



Uttalelse til temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss

1. Innledning

Denne uttalelsen er sendt frem av Fossen Utvikling AS og gjelder innspill til temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss.

2. Bakgrunn og interesse

Fossen Utvikling AS er eier, tiltakshaver og er nå i gang med den langsiktige utviklingen av Tanberghøgda. Regionhovedstaden Hønefoss har fire bydeler; det er Hønefoss sentrum, Hønefoss sør, Hønefoss Nord og Krakstadmarka. Tanberghøgda er det største utbyggingsområdet i bydelen Krakstadmarka.

1. april 2025 godkjente Kommunal- og distriktsdepartementet reguleringsplan for Tanbergdansen, vedtatt av Ringerike kommunestyre 21. mars 2024.

Planområdet (495 detaljregulering for Tanbergdansen) ligger syd for Hønefoss sentrum i Ringerike kommune. Planområdet omfattes av kommunedelplanen for Kragstadmarka, vedtatt 30.juni 2016, hvor det hovedsakelig er avsatt til fremtidig boligbebyggelse, tjenesteyting, uteoppholdsarealer og LNF-områder. Planområdet er også regulert i detaljreguleringsplanen for 405 Tanberghøgda, vedtatt av Ringerike kommunestyre 7. november 2019, som omfatter boligbebyggelse, naturområde og barnehage.

Fossen Utvikling planlegger med at det er plass til mer enn 1000 nye boliger innenfor planområde 495 Tanbergdansen og planområde 405 Tanberghøgda.

Kommunal- og distriktsdepartementet vurderte (1. april 2025) at planområdets plassering bidrar til redusert transportbehov og fremmer klima- og miljøvennlige transportformer. Statens Vegvesen har gjennom planarbeidene kritisert Ringerike kommunes manglende søkelys på å tilrettelegge for gående og syklende ved utvikling av den nye bydelen.

Fossen Utvikling mener og ønsker å bidra til at utviklingsområdene Tanbergdansen og Tanberghøgda med 2500 fremtidige nye innbyggere, skal henge naturlig sammen sosialt og fysisk med Hønefoss sentrum og Schjongslunden, slik at byens innbyggere har nærhet og tilgang til tur- og rekreasjonsmuligheter på begge sider av Storelva. Spesielt for å redusere transportbehovet i området, og bidra til å styrke sykkel og gange som transportform i sentrumsnære strøk av Hønefoss.

Som ledd i en tidlig miljøsertifisering av Tanberghøgda (BREEAM INFRASTRUCTURE) har Fossen Utvikling gjennomført en Klima- og energikonseptutredning. Denne peker på behovet for å tilrettelegge for gående og syklende. Som eksempler er det i Tanberghøgda beregnet en reduksjon på ~300 tonn CO₂ per år ved å tilrettelegge ut over det «normale» for gående og syklende, herunder ny gang- og sykkelbru over Storelva fra USN Campus Ringerike til Schjongslunden, som det viktigste tiltaket. I etterkant er antallet mulig nye beboere på Tanberghøgda mer enn doblet, dvs at reduksjonen i klimagassutslipp øker tilsvarende, om Ringerike kommune selv er villig til å gjøre sin del av dette viktige arbeidet, med å få ned klimagassutslippene. Vedlagt følger utredningen, se side 76 til 104. Utredningen er en del av vårt innspill.



Fossen Utvikling AS

Fossen Utvikling har over flere år tatt initiativ til dialog overfor Ringerike kommune for å få til en effektiv bilfri forbindelse til Hønefoss Sentrum og idrettsanleggene på Schjongslunden. Gang- og sykkelbru fra Schjongslunden og over til USN ble i sin tid fremmet av USN selv overfor Ringerike kommune, og Fossen Utvikling AS ble i sin tid invitert til å delta, sammen med blant andre Sparebankstiftelsen Ringerike. Det er ingen grunn til at dette arbeidet er stoppet av Ringerike kommune.

3. Vurdering av temaplanen

Fossen Utvikling er veldig opptatt av hvordan vi i steds- og bydelsutvikling av Tanberghøgda planlegger for at bydelen skal henge helhetlig sammen med Hønefoss sentrum og omland, og hvordan Ringerike kommune ønsker at Hønefoss sentrum skal knytte seg til den nye bydelen. Hvordan sikre fysisk, sosial og bærekraftig mobilitet til ny bydel og mellom bydeler, var noen av temaene vi tok opp med kommunestyret i Ringerike kommune, i vår prosjektorientering om Tanberghøgda den 19. februar 2026.

For oss som tiltakshaver og utbygger handler det om å planlegge godt for at 2500 fremtidige innbyggere i Tanberghøgda, sammen med behov hos USN studentene og allerede beboere i Tanberglia og i randsonene ellers, skal ha mulighet for å ta seg enkelt til fots eller på sykkel inn til Hønefoss sentrum, og motsatt for innbyggere fra sentrum som søker områder med natur og rekreasjon. Dette har vært et viktig innspill fra oss i uttalelse til Schjongslunden planen tilbake til oktober 2025, hvor vi ga konkret innspill til Ringerike kommune om å sette av areal til gang- og sykkelbru fra Schjongslunden og over til Tanberghøgda. Dette vil samtidig knytte allerede etablerte turstier som elvelangs, sammen til en helhet. Ut fra muntlige tilbakemeldinger tyder det på av dette innspillet, overraskende nok, er ikke følges opp av kommunen i arbeidet med 497 detaljregulering av Schjongslunden, selv om det i høyeste grad handler om overordnet mobilitet i Hønefoss.

I kommuneplanens samfunnsdel er det vedtatt at kommunen skal legge til rette for sammenhengende gang- og sykkelveier mellom bydeler og tettsteder i Hønefoss. Planlegging og arealutvikling skal gi mulighet for korte reiser i hverdagen for innbyggere, med god tilknytning til sentrum og boligområder gjennom attraktive gang- og sykkelveier. I planens hovedmål 3.2 heter det at *Ringerike har helhetlige og bærekraftige transportløsninger, der flest mulig går, sykler og kjører kollektivt.*

Viktigheten av gode planer for mobilitet og kollektivknutepunkter, og forsvarlige gang og sykkeltraseer til og fra Hønefoss sentrum, og i retning ny bydel i Tanberghøgda er også en viktig del av Fossen Utvikling sin kommunikasjon med USN og Campus kontakt for næringsliv. Dette er fordi vi har sammenfallende interesser av at temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss ikke utelater nye innbyggere i Tanberghøgda eller studentene i samme nærområde. Nevnte interessentene i ny bydel bør virkelig være en del av 10-minutters byen, og omfattes av temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss.

Ingen i Hønefoss og Ringerike vil være tjent med at en ny bydel i Hønefoss ikke forholder seg til Hønefoss Sentrum, og heller må operere som en satellitt på utsiden av sentrum. Dagens mobilitet vil gjøre av mange innbyggere i den nye bydelen vil benytte bil til sentrum, eller la være med å bruke sentrum med sitt næringsliv og tjenestetilbud.

4. Konkrete innspill og forslag

Fossen Utvikling mener at temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss ikke i tilstrekkelig grad favner den nye bydelens og omlandets behov for å sikre at innbyggere, næringsliv og besøkende skal oppleve Hønefoss som en trygg by hvor det er enkelt å gå, sykle og ta kollektivtransport. Ny bydel med



Fossen Utvikling AS

Tanberghøgda utbyggingsområde er i stor grad utelatt og ikke omtalt, også for de tiltakene som omtaler Nord/sør akse, med referanse til tiltak 5 og 7.

Ny bydel må omfattes av temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss, med konkretisering av hva kommunen ønsker å tilrettelegge for knyttet til fysisk og sosial mobilitet for gående, syklende og kollektivtransportbrukere.

5. Oppsummering

Fossen Utvikling mener at ny bydel med Tanberghøgda og omland i stor grad er utelatt og ikke omtalt i temaplan for overordnet mobilitet i Hønefoss. Planen må ta inn og vurdere dette, og Ringerike kommune må konkretisere hva de ønsker å få til på dette område slik at 2500 nye fremtidige innbyggerne i ny bydel med studenter og omland blir en del av planen for overordnet mobilitet i Hønefoss. Sentrum og Schjongslunden må bli tilgjengelig for innbyggere i Tanberghøgda, USN/Campus Hønefoss/store deler av Hønefoss Syd, uten bruk av bil, og vis a versa.

6. Kontaktinformasjon

Fossen Utvikling AS ved daglig leder Kristian Strøm; kristian@fres.as

7. Vedlegg

Energi- og klimakonseptutredning for Tanberghøgda, 31. januar 2022.

Med vennlig hilsen

Kristian Strøm
Daglig leder / CEO
Fossen Utvikling AS

ENERGI-OG KLIMAKONSEPT FOR TANBERGHØGDA



Konseptutredningen er gjennomført med støtte fra Enova SF, og med deltagelse fra COWI AS, Futurehome AS, Telia Norge AS, ENFO AS, Føie AS, Ringerikekraft Nærvarme AS, Vardar Varme AS og Fossen Utvikling AS.

Hønefoss, 31.januar 2022

1 Sammen drag

Energi- og klimakonseptutredningen hadde klare og ambisiøse mål, og utredningen viser meget høy måloppnåelse:

- **Målet var å redusere det elektriske energibehovet fra strømnettet med 50 %, resultatet viser 57 %**
- **Målet var å redusere det elektriske effektbehovet fra strømnettet med 50 %, resultatet viser 64 %**
- **Målet var å redusere utslippet av klimagasser med 20 % ved bygging av infrastruktur, resultatet viser 60 %.**

Tanberghøgda blir en ressurs for storsamfunnet ved å utfordre de normale modellene i en områdeutvikling:

- **Utslippsfri bygg- og anleggsplass etableres som første infrastrukturtiltak, dimensjonert etter energibehovet i boligene. Energistasjon I med nettstasjon, solceller og batteri sambrukes for utslippsfri bygg- og anleggsplass og energiforsyning av boligene, og energitilførselen er skalerbar opp til det endelige energibehovet i bydelen.**
- **Bygg- og anleggsfasen og driftsfasen til boligene skal være energinøytral. Utbyggingen blir klimapositiv gjennom tidlig investeringer i energiløsninger**
- **Forretningsmodellen til utvikler utvides til også å eie og drifte energiinstallasjoner med infrastruktur, selge strøm og energi-fleksibilitet. Forretningsmodellen resulterer i en bekymringsfri sameiemodell for boligeierne, der også boligeierne kan tjene på energiløsningene ved å bli Plusskunder**
- **Det biologiske mangfoldet øker som følge av utbyggingen, bilbruken halveres og området blir CEEQUAL- miljøsertifisert.**

Det er i utredningen identifisert og kvantifisert flere klimagassreduserende tiltak. Som eksempler er det i Tanberghøgda beregnet en reduksjon på **~137 tonn CO₂** per år ved å tilrettelegge ut over det «normale» for gående og syklende, herunder ny gang- og sykkelbru over Storelva fra USN Campus Ringerike til Schjongslund, som det viktigste tiltaket. Installasjon av solcelleanlegg I gir en årlig reduksjon i på **65 tonn CO₂**, og lokal varmeproduksjon vil gi en reduksjon på **280 tonn CO₂** årlig.

I Tanberghøgda skal produksjon av lokal og fornybar strøm og varme avlaste strømmettet. I tillegg gjøres det flere andre grep for å redusere klimagassutslipp, som innovativ behandling av masser, optimalisering av infrastrukturen, og kravspesifikasjoner til boligene ut over TEK 17. Fossen Utvikling AS vil jobbe for ytterligere reduksjoner i klimagassutslippet, og jobbe med modeller for å binde klimagass i boligene.

Det er også vært et mål i utredningen å finne «forretningsmodell(er) for investering i lokale distribuerte energiresurser i forbindelse med en områdeutvikling». Utredningen viser at det er lønnsomt for utbygger Fossen Utvikling AS med konsern å investere langsiktig i energiløsningene.

Energikonseptutredning er gjennomført under Enova SF sitt program «Konseptutredning for innovative energi- og klimaløsninger i bygg, områder og energisystem». [1]. På Tanberghøgda planlegges det for ca. 590-600 boliger, ny barnehage, vei og infrastruktur, felles grøntområder med friområder for lek og turdrag, som også hele byen kan ta i bruk. Tomtepleie, bygging av turdrag og grøntstruktur, og med revegetering av skog, er allerede igangsatt.

Det planlegges et større bakkemontert solcelleanlegg (Solcelleanlegg I) på omkring 500 kWp. Anlegget skal levere strøm til utslippsfri bygge- og anleggsplass, hurtiglader, fellesområder, boligene og boligeiernes elbiler. Solcelleanlegget er planlagt bygget i 2022. Området i og rundt solcellepanelene vil fungere som beitemark og friområde, slik at natur- og grøntområder kombineres med anlegget på en god måte. Det legges opp til ett bakkemontert solcelleanlegg (Solcelleanlegg II) til ved senere utvikling i Tanberghøgda. Behovet for egenprodusert strøm og teknologi vil vurderes på nytt ved etablering av denne. Solcelleanlegg II vil muligens også tjene en utvidelse av bydelen mot nord, ny utslippsfri bygge- og anleggsplass, og om mulig i kombinasjon med lokal hydrogenproduksjon (for å ta ut sommerprodusert energi om vinteren).

Det planlegges et større batteri (Batteri I) på 1 MWh for å akkumulere strøm og avlaste behovet ved utslippsfri bygge- og anleggsplass, hurtiglader, fellesområder, boligene og boligeiernes elbiler, samt ut og inn på strømmettet. Batteriet er planlagt bygget i 2022. Det kan komme behov for flere større batteri senere i utbyggingen, og spesielt i forbindelse med etablering av Solcelleanlegg II. Lagring og fleksibilitet fra elbilene til de som bor i Tanberghøgda kan redusere og eventuelt fjerne behovet for flere større batteri.

Det er planlagt at Energistasjon I som kombinerer Solcelleanlegg I (500 kW), Batteri I (1 MW) og Nettstasjon fra Føie AS (800 kVA), skal etableres allerede i 2022, tilrettelagt for utslippsfri bygge- og anleggsplass.

Det planlegges en varmesentral på rundt 0,9 MW (som skal levere 2.200 MWh) til tappevann og romoppvarming, med et lavtemperert distribusjonsnett til boligene. Det er store effektfordeler ved å bygge distribusjonene i lavtemperatur, og det er store besparelser i å bygge distribusjonen basert på

et «normalt» varmebehov i boligene. Anlegget krever derfor at det etableres en teknisk løsning i byggene for å ta unna «spisslasten» ved stort varmeforbruk, som for eksempel på kalde dager. Om mulig vil varmesentralen også levere energi til varmeakkumulering, og til utslippsfri bygge- og anleggsplass. Varmesentralen skal forsynes med biobrensel, enten lokalprodusert i et nærvarmeanlegg, eller ved påkobling til Vardar Varme AS (fjernvarmeanlegget i Hønefoss). Et nærvarmeanlegg vil betjenes med treflis eller trepellets. Nærvarmeanlegget og distribusjonen vil kunne bygges ut etappevis, etter som behovet i utbyggingen øker. Etter siste, men ikke endelige, vurdering vil det i Tanberghøgda bygges et nærvarmeanlegg basert på trepellets. Det er noe usikkert når varmesentralen bygges, men trolig i forbindelse med bygging av de første boligene.

«Spisslasten» i boligene må løses lokalt i byggene, og dette effektbehovet løses ved enten el. varmekolbe, biogass eller 2.generasjons biodiesel. Etter siste, men ikke endelige, vurdering skal 2.generasjons biodiesel benyttes for å ta unna «spisslasten».

Det lavtempererte distribusjonsnett til boligene muliggjør også delvis forsyningen av varme med solfangere integrert i bygningskroppene. Overskuddvarme fra en bolig/blokk vil kunne distribueres til de boligene som har behov for varme på samme tidspunkt. Størrelsen på varmesentralen kan reduseres ved bruk av solfangere, som trolig kan gi enda bedre besparelser på drift, og på klimagassutslippet. Løsningen med solfangere i bygningskroppene utredes videre, men vil ikke kunne erstatte varmesentralen eller behovet for teknisk løsning knyttet til «spisslast».

Fossen Utvikling AS sin forretningsmodell er positivt utfordret og bedret. All produksjon og forbruk av energi optimaliseres gjennom investeringer i selskapet, eller investeringer i søsterselskap i konsern, eller i kravene til de som skal bygge boligene. All energiproduksjon- og forbruk vil styres på en koordinert måte, helt fra prosjektets spede begynnelse, til langsiktige drift. Det vil her tas i bruk metoder som ikke er benyttet før. Fossen Utvikling AS med morselskaps i konsern (FreS AS) og søsterselskap i konsern (Fossen Eiendom AS og G-Kraft AS) vil legge til rette for å investere i energiløsningene. Fossen Utvikling AS vil få konkurransefordeler ved å tilrettelegge for helhetlige energiløsninger andre steder, herunder utvikling av næringsområder. Søsterselskap i konsernet vil også få konkurransefordeler basert på erfaringen fra Tanberghøgda.

ENFO AS har designet et unikt energisystem for områder, der en felles skybasert plattform-modell for smart energi- og effektstyring og salg, etableres i tidlig fase. Lading av transport vil kobles opp mot denne plattformen som selger fleksibilitet i et marked. Dette kan kobles ut, for eksempel på natta eller når det er kaldt.

Fossen Utvikling AS ønsker å bygge energiinfrastrukturen tidlig slik at man kan benytte seg av den lokalproduserte fornybare energien allerede i bygge- og anleggsfasen. Det er i dag ingen kjente eksempler på områder som har bygd ut en helhetlig energiinfrastruktur med varige anlegg, for også å drifte bygge- og anleggsfasen med det resultat å være klimapositive. Konseptutredningen er støttet av Enova, og det er det søkt om flere midler til å utføre en pilot for utslippsfri bygge- og anleggsplass.

Følgende kvantifiserbare mål er definert i utredningen:

Kvantifiserbare delmål/tiltak definert i utredningen	Investering i lokale distribuerte energiresurser for områdeutvikling som halverer (kjøpt) energibehov i alle prosjektfaser.	Definere konsept(er) for energistyring som halverer nett-dimensjonerende effektbehov	Minst 20 % klimagassreduksjon (CO ₂ -ekvivalenter) for infrastruktur
Referanseverdi - før tiltak:	Energibehov: 4.773 MWh	Effektbehov: 2,2 MW	Klimagassutslipp: 2 000 tonn CO₂ e
Mål for utredningen	50 % redusert behov for kjøpt energi	50 % redusert effektbehov	Minst 20 % klimagassreduksjon for infrastruktur
Måloppnåelse	57 % redusert behov for kjøpt energi – bedre enn målet	64 % redusert effektbehov – betydelig bedre enn målet	60 % redusert klimagassutslipp infrastruktur – betydelig bedre enn mål
Mål for utredningen- etter tiltak	Energibehov: 2.386 MWh	Effektbehov: 1,1 MW	Klimagassutslipp: 1 600 tonn CO₂ e
Tiltak besluttet i utredningen for å nå mål- videreføres i detaljprosjekt.	Tiltak som reduserer energi tilført: 1: Investering i varmesentral (2.200 MWh/år) 2: Investering i energiløsning/ solceller 500 kWp, (530 MWh/år) 3: Investering i solcellepark 2 4: Investering i 1 MWh batteri, for lagring av solstrøm	Tiltak som reduserer elektrisk effektbehovet: 1: Investering i varmesentral (0,9 MW) 2: Investering i 1 MW batteri (0,25 MW) 3: Effektstyrt elbil lading/ store laster (0,25 MW) 4: Byggemetode	Tiltak som reduserer klimagassutslipp: 1 - Infrastruktur: Blå/grønn vannfordrøyning, 189 tonn CO ₂ e 2 - Infrastruktur: Selvføll og nodig løsning, 209 tonn CO ₂ e 3 - Infrastruktur: Lavkarbonasfalt, 800 tonn CO ₂ e
Sum etter tiltak	2.040 MWh	0,8 MW	800 tonn CO₂ e

Følgende ikke kvantifiserbare mål er også definert:

- Økt innovasjon for prosjektet og for alle partnere i fremtidige prosjekter: **Oppnådd**
- Bidra til høyere sertifiseringsnivå for påbegynt CEEQUAL-sertifiseringsprosess: **Oppnådd**
- Energiløsningene skal bidra til økt biologisk mangfold: **Oppnådd**

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	3
2	Innledning	10
3	Bakgrunn	11
3.1	Prosjekt målsetning	11
3.2	Beskrivelse av hovedprosjekt	13
3.3	Energikrav	15
3.4	Energitrender	16
4	Metode	19
4.1	Antagelser og føringer	19
4.2	Energisystemet i Hønefoss	19
4.3	Organisering av arbeid med energikonsept	20
4.4	Referanse for energikonsept	21
4.5	Parametere for økonomisk analyse av solceller	22
5	Termisk energiforsyning	23
5.1	Varmebehov	23
5.2	Vannbåren varmedistribusjon i alle bygg	25
5.2.1	Lokale oppvarmingsløsninger for enkeltboliger	26
5.2.2	Fleksible oppvarmingslaster – eneboliger	30
5.2.3	Sentraliserte oppvarmingsløsninger – nærvarmeanlegg	31
5.2.4	Vurdering av egnethet ut fra utvalgte kriterier	48
5.2.5	Diskusjon – aktuelle oppvarmingsløsninger	53
6	Elektrisk energiforsyning	56
6.1	Elektrisk behov og system	56
6.1.1	Termisk løsning	56
6.1.2	Strømbehov	56
6.1.3	Energisentraler	56
6.2	Produksjon	58
6.2.1	Solcelleteknologi (PV)	58

6.2.2	Vindkraft	66
6.3	Elektrisk energilagring	66
6.3.1	Batteri	66
6.3.2	Elbillading	67
6.3.3	Hydrogen	70
6.4	Fleksibilitet	72
6.4.1	Fleksible laster	72
6.4.2	Fleksibilitetsmarkedet	72
6.4.3	Styring og utnyttelse av fleksible laster	73
6.5	Påvirkning av COVID-19 for dagens og fremtidig trafikk	76
6.6	Tiltak	76
6.6.1	Fremme gange og sykkel	77
6.6.2	Fremme kollektivtrafikk	79
6.6.3	Redusere bilbruk/antall bilreiser generelt	79
6.6.4	Fremme bruk av elektriske kjøretøy	81
6.7	Sti til/fra prosjektområdet	81
6.8	Ny gang- og sykkelbru over Storelva	83
6.9	Vurdering av løsninger	85
7	Klimagassvurdering	87
7.1	VA og veiinfrastruktur	87
7.2	Alternativløsninger	90
7.2.1	<i>Utslippsfri bygge- og anleggsplass</i>	90
7.2.2	Ressursoptimalisering	92
7.2.3	Lokal fornybar energiproduksjon med solceller og bioenergi	94
7.2.4	Transport-15-minutters by	96
8	Forretningskonsept	105
8.1.1	Forretningsutvikling i Fossen Utvikling AS med konsern	105
8.1.2	Energiprodukter og verdiskapning	107
8.2	Konkurransesatte tjenester og leveranser	109
8.2.1	Varmeforsyning	109
8.2.2	Elektrisk forsyning	109
8.3	Videre arbeid	110
9	Risiko og risikodempende tiltak	111
9.1	Teknologisk risiko	111
9.2	Økonomisk risiko	111
9.3	Gjennomføringsevne og driftsmessig risiko	111

10	Løsningens markedspotensial	112
10.1	Nytteverdi for Tanberghøgda	112
10.2	CEEQUAL og Enova-konseptutredning	112
10.3	Markedspotensial og kommunikasjon	112
	 VEDLEGG	 120
	A- Utbyggingsområde	120
	B- Effekt- og energibehov	121
	C- Bergvarmepumpe – geotekniske data for Tanberghøgda	122
	D - Energipriser	125
	E - Konesjonsområde for Vardar Varme AS - Hønefoss	126
	F - Prosjektorganisasjon:	127

2 Innledning

Formålet med energikonseptutredningen har vært å synliggjøre muligheter for å utvikle et helhetlig økonomisk bærekraftig energikonsept for utbyggingen og drift av et større boligområde/bydel. Utredningen er også relevant ved utvikling av nye næringsområder. Det er utredet forretningsmodeller for investering i lokale distribuerte energiløsninger.

Utredningen følger av miljøsertifiseringen CEEQUAL og ny bevisstgjøring og oppmerksomhet til de klimagassutfordringer verden står ovenfor. Bygg- og anleggsbransjen står for ca 40 % av verdens klimagassutslipp, og byggebransjen står alene for ca 40 % av verdens søppel. Verdenssamfunnet har gjennom Parisavtalen og klimatoppmøtet i Glasgow kvantifisert behovet for reduksjon av verdens klimagassutslipp til 50-55 % i 2030, og 90-95 % i 2050. Norge har noe høyere ambisjon enn dette.

Fossen Utvikling AS vil gjennom prosjektet Tanberghøgda benytte de metodene og de teknologene som er tilgjengelig for å bidra til det «grønne skiftet», herunder bidra til lavest mulig klimagassutslipp ved bygging og drift av boligområdet. I Tanberghøgda vil også andre viktige klimamål vurderes og implementeres, spesielt mål innen naturmangfold og friluftsliv.

De økonomiske fordelene ved å bidra i «det grønne skiftet» er ikke åpenbare, da hverken «grønne skatte- og avgiftsordninger» er implementert, «grønn finansiering» p.t. ikke er mulig, og markedet priser heller inn «grønne bygg» og «grønne løsninger». Utbygging av Tanberghøgda er drevet av utbygger Fossen Utvikling AS sitt ønske om å tilnærme seg FNs Bærekraftsmål, og ønske om å lage best mulig bo- og leveområder. Derfor er også støtten til utredningen fra Enova svært gledelig, og gir inspirasjon og motivasjon til å holde motet oppe for å få til bærekraftige løsninger.

3 Bakgrunn

3.1 Prosjektmålsetning



Figur 3-1 Mål for utvikling av energikonsept for Tanberghøgda.

Prosjektets målsetninger er oppsummert i figuren over. Det skal sørges for at det er pålitelig energi (elektrisitet og varme) for å sikre utslippsfrie løsninger i bygge- og anleggsfasen og driftsfasen for boligene og infrastrukturen. Prosjektet som bygges opp skal sikre målsetningen om å tilby balanse/ kapasitet i strømmettet allerede i anleggsfasen.

Det er over lang tid jobbet aktivt med å bearbeide grøntområder og uteområder slik at det biologiske mangfoldet øker i området. Derfor er det avgjørende at solcelleinstallasjoner og andre energianlegg tilpasses området med lokal økologi. Dette vil også bidra til å binde karbon i jorda, og kan være en måte å binde opp mer CO₂ fra luften.

For å realisere utslippskutt på bygge- og anleggsplass skal det bygges videre på sterke regionale satsninger som Bærum ressursbank og tverrsektoriell massehåndtering av rene masser. Det er en ambisjon om å bidra til mindre tom-transport regionalt, ved å utnytte kapasitet i retur fra Oslo til Hønefoss. Som eksempel er det i dag mye transport av masser fra Myrvang AS på Kilemoen ved Hønefoss, der det produseres stein til prosjekter i Oslo, uten utnyttelse av retur-transportkapasiteten.

Norske aktører som opererer internasjonalt, som COWI og ENFO, ønsker å gjøre løsninger tilgjengelig i andre markeder, og slik sørge for å kutte i utslipp også utenfor Norge. COWI har samarbeid innenfor fornybar energi på tvers av land i Europa, der elektrifisering står sentralt. I dette samarbeidet vil det presenteres nullutslippsløsninger for bygge- og anleggsfasen, slik at dette gjøres kjent i flere land. Danske ressurser deltar i prosjektet slik at det vil være en større mulig spredningseffekt til Danmark, der COWI er en stor aktør.

Formålet med energiutredningen er å synliggjøre muligheter for å utvikle et helhetlig økonomisk bærekraftig energikonsept. Energikonseptet skal redusere klimagassutslipp og negativ miljøpåvirkning.

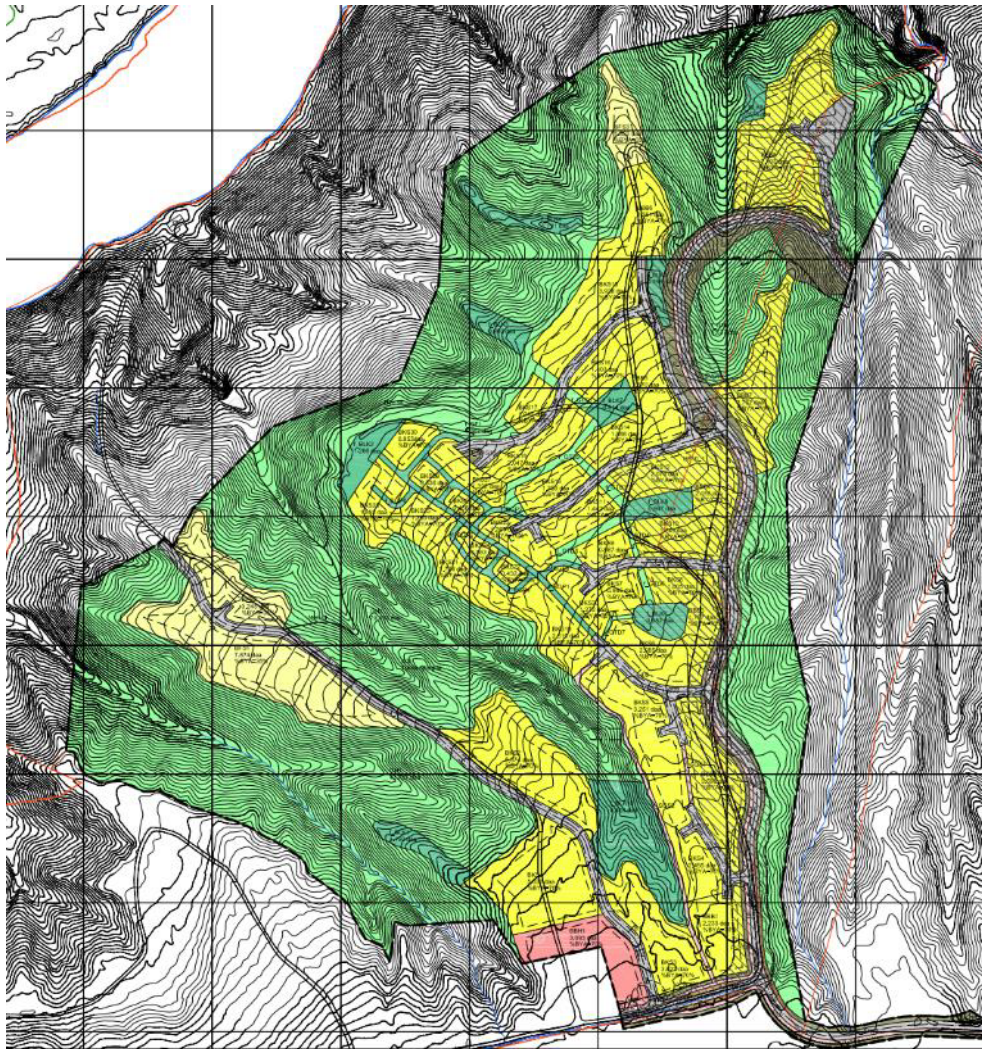
Energivurdering gjøres på områdenivå slik at det sikres en oversikt på konsekvens for helhetlig grep, og at det utnyttes synergier for å sikre et helhetlig energisystem.

- 4 Utrede forretningsmodell(er) for investering i lokale distribuerte energiresurser for områdeutvikling som halverer energibehov i alle prosjektfaser.
- 5 Definere konsept(er) for energistyring som halverer nett-dimensjonerende effektbehov, relativt til nullalternativet innenfor gitte rammer definert i forretningsmodell(er).
- 6 Minst 20 % klimagassreduksjon (CO₂-ekvivalenter) for infrastrukturfasen, samt undersøke om det er mulig å få til 20 til 50 % reduksjon for alle prosjektfasene samlet.
- 7 Økt innovasjon for prosjektet og for alle partnere i fremtidige prosjekter.
- 8 Bidra til høyere sertifiseringsnivå for påbegynt CEEQUAL-sertifiseringsprosess
- 9 Energiløsningene skal bidra til økt biologisk mangfold.

I tillegg skal resultatene:

- Inngå som strategi for videre kollektiv energi- og klimastrategi som følger hele prosjektgjennomføringen av Tanberghøgda, fra infrastruktur til ferdig utbygd boligfelt.
- Bidra til å sette fremtidens standard for boligutbygging, ved at Fossen Utvikling AS bearbeider en kravspesifikasjon for energi- klimaløsninger for bebyggelsen, hvor løsningene fra utredningen settes som krav i videre anskaffelser. Dette gjelder også krav til anleggsarbeidene hvor massebalanse er et sentralt tema.
- Realisere mulighet for grønne lån for boligkjøperne, ved at boligene oppnår beste resultat for energimerking.

3.2 Beskrivelse av hovedprosjekt



Figur 3-2: Tanberghøgda kart detaljplan, plan nr.405 Ringerike kommune

Prosjektet består av ulike typer boliger og barnehage. Underveis i energikonseptutredningen er arealene avsatt til boligutbygging økt noe, og utnyttelsesgraden er økt. 481 enheter ligger inne i energigrunnlaget i utredningen, mens siste måltall for utbyggingen er nå satt til 590 boenheter. Dette utgjør en økning på vel 20 %. Dette endrer ikke hovedprinsippene i utredningen. Utredningen konkluderer uansett med et nærvarmeanlegg som kan utvides etter behov, og det vil bli behov for en Energisituasjon II senere i utbyggingen. Tallene som kommer frem i energieresultater, må derfor økes for å gi et inntrykk av helheten for utbyggingen. Utbygging av Fase 1 vil etter planen pågå i tidsrommet 2022-2028, Fase 2 i tidsrommet 2026 – 2038, og Fase 3 er planlagt 2036-2040. Byggene presenter i Tabell 3-1 utgjør grunnlaget for energikonseptutredningen, der boliger og barnehage inngår som grunnlag for elektrisk og termiske effekt- og energibehov. Energibehov for teknisk infrastruktur inkl. termisk energisentral (varmesentral) er ikke tatt med, men beregnes på et senere tidspunkt når utforming av energianleggene er bestemt.

Tabell 3-1 : Byggene som omfattes av energikonseptutredningen

Navn	Fase	Type bolig	Bolig- enheter	Antall bygg	Areal	Felles varme	Vann- bårent
Teglveien eneboliger	1	Enebolig	17	17	2 890	nei	ja
Barnehage	1	Barnehage	1	1	1 000	ja	ja
Energisentral	1	Teknisk	-		1000	ja	-
Drivhuset rekkehus	1	Rekkehus	29	8	2 610	ja	ja
Ravinedalen leiligheter	1	Terrasseleiligheter + blokk	69	17	4 830	ja	ja
Ravinedalen	2	Småhus	28	6	2 520	ja	ja
Furulunden	2	Tett småhus	80	16	7 200	ja	ja
Konglegate	2	Tett småhus	75	15	6 750	ja	ja
Utsikten	2	Leiligheter blokk	18	3	1 260	ja	ja
Skogsveien	2	Leiligheter blokk	105	6	7 350	ja	ja
Furutre	2	Leiligheter blokk	11	1	770	ja	ja
Terrassehus	3	Leiligheter blokk	48	3	3 360	ja	ja
SUM			481	93	40 640		



Figur 3-3: Tanberghøgda – oversikt **fase 1** av utbyggingen – eneboliger og leiligheter sett fra sør

Fase 1 er det som er tenkt utbygget først. Fase 2 og 3 vil bygges ut i etterkant, da fra nord-vest. Utbyggingsperioden vil gå over mange år. Anslagsvis vil anleggsarbeidet gå fra 2022 til 2035, med hovedvekten tidlig i utbyggingen.

3.3 Energikrav

Energiforskrifter og krav: Plan- og bygningsloven (PBL) med tilhørende forskrifter og veiledninger bestemmer hvordan bygninger skal bygges, driftes og vedlikeholdes⁴. De norske standardene er utgitt slik at hvis man følger de løsningene som er beskrevet der, så er man innenfor lovene og kravene som er gitt i Plan- og bygningsloven. Standardene er retningslinjer som kan brukes som grunnlag for oppfølging av nasjonale lover og forskrifter. Kriteriene som er gitt i standarden er bare anbefalinger, og ikke absolutte krav. Derimot er man lovpålagt å overholde kravene i de tekniske forskriftene for alle bygg. De gjeldende tekniske forskriftene er fra 2018 (TEK17), og det kommer stadig nye revisjoner og innstramminger.

Forskriftskrav i TEK17: TEK17-krav er utgangspunktet for både nybygg og for totalrehabilitering. Det kan være teknisk krevende å gjennomføre TEK17, så dette krever en solid prosess med bygnings-tilpasning, der eksperter innenfor bygningsfysikk ser på gode løsninger sammen med arkitekt. Noen momenter i TEK17 er viktig å trekke frem:

- Fra 2022 kommer et forbud mot bruk av mineralolje til oppvarming i anleggsfasen, med mindre det er vanskelig å sikre forsyningssikkerhet.
- Bygninger over 1 000 m² skal oppføres med lavtemperatur vannbåren varme
- Energifleksible systemer må minimum dekke 60 % av normert netto varmebehov.

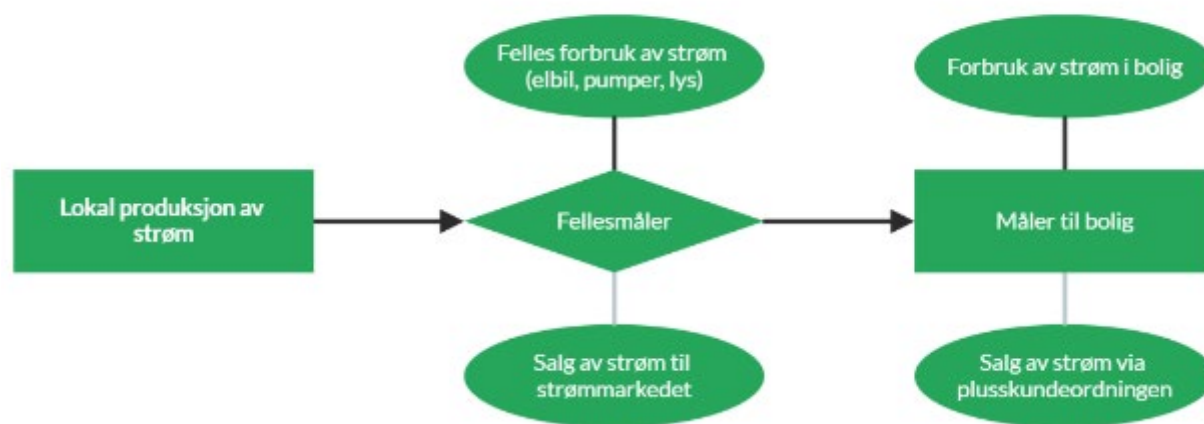
Det forventes at en ny revisjon av TEK17 vil innføres de nærmeste årene, og at den vil føre til ytterligere innstramminger av krav til bygningers energieffektivitet og klimagassutslipp, med lavenergi- og passivhusstandard som veiledende bygningskonstruksjon. Passivhus anerkjennes som moderne miljøvennlige bygninger med godt innklima og svært lavt energibehov [1]. Hvilke krav som vil settes til energiforsyning i ny forskrift er usikkert annet enn at det trolig vil være strengere enn dagens krav.

Nesten nullenergibygg (nZEB): Det forventes at ved neste revisjon av Byggeteknisk forskrift, vil det stilles krav om 'nesten nullenerginivå' (nZEB – Near Zero Energy Building) i nye bygninger og bygninger som totalrehabiliteres [2]. nZEB er definert som et bygg som over året, totalt sett har et energiregnskap lik (nesten) null. Dette er mulig ved at det lokalt produseres fornybar elektrisitet og termisk energi til å dekke bygningens energibehov. I perioder med overproduksjon i forhold til elektrisk energibehov, eksporteres elektrisk energi til distribusjonsnettet, og motsatt når energiproduksjonen er mindre enn forbruket. Det totale energiregnskapet over året tar da høyde for eksportert energi som fratrekk i energiregnskapet, og man går dermed i nesten null. Ved bygging av nZEB er tanken at det bygges en så energieffektiv bygning som mulig, for å oppnå et lavt energibehov og at det produseres energi for å balansere energiregnskapet.

Krav til felles avregning. Tidligere har det ikke vært mulig å dele eller selge strøm fra egen produksjon til andre nettkunder, uten å måtte betale nettleie og avgifter. Det er i 2021 kommet et forslag om

endring fra Reguleringsmyndigheten for energi (RME) om å likestille kunder i enebolig med flermannsbolig [3]. Dette gjør det mulig å benytte et felles produksjonsanlegg og dele strømmen med en eierbrøk innenfor samme gårds- og bruksnummer. Det foreslås også en grense på 500kWp installert effekt per tilkoblede eiendom.

I praksis betyr dette at man kobler produksjonsanlegget (vanligvis solcelleanlegg) til en felles måler og et eventuelt overskudd etter felles forbruk fordeles til kundene innen samme eiendom. Fordelingen foregår automatisk i Elhub og baserer seg på en statisk eller dynamisk fordelingsnøkkel. Eventuelle overskudd hos sluttkundene fra selges til strømleverandør etter egne avtaler, akkurat som plusskunder gjør i dag. Fordeling av strømmen er skissert i Figur 3-4.



Figur 3-4. Fordeling av solstrøm til felles forbruk og boliger.

3.4 Energitrender

Digitalisering i energisektoren: Ny teknologi, ny myndighetsregulering og nye forbruksvaner, vil sammen påvirke hvilke energiløsninger som er optimale. Teknologisk har energieffektiviteten til utstyr, LED-belysning og energieffektive varmegjenvinnere, pumper og vifter bidratt til å redusere elektrisk energibruk mye. Så er det gitt markedsadgang for ulike typer energistyring som blir relevant. Digitaliseringen av samfunnet gjør at det finnes løsninger som bidrar til å styre energibruk bedre og kan gi muligheter for overvåkning og intelligens som gir en ytterligere reduksjon av energi- og effektbruken. Dette er ofte løsninger som baserer seg på programvare-løsninger, som kan utnyttes til alle bygg som typisk gir en høy besparelse for investering. Besparelsen er økende med tiden, da systemene og markedene forbedres over tid.

Energi er ett av flere områder som lar seg visualiseres, styres, også tilrettelegges for kjøp/salg da med bruk av kunstig intelligens. Det finnes mange ulike aktører som tilbyr gode løsninger som smart energistyring, og det er viktig at dette er integrerte og åpne løsninger som lett lar seg innlemme i ulike system i driftsfasen. Teknologien kan utnyttes til langt mer enn å styre energi, noe eksempelet under viser, derfor er valg av løsning avhengig av det totale behovet for digitale løsninger.

Fleksibilitetstjenester i strømmettet utnytter små og store fleksible laster for å balansere forbruk og produksjon i strømmettet [4]. Historisk er store laster som industri og kraftverk blitt benyttet til dette, men med et presset strømmett og fremvoksende tekniske løsninger kan også vanlige forbrukere ta del i fleksibilitetsmarkedet. I hovedsak vil det gå ut på å enten la være å bruke strøm du hadde planlagt å bruke eller mate ut strøm på nettet når det trengs. Fleksible laster kan være for eksempel en varmtvannstank, elbilading eller et batteri (som også kan mate strøm ut på nettet).

Nor-FLEX er et prosjekt som tar for seg forbrukerfleksibilitet i kraftsystemet, og har påvirkning på utforming av energisystemet på Tanberghøgda. Ett av målene til dette prosjektet er å utvikle verktøy¹ som bidrar til å identifisere kapasitetsutfordringer lokalt i nettet (flaskehalser), samt tilby evne til å kjøpe/selge fleksibilitet i markedet med løsning for nettselskap og større kunder. Fordelen er at løsningen er teknologinøytral, automatisk, med lav volumgrense for fleksibilitets-ressurser (1 KW). Denne løsningen er også koblet mot fleksibilitetsmarkedene til Statnett, slik at når etterspørselen er lav lokalt kan denne selges sentralt.

Det **elektriske energisystemet i Europa** er i rask endring, med betydelig økning i fornybar energi, høye CO₂- reduksjonsmål og flere utenlandskabler til/fra Norge. Elektrifisering av industri, transport og offshore i Norge bidrar til at markedsanalysene for kraft er svært usikre.

EUs økte utslippsambisjoner til 55 % reduksjon innen 2030 har ført til en økt forventning om høye CO₂- priser, som tilsier høye kraftpriser i Norge [5]. Mer fornybar energi tilsier også at prisene vil øke mye på vinteren når det blåser lite i kuldeperioder og når etterspørselen stor. Slik sett er det fornuftig å kunne begrense energi- og effektforbruk generelt, særlig om vinteren.

Med innføring av effekttariffer til husholdninger regnes det også med at effektuttak vil reduseres ytterligere, da det gis et incitament til boligeiere om å redusere effektbehov. Det er trolig større sannsynlighet for lavere effektbehov i fremtiden, enn det dagens erfaringstall tilsier.

Ny organisering innenfor energibransjen, med flere markedsaktører som sørger for tilgang til flere markeder, fører til at det er større grunn til å ta kontroll over energi og effektbruk/-produksjon for å bidra med ressurser inn i markeder for salg av energi og fleksibilitet.

¹ NODES in action - NorFlex project in Norway



Figur 3-5: ENFO modell av marked for salg av fleksibilitet med aggregatorledd og ulike markeder

I denne modellen vil en aggregator spille en sentral rolle som et mellomledd mellom strømforbrukere og tradisjonelle energiselskap, og nye aktører, som sørger for stabilitet i kraftsystemet.

Praktisk betydning for Tanberghøgda:

Det er en målsetning å redusere både effektforbruk og energibruk fra nettet i Tanberghøgda. Ny teknologi, lokal produksjon og effektive bygg vil være nøkkelen for å nå disse målene.

Det er planlagt at boligene skal være svært energieffektive og ha smarthus-funksjonalitet. Dette gir boligeierne mulighet til å ta styring over eget forbruk. Med riktig incitamenter fra markedet kan dette bety lavere totalt forbruk og effekt.

Det planlegges for sentral infrastruktur rundt lokal strømproduksjon og lagring, samt et felles varmeanlegg. Dette vil gi reduserte effekttopper og mulighet til å ta del i fleksibilitetsmarkeder. Samspillet mellom felles forbruk (inkludert elbillading), energiproduksjon, varmeløsning og energilagring vil bli avgjørende for å lykkes med effekt og energimålene i prosjektet.

4 Metode

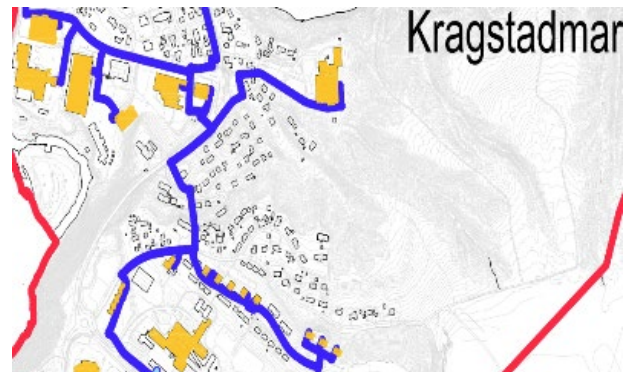
4.1 Antagelser og føringer

Det er utført innledende undersøkelser som har satt rammer for selve energikonseptutredningen.

- Fjernvarmekonsesjon for Hønefoss, Tanberghøgda ligger innenfor konsesjonsområdet. Vardar Varmer AS har tidligere vurdert tilførsel til nabofeltet Tanberglia, men ikke funnet økonomi i en overføringsledning fra fjernvarmenettet for denne utbyggingen. Vardar Varmer AS avventer detaljer i energikonseptutredning før de kunne se på lønnsomhet på nytt.
- Bakkemonterte solceller er vektlagt i denne konspektutredningen, da dette er en sentral ide for hvordan energi kan produseres lokalt. Det er også et mål om å unngå takmonterte anlegg som forstyrrer det estetiske inntrykket for boligområdet, og som vil hindre utsikt og sol for bebyggelsen. Det er trolig også svært rasjonelt å utnytte sidearealer til utbyggingsområdene til å bygge ett eller flere større solcelleanlegg, i stedet for å dele opp solcelleanleggene i mange mindre enheter. Integrasjon av solceller på bygg vil komplisere byggingen av disse.

4.2 Energisystemet i Hønefoss

I Hønefoss er det 2 dominerende energisystemer: elektrisitetsinfrastruktur fra Føie AS (tidligere Ringerikskraft Nett AS) og fjernvarme fra Vardar Varmer AS. Begge disse systemene har grensesnitt til planen og vil derfor synliggjøres i utredningen. Fjernvarme er lagt fra Hvervenmoen (Hønefoss Syd) til Ringerike Sykehus, Arnegårdsveien/Arnagårdsbakken og Osloveien, til USN Campus Ringerike. Avstanden til Tanberghøgda fra toppen av Arnagårdsbakken og opp Tanbergmoveien er omtrent 900 meter.

