

NOVEMBER 2020  
KILDN

# SKISSEPROSJEKT ENERGISAMSPILL

PROSJEKTRAPPORT – A212409

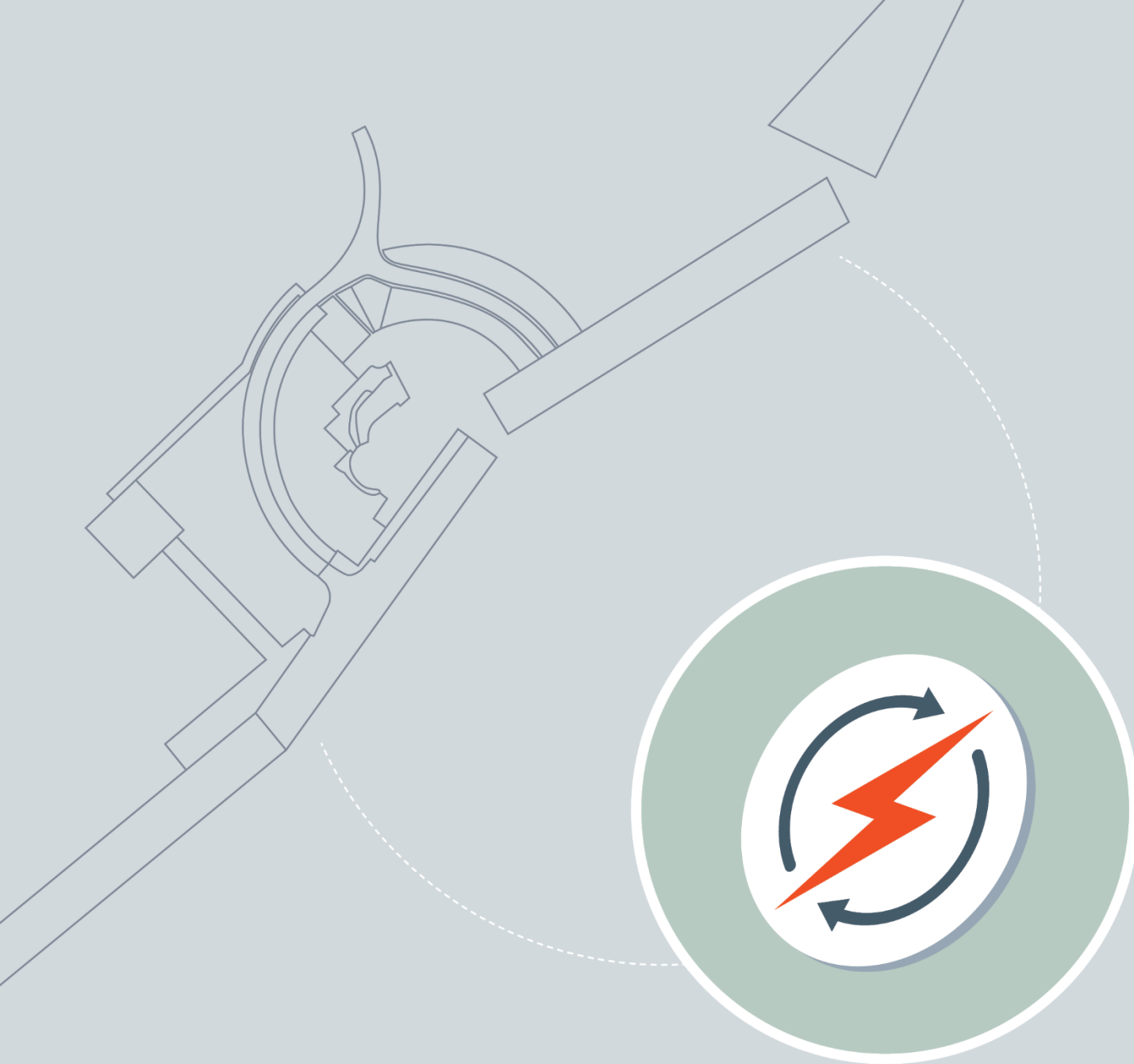


**COWI**

# INNHold

1	Forord – Energisamspill i Kildn	6
2	Sammendrag	8
3	Målsetning for energi og prosjektramme	10
4	Energibehov	14
4.1	Hovedbygg	14
4.2	Cruisebåter	18
4.3	Hurtigbåter	20
4.4	Blå bybane	20
4.5	Framtidens fartøy	21
4.6	Oppsummering av effekt og strømbehov	24
5	Energiressurser	26
5.1	Solcelleløsninger	26
5.2	Brenselcelle	29
5.3	Nett-tilknytning	31
5.4	Oppsummering av distribuerte energiresurser	34
6	Energilagingsløsninger	36
6.1	Batteriløsninger	36
6.2	Pumpekraftverk	37
6.3	Fleksibilitet i batterielektriske transportløsninger	38
6.4	Sammenligning av energilagingsløsninger	39
7	Energieffektivisering tiltak ENØK	41
7.1	Varmepumpe vann (sjø) til vann (bygg)	41
8	Energisamspill – videre arbeid	43
9	Konklusjon	45
9.1	Energisamspill for hovedbygg	45
9.2	Effekt og energibudsjett	45
9.3	COWIs anbefaling	46





1

# FORORD – ENERGISAMSPILL I KILDN

# 1 Forord – Energisamspill i Kildn

Kildn skal være en nullutslippshavn som i størst mulig grad skal være selvforsynt med kraft gjennom innovative løsninger for laststyring, produksjon og lagringsløsninger. Denne rapporten beregner på et overordnet nivå energibehovet og energiproduksjonspotensialet innenfor havnekomplekset.

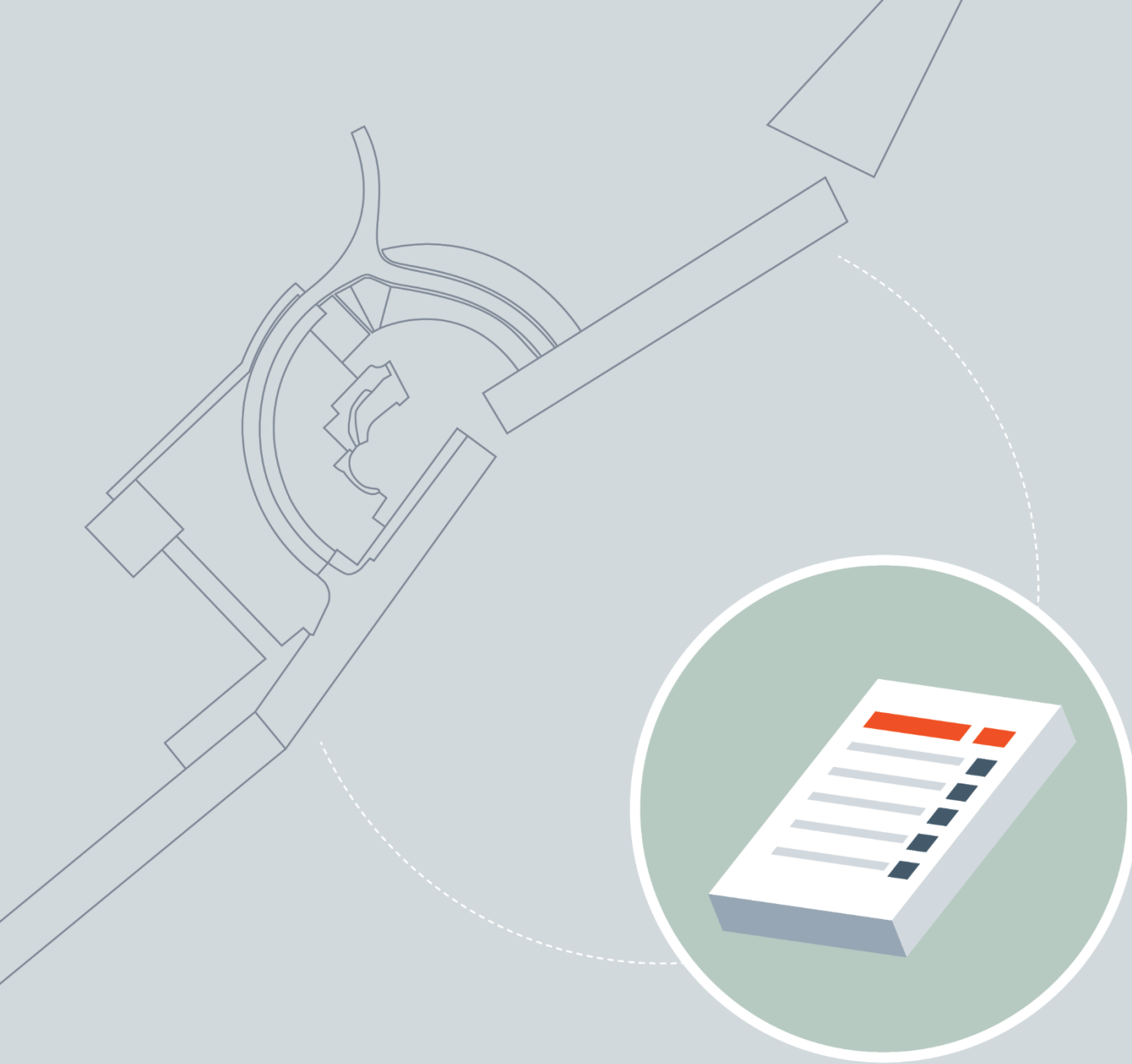
Rapporten er delt inn i følgende elementer:

- > Energibehov
- > Energiproduksjonsmuligheter
- > Energilagringsmuligheter
- > Energiøkonomisering, ENØK

Innenfor hver kategori vil følgende elementer vurderes:

- > Energimengder og typiske tidsprofiler
- > Arealbehov
- > Modenhet i teknologi





