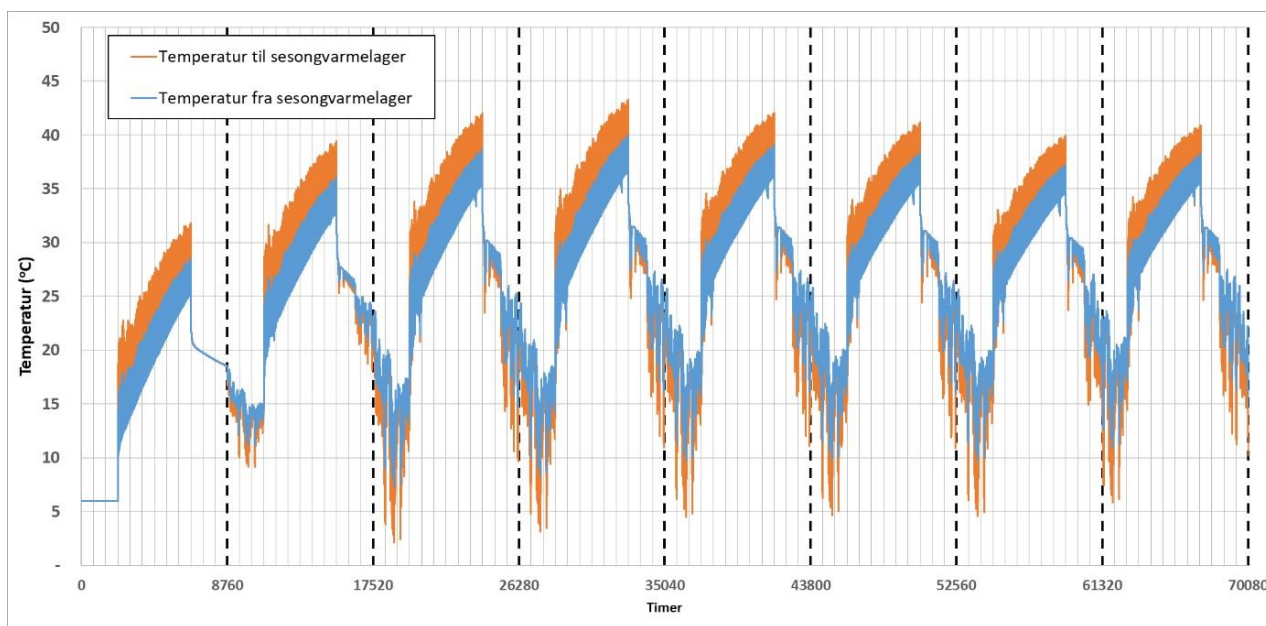
kWh/ m²·år. Kunstgressbanen ved Kjelsås IL varmes med et grunnvarmeanlegg med 325 kW varmepumpe og 20 energibrønner på hver 220 m.

2.4 Resultater fra beregninger av sesongvarmelageret

Ytelsen til sesongvarmelageret er beregnet ved bruk av TRNSYS og beregningsmodulen type557B. Egenskapene til energibrønnene i varmelageret er basert på testresultatene fra termisk responstest, hvor borehullsmotstand (m·K / W)) samt effektiv varmeledningsevne (W/ m ·K)) er målt. Tilført varme via bakkesolfanger (figur 2-6) og varmepumpe er inndata sammen med forbruksprofil for undervarmesystemet. Brønnene plasseres symmetrisk slik som vist i figur 2-2. Varmelageret isoleres på toppen for å redusere varmetapet fra brønnparken.

2.4.1 Igangkjøring

Figur 2-9 viser beregnet temperaturutvikling de første 8 årene. Stiplede vertikale linjer angir hvert år. Det første året er det ikke mulig å levere varme direkte fra lageret, og år 2 er kapasiteten redusert. Deretter øker kapasiteten og ytelsen hvert år ettersom lageret varmes opp, dette betyr at lageret kan levere mer varme og varmeeffekt. Etter ca. 4-6 år oppnås en likevekt mellom ladet varme, varmeuttak og tap til omgivelsene. Etter at likevekt er oppnådd vil mesteparten av tilført varme utnyttes til oppvarming av banene om vinteren. For å redusere varmetapet oppover vil lageret bli isolert. I tillegg vil banekonstruksjonen med undervarmesystemet bidra til å redusere varmetapet.