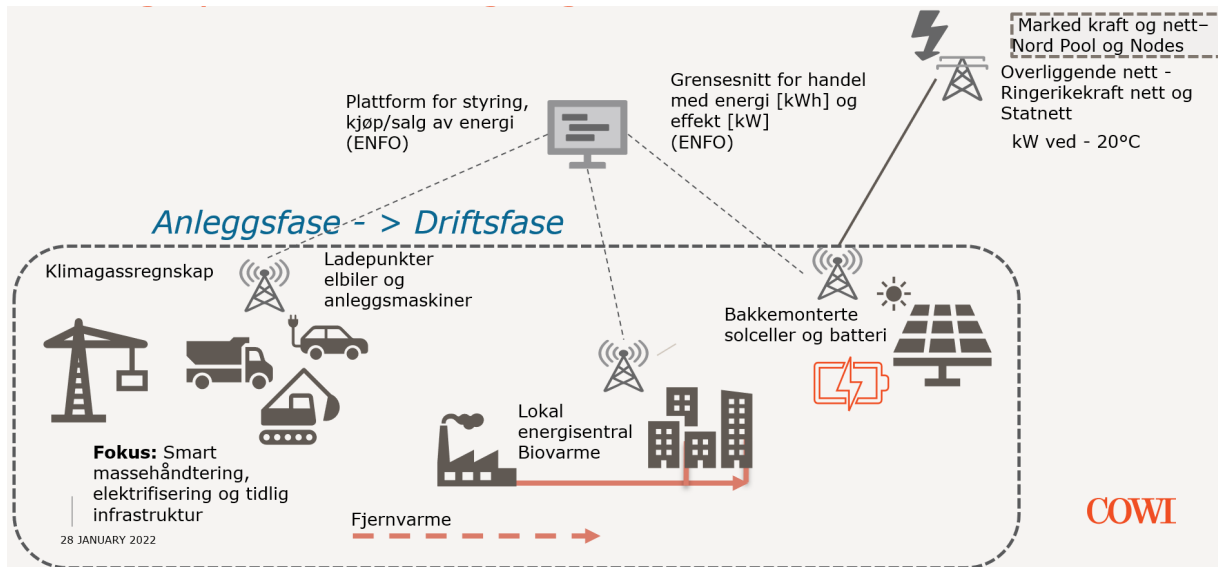


Figur 4-1: Kart over utforming av dagens fjernvarmenett i Hønefoss med konsesjonsgrense (rødt)

Utdrag fra Energi- og klimaplan i Ringerike kommune [6]

- Ny fornybar energi skal utgjøre 20 prosent av det stasjonære energiforbruket innen 2015 og 40 prosent innen 2020.
- Det stasjonære energiforbruket skal reduseres med 10 prosent innen 2020, med 2006 som basisår.

4.3 Organisering av arbeid med energikonsept



Figur 4-2: Arbeidspakker og ansvarsfordeling av innholdet i energikonseptutredning - COWI

Arbeidspakkene er tenkt løst med følgende overordnet løsningsstrategi for konseptutredningen.

- 1 Kartlegge energibehov og distribuerte energiresurser per boligenhet i boligområdet, og utarbeide en plan for varme- og elektrisitetsleveranse
- 2 Analysere teknologier for lokal termisk/elektrisk energiproduksjon og lagring herunder fleksibilitet
- 3 Beregne produksjon, areal og grov-layout til bakkemontert solcelleanlegg
- 4 Prinsipp og økonomisk beregning av ulike utforming av distribusjon av varme og elektrisitet inkludert solstrøm og batterilagring
- 5 Utvikle forretningsmodeller og synliggjøre og løse eventuelle barrierer for disse som følge av f.eks. regulatoriske bestemmelser for energi – kjøp, salg og produksjon av strøm og varme
- 6 Gjennomføre systematisk tilnærming fra LCA-analyse og gjennomføre dialog med aktuelle aktører for å redusere massetransport, og import av masser til prosjektet. Det vil undersøkes mulighetene for utslippsfrie teknologier, med infrastruktur fra netteier
- 7 Konkretisere et helhetlig konsept(er) som oppnår overnevnte mål, inkl. transportløsninger og reduksjon av utslipp i anleggsfasen
- 8 Fastslå retningslinjer for utførende entreprenører for hvordan konsept(ene) skal gjennomføres for senere faser av Tanberghøgda og liknende prosjekter. Her inngår krav til arkitektkonkurranse, byggtreprenører for felles energiutnyttelse og smarthusløsning inkl. lading samt materialer
- 9 Rapportere/kommunisere resultater av utredningen for å spre løsninger der hvor de er relevante

Fremdrift og inndeling i arbeidspakker:

Måned	Oktober		November					Desember				Januar			
Uke	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4
Oppstart <i>Oppstartsmøte og detaljert planlegging</i>															
Arbeidspakke 1 <i>Fleksibilitet og energiresurser</i>															
Arbeidspakke 2 <i>Klimagassreduksjon i anleggsfasen</i>															
Arbeidspakke 3 <i>Transportløsninger</i>															
Arbeidspakke 4 <i>Helhetlige energi- og klimakonsepter</i>															
Avslutning <i>Resultathåndtering og rapportskriving</i>															

4.4 Referanse for energikonsept

Fra og med kapittel 4 utredes konseptet for et helhetlig energikonsept. Resultatene av dette vil sammenliknes mot en referanse slik at det er mulig å vurdere måloppnåelse ift. prosjektets mål for energi, klima og bærekraft (ref. kapittel 3.1.) Det er i dag utbredt å bygge boliger uten vannbåren varme og uten tilknytning til felles varmforsyning. Vanlig praksis i dag er tilknytning av strøm fra nettselskapet uten en overordnet strategi for effekt og energistyring. Enkelte boligprosjekter bygger solenergi på tak eller vegg, men totalt sett er det lite egenproduksjon av strøm.

Som referanse for å vurdere energi- effekt, klimagassutslipp og biologisk mangfold regnes et bygg med elektrisk oppvarming (varmekabler og luft/luft-varmepumpe), ingen elektrisk styring av forbruk, bygging med fossilbaserte energiløsninger og uten en egen plan biologisk mangfold. I tillegg lader elbiler uten å ta hensyn til nettbelastningen lokalt.

Referanse for energikonseptutredningen:

- Netto energibehov – **4 773 MWh /år**
- Effektbelastning – **2,2 MW**
- Klimagassutslipp for energiforbruk til bygg – **587 tonn CO₂-ekvivalenter/ år**

4.5 Parametere for økonomisk analyse av solceller

- 4% kalkulasjonsrente.
- Strømpriser antas å ha et snitt på 51 øre/kWh i aktuell periode etter NVEs Langsiktig kraftmarkedsanalyse rapport [5]. Det er verdt å merke seg at Statnett mener prisene vil ligge høyere på kort sikt [7].
- Prisforholdet mellom dag/natt, hverdag/helg og sesonger (vinter, vår, sommer, høst) antas å følge samme mønster som i 2018 og 2019. Data er hentet fra kraftbørsen Nordpool.
- For elektrisitet til belysning, utstyr, vifter og elbillading er det estimert spesifikke effektverdier (W/m^2) for de ulike kategoriene. De tre førstnevnte baserer seg på Norsk standard [8], mens energibehov til elbillading er basert på erfaringsdata og litteratur [9] [10].
- 25 år levetid på solcellene, 15 år på likeretter til en reinvesteringspris på 1,6 kr/Wp..
- Installasjonspris for solceller antas å ligge mellom 8-10 kr/Wp. Det er lite erfaring med bakkemonterte anlegg i skråninger i Norge, prisen er sannsynlig i det høyere sjiktet av erfaringsprisene som legges frem i rapporten "Verdiskaping og ringvirkninger av solkraftutbygging i Norge mot 2040" [11].
- Priser ekskludert mva, strømpris inkludert nettleie og avgifter ved kjøp.
- Ny nettleiemodell antas innført som tilsvarer en "effekttariff" for forbrukere på 25 kr/kW via trappe-trinnsmodellen.
- Ny modell for deling av lokalprodusert strøm innføres [3].

Bruk av programvare:

- **PV case** brukes til å plassere ut solcellemodulene,
- **PVsyst** estimerer produksjon
- **HOMER Pro** brukes til å beregne lønnsomhet.

5 Termisk energiforsyning

Normalt utgjør energibehovet til oppvarming og kjøling rundt halvparten av det totale energiforbruket for bygg og områder. Andelen blir stadig lavere med bedre standard på bygg og elektrifisering av ulike energibehov ved transport og bygg- og anleggsfasen. Fossen utvikling AS har lagt noen føringer for arbeidet, som er av betydning for varmforsyning. Blant annet er det bestemt at alle bygg skal bygges med vannbåren varme, også eneboligene og andre mindre bygg ($< 1000 \text{ m}^2$) som ikke har dette kravet iht. byggeteknisk forskrift (TEK17). I tillegg er det en ambisjon om å knytte bygg som bygges med bedre isolerte bygningsdeler til et felles distribusjonssystem for oppvarming. Kjølebehovet for bygningstypene i dette prosjektet vil være så lite at kjøling ikke behandles som et eget tema.

Ved valg av konsept og teknologi for varmforsyning på Tanberghøgda må det vurderes om det skal benyttes helt eller delvis sentralisert produksjon/leveranse, eller om det i større eller mindre grad skal være distribuert eller lokal produksjon/leveranse i enkeltbygg, eller i grupper av bygg. Varmebehov og boligtyper/omfang for hvert byggetrinn vil ha stor innvirkning på anbefalt varmforsyning.

De termiske løsningene er avgjørende for å utvikle et godt energikonsept, der behovet for tilført elektrisk effekt begrenses, og lokal fornybar energi utnyttes teknisk-økonomisk best mulig. Av energikilder som vil undersøkes til å dekke termisk energibehov er bergvarmepumper og bioenergi, samt overskuddsvarme fra gråvann og ventilasjonsluft.

5.1 Varmebehov

Med bruk av Simien simuleringsdata fra modellbygg [12] er det blitt estimert dimensjonerende netto effektbehov (kW) og årlig energibehov (kWh/år) til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft (oppvarming). Utgangspunkt er tatt i aktuelle bygningstyper (eneboliger, småhus, rekkehus, boligblokker), oppvarmet bruksareal (BRA) for hvert byggetrinn, aktuell klimasone, byggestandard (passivhus, NS3700) og antall boenheter.

Årlig energibehov til oppvarming (kWh/år) er gitt et skjønnsmessig tillegg på 20 % basert på erfaringer fra en rekke feltmålinger av årlig varmebehov i samme type bygninger vs. resultater fra teoretiske varmebehovsberegninger i Simien.

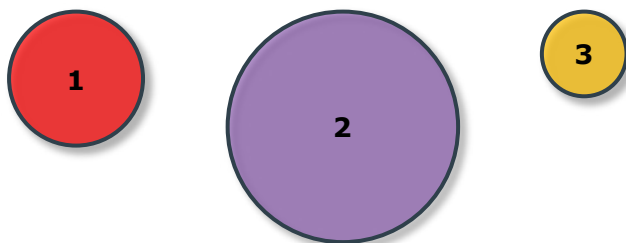
For varmtvannsberedning har årlig energibehov (kWh/år) blitt estimert med utgangspunkt i feltmåledata fra det nylig avsluttende FoU-prosjektet ved SINTEF/NTNU, "VarmtVann2030" [13] Effektbehovet til varmtvannsberedning er gitt av midlere effektbehov med et skjønnsmessig tillegg på 20 %, hvilket gir 20 timer driftstid per døgn for oppvarmingssystemet.

Byggetrinn Bollgtyper	BRA (m ²)	Antall boenheter (-)	Dim. effekt oppvarming (kW)	Midlere effekt varmtvann x 1,2 (kW)	Effektbehov SUM (kW)	Energi oppvarming (kWh/år)	Energi varmtvann (kWh/år)	Energibehov SUM (kWh/år)
Teglveien eneboliger	2 890		53	12	65	74 285	85 486	159 771
Drivhuset rekkehus	2 610		48	11	59	67 087	77 204	144 291
Ravinedalen leiligheter	4 830		64	20	84	81 608	144 514	226 121
Barnehage	1 000		25	1	26	31 200	10 000	41 200
Byggetrinn 1 - totalt	11 330	116	190	43	234	254 180	317 204	571 383
Bollblokker	9 380		124	38	163	158 484	280 650	439 134
Småhus-rekkehus	16 470		296	68	364	415 044	494 100	909 144
Byggetrinn 2 - totalt	25 850	317	421	106	527	573 528	774 750	1 348 278
Bollblokker	3 360		45	14	58	56 771	100 531	157 302
Byggetrinn 3 - totalt	3 360	48	45	14	58	56 771	100 531	157 302
	40 540	481	656	163	819	884 479	1 192 484	2 076 963

Figur 5-1 Estimert netto dimensjonerende effektbehov (kW) og årlig energibehov (kWh/år) til oppvarming (rom-/ventilasjonsvarme) og varmtvannsberedning for byggetrinn 1, 2 og 3 på Tanberghøgda.

Estimert dimensjonerende netto effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT) og årlig energibehov til oppvarming og varmtvannsberedning for alle byggetrinnene er i størrelsesorden:

- **Byggetrinn 1** – ca. 230 kW og ca. 570 MWh/år
- **Byggetrinn 2** – ca. 530 kW og ca. 1.350 MWh/år
- **Byggetrinn 3** – ca. 60 kW og ca. 160 MWh/år



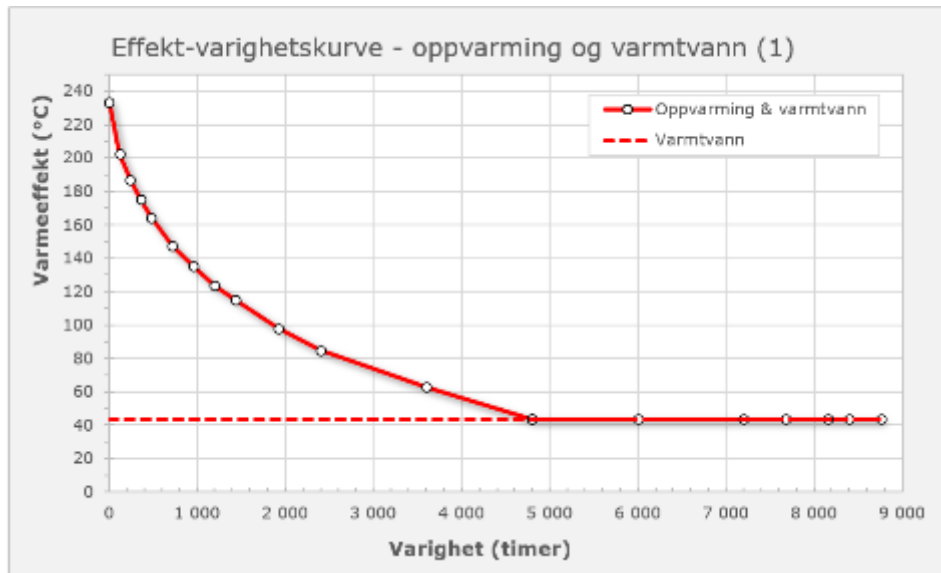
Figur 5-2 Visualisering av årlig varmebehov for hvert byggetrinn hvor varmebehovet (MWh/år), dvs. oppvarming og varmtvannsberedning, tilsvarer arealet av sirklene.

Det er Byggetrinn 2 som har størst innvirkning på valg av termisk energisystem på Tanberghøgda.

Totalt estimert dimensjonerende netto effektbehov ved DUT og årlig energibehov til oppvarming og varmtvannsberedning for alle tre byggetrinn er i størrelsesorden:

- Netto dim. effektbehov – ca. **820 kW**
- Årlig energibehov – **2.100 MWh/år. Varmtvannsberedning utgjør ca. 57 % av dette.**

Figur 5-3 viser estimert effektvarighetskurve for oppvarming og varmtvannsberedning for Byggetrinn 1 med 75 boenheter samt barnehage.



Figur 5-3 Estimert effekt-varighetskurve for oppvarming og varmtvannsberedning for Bygetrinn 1.

Ved beregning dimensjonerende effekt og årlig energibehov til oppvarming og varmtvannsberedning er det tatt utgangspunkt i 481 boenheter. De nyeste vurderingene viser ca 590 boenheter i Tanberghøgda (+ vel 20 %). Estimert dimensjonerende effektbehov og årlig energibehov til oppvarming og varmtvannsberedning blir da i størrelsesorden **1 MW** og **2,5 GWh/år**.

5.2 Vannbåren varmedistribusjon i alle bygg

Utbygger har bestemt at alle boligene i Tanberghøgda skal ha **vannbåren varmedistribusjon** (VBV) for romoppvarming (unntatt soverom og ikke oppvarmede rom) og varmtvannsberedning. Det vil bli installert gulvvarmeanlegg (vannrør i gulv) slik at systemet dekker varmebehovet i hele boligen. Dette skal gi meget god varmekomfort pga. optimal temperaturprofil i rommene, er usynlig, krever ikke gulv-/veggplass, er lydløst og har lavere distribusjonstemperatur enn radiatorer og viftekonvektorer. Lav distribusjonstemperatur i gulvet er viktig hvis det skal benyttes varmeløsninger som varme-pumpe, eller et annet distribusjonsnett med lav temperatur, fordi effektiviteten (COP^2) i anlegg øker med synkende distribusjonstemperatur.

Med vannbåren varmedistribusjon i alle boligenheter oppnås maksimal fleksibilitet i forhold til å velge enten lokale varmeløsninger for oppvarming og varmtvannsberedning i enkeltbygg, distribuerte oppvarmingsløsninger, som kan omfatte alt fra ett nærvarmeanlegg for hele Tanberghøgda, til flere mindre nærvarmeanlegg for grupper av bygg eller en kombinasjon av disse.

Valg av oppvarmingsløsninger vil i stor grad påvirkes av utbyggingstakt, samt omfang/varmebehov og type bygg for de ulike byggetrinnene. Andre viktige evalueringskriterier vil være teknisk egnethet, investeringskostnad, årlig driftskostnad (energibruk og energipris), driftssikkerhet/-egenskaper, innvirkning på lokalmiljø, fornybarandel/ CO_2 -utslipp og effektuttak i el. nettet.

² $COP = \text{avgitt varmeeffekt fra varmepumpen (kW) dividert på tilført elektrisk effekt for drift av anlegget (kW)}$

5.2.1 Lokale oppvarmingsløsninger for enkeltboliger

Lokale oppvarmingsløsninger er definert som anlegg som leverer varme til oppvarming og varmtvannsberedning i hver enkelt boligenhet, dvs. eneboliger, småhus, rekkehus og boligblokker. Lokale oppvarmingsløsninger som det vil være hensiktsmessig å benytte, er vurdert å være:

- **A** – Uteluft-varmepumpe (luft-til-vann-varmepumpe)
- **B** – Ventilasjonsluft-varmepumpe (kompaktaggregat)
- **C** – Bergvarmepumpe i kombinasjon med solfangere – kun boligblokk

Iht. TEK er det ikke krav til **skorsteinsløsning** hvis boligen har vannbåren varme og/eller årlig netto energibehov til oppvarming ikke overstiger kravet til passivhus, beregnet etter Norsk Standard NS 3700:2013. Det bør imidlertid vurderes om skorstein med evt. vedovn skal kreves som en reserveløsning (back-up) for eneboliger, småhus og rekkehus, i tilfelle strømbortfall. Endring i boligenes visuelle uttrykk ved installasjon av skorstein må også tas med i en slik vurdering.

Følgende varmesystemer er vurdert som uegnede løsninger i enkeltboliger på Tanberghøgda:

- *Luft/luft-varmepumpe*
 - Dekker ikke varmtvannsberedning, varmfordeling med luft og ikke vannbårent varmesystem, trenger f.eks. elektriske panelovner som spisslastvarme for oppvarming
- *Pellets-kamin uten vannkappe – romoppvarming*
 - Varmer ikke varmtvann, punktoppvarmingskilde (utnytter ikke vannbårent varmesystem), evt. støy fra vifte/mateskrue, krever tidvis hyppig påfylling av pellets, støv ved påfylling
- *Pellets-kamin med vannkappe – lokal romoppvarming og oppvarming via vannbårent system*
 - Høy minsteveltelse kan bli for høy i passivhus, ikke optimale reguleringssegenskaper, evt. støy fra vifte/mateskrue, krever tidvis hyppig påfylling av pellets, støv ved påfylling
- *Pellets-kjel*
 - For høy minst varmeytelse (også for eneboligene). Kjelsystemer m/pellets for sentral varmeleveranse er beskrevet i *Kapittel 5.2.3*.
- *Termisk solfanger – kun til varmtvannsberedning*
 - Vanligvis kun benyttet til varmtvannsberedning, 50-60% energidekningsgrad (el. kolber som tilleggsvarme), må kombineres med varmesystem for oppvarming. Visuell utfordring på tak. Best i kombinasjon med andre løsninger, og bør i tilfelle plasseres integrert i vegg.
- *Helelektrisk oppvarming – elkjel og el-varmekolber*
 - Lav energieffektivitet, belaster elnettet, spesielt på kalde dager, høy driftskostnad. Elvarmekolber kan vurderes videre i en helhetlig løsning for å ta unna spisslast, og for å bidra til grunnlast når prisen på strøm er lav
- *Kjelanlegg med bio-olje eller bio-gass*

- > Bio-oljekjel har høy ytelse (også for eneboliger), og høy driftskostnad når benyttet som grunnlast og spisslast pga. høy pris på bio-olje (FAME, HVO)³. Kan vurderes videre for å ta spisslast i en helhetlig løsning.
 - > Bio-gasskjeler er uaktuelt da det ikke finnes lokal tilgang med gassrørnett. Kan vurderes videre for å ta spisslast i en helhetlig løsning.
- *Varmesystemer for mineralolje eller naturgass/LPG*
 - > Iht. TEK17 er det ikke lenger tillatt å installere varmesystemer for fossilt brensel.

Varmepumpeanlegg for enkeltboliger

Alternativ A – Uteluft-varmepumpe (luft/vann-varmepumpe)

Luft/vann-varmepumper benytter uteluften som varmekilde, og leverer varme til oppvarming og varmtvannsberedning via et vannbårent varmesystem. Teknologien for luft/vann-varmepumper har blitt betydelig forbedret de senere årene, og de beste varmepumpene kan driftes ned mot -25 °C utelufttemperatur, og kan levere varme opp mot 60-65 °C. Dvs. at de kan driftes i kaldt innlandsklima, som på Tanberghøgda. Varmepumpeaggregatet installeres vanligvis utendørs, og tilkobles vannbårent varmesystem og varmtvannstank via rørgjennomføringer i vegg, enten kuldemedierør (direkte systemløsning), eller rør med sirkulerende frostvæske (indirekte system). Ut fra miljøhensyn bør det kun installeres luft/vann-varmepumper som benytter R32 eller propan (R290) som kuldemedium.

En luft/vann-varmepumpe er en **grunnlastkilde** som dekker en høy andel av det årlige varmebehovet, men som må kombineres med en spisslastkilde som dekker varmeeffektbehovet på årets kaldeste dager. Det er mest vanlig å benytte elektrokjel, elektrisk kassett og/eller elektriske varmekolber som spisslastkilde.

Varmeytelsen til uteluft/vann-varmepumper avtar med synkende utetemperatur, slik at de dekker en mindre andel av årlig varmebehov enn berg-varmepumper, typisk 70-80 %. Anleggenes årsvarmefaktor blir også en del lavere, pga. lavere gjennomsnittlig temperatur på varmekilden, samt at det er behov for regelmessig fjerning av rim på varmeopptaksdelen når utetemperaturen er lavere enn ca. +3 °C. Luftbaserte varmepumper må være utformet for drift i kaldt klima med bl.a. behovsstyrt avriming, samt drenerende masse under varmepumpen, for drenering av smeltevann fra avriming. Ettersom varmtvannsberedning er det dominerende varmebehovet i passivhus er det viktig at varmepumpen dekker en størst mulig andel av årlig varmtvannsbehov med høy effektfaktor (COP⁴). Årlig energisparing for en luft/vann-varmepumpe er typisk **50 %** i forhold til helelektrisk oppvarming.

Levetiden for luft/vann-varmepumper er kortere enn for bergvarmepumper, fordi de har mer krevende driftsforhold pga. en varmekilde med lav minimumstemperatur og store temperaturvariasjoner. De trenger også erfaringsvis mer ettersyn/vedlikehold.

Luft/vann-varmepumper genererer noe støy når de er plassert utendørs. Lydtrykknivå (L_{pA}) på hhv. 1 og 10 m avstand er hhv. **40-55 dBA** og **20-25 dBA**. Et varmepumpeanlegg vil driftes hele året,

³ FAME – Fatty Acid Methyl Ester, HVO – Hydrotreated Vegetable Oil

⁴ COP, effektfaktor – avgitt varmeeffekt fra varmepumpe (kW) dividert på tilført elektrisk effekt (kW)

ettersom det benyttes til varmtvannsberedning, og det er derfor viktig å velge et anlegg med lavest mulig lydtrykknivå. Anlegget installeres på høyt stativ på betongsåle, på betongvegg eller vibrasjonsdempet veggoppheng for å unngå overføring av vibrasjoner. Et tak eller luftig kabinett rundt varmepumpen vil redusere værbelastningen på varmepumpen.



Figur 5-4 Eksempler på prinsipper for luft/vann-varmepumpe samt anlegg fra ulike produsenter.

Alternativ B – Ventilasjonsluft-varmepumpe (kompaktaggregat)

Ventilasjonsluft-varmepumper installeres i boliger med balansert ventilasjonssystem, og utnytter avtrekksluften etter varmegjenvinner som varmekilde. Avhengig av type anlegg leveres varme til varmtvannsberedning (prioritert), evt. romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft (tilluft).

Denne typen anlegg benevnes ofte som kompaktaggregater, eller CVHD-anlegg⁵. Aggregatene er komplette ventilasjonsaggregater med integrert varmepumpe, og består av tillufts-/avtrekksvifter, luftfiltre på inntak/avtrekk, platevarmeveksler eller roterende varmeveksler for varmegjenvinning fra avtrekksluft, ventilasjonsluft-varmepumpe, varmtvannstank og elektriske varmeelementer (tilleggsvarme). Pga. moderat luftmengde, eksempelvis 240 m³/time for en bolig på 150 m², og begrenset varmeuttak fra ventilasjonsluften etter varmegjenvinner, vil en varmepumpe som kun benytter ventilasjonsluft (avkastluft) som varmekilde få relativt lav varmeytelse og vil stort sett bare kunne dekke boligens varmebehov til varmtvannsberedning.

Det finnes kompaktaggregater med varmepumpe som utnytter en sekundær varmekilde, og som dermed oppnår høyere varmeytelse. Anlegget kan da benyttes til både varmtvannsberedning og romoppvarming via et vannbårent varmesystem med relativt høy årlig varmeleveranse (energidekningsgrad) for varmepumpen hvilket bidrar til høyere energisparing. Aktuelle kombinasjoner:

- Ventilasjonsluft og uteluft, felles kompaktaggregat. For å øke temperaturnivået på uteluften kan den forvarmes i en 30-50 m lang jordvarmeveksler (Ø200 m plastrør lagt på ca. -1,5 m dybde)

⁵ Compact Ventilation and Heating Device (CVHD) with integrated air-source heat pump

- Ventilasjonsluft og jordvarme (varmeopptak fra plen via horisontal varmeveksler). To varmepumper med hver sin varmekilde integreres i samme i samme kompaktapparat.

De fleste kompaktapparat benytter høyeffektiv platevarmeveksler for varmegjenvinning. Ved utetemperaturer under ca. $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ vil det imidlertid være behov for forvarming av uteluften for å unngå utfrysing av fukt i avtrekksluften fra boligen. Dette bidrar til å redusere varmepumpens effektivitet. Apparatet med roterende varmeveksler (regenerativ varmeveksler) kan driftes ned til $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ uten behov for forvarming av uteluften, og er derfor mye bedre egnet for drift i kaldt innlandsklima.



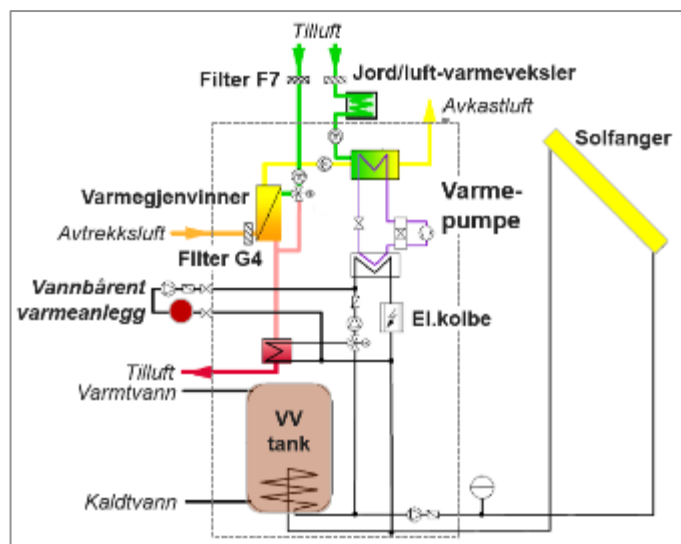
Figur 5-5 Eksempler på kompaktapparat (ventilasjonsapparat med integrert varmepumpe): 1) Varmepumpe med avtrekksluft som varmekilde, roterende varmegjenvinner, 2) Varmepumpe med avtrekksluft og uteluft som varmekilde, platevarmegjenvinner, 3) Varmepumpe avtrekksluft og jordvarme som varmekilde, platevarmegjenvinner.



Figur 5-6 Eksempel på jordvarmeveksler for forvarming av uteluft (NorOne).

Figur 5-7 gir en prinsipiell framstilling av et kompaktapparat hvor ventilasjonsluft og forvarmet uteluft via jordvarmeveksler benyttes som varmekilde for varmepumpen. Apparatet varmer varmtvann og dekker boligens oppvarmingsbehov via et vannbårent varmeanlegg. Ettervarming (tilleggsvarme) fra elektrisk varmekolbe. Det er også mulig å koble på solfangere, som kan dekke boligens energibehov til varmtvannsberedning i deler av året. I eksempelet benyttes forvarmet uteluft også som

friskluft til boligen, men det krever at jordvarmvekslersystemet utformes slik at det ikke kan oppstå bakteriell vekst da dette vil forringe luftkvaliteten.



Figur 5-7 Prinsipiell framstilling av kompakt aggregat med varmepumpe med ventilasjonsluft og forvarmet uteluft via jordvarmeveksler som varmekilde. Varmtvannsberedning og romoppvarming.

Alternativ C – Bergvarmepumpe og solfangere – kun boligblokker

Denne teknologien er presentert i Kapittel 5.2.3, Alternativ B.

5.2.2 Fleksible oppvarmingslaster – eneboliger

For varmtvannsberedning vil smart regulering inkl. effektkutt av varmtvannsberedning være avgjørende. For romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft vil byggenes termiske treghet, og varmedistribusjon være av stor betydning der en må vurdere alt fra sekund- til minutt- og time-utkobling. Grunnen til at det vil synliggjøres oppvarmingsfleksibilitet er at de denne typen fleksibilitet er billig siden den utnytter løsninger som allerede skal investeres i (f.eks. varmtvannstank) og er enkel å utnytte. Fleksibiliteten kan enkelt utnyttes fordi den enkelte beboer ikke vil legge merke til at oppvarmingen kuttes i korte perioder.

Varmtvannstank

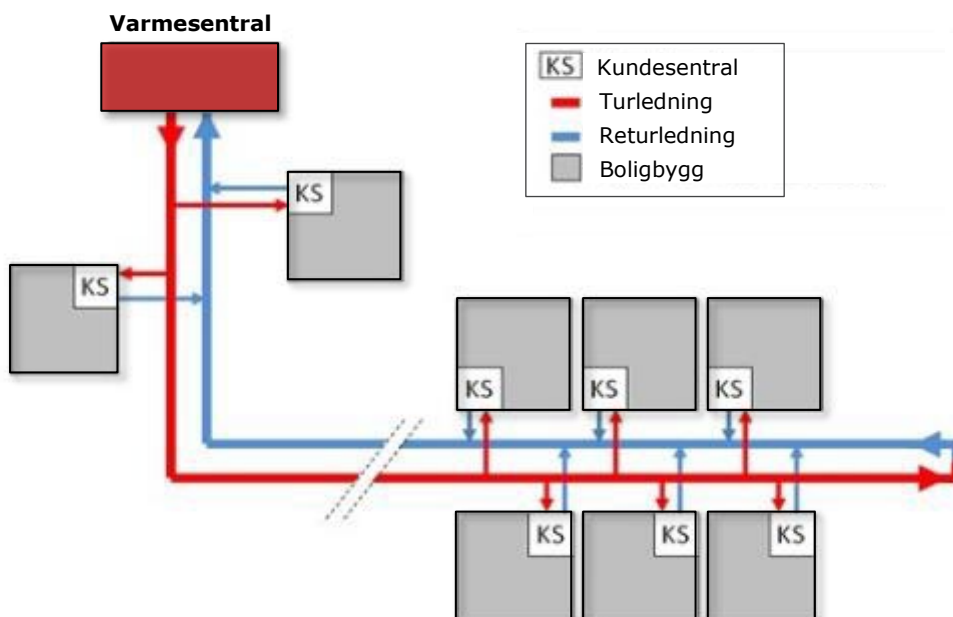


Figur 5-8: Eksempel på smart teknologi for varmtvannsberedning i boliger – el. varmekolber som kan kobles ut.

5.2.3 Sentraliserte oppvarmingsløsninger – nærvarmeanlegg

Ved en evt. sentralisert oppvarmingsløsning for Tanberghøgda vil det etableres én eller flere varme-sentraler som leverer varme til alle byggene eller grupper av bygg. Distribusjon av varmt vann via en eller flere nærvarmenett som hver består av et lukket og isolert rørsystem. Ved bruk av varmesentra-ler med mer enn 1 MW varmeytelse kalles systemet et fjernvarmeanlegg.

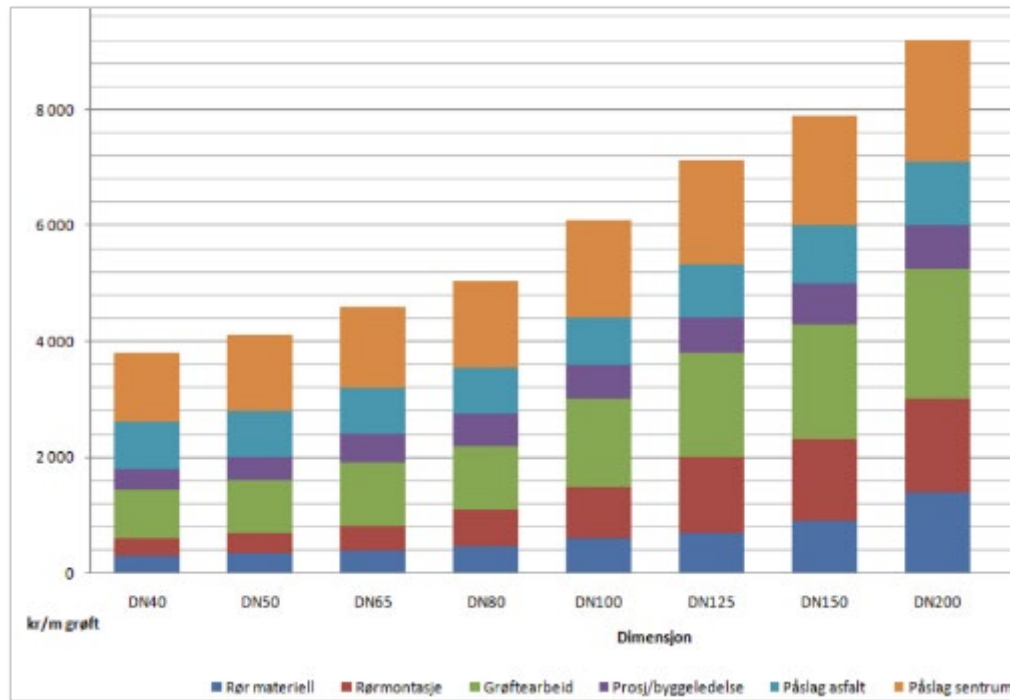
Rørene i nærarmenettet legges i grøfter, gjerne sammen med strømkabler og fiber. I hvert småhus, rekkehus og boligblokk overføres varme til det vannbårne varmesystemet via én platevarmeveksler for oppvarming og én platevarmeveksler for varmtvannsberedning (kundesentral med indirekte sys-tem). Kundesentraler leveres i prefabrikkert utførelse med platevarmevekslere, reguleringsventiler, stengeventiler, filter, elektrisk tilkobling, termisk energimåler og temperaturfølere. For varmtvanns-systemet skal det alltid benyttes en varmeveksler, men for oppvarming er det mulig å ha en direkte tilkobling til distribusjonsnettets. Direkte kobling gir en noe lavere investeringskostnad, men ved vann-lekkasjer vil imidlertid hele nærvarmenettet, dvs. den enkelte bruker, bli berørt hvilket er en stor ulempe.



Figur 5-9 Prinsipiell illustrasjon av nærvarmeanlegg med varmesentral, tur- og returledning i distribusjonsnett og kundesentraler (varmevekslersentraler) for oppvarming av boligbygg.

Varmetapet fra et nærvarmenett utgjør typisk 5-15 % av årlig overført varmemengde, jo lavere gjennomsnittlig distribusjonstemperatur desto lavere varmetap. Vannbårne varmesystemer for bygg av passivhusstandard kan dimensjoneres for lav vanntemperatur, typisk 35-40 °C, slik at det vil være Legionellesikker varmtvannsberedning som normalt er temperaturledende (>65 °C). Hvis en imidlertid etablerer et **sentralt system for Legionella-håndtering** for utbyggingsområdet vil en kunne redusere distribusjonstemperaturen til min. **50 °C**, og likevel dekke hele energibehovet til varmtvannsberedning. Alternativt kan en distribuere lavtemperatur vann i nærvarmenettet som tilfredsstiller temperaturkravet til oppvarming, og kun forvarme varmtvann. Ettervarming gjøres da lokalt i hver boenhet med for eksempel elektriske varmekolber i en varmtvannstank, eller andre spisslastløsninger.

Investeringskostnaden og lønnsomheten for et nærvarmeanlegg er i stor grad knyttet til kostnadene for etablering av distribusjonsnett (utstrekning, rørdimensjon), i forhold til årlig varmeleveranse, dvs. årlig varmeleveranse per meter rør (linjetetthet, MWh/m).



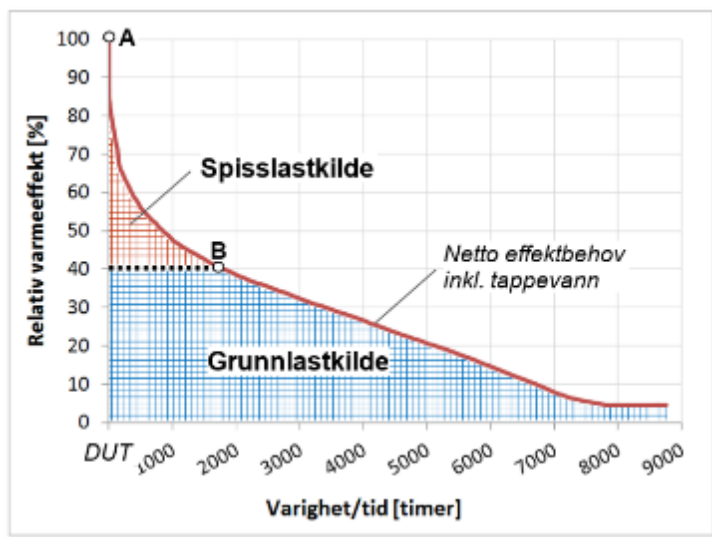
Figur 5-10 Kostnadsfordeling for nær-/fjernvarmenett – rør, montasje, grøftarbeid, ledelse, asfalt m.m. [14].

Figur 5-10 viser kostnaden [kr per meter] for totalinvestering for nærvarmenett, inkludert rørmateriell, grøftarbeider, bygging og oppfølging. For å gi en indikasjon på kapasitet så vil et DN 100-rør tilsvare en overført varmeeffekt på ca. 1 100 kW ved 30 °C temperaturdifferanse. Prisjustering til 2021 er gjort med en faktor på 1,23 [15]. Aktuelle rørtyper er Twinrør, med tur/retur-rør i samme isolasjonskappe, eller separate 2-rørssystem med tur- og returledning. Med Twinrør er det behov for mindre rørarbeider, og varmetap og rørmengde reduseres mye ift et standard 2-rørssystem. Disse finnes i rørdiametre opp til 125 mm. Ved lavere temperaturer er det mulig å benytte PEX-rør med maksimal vanntemperatur på 85 °C. Selve grøftarbeidet med prosjekt- og byggeledelse er den viktigste kostnadsposten som det er mulig å påvirke. Her vil valg av utbyggingsstrategi med samkjøring av infrastruktur og ansvar for gravearbeider være av betydning for å sikre et nærvarmenett som er kostnadsoptimalt. For Tanberghøgda vil påslag for bygging i sentrum og asfaltpåslag ekskluderes, da dette ikke er relevant. I Tanberghøgda vil Fossen Utvikling AS være byggherre for all infrastruktur, som forenkler koordinering av grøftarbeidene etter en helhetlig plan for utbyggingen.

For evt. ett eller flere nærvarmenett På Tanberghøgda er det mest aktuelt med varmeleveranse fra:

- **A** – Biofyrt kjelanlegg – pellets eller skogsflis som brensel
- **B** – Bergvarmepumpe – energibrønner i fjell som varmekilde
- **C** – Fjernvarme fra Vardar Varme AS sitt fjernvarmenett på Hønefoss

Biofyrt kjelanlegg og bergvarmepumpe er såkalte grunnlastkilder, ettersom investeringskostnaden per kW installert effekt er ganske høy, og det er ikke vil være lønnsomt å dimensjonere anlegget for å dekke det maksimale effektbehovet. En grunnlastkilde dekker typisk **85-95 %** av årlig varmebehov. For å dekke effektbehovet på årets kaldeste dager benyttes en spisslastkilde, f.eks. en bio-oljekjel. Kjelen er dimensjonert for å dekke maksimale effektbehovet som en back-up, og dekker normalt de resterende **5-15 %** av årlig varmebehov. *Figur 5-11* viser et eksempel på en prinsipiell effekt-varighetskurve (rød kurve) for oppvarming og varmtvannsberedning i en bygning. Pkt. A er dimensjonerende varmeeffektbehov ved DUT, mens pkt. B er grunnlastkildens dimensjonerende effekt. Totalt areal under kurven er årlig varmebehov hvor grunnlastkilden dekker det blå-skraverte området og spisslastkilden det rød-skraverte området.



Figur 5-11 Eksempel på prinsipiell netto effekt-varighetskurve for oppvarming og varmtvannsberedning.

Ved implementering av en sentralisert oppvarmingsløsning kan det med utgangspunkt i utbyggings-takt, effekt- og energibehov for hvert byggetrinn med småhus, rekkehus og boligblokker samt bolig-byggenes plassering og innbyrdes avstand etableres én eller flere varmesentraler som tilkobles en el-ler flere nærvarmenett som bygges gradvis ut, dvs. **trinnvis utbygging**.

Økonomiske støtteordninger

Enova SF gir i 2022 økonomisk støtte til nyetablering av produksjons- og distribusjonsanlegg for termisk energi (fjernvarmenett, nærvarmenett), samt biofyrte varmesentraler (flis, briketter, trepellets), væske/vann varmepumpeanlegg (f.eks. bergvarmepumper) og solfangeranlegg:

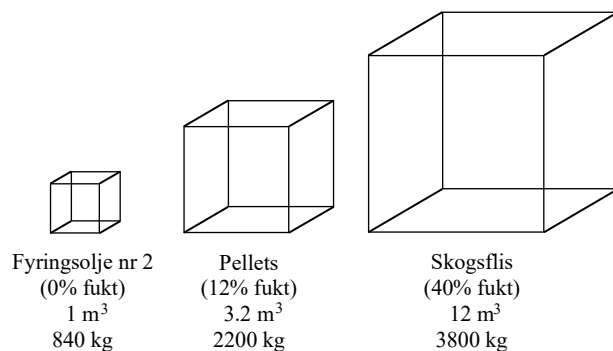
- Nyetablering av distribusjonsanlegg for termisk energi, dvs. rørnett for fjern- og nærvarmeanlegg, som bidrar til varig redusert elektrisk effektuttak i perioder med dokumenterte effektutfordringer. Støttebeløp vurderes opp mot avkastningskrav.
- Nyetablering av varmesentral, maks. 2 mill. kr og inntil 45 % av investeringen
 - > Bio-fyrt kjelanlegg (flis, briketter, trepellets), 1700 kr/kW
 - > Væske/vann varmepumpe (bergvarmepumpe), 1600 kr/kW

Alternativ A – Biofyrte kjelanlegg (trepellets, skogsflis)

Biofyrte kjelanlegg (varmesentraler) i nærvarmeanlegg kan benytte ulike brenslar hvor trepellets og skogsflis er mest aktuelle for en eller flere varmesentraler:

Brenslar

- **Trepellets** – Finmalt og tørket treavfall og tømmer som under høyt trykk er presset til små sylindriske enheter med en standard diameter på 6-12 mm. Pga. små dimensjoner kan trepellets fraktes med tankbiler. Lavt fukttinnhold (< 15 %) gjør at trepellets tåler lagring godt.
- **Skogsflis** – Flissortimentene av skogsbrensel er stammevedflis, heltreflis og grottflis, og baseres på hele trær, stammer, greiner, topper og bark. For mindre anlegg skal flis ha et fukttinnhold under 35 %. Skogsflis trenger nesten 4 ganger større lagringsvolum enn trepellets jfr. Figur 5-12.



Figur 5-12 Lagringsvolum for brenslar – mineralolje vs. trepellets 1:3,2 og mineralolje vs. skogsflis 1:12.

Biomasse som trepellets og flis er betegnet som **fornybar ressurs**, og så lenge det gjenplanter samme antall trær ansees det også som en bærekraftig ressurs. Klimagassutslipp forbundet med biomasse er begrenset til uttak, foredling og transport, der nærheten til produsent er det som er enklest å påvirke. Flisanlegg har større plassbehov og vil også kreve en større fysisk tilstedeværelse enn pellets, men vil kunne representere et langt rimeligere brensel med god tilgang lokalt.

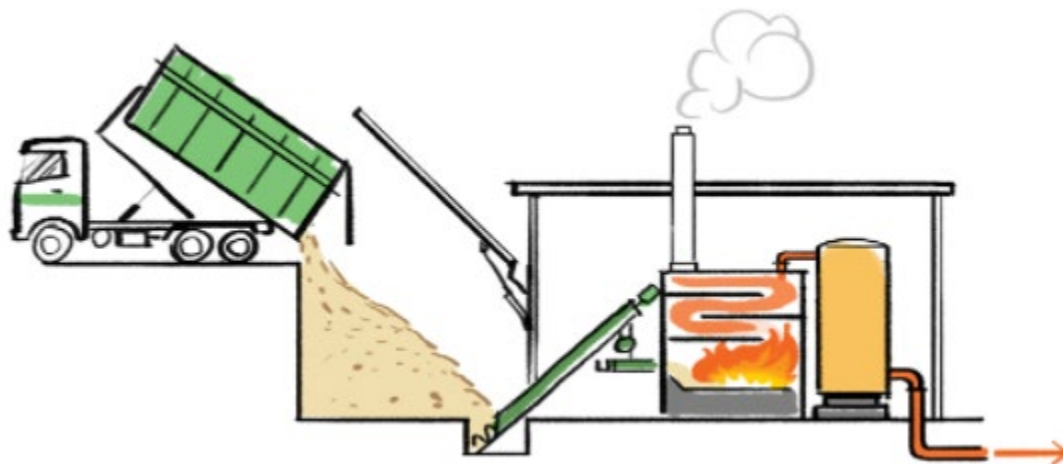
Forbrenningsanlegg

Et større forbrenningsanlegg for trepellets eller skogsflis består av følgende hovedbestanddeler:

- **Brenslslager** – tank, silo, betongkum e.l. Pga. mekanisk matesystem må utendørs trepellets- og flislager plasseres i umiddelbar nærhet til varmesentralen.
- **Matesystem** tilpasset type brensel – helautomatisk drift/overvåkning. Cellesluse forbygger tilbakebrann og kan kutte opp større biter i flisanlegg.
- **Varmesentral** – bygg m/kjelinntallasjoner (grunnlast, spisslast), skorstein m.m.
 - Biokjelanlegg som grunnlastkilde – ulike typer benyttes, brenslsavhengig – plassering innendørs eller utendørs, modulerende effekt typisk 20-30 % til 100 %, helautomatisk regulering/overvåkning, feiling og askeutmatning – ved trinnvis utbygging av nærvarmenettet kan varmesentralen bygges ut med flere kjeler i takt med varmebehovet
 - Kjelanlegg for spisslastvarme (bio-olje, bio-gass, elektro)

- > Isolert skorstein med evt. røykgassrensning (støvfilter/syklon)

Varmesentral og brenselager/matesystem bygges sammen til en kompakt enhet.