2

SAMMENDRAG

## 2 Sammendrag

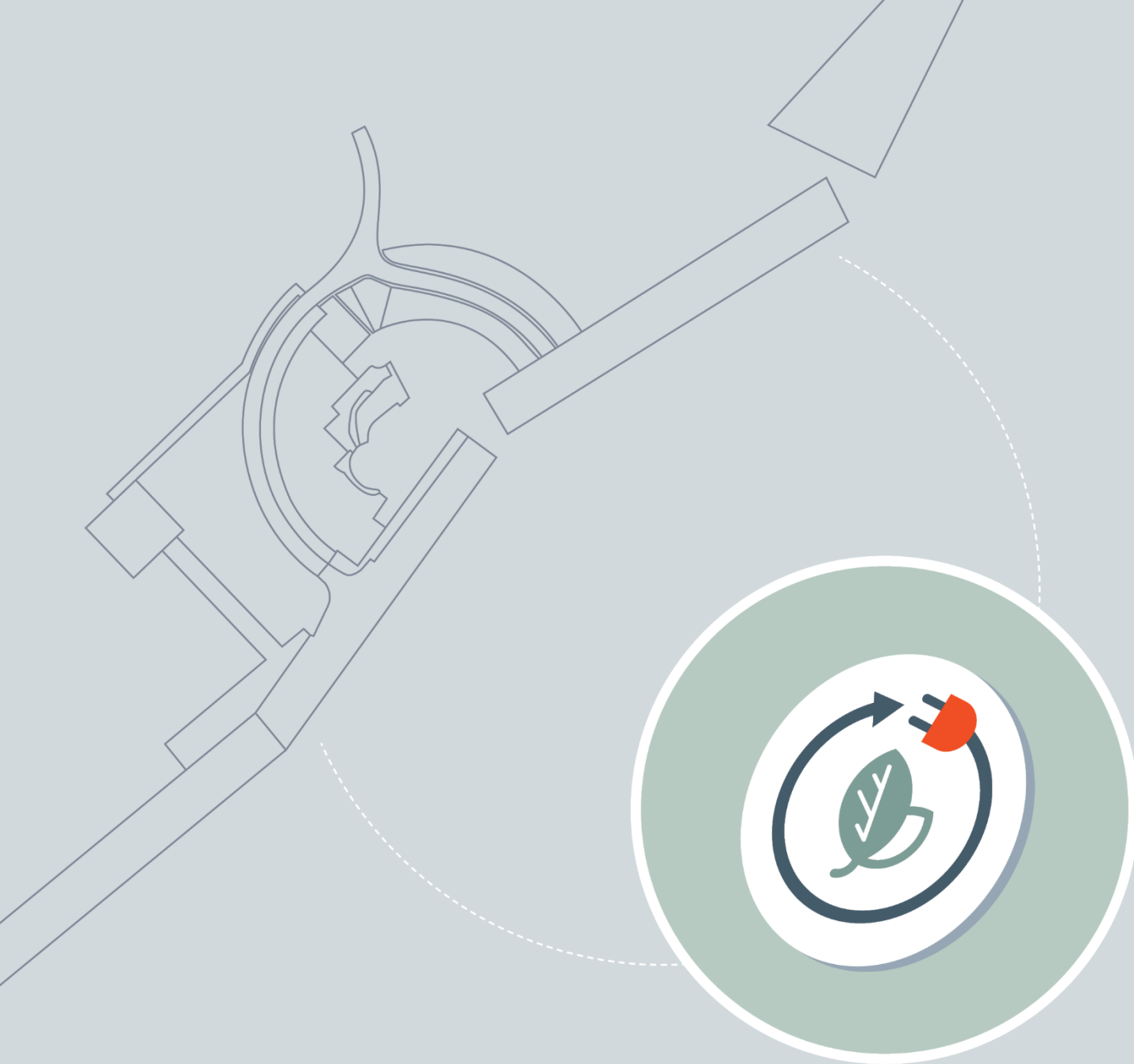
Denne rapporten tar for seg energisamspill for Kildn fra et overordnet perspektiv. Dette blir presentert ved å estimere energibehov, og sammenlikne det med lokale energiresurser ved Kildn. Det blir også gitt i en innføring i mulige energilagringssystemer som kan spille en rolle i energisystemet.

Det er identifisert to hovedgrupper av forbrukere, bygningsmassen som skal etableres og kunder, i form av cruiseskip, hurtigbåter og andre kjøretøy og fartøyer. I et energiperspektiv kan bygningsmassen karakteriseres med et relativt lavt og jevnt effektuttak med høy brukstid, mens kundene av Kildn som skal lades eller driftes vil ha relativt høyt effektuttak med lav brukstid.

Kildn har en visjon om å i stor grad være selvforsynt med energi. Det er kartlagt et stort potensial for å kle fasade og tak til bygningsmassen med solcellepanel, og man kan med dette i stor grad dekke energibehovet knyttet til bygningsmassen. For de store energimengdene knyttet til landstrøm og lading av fartøy, må det tilføres energi gjennom andre energibærere. Det skisseres i hovedsak to løsninger; brenselceller forsynt med hydrogen, ammoniakk eller biogass (metan) eller en nettilknytning til nettsystemet.

Det er også undersøkt noen løsninger for mellomlagring av energi og rapporten gir en innføring i kjemisk energilagring i batterier og mekanisk lagret energi gjennom pumpekraftverk med vannmagasin. Behovene i rapporten er i denne omgang bare skissert ned til tidshorisont på måneder og optimalisering gjennom mellomlagring vil først spille en rolle innenfor en tidshorisont på sekunder, minutter og timer. Rapporten gir en innføring i hvilke arealer og tiltak de ulike mellomlagringsløsningene representerer.

Hovedkonklusjonene er at det vil være et stort behov for å tilføre kraft utover det kraften som kan produseres på stedet. Både brenselceller og nettilknytning vil kreve ytterligere aktiviteter for å kunne modnes frem mot 2026. Løsningene er ikke gjensidig utelukkende og kan fungere i et samspill. Begge løsninger krever en omfattende myndighetsprosess for å kunne realiseres, det ligger også en risiko knyttet til brenselcellers modenhet som teknologi.



3

# MÅLSETNING FOR ENERGI OG PROSJEKTRAMME



### 3 Målsetning for energi og prosjektramme

FNs bærekraftsmål ser miljø, økonomi og sosial utvikling i sammenheng. Gjennom visjonen vil Kildn jobbe mot flere av FN sine bærekraftsmål knyttes tett til energisamspillet.



Energisamspillet vil også gi konsekvenser og ringvirkninger for ytterligere bærekraftsmål knyttet til klimaendringer, forbedret liv under vann og liv på land.

#### Standarder for sertifisering og prosesser for bærekraft

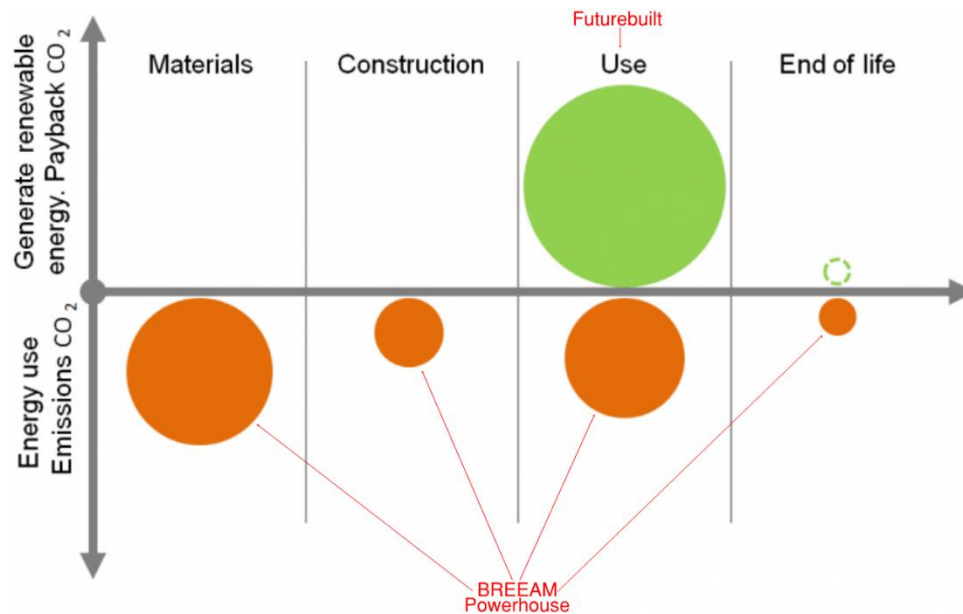
Kildn har i henhold til sin visjon, mål om å bli *verdens første nullutslippshavn*, men også *selvforsynt med energi*. For å nå disse to målene er det fundamentalt å se til relevante prosesser og standarder for å kunne klassifisere Kildn i henhold til grad av måloppnåelse relatert til visjonsmålene for energi og klimagassutslipp.

Denne rapporten adresserer energibehov og energiløsninger for å dekke dette behovet. Klimagassutslipp utredes ikke i denne rapporten, da fokuset er energisamspillet. *Hvordan kan Kildn dekke sitt energibehov ved å utnytte distribuerte energiresurser, som lokalprodusert kraft, energilagring og styrbare laster, på en bærekraftig måte?*

Kildn blir en kompleks havn med flere elementer som i hovedsak kan deles i to kategorier:

- > Bygningsmasse – Terminalbygg, kjøretøy og maskiner forbundet med havnedriften
- > Transport – Cruiseskip, hurtigbåter, buss og andre kjøretøy som trenger energi fra Kildn

Det er en stor utvikling innen fossilfrie transportløsninger ved bruk av forskjellige energibærere som f.eks. batterier og hydrogen. I denne rapporten har det ikke vært mulighet for å gå i dybden på fartøyenes energibehov, og om Kildn kan sertifiseres som nullutslippshavn ved å inkludere skipstrafikken i fremtiden. Skipstrafikken er derimot diskutert i rapporten for å studere det totale momentane energibehovet (effektbehovet). Grensesnitt for energi er relatert til hovedbygg, men grensesnitt for effekt inkluderer havnetrafikk som trenger energi, hvor dagens teknologi og løsninger utredet i andre pilotprosjekter og konseptutredninger er tatt frem.



Figur 1 – Oversikt over relevante standarder for bærekraft som Kildn kan sertifiseres etter. Utnyttelse av lokale fornybare energiressurser vil kompensere for CO<sub>2</sub> utslipp fra de ulike fasene av byggeprosjektet<sup>1</sup>. Standarder som BREEAM og Powerhouse tar hensyn til hvordan man reduseres utslipp i byggets faser, samt generering av fornybar energi, mens Futurebuilt tar kun hensyn til sistnevnte.