Figur 2-9. Energilager samt energibrønnpark dimensjoneres i EED samt TRNSYS. Temperaturer ved opplading, samt varmeleveranse fra energilager. Første året må sesongvarmelageret bli ladet opp med mer varme enn etterfølgende år. Hensikten er å oppnå ønsket temperaturnivå for direkte levering av varme ut i banedekken om vinteren.

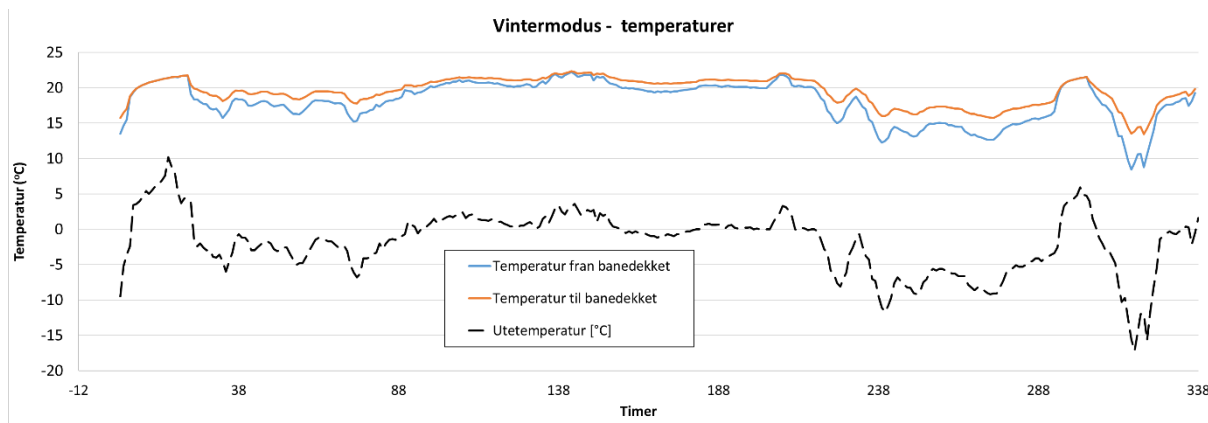
2.4.2 Energiflyt og driftssituasjoner

Figur 2-10 viser temperaturen til og fra lageret ved varmeleveranse gjennom de første 2 ukene i februar. Sesongvarmelageret leverer varme ved ca. 10–20 °C. Driftssituasjonen en sommerdag med lading samt en vinterdag med varmeuttak fra lageret vises i figur 2-11 og figur 2-12.