Figur 5-13 Prinsipiell framstilling av flisfyrt forbrenningsanlegg med brenselager, matesystem, kjel og skorstein.

Volumbehovet i et pelletslager er typisk 50-100 m³ for en 200 kW kjel. 50 m³ tilsvarer et lastebillass. Utendørs pelletslager har typiske dimensjoner 3 m x 4 m x 4 m (tank) og Ø4 m x 12,5 m (silo). Et flis-lager vil pga. ca. 4 ganger lavere energitetthet for brenselet bli en god del større.



Figur 5-14 Eksempler på utendørs, trepelletsfyrte varmesentraler med bygg for kjelinstallasjon samt pelletsilo med integrert skorstein (venstre – Spongdal varmesentral, høyre – Mosvik skole).

Størrelsen til eksempelanleggene er hhv. 1,5 GWh/år varmeleveranse (venstre, Spongdal varmesentral) og 500 MWh/år (høyre, Mosvik skole). Kjelanleggene er plassert i eget, eksternt bygg rett ved siden av siloen, og skorstein og pelletsilo er integrert (Nord Energi).

Trepellets er en god del dyrere enn skogsflis da det er et mer foredlet brensel, eksempelvis 40 øre/kWh vs. 27 øre/kWh (Vedlegg D) [16]. Ved sikker lokal tilgang på skogsflis og med en god fram-

forhandlet pris for et lengre tidsperspektiv vil et flisfyrt anlegg trolig gi den laveste spesifikke prisen på varme (kr per kWh levert varme), og dermed kunne oppnå best lønnsomhet.



Figur 5-15 Prinsipiell framstilling av flisfyrt varmesentral med integrert flislager og stangmater (venstre, Nordiske Industriovner) og eksempel på integrert varmesentral og flislager (Nes Arena).

Et biofyrt kjelanlegg krever **lokale leverandører** av trepellets eller flis med tilstrekkelig lav fuktighet.

- Trepellets – Moelven Soknabruket AS ved Moelven Pellets AS har nylig investert stort i et produksjonsanlegg for trepellets. Det vil her kunne produseres 80.000 tonn pellets årlig, og avstanden dit er ca 25 km fra Tanberghøgda. Prosjektet til Moelven Pellets AS har mange svært positive klimatiltak ved seg, og har mottatt betydelig støtte fra Enova til anlegget. Hallingdal Trepellets i Ål produserer også trepellets
- Skogsflis – Ringerike er Norges største skogskommune. I 2020 var ca. 7 % (2,3 GWh) av varmeleveransen til fjernvarmeanlegg på Hønefoss basert på skogsflis.

Selv om et biobrenselanlegg er helautomatisk vil det kreve gode kontroll-/vedlikeholdsrutiner, og det må etableres logistikk/rutiner for regelmessig brenselleveranse, uttak av aske osv.

Kjelanlegg

Kjeler for trepellets finnes i kapasitetsområdet fra ca. 10 kW opp til ca. 500 kW, mens kjelanlegg for flis er tilgjengelig fra ca. 50 kW og opp til flere MW. Forbrenningsvirkningsgraden er typisk 80-85 %.



Figur 5-16 Eksempler på trepellettskjel (venstre) og fliskjeler.

Biofyrte kjeler har helautomatisk regulering (brenselstilgang/luftmengde), overvåkning, feiling og askeutmatning. Kjelerne kan reguleres ned til 20-30 % av maks. kapasitet. For god regulering ved lav varmelast er det derfor behov for en **stor akkumuleringstank**. For større anlegg er det vanlig at kjelanlegget dimensjoneres som en grunnlastkilde og dekker i størrelsesorden 85-90 % av årlig varmebehov. Som spisslastkilde benyttes et kjelanlegg som fyres med f.eks. bio-olje eller bio-gass. 95 % av årlig varmebehov. Det bør vurderes videre om det kan være lønnsomt å investere i en varmekolbe som alternativt kan benyttes ved lav strømpris, fortrinnsvis om sommeren, og når også varmebehovet er lavt. Når varmekolben slår inn, så skal brennkammer i biofyren slås av, eller gå ned på et absolutt minimum.

Utslipp til luft – rensesystem for anlegg under 1 MW

Avhengig av type biobrensel og vil forbrenning kunne føre til utslipp av støv, NO_x, uforbrente gasser og partikler (CO, PAH, TOC) samt meget små mengder tungmetaller og dioksiner. Rene biobrensler inneholder få skadelige komponenter, og rensing av røykgassen omfatter først og fremst fjerning av partikler/støv. De vanligste rensesystemene er multisyklonanlegg, elektrofilter og tekstilfilter. Forbrenningsforskriften [17] regulerer utslippskrav til biobrenselanlegg over 1 MW. For **anlegg under 1 MW**, som for på Tanberghøgda, stilles det ikke spesielle krav til utslipp, og det installeres vanligvis bare **multisyklon**. I en multisyklon slynges partiklene ut av røykgassen, som settes i sirkulær bevegelse og fanges opp. Tekstil-/elektrofiltere har langt høyere renseseffekt enn multisyklonen og benyttes i de større anleggene. Med dagens teknologi blir disse for kostbare for mindre anlegg.

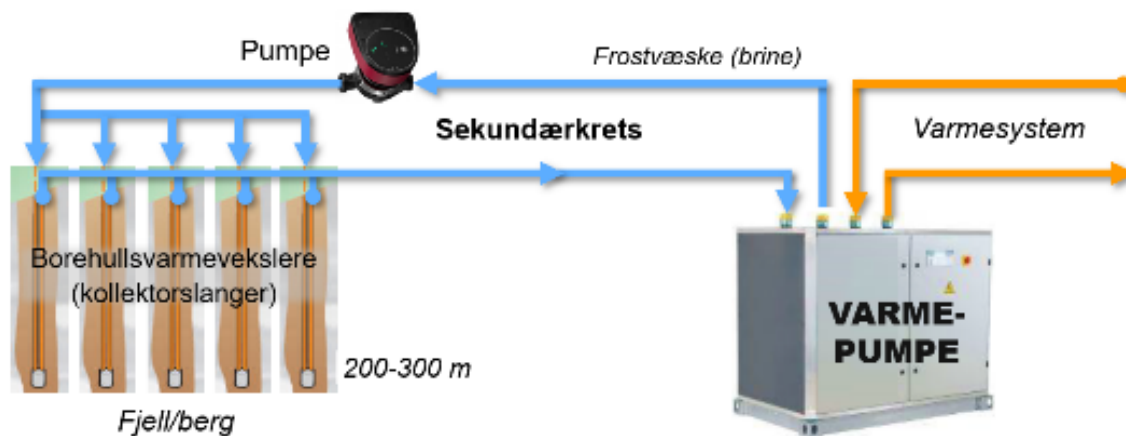
Drift og logistikk

For å unngå sjenerende lastebiltransport gjennom boligområdet, tap av utsikt fra boligene og visuell uønsket installasjon, bør en bio-fyrt varmesentral med brenselslager **plasseres utenfor boligområdet**, fortrinnsvis mot sørøst, helt i utkanten av utbyggingsområdet. Anlegget kan også installeres i kombinasjonsbygg med annen infrastruktur, som Energisstasjon I, felles avfallsanlegg, ol. Flis/pellets fyringsanlegg bør følges opp ukentlig av kvalifisert personell. Slike anlegg følges opp med en driftsordning der det i fyringssesongen er personell som kan ta utrykninger på kort varsel. Anlegg kan utformes med **akkumuleringstanker** for å sørge for en bedre drift av kjeler og en større leveringssikkerhet, med tanke på driftsforstyrrelser.

Alternativ B – Varmepumpeanlegg tilknyttet brønnpark i fjell/berg

Konsept for bergvarmepumper

Ved etablering av ett eller flere varmepumpeanlegg tilkoblet nærvarmenett er det kun **berg/fjell** som er aktuell varmekilde. På Tanberghøgda, da verken grunnvann eller ellevann er direkte tilgjengelig som varmekilde. Et varmepumpesystem som utnytter berggrunnen som varmekilde består av et gitt antall vertikale borehull (Ø115/140 mm) i fjell ned til 200-300 m dybde. I hvert borehull plasseres det en kollektorslange (plastvarmeveksler/U-rør), og alle kollektorslangene kobles sammen i parallell med et lukket rørsystem (sekundærkrets) mot varmepumpen. Rørsystemet fylles med frostvæske som sirkuleres og overfører varme fra fjellet (varmekilde) til varmepumpen. For større anlegg med mange energibrønner benevnes alle energibrønnene som en brønnpark.



Figur 5-17 Prinsipp for bergvarmepumpe. Varmeroverføring fra fjell til varmepumpe via sirkulerende frostvæske i kollektorslanger og rørsystem. Kollektorslanger i 200-300 m vertikale energibrønner i fjell.

Uteluft er en også mulig varmekilde for et sentralisert varmepumpeanlegg, men på tross av vesentlig høyere investeringskostnad har bergvarme en rekke fordeler som gjør den til et bedre alternativ, spesielt i større anlegg. Bergvarmepumper oppnår typisk 20-30 %-poeng høyere årlig energisparing pga. høyere og langt mer stabil kildetemperatur over året:

- Høyere avgitt varmeeffekt ved lave utetemperaturer (mindre behov for spisslastvarme)
- Høyere årlig varmeløse (årlig energidekningsgrad typisk 90 % vs. 70 % for uteluft)
- Høyere midlere effektfaktor, COP⁶ (SCOP⁷)
- Intet behov for avriming av varmeopptakssystemet (krever energi)

⁶ COP = avgitt varmeeffekt fra varmepumpen (kW) dividert på tilført el. effekt (kW)

⁷ SCOP = årlig varmeløse fra varmepumpen (kWh/år) dividert på årlig tilført el. energi (kWh/år)

Andre fordeler med bergvarmepumper er at varmeopptakssystem (brønnpark) er under bakkenivå og dermed usynlig/støyfritt, varmesentralen er mer kompakt, anlegget har mye lenger levetid (50 år+ for brønnpark, 20 år+ for varmepumper) og anleggene har langt færre rapporterte driftsproblemer.

Innledende vurdering av grunnforholdene på Tanberghøgda

Digitale kart fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) og geotekniske grunnundersøkelser viser følgende mht. berggrunn og løsmasser:

- Svartskifer/rombeporfyrt med **middels varmeledningsevne** (ca. 2,7 W/mK) – jo lavere varmeledningsevne desto flere energibrønner (høyere kostnad) for et gitt varmebehov
- Relativt **stor løsmassetykkelse**, ca. 20 m – behov for dyre fôringsrør i stål gjennom løsmasser
- **Silt/leir i løsmasser** begrenser varmeuttaket fra energibrønner (behov for flere energibrønner) – utfrysing av leir må unngås pga. volumreduksjon og påfølgende setningsskader ved smelting
- Antatt relativt **lav grunnvannsstand** (> 20 m) – kun vannfylt del av borehullet overfører varme

Hvis det skal etableres bergvarmepumpeanlegg med en eller flere brønnparker bør brønndybden være **300 m** pga. relativt stor løsmassetykkelse, relativt lavt grunnvannsnivå og silt/leir i løsmassene. Det må benyttes **Ø45 mm** kollektorrør (PE100/PN10/SDR17) for å oppnå moderat trykktap.

Termisk responstesting (TRT)

For bergvarmeanlegg med mer enn 2.000 m borehullsdybde (> 8 brønner á 250 m), bør det gjennomføres termisk responstesting (**TRT**) for ett eller flere borehull. Det bores en eller flere testbrønner hvor hver kollektorslange kobles til en mobil testrigg (TED). Etter at brønnen har hvilt i én uke tilføres en konstant varmeeffekt til den sirkulerende frostvæsken, og frostväsketemperaturen til og fra brønnen måles over 3 dager. Data fra TRT omfatter bl.a. grunnvannsnivå, brønnens temperaturgradient, berggrunnens varmeledningsevne og termisk borehullsmotstand, og dette benyttes til å beregne nødvendig antall brønner og borehullskonfigurasjon (brønngemetri).

Utforming av brønnpark – termisk lading for færre borehull og årlig energibalanse

I bergvarmeanlegg til enkeltvis boligbygg, hvor det kun er varmeuttak fra energibrønnene (ingen kjøleleveranse), er anbefalt minimum borehullavstand ca. **15 m**. Dette for å minimalisere innbyrdes termisk påvirkning mellom energibrønnene og oppnå god årlig termisk energibalanse, dvs. at årsmiddeltemperaturen i brønnparken holder seg relativt konstant over tid.

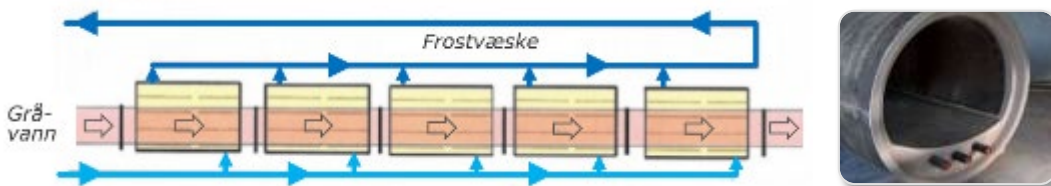
I en kompakt, stor brønnpark, som fungerer som et relativt lukket termisk energilager i fjell, vil det være behov for å tilbakeføre lavtemperatur varme til energibrønnene for å oppnå årlig termisk energibalanse og relativt konstant årsmiddeltemperatur. Da det ikke skal leveres kjøling til boligene på Tanberghøgda må det benyttes andre eksterne kilder for termisk lading. De mest aktuelle kilder er:

- Gråvann/sortvann i samleledning
 - > Moderat investering (kr/kWh)
 - > Usynlig bakkeinstallasjon – samleledning i nærhet til brønnpark – varmeleveranse hele året
- Bakkevarmeveksler/-solfanger (rørsystem i f.eks. aktivitetsplass, grøntareal og parkeringsplass)

- Relativt høy investering (kr/kWh)
 - Usynlig bakkeinstallasjon – varmeleveranse 6-8 måneder/år
- Termiske solfangere
 - Relativ høy investering (kr/kWh)
 - Utendørs, støyfri, krever oppstillingsplass (bakke, tak) – varmeleveranse 7-8 måneder/år
- Ventilasjonsluft – overføring av varme via kjølebatteri i boligblokker
 - Lav investering (kr/kWh)
 - Usynlig, støyfri. Varmeleveranse fra ca. +12/+7 °C utetemp., gir frikjøling om sommeren

Bruk av uteluft (drift av tørrkjøler m/vifte) er uaktuelt pga. støy og synlig installasjon, og kondensatorvarme fra større kuldeanlegg er ikke tilgjengelig.

Varmegjenvinning fra avløpsvann – Temperaturen på avløpsvann (grå-/sortvann) varierer typisk mellom 15 til 30 °C, og ved et større antall boenheter vil variasjonen i vannmengde over døgn/uke/måned jevnes ut. Konseptet med bruk av avløpsvann til termisk lading av brønnpark er bl.a. benyttet ved Moholt 50|50 i Trondheim (studentby) [18], hvor det er installert 5 seriekoblede, prefabrikkerte avløpsrør (Ø238 mm) fra Rabtherm Energy Solutions. Gråvannsvarmeveksleren har integrert varmeveksler i bunnen hvor frostvæsken fra brønnparken går i motstrøm med avløpsvannet.



Figur 5-18 Prinsipp for grå-/sortvannsvarmeveksler for termisk lading av brønnpark (A. Meisler, 2020).

Varmevekslerflaten er i rustfritt stål, og det er innlagt kobberinger som bidrar til å forhindre biofilm. Spesifikk varmeytelse er 2-6 kW per m² varmevekslerflate. Systemet til ca. 1,3 mill. kr med gråvann fra ca. 630 boenheter og vaskeri leverer ca. 175.000 kWh varme til brønnparken per år.

Bakkesolfanger – En bakkesolfanger kan benyttes for termisk lading av en brønnpark. I Terralun-prosjektet [19] ved Ljan skole i Oslo ble det i 2011 installert en 1400 m² bakkesolfanger under asfaltdekket for en lekeplass for termisk lading av 24 energibrønner á 200 m dybde og 7 m innbyrdes avstand. Målt varmeopptak i 2012 var ca. 110 kWh/(m²år), mens estimert verdi var i størrelsesorden 130 kWh/(m²år). Det utgjør 10-15 % av innstrålt solenergimengde i aktuell klimasone. Ved plassering av en bakkesolfanger i grøntareal og 100 kWh/(m²år) vil det eksempelvis være behov for et areal på anslagsvis 1000 m² (ett dekar) for tilbakeføring av 100.000 kWh varme per år.

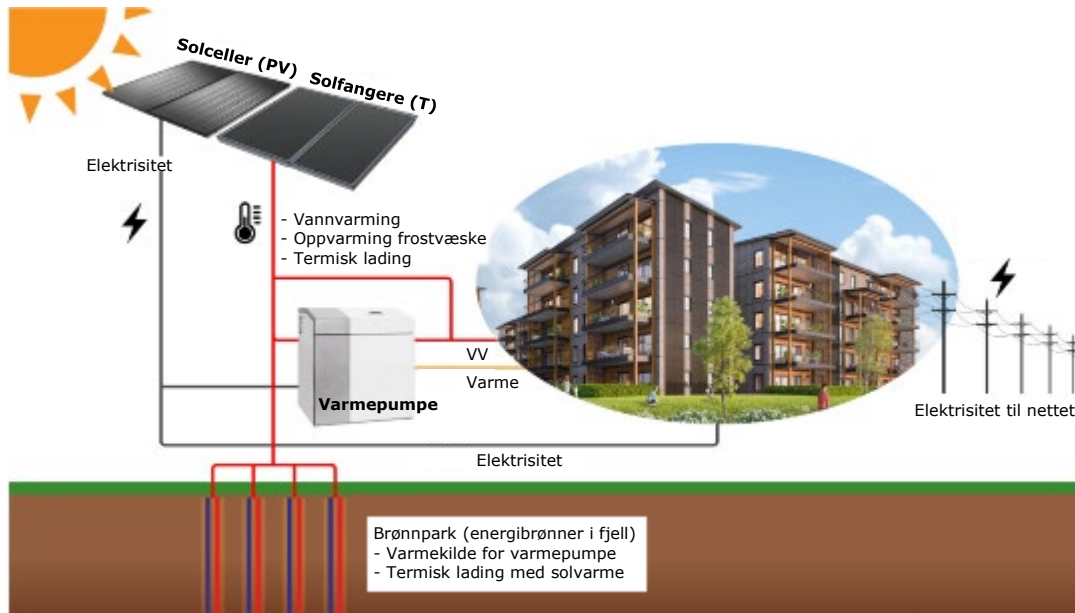


Figur 5-19 Eksempel på bakkesolfanger i TerraLun-prosjektet (Asplan Viak).

Termisk solfanger – I Norge er det vanligvis ikke lønnsomt å kombinere bergvarmepumpe og termiske solfanger. Free Energy AS har imidlertid utarbeidet et unikt konsept for optimal samkjøring av bergvarmepumpe og solfanger (HYSS [20]) for bl.a. boligblokker og leilighetsbygg. Ved høy solinnstråling er bergvarmepumpen avslått, og solvarme benyttes til varmtvannsberedning og evt. romoppvarming. Ved lavere solinnstråling benyttes solfangerne til å varme frostvæsken inn på varmepumpen slik at både varmeytelse og effektfaktor (COP) øker. Ved lav solinnstråling benyttes varmen til termisk lading av brønnparken. Systemet, som oppnår høyere energisparing enn standard bergvarmepumpeanlegg, i størrelsesorden 80 %, kan også benytte hybridpaneler (PV-T), dvs. kombinert solcellepanel (PV) og termisk solfanger (T) for samtidig varme- og elektrisitetsproduksjon. I et PV-T panel oppnår solcellene anslagsvis 10 % høyere virkningsgrad enn i et standard solcellepanel pga. lavere temperatur.

HYSS-systemet skal bl.a. benyttes i den nye bydelen Verksbyen i Fredrikstad hvor Arca Nova skal bygge 1500 plussenergi-boliger [21]. I Sverige er HYSS-systemet benyttet i bl.a. boligprosjektet Norra Vitsippan i Salem utenfor Stockholm [22]. Der er det benyttet separate termiske solfanger og solcellepaneler. På Tanberghøgda er HYSS-konseptet først og fremst egnet for boligblokkene ettersom de ligger bakerst i boligfeltet slik at solfangerne på takene ikke vil gi sjenerende refleksjon.

Figur 5-20 gir en prinsipiell framstilling av HYSS-systemet der de termiske solfangerne brukes direkte til oppvarming, til oppvarming av frostvæsken inn på varmepumpen eller til termisk lading av brønnparken for bergvarmepumpen.

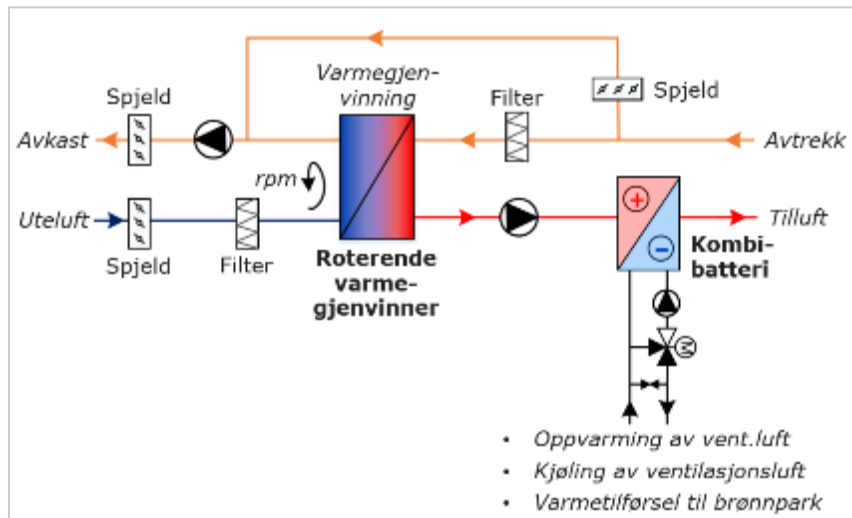


Figur 5-20 Prinsipiell framstilling av bergvarmepumpe kombinert med solfangere og solcellepaneler etter det såkalte HYSS-konseptet – optimal samkjøring av bergvarmepumpe og termiske solfangere.



Figur 5-21 Kombinert HYSS-bergvarmepumpe, solfangere og solcellepaneler, Norra Vitsippan [22].

Ventilasjonsluft – En evt. brønnpark På Tanberghøgda kan lades med varme fra ventilasjonsluft via kjølebatterier i ventilasjonsaggregater i boligblokkene. Varmegjenvinnerne i aggregatene går på maks. turtall (rpm) når det er kaldt ute og forvarmer tilluften i byggene, og evt. ettervarming dekkes med varmbatterier. Ved økende utelufttemperatur reduseres turtallet på varmegjenvinnerne slik at ønsket tilluftstemperatur oppnås (f.eks. 19 °C). Ved utetemperatur høyere enn 12 °C (evt. 7 °C) driftes varmegjenvinnerne med maks. turtall slik at luften blir overtemperert. Kjølebatterier tilkoblet et rørsystem med sirkulerende frostvæske fra brønnparken avkjøler luften til settpunkt-temperatur og varmen overføres til brønnparken. Ved høyere utetemperaturer reguleres kjølebatteriene for kjøling av tilluften (undertemperert luft, frikjøling). Dette konseptet for termisk av lading har bl.a. blitt benyttet ved Mo-holt 50|50 i Trondheim (studentby), hvor varme fra ventilasjonsluft fra 5 boligårn (630 boenheter), barnehage og bibliotek leverer ca. 130.000 kWh varme til brønnparken per år [18].



Figur 5-22 Prinsipp for termisk lading av brønnpark med varme fra ventilasjonsluft [18].

Termiske solfangere (T)

Et aktivt solvarmesystem er et system hvor det benyttes såkalte termiske solfangere til oppvarmingsformål. I Norge er det mest vanlig å benytte solfangere for **varmtvannsberedning**, og solfangerne plasseres vanligvis på tak. Det finnes ulike typer solfangere hvor de vanligste er plane solfangere og vakuumrørsolfangere. Virkningsgraden for termiske solfangere vil typisk variere fra 40 % til 80 % avhengig av type solfanger og solintensitet. På tross av noe lavere virkningsgrad er det i Norge installert flest *plane solfangere* til varmtvannsberedning da de er billigst, har lenger levetid og tåler norsk klima bedre enn vakuumrørsolfangere. I Norge dimensjoneres termiske solfangersystemer for varmtvannsberedning for typisk 40-60 % energidekningsgrad. Ettervarming med f.eks. integrerte elektriske varmekolber i varmtvannstankene dekker resterende 40-60 % av årlig varmebehov. Inaventa produserer 60 cc -moduler i valgfrie lengder som lett lar seg integrere i bygninger. Lengdetilpasningen vil da sikre en estetisk tilpasning i bygningskroppen. Slike integrasjoner avhenger av at arkitekt tilpasser vegg- eller takflater med solvendt orientering.

I sommermånedene kan man forvente en overproduksjon av solenergi. I tilfelle solfangere benyttes på boliger eller bygg for infrastruktur, så vil det være en mulig å kombinere bygningsintegrert solvarme med fjernvarme eller nærvarme-infrastruktur. Da kan overskuddsvarme som ikke utnyttes til tappevann varme returledningen på fjern/nær-varme.

Kjelanlegg med bio-olje

Kjelanlegg med biofyringsolje (BFO) har vært benyttet i kjelanlegg i Norge siden 2010. Den BFO som brukes i dag er nesten utelukkende 1. generasjons BFO, som omfatter planteolje (mais, raps osv.) samt fiskeolje, animalsk olje (slakteavfall) og resirkulert BFO. 2. generasjons BFO, som blir framstilt fra f.eks. slakteavfall eller fritryoljer eller utvunnet av trevirke, gress, tang, tare eller alger, har kun vært på markedet i noen år. 1. generasjons BFO regnes ikke som bærekraftig da produksjonen beslaglegger jordbruksland som kunne vært brukt til matproduksjon, mens **2. generasjons BFO** regnes som bærekraftig og er relativt CO₂-nøytral.

Investeringskostnadene for et BFO kjelanlegg er noe høyere enn for kjelanlegg for fossil olje. BFO har dårligere kuldeegenskaper, blir mer tyktflytende ved lave temperaturer og er mer korrosivt enn lett fyringsolje. Lagringsbestandigheten for BFO er normalt begrenset til ca. 3 år hvilket må tas hensyn til. Kvaliteten og bruksegenskapene for BFO har for øvrig blitt forbedret de senere årene.

Det er kun aktuelt å benytte et BFO kjelanlegg som **spisslastkilde og back-up** i et evt. nærvarme-anlegg På Tanberghøgda pga. høy brenselspris, i størrelsesorden **130 øre/kWh** eller mer [23].

BFO kjelanlegg krever kontroll-/vedlikeholdsrutiner, og det må etableres logistikk/rutiner for regelmessig brenselleveranse, rensing av kjel osv. Forbrenning av BFO gir utslipp av bl.a. NOX og partikler samt komponenter som kan gi sekundær forurensning pga. luftkjemiske reaksjoner. Bruk av best tilgjengelige forbrenningsteknologi og evt. rensing vil bidra til å minimalisere utslippene.



Figur 5-23 Eksempel på kjelinstallasjoner beregnet for bio-olje (Parat Varme).

Kjelanlegg med bio-gass

Biogass består bl.a. av metan og CO₂, og dannes når organisk materiale brytes ned av mikroorganismer uten tilgang på oksygen. Organisk materiale kan være f.eks. husdyrgjødsel, slam, matavfall, fiskeavfall og energivekster (korn, mais, raps). Metanandelen i utvunnet bio-gass er typisk 50-60 %, og bio-gassen må renses til minimum 95 % metanandel for å kunne benyttes i kjelanlegg.

Et bio-gassfyrte kjelanlegg består av lagringstank (under bakken), fordamper, kjelinstallasjon og skorstein. Lagring og bruk av naturgass i gassfyrte kjeler er kjent teknologi i Norge, men biogass er foreløpig lite brukt i kjelanlegg. Det finnes en del produksjonsanlegg for bio-gass i Norge, og flere er under planlegging [24]. Det finnes imidlertid lite og ingen infrastruktur for transport av biogass. Bio-gasskjeler har høyere virkningsgrad enn bio-oljekjeler (> 85 %).

Investeringskostnadene for et biogass-fyrte kjelanlegg er en del høyere enn for et kjelanlegg for bio-olje pga. dyrere lagertank med fordamper osv. Kjelanlegget krever kontroll-/vedlikeholdsrutiner, og det må etableres logistikk/rutiner for regelmessig brenselleveranse osv. Bio-gasskjeler er lettere å drifte enn bio-oljekjeler da det ikke er behov for feiling av kjel pga. rent brensel, samt at gasskjeler har bedre reguleringsegenskaper (trinnløs regulering) med modulerende brenner.

Det er først og fremst aktuelt å benytte et bio-gassfyrte kjelanlegg som **spisslastkilde og back-up** i et evt. nærvarme-anlegg. Ifølge Lyse energi koster bio-gass i størrelsesorden **70 øre/kWh** pluss spotpris om vinteren ved et forbruk over 150.000 kWh/år. Pristaket er for tiden på 130 øre/kWh.

Det er tilgang på **lokalt produsert biogass** fra Hadeland og Ringerike Avfallsselskap (HRA) sitt anlegg ved Trollmyra i Jevnaker. Biogassen er produsert fra husholdningsavfall og renses til ønsket kvalitet med membranteknikk (Bio-CNG⁸, 92-98 % metan).

Forbrenning av bio-gass fører til utslipp av bl.a. NO_x og CO₂. Bruk av beste tilgjengelig forbrenningsteknologi og evt. rensing reduserer NO_x-utslippene til under myndighetenes grenseverdier. Bio-gass regnes som relativt CO₂-nøytral med et spesifikt CO₂-utslipp på ca. 10% av fyringsolje.



Figur 5-24 Eksempel på kjelinstallasjoner beregnet for bio-gass (SGP AS).

Elektrokjel

Det finnes to typer elektrokjeler, elementkjeler og elektrodekjeler, hvor elementkjeler er klart mest benyttet. Elementkjeler, som baserer seg på oppvarming av vann gjennom elektrisk motstand, har ytelser fra ca. 10 kW til 2 MW per enhet. Kjelvirkningsgraden er meget høy (> 95 %, kun varmetap). Kjelerne har mange effekttrinn (20-30 trinn), og har dermed gode reguleringsegenskaper. Elektrokjeler har relativt lav investeringskostnad pga. enkel oppbygging, men hvis det er behov for installasjon av transformator blir kostnadsnivået vesentlig høyere.



Figur 5-25 Eksempler på elektrokjeler i ulike kapasitetsklasser (Varmesystemer, Värmebaronen).

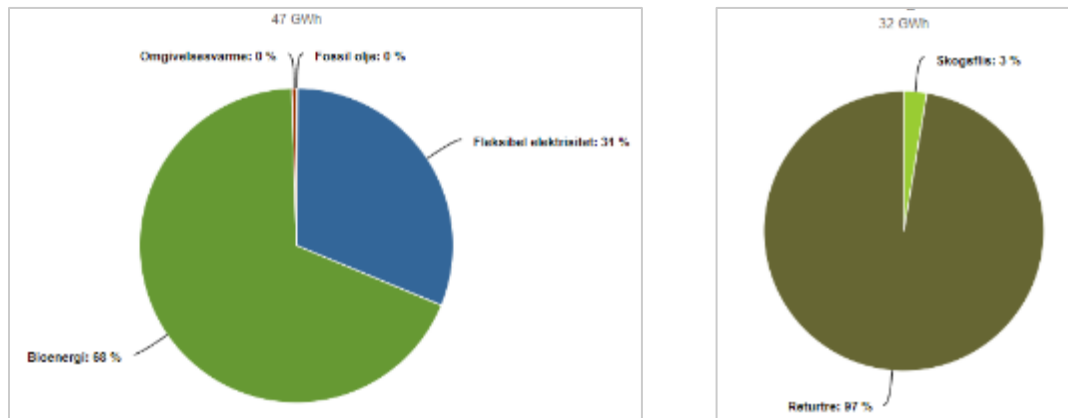
⁸ Bio Compressed Natural Gas

Elektrokjeler, som dekker hele varmebehovet eller spisslastbehovet i et nærvarmeanlegg, vil ha høy driftskostnad pga. relativt sett høy elpris, spesielt om vinteren, når varmebehovet er størst [23]. Elprisen forventes å være høy de kommende år. Det kan innføres det en ny tariffstruktur hvor nettleien består av et energiledd (pris per kWh forbruk) og et fastledd (kapasitetsledd), som er direkte knyttet til maks. timesforbruk per måned (kWh per time). Tariffstrukturen vil påvirke hvilken løsning som egner seg best i Tanberghøgda.

Alternativ C – Fjernvarmeleveranse til nærvarmenett på Tanberghøgda

Fjernvarme er en solid og fleksibel form for varmforsyning, og det finnes fjernvarmeanlegg i mange byer over hele landet, for oppvarming og varmtvannsberedning. Et fjernvarmeanlegg har samme oppbygging og funksjon som et nærvarmeanlegg (Kapittel 5.2.3) med en eller flere varmesentraler, og distribusjonsnett for varmtvann, med varmeleveranse til et større antall industri-/nærings-/boligbygg. For å kunne kalles et fjernvarmeanlegg må dimensjonerende varmeeffekt være minst 1 MW.

Vardar Varme AS har et 35 km langt fjernvarmenett på Hønefoss med **47 GWh** varmeproduksjon (2020). Anlegget har én varmesentral på Follum (nord) og én varmesentral på Hvervenkastet (sør), og varmeleveransen var i 2020 basert på ca. **70 % bioenergi** (97 % returtre, 3 % skogsflis), og 30 % fleksibel elektrisitet. Vedlegg E viser konsesjonsområdet for fjernvarme og eksisterende fjernvarmenett.



Figur 5-26 Varmeproduksjon i fjernvarmenettet på Hønefoss i 2020 (Vardar Varme, 2020).

Vardar Varme AS har kapasitet til å dekke oppvarmingsbehovet til Tanberghøgda. I tilfelle må det etableres en varmevekslersentral (hydraulisk skille) på akseptabel høydekote grunnet trykkbegrensning i eksisterende fjernvarmenett. En plassering av hydraulisk skille på 100 moh, ca. +25-30 m i forhold til Hønefoss er akseptabelt. Utbyggingsområdet på Tanberghøgda ligger på mellom 140-170 m.

Evt. leveranse må tas fra eksisterende nett på Schjongslund, hvor det er nok kapasitet. Ved bygging av ei ny gang- og sykkelbru for kryssing av Storelva mellom USN Campus Ringerike og Schjongslund, vil fjernvarmeledningen kunne festes til brua og dette gir moderate kostnader i forhold til andre alternativer. Tilsvarende løsning for levering av brannvann til Schjongslund er også diskutert.

Vardar Varme AS kan også bistå med leveranse av varme til utslippsfri oppvarming, da enten med mobile løsninger, eller fra varmesentral, hvis denne er ferdig. Andre aktører i anleggsbransjen har flere parallelle satsninger som frem mot 2025, som sannsynlig gir løsninger for entreprenører og utbyggere som sikrer en smidig leveranse av byggvarme byggeplass.

Ved vurdering av fjernvarmealternativet er grensesnittet for fjernvarmeleveranse av meget stor betydning. Dvs. om Vardar Varme AS kun skal dekke utbygging fram til varmeveksler-sentral (trykkskille), og at utbygger selv står for utbygging av nærvarmenettet. Eller om Vardar Varme AS også står for utbygging av nærvarmenettet, og leverer varme i abonnent-sentrales i de enkelte bygg på Tanberghøgda.

5.2.4 Vurdering av egnethet ut fra utvalgte kriterier

For Tanberghøgda er hver oppvarmingsteknologi som er presentert i *Kap. 5.2.1* (lokale oppvarmings-løsninger) og *Kap. 5.2.3* (nærvarmeanlegg) vurdert ut fra "egnethet" for følgende kriterier med en skala fra 1 (Dårlig) til 4 (Utmerket) – score. Faktorene har fått vektning 1 eller 2. Avhengig av score og vektning per kriterium har hver teknologi fått en gjennomsnittsscore som kan benyttes til å vurdere hvor aktuell teknologien er i dette utviklingsprosjektet. Vektning av hvert kriterium er avhengig av hvor viktig kriteriet er vurdert å være, dvs. en subjektiv vurdering, og er vist i **rødt** for hver faktor. Resulta-tet, som er presentert i *Tabell 5-1*, er kommentert/evaluert i det etterfølgende.

Skala	4 – Utmerket	3 – God	2 – Middels	1 – Dårlig
-------	--------------	---------	-------------	------------

Presentasjon av kriterier

A. Teknisk egnethet (2)

Teknisk egnethet er avhengig av teknologiens modenhet (TRL, Technology Readiness Level), dvs. om den er godt gjennomprøvd eller på prototypnivå, stedlig egnethet (f.eks. grunnens beskaffenhet for bergvarmepumper, berggrunn/løsmasser/grunnvannsnivå), lokal tilgang på drivenergi/varme (f.eks. trepellets/flis for biofyrt kjelanlegg og fjernvarme samt evt. begrensninger i nettkapasitet for elektrisi-tet). Jo mer moden og godt utprøvd teknologi og jo bedre stedlig egnethet og lokal tilgang på drive-nergi, desto høyere score.

B. Investeringskostnad (1)

Investeringskostnad (kr) er knyttet til kompleksitet og omfang av utstyr. Komplekse tekniske installa-sjoner koster mer enn enklere installasjoner, og utstyr som nylig har kommet på markedet (innova-tivt) vil ha høyere kostnad enn utstyr som har vært på markedet i lengre tid (moden teknologi). Høy investeringskostnad vil kunne være en begrensning. Det er ofte en direkte sammenheng mellom inve-steringskostnad og driftskostnad da kostbart utstyr generelt sett er mer energieffektivt enn billig ut-styr. Jo lavere investeringskostnad desto høyere score for oppvarmingsteknologien.

C. Driftskostnad (2)

Årlig driftskostnad (kr/år) er direkte avhengig av pris (kr/kWh) for aktuell energibærer (elektrisitet, bioenergi, fjernvarme osv.), samt teknologiens effektivitet (virkningsgrad, SCOP/energiutbytte), og dermed årlig energibruk (kWh/år). Kjelinstallasjoner oppnår årsvirkningsgrad fra 70-95 %, avhengig av type energibærer, kjelutforming/-regulering og lastnivå, mens varmepumper oppnår typisk en midlere effektfaktor (SCOP), mellom 3 til 5, avhengig av type varmekilde og temperaturnivå i varmesystem. Jo lavere relativ årlig driftskostnad, desto høyere score for oppvarmingsteknologien.

D. Driftssikkerhet og driftsegenskaper (1)

Driftssikkerhet og driftsegenskaper bestemmes av erfart oppetid på teknisk utstyr (robusthet) og behov for service pga. driftsproblemer. Årlig vedlikeholdsbehov samt evt. behov for kompetent driftspersonale for drifting/tilsyn av anlegg inngår også her. Driftssikkerhet, vedlikeholdsbehov og behov for drifting/tilsyn er avhengig av type teknologi og teknologiens kompleksitet. Jo høyere erfart oppetid og lavere behov for service/vedlikehold/overvåkning, desto høyere score for oppvarmingsteknologien.

E. Innvirkning på lokalmiljø (1)

Lokal miljøpåvirkning er knyttet til teknologiens påvirkning på lokal luftkvalitet (utslipp av støv, uforbrente gasser osv.), støy (dBA over bakgrunnsnivå) og visuell belastning (synlige/"skjemmende" installasjoner). CO₂, NO_x og SO₂ inngår ikke her. Jo mindre lokal miljøpåvirkning, desto høyere score.

F. Fornybar energi og CO₂-utslipp (2)

Eksempel på helt eller delvis fornybare kilder for oppvarming er solenergi, bioenergi (trepellets, flis, bio-olje), omgivelsesvarme/spillvarme (fjell/berg, uteluft, avkastluft osv. – varmepumper). Årlige CO₂-utslipp er avhengig av årlig energibruk (kWh/år) og spesifikt CO₂-utslipp for aktuell energibærer, vanligvis oppgitt i CO₂-ekvivalenter. SINTEF Byggforsk og Breem-Nor oppgir følgende CO₂-faktorer for energibærere: *elektrisitet* – Nordisk middel 130 g CO₂/kWh_{el}, *flis* – 4 til 15 g CO₂/kWh_{th}, *pellets* – 7 til 30 g CO₂/kWh_{th}, *bio-olje* – 50 g CO₂/kWh_{th} og *biogass* – 25-30 g CO₂/kWh_{th}. Jo høyere fornybarandel i årlig varmeleveranse, desto lavere CO₂-utslipp fra oppvarmingssystemet, og desto høyere score.

G. Maks. el. effektbehov (2)

Overføringsnett for elektrisitet i Norge består av sentralnett (400/300 kV), regionalnett (66/132 kV) og lokale distribusjonsnett (22 kV, 400/230 V). Oppvarmingsteknologi som helt/delvis er basert på bruk av el. som energibærer belaster overføringsnett på årets kaldeste dager. Med økt elektrifisering av samfunnet for transport, industri og sokkel vil dette medføre behov for kostbar oppgradering av overføringsnett. I dag er det økende fokus på implementering av tiltak for begrensnig av effekt-topper i overføringsnett, for å minimalisere behovet for oppgradering og utbygging av el. nett. Et eksempel på tiltak er endring av nettleien for privathusholdninger, som fra 1. januar 2022 kun vil være bestemt av timesmaksforbruket per måned gitt av antatt kWh per time. Jo lavere maks. el. effektbehov for oppvarming, desto høyere score for oppvarmingsteknologien.

H. Risiko og framdrift (2)

Bruk av visse teknologiske løsninger vil gi høyere risiko for redusert framdrift i utbyggingsprosjektet, bl.a. pga. teknologiens egenart og evt. uforutsette, lokale forhold. Velprøvde oppvarmingsløsninger

brukt i enkeltboliger/-leiligheter vil ha lavere risiko enn sentraliserte løsninger. Jo mindre risiko og mulig negativ innvirkning på utbyggingsprosjektets framdrift, desto høyere score.

I. Markedspotensial i norsk marked (1)

Oppvarmingsteknologier vil, avhengig av teknologisk modenhet og markedsinngrep, omfatte alt fra teknologi som ennå ikke er introdusert i markedet, til moden teknologi. Det kan også være teknologier som hver for seg er vel etablerte, men hvor kombinasjoner av teknologiene ikke har vært benyttet i særlig grad. Det finnes teknologier som benyttes i stort omfang i dag, men som pga. endrede rammebetingelser forventes å få vesentlig lavere markedsandel i årene framover, og kanskje fases helt ut. Jo høyere markedspotensial i dag, og jo større potensial for økt framtidig bruk, desto høyere score.

Vektingsfaktorer

Av de 9 faktorene for "egnethet" for de presenterte oppvarmingsteknologiene har følgende 5 faktorer fått vektning 2, dvs. at de er vurdert å ha høyere viktighet enn de 4 andre.

- **Teknisk egnethet** – For Tanberghøgda er det viktig at oppvarmingsteknologiene er godt gjennomprøvet, og har best mulig stedlig egnethet, ettersom dette i stor grad påvirker "Risiko og framdrift" i prosjektet. Ut fra et miljøperspektiv er det viktig at det er best mulig tilgang på lokal/"korteist" drivenergi (f.eks. elektrisitet/nettkapasitet, flis/pellets/bio-olje/biogass for kjelanlegg, fjernvarme).
- **Driftskostnad** – Utbygger Fossen Utvikling AS med konsern ønsker å ta langsiktige posisjoner, og da er moderat årlig driftskostnad for valgt oppvarmingsteknologier en viktig faktor. Kundene, dvs. boligene, skal oppleve en lav pris på oppvarming, ved at Fossen Utvikling AS vil gjøre levering av energi i Tanberghøgda som et forretningskonsept. I driftskostnaden inngår prisen for energibærer og virkningsgrad/COP for oppvarmingsteknologien, dvs. årlig energibruk. For elektrisitet er det knyttet stor usikkerhet til framtidig prisnivå. Ved evt. bruk av flisfyringsanlegg eller fjernvarmetilkobling er det helt avgjørende å kunne framforhandle en moderat pris og ha trygghet for langsiktig brensels/varmeleveranse.
- **Fornybar energi og CO₂-utslipp** – Fossen Utvikling AS har stort fokus på miljø, og har bl.a. søkt den internasjonale miljøsertifiseringen CEEQUAL for infrastrukturen i Tanberghøgda. I prosjektet er "verdifull lokalprodusert fornybar energi" en av de fire prosjektmålsettingene ved utvikling av energikonsept. Dvs. at det ønskes bruk av fornybare energikilder som gir lavt årlig CO₂-utslipp.
- **Maks. el. effektbehov** – Det er viktig å unngå periodevis høyt el. effektbehov i bygningsmassen, spesielt på kalde dager, da kapasiteten for overføringsnett må bygges ut i forhold til dette. Nettutbygging er kostbart. Oppvarmingssystemer med moderat og/eller utjevnet elektrisk last, eller systemer basert på andre energibærere enn elektrisitet, er derfor å foretrekke.
- **Risiko og framdrift** – I et stort utbyggingsprosjekt som Tanberghøgda er det essensielt å sikre best mulig teknisk/økonomisk gjennomførbarhet, og redusere risiko i alle faser av prosjektet. Lav risiko oppnås bl.a. ved bruk av kjent teknologi og mest mulig forutsigbare rammebetingelser.

Tabell 5-1 Overordnet vurdering av oppvarmingsteknologier og egnethet (A-I). Vekting av de ulike faktorene er vist i **rødt** bak bokstaven.

		A (2)	B (1)	C (2)	D (1)	E (1)	F (2)	G (2)	H (2)	I (1)	
Enebolig, småhus, rekkehus og blokk		Teknisk egnethet	Investerings-kostnad	Drifts-kostnad	Driftssikkerhet -egenskaper	Innvirkning lokalmiljø	Fornybar & CO ₂ -utslipp	El. effekt-behov	Risiko og framdrift	Markeds-potensial	Veid gj.snitt
1	Varmepumpe - berg (kun blokk)	2	1	4	3	4	3	3	2	3	2,8
2	Varmepumpe - Hyss (kun blokk)	2	1	4	3	4	3	3	2	3	2,8
3	Varmepumpe - uteluft	3	3	3	3	3	2	2	4	3	2,9
4	Varmepumpe - kompakt aggregat	3	3	2	3	4	2	2	4	3	2,8
5	Helelektrisk oppvarming	4	4	1	4	4	1	1	4	3	2,6
Nærvarmeanlegg med varmesentral		Teknisk egnethet	Investerings-kostnad	Drifts-kostnad	Driftssikkerhet -egenskaper	Innvirkning lokalmiljø	Fornybar & CO ₂ -utslipp	El. effekt-behov	Risiko og framdrift	Markeds-potensial	Veid gj.snitt
6	Bio-kjel - trepellets (grunnlast)	4	2	2	4	3	4	4	3	4	3,4
7	Bio-kjel - skogsflis (grunnlast)	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3,4
8	Varmepumpe - berg (grunnlast)	2	1	3	3	4	3	3	2	4	2,7
9	Varmepumpe - berg/solfanger (grunnlast)	2	1	4	3	4	3	3	2	3	2,8
10	Fjernvarme Hønefoss (Vardar Varmer AS)	3	2	3	4	4	3	4	3	4	3,3
11	Gasskjel (biogass) - fullast	3	2	2	4	3	4	4	3	1	3,0
12	Gasskjel (biogass) - spisslast	3	2	3	4	3	4	4	3	2	3,2
13	Oljekjel (bioolje, 2 gen.) - fullast	3	3	1	3	3	4	4	4	1	3,0
14	Oljekjel (bioolje, 2 gen.) - spisslast	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3,6
15	Elektrokjel - fullast	4	4	1	4	4	1	1	4	1	2,5
16	Elektrokjel - spisslast	4	4	2	4	4	1	1	4	3	2,8

A – Teknisk egnethet

B – Investeringskostnad

C – Driftskostnad

D – Driftssikkerhet/-egenskaper

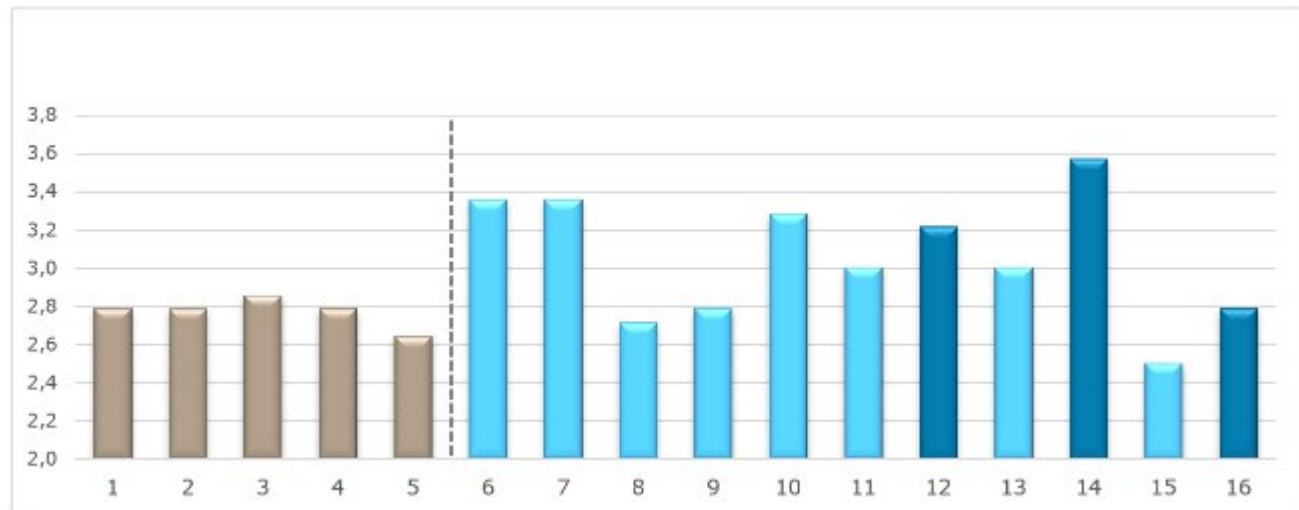
E – Innvirkning på lokalmiljø

F – Fornybar energi og CO₂-utslipp

G – Maks. elektrisk effektbehov

H – Risiko og framdrift

I – Norsk markedspotensial



5.2.5 Diskusjon – aktuelle oppvarmingsløsninger

Oppvarmingssystemer for enkeltboliger – luftbaserte varmepumper

Individuelle oppvarmingssystemer for enkeltboliger er først og fremst aktuelt for eneboligene i Byggetrinn 1. Disse boligene ligger et stykke utenfor resten av utbyggingsområdet, og p ga. relativt lavt årlig varmebehov, og dermed lav linjetetthet, vil kostnaden for framføring av rør i et nærvarmenett kunne bli uforholdsmessig høy (ulønnsomt). Eventuell tilkobling av disse boligene til et nærvarmenett må vurderes gjennom en teknisk/økonomisk analyse på et senere tidspunkt ved planlegging av nærvarmenettet for resten av utbyggingsområdet.