I Figur 1 er det presentert hva de relevante standardene for beregning av bærekraft tar hensyn til. Felles for alle presenterte standarder er at de har bygg som grensesnitt. Som indikert i figuren, tar standarder fra Futurebuilt kun hensyn til netto årlig energibehov for bygg, relativt til det som produseres på bygg, ofte i form av solcelleinstallasjoner. BREEAM og Powerhouse har veiledere for hvordan et bygg kan redusere på klimagassutslipp i de fire fasene i figuren. De tar også med fornybar energiproduksjon, da dette også er en metode for å redusere et byggs klimagassutslipp.

### FutureBuilts standard for Plusshus

I henhold til FutureBuilts plusshusdefinisjon<sup>2</sup> må det produseres overskuddsenergi innen byggets tomtegrenser slik at bygget har et overskudd lik 2 kWh/m<sup>2</sup> BRA per år for å klassifisere bygget som plusshus. Overskuddsenergien som produseres må kompensere for energi tilknyttet drift av bygningsmassen. Tilførsel av termisk energi kan skje på, eller utenfor tomtegrensene, som f.eks. fjernvarme. Energibærere som biobrensel kan også skje ved importering av f.eks. biobrensel, for å produsere varme og/eller strøm innenfor byggets tomtegrenser. Energiproduksjon fra karbonnøytrale brenslar vektas lavere enn energi produsert fra fornybare energiressurser som sol- og vindenergi.

### Futurebuilts standard for Nær nullenergibyg (nZEB)

I henhold til FutureBuilts nZEB-definisjon<sup>3</sup> skal bygget ha energibruk lavere enn 70% sammenliknet med TEK'17-nivået. Hovedbygget ved Kildn kan som et alternativ til plusshus sertifiseres som nær nullenergibyg, hvis plusshus vil vise seg å være uopnåelig.

### Powerhouse

Powerhouse Paris Proof er en ny standard for fremtidens bygg, og standarden tar utgangspunkt i

<sup>1</sup> Zero Emission Buildings: <https://www.zeb.no/index.php/en/about-zeb/zeb-definitions>

<sup>2</sup> Andresen, Dokka, & Johansen, Kriterier for FutureBuilt Plusshus - Revisjon des-2018

<sup>3</sup> Andresen, Dokka, & Johansen, Kriterier for nZEB for FutureBuiltt-prosjekter, revisjon des-2018, 2018

Paris-avtalens 1,5 graders mål. Standarden angir et maksimalt og totalt CO<sub>2</sub>-utslipp per kvadratmeter, inklusiv byggefase, energi i drift, materialer og avhending. Futurebuilt sin plusshus definisjon legges til grunn for netto energiambisjon.

### **BREEAM-Nor**

Under begrepet BREEAM ligger det flere ulike sertifiseringsordninger. Blant de som er mest relevante for Kildn, finner vi BREEAM-NOR og BREEAM Communities. Dette er et sertifiseringsverktøy (med veiledere) for byggeprosjekter, tilpasset det norske markedet fra Building Research Establishment (BRE) Group "BREEAM Homes & Commercial Buildings". Det er de to øverste klassifiseringsnivåene innen BREEAM som er aktuelt, Excellent eller Outstanding, da disse er de eneste nivåene som inkluderer krav til fornybar energiforsyning. BREEAM-NOR har som hovedmål å redusere miljøpåvirkning fra ni identifiserte miljøområder relatert til bygninger:

1. Ledelse og administrasjon
2. Helse og innemiljø
3. Energibruk
4. Transport
5. Vann
6. Materialer
7. Avfall
8. Arealbruk og økologi
9. Forurensning

Hvert område har egne sett med kriterier og ytelsesnivå som representerer god, eller beste praksis for bærekraftig design og innkjøp. I tillegg til de ni områdene relatert til miljøpåvirkning, tar BREEAM-NOR også for seg innovasjon.

BREEAM Communities er et sertifiseringsverktøy som tar for seg områdeutvikling på et mer holistisk nivå, med formål om å integrere bærekraftig design og sosioøkonomisk betraktning i masterplanleggingen.

Sertifiseringen er fordelt i tre steg:

1. Etablering av prinsipper for utvikling
2. Bestemme layout
3. Detaljert design

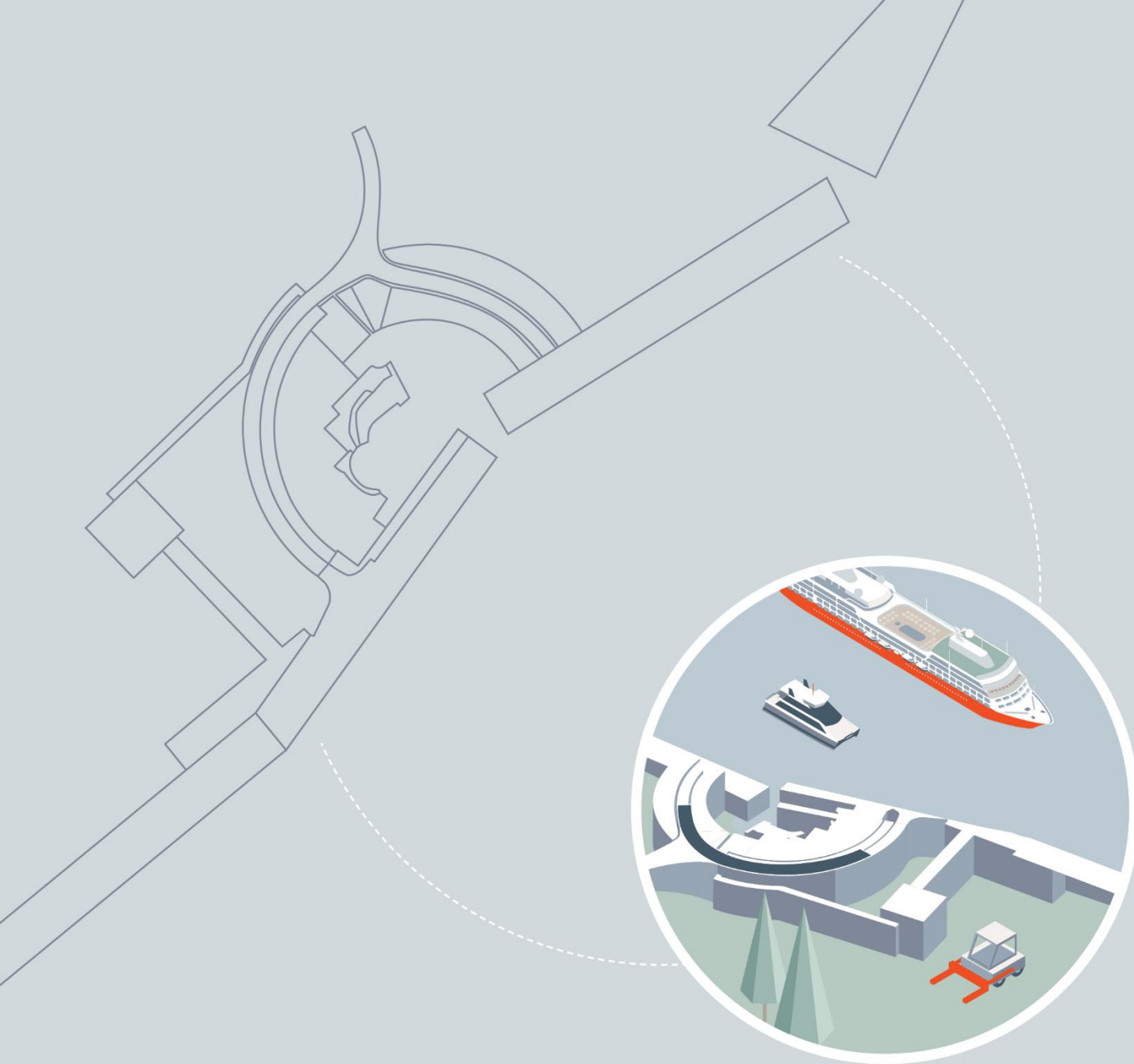
I hvert trinn må man dokumentere hvordan prosjektet har ivaretatt styresett, sosioøkonomiske aspekter, ressurser og energibruk, arealbruk og økologi, transport, og til slutt innovasjon.

### **CEEQUAL**

I tillegg til BREEAM-programmene har BRE Group sertifiseringsordningen CEEQUAL, som tar for seg prosjekter innen anlegg, infrastruktur, landskap og offentlige rom. Ordningen ansees som høyst relevant for Kildn, og det kan blant annet vises til Alcoa Mosjøen Havn som nylig ble sertifisert på høyeste nivå, Excellent.

CEEQUAL har følgende hovedmål:

- > Bevisstgjørelse av bærekraft og kontinuerlig forbedring i prosjekter
- > Promotere viktigheten av å sette og levere en strategi drevet av bærekraft
- > Sette bærekraft i fokus i kontrakter, kravspesifikasjoner, design og utførelse
- > Anerkjennelse og promotere oppnåelse av høy miljømessig og sosioøkonomisk ytelse



4

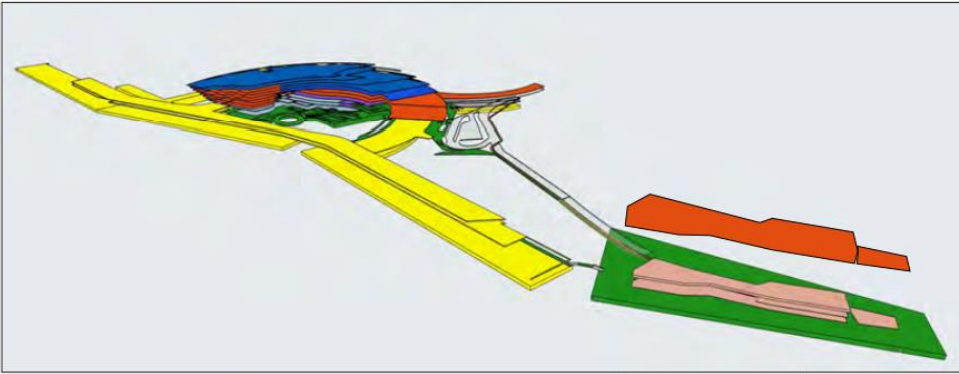
ENERGIBEHOV

## 4 Energibehov

I dette kapittelet er Kildns energibehov estimert og diskutert for de ulike energiforbrukene i og rundt hovedbygget og kaianlegg. Dette sammenlignes med aktuelle lokale energiressurser ved Kildn, senere i rapporten.