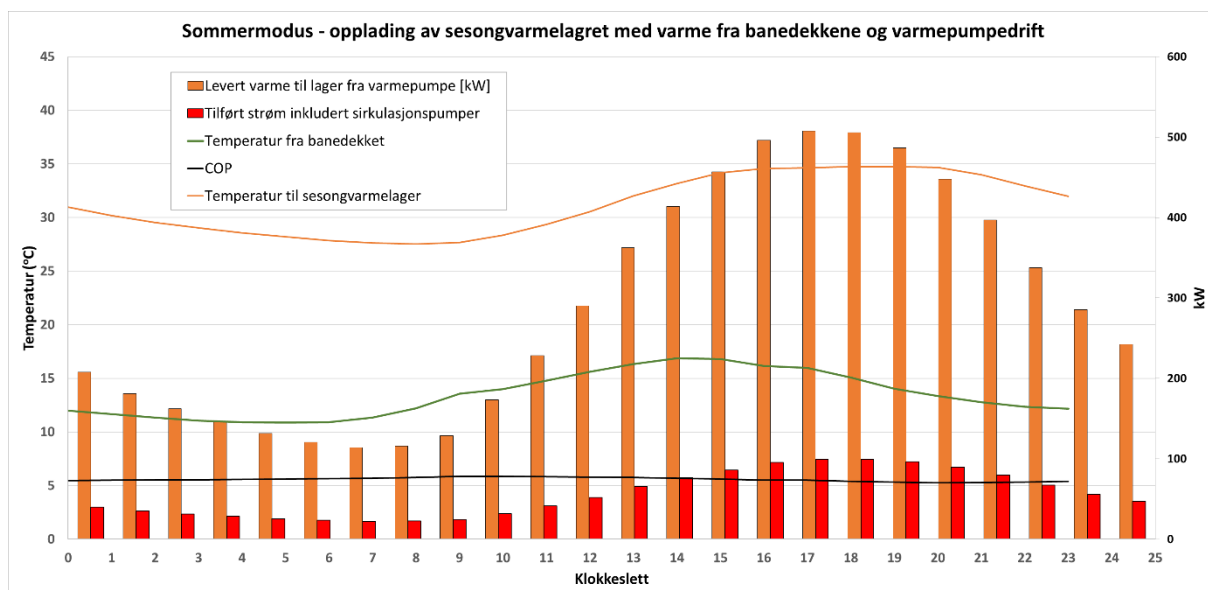
Figur 2-11 viser sommermodus med opplading av sesongvarmelageret et (typisk) døgn i mai. Søylene viser henholdsvis levert varmeeffekt til lageret (oransje) og tilført strømeeffekt (røde) for kompressordrift til varmepumpen som høster varme fra banedekken. Det er helt avgjørende for systemet å bruke varmepumpen for

opplading av sesongvarmelageret fordi den sørger for at borehullene blir tilført nok energi slik at temperaturnivået i bergvolumet blir høyt nok til at bandedekket kan bli oppvarmet direkte / frivarmet om vinteren.

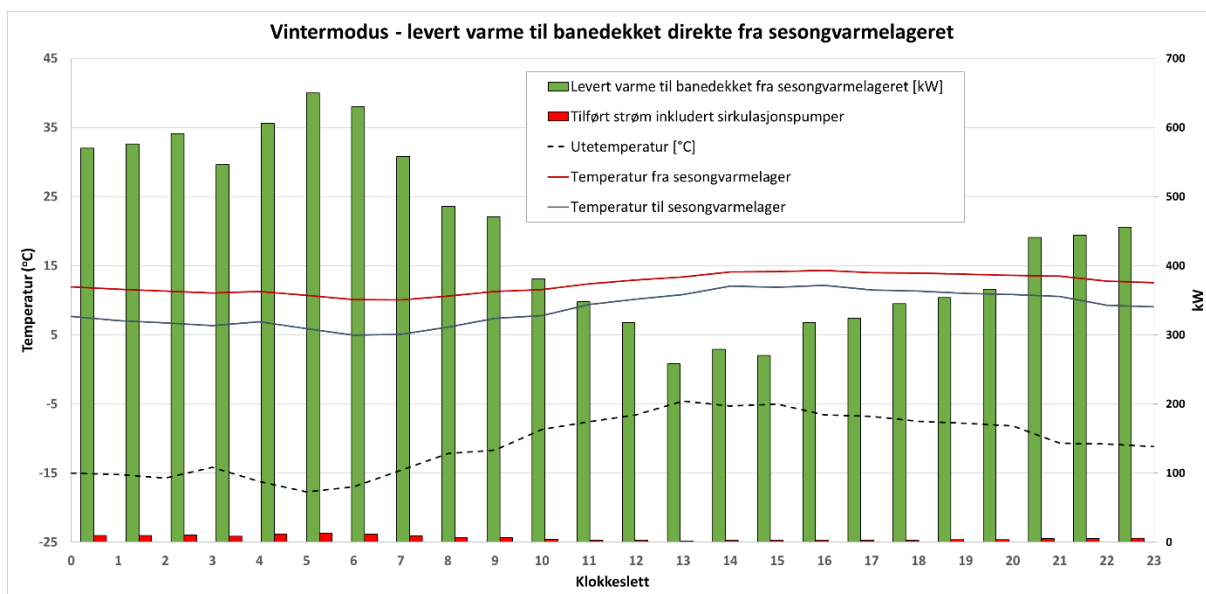
Figur 2-12 viser vintermodus med utlading av sesongvarmelageret til oppvarming av bandedekkene et nokså kaldt/varierende døgn mot slutten av vintersesongen i mars. Søylene viser henholdsvis levert varmeeffekt fra lageret (grønt) og tilført strømeeffekt (rødt) for brønnparkens sirkulasjonspumpe. Dette døgnet leverer energibrønnene i sesongvarmelageret en temperatur ut til direkte oppvarminga av bandedekket på mellom ca. 10/14 °C. Temperaturen tilbake til varmelageret er mellom 2-5 grader lavere avhengig av levert varmeeffekt.