Uteluft-varmepumper (luft/vann-varmepumper) og ventilasjonsluft-varmepumper (kompaktaggregater) f r tilnærmet samme vektede, gjennomsnittlige poengsum. Ettersom luft/vann-varmepumper utnytter en varmekilde uten begrensning på uttak, dekker de en betydelig andel av årlig romvarmebehov. Kompaktaggregater (som Flexit) utnytter en begrenset intern varmekilde, som vanligvis kun dekker boligens varmtvannsbehov.  rlig energisparing og dermed årlig energibehov til oppvarming blir dermed lavest med luft/vann-varmepumper. En ulempe med noen luft/vann-varmepumper er at aggregatene må plasseres utendørs (synlig installasjon) samt at de genererer noe støy, også om sommeren p ga. varmtvannsberedning. De beste luft/vann-aggregatene har imidlertid lavt støynivå. Den største fordelene med kompaktaggregater er at ventilasjonsaggregat (vifter, varmegjenvinner, filter), varmtvannstank og varmepumpe er en integrert enhet som er montert innendørs.

Luft/vann-varmepumper vurderes å være beste tekniske løsningen for eneboliger. Dersom denne teknologien blir valgt er det svært viktig å velge aggregater/systemer av høyeste kvalitet mht. systemløsning, driftstekniske egenskaper (lav stopptemperatur, effektivt avrimningssystem, effektiv varmtvannsberedning), høy energieffektivitet (høy COP ved ulike driftsbetingelser), lavt støynivå osv. Det er også viktig at installasjonen av utedelen gjøres korrekt jfr. Kapittel 5.2.1.

N rvarmesystem – varmesentral

Nærvarmenett

I denne rapporten er det ikke foretatt en vurdering av om hvordan nærvarmenettet skal utformes i detalj, og om hvordan nettet skal bygges ut etappevis, med hovedledninger og stikkledninger. Detaljprosjektering krever bl.a. endelig tallunderlag for dimensjonerende effektbehov og årlig energibehov for de enkelte boligbyggene, endelig fastsatt plassering av byggene, samt bedre kunnskap om lokale grunnforhold. I tillegg må dimensjonerende distribusjonstemperatur bestemmes. Det er igangsatt en ny «volummodell» for boligene og barnehagen i Fase 1. Denne vil trolig fastsettes inn kort tid, og vil gi grunnlag for detaljprosjektering av nærvarmenettet i Fase 1. Et lavtemperaturnett (< 50  C) vil gi lavt årlig varmetap og krever et **fellessystem for legionellasikring**, for trygg varmtvannsberedning.

Kjelsentral – trepellets eller skogsflis

En kjelsentral basert på **trepellets** eller **skogsflis** som grunnlastkilde kommer ut med høyere vektet, gjennomsnittlig poengsum enn en kjelsentral med bio-olje eller bio-gass. Hvis det kan framforhandles en avtale med sikker leveranse av skogsflis over en lang tidsperiode vil dette være det mest lønnsomme biokjelalternativet da prisen for skogsflis i dag er omtrent halvparten av trepellets. p ga. mer uensartet brensel vil vedlikeholdsbehovet for et flisfyrt anlegg være noe høyere

og det er litt større risiko for driftsstans. Ved driftsstans på biokjelene vil spisslastkjelen koble inn (back-up) slik at varmeleveransen opprettholdes.

Ettersom utbyggingsprosjektet vil foregå over 10-15 år må kjelsentralen bygges ut i trinn ut fra estimert effekt- og energibehov for hvert byggetrinn. Dvs. at en kjelsentral som skal forsyne alle tre byggetrinnene vil f.eks. kunne ha minst 3 kjeler, eventuelt med ulike kapasiteter, for best mulig reguleringsegenskaper. Oppbygging og dimensjonering av en biofyrte kjelsentral med brenselslager/matesystem og kjelinstallasjon må prosjekteres ut ifra plan for utbygging av boliger med nærvarmenett.

For å unngå sjenerende lastebiltransport gjennom boligområdet, tap av utsikt fra boligene og visuell uønsket installasjon bør en biofyrte varmesentral med brenselslager plasseres i randsone av utbyggingsområdet.

Fjernvarme fra Vardar Varme AS

Fjernvarme basert på returtre, skogsflis og fleksibel elektrisitet leveres i dag til abonnenter i Hønefoss sentrum til en fastpris på omkring 95 øre/kWh. Vardar Varme AS har signalisert at det kan være aktuelt å tilby fjernvarme til Tanberghøgda, ettersom de har nok kapasitet i varmesentralene og nettet. Det kan da legges en overføringsledning fra Schjongslund over elva og opp til en varmevekslersentral (trykkskille). Kostnadsfordelingen av investering i infrastruktur for fjernvarme er av stor betydning, og en kan tanke seg at Vardar Varme AS lever fjernvarme til ett punkt i Tanberghøgda, og at Fossen Utvikling AS med får ansvaret for å bygge (og eie) distribusjonsanlegget. Denne løsningen vil settes opp mot egen investering i et eget nærvarmeanlegg etter en ren kost-/nyttevurdering.

Bergvarmepumpe

En varmesentral med en bergvarmepumpe tilknyttet en eller flere brønnparker i fjell er i mange tilfeller en veldig aktuell løsning. Grunnforholdene i Tanberghøgda er ikke de beste egnede til formålet. Berggrunnen har moderat varmeledningsevne, løsmassetykkelsen er relativt stor, det er silt/leir i løsmassene, og relativt lav grunnvannsstand. Dette bidrar til å øke nødvendig antall energibrønner, og med det kostnadene. En evt. brønnpark på Tanberghøgda bør etableres med ett eller flere systemer for tilbakeføring av lavtemperatur varme til energibrønnene (termisk lading), hvilket vil bidra til økte kostnader og redusert lønnsomhet. Selv om varmepumper bruker vesentlig mindre strøm enn elektriske oppvarmingssystemer vil en høy framtidig strømpris likevel kunne gi relativt sett høy årlig driftskostnad. Samlet sett kommer derfor alternativet med bergvarmepumpe dårligere ut enn både bio-fyrte kjelsentral med trepellets/skogsflis og fjernvarme.

Spisslast for evt. biofyrte kjelsentral

I en større varmesentral med biofyrte kjeler (trepellets/skogsflis) vil kjelinstallasjonen dimensjoneres som en grunnlastkilde pga. relativt høy spesifikk investeringskostnad (kr/kW), tilsvarende vil også gjelde ved å knytte seg til Vardar Varme AS sitt fjernvarmeanlegg. Som spisslastkilde og som reservelast (back-up) benyttes en billigere kjelinstallasjon basert på bio-olje, bio-gass eller elektrisitet. En kjelinstallasjon basert på **bio-olje** eller **bio-gass** får tilnærmet samme vektete, gjennomsnittlige poengsum. En bio-gasskjele har bedre reguleringsegenskaper med modulerende (trinnløs) brenner, høyere virkningsgrad og lavere vedlikeholdskostnad enn en bio-oljekjel. Investeringskostnad er høyere ettersom det bl.a. trengs en trykksatt lagringstank. Hvis bio-gass kan leveres fra en lokal leverandør (f.eks. HRA, Trollmyra) er energiprisen lavere enn for bio-olje, og en bio-gasskjelinstallasjon kan da komme ut som det mest lønnsomme alternativet.

En elektrokjelinstallasjon har mange fordeler mht. bl.a. investeringskostnader, driftsegenskaper og driftssikkerhet, men vil på kalde dager medføre et høyt elektrisk effektuttak når overføringsnettet allerede er høyt belastet, og er derfor ikke en ønsket teknisk løsning.

Det kan derimot være aktuelt å benytte en elektrokjelinstallasjon for å sørge for varmeproduksjon på sommer, i kombinasjon med solstrøm, batteriet og fleksibilitetsmarkedet. Metoden med elektrokjel må ses i sammenheng med akkumulering, for å gi en rett dimensjonering av anlegget. Det kan være at det er lønnsomt å basere anlegget på rimelig lokalprodusert strøm, eller strøm fra det overordnede nettet om sommeren, slik at bio-brenneren eller koblingen mot Vardar Varme AS kan slås av. Det kan også være lønnsomt for Vardar Varme AS å ha denne muligheten til å koble ut i sommermånedene.

6 Elektrisk energiforsyning

6.1 Elektrisk behov og system

6.1.1 Termisk løsning

Det anbefales en varmeløsning basert på et biofyrt kjelanlegg eller fjernvarme fra Vardar Varme AS. Dermed reduseres strømforbruket på Tanberghøgda med omtrent halvparten sammenlignet med elektrisk oppvarming. Dette reduserer også effektbehovet betraktelig.

6.1.2 Strømbehov

Strømbehov uten oppvarming kommer hovedsakelig fra belysning, utstyr, vifter og elbillading. Det er estimert spesifikke effektverdier (W/m^2) for kategoriene. De tre førstnevnte baserer seg på Norsk standard [8], mens energibehov til elbillading er basert på erfaringsdata og litteratur [9] [10].

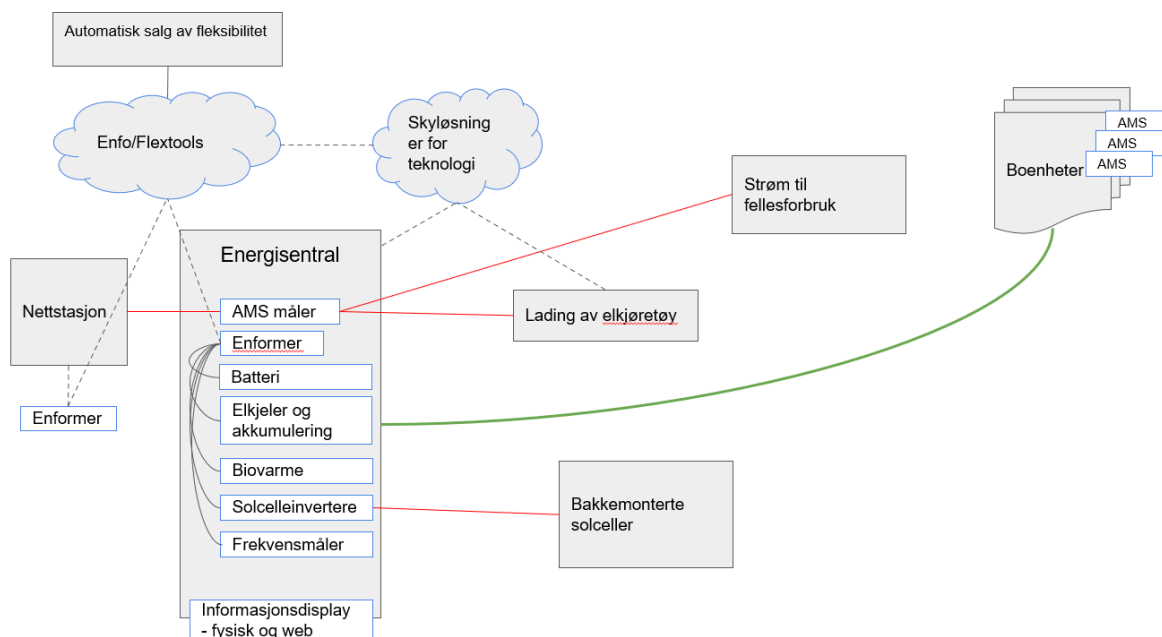
Totalt estimert strømforbruk kommer på 2.240 MWh per år (hvorav over 40 % er elbillading) og et maks effektuttak på 450 kW. Effektuttaket er her basert på nattlading av elbil, inkluderer ikke utelys og infrastruktur og mangler noe felles forbruk. Det reelle effektbehovet vil dermed være høyere, men antas å være godt under 800kW. Det vil derfor etterspørres en 800kVA trafo den lokale nettstasjonen.

6.1.3 Energisentraler

Etter regler satt fra Reguleringsmyndigheten (RME) er det ikke lov å dele lokalprodusert strøm utenfor eiendomsgrensen. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.3. Det betyr at måleren for felles strømforbruk (inkludert elbillading) og alle boligene må plasseres på samme gård- og bruksnummer. All produksjon (f.eks. solceller) og felles strømlagring (f.eks. batteri) må kobles til bak felles måler, og fordeles internt nett ved overskudd. Salg av fleksibilitet vil også foregå gjennom felles strømmåler.

Det foreslås å bygge 2 energisentraler til fordeling av felles strømproduksjon, lagring og forbruk. **Energistasjon I** vil dekke hele Fase 1 og omtrent halve Fase 2. **Energistasjon II** vil dekke resten av Fase 2 og hele Fase 3. Energistasjon II vil derfor komme mange år etter Energistasjon II.

Energistasjon I vil også kunne inneholde fordelingen av termisk energi. Alternativt bygges disse hver for seg. Skjematisk Energisentralen (Energisituasjonen) med tilhørende produksjon, forbruk, lagring og salg av fleksibilitet kunne se ut som i Figur 6-1:



Figur 6-1: Skjematisk oversikt over energisentral med tilhørende enheter.

Alle felles enheter og tilkoblinger samles i energisentralen og fordeles til felles forbruk eller boliger. Enformer og frekvensmåler er inkludert for å kunne delta i fleksibilitetsmarkedene, dette er nærmere forklart i 6.4. Batteriet er sentralt for å effektivt kunne selge fleksibilitet, samt ta vare på et overskudd av solenergi. De bakkemonterte solcellene tiltenkt Energistasjon I, og plasseres i skråningen sørvest for utbyggingsområdet i Fase I. Biovarme, elkjel og akkumulering er en del av den termiske energiløsningen og vil også styres fra energisentral, men kanskje plasseres fysisk et annet sted.

Dette gir et oversiktlig energisystem som gjerne vises frem på et informasjonsdisplay, slik at boligeiere og andre interesserte kan følge med.

Energistasjon II vil bygges flere år etter den første, kanskje i 2030, og det blir derfor viktig å ta med seg erfaring fra den første. Det blir viktig å vurdere den reelle inntekten fra elbillading, solceller, batteri og fleksibilitet. Et eventuelt nytt solcelleanlegg kan undersøkes i det østlige området på Tanberghøgda. Skalering av elbillading, batteri og deltakelse i fleksibilitetsmarkeder må evalueres før prosjektering av energisentralen.

Det er tenkelig at teknologisk utvikling muliggjør flere enda alternativer. Dersom solceller forsetter å synke i pris og hydrogenløsninger blir rimeligere kan dette være aktuelt. Batterier og fleksibilitetsmarkedene vil modnes frem mot 2030, så det kan hende disse løsningene skal skales opp på bakgrunn av dette.

Begge Energistasjonene bør plasseres nær midten av sine respektive områder, eventuelt nærmere solcelleanlegget. Dette er for å minimere overføringsavstander, og dermed tap i ledningsnett.

6.2 Produksjon

6.2.1 Solcelleteknologi (PV)

Solkraft har hatt en eksponentiell vekst i Norge de siste årene, og er den kraftproduksjonsteknologien som vokser raskest [25]. Dette er et resultat av reduksjon i systempris, en kontinuerlig økt effektivitet og økt behov for fornybar energi. System med standard krystallinsk silisium solceller har en typisk nedbetalingstid på 12-25 år, avhengig av geografisk lokasjon, vinkling på modulene og strømforbruk.

På Tanberghøgda er bakkemontert anlegg i sørvendte skråninger vurdert. Skråningen sørvest for Fase 1 er mest aktuell. Plassering og vinkling er satt for å følge terrenget og for å oppnå optimal strømproduksjon. Størrelsen ble dimensjonert med hensyn på investeringskostnad, antatt bespart strømkjøp fra nettet og inntjening ved salg av strøm. Solcelleanlegg på bygninger er ikke vurdert, for å opprettholde ønsket arkitektonisk uttrykk på boligene, samt for å oppnå maksimal utsikt og solforhold i boligene. De flate takene vil benyttes til vannfordrøyning.

Teknologivalg

Solceller og solcellemodul/solcellepanel er ord som brukes litt om hverandre i dagligtalen. En typisk solcellemodul består av 60 eller 72 solceller koblet i serie og så pakket inn i et laminat. På fremsiden er det glass og baksiden har glass eller ark. Rundt sidene er det en aluminiumsramme.

Ved en solkraftinstallasjon på Tanberghøgda er det tenkt å bruke store paneler med solceller av monokrystallinsk silisium substrat, og gjerne halvceller. Monokrystallinsk er foretrukket over multikrystallinsk for å oppnå høyere effektivitet. Ved bruk av dobbelt så mange halvceller i et panel vil strømmen i serie halveres, og på den måten vil recessive tap gå ned og modulen kan generere noe høyere effekt under ellers like forhold [26]. Det er også sannsynlig at halve celler gjennom levetiden vil få færre sprekker grunnet redusert mekanisk stress.

Det er anbefalt å velge bifacial moduler, da er frem- og bakside av solcellen dekket med et tynt kontaktnettverk. Dette fremfor heldekkende kontakt på baksiden. Modulens bakside vil være av glass, fremfor et ikke-transparent ark. På den måten kan solstråler reflektert fra bakken og nærliggende område bidra til økt strømproduksjon. På vinterstid med snø vil dette være en fordel da snøen reflekterer mer sollys enn bakken uten snø. Videre er det anbefalt fra et arkitektonisk perspektiv å velge rammefrie moduler. ITRPV, internasjonal teknologi veikart for PV (solceller) anslår en markedsandelsøkning for både rammefrie, bifacial- og halvcellemoduler [26]. Dette er igjen forventet å gi en videre prisreduksjon for disse produktene.

Defekter og degradering

Gjennom levetiden vil systemet i et nordisk klima være utsatt for snølast, regn, hagl, vind og lignende. Solcellene utsettes for mye solinnstråling og det blir kontinuerlige temperaturendringer på daglig og årlig basis. Slik belastning vil kunne danne defekter, som reduserer ytelsen over tid. For optimal drift av et solkraftanlegg er det verdifullt med gode overvåkning- og vedlikeholdsrutiner.

Målet med solkraftinstallasjonen i Tanberghøgda er å optimalisere forholdet mellom strømproduksjon, kostnader og klimafotavtrykk. Solcellemodulene og medfølgende utstyr bør installeres optimalt slik at systemet i størst mulig grad er robust for snølast, vind og vekst som treffer panelene eller vokser fremfor. Det er sentralt å etablere tydelige vedlikeholdsrutiner som kan opprettholde ytelsen over tiden systemet er i brukt samt øke levetiden. Økt levetid gjør at solcelleanlegget kan vil redusere den totale kostnaden og klimagassavtrykket.

Dimensjonering

Det er mange faktorer som spiller inn når man skal dimensjonere solcelleanlegg, der de viktigste er:

- > Pris på installasjonen
- > Strømpris
- > Eget forbruk
- > Ytelse av solcelleanlegget.

Det er gjort estimeringer på disse punktene, spesifisert i kapittel 4.5 og 6.1.

Ytelsen til anlegget (kWh/kWp/år) er beregnet fra PV case og PVsyst. Solcellemodulene ble plassert i en 3D-modell av området i PVcase. Modulene og 3D-modellen ble så importert til PVsyst for analyse av produksjon. Dette gav en ytelse på omtrent 1080 kWh/kWp/år, som er svært bra i Norge. Den høye ytelsen oppnås ved at vinklingen på panelene har nesten optimal vinkel mot solen og få skyggegivende elementer.

For pris på installasjonen er det utført en sensitivitetsanalyse for å fange opp forskjeller mellom en lav eller høy installasjonspris, her definert som 8 kr/Wp og 10 kr/Wp. Prisen er kvalitativt satt med bakgrunn i erfaringstall rapporten "Verdiskapning og ringvirkninger av solkraftutbygging" [11].

Ytelse, pris for installasjonen, forbruk og strømpris ble simulert i HOMER Pro for hele utbyggingen av Tanberghøgda. Dette gav resultatene under.

Spesifikk pris	Optimal størrelse	Nedbetalings-tid	Nåverdi	Investerings-kostnad
8 kr/Wp	18411 kWp	24,2 år	6,3 MNOK	147,3 MNOK
10 kr/Wp	479 kWp	19,1 år	1,1 MNOK	4,79 MNOK

Tabell 6-1: Resultater fra simulering i HOMER Pro for å dimensjonere solcelleanlegget. Optimal størrelse maksimerer nåverdi for prosjektet. Nåverdi kan leses som overskudd gjennom levetiden.

Algoritmen i HOMER Pro er optimalisert for å generere høyest mulig nåverdi for prosjektet. Det kan leses som overskudd gjennom levetiden. Levetiden er satt til 25 år. Solceller varer normalt lenger enn dette, og gir dermed enda bedre økonomi i prosjektet.

Fra resultatene i Tabell 6-1 er det tydelig at et stort solcelleanlegg kan lønner seg, særlig ved lav installasjonspris. Det er fordi den høye ytelsen, sammen med lav investeringskostnad gir en lav strømpris. Med våre framskrivninger for strømpris vil det lønne seg å selge strøm gjennom de fleste dagene på sommeren, når det naturligvis er høyest produksjon. Ved høy installasjonspris er den optimale størrelsen mer edruelig, men allikevel et stort anlegg på norsk skala.

Dersom analysen gjøres på nytt med like antagelser, men at halvparten av elbilene lades "smart" ved å utnytte solstrømmen øker den optimale størrelsen for det dyre anlegget til 767 kWp. Dette illustrerer at selv enkle grep kan gjøre større anlegg lønnsomme. **Dette betyr i praksis at begrensende faktor ikke blir økonomi, men heller areal til solcelleanlegget og regelverk for deling av lokalprodusert strøm.**

Skråningen der solcelleanlegget er tiltenkt har plass til et solkraftanlegg på minst 500 kWp. Der-
som tett radavstand og noen mindre gunstige plasseringer aksepteres kan det utvides med 2-300
kWp. Andre skråninger på Tanberghøgda er også vurdert, men vil gi mindre anlegg eller dårligere
ytelse.

Det er et mål om å øke det biologiske mangfoldet på Tanberghøgda. Det antas at veldig tett plas-
sering av solcelleanlegget kan komme i veien for dette, i tillegg er grensen for solcelleanlegg til
fordeling innen eiendom satt til 500kW [3]. Derfor anbefales det nå **et solcelleanlegg på 500
kWp**.

Den økonomiske analysen for et anlegg på 500 kWp, ser slik ut:

Spesifikk pris	Størrelse	Nedbetalings- tid	Nåverdi	Investerings- kostnad
8 kr/Wp	500 kWp	12,6 år	2,1 MNOK	4,0 MNOK
10 kr/Wp	500 kWp	19,3 år	1,1 MNOK	5,0 MNOK

Tabell 6-2: Økonomisk analyse ved anbefalt størrelse, 500 kWp. Nåverdi kan leses som overskudd over leveti-
den.

Det anses som realistisk å få tilbud på solcelleanlegget rundt den laveste prisen i analysen. Det gir
et lønnsomt anlegg med relativt kort nedbetalingstid. Ved bruk av innovative forretningsmodeller
under både anlegg og driftsfase kan økonomien heves enda flere hakk. Ved anleggs- eller elbilla-
ding og generell bruk av lokal solstrøm kan det legges inn et påslag som allikevel gjøre at bruke-
ren sparer penger, sammenlignet med å bruke strøm fra nettet.

I beregningene over er området behandlet som en enhet, men det er planlagt to energisentraler.
Implisitt antas det derfor at det anbefalte anlegget på 500 kWp først forsyner den første energi-
sentralen, og deretter deles opp til å forsyne nummer to også. Når energisentral nummer to plan-
legges bør det undersøkes om flere arealer kan utnyttes til solkraft, med ny kalkulering av optimal
dimensjonering, under de relevante antagelser som gjelder da. Strømpris, installasjonspris, for-
bruk og andre faktorer kan endres på årene fremover. Det finnes store arealer som ikke vil benyt-
tes til boligformål, men er øst- eller vestvendt, og dermed ikke helt optimale for solkraft.

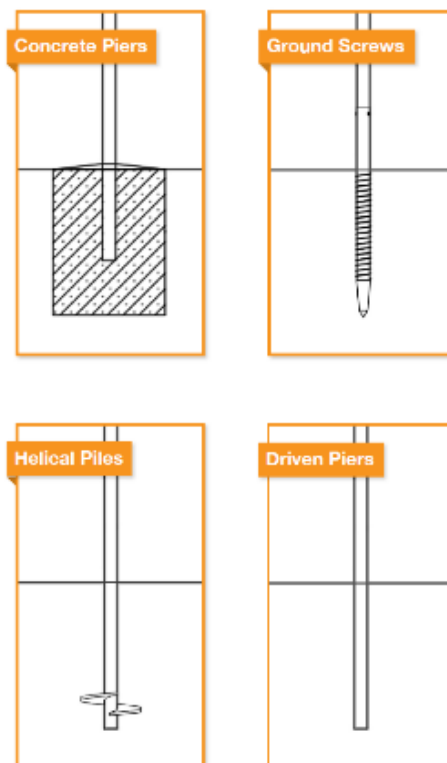
Monteringsvalg og fundamentering

Modulene er anbefalt å installeres i fastsatt stativ som festes i bakken. Da unngår en bevegelige
deler, og reduserer potensielt økt vedlikeholdsarbeid og behov for utskiftning. Stativene vil være
plassert i et sørvestvendt terreng, og modulene vil i forhold til horisontal bakke ha en helning på
40,4 grader og gjennomsnittlig asimut på 28 grader i forhold til sør. Den enkelte vinklingen til pa-
nelene vil variere noe, for å la panelene følge terrenget da det er tenkt at dette vil gi et mer este-
tisk uttrykk.

Modulene kan med fordel installeres slik at langsiden er parallell med bakkeplan, slik at substrenger innad modulen er plassert horisontalt. Hver enkelt substreng har hver sin bypassdiode slik at ved tilstrekkelig inhomogene solforhold vil motstand i strengen føre til at dioden skruer seg på og solcellestrengen kobles ut. Ved å legge dem horisontalt vil en i størst grad oppnå like solforhold innad i solstrenger. Dette gjelder også ved eventuelt gress som vokser høyt nok til å dekke nedre del av modulen. Videre kan det være en fordel med optimizers per modul grunnet strømproduksjon og brannsikkerhet, men hva valget faller på, som så mye annet, er avhengig av kostnad.

Skinner og fundamenter må også tilpasses slik at det passer med bifacial-solceller. Her er det viktig å unngå skygge også fra undersiden.

Forankringen er en viktig del av solanlegget, da den sørger for stabilitet og er utsatt for et miljø som kan føre til degradering av stål. De ulike forankringsalternativene for fundamenter er presentert i figuren til høyre [27]. Ut fra en beregning av krefter som virker på fundamentering avgjøres antall forankringspunkt og plassering. Jordskruer eller jordanker er den vanligste formen for fundamentering, der ankeret skrus ned i jorden med en mekanisk feste som krever en liten maskin på belter, eller ved enkle grunnforhold et kraftig håndholdt verktøy. For alle disse systemene er det behov for å gjøre beregninger av bæreevne, jordanalyser og tilpasning med rackingsystem. Selve jobben med å installere fundamenter og rackingsystem kan gjøres av 2 personer med godt verktøy. Ved peling (piers) er det behov for en geoteknisk ekspertise for å beregne bæreevne og korrosivitet. Det er behov for spesialistkompetanse og en større pelemaskin som øker installasjonskostnaden. Ballastsystemer egner seg best for *brownfield*-prosjekter, der det er et fast underlag, som hindrer søkk. Skrupeleler (helical piles) er egnet der det er mye løft (vind), men gir mindre støtte for horisontale krefter (langs bakkeplan). For større installasjoner som for Tanberghøgda bør det vurderes om det er mulig å komme til med mindre hånddrevne maskiner eller beltegående maskiner som håndterer arbeid i terrenget. Det finnes spesialiserte aktører som kun jobber med fundamenter basert på ulike peler og skruer, ofte betegnet som "no dig foundation" eller jordskruer som benyttes til alle typer konstruksjoner.



Naturmangfold

Solcelleanlegget lokaliseres i sydhellingen av en ravnedal som går nordvest – sydøst, figur 6-3. Ravinedalen er en del av en større leirravine, registrert som naturtypen Tanbergmoen ravnedal, ID: NINFP1810046021 [28]. En leirravine er en liten, skarpt utformet V-dal formet i leirrike løssmasser ved hjelp av en gravende elv/bekk og skredprosesser. Raviner i marinleire er blitt utsatt for tunge inngrep for å effektivisere jordbruket gjennom bakkeplanering av jordbruksjord og tilleggende ravinearealer [29]. Landformen leirravine står på norsk rødliste for naturtyper som truet (VU) [30].

Frem til 2020 var området for lokalisering av solcellepanelene dekket av en eldre produksjonsskog (hogstklasse 4) av bartrær, hovedsakelig gran. Området er hugget, enkelte furuer står igjen og skal bli stående mellom fremtidige panel, figur 6-5. Hele prosjektområdet er kartlagt for verdifullt

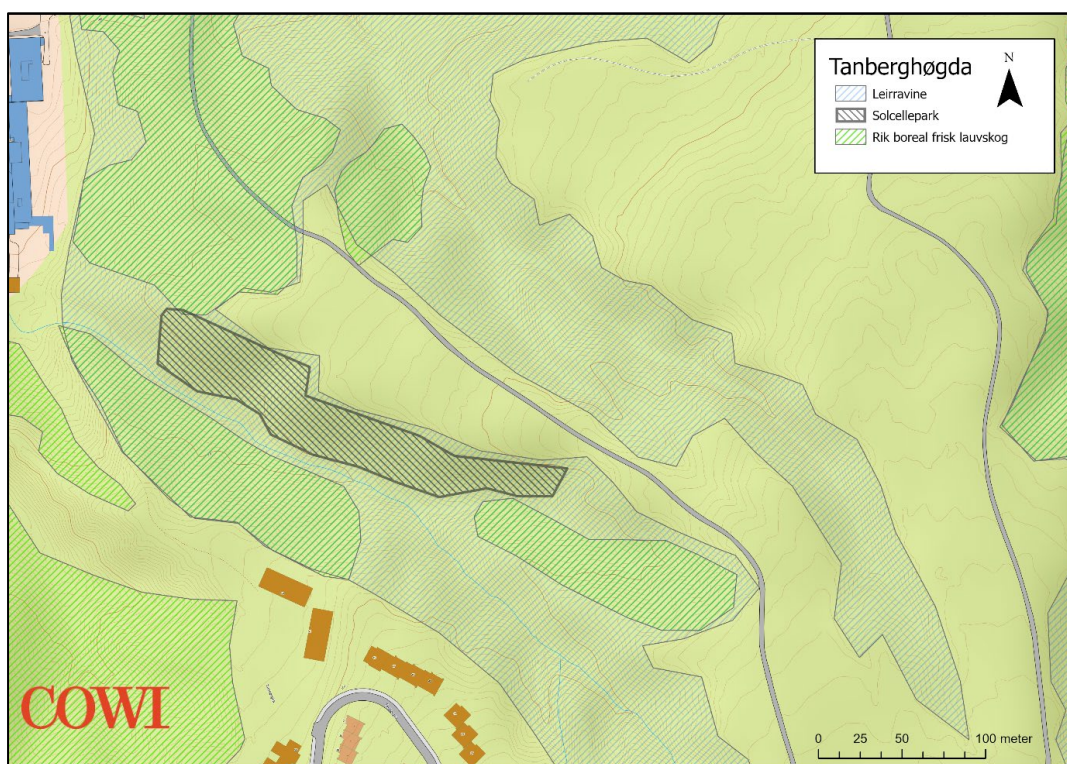
naturmangfold. Området for solceller har ikke verdifullt naturmangfold utover landformen ravine. Sør og øst for ravinen finnes flere forekomster av verdifulle naturtyper. Ingen av disse blir berørt av utbyggingen. I bunnen av ravinen er det markert en mindre bekk som drenerer til Storelva. Området er fuktig og er verdifullt for naturmangfold med sine økosystemer. Nedbørsfeltet til bekken er ravinesidene og flatene over. Bekken renner i forbindelse med vårflo og regnvær, ifølge utbygger har den ikke års-sikker vannføring. I forbindelse med anleggsarbeid på naboeiendommen Tanberglia er det erosjon i sidedalen mot syd.

Situasjonen for biologisk mangfold før utbygging var en produksjonsskog; en relativt ensartet skog, med hovedsakelig gran. Grana var en proveniens (sort) fra Hartz i Tyskland, som gir en annen og uønsket genetisk gran en vår stedegne. Produksjonsskog har få arter og lav biodiversitet.

Figur 6-3 viser omtrentlig plasseringen av området for solpanelene og verdifullt naturmangfold. Verdifulle områder er bekken i bunn av ravinen og naturtyper i områdene rundt.

Prosjektets mål om økt biologisk mangfold og høye naturverdier på Tanberghøgda betyr i dette området minst like stor diversitet, helst høyere enn området hadde tidligere. Området er i reguleringsbestemmelsene § 5 Hensynssone bevaring av naturmiljø (H560_1). Fra rekkefølge bestemmelsene §7, pkt. 8 "... skal vurdering av konsekvenser for miljøverdiene tilknyttet Storelva og de aktuelle bekkedrag, samt plan for eventuelle avbøtende tiltak, dokumenteres.

For å minst opprettholde dagens mangfold i området skal solpanelene plasseres høyt nok, slik at nok lys slipper ned til vegetasjonen på bakken. Blir det knapt med lys blir det ingen fotosyntese og få om noen karplanter vil vokse der. Skråningen består av løsmasser av leire som er tørkesterk og et godt grunnlag for plantevekst. Fundamenteringen av panelene skal forsøksvis ikke endre vannhusholdningen slik at området blir tørrere og vekstvilkårene for planter blir dårligere enn i dag.



Figur 6-2: Plassering av solcelleanlegget og viktig naturmangfold

For å hindre at vegetasjon vokser seg høy og skygger for solen skal det brukes beitedyr til å holde vegetasjonen nede, se Figur 6-4. Beitetrykket tilpasses vegetasjonen som vokser opp slik at markdekket bevares også i perioder med beiting. Som vegetasjon under panelet foreslås å la områdets egen frøbank få utvikle seg fritt. Det kan vurderes om en frøblanding av grasarter som naturlig vokser i området, kan være en løsning for å få etablert grasarter raskt. Studier viser vellykket samspill mellom solstrømproduksjon og husdyrbeite, med forbedret jordkvalitet som resultat [31].



Figur 6-3: Sau på beite i Minnesota, USA. Kilde: MNL [32]

Bunnen av ravinen er verdifull med sitt økosystem knyttet til fuktighet og vann. En solid kantvegetasjon i ravinebunnen fungerer som fangvekster for overflatevann som kan komme ved store nedbørsmengder. En solid kantsone bestående av stedegne arter, vil hindre erosjon og avrenning til Storelva. Avstanden fra bekken til nærmeste solpanel må være så stor at kantvegetasjonen får fri utvikling og ha en bredde på 5-10 meter. Antagelig kan høyden på vegetasjonen holdes nede ved beskjæring. Panel for nær bekken kan føre til at naturlig vegetasjon utgår som følge av mangel på lys. Bekken er også vannkilde for beitedyr.

Oppsummert: Under solpanelene skal naturlig vegetasjon for området få utvikle seg. Solpanelene må plasseres slik at nok lys slipper ned til vegetasjonen bak panelene. For å hindre at vegetasjonen blir for høy skal beitedyr brukes for å holde vegetasjonen nede. Beitetrykket må overvåkes slik at det ikke blir for stort for vegetasjonen, og for å hindre tråkkskader, som igjen kan føre til erosjon. Prosjektet vil arbeide for å finne gode løsninger slik at nok lys gir et vegetasjonsdekket. Vegetasjonen skal holdes ned ved riktig beitetrykk. Ved å sørge for en solid kantsone til fuktdraget i bunn av ravinen vil naturmangfoldet ivaretas, og Storelva vil ikke bli påvirket av etablering av solpanel på Tanberghøgda.



Figur 6-4: Ravinedalen hvor solcelleanlegget skal bygges. Venstre: sett mot nordvest. Høyre: sett mot sydøst hvor tre store furuer står igjen, og skal bli stående mellom panelene.

Vedlikeholdsrutiner

Det er anbefalt med en jevnlig vurdering av systemet for å avdekke eventuelle tidlige feil. En bør vurdere produsert strøm (produksjonsdata) gitt av vekselretter, og utføre visuelle inspeksjoner av det elektriske utstyret og modulene. I tillegg bør det noe sjeldnere utføres infrarød termografering av panelene for å se etter varme regioner. Vekster på undersiden av modulene må holdes nede for å unngå skygge på panelene. Ved å overvåke anlegget og bytte ut eventuelle ødelagte moduler vil anlegget produsere mer strøm over en lenger tidsperiode, samt øke levetiden til anlegget.

Distribusjon av produsert strøm i området

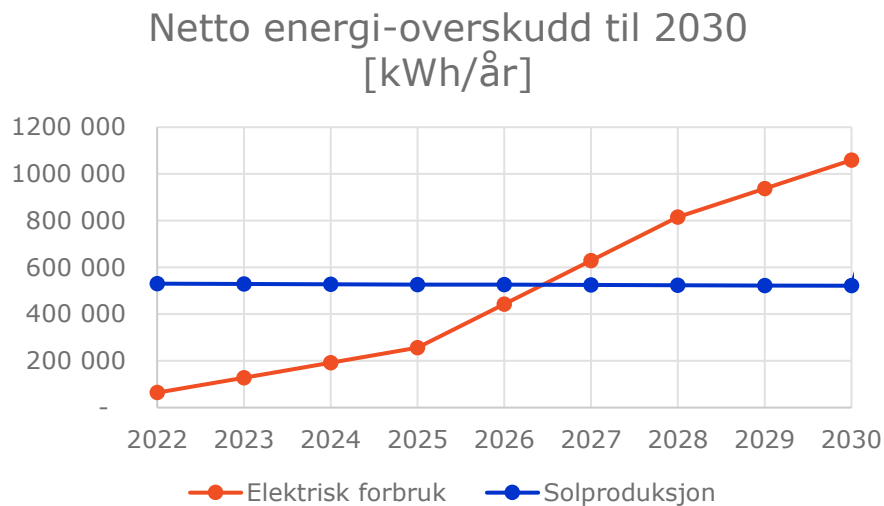
Solceller produserer likestrøm (DC) som omgjøres til vekselstrøm (AC) i en vekselretter. Spenningen ut fra denne er normalt 400 volt AC. Ved solceller på tak plasseres vekselretteren normalt på taket eller i tekniske rom. Ved Tanberghøgda antas det at den plasseres ved solcellene, men det kan være aktuelt å ha den i energisentralen.

Totalt utbyggingsområdet på Tanberghøgda måler ca. 700m i lengde. Avstanden fra solcellene til den første energisentralen kan bli ca. 200m. Hvis dette skal tilkobles energisentral nummer to, blir denne muligens 500m fra den første. Dersom det ikke etableres et nytt solcellekraftverk i tilknytning til den andre energisentralen, kan det originale solcellekraftverket kobles til i denne.

Det medfører alltid varmetap langs kabler å frakte strøm. For å frakte 500kW på 400 V AC i 200 meter vil tapene være ca. 2-3%, og for 400 meter blir tapene 4-6%.

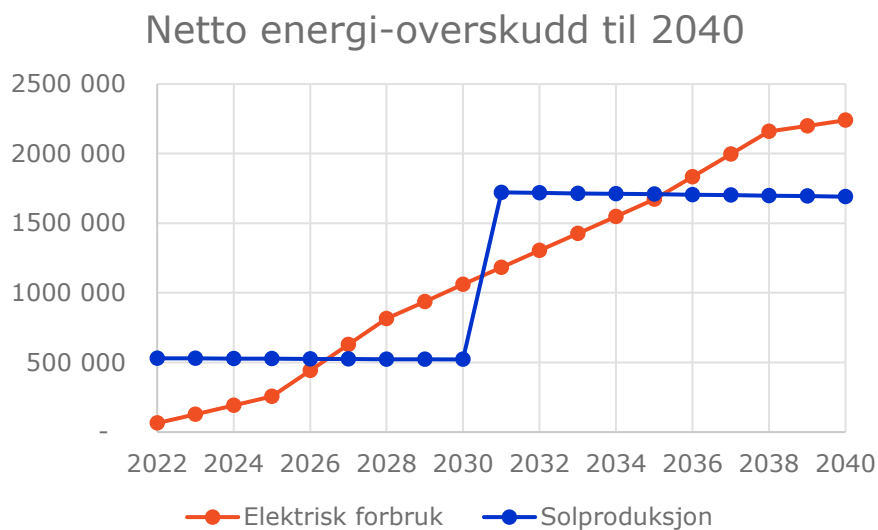
Selvforsyningsgrad for Tanberghøgda

Tanberghøgda ligger an til å få en god selvforsyningsgrad for energi, med lokal solenergi og varmeproduksjon. For å kunne analysere selvforsyningsgraden for Tanberghøgda, er det sammenliknet forbruk og produksjon av strøm Figur 6-5



Figur 6-5 : Netto energioverskudd mellom 2022-2030

Det er mulig å sørge for at Tanberghøgda produserer like mye strøm som området forbruker over et livsløp. For å illustrere dette er det presentert utviklingen til 2030 og til 2040.



Figur 6-6: Netto energioverskudd mellom 2022-2040

6.2.2 Vindkraft

Vindkraft bruker vindturbiner for å overføre bevegelsesenergien i luften til en roterende generator som genererer strøm. I 2020 ble det produsert nesten 10TWh (6,4%) strøm fra vindkraft i Norge, som er en stor økning fra tidligere år [33].

En fordel med vindkraft i Norge er at denne korrelerer bedre med når vårt høyeste forbruk oppstår, det blåser nemlig mer om vinteren enn om sommeren [34]. Sånn sett passer vindkraft godt sammen med solkraft som har høyest produksjon om sommeren.

For at et område er egnet til vindkraft bør gjennomsnittlig vindhastighet relativt høy. På Tanberghøgda er den bare 4-5 m/s. ved 50 meters høyde ifølge NVE sitt temakart for vindressurser [35]. Det er ikke nok vind til å gi nok vindproduksjon og ikke vindkraft egnet for levering til Tanberghøgda.

6.3 Elektrisk energilagring

I møte med klimautfordringene vil vi se at for å oppnå en stadig reduksjon av utslippene vil det i økende grad komme fornybare energikilder. Med økende grad av fornybare energikilder som vind- og solkraft følger det uforutsigbare daglige- og sesongbaserte variasjoner i produksjon, samtidig som kraftforbruket også varierer noe uforutsigbart. I møte med denne utfordringen er teknologier for elektrisk energilagring svært viktig.

Elektrisk energilagring kan spille en avgjørende rolle i energisamspillet mellom produsert overskuddsenergi fra planlagt solkraftinstallasjon. Det vil bidra til effektutjevning for å redusere kostnader ved effekttariff, samtidig som spenningsstabilitet øke ved tilknytningspunkt i kraftnettet. Videre kan en handle strøm når prisen er lav, og selge når den er høy. Fleksible energilagre, vil også gi muligheten til å delta i fleksibilitetsmarked. Dette utdypes videre i kapittel 5.4.

6.3.1 Batteri

Det er flere energilagringmetoder som møter utfordringer både Tanberghøgda lokalt og samfunnet ellers. Batteri skiller seg ut som en teknologi som er fleksibel og lett å installere, lett å dimensjonere etter ønsket størrelse, og med en rask respons. I Tanberghøgda forventes forbruket i stor grad å være dominert av forbruket til boligene og elbiloppladning. I perioder vil systemet produsere mer strøm fra solkraft, enn forbruket. Batteriet kan da lagre overskuddsstrømmen, og levere tilbake til forbruker ved behov. Batterisystemet kan også redusere momentane kortvarige effekttopper som følge av elbiloppladning, som både gir mer stabil spenningskvalitet og reduserer driftskostnader som følge av netteierens effekttariff.

Ved valg av batteri bør en hensynta kostnad, kapasitet, energieffektivitet, levetid, effekt og energitetthet. Av battericelle teknologiene brukt som energibanker har litium-ionebatterier (LIB) trukket seg stor oppmerksomhet grunnet høy energitetthet, høy energi effektivitet og høy syklisk levetid [36].

Batterimarkedet er i stor vekst og det har den siste tiden også kommet aktører som Repack, Hagal og Eco-Store, som tilbyr gjenbrukte batterier. Disse vil ha en lavere investeringskostnad og ha

lang garantitid, selv om levetiden nok må forventet å være noe kortere. De vil også ha lavere klimagassutslipp knyttet til seg.

Det er avgjørende for videre vekst i batteriindustrien å redusere klima- og miljøpåvirkningene knyttet til råvareuthenting og produksjon. Ved valg av gjenbrukte batterier bidrar en til å stimulere et slikt marked og spare miljøpåkjenninger.

Dimensjonering

LIB er en moden teknologi som er vurdert til å være best grunnet høy energi effektivitet, energitetthet og høy syklisk levetid. Optimal størrelse for å imøtekomme solkraftanleggets overskuddsproduksjon, fleksible laster og deltagelse fleksibilitetsmarkeder er beregnet å være 1MWh med 1MW effekt til den første energisentralen. Erfaring fra dette batteriet vil brukes for å dimensjonere eventuelt nytt batteri til den andre energisentralen. Fra erfaringstall og mottatte uforpliktende tilbud estimeres kostnaden på et slikt batteri til 4,5-5 MNOK.

6.3.2 Elbillading

På Tanberghøgda skal elbiler brukes som en energiressurs, ikke bare et energisluk. Det kan gjøres ved at lading styres på en smart måte for å utnytte egenprodusert solenergi eller lave strømpriser gjennom døgnet. Elbilene i fremtiden (og noen allerede nå) vil også kunne tilføre strøm tilbake til strømmettet via såkalt Vehicle-to-grid (V2G) teknologi.

Det er estimert at elbilene trenger gjennomsnittlig 2635 kWh per døgn etter alle boliger er bygget. Det er basert på både erfaringstall fra Kople og litteratur på området [9] [10].

Det er planlagt å bygge ut 1-3 hurtigladerer til utslippsfri anleggsplass, disse vil kunne brukes i driftsfasen også. Resten av laderne vil være i normal størrelse for hjemmeladere, mellom 3,6 og 11kW. Uansett størrelse vil smart styring av alle ladere bli viktig for å unngå uønskede effekttopper i strømmettet.