### 4.1 Hovedbygg

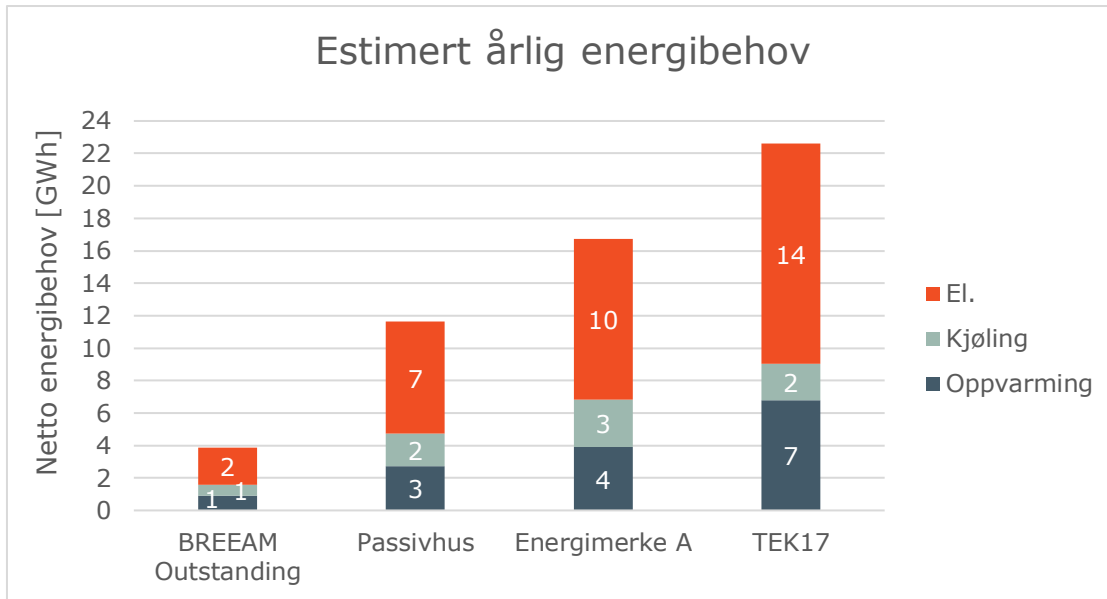
I visjonsrapporten for Kildn er det skissert funksjoner og bygningskategorier for hovedbygget, presentert i Figur 2.

OPPSUMMERING	AREAL Grunnflate*	AREAL Bygg
1. KAI FUNDAMENT INKL. INTERN LOGISTIKK BYGG	95000m <sup>2</sup>	
2. TERMINALER NORD OG SØR CRUISE + HURTIGBÅT		35000m <sup>2</sup>
3. OFFENTLIG TILGJENGELIGE Plasser inkl. TAK	55000m <sup>2</sup> *	
4. KOMMERSIELL VIRKSOMHET		46000m <sup>2</sup>
5. FORSKNING OG AKADEMI + KONFERANSE		31000m <sup>2</sup>
6. HOTELL 600 ROM + KONFERANSE OG TRENING		33000m <sup>2</sup>
7. KONTOR OG ANNEN FORRETNINGSDRIFT		45000m <sup>2</sup>
		
TOTALT FORDELT PÅ GRUNNFLATE* OG BYGG MAKSIMALT OPP TIL:	150000m <sup>2</sup>	190000m <sup>2</sup>

Figur 2 – Prinsipielt romprogram presentert i visjonsrapport for Kildn.

#### Netto energibehov bygningsmasse

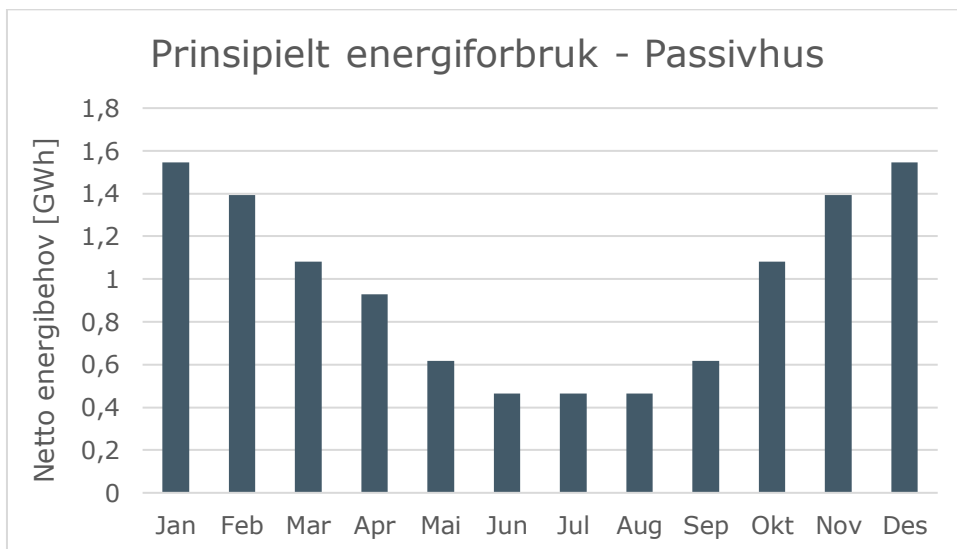
Basert på areal (155 000 m<sup>2</sup>) og bygningskategori (Punkt 4 – 7 i Figur 2) er energibehovet til bygningskroppen estimert ut ifra aktuelle standarder og erfaringstall fra energiambisiøse byggeprosjekter fra Powerhouse og Futurebuilt. Estimert årlig energibehov er vist i Figur 3.



Figur 3 – Estimert årlig energibehov for aktuelle energiambisjonsnivå for hovedbygget ved Kildn<sup>4567</sup>.

Årlig netto energibehov spenner fra 3,9 – 22,6 GWh avhengig av energiambisjonsnivå.

Figur 4 viser et estimat på energiforbruk per måned, med utgangspunkt i at energibehovet for bygningsmassen følger passivhusstandard fra Figur 3. Energiforbruket er typisk høyest i vintermånedene, når det er behov for oppvarming.



Figur 4 – Prinsipielt energiforbruk per måned basert på typisk bruksmønster for kontorbygg<sup>8</sup>, forutsatt årlig energibehov iht. passivhusstandard.

Ettersom bygningsmassen på Kildn består av ulike bygningskategorier, vil energibehovet over året kunne avvike fra estimatet i Figur 4. Eksempelvis vil et hotellbygg ha større kjølebehov om

<sup>4</sup> Futurebuilt - <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#>

<sup>5</sup> Powerhouse - <https://www.powerhouse.no/prosjekter/>

<sup>6</sup> NS 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygg Yrkesbygninger

<sup>7</sup> Byggteknisk forskrift (TEK17) - <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>

<sup>8</sup> Varmeløsninger og deres dekningsgrader – Lavenergiprogrammet

sommeren enn et kontorbygg med redusert arbeidsbelastning i sommermånedene. Dersom dette kjølebehovet kan dekkes med frikjøling fra sjøvannsvarmepumpe, vil derimot *levert kraft* til bygningsmassen ikke nødvendigvis avvike så mye fra trenden vist i Figur 4.

Skal Kildn innfri sin visjon om nullutslipp, er prosjektet avhengig av å redusere bygningsmassens energibehov så mye som mulig. Basert på tallene i Figur 3 vil det årlige energibehovet til bygningsmassen kunne halveres dersom det besluttes å bygge iht. passivhusstandard fremfor TEK17. Det stiller igjen krav til bl.a. følgende:

- > Lave U-verdier (godt isolert) på bygningskomponenter som tak, vegger, gulv og vinduer
- > Lavt lekkasjetall og normalisert kuldebroverdi
- > Energieffektiv belysning

Bygningskroppen og solskjerming bør utformes slik at solinnstråling bidrar til å dekke oppvarmingsbehovet om vinteren, men samtidig ikke fører til overoppheting og høyt kjølebehov på sommerstid. En tett og energieffektiv bygningskropp vil være spesielt utsatt for overoppheting om sommeren, så dette bør planlegges i tidlig fase.

For videre beregninger og vurderinger er det antatt at hovedbygget ved Kildn har passiv oppvarming og isolerende egenskaper som beskrevet over, slik at bygget har energibehov tilsvarende BREEAM Outstanding – 3,9 GWh per år. Videre er det beregnet at forbruket fordeler seg som følger:

- > Elektrisitet: 2,3 GWh
- > Oppvarming: 0,9 GWh
- > Kjøling: 0,7 GWh

Det skal presiseres at for å oppnå BREEAM Outstanding så må dette planlegges fra tidlig fase av byggeprosjektet, og vil ha en markant høyere kostnad sammenliknet med tradisjonelle byggeprosjekt som innfrir minimumskrav i TEK17. Dette er derimot mange byggeprosjekter som inkluderer BREEAM som en del av prosjektet, så en del aktører i bransjen har god erfaring med slike prosjekter i dag.