Figur 2-10. Temperaturer til og fra sesongvarmelageret i perioden 1. -14. februar.



Figur 2-11. Sommermodus med opplading av sesongvarmelageret et døgn i mai. Søylene viser henholdsvis levert varmeeffekt til lageret (oransje) og tilført strømeeffekt (røde) for kompressordrift til varmepumpen som høster varme fra bandedekkene.



Figur 2-12. Vintermodus med utlading av sesongvarmelageret til oppvarming av banedekkene et nokså kaldt/varierende døgn mot slutten av vintersesongen i mars. Søylen viser henholdsvis levert varmeeffekt fra lageret (grønn) og tilført strømeeffekt (rød) for brønnparkens sirkulasjonspumpe.

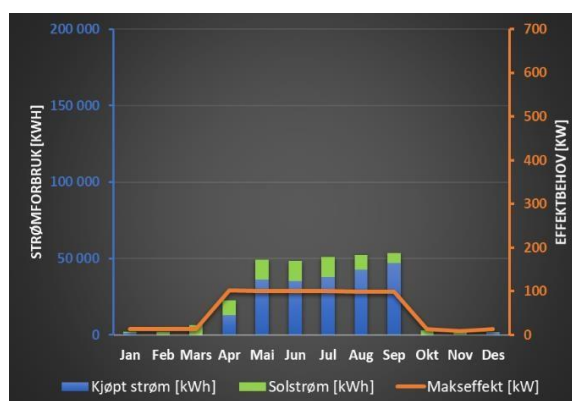
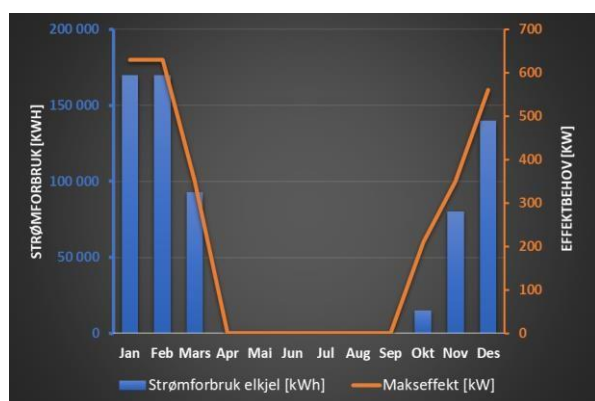
3 Energi- og kostnadsresultat

3.1 Strømforbruk og energikostnad – elektrokjel versus sesongvarmelager

Figur 3-1 og figur 3-2 viser strømforbruk og maksimal strømeffekt ved bruk av henholdsvis elektrokjel og sesongvarmelageret. Med elektrokjeloppvarming er strømforbruket og behovet for effekt høyest i desember, januar og februar. Sammenlignet med elektrokjelen, har sesongvarmelageret en helt annen profil og behov for strøm og makseffekt. Hovedbelastningen er om sommeren når sesongvarmelageret lades opp med drift av varmepumpen som høster solvarme fra banedekket på kunstgressbanene. Behovet for makseffekt om vinteren er til drift av sirkulasjonspumper for banedekket og brønnene.