Smart styring av elbillading

Tradisjonelt har elbiler begynt å lade med maksimal kapasitet med en gang de plugges i ladeboksen. Typisk på ettermiddagen etter jobb. Dette korrelerer dessverre med effekttoppene i strømmettet ellers, og gir en ekstra belastning på strømmettet. Her kan smart styring av lading hjelpe med å utsette nødvendige forsterkninger i strømmettet.

Under presenteres to hovedstrategier for smart elbillading

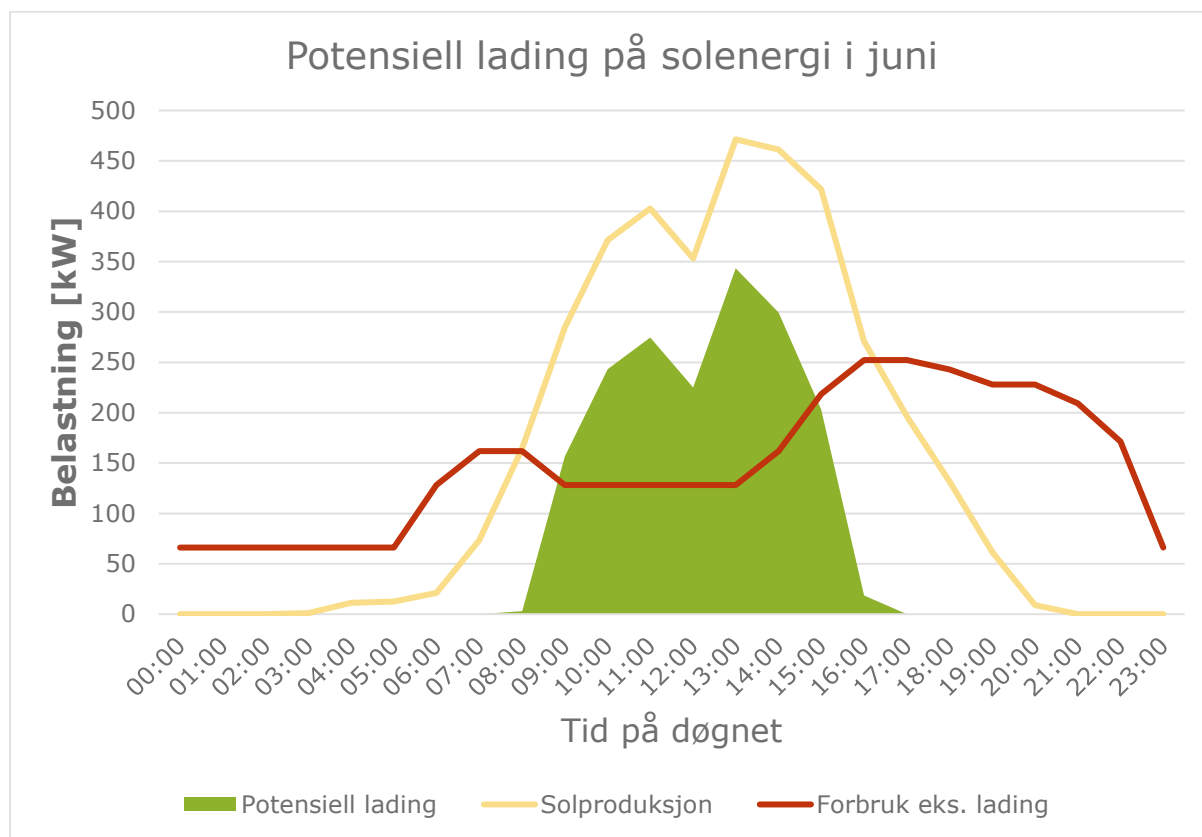
1. Lade ved overskudd av solenergi
2. Lade ved lav belastning/pris

I begge situasjonene antas det at fordelingen *innad* i bilparken håndteres på en forhåndsbestemt måte. Enten jevn fordeling av tilgjengelig effekt, eller for eksempel at biler med lav batteristand prioriteres fremfor biler med over 80 % batteristand. Videre ser vi på bilparken som én enhet, med et gitt energibehov.

1. Lade ved overskudd av solenergi

Denne strategien utnytter overskuddet mellom solproduksjon og elektrisk forbruk i bygningene. Overskuddet gir et potensial for å lade elbilene. For å illustrere dette ser vi nærmere på et

gjennomsnittlig junidøgn. I Figur 6-8, er solproduksjonen fra et 500 kWp anlegg og estimert forbruk plottet ved linjer og forskjellen mellom disse markerer ledig kapasitet for lading. Det er generelt mer lønnsomt å benytte produsert solenergi selv enn å selge den til strømmettet, da man sparer både nettleie og elavgifter.

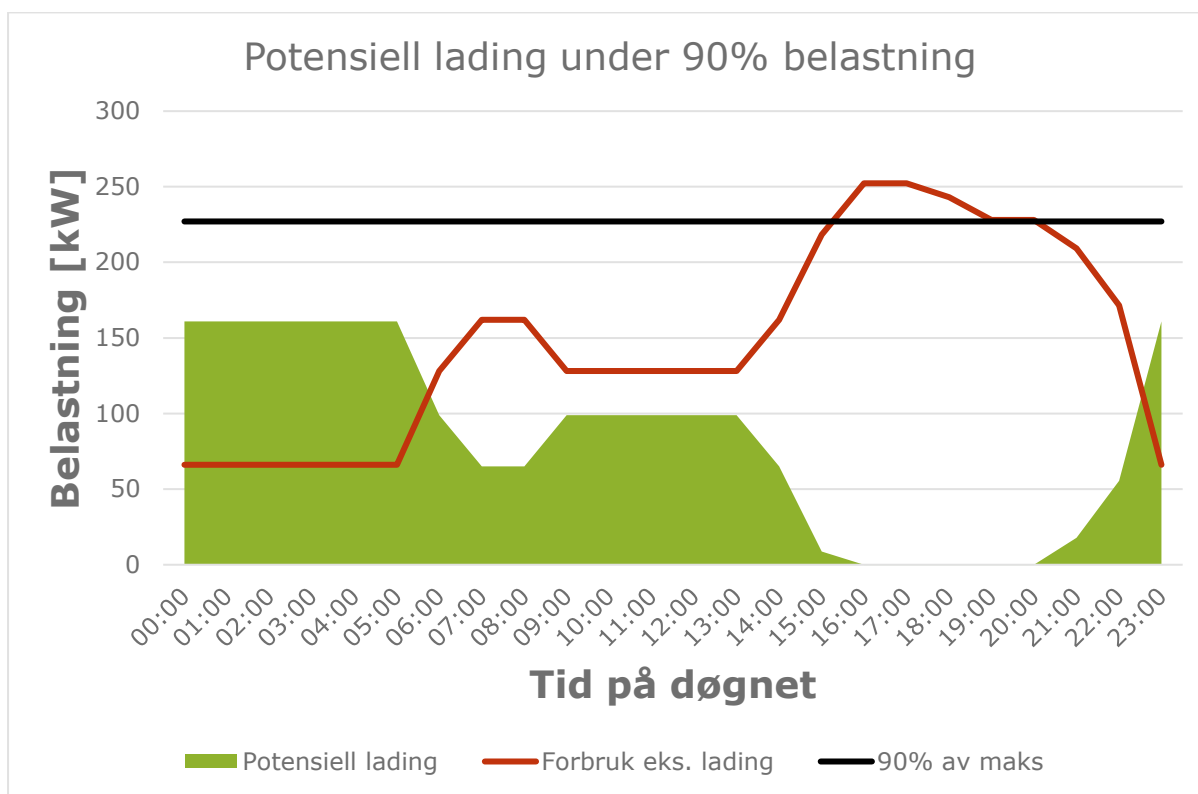


Figur 6-7: Et gjennomsnittlig junidøgn med solproduksjon, elforbruk og potensiell overskuddslading plottet.

I dette eksempelet produseres det 3 720 kWh og forbruket eks lading er totalt 3 520 kWh per døgn. Her har vi et overskudd på dagtid (produksjon minus forbruk) som gir et potensial for lading på 1765 kWh, altså ikke helt nok til å lade de estimerte 2635 kWh. Her antas det at alle elbiler kan lades helt fleksibelt, noe som sannsynligvis ikke er tilfelle. Derfor blir det viktig å utnytte resten av døgnet også.

2. Lade ved lav belastning/pris

I eksempelet over har vi ikke helt nok solstrøm til elbilene i ett junidøgn. Den lokale strømproduksjonen ikke like stor hele året, det passer heller ikke å lade midt på dagen for alle. Hvis solproduksjonen neglisjeres, og elbilene lader for å unngå ekstra nettbelastning, får vi en annen situasjon. Lav nettbelastning blir her definert som timer der forbruket er under 90% av maks forbruk. Elbilla-ding fyller i stedet differansen mellom forbruket og "lav nettbelastning". Ledig kapasitet er markert med grønt i Figur 6-9.



Figur 6-8: Elbillading ved lav belastning ekskludert solproduksjon.

Her summeres potensiell lading til 2000 kWh per døgn. Fortsatt ikke helt nok til å dekke om det estimerte forbruket på 2635 kWh per døgn, uten å øke belastningen på strømnettet noe. Økes grensen til 100% av maks forbruk er potensiell lading 2500 kWh per døgn. Elbiler vil altså føre til noe økning i effektbehov, selv med perfekt styring.

Merk at ingen i disse situasjonene lader noe særlig på ettermiddagen der elbiler tradisjonelt har ladet mest. Noen vil nok ha behov for dette, men det blir mindre etter hvert som rekkevidden på elbiler øker.

Energibehovet for elbilene er estimert ut fra gjennomsnittsverdier og kan endres på Tanberghøgda av flere faktorer, for eksempel ved at

- Flere jobber hjemmefra og reiser mindre
- Flere reiser med kollektiv, gange eller sykkel

Det er derfor ikke sikkert at det reelle ladebehovet blir like høyt som estimert i utredningen. Det planlagte batteriet vil kunne bidra med å utjevne effekttopper i løpet av døgnet. Dette blir viktig for å integrere den planlagte hurtigladeren som planlegges til utbyggingsfasen.

Vi anbefaler en strategi for lading som tilpasser seg nettets belastning og produsert energi. Slik blir både solstrøm utnyttet for elbiler parkert på dagen, og det sørges for at lading ikke bidrar til større effekttopper enn nødvendig. Totalt vil ekstra belastning på strømnettet bli minimal.

For å heve "smartheten" til elbillading ytterligere kan strømnettet eller bygningsmassen trekke ut strøm fra elbilene ved behov. På den måten kan elbilene brukes som et stort batteri.

Vehicle-to-grid (V2G)

Vehicle-to-grid (V2G) er en teknologi det har vært aktuell lenge, men som ikke er tatt mye i bruk så langt. Det finnes flere pilotprosjekter med V2G, for eksempel et ved Gardermoen [37]. I dag er det hovedsakelig Nissan sine elbiler, Leaf og e-VN200, som støtter V2G, men innen 2025 skal alle nye elbiler og CCS-ladere støtte dette.

Hovedtanken er å utnytte elbilens batterier når bilen lades, ved å tilføre strøm tilbake til strømnettet, eller for å utnytte batteriet i lokal infrastruktur og boligene. Dette vil ha flere mulige inntjeningsmetoder, på samme måte som et batteri:

- > Selge fleksibilitet
- > Redusere effekttopper
- > Lagre lokalprodusert strøm
- > Lade ved lave strømpriser og selge ved høye.

Til nå har ikke teknologien vært særlig tilgjengelig, og inntjeningsmulighetene har ikke vært store nok. Dette er forhold som trolig vil endres de nærmeste årene. V2G ladere vil være aktuell for Tanberghøgda, gitt at tilgjengelighet og pris er akseptabel. Det må også forventes at de fleste elbilene i området støtter V2G på sikt. Denne teknologien vil være distribuert på en annen måte enn ett stort batteri, noe som åpner for andre muligheter for salg/kjøp av energi og effekt på bolignivå. Det er også viktig å se på sammenhengen mellom batteri- og V2G-teknologi da de vil kunne konkurrere eller jobbe i tandem om tilsvarende tjenester. Det kan tenkes at Fossen Utvikling AS tilrettelegger for «V2G-infrastrukturen», mens den enkelte bileier vil selv delta med elbilen i fleksibilitetsmarkedet, og ha egen inntjening på denne.

Det er rapportert inn en masteroppgave våren 2022 som vil ta for seg muligheter basert på elbiler i Tanberghøgda og undersøke potensialet for V2G-teknologi. En annen masteroppgave vil ta for seg muligheter og begrensninger rundt bakkemonterte solcelleanlegg tilknyttet boligområder.

6.3.3 Hydrogen

En annen måte å lagre overskuddsenergi på er å produsere hydrogen ved å spalte vann til sine bestanddeler, hydrogen og oksygen. Hydrogenet lagres i hydrogentanker og brukes for å produsere strøm ved behov med en brenselcelle.

Fordeler og ulemper

Hovedfordelen til hydrogen over batterier er at det er enklere å skalere opp størrelsen på energilageret (i kWh), og man kan dermed lagre energien lenger (dager, uker og måneder). Den viktigste ulempen er at effektiviteten for hele hydrogensystemet er typisk rundt 50 % fra strøm inn til elektrolyse, lagring og strøm ut fra brenselcelle. Til sammenligning kan batterisystemer oppnå rundt 90 % effektivitet. I tillegg er investeringskostnadene fortsatt høye for hydrogenanlegg og teknologien har ikke samme modenhet eller utbredelse.

Typer hydrogenproduksjon

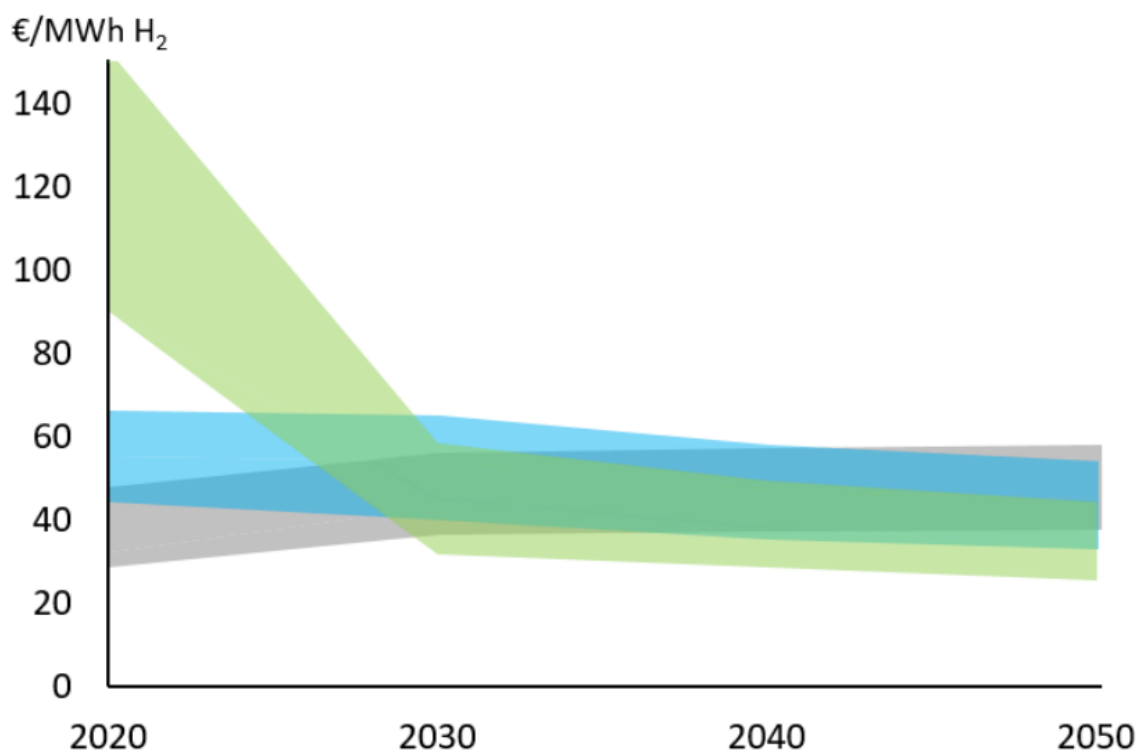
Det skilles som regel mellom tre forskjellige typer hydrogenproduksjon.

1 – Grått hydrogen. Hydrogen produsert ved å reformere naturgass med CO₂ som avfallsprodukt. I dag forgår neste all hydrogenproduksjon på denne måten.

2 – Blått hydrogen. Hydrogen produsert som grått hydrogen, men med karbonfangst og lagring av CO₂-utslippene. Mange oljeselskap er interessert i denne metoden, men politikere, særlig i Europa, kritiserer denne metoden for holde fast i fossile brensler.

3 – Grønt hydrogen. Hydrogenproduksjon ved å splitte vann til hydrogen og oksygen ved hjelp av fornybar energi. Det er denne metoden som generelt ligger til grunn i EUs hydrogenstrategi og vil sannsynligvis være rimeligst på sikt.

Ifølge Statnett sin "Langsiktig markedsanalyse Norden og Europa 2020–2050" [38] vil grønt hydrogen være konkurransedyktig i 2030. Dette som følge av synkende pris på elektrolysør, men er samtidig avhengig av en lav kraftpris.



Figur 6-9: Statnett sin framskriving av produksjonskostnader for hydrogen mot 2050.

Det er naturligvis grønt hydrogen som kan være aktuelt på Tanberghøgda for å utnytte et eventuelt overskudd av solkraft.

Pris

Det vanskelig å estimere pris for et komplett hydrogenanlegg med produksjon, lagring og utnyttelse. Som et første estimat kan man ta i bruk nøkkeltall fra Clean Hydrogen Partnership [39]. For mellomstore anlegg (5-400kW) estimeres en investeringskostnad på 3500-6500 EUR/kW i 2024, og 1500-4000 EUR/kW i 2030. Et anlegg på 100kW kan derfor litt koste mellom 1,5-6,5 MNOK, avhengig av når det kjøpes og prisutvikling fremover.

År	Pris (NOK/kW)	Størrelse (kW)	Investeringskostnad
2024 (lav)	35000	100	3 500 000
2024 (høy)	65000	100	6 500 000
2030 (lav)	15000	100	1 500 000
2030 (høy)	40000	100	4 000 000

Tabell 6-3: Oversikt over estimat av kostnader for hydrogenlagringssystemer.

På grunn av lite erfaring må dette tallet tas som en estimering av størrelsesorden, det er også usikkert hvor stort energilager som er inkludert i tallene fra Clean Hydrogen Partnership. Det er vanskelig å anbefale hydrogen til Tanberghøgda per i dag. Men dersom overskuddet av fremtidige solcelleanlegg ikke kan brukes effektivt, vil en mer grundig studie senere av mulighetene for hydrogenlagring være aktuelt.

6.4 Fleksibilitet

6.4.1 Fleksible laster

Fleksible laster kan gi merverdi på flere måter. Vi kan dele dette grovt inn i lokal optimalisering for å tilpasse seg til effekttariffer og salg av fleksibilitet til lokalt nettselskap eller Statnett.

Lokal optimalisering i hver enkelt husstand gjennomføres med smarthusløsningen Futurehome. Men dette baserer seg på at det er fleksible laster å styre. Planen på Tanberghøgda er felles elbil lading og felles termisk energiløsning, dermed er også de to største fleksible lastene definert som felles laster i boligsameie. Eventuell styring i hver enkelt husstand avklares på et senere tidspunkt.

Styring av fleksible energilaster for boligsameie som helhet vil være en svært sentral del av forretningsmodellen for energi på Tanberghøgda.

Ved bruk av teknologi styres effekttopper på elbillading, elkjel og andre felleslaster mot både solproduksjon og mot effektnettleien.

6.4.2 Fleksibilitetsmarkedet

Å selge fleksibilitet til markedet er relativt nytt, og det har vært gjennomført flere pilotprosjekter i Norge både mot lokale netteiere og Statnett. Dette er nå kommet over i kommersielle former. Det eksisterer to markeder som er veldig interessante for Tanberghøgda; FFR markedet og mFRR (RKOM/ RK). For perioden 2021 var markedsverdien av å være med her med 1 MW fleksibel last på ca 1,1 – 1,2 mill. kr. Total verdi er avhengig av hvor aktiv man byr inn de fleksible ressursene, og hvor mange hendelser det er i nettet som krever utkobling. Dette vil variere fra år til år. Det viktige er å ha bygget en infrastruktur slik at man kan selge de fleksible energiresursene der man ønsker, til enhver tid i de ulike fasene av bygg- og anleggsfasen, og bofasen på Tanberghøgda.

Med bakgrunn i den planlagte etableringen av solcelleanlegg på Tanberghøgda vil det gi svært gode kombinerte resultater ved å kombinere solcelleanlegget med batteri og fleksibilitetsstyring. I praksis betyr det at hele kapasiteten på et batteri og den til enhver tid brukte kapasitet på elbilene kan gjøres tilgjengelig for fleksibilitetsmarkedet.

De to aktuelle markedene fungerer som følger:

FFR

FFR er en reserve som aktiveres svært raskt for å hindre frekvensfall under 49,0 Hz ved store feil i kraftsystemet. Nordiske systemoperatører har avtalt å anskaffe FFR i nasjonale prosesser for å sikre stabiliteten i det nordiske kraftsystemet. Statnett gjennomførte i 2020 og 2021 demonstrasjonsprosjekt for kjøp av FFR. Fra og med 2022 etableres et kommersielt marked for anskaffelse av FFR. FFR fungerer som en effektrespons som aktiveres i løpet av cirka ett sekund når systemfrekvensen synker under et bestemt nivå. Ulike aktiveringsfrekvenser er mulige, fra 49,5 Hz til 49,7 Hz. Ved valg av lav aktiveringsfrekvens må responsen leveres raskere for å oppnå den ønskede virkningen. Frekvensområdet for aktivering er så lavt at det ikke forekommer hvert år. Utløsning av effektresponsen forventes derfor å skje sjelden. Den tekniske løsningen omfatter frekvensmåling, aktiveringsmekanisme og effektrespons, og kan leveres fra ulike teknologier. Enfo har standard utstyr for dette som er godkjent av Statnett, og har deltatt i markedet siden 2020.

RKOM/ RK

Regulerkraftopsjonsmarkedet (RKOM) skal sikre tilstrekkelig med oppreguleringsressurser i den norske delen av regulerkraftmarkedet (RK). RKOM er et kapasitetsmarked hvor tilbydere får betalt for å garantere at de deltar i regulerkraftmarkedet. Behovet for å sikre oppreguleringsressurser i regulerkraftmarkedet har så langt vært hovedsakelig i vinterhalvåret (oktober-april). Effekt fra både produksjon og forbruksutkobling kan tilbys i RKOM. RKOM stimulerer til at kraftintensiv industri synliggjør og bidrar med sin fleksibilitet, ved mulighet for en rask forbruksreduksjon. Regulerkraftopsjoner sikres i RKOM-sesong og i RKOM-uke. Det er ett sett vilkår for RKOM som omfatter både uke- og sesongmarkedet.

6.4.3 Styring og utnyttelse av fleksible laster

Enfo kan implementere og videreutvikle løsningen Flextools som en del av prosjektet på Tanberghøgda. Flextools benyttes i dag av mange strømleverandører som tilbyr sine kunder fleksibilitet. Den senere tiden har også utbyggingsområder, industri/ næringsparker etablert kundeforhold med Enfo for å ta grep i et stadig voksende fleksibilitetsmarked.

Det unike med Tanberghøgda er forretningsmodellen som er bygget på selskapet G-Kraft AS (søsterselskap til Fossen Utvikling AS i konsern) kan investere i lokale energiresurser, og utnytte disse til det beste på vegne av fellesskapet på Tanberghøgda, og derav være en ressurs for stor-samfunnet. Ved bruk av Flextools plattformen kan det styres fleksibilitet og effekt mot der det gir best økonomisk lønnsomhet til enhver tid, enten det er salg av solstrøm til beboere, lagring på batteri, salg av fleksibilitet, eller annet. Flextools vil da styre elbilladere, batteri og solceller. Et eksempel på fleksibel styring er å strupe ned kapasiteten på solcelleanlegget en kort periode på grunn av problemer på strømmettet, for så å tømme hele effektkapasiteten til batteriet i 30 sekunder (FFR) mot strømmettet, eller ta ned løpende effektopper.

Det er definert noen områder som kan være av spesiell interesse å jobbe videre med felles utvikling tilknyttet til Tanberghøgda, disse er beskrevet under:

Videreutvikling av lokale optimaliseringsløsninger (Maxguard/PriceGuard/TimeGuard), der vi kan knytte inn også målinger av spenningskvalitet, for eksempel for at de kan tilby dette til for eksempel nettselskap. Det er definert tre innovasjonsområder i oppdraget:

1. Innhenting av målerdata og oppgjør fra last og produksjon ned på assetnivå.
Dette inkluderer beregninger av forbruk, baselines, tilgjengelig fleksibilitet i et utbyggerperspektiv, i et lokalområde. Rapporteringer av tilgjengelig fleksibilitet per asset i et større område, sammenstilt for en aktør, for eksempel byggeier, utbygger, områdeansvarlig, osv. Forslag til utnyttelse av fleksibilitet i områder som ligger i for eksempel en flaskehals, under spesielle tariffer - anleggsbidrag – utkoblbare tariffer, nettariffer fra 2022. I samme kontekst utnyttelse av maxGuard, Priceguard og TimeGuard løsninger til det beste for hver eier som satt for hans profil og gi direkte anbefalinger om tiltak. Tilgang til markedene for hver last i et områdeperspektiv, direkte DSO, Lokal fleksibilitet (NODES) og Reservemarkeder. Rapportering av handel på alle assets, med mulighet for aggregator å fordele inntekter/kostnader, og for lasteier å se det samme (settlement). Mulighet for å sette lasteier eller aggregator (ikke BRP eller strømselskap) i førersetet til å tilby fleksibilitet
2. Spenningskvalitet
Et varslingsystem som utnytter måleverdier og for eksempel spenningskvalitet fra målere i nettet som gjør at korrelasjoner mellom kvalitet og hendelser kommer frem, for eksempel at unormal spenning kan føre til brann. Muligheter for å sammenstille med andre målinger som for eksempel kulde, frostsikring, for overvåking og varslings. Andre muligheter for å presentere slike målinger/korrelasjoner/intelligente systemer overfor andre som gjør at det kan ha en ekstra verdi for huseier/fellesskapet/andre
3. Dashboard med automatisert bud-generering og modus baserte funksjoner, AI funksjon for automatiserte markeder som utnytter fleksibilitet avhengig av anleggsmodus/ drift (bolig) modus. Logikk for å utnytte samme asset i flere markeder for å øke verdien av energiløsningene eiet av G-Kraft.

Økonomisk analyse

Det er gjennomført en økonomisk analyse av markedsverdien av et batteri på 1 MW og elbilladere som er installert, dette gir følgende ramme basert på erfaringstall fra 2021:

Sluttkunde - økonomisk analyse	Totalt 2022	Jan.	Febr.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
Inntjeningspotensial	462 000	40 500	40 500	50 625	33 750	33 000	33 000	33 000	33 000	33 000	50 625	40 500	40 500

Det gjennomført en overordnet analyse av inntektspotensialet for G-Kraft AS for salg av fleksibilitet og energi i periode 2022-2024, i en innledende fase i prosjektet. Det er lagt til grunn en lav strømpris på 0,51 til normalt salg, kun inkludert verdi fra FFR, ikke RKOM/ RK, samt tatt med en risikovurdering på 15%.

Tanberghøgda - G-Kraft AS inntektsberegninger

Forutsetninger:

500kWp solceller, 1 MW batterilagring, Strømpris 51 øre/kWh

	kWh				Pris kr	Kr		
Salg av energi	2022	2023	2024			2022	2023	2024
Salg av solstrøm til nett/strømlleverandør	100 000	275 000	125 000		0,51	51 000	140 250	63 750
Salg av strøm gjennom hurtiglader (anlegg/ elbil)	50 000	200 000	350 000		1,5	75 000	300 000	525 000
Salg av fleksibilitet (FFR)						40 000	150 000	150 000
Termisk energi		30 000	100 000		0,51	0	15 300	51 000
Sum						166 000	605 550	789 750
Risikovurdering, 15% usikkerhet i omfang/ priser osv.					15 %	-24 900	-90 833	-118 463
Totale inntekter i prosjektperioden						190 900	696 383	908 213
							Totalt	1 795 495

Tabell 6-4: Inntektsberegninger for salg av solstrøm, ladestrøm, fleksibilitetstjenester og termisk energi

7 Transportløsninger

Hovedformålet med tiltak på transport er å redusere klimagassutslipp. Overordnet er det Nasjonal transportplan (NTP) som legger føringer for det fremtidige transportsystemet i Hønefossområdet [40]. Det overordnede målet er "å tilby et effektivt, tilgjengelig, sikkert og miljøvennlig transportsystem som dekker samfunnets behov for transport og fremmer regional utvikling". Til tross for at nullvekstmålet [41] i utgangspunktet gjelder for store byer, vurderes det av NTP at Hønefoss er en by av såpass størrelse at det burde gjøres noe med reisemiddelfordelingen og jobbes for nullvekst i personbiltrafikken.

Den planlagte Ringeriksbanen, som gir høyhastighets jernbaneforbindelse mellom Hønefoss i Ringerike og Sandvika i Bærum, er svært betydningsfull for reisemønsteret i Hønefoss. Dette gir et potensial for vesentlig økning i kollektivandelen ved gode tilknytninger til Hønefoss stasjon.

I tillegg til bilreduserende tiltak er det ønskelig å legge til rette for mer miljøvennlig bruk av den biltrafikken som genereres av prosjektet. Etter denne energikonseptutredningen skal alle parkeringsplasser tilrettelegges med ladepunkter for «smart lading», dvs. lading av bil over tid, med selvregulerende effekt til lavest mulig pris.

7.1 Påvirkning av COVID-19 for dagens og fremtidig trafikk

Siden mars 2020 har den pågående COVID-19-situasjonen gjort at trafikkbildet i betydelig grad har endret seg. Nedstenginger i samfunnet, pålagt/anbefalt hjemmekontor, reiseforbud, anbefaling om å unngå bruk av kollektivtransport, mfl. tiltak ga umiddelbare endringer fra det vante reisemønsteret. Antall reiser ble betydelig redusert, samt bruken av kollektivtransport til fordel for høyere andel bilbruk og turer til fots [42]

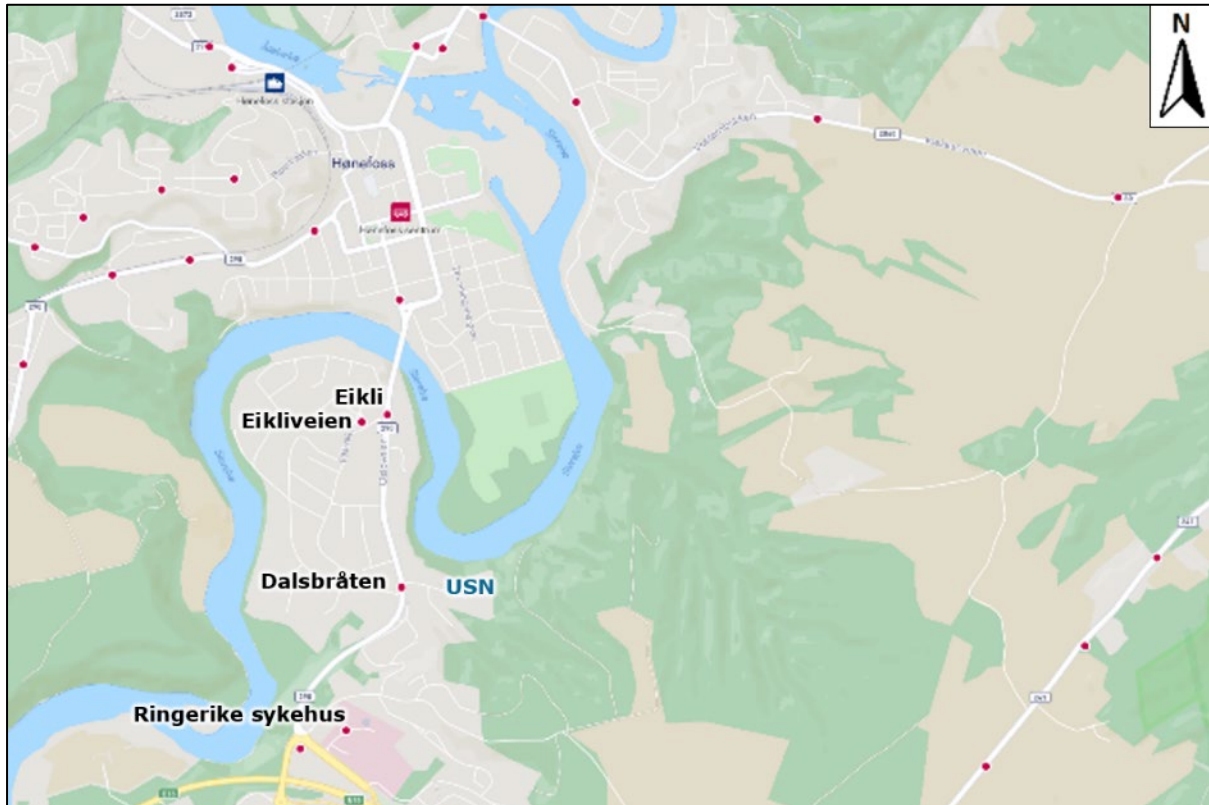
I tillegg til umiddelbare reiseendringer siden mars 2020 har også store deler av befolkningen fått nye, og tilsynelatende permanente muligheter som følge av COVID-19-pandemien. Hjemmekontor viste seg å være både effektivt og attraktivt for mange. Som følge er det flere arbeidsplasser som har valgt å tilrettelegge for hjemmekontor enten fulltid eller deltid. En slik utvikling forventes å redusere transportbehovet noe ved mindre arbeidsreiser.

Pandemien er p.t. fortsatt ikke over. Det er flere kollektivselskap som har rapportert at de fremdeles sliter med lave passasjertall siden den brå nedgangen etter mars 2020. Forholdet vedvarte også høsten 2021 da smittenivåene våre relativt lave, og uten anbefaling om å unngå kollektivtransport eller påbud og bruk av munnbind. Det er for tidlig å konkludere, spesielt ettersom pandemien pågår, men mye tyder på at kollektivtilbudet må tilpasse seg ny situasjon med tilsynelatende mindre frekvente arbeidsreiser.

7.2 Tiltak

I tråd med NTP og bærekraftig samfunnsutvikling er det ønskelig å redusere privatbilbruken til hverdagens ærender, til fordel for reising med sykkel, til fots, og med kollektivtransport. Aktuelle tiltak kan både være av formatet "pisk" eller "gulrot"; hhv. begrensende tiltak som gjør det vanskeligere å bruke personbil, og tilretteleggende tiltak som gjør det lettere å gå, sykle og reise kollektivt.

Det ligger mange muligheter for både pisk og gulrot-tiltak i og med at prosjektet er en nyetablering i området. Det er videre diskutert aktuelle tiltak for å begrense bruken av personbil til fordel for gange, sykkel, og kollektiv. Det er relevant å se på det eksisterende kollektivtilbudet i nærheten av prosjektområdet, vist i figur 7-1.



Figur 7-1 Dagens kollektivtilbud. Bakgrunnskart fra entur.no.

Den nærmeste holdeplassen til prosjektet er Dalsbråten som ligger ca. 1 km unna. I luftlinje er nærmeste påkobling via Bredalsveien som går mot Universitetet i Sørøst-Norge (USN), vist med blå skrift i figuren. Terrengforholdene er utfordrende med mange høydemeter og bratt stigning mellom prosjektområdet og USN.

I forbindelse med utforming av kommunedelplanen Krakstadmarka/Hønefoss Øst og reguleringsplanene Tanberglia og Tanberghøgda er det planlagt bussholdeplasser som skal fange opp innbyggere her med «ruslebuss» til Hønefoss sentrum, Hønefoss Stasjon og andre omkringliggende destinasjoner i Hønefoss. Tiltaket med «Ruslebuss» vil trolig iverksettes når utbyggingen gir et nødvendig grunnlag for å sette tilbudet opp.

Videre er det diskutert ulike tiltak som kan være aktuelle for å fremme gange og sykkel, kollektiv, og generelle bilreduserende tiltak.

7.2.1 Fremme gange og sykkel

En betydelig utfordring for gående og syklende til og fra prosjektområdet er høydeforskjellen til Hønefoss sentrum og Storelva som går gjennom Hønefoss. Med nesten 100 m høydeforskjell krever dette svært mye av fotgjengere og syklister. En fordel med at prosjektområdet ligger øverst er at aksepten for å svette og bli sliten er større på vei hjem, enn på vei til andre målpunkt.

Oppoverbakkene til prosjektområdet tilsier at det burde være spesielt fokus og tilretteleggelse for elsykler. I tillegg til elsykler har det også vært en betydelig vekst i bruk av elektriske lastesykler og elsykler med barnevogn, som krever mer plass enn den tradisjonelle sykkel.

Aktuelle tiltak som fremmer gange og sykkel for prosjektområdet er følgende listet opp og beskrevet:

- **Sammenhengende gang- og sykkelvegnett.** Det er viktig å koble løsninger for gange og sykkel på eks. infrastruktur, ev. gå i prosess om å utbedre dagens tilbud der det sammenhengende gang- og sykkelvegnettet ikke blir av tilstrekkelig høy standard. Spesielt for gående er det vesentlig med mange, gode, og prioriterte kryssingssteder uten lange omveier.
- **Etablere tilstrekkelig sykkelparkering.** Tilretteleggelse for elsykler, lastesykler, og barnevogn. Ringerike kommune stiller krav om minimum 2 parkeringsplasser for sykkel per boenhet større enn 60 m² BRA, og minimum 1 parkeringsplass for mindre boenheter⁹. Antall parkeringsplasser for sykler kan med fordel økes i dette prosjektet.
- **Attraktive og viktige reisemål i nærheten;** bl.a. dagligvarehandel, butikker, skole, arbeidsplasser, serveringstjenester, mfl. Kort reisevei øker sannsynligheten for bruk av sykkel eller å gå, til fordel for å bruke bilen. De nære reisemålene og reiseveien burde ha trivelige oppholdsrom som gjør det attraktivt å oppholde seg over lengre tid.
- **Nyttig infrastruktur og gode forhold.** Med dette menes funksjonelle og hyggelige traseer, herunder ikke for bratte stigningsforhold, benker for å kunne hvile underveis i oppoverbakkene (spesielt gjeldende for eldre), bearbejdede arealer (gjærne med grønne beplantninger), universell utforming sånn at alle kan bruke traseene, brede fortau og sykkelfelt, klar separering av fotgjengere og syklistar fra motorisert trafikk, tilstrekkelig utebelysning, mfl.
- **Snarveier.** Snarveier vil være svært attraktivt for mange som ønsker å komme raskest mulig frem, og som har god bevegelse. Disse utgjør som oftest flertallet. Snarveier skal ikke anlegges som hovedtrasé, men burde ev. anlegges som et tillegg til en universelt utformet hovedtrasé. Mulig «Bærekraftstrapp» til Origo kan være et slikt tiltak.
- **Tilgang til kollektivtilbud.** Å reise med kollektiv fordrer reising til og fra holdeplass. For å være et konkurransedyktig alternativ til personbilen er det vesentlig med god tilgang for gående og syklende til kollektivtilbudet. Ved lange avstander til holdeplass kan det være aktuelt å etablere sykkelstativ for innfartsparkering mellom hjem og holdeplass.
- **Drift og vedlikehold.** Norge har flere ulike sesonger ila. et år, og det er dermed viktig å planlegge for alle årstider. Gode forhold gjennom sommeren, våren, og høsten krever kosting og oppfølging av infrastrukturen. Om vinteren er brøyting og ikke-glatte fortau og sykkelveger nødvendig for å sikre et godt og sikkert tilbud også på denne årstiden.
- **Felles sykkelverksted i nabolaget.** Flere nyere borettslag har begynt å få etablert egne sykkelverksteder der de fleste mindre reparasjoner kan utføres selv. Det forventes at et slikt

⁹ <https://www.ringerike.kommune.no/innhold/miljo-og-areal/skal-du-bygge/biloppstillingplass--parkering/>

tilbud minimum gir muligheter for å pumpe luft, vaske sykkel, smøre kjeder, og bytte slanger og dekk på et egnet sted som tåler søl fra sykler.

- **Elsykkelordning.** Det kan være aktuelt at nabolaget eier egne elsykler som kan tilbys til låns/leie for beboere i nabolaget. Det anbefales at en slik ordning utformes som et trygt og forutsigbart system, f.eks. med booking med bruk av navn, tidspunkt, og utsjekking når elsykkel er tilbake på plass og klar for ny booking. Elsykler er relativt dyrt sammenlignet med tradisjonelle sykler, som kan være en barriere for mange. En følgende positiv effekt av en slik ordning vil være at flere får prøvd elsykkel, og dermed får mersmak og se fordelene med å eie dette selv. I dag finnes det også flere aktører som låner ut elsykler og elsparkesykler som kan brukes og betales for av alle med samsvarende app. En slik ordning har spesielt mange fordeler i sentrumsområder, men er mindre pålitelig utenfor sentrum, da sannsynligheten er større for at det ikke finnes noen elsykler/elsparkesykler i nærheten. Det kan tenkes at Tanberghøgda sammen med USB Campus Ringerike samme gir godt grunnlag for en større ansamling av elsparkesykler i Dalsbråten.

7.2.2 Fremme kollektivtrafikk

Dagens kollektivtilbud nærmest prosjektområdet er tidligere vist i figur 7-1, der Dalsbråten er den nærmeste holdeplassen ca. 1 km unna. Høydeforskjellen mellom bussholdeplassen og prosjektområdet gjør det spesielt strevsomt å gå fra Dalsbråten og hjem.

Det er vesentlig å ha gode gangforbindelser mellom prosjektområdet og Dalsbråten langs fv. 290 Osloveien, for at beboere skal benytte seg av dagens kollektivtilbud.

BREEAM communities har belønninger og krav ifm. lavest mulig avstand til holdeplass for innbyggere/arbeidsplasser som gjengitt i tabell 7-1.

Tabell 7-1 BREEAM sine belønninger og krav ift. gangavstand til nærmeste holdeplass

Credits	Gangavstand (urban)	Gangavstand (landlig)
1	≤ 650 m	≤ 1 300 m
2	≤ 550 m	≤ 1 100 m
3	≤ 450 m	≤ 900 m
4	≤ 350 m	≤ 700 m

Med fremtidige Ringeriksbanen som gir jernbaneforbindelse mellom Hønefoss sentrum og Sandvika i Bærum, er Hønefoss Stasjon et svært viktig kollektivpunkt i fremtiden for lengre reiser. Gode forbindelser mellom Tanberghøgda og stasjonen burde sikres, fortrinnsvis for gående, syklist, og et tilknyttet kollektivtilbud.

7.2.3 Redusere bilbruk/antall bilreiser generelt

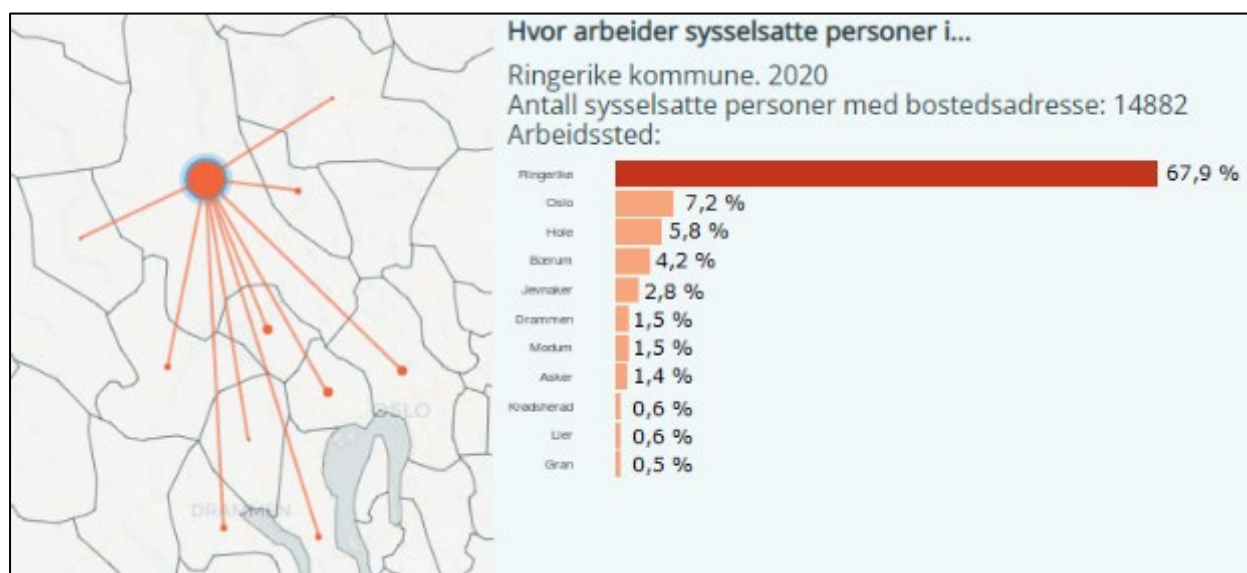
For å redusere bilbruken av nødvendige reiser er det først og fremst nødvendig å ha konkurranse-dyktige alternativer. Med kortere avstander til målpunkt, f.eks. butikk, arbeidsplass, møteplass, skole, mfl., vil det være mer sannsynlig at man velger å gå eller sykle fremfor å bruke sin egen bil.

For å redusere bilreiser generelt er det effektivt å begrense tilgangen til bil eller bruken av bil. For et nabolag kan dette f.eks. gjøres med å redusere parkeringsareal, slik at tilgangen til parkering begrenses. Dette kan reguleres både for beboere, men også ev. besøksparkering.

Bilkollektiv er aktuelt for å gi beboere tilgang til bil ved behov. Til tross for ulikt bruk av biler står de fleste privatbiler absolutt mesteparten av tiden parkert, og en slik ordning vil derfor redusere behovet for å eie en egen bil. For mange vil et bilkollektiv være økonomisk gunstig, samt attraktivt ved å ikke være ansvarlig for service, dekkskift, og lignende. En bildelingsordning vil typisk koste noe mer per gang bilen brukes, men uten den høye kjøpsinvesteringen av en egen bil. Dette gjør at det blir litt større terskel for å bruke bilen ofte, til tross for at totalsummen også over tid som regel er rimeligere.

En felles delebilordning burde organiseres slik at dette blir foretrukket for flest mulig fra start, der prinsipper for brukerhåndtering og finansielt fokus skal gjøre det enkelt for bruker, og økonomisk bærekraftig for alle parter. Da prosjektområdet ligger et stykke og mange høydemeter fra Hønefoss og Osloveien, så anbefales det å se på en løsning der delebil har fast plass i borettslaget med enkel tilgang for beboere.

Tiltak for reduisering av antall reiser burde balanseres mot kollektivtilbud, og hvor bosatte i Ringerike kommune jobber. Tall fra SSB¹⁰ viser at 2/3-deler av de sysselsatte jobbet i sin egen kommune i 2020, mens den resterende 1/3-delen jobbet i en annen kommune, der litt over 7 % hadde arbeidssted i Oslo.



Figur 7-2 Pendlingsstrømmer for boende i Ringerike kommune i 2020

Som tidligere beskrevet i kap. 7.1 har reisemønsteret og spesielt arbeidssituasjonen endret seg i stor grad siden mars 2020, som følge av den pågående COVID-19-pandemien. Det umiddelbare påbudet om hjemmekontor der det var mulig, viste seg for mange å både være både effektivt og attraktivt med mer fleksibilitet i arbeidshverdagen, arbeidsro, redusert reisevei, mm. Ettervirkninger har vært at flere arbeidsgivere har tilrettelagt for enten fullstendig eller delvis frivillig bruk av hjemmekontor for sine ansatte.

For de med lang reisevei er hjemmekontor spesielt attraktivt for å unngå både tidkrevende og kostbar arbeidsreise én eller flere dager i uka. Pandemien har vist at hjemmekontor fungerer godt for mange, og en tilrettelegging for kontorlokaler på Tanberghøgda kan derfor være svært aktuelt for å redusere antall reiser. Det finnes i dag flere kontorlokaler som er til leie for ulike bedrifter,

¹⁰ [Pendlingsstrømmer \(shinyapps.io\)](https://shinyapps.io/)

enkeltmannsforetak, gründere, o.l., som på samme måte også kunne blitt etablert som et felles tilbud for beboere på Tanberghøgda. Dette gir en mer sosial arbeidsplass enn kun å sitte alene på sin egen adresse, og vil derfor utgjøre et alternativt og for mange et enda mer attraktivt hjemme-kontor-tilbud.