### Effektbehov i bygningsmassen

Med utgangspunkt i veiledende verdier fra NS 3701 er et det beregnet maks effektbehov på utstyr for sommer- og vinterstid for bygningsmassene:

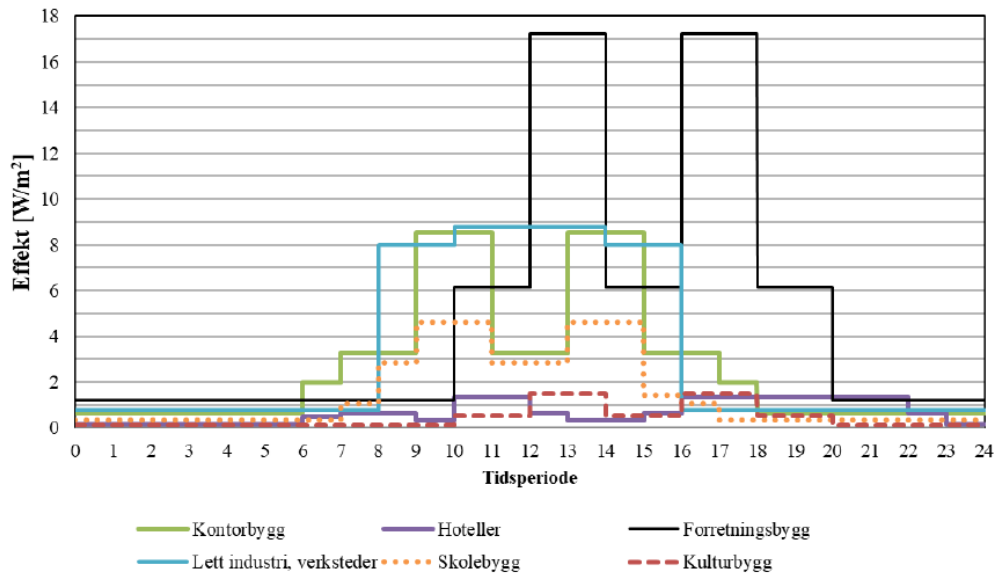
	Sommer	Vinter
Effektbehov teknisk utstyr og belysning	0,8 MW	0,8 MW
Effektbehov kjøling*	2,9 MW	-
Effektbehov oppvarming*	-	3,6 MW
<b>Totalt maks. effektbehov</b>	<b>3,7 MW</b>	<b>4,4 MW</b>

Tabell 1 – Maks. effektbehov til teknisk utstyr, belysning, oppvarming og kjøling på sommer- og vinterstid<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Kriterier for passivhus og lavenergibygg Yrkesbygninger – Prosjektrapport 42 2009 - <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb-prapp-42.pdf>

\*Effektbehov kjøling og oppvarming inkluderer effektbehov til vifter, basert på minste tillatte luftmengde i passivhusstandard.

Effektbehovet i løpet av døgnet vil variere for de ulike bygningskategoriene. Figur 5 og Figur 6 viser variasjonen i effektbehov til teknisk utstyr og varmtvann gjennom døgnet<sup>10</sup>.



Figur 5 – Døgnvariasjon effektbehov til teknisk utstyr for ulike bygningskategorier.

<sup>10</sup> SN-NSPEK 3031:2020 – Bygningers energiytelse Beregning av energibehov og energiforsyning  
Kilder: Herman Andersen og referanseprosjekter på FutureBuilt sine nettsider. Powerhouse sine nettsider.

FutureBuilt - <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#>

Powerhouse - <https://www.powerhouse.no/prosjekter/>

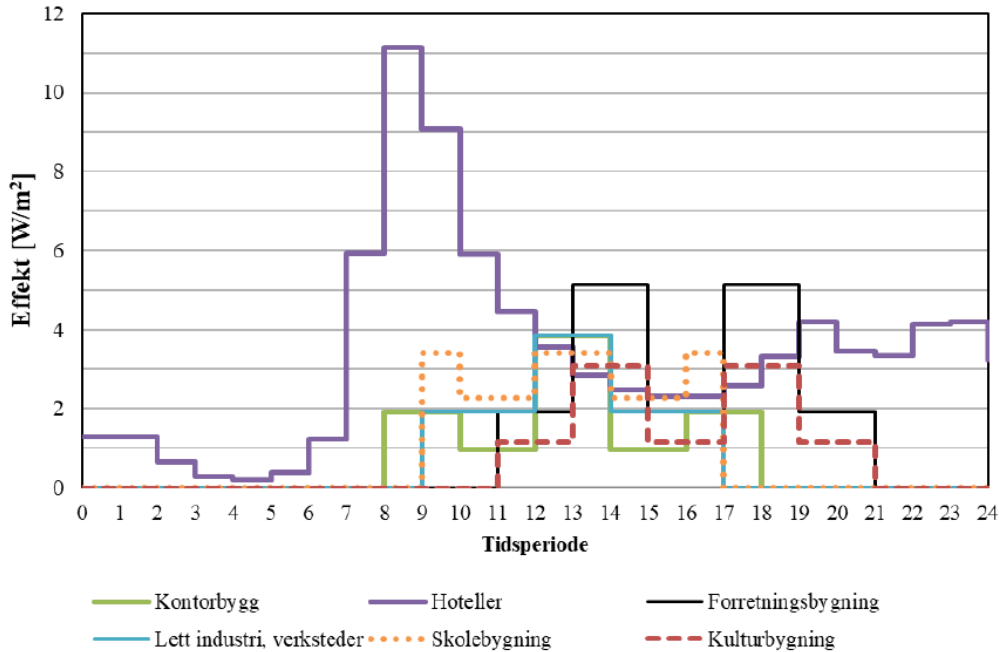
NS3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygg Yrkesbygninger

Byggteknisk forskrift (TEK17) - <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>

Kriterier for passivhus og lavenergibygg Yrkesbygninger – Prosjektrapport 42 2009 -

<https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb-prapp-42.pdf>





Figur 6 – Døgnvariasjon effektbehov til varmtvann for ulike bygningskategorier.

Bygningskategoriene forretningsbygg og hotell skiller seg ut med spesielt høye effektbehov for hhv. teknisk utstyr og varmtvann.

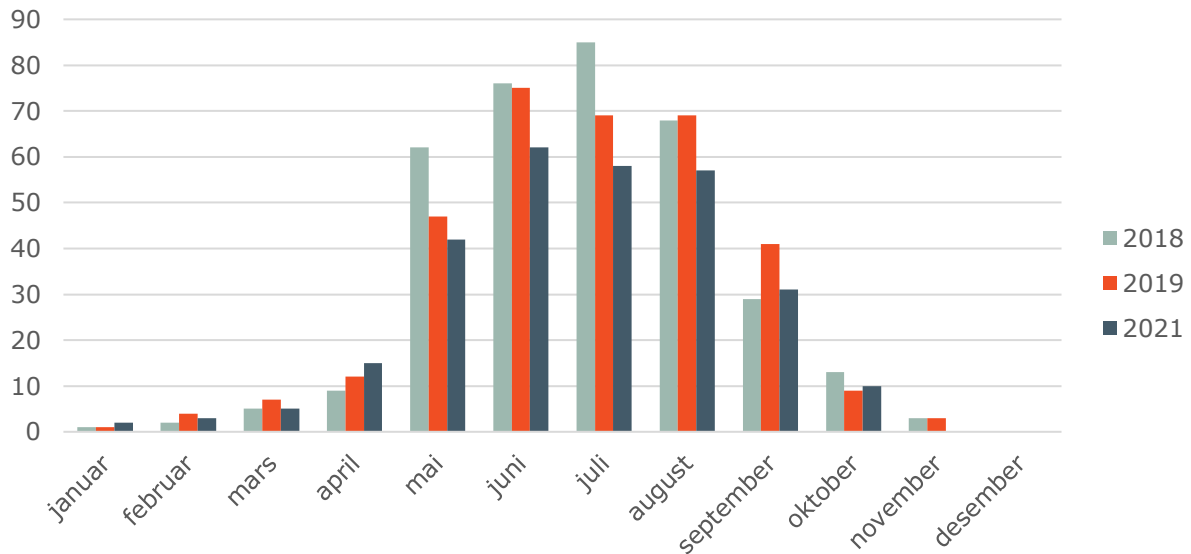
Generelt vil hotell ha lengre og mer kontinuerlig driftstid enn både kontor- og forretningsbygg. Kontor og forretningsbygg driftes til en viss grad i motfase, der kontorbygg har mest belastning innenfor normal arbeidstid (kl. 8-17), mens forretningsbygg har mest aktivitet på ettermiddag/kveld (kl. 17-21). Energisystemet på Kildn bør designes for å utnytte slike forskjeller i bruksmønster og driftstid, f.eks. slik at et område med overskuddsvarme kan forsyne oppvarmingsbehovet et annet sted i bygget.

## 4.2 Cruisebåter

Kildn skal utvikles som en snuhavn for cruiseskip. Cruiseskip kommer i flere størrelser og kraftbehovet vil variere med det enkelte skip. De internasjonale standardene IEC 80005-3 (lavspent) og IEC 80005-1<sup>11</sup> (høyspent) er mye brukt for å sikre grensesnittet mellom skip og land. For større skip som cruiseskip er høyspentstandarden mest relevant, standarden dekker effektbehov opp til 20 MW pr. tilknytningspunkt. Tall fra Bergen havn<sup>12</sup> viser at det er cruisetrafikk stort sett hele året, med en klar overvekt av anløp i sommermånedene mai, juni, juli og august. 2021 sesongen er nok noe påvirket av Covid-19 situasjonen i 2020 og det er p.t. bare innmeldt 271 anløp, mot 329 i 2019 og 344 i 2018.

<sup>11</sup> Standarder for landstrøm. [https://www.nek.no/wp-content/uploads/2018/05/7-12.10\\_Landstromstandarder-IEC-mal-04-2018-rev2\\_Thomas\\_h%C3%B8ven.pdf](https://www.nek.no/wp-content/uploads/2018/05/7-12.10_Landstromstandarder-IEC-mal-04-2018-rev2_Thomas_h%C3%B8ven.pdf)

<sup>12</sup> Anløpsliste ved Bergen havn <https://bergenhavn.no/cruise/anlopsliste-cruise/>



Figur 7 – Antall cruiseanløp for 2018, 2019 og meldte anløp for 2021 ved Bergen havn.

### Effektbehov

Ved Kildn er det ønske om å tilby 3 landstrømpunkter til cruiseskip og IEC 80005-1 gir en maksimalytelse på  $3 \times 20 \text{ MW} = 60 \text{ MW}$ , det er imidlertid ikke kjent i detalj hvordan det enkelte skip og fordelingen av skip vil påvirke effektuttaket. Som referanse viser en studie fra danskehavne.dk<sup>13</sup> til 40 MW som installert ytelse som de antar vil kunne forsyne 3 skip med ulikt kraftbehov. Dimensjoneringen tilrettelegger for maksimalt 20 MW pr. skip, men også maksimalt 40 MW for alle 3 skip. Dette krever en oppfølging i driften for å sikre at totalytelsen ikke overskrider maksimaluttaket. Anløpsdata viser også at det er flere cruiseskip som velger å ligge til havn over natten, gjerne flere på samme tid, dette kan gi et betydelig effektbehov også gjennom natten.