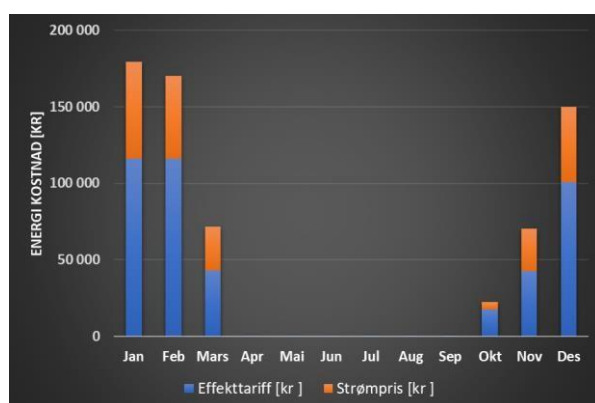
Med sesongvarmelageret opptrer makseffektbehovet for om sommeren. Strømbehovet til sirkulasjonspumper (undervarme og sesongvarmelager) er svært lavt og sammenlignet med oppvarming med elektrokjel er behovet for makseffekt om vinteren vesentlig redusert (i all hovedsak til drift av pumper). Figur 3-3 og figur 3-4 viser tilhørende energikostnad for kjøp av strøm fordelt på nettleie og strømkostnad. Med gjeldene tariffier blir energikostnaden for driften av sesongvarmelageret ca. 25% sammenlignet med en elektrokjel.

Både 3-3 og figur 3-4 viser tydelig det lave strøm- og effektbehovet om vinteren, og varmeløsningen avlaste strømmettet de kaldeste vinterdagene når belastningen for øvrig er som høyest. Profilet for strøm passer godt til solstrømproduksjon.

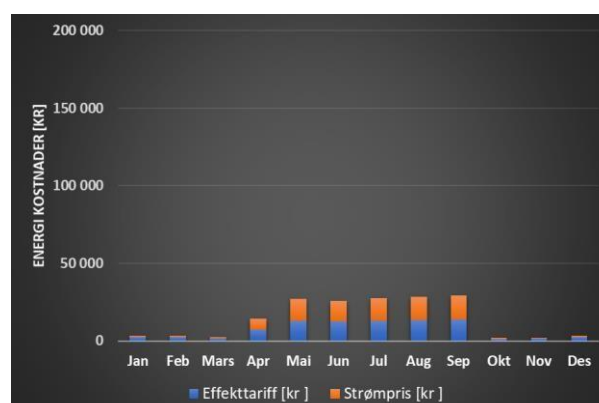


Figur 3-1. Strømforbruk og maksimal strømeffekt ved bruk av elektrokjel. Figur 3-2. Strømforbruk og maksimal strømeffekt ved direkte oppvarming av kunstgressbanene fra sesongvarmelageret.

Deler av strømforbruket er egenprodusert solstrøm.



Figur 3-3. Energikostnad for kjøp av strøm ved bruk av elektrokjel til oppvarming fordelt på effektkostnader og forbruk av strøm.



Figur 3-4. Energikostnad for kjøp av strøm ved direkte oppvarming av kunstgressbanene fra sesongvarmelageret fordelt på effektkostnader og forbruk av strøm..

3.2 Merkostnader ved investering og drift sammenlignet med elkjel (referanseløsning)

Oppvarming av banedekkene kan gjøres på flere måter. Vanligvis brukes el og gass (propan) som energibærere. Vi vil bruke solenergi gjennom en løsning med sesongvarmelager og varmepumpe. I tillegg er det ønskelig å kombinere dette med solstrøm til drift av varmepumpene. Løsningen vil utnytte sammenfallet av solenergi sommertid med energibehov for varmepumper for lading av sesongvarmelageret.

Sesongvarmelagerløsningen innebærer to typer merkostnader utover en referanseløsning med el-kjel. Disse er:

- Merkostnader for systemelementer som brønnpark, varmepumpe, pumpeanlegg og solceller.
- Merkostnader for tilpasning, kompleksitet, bygningskapasitet, prosjektering, oppfølging m.m.

Egentlig finnes det en tredje kostnadskomponent knyttet til utformingen av selve banedekket / bakkesolfangeren. Her må varmesløyfer / varmerør legges med tettere avstand enn vanlig, hvilket betyr merforbruk av både rør og installasjonskostnader.