7.2.4 Fremme bruk av elektriske kjøretøy

Et forbud mot bruk av bil vil være en svært betydelig og en lite ønskelig frihetsberøvelse for innbyggere i dette nye boligområdet. Plangrepet i Tanberghøgda viser at det tilrettelegges for biler, men at bilen har en underordnet rolle i utbyggingen. Internveier og parkering er langt på en slik måte at mulige konflikter mellom myke og harde trafikanter blir minst mulig. Gange og sykling har distansebegrensninger, og flere målpunkt og reiser har enten dårlig, fraværende, eller lite konkurransedyktig kollektivalternativ. Et positivt bidrag for miljøet vil være å øke andelen biler med lavt klimaavtrykk. For lokalmiljøet er nullutslippsbiler spesielt heldig da man unngår de tradisjonelle utslippene fra konvensjonelle bensin- og dieselmotorer.

Plangrepet i Tanberghøgda viser at det tilrettelegges for biler, men at bilen har en underordnet rolle i utbyggingen. Internveier og parkering er lagd på en slik måte at mulige konflikter mellom myke og harde trafikanter blir minst mulig. Alle faste p-plasser tilrettelegges med fleksibel lading, slik at bileier har inntekspotensial på bilen.

Det er en betydelig klimagevinst å fremme bruk av elektriske kjøretøy fremfor tradisjonelle fossil-drevne biler. Først og fremst er det viktig å tilrettelegge for elbiler ved tilstrekkelig antall, effektive, og brukbare ladepunkter for ulike elbiler. Andre aktuelle tiltak er å forbeholde plasser for elbiler, gi bedre forhold for elbil-plasser med f.eks. takoverbygg e.l.

7.3 Sti til/fra prosjektområdet

For å redusere antall bilturer er det vesentlig å ha god gang- og sykkelforbindelse til viktige målpunkter i Hønefoss; Hønefoss sentrum, idrettsområdene på Schjongslunden, kollektivtilbud langs Osloveien, mfl. Eksisterende terrengforhold er vist i figur 7-3 med høydekurver fra planområdet på ca. 150 moh. til ca. 90 moh. ved USN. Fossen Utvikling AS har allerede tilrettelagt stier i området, der gamle og igjengrodde ferdselsveier i Tanberghøgda er ryddet og forsterket.



Figur 7-3 Høydekurver, 1 m per høydekurve. Kilde: Kartverket.

Høydeforskjellen mellom planområdet og Osloveien gjør det krevende å lage en løsning med kort distanse som er universelt utformet. Kravet til universell utforming fra Statens vegvesens håndbok V129 *Universell utforming av veier og gater* er maksimal stigning utenfor sentrumsområder på 1:12 (8,3 %), men helst maks. 1:20 (5 %). Med 60 høydemeter må det også legges inn flere pauseplasser da belastningen blir svært stor. Pauseplasser vil også være nødvendig for eldre eller andre brukere med nedsatt bevegelsesevne.

Med hensyn til eks. terreng fra prosjektområdet mot USN og Osloveien vurderes det grovt å være vanskelig å etablere en god og universelt utformet trasé der dagens sti går. Samtidig vil det være svært mange som vil ha stor nytte av en trasé som gir raskest mulig vei mellom prosjektområdet og Osloveien uten universell utforming. Dette må ikke erstatte en universelt utformet forbindelse fra prosjektområdet, men supplere for fotgjengere som ønsker raskeste mulige vei. Det anbefales å vurdere belysning av en slik sti for å gi en oversiktlig, trygg, og brukervennlig sti.

Området er avhengig av en god, universelt utformet forbindelse som også gir gode forhold for syklist. Dagens sti fra USN utgjør ikke et godt tilbud for syklist. I tillegg til den bratte stigningen vil også stien gi ytterligere begrensninger uten snøbrøyting da dette dermed ikke vil utgjøre et hel-årstilbud for hverken syklist eller gående. Det må derfor stilles krav til en hovedtrasé som fungerer godt for fotgjengere med både god og nedsatt bevegelsesevne, og syklist hele året rundt som dermed får tilstrekkelig vedlikehold gjennom årets ulike sesonger.

Det bør undersøkes nærmere en idé om skrånende heis fra «Origo» (dvs. nordre kant av utbyggingsområdet) og ned til stisystemet. Denne kan ta ut en høydeforskjell på vel 30 meter over en

kort avstand, og vil samtidig gi mulighet for universell utforming ned til viktige fellesområder i utbyggingen. Heisen bør tilrettelegges for både gående, syklende, og funksjonshemmede, samt bidra til at «barrieren» i den rette linjen mot sentrum reduseres kraftig. Et slikt heisprosjekt kan bli forholdsvis dyrt. Det er heller ingen direkte krav i reguleringsplanen som krever bygging av en slik heis. Derfor vil boligutvikling ifm. et slikt prosjekt kunne gi økonomi til å realisere prosjektet. Det er foretatt detaljerte grunnundersøkelser mtp. mulig realisering av heis med boliger.

7.4 Ny gang- og sykkelbru over Storelva

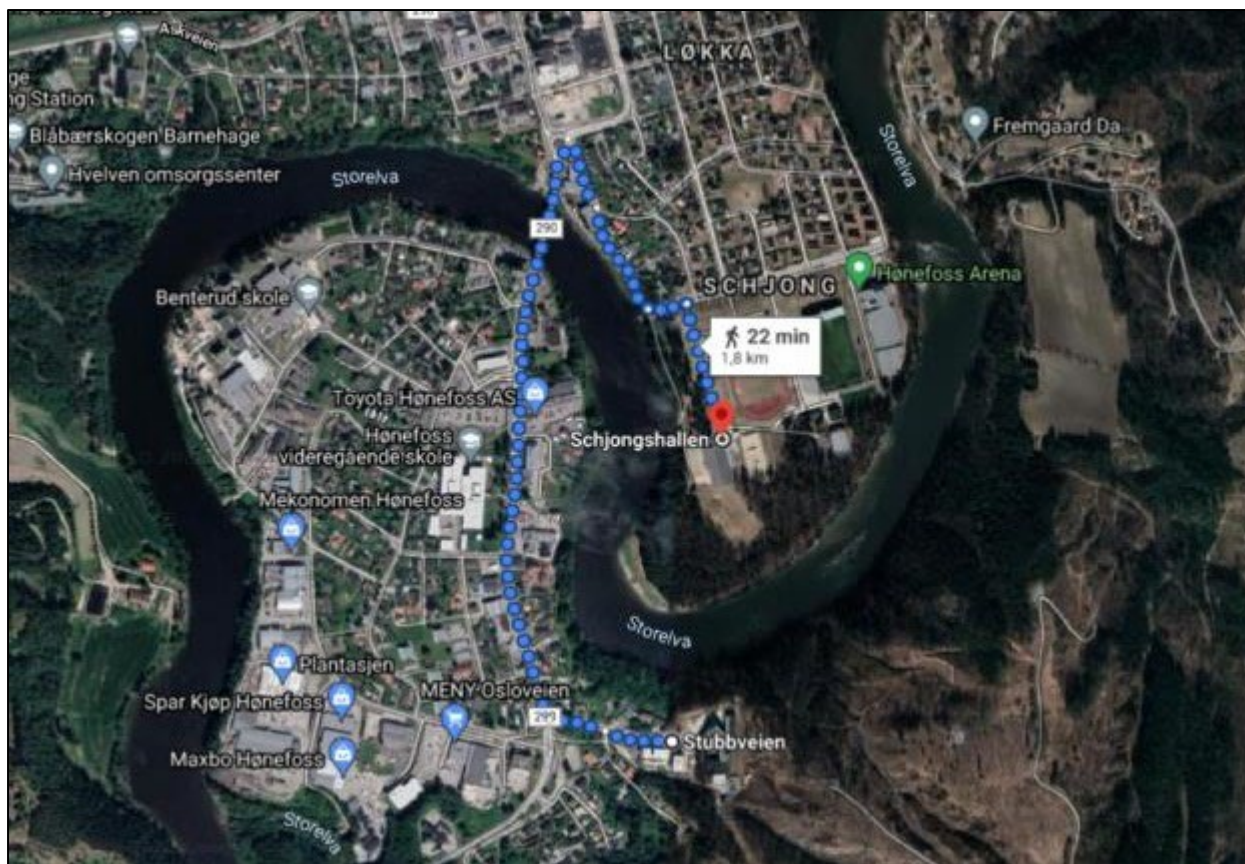
Det har tidligere vært diskutert muligheten for en ny gang- og sykkelbru over Storelva til idrettsområdet på Schjongslund fra USN Campus Ringerike/Tanberghøgda. Dette vil utgjøre en alternativ rute med mindre trafikk til/fra Hønefoss sentrum. Dagens bru over Storelva langs Osloveien utgjør et dårlig tilbud for gående og syklende, vist i figur 7-4.



Figur 7-4 Dagens bru over Storelva langs Osloveien, sett fra sør. Kilde: Google Maps.

Dagens kryssing over Storelva fra sør utgjør et dårlig tilbud for gående og syklende med smale fortau som er atskilt med gjerder fra øvrig trafikk. Det er svært smalt for rullestolbrukere og syklist, spesielt for de som sykler med barnevogn/lastevogn, eller lignende. Sykling i vegbanen er mulig, men lite attraktivt med den fysiske barrieren fra det tryggere fortau. Dette er bl.a. ikke et sted du ønsker å sykle med barn.

Ruta langs hele Osloveien er også lite tilfredsstillende for gående og syklende, med mange kryssningspunkter, smalt fortau, og mye biltrafikk. Det er lagt opp til et plangrep for gående og syklende vekk fra Osloveien mot øst, men dette prosjektet er avhengig av her helhetlig privat intuitivt som vil berøre mange eiendommer, og vil trolig ikke la seg realisere.



Figur 7-5 Dagens trasé og reisetid for myke trafikanter mellom USN og Schjongslunden

Figur 7-5 viser dagens trasé for myke trafikanter mellom USN og Schjongslunden. Distansen er nesten 2 km langs dagens trange bru over Storelva. Denne strekningen blir betydelig redusert med ny bru over Storelva nærmere USN. Dette gjelder ikke kun for reisen mellom USN og Schjongslunden, men alle som kommer fra sør som skal mot sentrum, samt for det nye utbyggingsområdet på Tanberghøgda med svært mange boenheter.

Som eksempel er bruer over Nidelva i Trondheim fra Øya kun tilrettelagt for gående og syklende, i attraktive tur- og reiseakser for myke trafikanter. Dette må videre vurderes etter lokale forhold, men vurderes som et attraktivt alternativ for å øke bruken av og bedre forholdene for gående og syklende.

En ny bru over Storelva som er utformet for myke trafikanter vil utgjøre en svært attraktiv trasé for gående og syklende fra sør mot sentrum, bussholdeplasser, Hønefoss stasjon, mfl. I tillegg vil en ny bru binde prosjektområdet, USN, og andre reisedestinasjoner i sør med idretts- og turområdet på Schjongslund. Tilgjengeligheten til marka og friluftsområder vil bedres, som har svært positiv betydning på både helse og bo-/livskvalitet. Dette vil være svært betydningsfullt for dagens gående og syklende, samt et positivt bidrag for å overføre flere av dagens bilister til sykkel og gange.

I tillegg til fordelene for myke trafikanter vil også en ny bru ha praktiske fordeler for f.eks. føring av rør og kabler mot sentrum. Det er meldt inn behov fra både Ringerike kommune ved utbyggingsavdelingen og Vardar Varme AS for å føre brannvann og fjernvarme i konstruksjonen. Disse kan bidra i finansieringen av prosjektet. Det er også tidligere meldt inn annen mulig medfinansiering.

Gang- og sykkelbrua vil ha positiv betydning på både helse og bo-/livskvalitet i hele Hønefoss, og Hønefoss Syd spesielt. Prosjektet vil være svært betydningsfullt for dagens og fremtidens gående og syklende, samt gi et stort positivt bidrag for å overføre flere av dagens bilister til sykkel og gange. Det er avsatt areal til formålet ved den nylige vedtatte reguleringsplanen til USN Campus Ringerike. Det vurderes at en ny gang- og sykkelbru vil gi et betydelig løft til hele området, og spesielt bedre tilbudet for gående og syklende til og fra Hønefoss sentrum. Med utbygging av Tanberghøgda blir dette enda mer aktuelt, spesielt for å tilrettelegge for grønn mobilitet helt fra starten av.

7.5 Vurdering av løsninger

Høydeforskjellen mellom prosjektområdet og Osloveien gjør det krevende for fotgjengere og syklist. For å best tilrettelegge for disse trafikantene må det sørges for en attraktiv trasé som kan brukes hele året. Tilrettelegging for bruk av elsykkel vil kunne bidra spesielt positivt til større andel turer uten bil.

Tilrettelegging for bruk av sykkel er spesielt viktig med relativt korte avstander til viktige målepunkt som f.eks. Hønefoss sentrum, USN, Hønefoss VGS og Hønefoss Stasjon mfl. Et sykkelverksted i borettslaget vil være svært heldig for økt bruk av sykkel. Pga. høydeforskjellen mellom prosjektområdet og Osloveien burde det legges tilstrekkelig opp til bruk av elsykkel. For elsykler er sikkerhet mot tyveri spesielt viktig da elsykler er dyre og dermed attraktive stjeleobjekter.

En sti mellom prosjektområdet og Osloveien ned skråningen mot USN vil være en kort og rask forbindelse som er attraktiv for hovedsakelig gående med god bevegelsesevne. Med vinterbrøyting vil bruksperioden forlenges gjennom vinteren. Ved belysning av traseen vil bruksperioden utvides både på morgenen og kvelden når det er mørkt. Dette gjelder spesielt på høsten. Stien må utgjøre et supplement til en helårstrasé som er universelt utformet mellom prosjektområdet og Osloveien for et attraktivt tilbud til fotgjengere med både god og nedsatt bevegelsesevne, samt syklist gjennom hele året. Prosjektet med langsgående heis kan være vanskelig å finansiere, og vil trolig være avhengig av å utbytte heistraseen også til boligformål, for å finansiere heisen. Ny gang- og sykkelbru bør kunne la seg realisere, ettersom prosjektet er svært viktig, og at flere kan bidra til å få prosjektet realisert. Prosjektet er dog avhengig av at Ringerike kommune følger opp tidligere utsagn og vedtak.

For å redusere antall bilreiser ved arbeidsreiser kan det være aktuelt å vurdere felles kontorlokaler for beboere på Tanberghøgda. Etter flere perioder med påbud om hjemmekontor der det har vært mulig som følge av COVID-19-pandemien, har dette vist seg å være både effektivt og attraktivt for mange ansatte. For de med lang reisevei til jobben vil en slik felles kontorløsning kunne være spesielt attraktivt én eller flere dager i uka, som et mer sosialt alternativ til å sitte på egen adresse. Et felles kontorlandskap vil også gi et tilbud der du ikke må bruke ditt eget hjem til arbeid, som for flere er en barriere for å ha hjemmekontor. Det er mulig å se for seg etablering av en slik løsning, for eksempel i område «Origo», ved oppstart av Fase 2 i prosjektet.

Det er urealistisk å legge opp til at bil ikke brukes. En bildeleordning vil anslagsvis kunne erstatte 5-15 personbiler per delebil [43]. Undersøkelser fra samme studien viser også at de som er med i en bildeleordning kjører ca. en tredjedel mindre enn de som eier egen bil. Dette stiller relativt store krav om borettslaget skal ha en slik ordning selv. Dette burde diskuteres sammen med kommunen, samt lokale, private aktører. Derfor bør utbygger Fossen Utvikling AS tilrettelegge for

denne ordningen i forbindelse med utviklingen av prosjektet. En streng parkeringsordning vil være med å regulere både bilparken og bilbruken i Tanberghøgda.

8 Klimagassvurdering

Klimagassvurderingen i konseptfasen er utført for å redusere klimagassutslipp for noen av de viktigste utslippskildene i tilknytning til utbygging av boligfeltet og tilhørende infrastruktur. I tillegg har konseptutredningen fokus på at boligområdet skal legge til rette for en bærekraftig livsstil med lave klimagassutslipp. I dette kapitlet klimagassreduserende tiltak er delt opp i to kategorier:

- 10 **VA og veiinfrastruktur:** Referanse scenario og Tiltak 1-3 fokuserer på klimagassreduksjon fra utbygging, drift og vedlikehold av VA- og veiinfrastruktur sammenlignet med et referanse-scenario. Effektene til klimagassreduserende tiltak ble vurdert fra et livsløpsperspektiv. Datagrunnlag er basert på prosjekterte mengder og prosjektets rammeplan for å kartlegge hvilke prosesser og aktiviteter som har størst utslipp av klimagasser fra VA- og veiutbygging i Tanberghøgda fase 1.

Tiltak 1: Bruke naturlig overvannsfordrøying

Tiltak 2: Optimalisere VA-traseer for størst mulig selvfall og no-dig-løsninger

Tiltak 3: Utredning om bruk av miljøasfalt

- 11 **Alternativløsninger:** Tiltak 4-7 presenterer klimagassreduserende tiltak fra ambisiøse infrastruktur-løsninger og fra utbygging og drift av boligarealer i Tanberghøgda. Per dags dato er prosjekterte mengder for massehåndtering, energiinfrastruktur og byggkonstruksjoner ikke tilgjengelig, derfor skal alternative løsninger beskrives i en kvalitativ måte for de følgende tiltakene:

Tiltak 4: Utslippsfri bygge- og anleggsplass

Tiltak 5: Ressursoptimalisering

Tiltak 6: Lokal fornybar energiproduksjon med solceller og bioenergi

Tiltak 7: Transport-15-minutters

8.1 VA og veiinfrastruktur

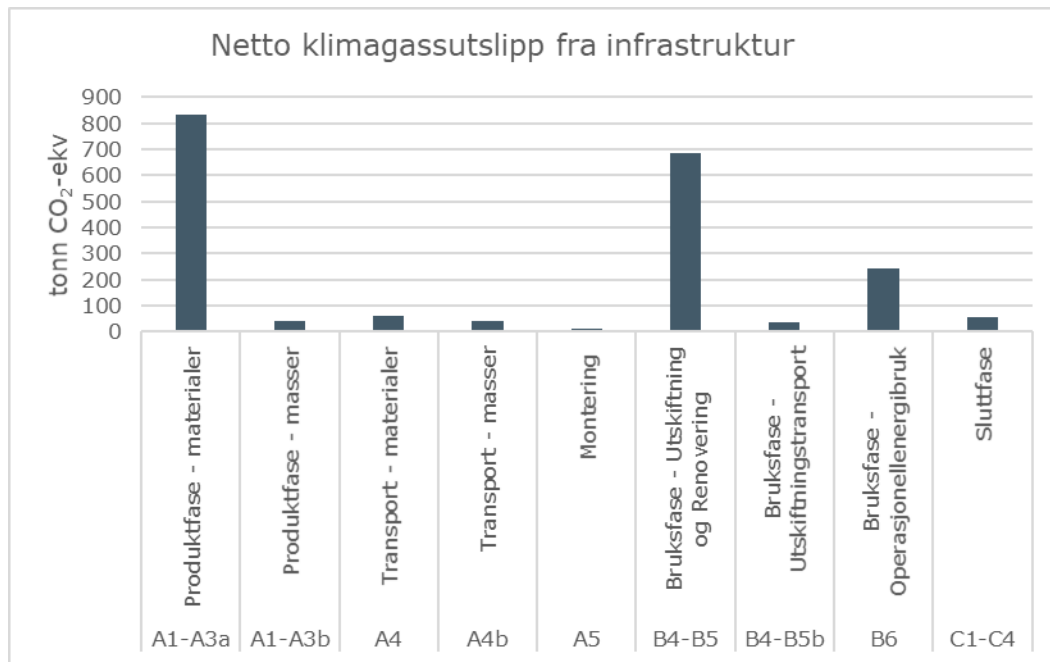
I samsvar med vurderingskriteriene i CEEQUAL Manual versjon 6, har prosjektet fastsatt et klimamål av minst 20 % klimagassreduksjon i anleggsfasen sammenlignet med referansenivået. For å få til dette må alle utviklere av Tanberghøgda aktivt jobbe med klimaarbeid for å ta velbegrunnede valg. Klimagassutslipp kan dokumenteres ved hjelp av klimagassberegninger, presentert i et klimagassbudsjett og klimagassregnskap. Klimabudsjettet gir taket for hvor store utslipp man maksimalt tillater i prosjektet, mens klimaregnskapet dokumenterer måloppnåelse ved endt prosjekt. Se også LCA-analyse for fullstendig oversikt over tiltak som må følges opp i prosjektet [44].

En referanse scenario og et klimagassbudsjett ble utarbeidet for VA og veiinfrastruktur i prosjektets Fase 1. Livsløpsfaser som er inkludert i klimagassberegninger:

- *Produkt- og anleggsfasen (A1-A5)* inkluderer material- og masseproduksjon, transport under produksjon og frem til anlegget, forarbeider, anleggsaktiviteter og transport (fram, tilbake og på anlegget).
- *Driftsfasen (B4-B6)* inkluderer utskifting av materialer, renovasjon og energiforbruk i drifts (over prosjektets levetid av 60 år).
- *Sluttfasen (C1-C4)* inkluderer riving og demontering og sluttbehandling av materialer.

Totalt har VA og veiutbygging et netto klimafotavtrykk av **2010 tonn CO₂-ekv.** Figur 8-1 gir oversikt over netto klimagassutslipp fordelt i livløpsfaser og viser at:

- Produksjon av materialer og masser i *produktfase A1-A3b* og utskifting av materialer i *bruksfase B4-B5* fører til størst prosentandel av klimagassutslippene, henholdsvis 43% og 36%. Dette skyldes av store mengder asfalt med 30 års antatt levetid som brukes i asfalterte flater under veibygging og veiutskifting ila. 60 års analyseperiode. I tillegg øker både tilkjørte masser for omfylling og overvannmagasinering brukt for underjordisk overvannshåndtering prosjektets klimafotavtrykk.
- *Utslipp fra material- og massetransport A4a-A4b (5%) og anleggsarbeid A5 (1%)* viser å ha relativt lave klimagassutslipp sammenlignet med andre livsløpsfaser. Det er viktig å påpeke at resultatene er relativt usikre siden transportdistanser både av materialer og avfall er per dags dato uklart da deponier og leverandører ikke er fastsatt. Derfor følger antatt distanse for masse- og materialtransport bransjereferanse. Det er i referansescenariet og klimagassbudsjettet antatt at alle anleggsmaskiner benytter seg av tradisjonell fossil anleggsdiesel. I analysen kun gravemaskiner ble inkludert, mens veivals, og andre veianleggsmaskiner og transportmidler var utenfor analysens omfang.
- Strømforbruket til pumpestasjoner og gatelys i *bruksfasen (B6)* skyldes for 12% av klimagassutslippene.



Figur 8-1 - Netto klimagassutslipp i anleggsfasen (A1-A5), driftsfasen (B4-B6) og sluttfasen (C1-C4)

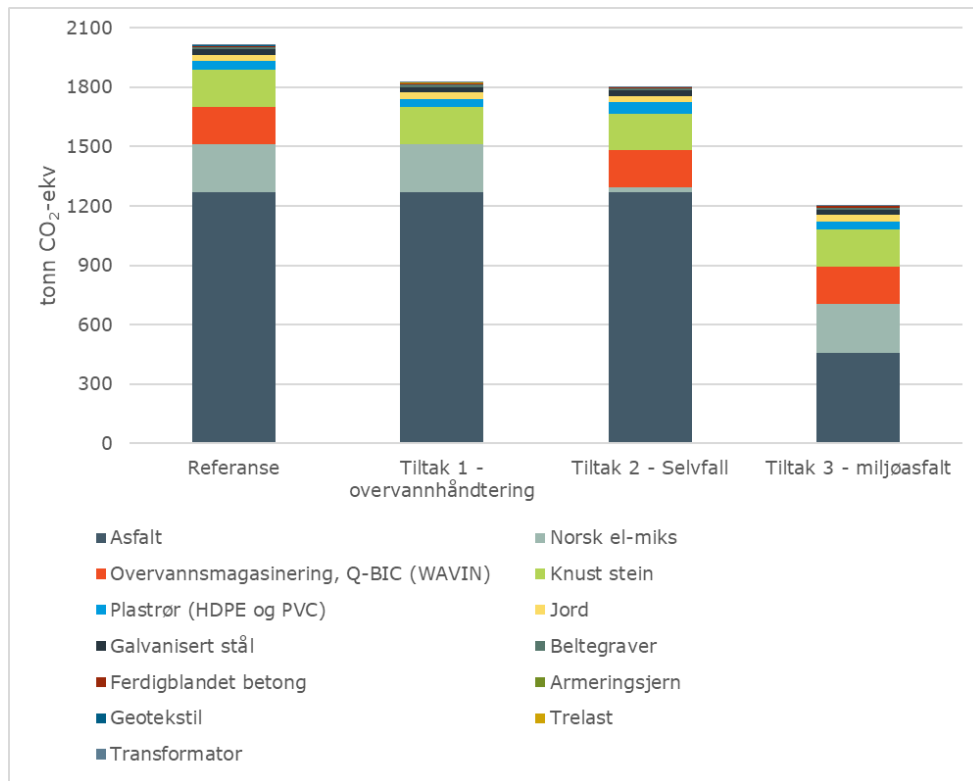
For å redusere klimagassutslipp med minst 20% fra anleggsarbeid ble følgende tiltak vurdert:

Tiltak 1: Bruke naturlig overvannsfordrøying: I stedet for å opprette underjordiske fordrøyningsmagasiner, kan arealene utformes slik at landskapet håndterer overvannet for å redusere behovet for overvannsmagasiner.

Tiltak 2: Optimalisere VA-traseer for størst mulig selvfall og no-dig-løsninger: Bruk av gravefrie løsninger. Redusere material- og energibehovet for to avløpspumpestasjoner og tilhørende avløpspumpeledning.

Tiltak 3: Utredning om bruk av miljøasfalt: Asfalt har størst betydning for klimagassutslipp fra veiinfrastruktur. Dette er et material som benyttes i stort omfang, må skiftes ofte, og har høye utslipp i produksjonsfasen. Erstatning av gjennomsnittlig norsk asfalt, med miljøasfalt levert av PEAB Asfalt.

Resultater fra klimagassbudsjettet viser at Tiltak 1 fører til 9 % reduksjon av klimagasser – sammenlignet med referansenivået - på grunn av redusert utslipp fra overvannsmagasiner. Tiltak 2 reduserer klimagassutslippene med 10 % som er følge av redusert strømforbruk fra pumpestasjoner. Utbytting av bransjereferanse asfalt med PEAB sin miljøasfalt i Tiltak 3 fører til 40 % reduksjon av utslippene. Til sammen, kan Tiltak 1, 2 og 3 redusere klimagassutslippene med ca. 60 %.



Figur 8-2 -Klimagassutslipp fra de ulike tiltakene

8.2 Alternativløsninger

Både anleggs- og byggefase involvere energi- og ressursintensive prosesser, blant annet ved massehåndtering, energiforbruk på anleggsplassen og ved drift av byggene, og transport. Det er svært avgjørende å rette innsats her for å sikre et bærekraftig prosjekt, og for å realisere målsetningen om lavere klimagassutslipp. Derfor bør alternativvurderinger se på hva som er mulig å få til mellom 20-50 % innenfor prosjektets rammer. For å sikre lavest mulig klimagassutslipp på tvers av prosjektets livsløp det følgende alternativløsninger skal vurderes:

Tiltak 4: Utslippsfri bygge- og anleggsplass

Tiltak 5: Ressursoptimalisering

Tiltak 6: Lokal fornybar energiproduksjon med solceller og bioenergi

Tiltak 7: Transport-15-minutters

8.2.1 Utslippsfri bygge- og anleggsplass

Resultater fra klimagassberegninger viser at utslipp fra material- og massetransport og anleggsarbeid utgjør ca. 6% av utslippene fra VA og veiutbygging. Dette er et konservativt estimat som ikke baseres på detaljprosjekterte mengder, og inkluderer ikke utbyggingen av boligene, energiinfrastruktur, renovasjonsløsninger osv. SINTEF har utarbeidet en veileder for innovative anskaffelsesprosesser for utslippsfrie byggeplasser [45] som rangerer aktiviteter i byggefase basert på deres utslippsnivå: i. dieselforbruk i anleggsmaskiner (ca. 47%); ii. energiforbruk på anleggsplassen (ca.

17%); iii. transport av materialer til og fra anleggsplassen (ca. 15%); iv. personaltransport (ca. 10%).

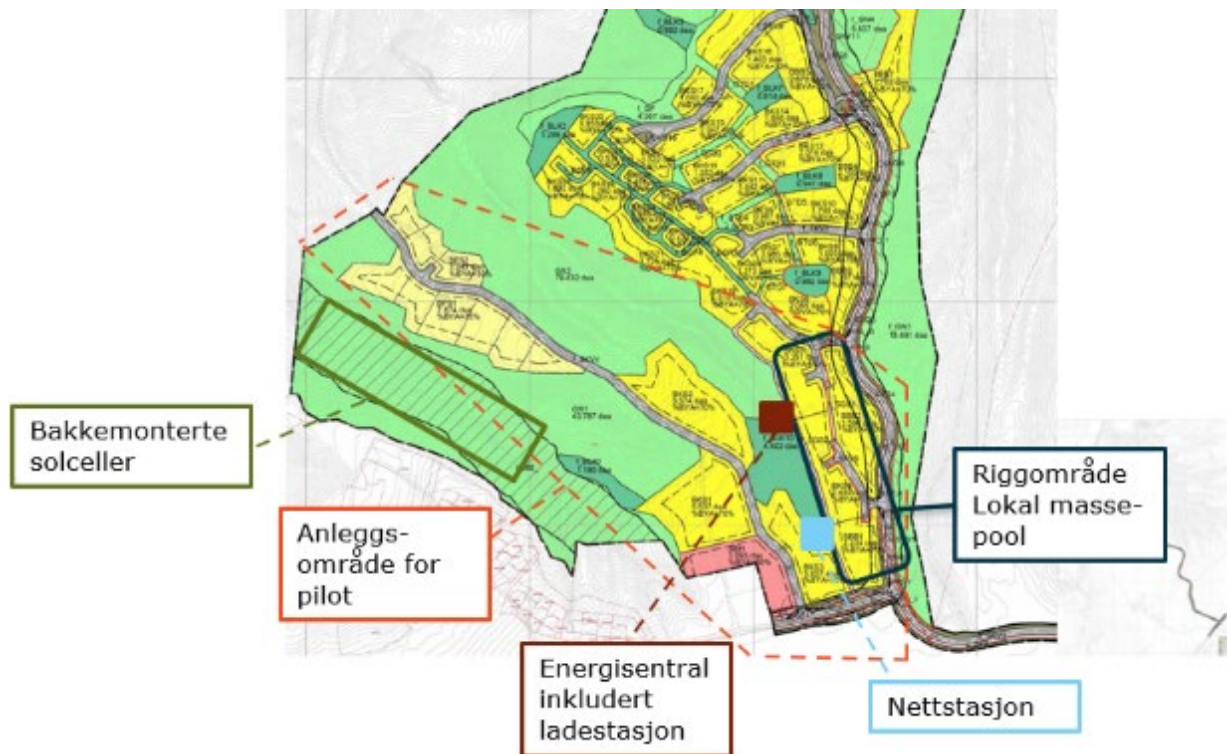
Tanberghøgda har en ambisjon å operere med utslippsfri bygge- og anleggsplass, og det er søkt om støtte fra Enova til et pilotprosjekt. I tilfelle den omsøkte piloten innvilges vil det testes ut ny metodikk, teknologi og forretningsmodell for anleggsgjennomføring av utslippsfri bygge- og anleggsplass. Piloten vil bygge videre på mange av de aspektene som er synliggjort i energikonseptutredningen. Teknologikutviklingen skjer raskt innenfor utslippsfri løsninger i bygge- og anleggsbransjen, og det er p.t. et langt større tilbud av løsninger og maskiner enn for 5 år siden. Med byggestart på anlegget rundt 2023 og boligene i 2024 vil tilbudet av nullutslippsløsninger være ytterligere styrket, slik at både transport til/fra byggeplass og anleggsmaskiner er elektrifisert, og det finnes løsninger for å skape nok momentan effekt basert på kraft fra den utslippsfrie bygge- og anleggsplassen.

For å sikre klimagassreduksjon i bygge- og anleggsfasen:

- Tidlig bygging av energiinfrastruktur, for å forsyne strøm til aktuelle elektriske maskiner og utstyr. Det vil avklares hvor tidlig energimengden[kWh] kan tilføres, hvilke energibærere vi er avhengige av og hvilke ressurser/ infrastruktur som kan dekke dette.
- Solcellepark bygges for å forsyne mange av de prosessene som skal skje på Tanberghøgda.
- Batteripakke etableres, og nettstasjon vil bestilles, for å sikre at det til enhver tid er nok utjevnnet kapasitet for elektrifiserte bygge- og anleggsarbeider.

Nytten av å utføre bygge- og anleggsarbeid med elektriske prosesser er stor, særlig når strømmen hovedsakelig kommer fra eget solcelleanlegg, med en lavere klimagass-utslippsfaktor enn fra nettet. Byggingen av Energistasjon I er avgjørende for å sikre tilgang på strøm til elektrifisering av bygge- og anleggsprosesser. Bygge- og anleggsprosessene vil spesifiseres av arbeid med ressurs-optimalisering i anleggsfasen. Dette skjer parallelt med bygging av energiinfrastruktur, og gjør at energibehov og produksjon infrastruktur planlegges integrert, som sikrer en god helhetskontroll på energi til bygge- og anleggsfasen. Entreprenørene må videre involveres, slik at de sikrer seg tilgang på maskiner til å utføre arbeidet som planlegges på Tanberghøgda.

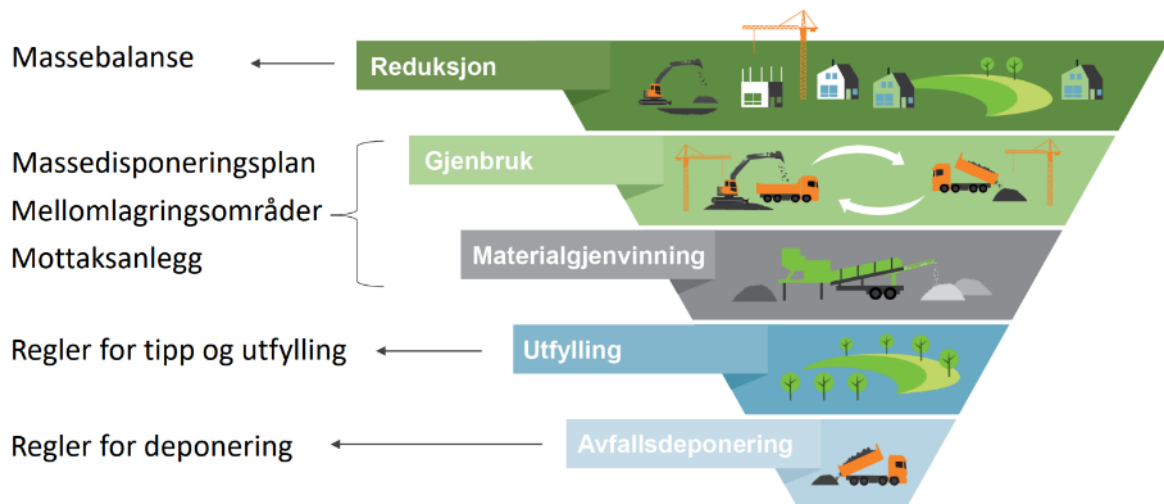
Dette betyr at utslippsfri bygge- og anleggsplass vil være et av hovedkriteriene ved anbudsbeskrivelse. Ringerike kommune har uttalt at de kan tenke seg å være byggherre på offentlige veier som skal bygges ifm. Tanberghøgda, som også betyr at anbudsbeskrivelsen her må settes opp etter loven om offentlige anskaffelser. Dette er trolig ikke gjort i Norge før; lage offentlig anbud for å bygge vei med utslippsfri bygge- og anleggsplass.



Figur 8-3 Plan for fysisk organisering av utslippsfri anleggsplass

8.2.2 Ressursoptimalisering

I prosjektet så er det et mål å sikre optimal massebalanse. Dette skal sikres ved å følge prinsippene for ressurspyramiden:



Figur 7-2: Ressurspyramiden. Kilde Bærum ressursbank, Tore Gulli

Reduksjon. Først ved å undersøke muligheter for en lokal massebalanse i hele prosjektet, fra infrastrukturfase til byggefasen for tomtene. Dette vil dokumenteres som en del av LCA [44]. Masser med høye klimagass-utslippsfaktorer forsøkes erstattes med andre typer masser.

Konkurransesgrunnlag vil fokusere krav til asfalt (både energi og klima) og andre betydelige mengdefraksjoner som er identifisert i LCA analysen [44].

Gjenbruk og materialgjenvinning. Volumene for til-transport reduseres ved å planlegge godt, og utfordre krav til infrastruktur. Som eksempel kan de kommunale kravene til omfyllingsmasser rundt rør utfordres, slik at stedlige masser benyttes istedenfor tilkjørte masser. Det er gjort omfattende grunnundersøkelser i området. Disse viser at det i hovedsak er funnet finkornede masser, dvs. leire, silt og sand i de øverste sjiktene. Det fins morene i de dypere liggende lagene, men pr nå er det ingen planer som tilsier at det skal graves noe i disse sjiktene. Det betyr at det pr nå kan se ut som det vil bli behov for til transport av de grovere massene, som pukk og annet til bærelag.

Masseoverskudd/-underskudd vil kunne koordineres med Bærum ressursbank, slik at prosjekter med overskudd av riktig type masser kan tilføres Tanberghøgda. Det er avholdt møte med Ringebu kommune under dette tema, og kommunen er positiv til å fravike sin VA-norm. Kommunen ønsker mer konkret info om hvilke fraksjoner, rørtyper og anlegg som vurderes, før endelig konklusjon. Nærvarmegrøfter bygges i hovedsak som VA-grøfter. I kabelgrøfter (strøm og fiber) er det behov for kabelsand, og sandforekomsten i utgravde masse vil vurderes her. Dersom det kreves trekkerør for kablene, gjelder samme krav som for VA-grøfter. Bruken av stedlige masser må imidlertid tas opp med rør- og kabelleverandørene for at garanti og opprettholdes. Det er utarbeidet en nasjonal rapport, der kommuner anbefales å revurdere sine VA-normer. Det er også et ønske om at rør- og kabelleverandørene revurderer sine krav til omfyllingsmasser, slik at det kan benyttes mer stedlige omfyllingsmasser. Bruk av stedlige masser sparer miljøet og betydelige mengder CO₂.

Konkrete tiltak som planlegges/foreslås i Tanberghøgda for å oppnå økt gjenvinning av masser:

- Gjenbruk av sand fra sandforekomst i fase 1 og 2 kan brukes til sandkasser, lekearealer, kabelsand, omfyllingsmasser, vannfordrøying, veioppbygning, jordforbedring (i produksjon av ny jord), mm
- Gjenbruk av matjord på fulldyrka matjord
- Gjenbruk av skogsjord og andre sjikt under topplaget til produksjon av ny jord (sammen med lokal sandforekomst og kompostert trevirke) til bruk i anleggsjord/vekstjord til grøntdrag, fellesområder, hager, parsellhager, nydyrking og forbedring av eksisterende fulldyrka matjord, samt til annen revegetering
- Bruk av trevirke til kompost og produksjon av ny jord
- Bruk av tømmer/trevirke til utomhusområder: flisleging av turdrag, møbler, innramming av ulike arealer, forråtning for biomangfold, hinderløyper, flis og bark til fallunderlag, mm
- Bruk av skrapptrevirke (stubber, stammer) til forråtning for tilrettelegging for biomangfold.

Utfylling. Det er planer om å benytte noen av overskuddsmassene i prosjektet til noe utfylling i ravinedaler. Dette bidrar til massebalansen, bedre stabilitet på tomte, bedre overvannshåndtering og flere områder til lek og uteareal for beboere i området. Ulempen med dette er naturmangfoldet i ravinedalen, som ikke vil opprettholdes. Men anser det likevel som mer verdifullt i en helhetlig sammenheng, siden det vil spare miljø og klima betydelig å unngå deponering av masser, samme

med de andre positive effektene. Prosjektet Tanberghøgda inneholder også program for å forbedre det biologiske mangfoldet på tomte totalt sett, og det aller meste av ravineområdene blir uberørt av anlegget, og blir tilført meget verdifullt biologisk mangfold som følge av prosjektet.

Deponering. Det er et mål om å unngå deponering av masser. Dersom dette ikke er mulig, søkes det å redusere volumet til deponering så mye som mulig. All forflytting av masser må planlegges godt. Ett alternativ er å levere jordmasser til kommunalt mottak for jordmasser (lokal massepool for jordmasser). Det vil i prosjektet synliggjøres hvilken klimagevinst mindre massetransport gir. Avstand til mottak og antall transportlast, med tilhørende energibruk/km, skal tas med i beregningen. Prosesseringen av jord vil skje lokalt, og vil beregnes i en egen oppgave. Det bør samarbeides med de aktuelle entreprenørene om massehåndtering, gjerne allerede i anskaffelsesprosessen.

Nylig etablert samarbeid med Bærum ressursbank er avgjørende for å sikre en optimal fordeling av masser regionalt. Det skal legges føringer om at all til- og fratransport koordineres mot regionalt massesamarbeid, slik at eventuelle synergier tas ut av kortere distanser. I samarbeid med prosjekteringsansvarlig COWI AS legges det opp til eget kapittel om massehåndtering og massebalanse, i tillegg til felles utarbeidelse av Jord- og matjordplan. Fossen Utvikling AS og COWI AS er tatt opp som medlem i Bærum Ressursbank.

8.2.3 Lokal fornybar energiproduksjon med solceller og bioenergi

For å sikre klimagass- og utslippsreduksjon i driftsfasen er det presentert klimaeffekten av lokal fornybar energiproduksjon med solceller og bioenergi.

CO₂-utslippsfaktorene sammenliknes med en referanse der strøm fra nettet leverer energi til varme og el-spesifikt forbruk. FutureBuilt regner med en utslippsfaktor fra elektrisitet på 123 g/kWh. Resterende utslippsfaktorer til aktuelle energibærere er beskrevet i rapport fra bygg 21 [46]. Denne rapporten inneholder ikke en egen verdi for solcelleproduksjon derfor forklares kilde på CO₂- utslippsfaktor for solstrøm* [47]. Tabell viser energibærere er aktuelle for å levere energi til de energiformål som er på Tanberghøgda.

Tabell 8-1: Utslippsfaktorer for ulike energibærere, basert på rapporten fra bygg 21.

Energibærer	Utslippsfaktor energi (g CO ₂ /kWh)	Systemvirkningsgrad Produksjon, distribu- sjon og regulering	Klimagassutslipp netto energi (g CO ₂ /kWh)
El. spesifikt forbruk	123		123
Solcelle konservativ	42 *	1	42
Solcelle	26	1	26
El. til oppvarming	123	0,86	144
Pellets (kjel)	25	0,75	34
Flis (kjel)	14	0,75	19
Bioolje (kjel)	25		33
Fjernvarme [48] [49]	-	-	41

Utslipp knyttet til bygging av varmesentral og infrastruktur (LCA Fase A1 til A5) er ikke inkludert i utslippsfaktoren for fjernvarme og kjelteknologier. Dette gjør at utslippsfaktoren er lavere enn den ville vært med en vurdering av hele infrastrukturen fra varmeproduksjon til distribusjon, kundesentral, og sluttkunden med sitt vannbårne system.

Solkraftanlegg

Et 500 kWp solkraftanlegg er ved en årlig degradering på 0,2% estimert å produsere 530 MWh årlig eller 13,3 GWh over 25 år. Ved å anta en konstant utslippsfaktor for strøm kjøpt fra nettet vil solkraftanlegget gi en reduksjon på 65 tonn CO₂ -reduksjon årlig som tilsvarer **1 630 tonn CO₂** i besparelse over 25 år.

Utslippsfaktoren til solcelleinstallasjonen er i hovedsak avhengig av energi brukt under produksjon, frakt, og hvor mye strøm som genereres av systemet som er avhengig av ytelsen (kWh/kWp/år). Energiforbruket knyttet til produksjon varierer mye mellom ulike produsenter, og utslippet er avhengig av strømmiksen i regionen de er produsert. Utslipp fra frakt er avhengig av fraktmetode og distanse. Fra produksjonsmetode, energimiks og frakt vil en få utslipp per Wp installert, men per kWh produsert må en både se på beregnet levetid og produsert kWh per tid.

Solcellepaneler med norsk silisium vil være et bærekraftig valg da strømmiksen har lav CO₂ kg/kWh samtidig som produksjonsprosessene brukt er svært effektive [50]. Videre er degraderingen lavere i Norge, som igjen øker levetiden. Etter 5 år er degraderingen på (0,1-0,2 %/år) under 1 % på 5 år, mens degraderingen i verden ligger rundt 0,5 %/år [51] [52]. Samtidig er det i prosjektet ambisjon om å finne produksjonsdata ved å overvåke anlegget godt, og etablere nødvendige vedlikeholdsrutiner. Summen av dette gir en forventet levetid høyere enn 25 år, som ofte brukes som systemets levetid.

Videre er det et ønske om at modulene i størst grad skal bestå av resirkulert materiale. Dette lar seg gjøre for aluminium og kobber, men er vanskelig for hele PV-modulen.

Under anbud vil det premieres å velge effektive PV-moduler med lave klimagassutslipp med en form for service-avtale som inkluderer produksjonsdata-overvåking og infrarød termografering med jevne mellomrom. Med lave klimagassutslipp vil 26g CO₂ e/kWh over levetiden bli brukt. Dette er verdien Solenergiklyngen henviser til for gode takmonterte anlegg, og er hentet fra PIVV sin rapport fra 2014 [50].

Som alt annet som skal bygges i Tanberghøgda så vil det også ved anbud for solcelleparken innhentes EPD'er og gjennomføres LCA for å finne det anlegget som gir minst klimagassutslipp ved bygging og drift.

Lokalt varmesystem

Varmeforsyningen til Tanberghøgda vil avlaste det elektriske energisystemet lokalt. Siden elektrisk oppvarming har en CO₂ - utslippsfaktor på 123 g/kWh, og varme fra biovarme/fjernvarme har en CO₂ - utslippsfaktor på 19-41 g/kWh, vil den lokale varmforsyning gi omtrent 100 g/kWh klimagassreduksjon. Med en lokal varmeproduksjon på 2,1 GWh/årlig vil dette tiltaket gi en reduksjon på **210 tonn CO₂ årlig**, som tilsvarer **5 200 tonn CO₂** i besparelse over 25 år.

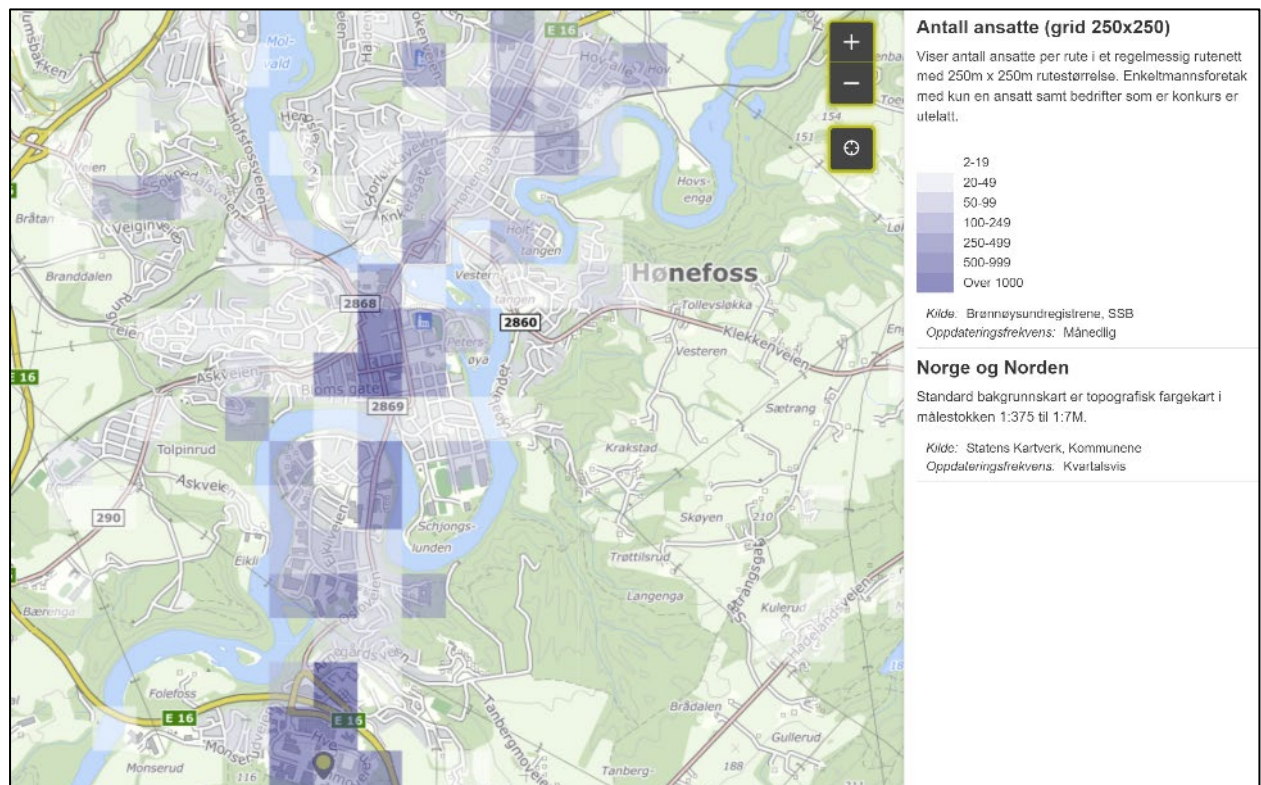
For fjernvarme er varmeproduksjonsmiks for fjernvarmen lokalt på Hønefoss innhentet fra fjernkontrollen [49]. Den beskriver da hvor mye av ulike energibærere som benyttes for produksjon til

alle byggene, inkludert tap. Så er det innhentet utslippsfaktor for forbrenning av returtre [48], som er en avfallsfraksjon fra klimagassutslipp for fjernvarme.