Installert landstrømytelse kan være i området 40-60 MW, med brukstid konsentrert rundt sommermånedene.

### Energibehov

Energien skipene trenger, er en funksjon av effekt, liggetid og samtidighetsfaktor for de elektriske lastene om bord i skipene. Ved å studere Bergen havn sine anløpslister, finner man en gjennomsnittlig liggetid til havn på 13 timer. Det er verdt å merke seg at enkelte skip fra Viking Ocean Cruise har hjemmehavn i Bergen og gjerne har flere døgn liggetid. Medianen på 9 timer representerer nok i større grad "dagsturister". Energiforsyningen må allikevel legge til rette for at enkelte skip vil ønske å ligge til kai over natten eller flere døgn.

Energibehovet over et døgn i høysesong med 3 skip á 9 t vil være mellom 270 MWh – 540 MWh. Dette er et spenn mellom  $3 \times 10 \text{ MW}$  og  $3 \times 20 \text{ MW}$  effektbelastning. Hvis enkelte skip ligger utover 9t øker energimengden.

<sup>13</sup> <https://www.danskehavne.dk/wp-content/uploads/2015/12/GP-CMP-Shoreside-Report.pdf>

Med 9 timer liggetid og 270-390 årlige anløp som forutsetning, blir energibehovet over året i området 24,3 GWh til 70,2 GWh. Bedre kjennskap til forbruksprofil vil sannsynligvis gi et spenn som er noe lavere i begge ender av utfallsrommet.

Mer kunnskap om de enkelte skips effektbehov kan øke detaljnivået på effekt og energibehov vesentlig. Videre arbeid bør inkludere dialog med cruisereederier både med tanke på økt kunnskap om effektbehov, men også tanker rundt hastighet på omlegging til alternativet grønne energibærere i skipene.

### 4.3 Hurtigbåter

I rapport utarbeidet av Rambøll for Sogn og Fjordane fylkeskommune<sup>14</sup> er det beskrevet forslag til infrastruktur på land i flere havner som Bergen, for blant annet ekspressbåtrutene (hurtigbåt) som er aktuelle ved Kildn. I rapporten kommer det klart frem at maksimal ladeeffekt for batterielektriske hurtigbåter i Bergen vil være ca. 1,3 MW, hvor maksimalt energiuttak per lading er ca. 3,1 MWh. Årlig energibehov for lading av ekspressbåtene er oppgitt i rapporten til ca. 3,9 GWh.

For elektriske hurtigbåter som benytter hydrogen som energibærer, vil det være behov for opptil ca. 1,6 tonn per dag, som vil tilsvare ca. 600 tonn per år. Maksimal påfylling per gang vil være 515 kg.

Energibehov som skissert over fra Rambølls beregninger avhenger selvsagt i stor grad av hvilke båttype (spesielt utforming av skrog) som benyttes og båtens gangfart. For batterielektriske båter er det sagt at det må benyttes et mer avansert skrog kalt Flying Foil får å oppfylle problemstillinger tilknyttet logistikk (batteristørrelse om bord og ladetid). For hydrogenbåter er det oppgitt største behov for bunkring, det vil si for skrog type Katamaran, men behovet vil være lavere for typen Flying Foil.

### 4.4 Blå bybane

Blå bybane<sup>15</sup> er initiert av en rekke aktører i Bergen og har som hensikt å etablere et godt kollektivtilbud på vann i områder der det er krevende å få et godt kollektivtilbud på land. Dette vil også kunne støtte opp om fortetting og utbygginger i nye bydeler i Bergensområdet. For Kildn vil det være en god mulighet til å transportere cruiseturister til sentrum og andre områder i Bergen.

Tanken er at fartøyene skal være elektriske og batteridrevne og på sikt kan det være en målsetning at båtene er autonome. Ifølge beregninger utført av Tor Vigar Kittang i Fjord 1, kan det være aktuelt med fire fartøy og avganger hvert 15. minutt fra kl. 0530-2200. I kundegrunnlaget undersøkt av Fjord 1 er det ikke tatt hensyn til cruiseturister fra Kildn. Ladebehovet for den blåbybanen er avhengig av størrelse, frekvens og valg av fartøy, dette er under utredning og per nå usikkert.

---

<sup>14</sup> Utredning av energibruk, infrastruktur, evaluering og kostnad for båtruter. Rambøll desember 2019.

<sup>15</sup> <https://www.skipsrevyen.no/article/bergen-vil-ha-blaa-bybane/>

### Antakelse for Blå bybane

For å kunne frakte et høyt antall turister fra Kildn og inn til Bergen, eller andre severdigheter vil det være behov for fartøy med høy kapasitet. Dette er sett opp mot fergetilbudet mellom Aker brygge og Nesodden i Oslo. Ruten betjenes av tre ferger som hver har kapasitet til 600 passasjerer. Ladeinfrastrukturen på land består av to ladere på 2 MW hver, og batterikapasiteten om bord i fergene er ca. 2 MWh. Under drift kjører fergene to turer per lading. Siden turen er noe lengre for Bergen-Kildn (30 min i stedet for 20 min for Aker brygge-Nesodden), kan det tenkes at ferger må lades hver tur, men da eventuelt kortere tid, eller med lavere effekt.

For andre båtkonsepter er det laget en konseptutredning av Asplan Viak i fjor<sup>16</sup>, som tar for seg kundegrunnlag og båtkonsept for ny båt rute i Bergen, men her er ikke Kildn involvert. Gjennom Kildn-prosjektet vil det være andre aktiviteter som kartlegger transportlogistikk for hvordan man etablerer tilfredsstillende transportalternativer mellom Bergen og Kildn.

## 4.5 Framtidens fartøy

### Pågående prosjekter

Det er en stor pågående utvikling for drivstoff for fartøy. Fra 2021 skal fergesambandet Hjelmeland-Nesvik-Skipavik driftes med ferge fra Norled som skal gå minst halve tiden på hydrogen. Per nå er det ikke tatt i bruk noen brenselceller i maritime miljøer med så høy effekt<sup>17</sup>. Fergen skal ha nok batterikapasitet til helelektrisk drift. Det skal også bygges en hydrogenferge som skal betjene Bodø-Moskenes innen 2024 som er Norges lengste fergestrekning, hvor anbud ikke er lyst ut enda.

Kystruten har laget plass til brenselceller og hydrogentanker på de fire nye kystruteskipene sine<sup>18</sup>. Det jobbes også med bruk av brenselceller i cruisebåter, cruise gigantene Carnival skal installere en brenselcelle om bord på et av sine Aida-skip<sup>19</sup>. Denne vil riktignok ha en begrenset effekt (300kW) og vil gå på metanol.

Rederiet Eidesvik vil bygge om forsyningsskipet Viking Energy til å bli verdens først utslippsfrie offshoreskip. Det skal installeres en ammoniakkdrevet brenselcelle som skal gi 2MW<sup>20</sup>. Prototech skal stå for utvikling og konstruksjon, og systemet skal installeres i slutten av 2023.

Equinor sammen med en rekke andre energiselskaper har som målsetning å bygge en hydrogenfabrikk på Mongstad. Fabrikken skal produsere flytende hydrogen myntet på skipsfart langs norskekysten. Rederiet Wilhelmsen vil bygge to lasteskip som skal gå i fast rute mellom Mongstad og Stavanger med hydrogen og godstrafikk<sup>21</sup>.

### Framtidens ladebehov i havner

I henhold til DNV GL Energy transition outlook 2020, vil det skje en dramatisk endring i

---

<sup>16</sup> Asplan Viak. Bybåten -Kundegrunnlag og konsept for ny båt rute sentralt i Bergen.

<sup>17</sup> <https://www.tu.no/artikler/norled-bygger-verdens-forste-hydrogen-ferge/452526>

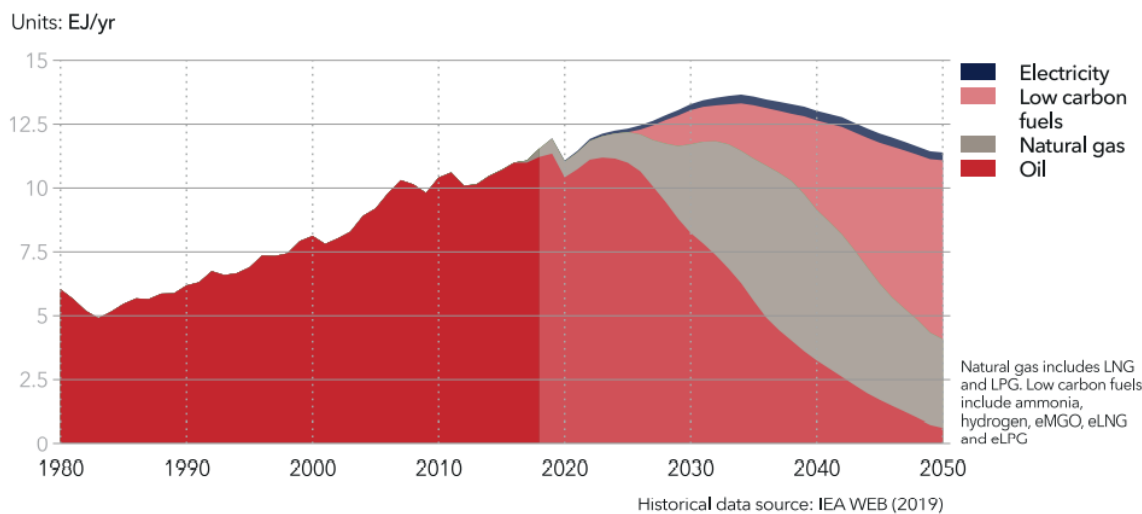
<sup>18</sup> <https://www.tu.no/artikler/havila-kystruten-gjor-klar-for-hydrogen-og-brenselceller-selv-om-teknologien-ikke-er-moden-til-a-tas-i-bruk/447579?key=CY5iQgzy>

<sup>19</sup> <https://www.tu.no/artikler/verdens-storste-cruiseskipsoperator-tester-brenselcelle-for-cruiseskip/440559>

<sup>20</sup> <https://www.skipsrevyen.no/article/viking-energy-bli-foerste-skip-paa-ammoniakk/>

<sup>21</sup> <https://www.tu.no/artikler/norled-bygger-verdens-forste-hydrogen-ferge/452526>

drivstoffbruk i den maritime næringen. Det vil bli en kraftig dreining mot lavkarbon-drivstoffer som ammoniakk, hydrogen og andre. Med miljøvennlig valg av drivstoff, vil behovet for landstrøm blir kraftig redusert.