Etter at sesongvarmelageret og resten av anlegget er ferdig bygget, vil man trenge en forholdsvis lang periode til å bygge opp temperatur i lageret. For å bygge opp temperaturen i lageret må man enten benytte el-kraft eller solvarme, eller en kombinasjon av disse. Hva man velger har mye å gjøre med når på året anlegget blir ferdigstilt. Uansett vil man ikke ha anlegget klart for normaldrift før en gang i år to etter ferdigstillelse.

Årskostnadene vil bestå av tre komponenter; kapitalkostnader, energikostnader og driftskostnader. Det er særlig de lave drifts- og energikostnadene ved sesongvarmelager-løsningen som er attraktivt for Kolbotn IL.

De høye energikostnadene med elkjel som referansealternativ er å betrakte som en risiko for Kolbotn IL, og det er lite ønskelig å forplikte seg til årlige oppvarmingsutgifter i denne størrelsesorden framover (tabell 2).

Sesongvarmeløsningen krever imidlertid en høyere investering (tabell 1). Kolbotn IL har søkt Enova om støtte til investeringen.

Levetid: 20 år

Energiproduksjon: 750 000 kWh/år

Tabell 1. Kostnader sesongvarmeløsning og referansealternativ med elkjel.

	Kostnad (NOK) inkl. MVA
Sesongvarmeløsning	14 290 000
El-kjel (ref.alternativ)	2 380 000
Differanse (merkostnad)	11 910 000

Tabell 2. Årlige energi- og driftskostnader.

	Energi- og driftskostnad (NOK) inkl. MVA
Sesongvarmeløsning	154 000
El-kjel (ref.alternativ)	824 000
Differanse (innsparing)	670 000

4 Løsningens/teknologiens markedspotensial

4.1 Nyhetsverdi

KIL og deltagende aktører i utredningen kjenner ikke til at denne type løsninger blitt brukt i lignende anlegg. Det å aktivt benytte kunstgressbaner som bakkesolfanger med bruk av varmepumpe for lading av et borehullsbasert sesongvarmelager vurderes å ha høy nyhetsverdi. Likedan tror vi at videreutviklingen av den mye omtalte «GeoTermosen» i Drammen vil være av stor interesse i markedet. Offentlige og private eiere og forvaltere av idrettsanlegg over hele landet, samt aktører både innen bygg og anlegg vil ha nytte av resultatene fra utredningen.

Utredningsprosjektet vil ha størst nytteverdi for andre idrettslag med anlegg av denne type størrelse. Det norske klimaet innebærer stort energibehov om vinteren. Dette prosjektet består av kjente systemelementer (varmepumpe, solceller, energibrønner) som hver for seg er vanlige å bruke. Men å bruke dekket i selve fotballbanen aktivt som bakkesolfanger i kombinasjon med en varmepumpe som høster varme er nytt, og det er ikke kjent at dette har vært gjennomført tidligere. Teoretiske beregninger gjennomført i løpet av utredningsprosjektet viser at dette vesentlig øker potensialet for å hente ut varme ut bakkesolfangeren. Det nye er å kombinere bakkesolfanger med de andre komponentene slik at man produserer fornybar energi lokalt og lagrer denne fra sommer til vinter. Alternativet til å velge sesongvarmelager er en løsning basert på el.

Sesongvarmelager, bakkesolfanger og varmepumpe til lading om sommeren, samt pumpedrift for sirkulasjon av væskemengdene i brønnene og banenes undervarmesystem, nær eliminerer det effektbehovet som en el-kjel ville kreve.

Samlet sett mener vi at resultatene fra dette prosjektet vil være av stor interesse for andre idrettslag som en fornybar løsning til oppvarming av kunstgressbaner. Men teknologien har naturligvis et langt større markedspotensial enn dette. Løsning og teknologier som er utredet vurderes å ha nytte i andre type prosjekter som for eksempel oppvarming av gateareal, som i seg selv ikke er en ønsket løsning, men der for eksempel krav til universell utforming gjør det nødvendig.