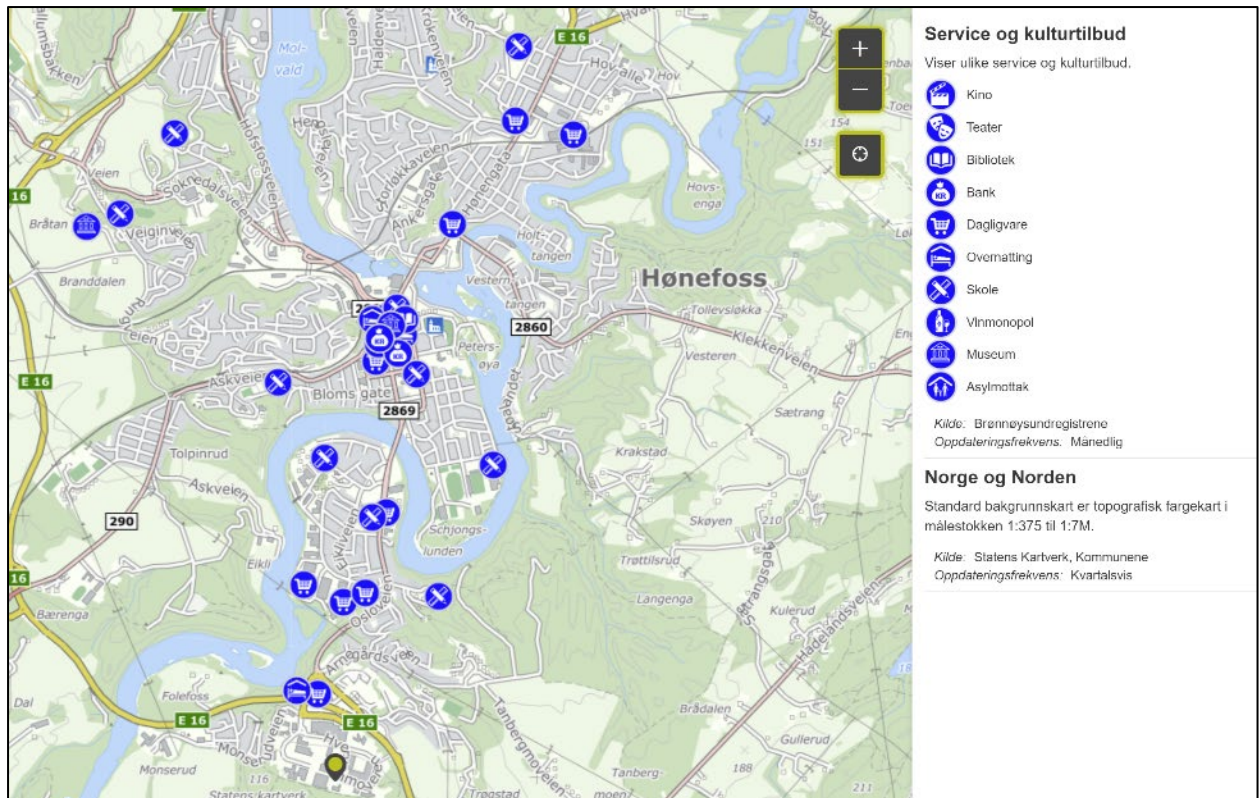
8.2.4 Transport-15-minutters by

Innen byplanlegging er 15-minutters byen et mye brukt begrep for å beskrive en ambisjon for mobilitet og byliv. I Paris jobber man med konseptet som et overordnet mål, og mange er inspirert av arbeidet utført av borgermester Anne Hidalgo og hennes rådgiver Carlos Moreno. 15-minutterskonseptet ble utviklet primært for å redusere byens karbonutslipp, og skape helsebringende byliv, slik at nesten alle beboernes behov kan oppfylles innenfor 15 minutters avstand fra hjemmene deres til fots, med sykkel, eller med offentlig transport.

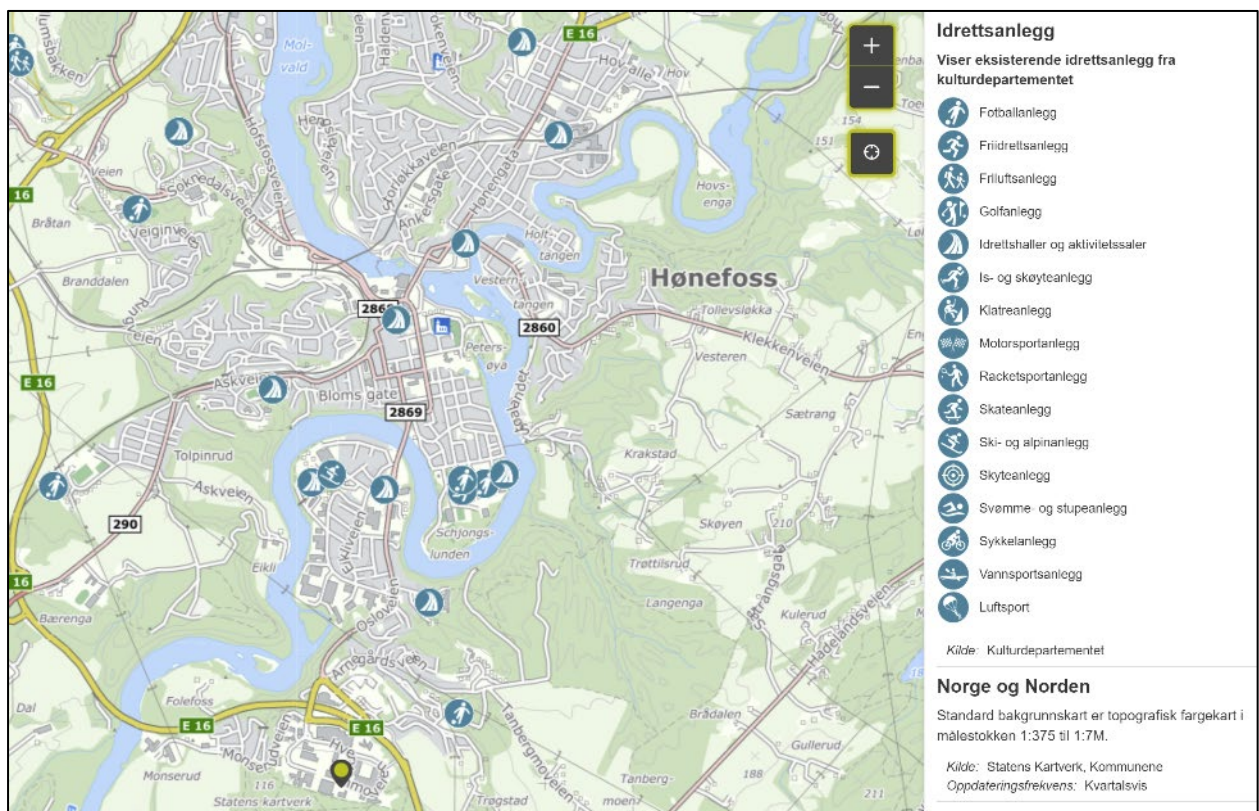
Prinsippet er overførbart til svært mange byer, også Hønefoss. Under følger en overordnet analyse av i hvor stor grad Tanberghøgda kan fungere som en «15-minutters by», med tilhørende lave klimagassutslipp fra transport.



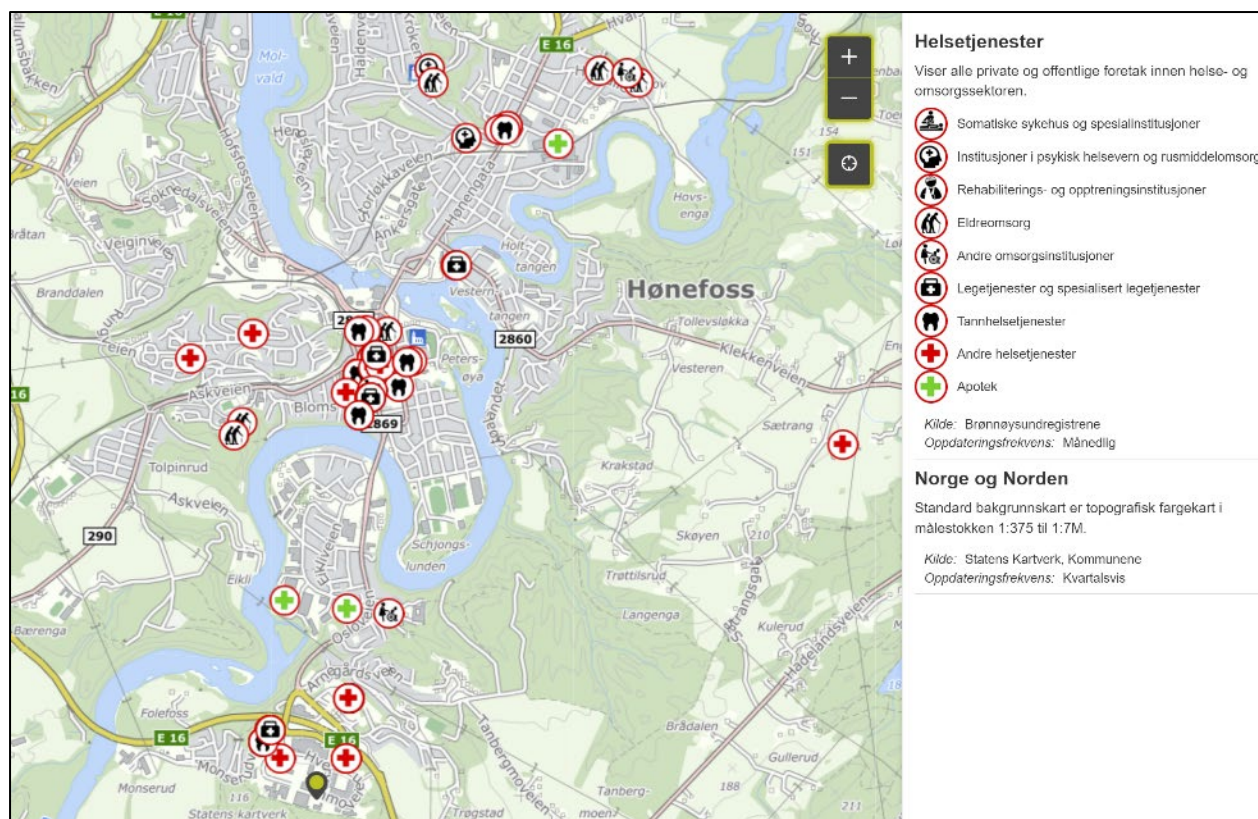
Figur 8-4 Analysen viser tetthet av ansatte i forskjellige soner av Hønefoss. Hoved konsentrasjon i området Hvervenmoen-sentrum. Kilde: Nordeca Insight



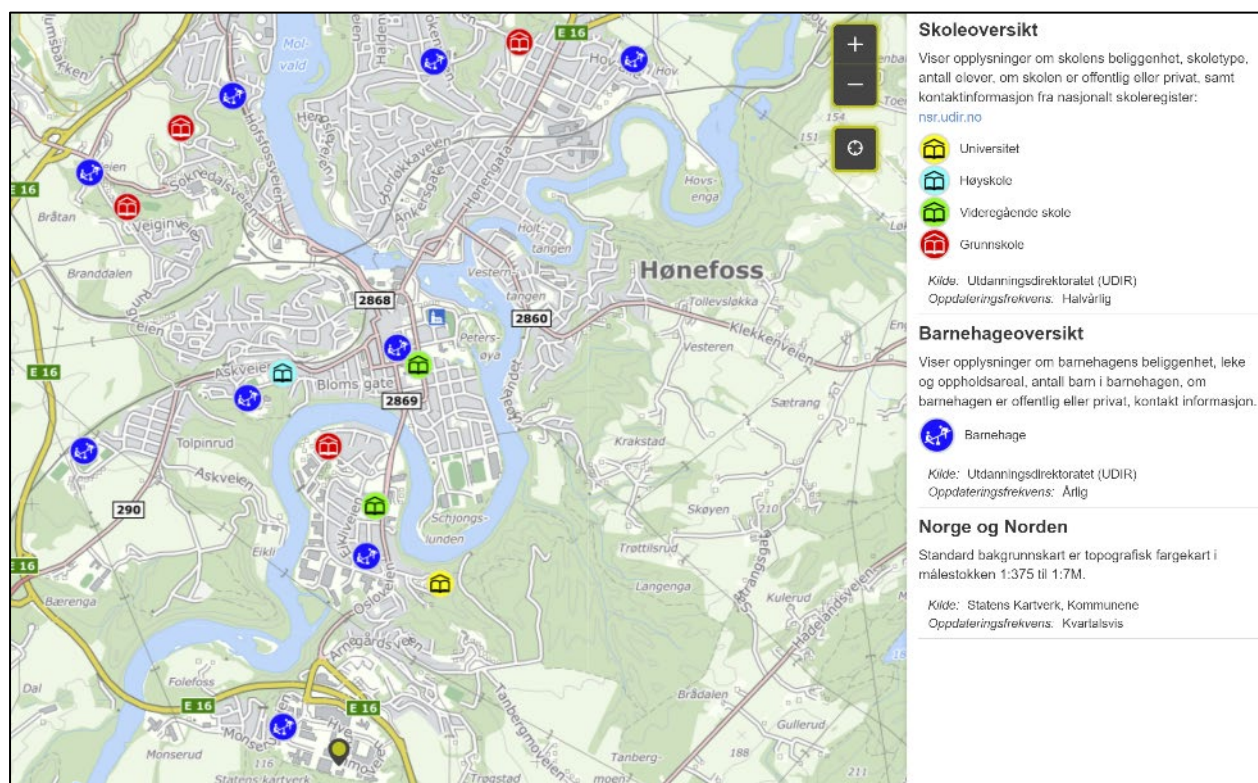
Figur 8-5 Analysen viser plassering av service- og kulturtilbud i forskjellige soner av Hønefoss. Hoved konsentrasjonen ligger i sentrum. Kilde: Nordeca Insight



Figur 8-6 Analysen viser plassering av idrettsanlegg i forskjellige soner av Hønefoss. Anleggene er spredt, med konsentrasjoner i Schjongslunden. Kilde: Nordeca Insight

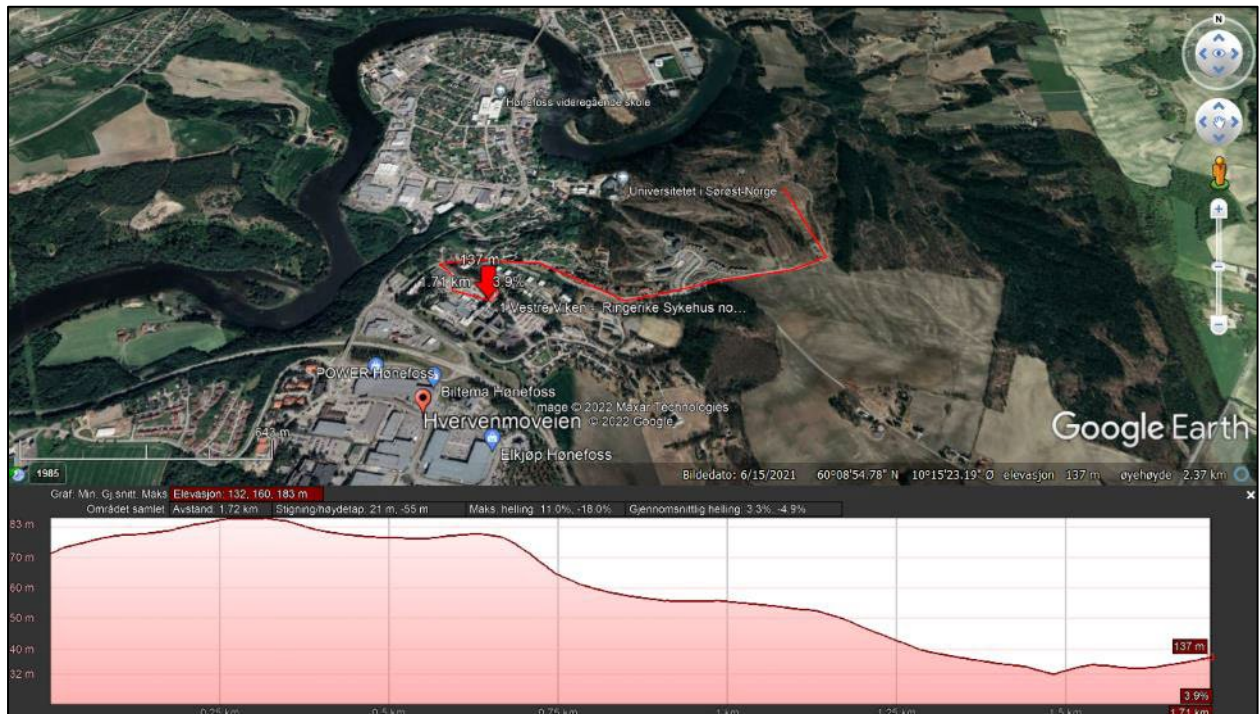


Figur 8-7 Analysen viser plassering av helsetjenester i forskjellige soner av Hønefoss. Foruten sykehuset på Hvervenmoen er det en konsentrasjon av tilbud i sentrum. Kilde: Nordeca Insight

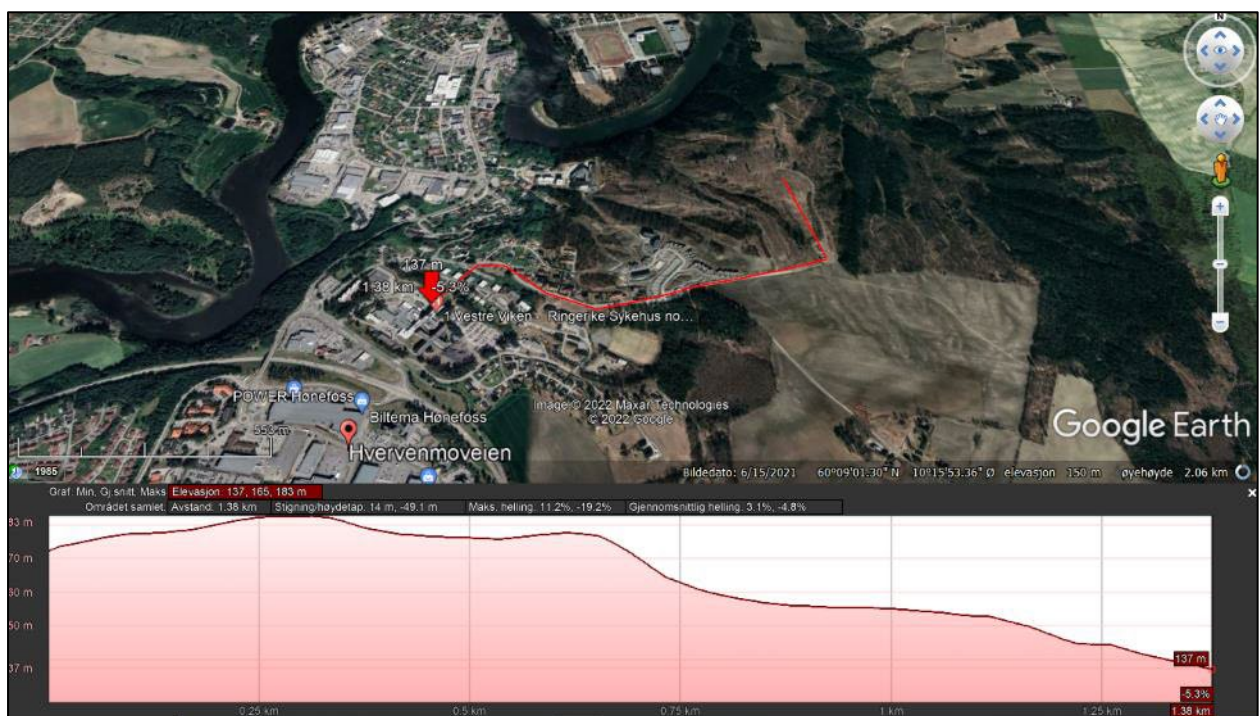


Figur 8-8 Analysen viser plassering av skoler og barnehager i Hønefoss. Både barnehage, grunnskole, videregående skole, og universitet finnes i rimelig nærhet til Tanberghøgda. Kilde: Nordeca Insight

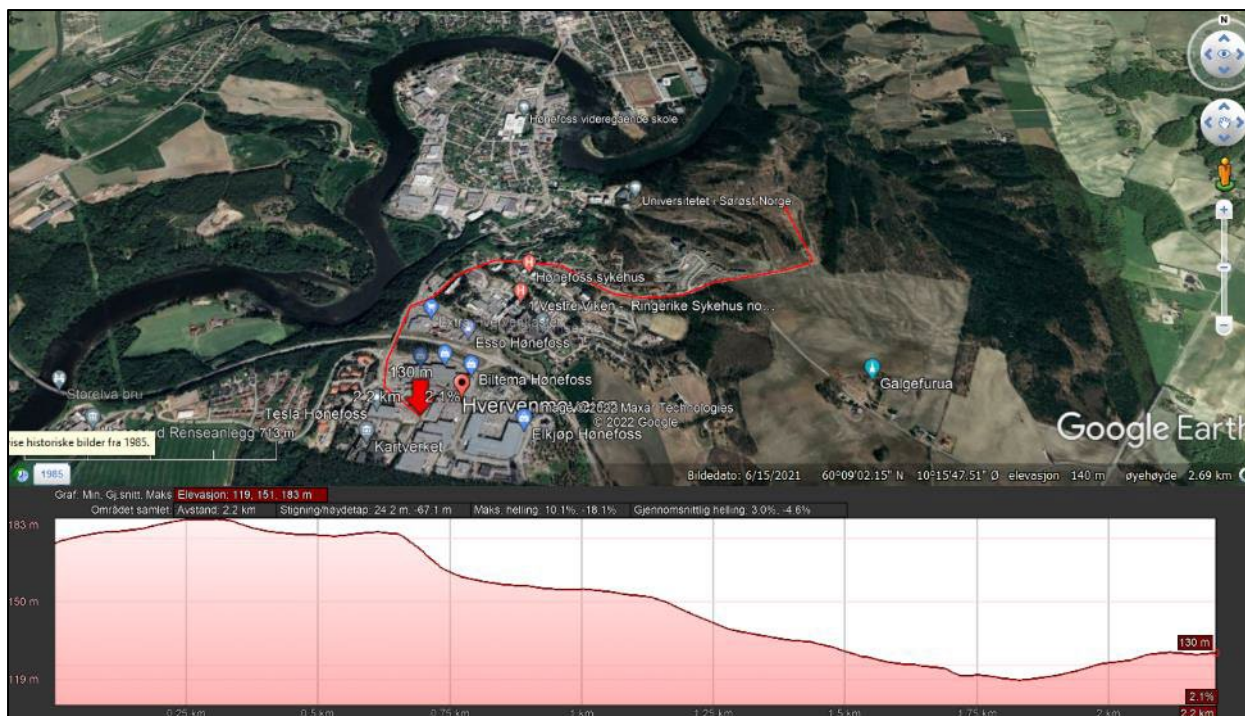
Analysene viser at en rekke av daglige behov er lokalisert relativt nærme Tanberghøgda, og at det ved å tilrettelegge godt for gange og sykkel kan være mulig å få en stor andel av de daglige reiseene til å skje ved hjelp av gange, sykkel, elsykkel, sparkesykkel, eller tilsvarende. Under følger oversikt over ruter til noen utvalgte målpunkter, med og uten snarveier og gangbru.



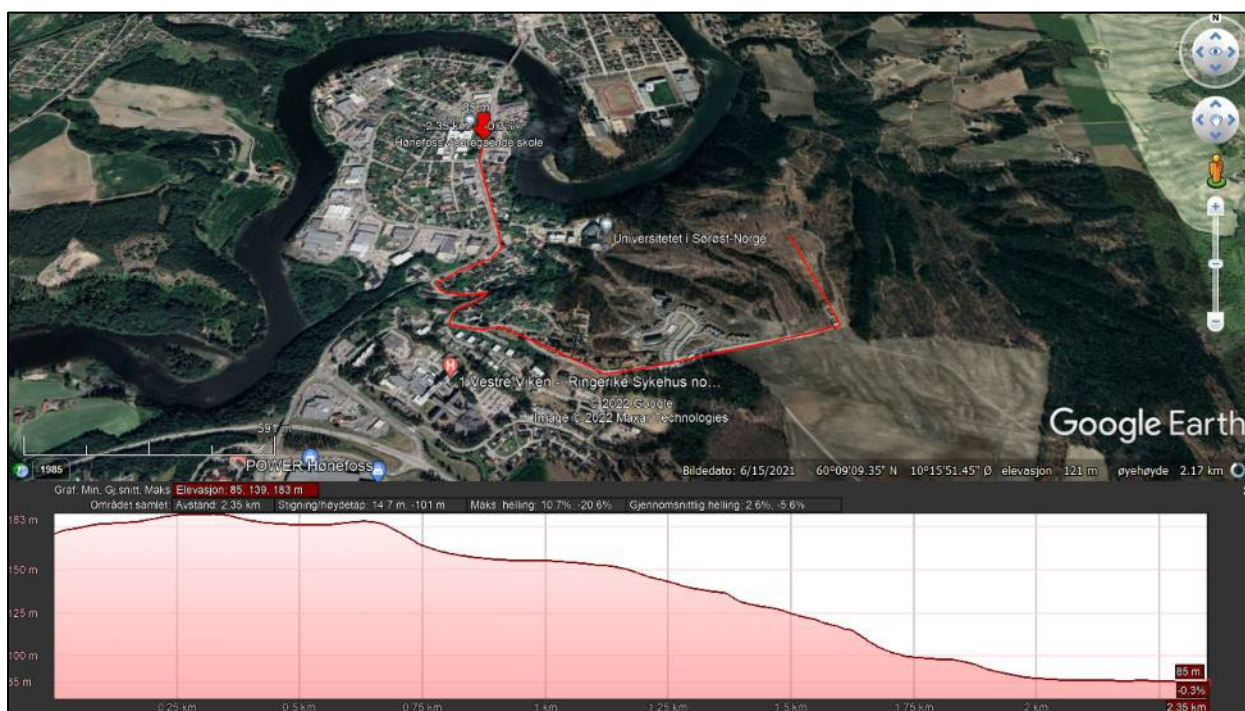
Figur 8-9 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og Ringerike sykehus uten snarveier. Høydeforskjellen er på ca. 76 m, og avstanden er på 1,7 km. Kilde Google Earth



Figur 8-10 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og Ringerike sykehus med snarvei. Høydeforskjellen er på ca. 65 m, og avstanden er på 1,4 km. Kilde Google Earth



Figur 8-11 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og Hvervenmoen. Høydeforskjellen er på ca. 91 m, og avstanden er på 2,2 km. Kilde Google Earth

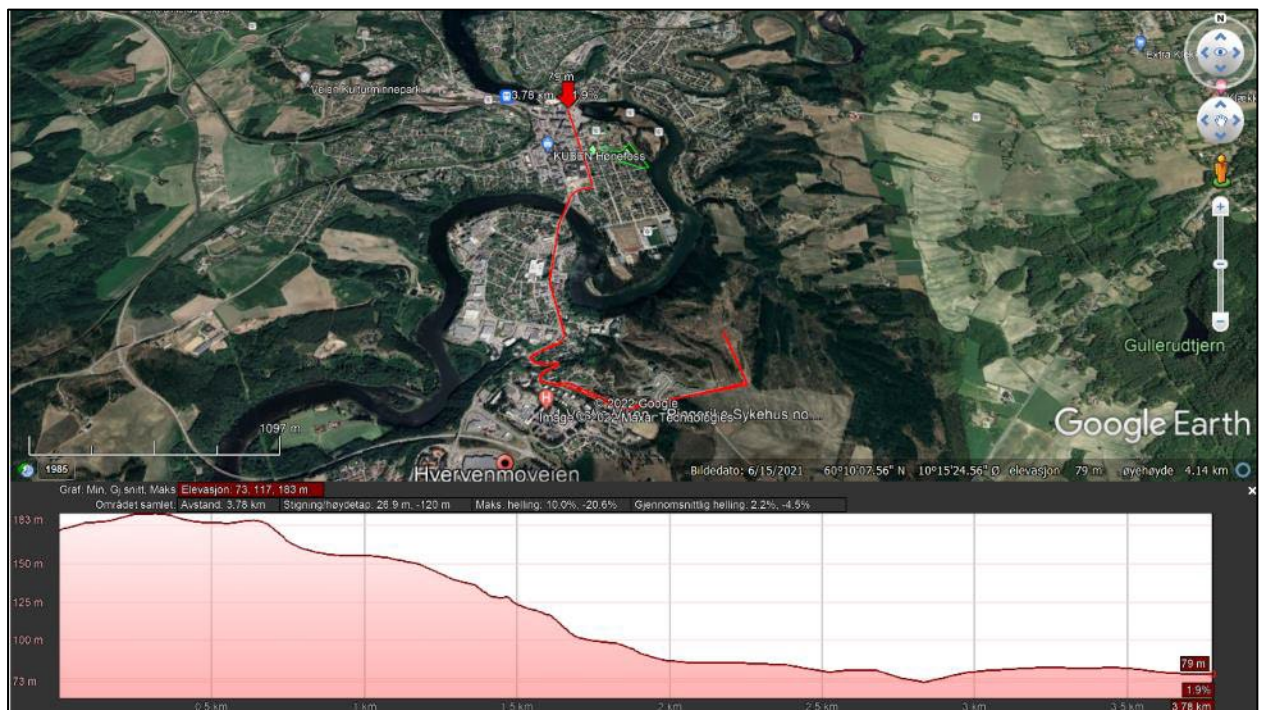


Figur 8-12 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og Hønefoss vgs. uten snarveier. Høydeforskjellen er på ca. 116 m, og avstanden er på 2,4 km. Kilde Google Earth

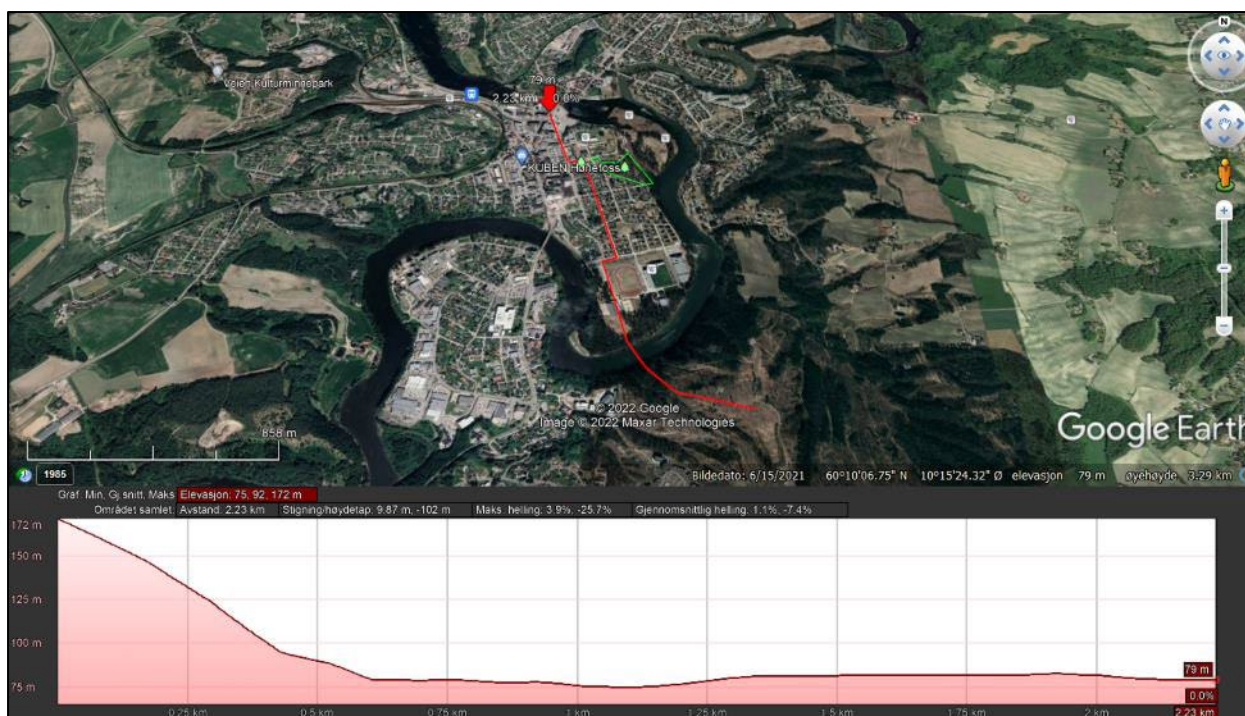


Figur 8-13 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og Hønefoss vgs. med snarvei forbi universitet. Høydeforskjellen er på ca. 88 m, og avstanden er på 1,2 km. Kilde Google Earth

I tillegg er det i følgende figurer vist forskjellen på trasé mellom Tanberghøgda og Hønefoss sentrum, med og uten snarveier og ny gang- og sykkelbru.



Figur 8-14 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og sentrum uten snarveier. Høydeforskjellen er på ca. 147 m, og avstanden er på 3,8 km. Kilde Google Earth



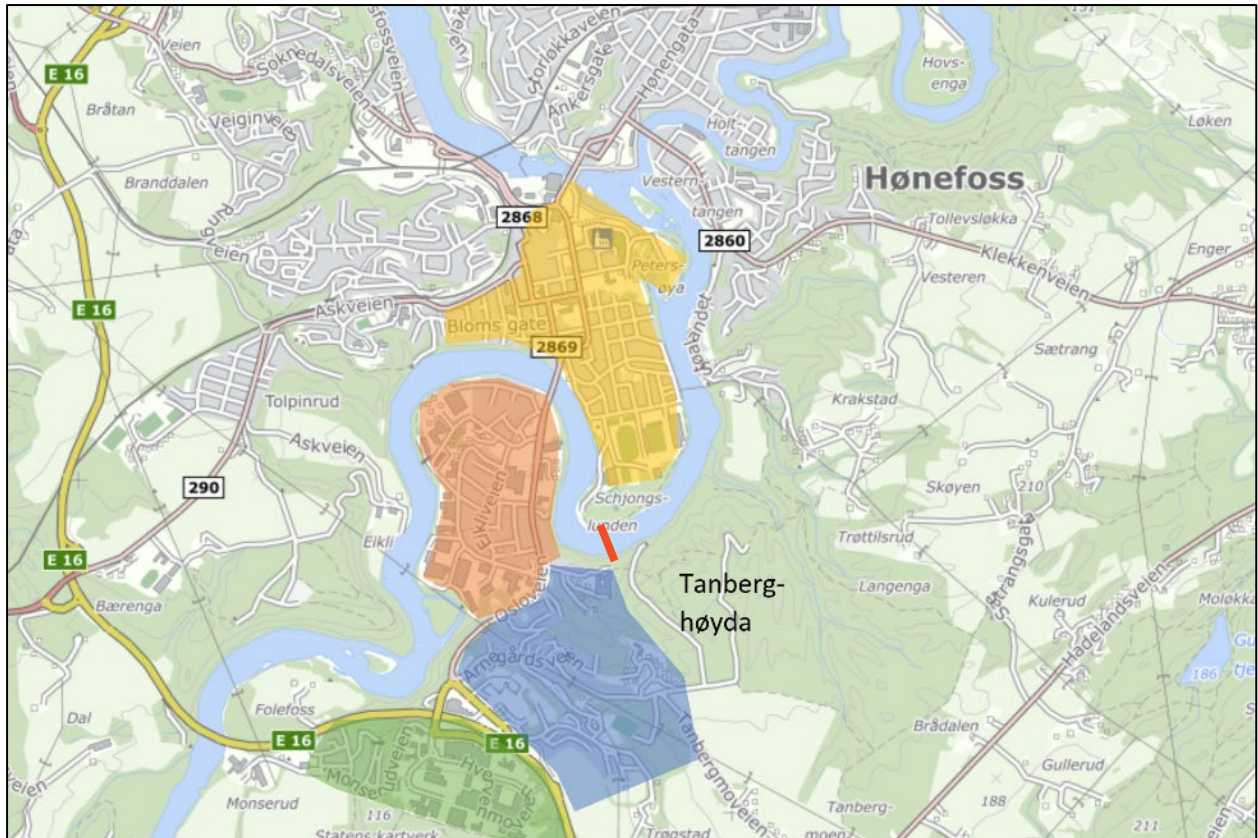
Figur 8-15 Illustrasjonen viser gang-/sykkeltrasé mellom Tanberghøgda og sentrum via snarveier og gang- og sykkelbru. Høydeforskjellen er på ca. 112 m, og avstanden er på 2,2 km. Kilde Google Earth

Som kartene over viser er det mye å hente på å etablere snarveier for gående og syklende i skråningen som vender ned mot elva, og en gang- og sykkelbru over elva til Schjongslund. Dette er oppsummert i tabell 8-2 som viser reiseveier til noen utvalgte målpunkter og beregnet reisetid, med og uten snarveier og gang- og sykkelbru. **Grønne ruter** viser de turene som er på mindre enn 15 minutter, iht. konseptet til 15-minuttersbyen som beskrevet innledningsvis i kapittelet.

Tabell 8-2 Avstander og tidsbruk til fots og med sykkel mellom Tanberghøgda og utvalgte målpunkter

Avstand langs vei/gate/sti		Gangtid (6 km/t)	Sykkeltid (15 km/t)
Tanberghøgda – sykehuset i dagens situasjon	1,7 km	17 min	7 min
Tanberghøgda – sykehuset med snarvei	1,4 km	14 min	6 min
Tanberghøgda – Hvervenmoen	2,2 km	22 min	9 min
Tanberghøgda – sentrum (rådhuset) i dagens situasjon	3,8 km	38 min	15 min
Tanberghøgda – sentrum (rådhuset) med snarveier og bru	2,2 km	22 min	9 min
Tanberghøgda – Hønefoss vgs. i dagens situasjon	2,4 km	24 min	10 min
Tanberghøgda – Hønefoss vgs. med snarveier	1,2 km	12 min	5 min

Kartet på neste side viser en enkel inndeling i fire bydeler, hvor blå bydel med bl.a. universitet og sykehus er innen 15 minutters rekkevidde med gange og sykkel, så få lengerveier etableres. Grønn bydel, Hvervenmoen med mange arbeidsplasser og butikker, er innen 15 min rekkevidde med sykkel. Oransje bydel med videregående skole, grunnskole, butikker, og idrettsfasiliteter er innen 15 min rekkevidde med sykkel og gange dersom snarveier etableres. Gul bydel vil til delvis være innen 15 min rekkevidde med gange dersom gangbru etableres, og fullstendig innen 15 min rekkevidde med sykkel. Det vil si at de aller fleste av daglige behov kan være innen 15 min rekkevidde dersom gangbru etableres.



Figur 8-16 De overordnede analysene viser at innbyggerne på Tanberghøgda har det meste av daglige behov dekket, (i blå, rød og gul bydel) innen 15 min rekkevidde med gange og sykkel dersom snarveier og gang- og sykkelbru (rød strek) etableres.

Det er gjort en grov utregning av potensiale for utslippsreduksjon som følge av en eventuell endring i reisemiddelfordeling. Som beregningsgrunnlag er det brukt tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB). SSB angir utslippstall til luft for ulike transportmidler. Med personbiler var det i 2020 et utslipp på 4,1 mill. tonn CO₂-ekvivalenter [53]. I det samme året var antall personbilkilometer kjørt 33 872,7 mill. km [54]. I snitt gir dette derfor ca. 121 g CO₂-utslipp til luft per km kjørt. I Norge kjørte personbiler 11 152 km i snitt ila. 2020, som dermed gir et gjennomsnittlig utslipp til luft på 1.349 tonn CO₂-ekvivalenter per personbil per år. Dette beskriver potensiale for en reduksjon i bilparken og bilbruken også på Tanberghøgda.

Nasjonal reisevaneundersøkelse (RVU) [55] angir transportmiddelfordeling i 2018/2019 som vist under. Det presiseres at dette er nasjonale tall, og ikke nødvendig fullstendig representativt for Hønefoss. Spesielt vil kollektivandelen være svært avhengig av kollektivtilbudet i området, og andel turer til fots og med sykkel avhengig av avstander til viktige målpunkter. Hønefoss vurderes å ha mange målpunkter innenfor gå- og sykkelavstand, samt et konkurransedyktig kollektivtilbud til bilen for flere distanser.

- Til fots 20 %
- Sykkel 5 %
- Kollektivt 11 %
- Bil 63 % (53 % bilførere)
- MC/Annet 1 %

Ved god tilrettelegging for gående og syklende, og ny gang- og sykkelbru, kan området utvikles mot en mer bymessig reisemiddelfordeling, der bilandelen omtrent halveres til nærmere 30 %, til fordel for økt bruk av kollektiv, sykkel, og gange. Dette tilsvarer bilbruken i Oslo i dag.

Med den tradisjonelle reisemiddelfordelingen på ~60 % bilturer, viser Statens vegvesens håndbok *V713 Trafikkberegninger* en standard turproduksjonsverdi på 3,5 bilturer per bolig per dag. Med planlagte 590 boenheter på Tanberghøgda, utgjør dette totalt ca. 2 065 bilturer til og fra området. For et gjennomsnitt på 3 km lange kjøreturer utgjør en halvering av disse kjøreturene en **reduksjon på ~137 tonn CO₂-ekvivalenter til luft per år**. Det presiseres at dette er en grov og forenklet beregning, og er kun et regnestykke for reduksjon i personbilbruk isolert, uten overgang til andre reisemidler. Med gradvis elektrifisering av kjøretøyene fremover vil dette tallet reduseres da elbiler har lavere klimagassutslipp enn fossildrevne biler, som i fremtiden vil dominere bilparkandelen i mindre grad enn i dag [56].

9 Forretningskonsept

Kommersiell vurdering oppsummerer arbeidet med tekniske og økonomiske løsninger for varme- og strøm til byggene, infrastruktur og utslippsfri bygge- og anleggsplass i alle faser. For å kunne høste gevinster av de tekniske analysene og datainnhentingene er det nødvendig å utarbeide en kommersiell analyse som gir grunnlag for et solid forretningskonsept. Planen er å umiddelbart jobbe videre med den kommersielle analysen ut fra anbefalinger i energikonseptutredningen. Fossen Utvikling AS vil være ansvarlig for det endelige kommersielle konseptet for Tanberghøgda, og mulighet til å overlate noe ansvar til andre søsterselskap i konsern.

9.1.1 Forretningsutvikling i Fossen Utvikling AS med konsern

Det er et ønske fra Fossen Utvikling AS med eier FreS AS (morselskap i konsern) og andre selskap i konsernet om å ta mer direkte eierskap til energiproduksjon og infrastruktur, som en del av FreS AS sin totale investeringsvirksomhet. Slik kan Fossen Utvikling AS gjennom sin eiendomsutvikling legge til rette for at FreS AS tar større del av verdiskapningen ved utvikling tomta.

Forretningsmodell I

Fossen Utvikling AS sin opprinnelige forretningsmodell er å bringe areal frem ferdig regulert. Normalt gjennomføres dette ved en utviklingsavtale med grunneier (Storøya, Helgelandsmoen, m.fl.). Denne klart å foretrekke, både for grunneier og Fossen Utvikling AS. Forretningsmodellen kan også gjennomføres ved direkte eller indirekte kjøp av tomt.

I Tanberglia og Tanberghøgda kjøpe Fossen Utvikling AS tomta indirekte gjennom en opsjonsavtale. Selskapet gav en opsjonspremie til grunneier for å kunne utvikle arealet, gjennomførte i samarbeid med Ringerike kommune kommunedelplanen Krakstadmarka/Hønefoss Øst, gjennomførte de to reguleringsplanene, for å så kjøpe ut grunneier til en på forhånd fastsatt pris. I Tanberglia er utbyggingsretten og byggeområdene solgt videre til OBOS Block Watne AS, mens for Tanberghøgda eier nå Fossen Utvikling AS tomta alene (G/Bnr. 38/69, 38/220 og 37/160), med unntak at et mindre sideareal mot øst (G/Bnr. 38/230 og 38/4). Her har Fossen Utvikling AS også ansvaret for reguleringsplanen og all bygging av infrastruktur, og får oppgjør for de planskapet verdiene og kostandene for å legge infrastruktur hit.

Forretningsmodell I ligger fast.

Forretningsmodell II

Fossen Utvikling AS er gjennom prosjektet Tanberghøgda i ferd med å utvikle en utvidet forretningsmodell, der selskapet tilrettelegger for videre utvikling etter vedtatt reguleringsplan. Selskapet har hatt en ide om denne utvidete forretningsmodellen lenge, men der først i innværende fase i utviklingen det har vært mulig å utvikle denne.

Med denne forretningsmodellen er selskapet i posisjon til å videreutvikle ferdig regulerte tomter, som enten er regulert av selskapet selv, eller andre. Forretningsmodellen passer også inn i utviklingsmodeller der Fossen Utvikling AS ikke eier tomta alene, som for eksempel ved avtalene Fossen Utvikling AS har på Storøya i Hole og på Helgelandsmoen i Hole. Her vil både forretningsmodell I og II gjennomføres med grunneier i et sameie.

Forretningsmodell II innebærer detaljprosjektering og byggherreansvar for infrastrukturen og alle uteområder (med kontrahering og finansiering av all infrastruktur), samt legge til rette for langsiktig eierskap til energiløsninger med tilhørende infrastruktur. Fossen Utvikling AS får oppgjør for investering i infrastrukturen ellers og uteområdene når ferdig bolig selges til sluttkunden. Inntektene fra energiløsningene vil komme langsiktig over tid, ved bruk.

Fossen Utvikling AS skal øke verdien av tomte med all tilrettelegging og gjennomføring av anlegget frem til selve byggene/boligene. I tillegg til infrastruktur innebærer dette også utvikling og etablering av grøntområder, grøntdrag, leikeplasser og andre fellesområder.

Videre vil Fossen Utvikling AS inngå partnerskap med andre utviklere eller entreprenører som tar byggherreansvar for selve byggene/boligene. Byggherreansvaret overlates med tydelig oppskrift på og krav til hvordan byggene og boligene skal bygges.

Krav til byggene/boligene:

- Installasjon av komponenter i byggene som harmonerer med den totale energiløsningen, komponenter som energiselskapet kan drifte og eie langsiktig
- Installasjon av smarte og innovative løsninger for infrastruktur og levesett i byggene og boligene, etter felles oppskrift gitt av Futurehome
- U-verdier i konstruksjonen, for å oppnå riktig og lavt nivå i forbruket av varme
- Løsninger for vannfordrøyning på byggene, på flate og grønne tak i Tanberghøgda
- Arkitektonisk utforming, for å sikre helhetlig arkitektonisk uttrykk i Tanberghøgda
- Materialvalg i konstruksjon og fasade, for å sikre reduksjon i klimagassutslippet og god estetikk.

Denne kravspesifikasjonen er ikke uttømmende, og er under utvikling.

Fossen Utvikling AS kan inngå partnerskap på en slik måte at selskapet ikke tar oppgjør for tomt og infrastruktur før boligene eller byggene overlates til sluttkunden (eier av boligen).

Det antas at modellen er svære attraktiv for andre utviklere og entreprenører, da disse ikke må kalkulere inn kapitalutlegg for tomt og infrastruktur, og flere forhold ved utvikling av byggen er allerede vurdert. Fossen Utvikling AS oppnår med dette å delta i det siste verdiskapende leddet med utvikling og bygging av boligene og byggene, uten å være direkte byggherre på boligene og byggene, og unngår med det å stå til rette for sluttkunden ved feil og mangler i boligen og byggene.

Modellen åpner også for videre verdiskaping av boliger eller bygg, ved at boliger eller bygg overføres til søsterselskap i konsern, Fossen Eiendom AS. Fossen Eiendom AS sin forretningsmodell er å så som eier, drifter og utleier av boliger eller bygg langsiktig. For Tanberghøgda sitt vedkommende vil dette trolig kun gjelde små enheter/hybler som kan leies ut langsiktig til Studentsamskipnaden USN Campus Ringerike, eller til ukependlende helsearbeidere ved Ringerikes Sykehus. På

Hegelandmoen og tilsvarende steder kan dette gjelde langsiktig eierskap til næringsbygg, etter utviklingsmodellen i et sameie med grunneierne.