Figur 8 – World maritime subsector energy demand by carrier

### Bunkring av fartøy

Det finnes ingen hurtigbåter, eller cruiseskip som går på hydrogen i dag. Men det er likevel mange konseptutredninger av forskjellige aktører som er lagt til grunn i denne rapporten. En av disse nylig utgitte rapportene er fra GreenSight, som er utarbeidet for Troms og Finnmark fylkeskommune. Her er det utredet konsept for infrastruktur på kai til hurtigbåt som skal betjene ruten Berlevåg-Vadsø-Kirkenes<sup>22</sup>. Denne rapporten er benyttet som grunnlag til å beskrive konsept for bunkring av hydrogen til hurtigbåt ved Kildn.

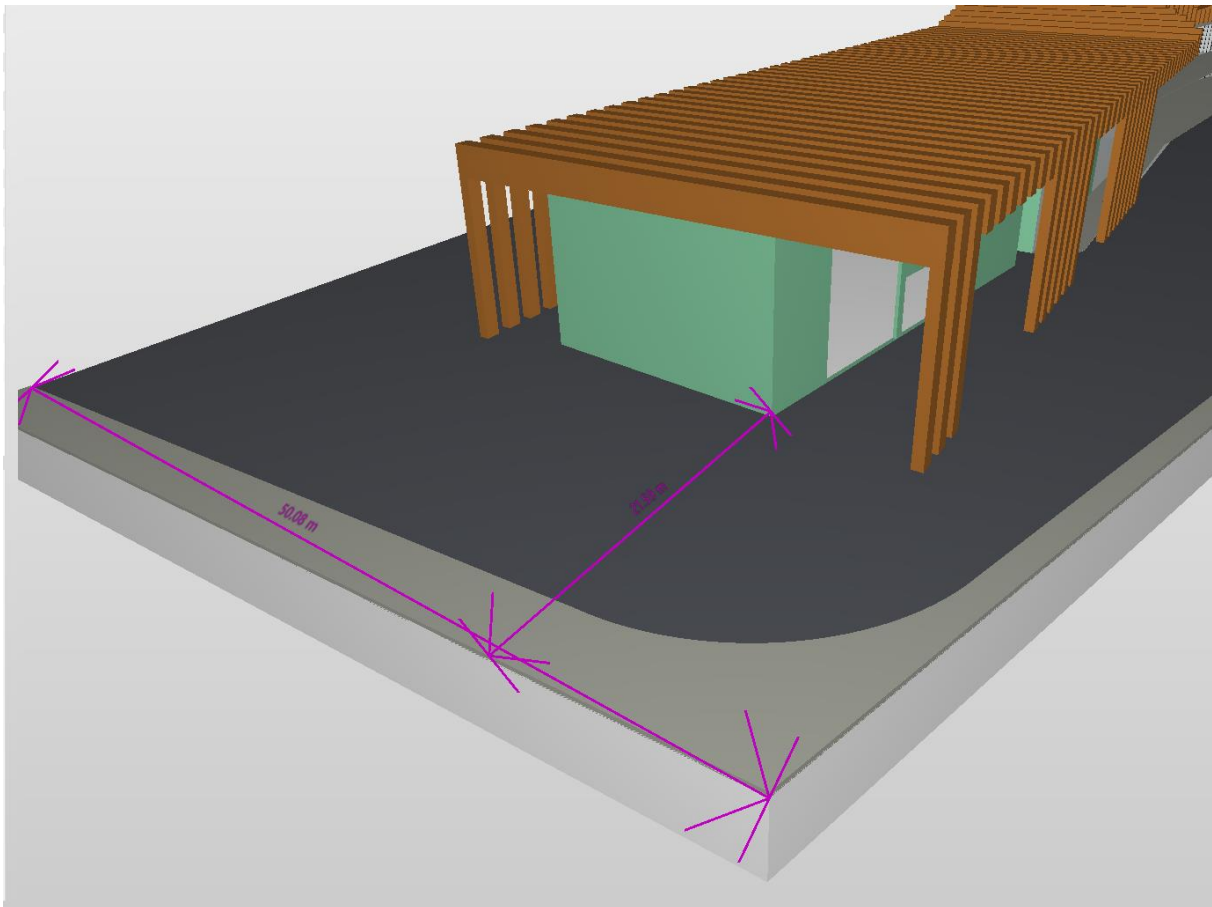
For Kildn vil det ikke være aktuelt med elektrolysør for å produsere hydrogen lokalt, hvis det vil produseres nok hydrogen ved Ågotnes i fremtiden. Da vil hydrogen kunne fraktes rett over fjorden til Kildn for lagring og bunkring av skip og hurtigbåter.

Det er to generelle hovedprinsipp for bunkring, det ene er kaskadebunkring (også kalt direktebunkring), eller kompressorbunkring. Ved direktebunkring har man landbaserte tanker med et mye høyere trykk relativt til lagringstank i båt, slik at strømmen av hydrogengass strømmer kjapt i starten og avtar nær trykket går mot likevekt mellom tank på land og tanken i båten. Dette er den kjappeste måten å bunkre på, men da må tanker på land fraktes tilbake til Ågotnes med relativt mye hydrogen igjen, som vil føre til større transportkostnader. Ved kompressorbunkring benyttes kompressorer til å komprimere gassen fra landbaserte tanker, og inn på tank om bord i båt. På denne måten slipper man spesialtanker på land som må takle (svært) høyt trykk, samt at man slipper halvfulle tanker som må fraktes tilbake til Ågotnes.

GreenSight har i sin rapport anbefalt kompressorbunkring for den ene pilotbåten. Beskrevet løsning består av to kompressorer for redundans to standard 40' ISO kontainer tanker (+ to ekstra til transport som er full, eller tom), bunkringsenhet hvor hydrogen leveres i nedgravde rør til

<sup>22</sup> Infrastruktur for hydrogen på kai – Berlevåg-Vadsø-Kirkenes, GreenSight 2020.

dispenser plassert ved kai. Det skal her nevnes at det er ingen faktiske løsninger for bunkring av hydrogen i dag, men løsningen er kommet frem til i samråd med leverandør av tilsvarende utstyr. Et slikt konsept spenner ut et areal på ca. 250 m<sup>2</sup>, med noe avstand mellom komponenter og plass for lossing av tanker. Det vil være plass til utstyret i seg selv ved enden av hurtigbåt terminalen som indikert i Figur 9, men det er viktig å bemerke at dette er kun for én hurtigbåt, og ikke fire som ekspressbåtrutene driftes med i dag. Det vil heller ikke være tilfredsstillende sikkerhetsavstander til terminalbygget. I GreenSights innledende beregninger har de funnet største radius til indre sone (50 % dødelighet) lik 68 meter under detonasjon ved lekkasjerate på 2 kg/s. I indre sone er det kun tillatt for kortvarig forbi passering for tredjepersoner. Dette kan være f.eks. forbi passerende turstier. Det henvises til rapporten for radius til midtre og ytre sone også.



Figur 9 – Det kan være plass til bunkringsanlegg for hurtigbåt på enden av hurtigbåt terminalen, men avstander må økes som følge av sikkerhetsavstander og ved behov for tanker og kompressorer for flere båter.

For å opprettholde sikkerhetsavstander, må det tas hensyn til eventuell bunkringsløsning i senere prosjekteringsfaser for Kildn, og om det er nødvendig med bunkring av hydrogen eller ikke, kommer i stor grad an på teknologiutvikling og politiske vedtak. Foreløpig har fylkesutvalget i Vestland Fylkeskommune vedtatt å satse på hybride båter i 2024<sup>23</sup>. Hybride fartøy vil i denne

<sup>23</sup> <https://www.vestlandfylke.no/nyheitsarkiv/2020/hybridbatar-mellom-bergen-og-sogn-og-fjordane/>

sammenheng si batterielektriske fartøy med generator om bord for uforutsette hendelser som dårlig vær eller periodiske langdistanser om gange til verft for vedlikehold.