Som nevnt er dette et av de første prosjektene med borehullsbasert sesongvarmelager i Norge. Når denne teknologien får større utbredelse, forventes en fallende enhetskostnad. Det betyr at teknologien følger en lærekurve tilsvarende det vi har sett for solceller. Vi kan også vise til at kostnadene for energibrønner har stått stille de siste 20 årene. Økende effektivisering, konkurranse, elektrifisering og robotisering kan bidra til å senke enhetskostnadene ytterligere. Elektrifiseringen bidrar også til lavere klimautslipp. Økende volum gir lavere kostnader.

4.2 Markedspotensialet

Markedspotensialet for løsningen vurderes å være stort. Som en illustrasjon av markedspotensialet kan nevnes at det finnes om lag 1300 kunstgressbaner i Norge, og vi regner med at om lag 200 varmes opp vinterstid. Av disse anslår vi at ca. 100 fyres med gass som etter hvert bør konverteres. Med et typisk varmebehov på 400-600 000 kWh/år, handler dette om et potensial på i størrelsesorden 50 GWh/år. Det største potensialet ligger imidlertid i videreutviklingen av konseptet med skalering og tilpasning til andre oppvarmingsformål og størrelser. Resultatene fra arbeidet for KIL viser varmeløsningens potensial for å redusere det elektriske effektbehovet i høyt belastede timer. Teknologien med sesongvarmelagring kan derfor bli en viktig brikke i samspillet mellom elektrisk og termisk energiforsyning, og for energisystemet som en helhet. For eksempel kan kapasitetsutfordringer i strømmettet og fjernvarmenettet i de største byene bli avlastet med energiplanlegging og strategisk plassering av store borehullsbaserte sesongvarmelagre. Potensialet for videre spredning i Norge /Norden vurderes derfor å være stort med tanke på økende elektrifisering / industrietablering. Prosjektet til KIL vil være viktig for å synliggjøre effektreduksjonspotensialet for denne type varmeløsninger, og merverdien av denne løsningen vil komme flere sektorer til nytte.

5 Spredning, kompetanseformidling og kunnskapsgenerering

Nedenfor vises hvordan kunnskap og resultat fra utredningen er og vil bli presentert/spredd fremover:

Aktør	Hvordan	Når
Kolbotn Idrettslag	<ul style="list-style-type: none"> På Cupfinaleseminaret. Gjennom samarbeid med idrettslagene Nordre Follo kommune Gjennom å være utviklingsklubb i NFF (en av 10 klubber på kvinnesiden) med regionsansvar for søndre del av Oslo, Østfold og Akershus. På sponsortreff og for sponsorer som kommer fra ulike bransjer (bl.a. eiendomsutvikling). KIL har gjennomført et sponsormøte der varmeløsningen ble presentert i en film laget i forbindelse med utredningen. <p><u>Solenergi + sesongvarmelagring i borehull = sant!</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Gjennom dialog med anleggsansvarlige hos Norges fotballforbund 	Fortløpende/utført (film)
Båsum	<ul style="list-style-type: none"> Innlegg i Norsk varmeteknisk forening Via MEF – Maskinentreprenørenes forbund Markedsføring i presse og hjemmeside. Markedsplan som presenteres for Norges fotballforbund Vil spre kunnskapen til eiere som er Veidekke. 	Fortløpende
Asplan Viak	<ul style="list-style-type: none"> Prosjektet presenteres internt – over 1100 ansatte fordelt på 31 avdelingskontor Prosjektet presenteres på hjemmesiden, og gjennom sosiale media (Facebook, Instagram, LinkedIn og Twitter) Presentasjoner på ulike konferanser og interne /eksterne seminarer /webinarer – Grunnvarme. 	Fortløpende
RockStore	RockStore ledet av NORCE, og der både Båsum boring, Asplan Viak, SINTEF (Infrastruktur og Energi) og NTNU (Institutt for Geovitenskap og petroleum -IGP).	Fortløpende
Eptec	Hjemmeside Reportasje/innlegg via bransjeforeninger og blader, blant annet NOVAP og VVS-nytt.	Fortløpende
OneCo	Hjemmeside Reportasje / innlegg via bransjenettverk/-organisasjoner og kunder.	Fortløpende
NTNU IGP – inst. for geovitenskap og petroleum	Informasjonsspredning i undervisningen for 1., 3. og 4.-trinn, og gjennom kobling til eventuelle prosjekt- og masteroppgaver. En viktig formidlingskanal blir å bruke anlegget som et eksempel i 4. klassefaget Eksperter i team og landsbyen med tittelen <u>«Femten somre og syv vintre lagret i grunnen – energilagring»</u> , og i enkelttimer i institutt for Geovitenskap og petroleum ved NTNU	Våren 2021