Helhetlige løsninger vil gi utbygger Fossen Utvikling AS med morselskap og søsterselskap i konsern større kontroll og verdi. Samtidig vil verdiskapningen holdes lokalt i Hønefoss.

G-Kraft AS kan investere i og eie og drifte solcelleanlegget og de andre energiløsningene langsiktig, mens Fossen Eiendom AS vil bygge energianleggene med infrastruktur for G-Kraft AS.

Slik involveres selskaper i konsernet FreS AS i verdiskapningen, som bidrar til verdiøkning i hele konsernet FreS AS.

G-Kraft AS har tidligere drevet med energihandel. Gjennom dette prosjektet vil selskapet utvikle kompetanse på langsiktig eierskap av og verdiøkende tjenester fra energisentraler med lokalprodusert fornybar energi. Energi skal leveres til både til boligene og byggene, infrastruktur, fellesområder, samt til utslippsfri bygge- og anleggsplass. For drift av energianleggene tilknyttes det kompetanse gjennom driftsavtale med andre aktører. Tanberghøgda vil bli piloten for å kunne kommersialisere denne tjenesten til flere utbyggingsområder.

Fossen Eiendom AS har kompetanse i bygging og drift av ulike bygg og anlegg. Selskapet har kompetanse til å bygge alle energianleggene. Selskapet har ikke nok kompetanse til eller ambisjon om å bygge alle boligene i Tanberghøgda. Selskapet søker langsiktig eierskap til boliger eller bygg, og eier (sammen med søsterselskap i konsern) og drifter p.t. ca 7.500 kvm næringsarealer.

Energisystemet på Tanberghøgda vil utformes slik at det genererer verdi til prosjekteier og partnere. For å sikre at det genereres nok verdier til at det er interessant for alle parter, er det nødvendig å ha et klart forhold til hvordan inntekter og kostnader skapes. Status og anbefalt videre arbeid, for å sikre en best mulig kommersiell organisering:

- Investeringskostnader for varme- og elproduksjon inkl. batteribank og infrastruktur
- Driftskostnader for lokal varme- og elproduksjon
- Salg og kjøp av varme og elektrisitet til/fra området og internt
- Inntektsgenerering for solcelleanlegg, batteri og fleksibilitet.

Forretningsmodell II skal sikre helhetlige løsninger for eier av tomte, innbyggere og hele samfunnet ellers.

9.1.2 Energiprodukter og verdiskapning

I energikonseptutredningen er det valgt å se på en prisstruktur som er enkel å benytte for utredninger og analyse. Inntektpotensial ved priser for energi og effekt, og kostandene ved å bygge anlegg, er vurdert for området som en helhet.

Det er også viktig for Fossen Utvikling AS å se på hvilken verdi som skapes hos kundene, dvs. de som skal flytte inn i Tanberghøgda. Som eksempel bør det sørges for at alle bileiere har tilgang på ladesystemer for elbil som garanterer ferdig oppladet bil etter behov, samtidig som

elbilene representere en energiressurs som kan utnyttes til å levere strøm til naboen eller fellesskapet. Bileier kan tjene på å bidra med dyr strøm og fleksibilitet til fellesskapet, og lade når prisen på strøm er lav. G-Kraft AS vil som eier av den lokale energiløsningen løpene kunne tjene på en slik tilrettelegging sammen med kundene.

Ulike kunder og ulike tjenester er kjennetegnet med ulik betalingsvillighet. Derfor må den samme varen splittes opp til ulike produkter til kundene. For å sikre at prosjektet Tanberghøgda også kan realisere inntekter langsiktig, er det avgjørende å involvere markedsaktører som har inngående kjennskap til det å realisere inntekter i eksisterende og nye markeder. Her er plattformen til ENFO vil bidra til at salg med fleksibilitet skjer automatisert opp mot de marked som eksisterer nasjonalt (Statnett) og regionalt (Nodes). Av energiprodukter og kunder som må etableres i en slik forretningsmodell trekkes følgende frem:

Post	Produktbeskrivelse	Kunde
1.1	Varmer levert fra biovarme eller nærvarme	a) Boliger b) Infrastruktur og fellesanlegg c) Utslippsfri bygge- og anleggsplass
2.1	Elektrisitet levert fra lokal fornybar solkraft og batterianlegg	a) Boliger b) Elbillading infrastruktur og fellesanlegg c) Utslippsfri bygge- og anleggsplass
2.2	Elektrisitet levert fra nettselskap	a) Boliger b) Elbillading, infrastruktur og fellesanlegg c) Utslippsfri bygge- og anleggsplass
3.1.	Fleksibilitet som elektrisk effekt-kutt eller pådrag fra inverter til solcelleanlegg, batterianlegg, og mulig elkjel i varmesystem.	Kjøper i fleksibilitetsmarked.

For at inntektene fra disse energiproduktene skal gi grunnlag for et realistisk forretningskonsept, må det sikres et energisystem med en lavest mulig drift- og investeringskostnad. Differansen mellom inntektsgenerering og kostnadsgenerering gir en pengestrøm som avgjør lønnsomheten. Dette kan sikres ved å utføre en LCC-analyse av energi-produksjonsanlegg. På nåværende tidspunkt er det ikke innhentet spesifikke prosjektkostnader. Det er gjort økonomiske vurderinger som danner et grunnlag for en mer detaljert økonomisk analyse og prosjektfremdrift, herunder:

- Nærvarmenet genererer en investeringskostnad og driftskostnad fra tap i nettet
- Kostnader for varmeproduksjon under 5.2.3. der det synliggjøres tekniske løsninger med kostnadskonsekvens for 3 ulike sentraliserte løsninger (A, B, C)
- Relevante priser for brensel er i vedlegg D - energipriser
- Kostnader og sensitivitet for bakkemonterte solceller (tabell 6.1)
- Kostnader for batterianlegg (kapittel 6.3.1)

Slike prosjektspesifikke kostander kan ofte kun spesifiseres i en reell konkurranse om leveranse av ulike energianlegg, der ulike aktører konkurrerer om optimale løsninger. Som regel er det leverandørene som sitter tettest på markedet og kan gi en korrekt pris (kostnad for prosjektet). For å sikre en rettferdig konkurranse, og som er interessant for mange tilbydere, er det avgjørende å planlegge konkurranseutsatte tjenester og leveranser på en god måte. Fordi mange innsatsfaktorer er kjent, men mulige anlegg er flere, vil Fossen Utvikling AS tilrettelegge for «audition» blant ulike leverandører av anlegg og tekniske løsninger.

9.2 Konkurranseutsatte tjenester og leveranser

9.2.1 Varmeforsyning

For varmforsyning vil Fossen Utvikling AS med selskap i konsern ta ansvar for bygging av infrastruktur og varmesentral.

Drift av varmeproduksjon, eventuelt inkludert brensel-leveranser, er tjenester som kan sette bort til underleverandører eller 3-part. I en dialogbasert prosess, så vil det avklares med aktuelle aktører hvilke krav de har, og hvilke muligheter som finnes.

Eksempel på aktører har kompetanse til å konkurrere om drift av biobaserte varmeproduksjonsanlegg:

- Vardar Varme AS
- Bio Energy AS
- Solør Bioenergi AS
- Opplandske Bioenergi AS
- Ringerikskraft Nærvarme AS

9.2.2 Elektrisk forsyning

Den elektriske infrastrukturen kan deles opp i følgende hoveddeler:

- Nettinfrastruktur fra Føie AS, nettstasjon i energisentralen
- Solkraftanlegg og tilkobling i energisentralen
- Batterisystem i energisentralen
- Styring av fleksibilitet
- Infrastruktur og styring av strøm til boligene, fellesanlegg, elbillading (inkludert hurtiglading) og utslippsfri bygge- og anleggs plass.

De ulike delene kan deles opp i en konkurranse per punkt, eller eventuelt samles for å dekke flere punkter i en konkurranse. Konkurransen skal inkludere dokumentasjon av klimagassutslipp, og vil gi poeng i anbudsprosessene.

9.3 Videre arbeid

- Helhetlig forretningskonsept, som alle partnere er omforent om.
- Økonomisk modell- LCC, cashflow, eller nåverdiberegning for energisystem, med skille på varme og elektrisk konsept.
- Kostnadsberegning av lokalt distribusjonsnett for nærvarme. COWI AS vil utføre vurderingen, slik at krav er koordinert med utførelse, og iht. fjernvarmeselskap som konsesjonshaver. Det produseres et kart med varmebehov som er mengde og tidfestet (kWh og år).
- Der skal vises er prinsipp for hvordan grøter skal bygges opp, inkludert alle infrastrukturføringer (strømkabel, fiber, vann, spillvann, overvann, nærvarme, og eventuelt avfallsug)
- Overordnet plan for massebalanse, der mulig gjenbruk av stedlige masser vurderes
- Detaljert utredning av biovarmealternativ (A, B, C) med type brensel og produksjonsteknologi. Endelig plassering må avklares ift. områdets overordnede planlegging og etter reguleringsformål i planen. Reguleringsplanen kan eventuelt endres noe, reguleringsplanen skal uansett gjennomgå en endring
- Etablering av kravspesifikasjon til ulike konkurranse for levering av de ulike komponentene i energikonseptet.

10 Risiko og risikodempende tiltak

10.1 Teknologisk risiko

Det er liten teknologisk risiko knyttet til de forslåtte enkeltl sningene, og grensesnitt mellom dem. Kombinasjon av solcelleteknologi, biovarmeanlegg og energilagring er ikke innovativt i seg selv, og forholdsvis godt utprøvd i bransjen.

Innovasjonen og risiko ligger i styring av samtlige løsninger og utredning av det helhetlige forretningskonsept i områdeutvikling for et større boligprosjekt med mange enheter. Det er større risiko forbundet med å finne gode løsninger mellom de ulike løsninger og teknologier i det helhetlige energistyringssystemet. Usikkerhet og risiko skal håndteres i et nært samarbeid med Futurehome, og deres fremtidige løsninger knyttet til smart styring.

10.2 Økonomisk risiko

I utredning av bærekraftige forretningsmodeller for energi- og klimaløsninger, som skal bidra til god lønnsomhet, må man gjøre antakelser for strømkostnader i fremtidens fleksibilitetsmarkeder og str mtariffer. Usikkerhet rundt disse antakelsene vil minimeres igjennom dialog med nettselskapet Føie AS (tidligere Ringerikskraft Nett AS) og ENFO, som besitter verdifull erfaring med energi-handel og energiregulativ.

Kostnader for distribusjon og tilknytning av varme krever god planlegging, for å sikre at det gjøres designvalg som bedrer økonomien i disse anleggene. COWI AS besitter sterk kompetanse på infra-strukturprosjektering, inkludert fjern- og nærvarme.

Fres AS har frie investeringsmidler som kan benyttes som egenkapital i søsterselskap til Fossen Utvikling AS, og har god bankforbindelse som kan bli med på noe fremmedfinansiering.

10.3 Gjennomf rings vne og driftsmessig risiko

Et risikomoment for god gjennomføring og høy resultatoppnåelse, er tilstrekkelig koordinering og samarbeid. Etter endt konseptutredning er det risiko tilknyttet om løsningene faktisk implementeres i senere prosjektfaser, og ikke minst andre prosjekter i regi av Fossen Utvikling AS. Som presisert i prosjektbeskrivelsen til Enova vil Fossen Utvikling delta i utredningen "med hud og h r" og ønsker å gjøre nye Tanberghøgda boligområde attraktivt for tilflyttende og beboere i Hønefoss. Dette er forankret i Fossen Utvikling AS sitt styre. Videre har allerede Fossen Utvikling AS ambisjon om at denne utredningen skal bidra til å sette fremtidens standard for boligutbygging, ved at Fossen Utvikling AS bearbeider en kravspesifikasjon for energi- klimaløsninger for bebyggelsen.

11 Løsningens markedspotensial

11.1 Nytteverdi for Tanberghøgda

Konseptutredningen skal føre til et konseptvalg til det beste samlet energi- og klimakonseptet for samtlige prosjektfaser ved å evaluere flere løsninger. Her er det oppgitt faktorer som beskriver markedspotensial. Videre er det i kommunikasjonsplanen spesifisert hvordan løsningene skal nå markedet og forankres i de prosessene som er relevante for markedet.

11.2 CEEQUAL og Enova-konseptutredning

Miljøsertifiseringen CEEQUAL har mange av de samme målsetningene som Enova, noe som tilsier at metodikken og måloppnåelsen bedres av felles synergieffekter. Innovasjon er et felles mål, og energikonseptutredning kan aksepteres som dokumentasjon, og benyttes for verifisering av innovasjonspoeng.

CEEQUAL følger alle prosjektfasene, mens Enova-programmet fokuserer på konseptfasen før designfasen starter opp.

11.3 Markedspotensial og kommunikasjon

Det er krav fra Fossen Utvikling AS av utredningen skal være direkte anvendbar i selskapets øvrige prosjekter. Fossen Utvikling AS jobber med flere tilsvarende prosjekter.

På Storøya i Hole kommune har Fossen Utvikling AS og grunneier har ambisjon om 300 boenheter. Her har planprogrammet vært på høring.

På Helgelandsmoen i Hole har Fossen Utvikling AS og 2 større grunneiere en av Norges største næringsstomter for utvikling. Det er ventet oppstart på Kommunedelplan Helgelandsmoen i 2022. Fossen Utvikling AS ønsker å benytte lærdommen fra denne energikonseptutredningen, og tiltak som følge av denne, til å utvikle disse prosjektene. Spesielt på Helgelandsmoen bør energikonseptet være spesielt interessant, da den utslippsfrie bygge- og anleggsplassen også kan benyttes av Nye Veier i bygging av ny motorvei E16 og Ringeriksbanen. Her kan det også til rette for å bygge den største Energistasjonen i Norge, tilrettelaget for de fremtidige energibehovene til biler og lastebiler, med sjåfører og passasjerer.

COWI er involvert i en rekke klima- og energiprojekter og vil ta med seg erfaringen fra Tanberghøgda inn i disse. Flere samarbeidspartnere vil kunne trekke på erfaringer fra prosjektet Tanberghøgda, spesielt innen området for tilrettelegging for utslippsfri bygge- og anleggsplass. Future-home og ENFO er involvert i en rekke utviklingsprosjekter, og vil kunne trekke vesler på prosjektet. I tillegg vil det aller vesentligste fra utredningen og erfaringer fra denne blir allment tilgjengelig. CEEQUAL er en miljøsertifisering som er ut til å få et sterkt forfeste i Norge, og prosjekterfaringer fra dette prosjektet vil kunne inngå som mal for fremtidige prosjekter.

Fossen Utvikling AS er partner i Klimapartnere Viken og medlem i Bærum ressursbank. Erfaringer fra prosjektet vil bli delt og distribuert i disse kanalene.

Etter Fossen Utvikling AS sin kommunikasjonsstrategi skal erfaringer fra prosjektet deler ved pressemeldinger og dirkede kontakt til lokal, nasjonal og teknisk presse.

Energiløsningene i Tanberghøgda, og løsningene etter denne Energikonseptutredningen, er tilgjengelig som fri informasjon. Energikonseptutredningen vil være fritt tilgjengelig som nedlastbar fil på Fossen Utvikling AS sin hjemmeside.

REVISION	BESKRIVELSE	FORFATTER	KONTROLL GODKJENT
1	Energi- og klimakonsept for tanberghøgda	Fossen utvikling AS: Frederik Skarstein ENFO AS: Morten Hagen COWI AS: MRGR, NRRU, JOST, LEGR, KASB	LEGR og FS

- [1] J. Gran, «Passivhus,» Standard Norge, [Internett]. Available: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/passivhus/>.
- [2] Miljøverndepartementet, «Meld. St. 21 (2011–2012),» 2012. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-21-2011-2012/id679374/>.
- [3] B. A. Fladen, «Ordning for deling av fornybar,» Reguleringsmyndigheten for energi (RME), 2021.
- [4] M. H. a. H. S. N. Stig Ødegaard Ottesen, «A Framework for Offering Short-Term Demand-Side Flexibility to a Flexibility Marketplace,» *Energies*, 2020.
- [5] I. E. Haukeli, «LANGSIKTIG KRAFTMARKEDSANALYSE 2021 – 2040,» NVE, 2021.
- [6] O. Gulbrandsen, «Energi og klimautredning,» Ringerike kommune, Hønefoss, 2010.
- [7] Statnett, «Statnetts Kortsiktige Markedsanalyse 2021-2026,» Statnett, 2021.
- [8] S. Norge, «SN-NSPEK 3031:2020 Bygningers energiytelse- bergening av energibehov og energiforsyning,» Standard Norge, Oslo, 2020.
- [9] NELFO, «Effekteffektivisering i husholdningene,» NELFO, Oslo, 2018.
- [1 T. Eliassen og J. Bjørndalen, «Kostnader i strømmettet - gevinster ved 0] koordinert elbillading,» Norges vassdrag- og energidirektorat, Oslo, 2019.
- [1 T. Consulting, «Verdiskaping og ringvirkninger av solkraftutbygging i Norge 1] mot 2040,» 2021.
- [1 J. S. Ole Øiene Smedegård, «Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i 2] bygninger, 1) Bygningers effekt- og energibehov til oppvarming og kjøling, 2) Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger,» Enova SF, Trondheim, 2013.

- [1 H. Walnum, Å. Sørensen og K. Stråby, «Energibruk til varmtvann,» SINTEF
3] akademisk forlag, Oslo, 2021.
- [1 M. Rosenberg, «Kostnader for fjernvarmeutbygging,» Enova SF, Trondheim,
4] 2010.
- [1 B. AS, «Kostnader for fjernvarmeutbygging,» Norsk fjernvarme, Nittedal,
5] 2010.
- [1 TekniskeNyheter-AS, «Energirapporten - Årgang 18 Nummer 37,» Tekniske
6] Nyheter AS, Fredrikstad, 2021.
- [1 lovdata, «Forskrift om begrensning av forurensning
7] (forurensningsforskriften),» klima og miljødepartementet, 23 Juni 2021.
[Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_8-4#%C2%A727-1. [Funnet 1 desember 2021].
- [1 A. Meisler, «Master-oppgave - Analyse av termisk energiforsyning ved
8] Moholt 50|50,» Norges teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU),
Trondheim, 2020.
- [1 «Tekniskenyheter.no,» tekniske nyheter, 11 desember 2014. [Internett].
9] Available: <https://tekniskenyheter.no/artikler/varmepumper/skolegard-leverte-157-000-kwh>. [Funnet 1 desember 2021].
- [2 «Free energy.com/hyss,» Free energy, - - 2021. [Internett]. Available:
0] <https://www.free-energy.com/hyss>. [Funnet 1 desember 2021].
- [2 F. Energy, «[https://www.free-energy.com/referanser/verksbyen-i-](https://www.free-energy.com/referanser/verksbyen-i-fredrikstad)
1] fredrikstad,» 2022. [Internett].
- [2 F. Energy, «[https://www.free-energy.com/referanser/norra-vitsippan-](https://www.free-energy.com/referanser/norra-vitsippan-salem-netto-null-energihus-pa)
2] salem-netto-null-energihus-pa,» 2022. [Internett].
- [2 S. Granås, «Energirapporten - Energioversikt (bl.a. energipriser),» Tekniske
3] Nyheter, 2021.
- [2 B. Norge, «biogassnorge.no,» Biogass Norge, 5 januar 2022. [Internett].
4] Available: <https://biogassnorge.no/>. [Funnet 1 desember 2021].

- [2 N. v.-. o. energidirektoratet, «www.nve.no,» [Internett]. Available:
5] <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/>. [Funnet 20 01 2022].
- [2 I. T. R. f. P. (ITRPV), «International Technology Roadmap for Photovoltaic
6] (ITRPV) 2020 Results,» International Technology Roadmap for Photovoltaic
(ITRPV) , Frankfurt, Tyskland, 2021.
- [2 «Tech tips - Ironridge,» Ironridge, 2021. [Internett]. Available:
7] [https://files.ironridge.com/education-
library/Tech_Tip_GM_Alternative_Foundations.pdf](https://files.ironridge.com/education-library/Tech_Tip_GM_Alternative_Foundations.pdf). [Funnet 1 desember
2021].
- [2 Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» 28.01.2022 januar 2022. [Internett].
8] Available:
<https://geocortex01.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>.
- [2 Artsdatabanken, «Norsk rødliste for naturtyper,» 2018. [Internett].
9] Available:
<https://artsdatabanken.no/rln/2018/209/leirravine?mode=headless>.
- [3 Miljødirektoratet, «Norsk rødliste for naturtyper,» Artsdatabanken, 2018.
0] [Internett]. Available: <https://artsdatabanken.no/rodlistefornaturtyper>.
- [3 S. p. world. [Internett]. Available:
1] [https://www.solarpowerworldonline.com/2022/01/minnesota-research-
finds-sheep-grazing-at-solar-sites-actually-improves-soil-quality/](https://www.solarpowerworldonline.com/2022/01/minnesota-research-finds-sheep-grazing-at-solar-sites-actually-improves-soil-quality/).
- [3 S. P. World. [Internett]. Available:
2] [https://www.solarpowerworldonline.com/2022/01/minnesota-research-
finds-sheep-grazing-at-solar-sites-actually-improves-soil-quality/](https://www.solarpowerworldonline.com/2022/01/minnesota-research-finds-sheep-grazing-at-solar-sites-actually-improves-soil-quality/).
- [3 Thomas Aanensen, «Vindkraften fortsetter å stige,» SSB, January 2021.
3] [Internett]. Available: [https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-
publikasjoner/vindkraften-fortsetter-a-stige](https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/vindkraften-fortsetter-a-stige).
- [3 NVE, «Det svinger mer med fornybar strøm,» 2020.
4]

- [3 NVE, «NVE Atlas 3.0,» NVE, 20 1 2022. [Internett]. Available:
- 5] <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>. [Funnet 10 11 2021].

- [3 T. J. Y. L. H. Y. A. L. M. C. B. X. Y. C. Q. Chen, « Applications of Lithium-Ion
- 6] Batteries in Grid-Scale Energy Storage Systems,» *Transactions of Tianjin University*, nr. 26, pp. 208-217, 2020.

- [3 T. Martinsen, «Nettbalansering fra store parkeringsanlegg og næringsbygg -
- 7] NeX2G,» NMBU, 2021. [Internett]. Available: <https://www.nmbu.no/prosjekter/node/43105>.

- [3 Statnett, «Langsiktig markedsanalyse Norden og Europa 2020–2050,»
- 8] 2020.

- [3 C. H. Partnership, «Key Performance Indicators (KPIs),» 2021. [Internett].
- 9] Available: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/knowledge-management/key-performance-indicators-kpis_en.

- [4 StatensVegvesen, «FREMTIDENS TRANSPORTSYSTEM I
- 0] HØNEFOSSOMRÅDET,» regjeringen.no, Oslo, 2015.

- [4 Samferdselsdepartementet, «Nasjonal transportplan 2018-2029,»
- 1] Regjeringen, Oslo, 2018.

- [4 OpinionAS, «Nasjonal reisevaneundersøkelse (RVU), nøkkeltallsrapport
- 2] 2020,» StatensVegvesen, Oslo, 2021.

- [4 V. Nenseth, «bildeling tiltakskatalog transport og miljø,» TØI, - - 2020.
- 3] [Internett]. Available: <https://www.tiltak.no/b-endre-transportmiddelfordeling/b-5-mobilitetsplanlegging-og-kampanjer/b-5-4/>. [Funnet 4 januar 2022].

- [4 Z. Miklos og M. Gjerde, «KLimabudsjett og LCA,» COWI, Fossen Utvikling,
- 4] Oslo, 2022.

- [4 S. M. Fufa, S. Mellegård, M. K. Wiik, C. Flyen, G. Hasle, L. Bach, P.
- 5] Gonzalez, E. S. Løe og F. Idsøe, «Utslippsfrie byggeplasser: State of the art

veileder for innovative anskaffelsesprosesser,» SINTEF akademisk forlag, Oslo, 2018.

[4 Bygg21, «Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp,»

6] Sverre Tiltnes, direktør Bygg21, Oslo, 2018.

[4 T. B. L. F. E. H. A. M. D. P. J. R. R. S. R. S. P. S. a. R. W. Schlömer S.,

7] «2014: Annex III: Technology-specific Cost and performance parameters,» *Climate Change 2014: Mitigation of Climate*, p. 1335, 2014.

[4 Norskenergi, «Klimaregnskap for fjernvarme 2020,» Norsk fjernvarme,

8] Oslo, 2020.

[4 N. fjernvarme, «fjernkontrollen,» Norsk fjernvarme, 17 01 2021.

9] [Internett]. Available: fjernkontrollen.no. [Funnet 17 Januar 2022].

[5 Solenergiklyngen, «Solenergiklyngen.no,» Solenergiklyngen, 2020.

0] [Internett]. Available: <https://www.solenergiklyngen.no/omsolenergi/>. [Funnet 10 01 2022].

[5 J. Selj, «Solenergibloggen,» Fusen, 2 06 2021. [Internett]. Available:

1] <https://blogg.fusen.no/solceller-og-solcellepanel-varer-lenge>. [Funnet 16 01 2022].

[5 D. C. & K. S. R. Jordan, «Photovoltaic Degradation Rates-an Analytical

2] Review.,» *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* , vol. 21, nr. 15, 2013.

[5 S. sentralbyrå, «Utslipp til luft,» Statistisk sentralbyrå, 03 10 2021.

3] [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>. [Funnet 27 01 2022].

[5 S. sentralbyrå, «Kjørelengder,» Statistisk sentralbyrå, 23 03 2021.

4] [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/kjorelengder>. [Funnet 27 01 2022].

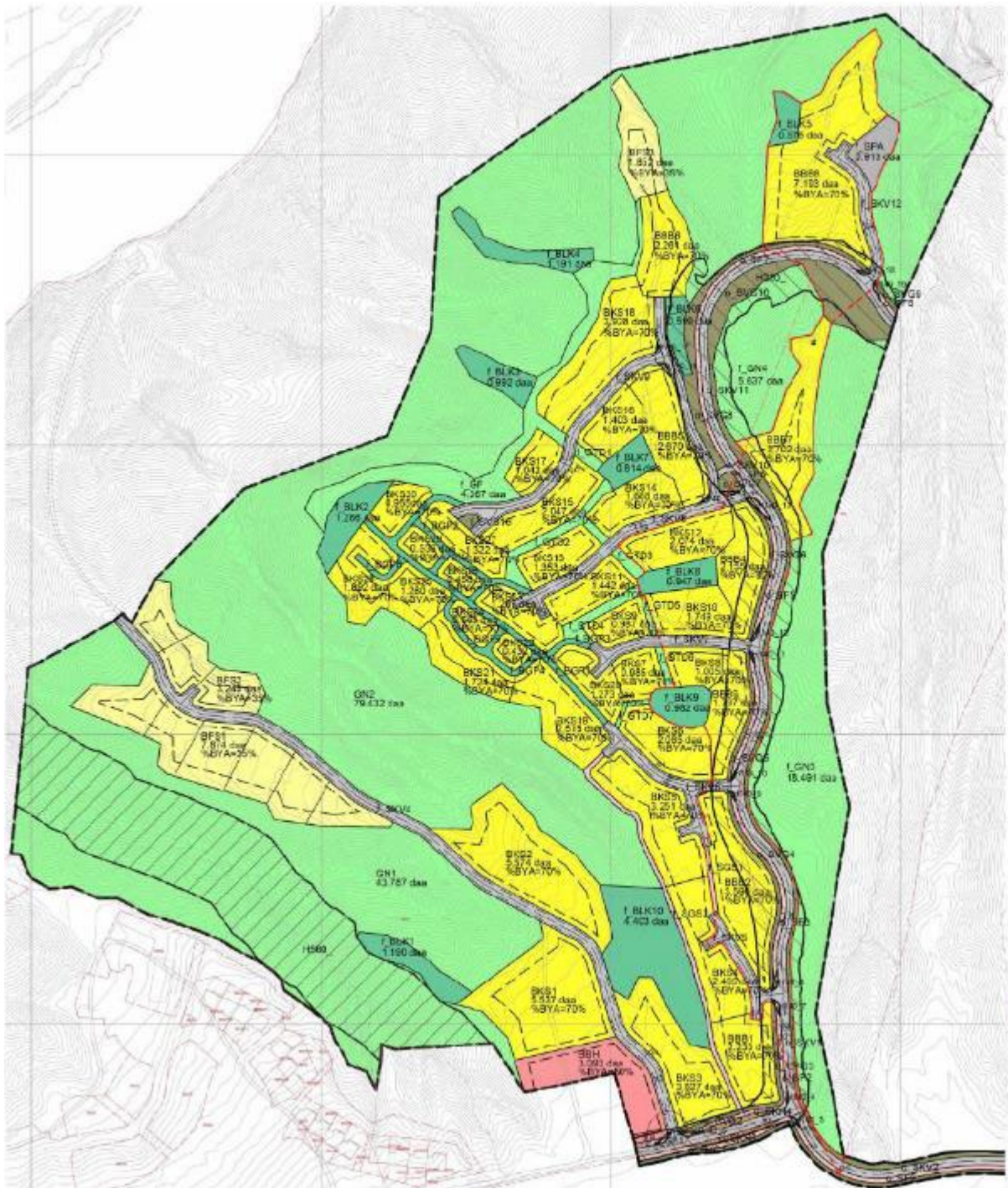
[5 S. vegvesen, «Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2018/2019,» Statens

5] vegvesen, 2019. [Internett]. Available:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan/den-nasjonale-reisevaneundersokelsen/reisevaner-2019/>. [Funnet 27 01 2022].

- [5 K.-E. Helle, «Klimagassutslippet fra ulike reisemåter,» Framtiden i våre
- 6] hender, 02 11 2021. [Internett]. Available:
https://www.framtiden.no/gronne-tips/reise-og-transport/klimagassutslippet-fra-ulike-reisemater.html?fbclid=IwAR0LmlfcUuu4Mm5BsTwLgMXBm8xqgaCzkofmoa_4mJfXTPPNrd0xiSpIXfY. [Funnet 27 01 2022].
- [5 A. Aarstrand, «Referansemmodell for pålitelig estimering av energi-og
- 7] effektbehov for kontorbygninger på områdenivå,» NTNU, Trondheim, 2019.
- [5 B. Langset, «Analyse av energibruk i yrkesbygg,» NVE, Oslo, 2016.
- 8]
- [5 Fusen, «blogg.fusen,» Fusen, [Internett]. Available:
- 9] <https://blogg.fusen.no/solceller-og-solcellepanel-varer-lenge>. [Funnet 16 01 2022].
- [6 S. M. Fufa, S. Mellegård, M. K. Wiik, C. Flyen, G. Hasle, L. Bach, P.
- 0] Gonzalez, E. S. Løe og F. Idsøe, «Utslippsfrie byggeplasser: State of the art veileder for innovative anskaffelsesprosesser,» SINTEF akademisk forlag, Oslo, 2018.

A- Utbyggingsområde



B- Effekt- og energibehov

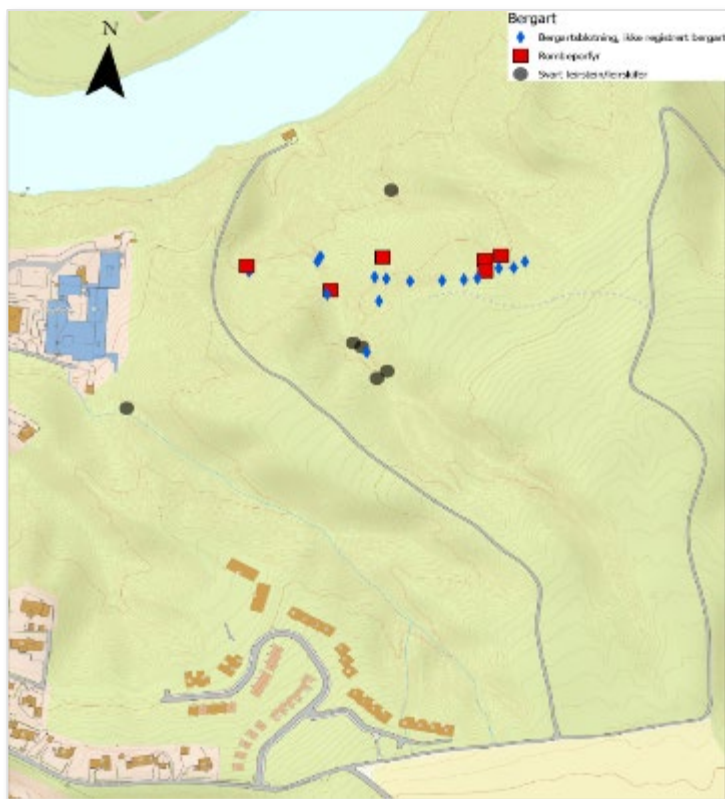
Tabell 0-1: Netto Energi/effekt-poster for ulike bygningskategorier (per m²)

[13]

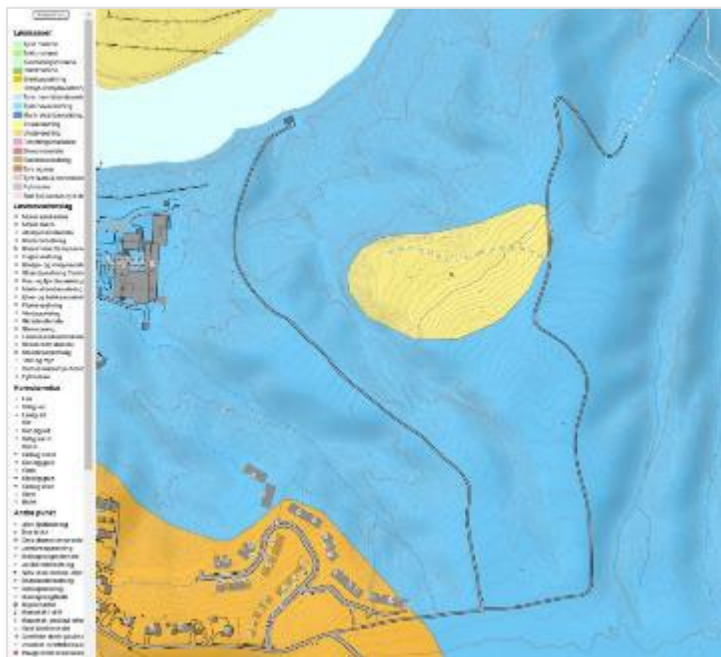
[57]

[58]

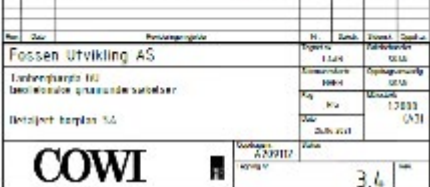
C- Bergvarmepumpe – geotekniske data for Tanberghøgda



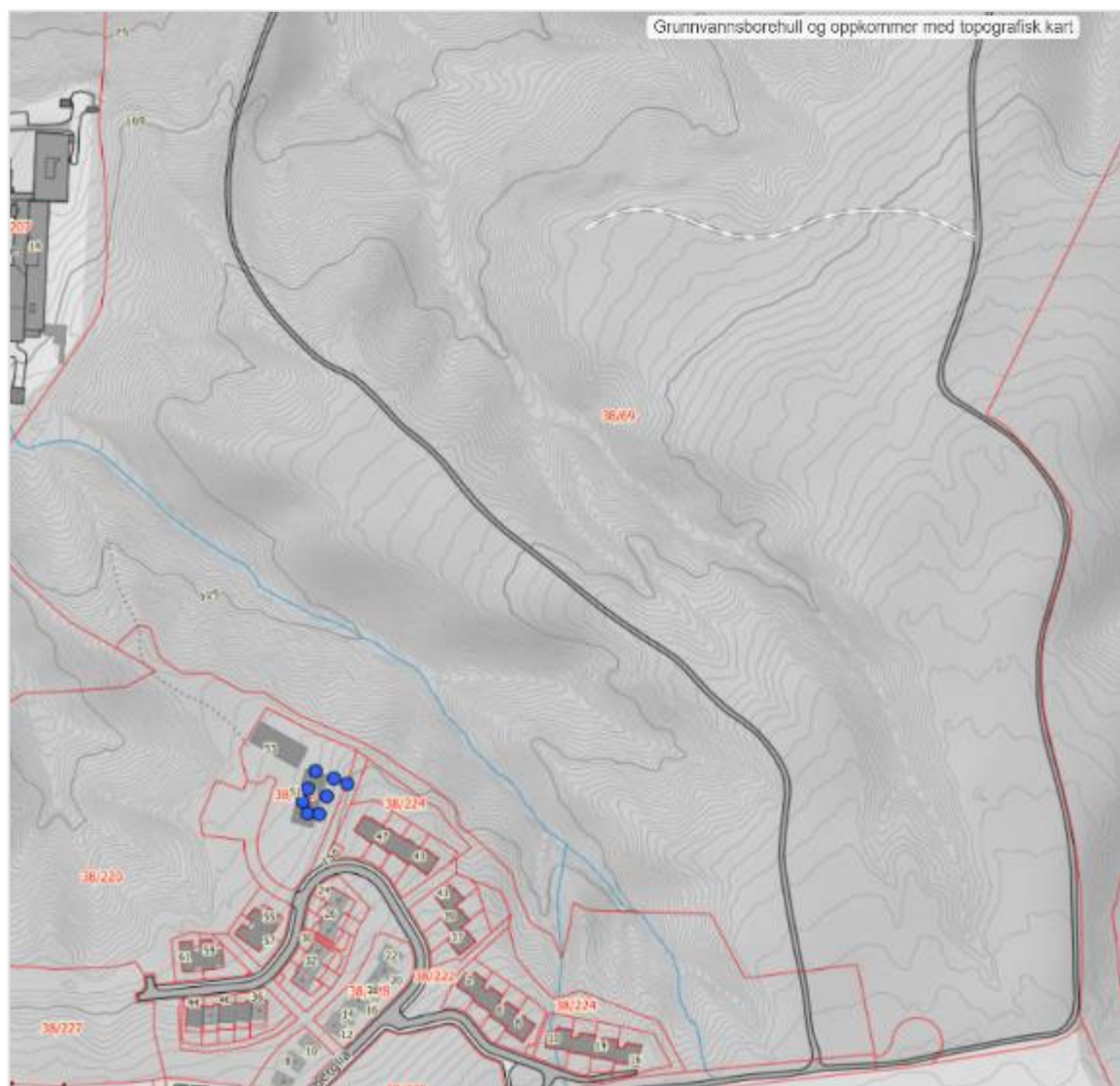
Figur 0-1 Berggrunns kart for Tanberghøgda. Svart leirstein/leirskifer og rombeporfy.



Figur 0-2 Løsmassekart for Tanberghøgda. Hav-/fjordavsetning (blå), elve-/bekkeavsetning (gul) (NGU, 2021).



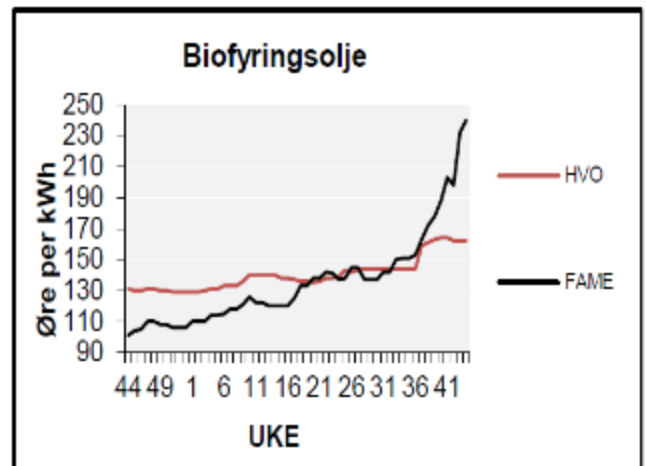
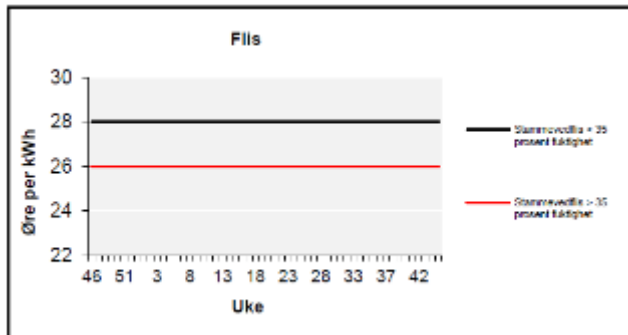
Figur 0-3 Geoteknisk grunnundersøkelse for Tanberghøgda. Løsmassetykkelse ca. 20-30 m (COWI, 2021) [7].



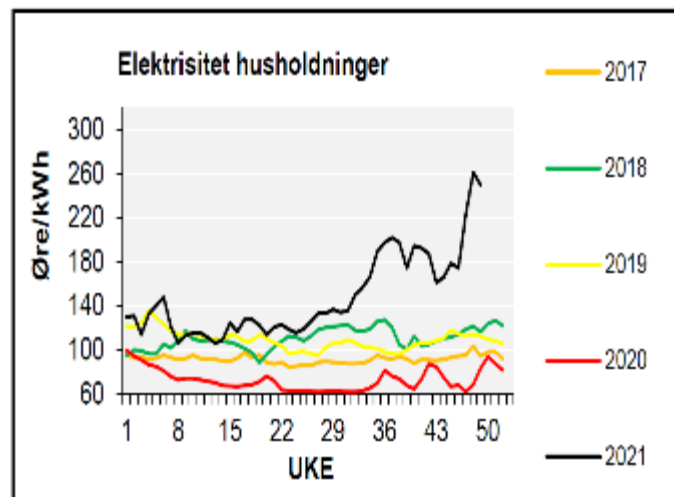
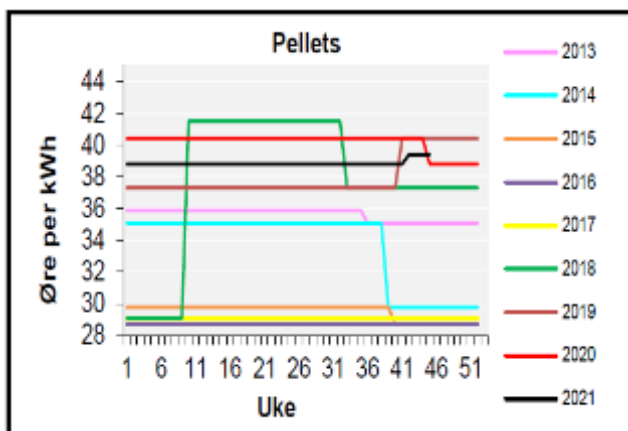
Figur 0-4 Borehull for grunnvann og grunnvarme, GRANADA. 8 stk. energibrønner i Tanberglia, anslagsvis 32-35 m løsmassetykkelse, lav grunnvannsstand (NGU, 2021).

D - Energipriser

Energipriser fra Energirapporten nr. 38, desember 2021.

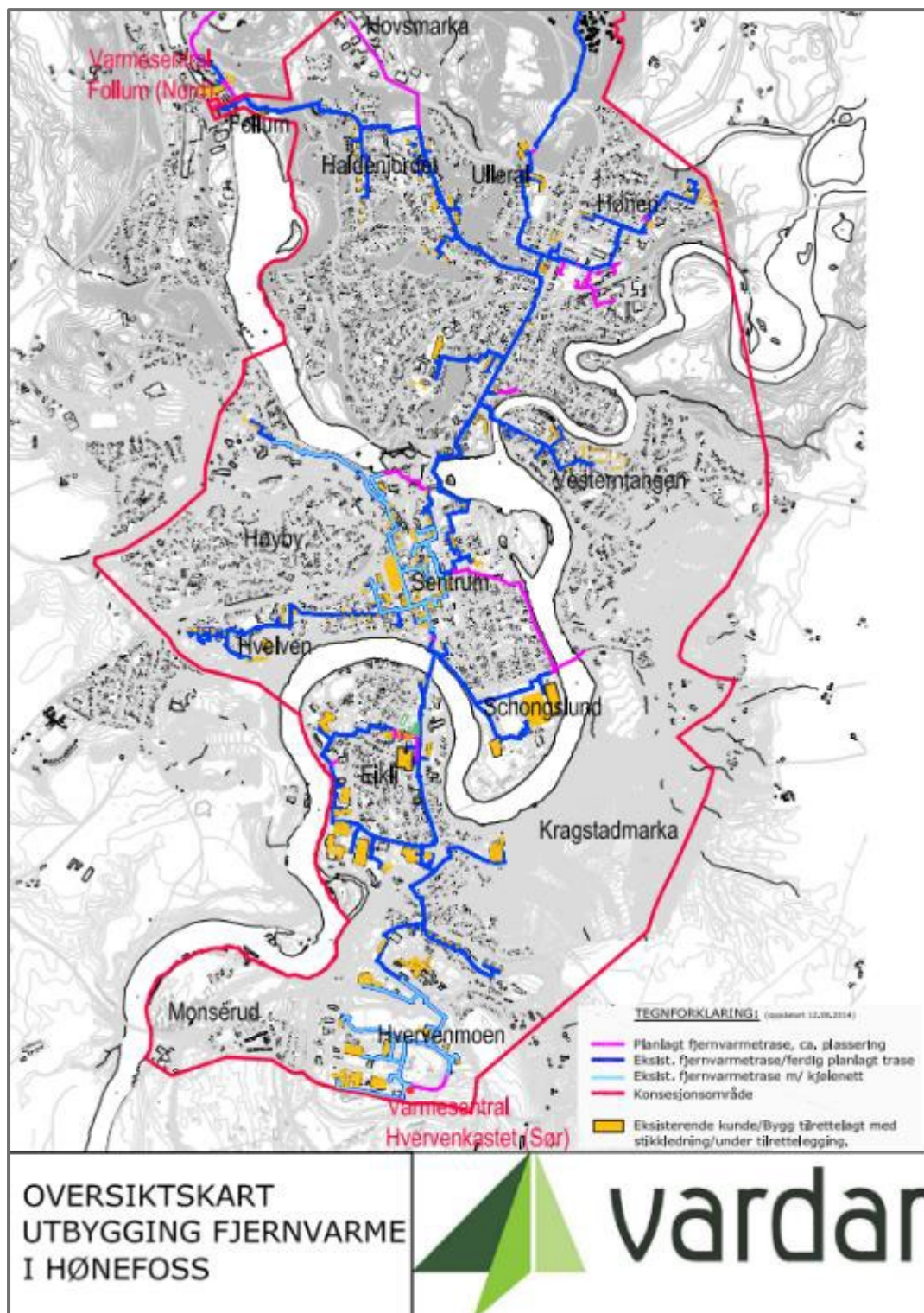


2. gen. biooljer/biodiesel (fornybare kil-



Elektrisitetspris inkl. mva. for husholdninger på Østlandet.

E - Konsesjonsområde for Vardar Varme AS - Hønefoss



Figur 0-5 Konsesjonsområde og eksisterende/planlagt fjernvarmenett, Vardar Varme AS, Hønefoss.

F - Prosjektorganisasjon:

Tabell 0-2: Prosjektets organisering. COWI gjennomfører selve konseptutredningen med bistand fra nøkkelbedrifter som netteier og underleverandører.

NAVN	FIRMA	ROLLE
Frederik W. Skarstein	Fossen Utvikling AS	Prosjekteier
Tom Pedersen og Bjørn Skoglund	Fossen Utvikling AS	Prosjekteier
Lene Grimsrud	COWI AS	Prosjektleder hovedprosjekt og CEEQUAL-prosess
Marius Gurholt	COWI AS	Primært utførende konseptutredning
Nils Rusås Ruud	COWI AS	Primært utførende konseptutredning
Jørn Stene	COWI AS	Spesialist termisk energi inkl. varme-pumpe-/kjølesystemer
Ranvei Dahl Isaksen	COWI AS	Spesialist innen solcelleteknologi
Michal G Gjerde Zsofia Miklos	COWI AS	Utførende LCA analyser
Halvor Grønlund Øyvind Høsser Katrine Strøm	COWI AS	Transportplanlegger
Live Dokka	Ringerikskraft Nærvarme AS	Direktør fornybar energi i Ringrikskraft Nærvarme AS
Irina Pirozhinskaia	FØIE	Leder for planavdelingen i Ringrikskraft Nett AS
Morten Hagen	Futurehome AS	Leder salg/ marked og forretningsutvikling
Danny Zaitsev	Futurehome AS	Forretningsutvikler
Ola Skar	Telia Norge AS	Regional salgssjef Spesialist smarte hjem

REVISION

1

BESKRIVELSE

Energi- og klimakonsept for tanberghøgda

FORFATTER

Fossen utvikling AS: Frederik Skarstein
ENFO AS: Morten Hagen
COWI AS: MRGR, NRRU, JOST, LEGR, KASB

KONTROLL GODKJENT

LEGR og FS