6 Risiko og risikodempende tiltak

De tekniske delene i varmeløsningen med sesonglagring av solvarme og «fri-oppvarming» av banedekkene vurderes å være en moden teknologi forbundet med liten risiko. Men sammenlignet med el-varme byr stort sett alle andre oppvarmingsalternativer på utfordringer knyttet til kompleksitet, og dermed større krav til kunnskap hos sluttbruker. Dette gjelder alt fra å forstå hva man egentlig investerer i, til drift og vedlikehold av anlegg.

Nedenfor følger en beskrivelse av de risikoreduserende tiltak som er iverksatt som en del av utredningsprosjektet:

- Prosjektet har en samarbeidskonstellasjon som består av byggherre sammen med entreprenører (boring, varmepumpe/varmesentral og solstrøm/elektro) og rådgiver. Denne sammensetning, med deltagelse av byggherre, vurderes å ha en risikoreduserende effekt med hensyn til både kjennskap til drift og vedlikehold av anlegget. I oppstartsfasen av et evt. hovedprosjekt vil driftsløsninger, støttesystemer og instrumentering være viktig kunnskap å «overføre» til byggherre/driftspersonell i KIL.
- Utredet løsning er en videreutvikling av «GeoTermos» i Drammen. Nøkkelpersoner med erfaring fra design og drift av «GeoTermos» deltar inn i prosjektet for KIL og vurderes som et risikoreduserende tiltak.
- En hovedutfordring er å utforme lageret, og styre dette både under lading og uttak, slik at varmelekkasjen til omgivelsene blir lavest mulig. Siden det mangler erfaringsbasert kunnskap fra design, bygging og drift av slike lagre, finnes det en risiko for at lageret ikke vil fungere etter hensikten. I tillegg finnes en risiko for at beskaffenheten av berggrunnen ikke er som forventet, f.eks. fordi grunnvannsbevegelsen er stor og derfor gir økt varmelekkasje. Nettopp for å ta høyde for det siste har man boret tre testbrønner og gjennomført termiske responstester.
- Grunnvannsbevegelse i forbindelse med sesongvarmelagring er en viktig risikofaktor som må bli avklart i tidligfase. Konsekvensen av en eventuell grunnvannsbevegelse øker med økende temperaturnivå i sesongvarmelageret, samt varmemengden som skal sesonglagres. Testboringene og de termiske responstestene er risikoreduserende tiltak som er gjort for å få bedre grunnlagsdata for dimensjoneringen av anlegget og informasjon om de boretekniske forholdene og områdets evne til å holde på / magasinere varmen eller indikasjon på det er en betydelig grunnvannsbevegelse i området.

7 Oppsummering

KIL har besluttet å gå videre til et investeringsprosjekt med løsninger basert på denne utredning. Det er søkt Enova om investeringsstøtte, og prosjektet gjennomføres om søknad innvilges. KILs inntekter er i hovedsak basert på medlemsavgifter og kan ikke betegnes som en kommersiell aktør. Utredet løsning er beregnet til å ha et samlet investeringsbehov på om lag 14 MNOK. Støtte fra Enova til å dekke deler av merkostnadene vil derfor være avgjørende for at prosjektet realiseres.

KIL har vært involvert i hele utredningsperioden og deltatt inn i møter og tatt nødvendige beslutninger underveis. Beslutningsprosessen har vært på grunnlag av faglig beregninger og råd, dokumentert i denne sluttrapport.