## 4.6 Oppsummering av effekt og strømbehov

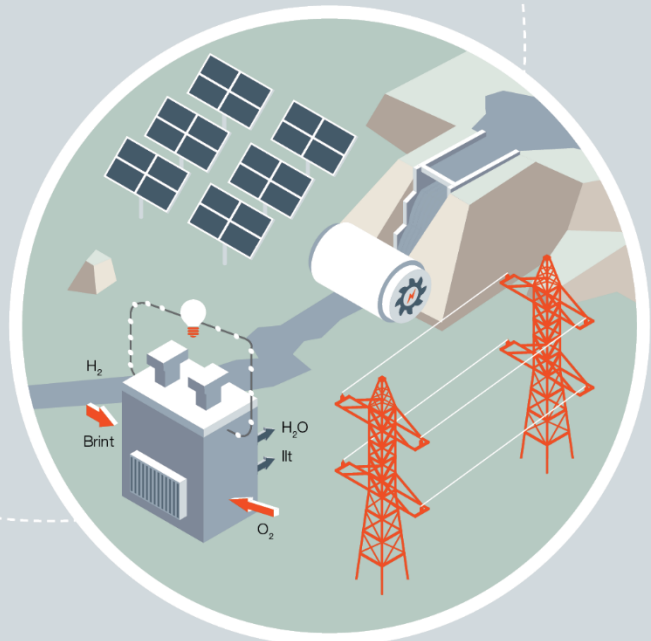
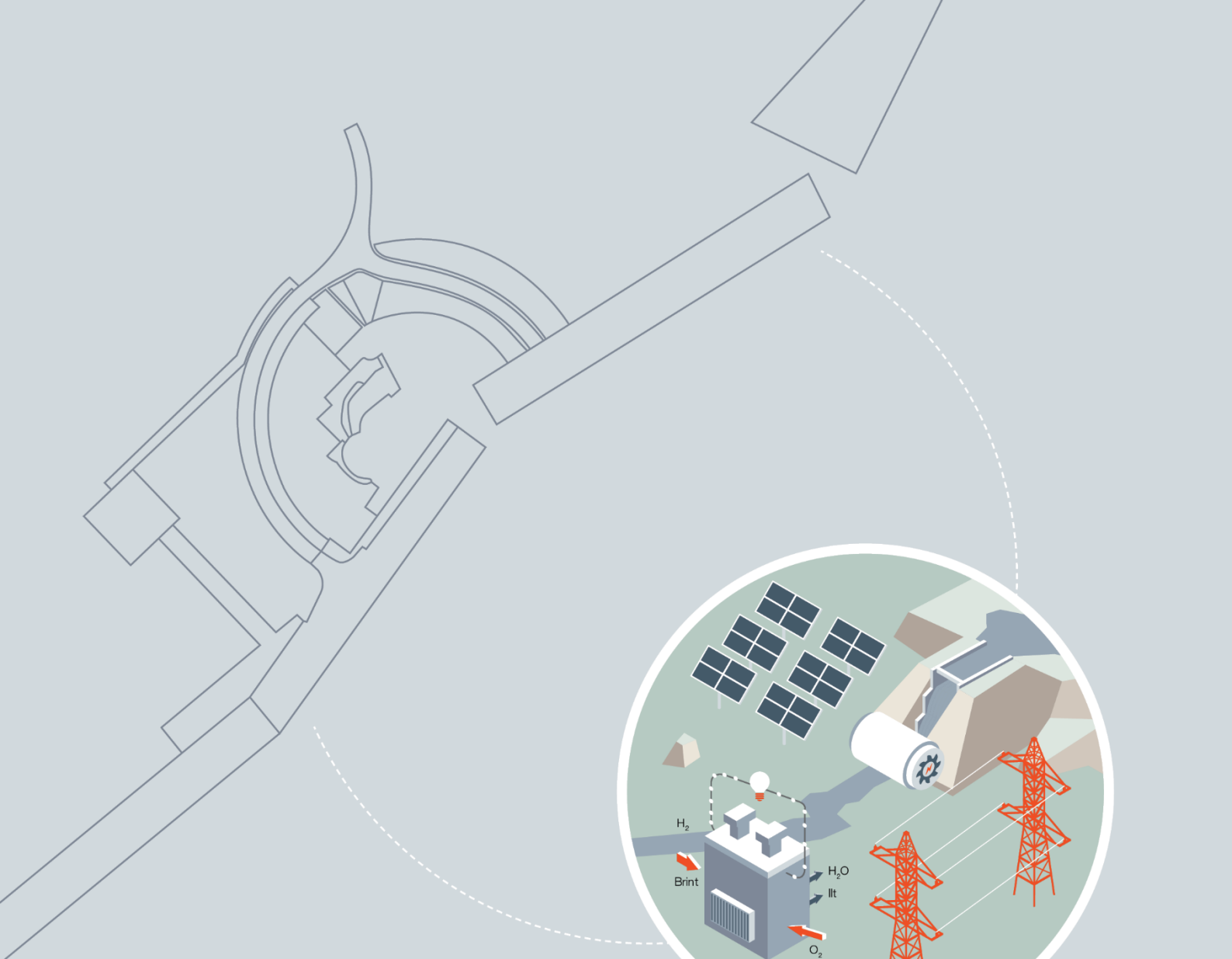
I Tabell 1 er det presentert en oppsummering av et indikert effekt- og strømbehov. Usikkerheten er lavest for verdiene til hovedbygget, da dette er noe COWI og bransjen generelt har gode erfaringstall på. For transport (cruisebåter, hurtigbåter og blå bybane), er det en mye større usikkerhet tilknyttet hver del, hvor faktorer som bidrar til usikkerhet er blant annet:

- > Cruisebåter
  - > Samtidighetsfaktor ved landstrøm
  - > Hybridgrad
  
- > Hurtigbåter
  - > Hybridgrad
  - > Type skrog
  - > Logistikk og bunkringsløsninger
  
- > Blå bybane
  - > Type og antall fartøy
  - > Andre lade/fyllestasjoner enn Kildn (logistikk)

Felles usikkerhet for samtlige fartøystyper er hvilke energibærere de eventuelt skal driftes på og fremtidige løsninger for lading og fylling. F.eks. er det presentert konsepter fra noen leverandører som innebærer batteribytte i fartøy (to batterier per fartøy, hvor ene lades på land – da med lavere effekt over lengre tid), som vil medføre langt lavere ladeeffekt for hurtigbåter.

Tabell 2 – Oppsummering av elektrisk energi og effektbehov ved Kildn.

Strømsluk	Maks effekt (MW)	Strøm per år (GWh/år)
Hovedbygg	4,4	2,3
Cruisebåter	40-60	27 – 50
Hurtigbåter	1,3	4
Blå bybane	4	-
<b>SUM</b>	50 - 70	32 – 100



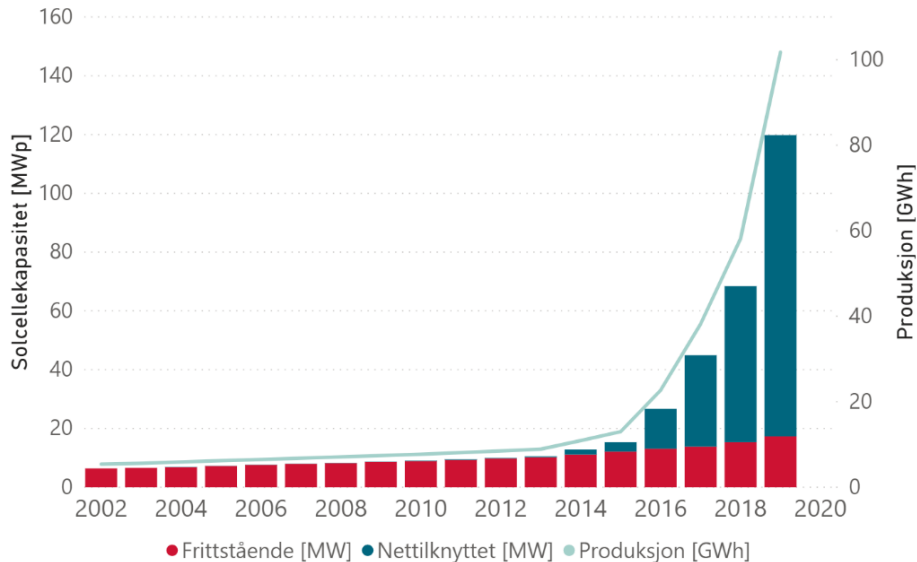
# 5 ENERGIRESSURSER



## 5 Energiressurser

### 5.1 Solcelleløsninger

Solceller er den raskest voksende kraftgenerasjonsteknologien i verden. Fra å kun være attraktivt for hytter uten strømtilførsel, er nå installert solcellekapasitet på vei opp i Norge.



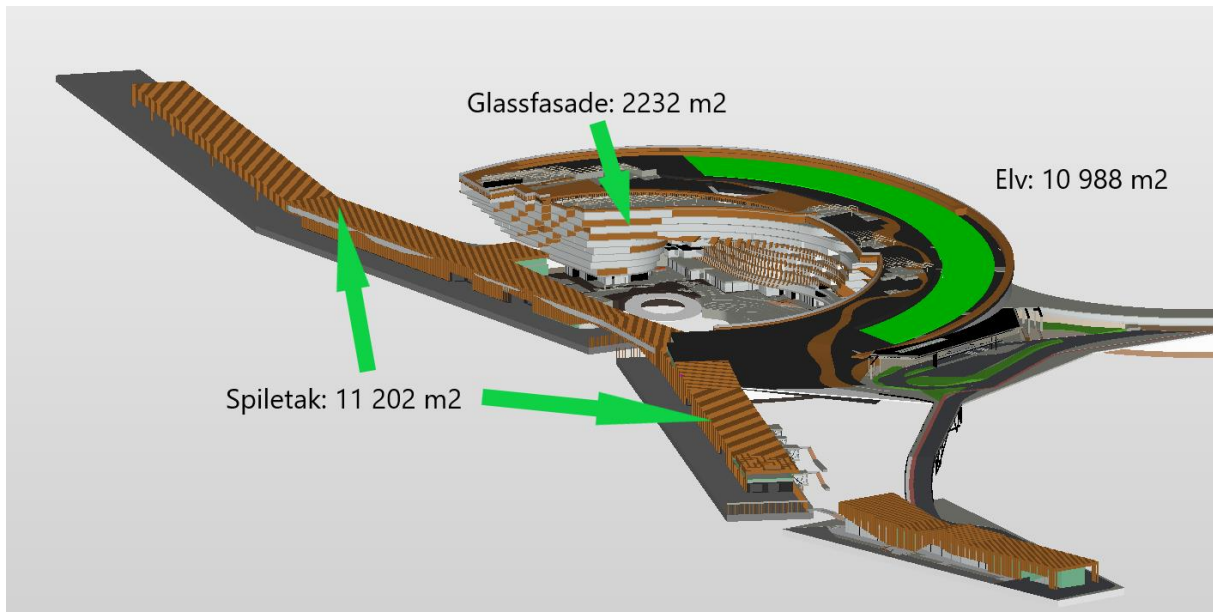
Figur 10 – Installert effekt og produsert energi fra solceller i Norge siden 2002<sup>24</sup>.

Solceller kan installeres på ledig takareal eller integreres i bygningsmassen og dermed erstatte tradisjonelle fasadematerialer. Delvis gjennomsiktige solceller kan benyttes som vindu og på denne måten både produsere solstrøm og skjerme bakenforliggende arealer. Slike solceller er planlagt brukt på det nye barne- og ungdomssjukehuset i Bergen. Ved å gjøre solcellene transparente vil virkningsgraden gå ned, men man får brukt solenergi som ellers ikke ville vært tilgjengelig for strømproduksjon. Arealer på Kildn som anses som aktuelle for solceller, er vist i Figur 12.



Figur 11 – Ved Haukeland sykehus er det integrert transparente solcellepaneler i flere av vinduene. Foto: COWI.

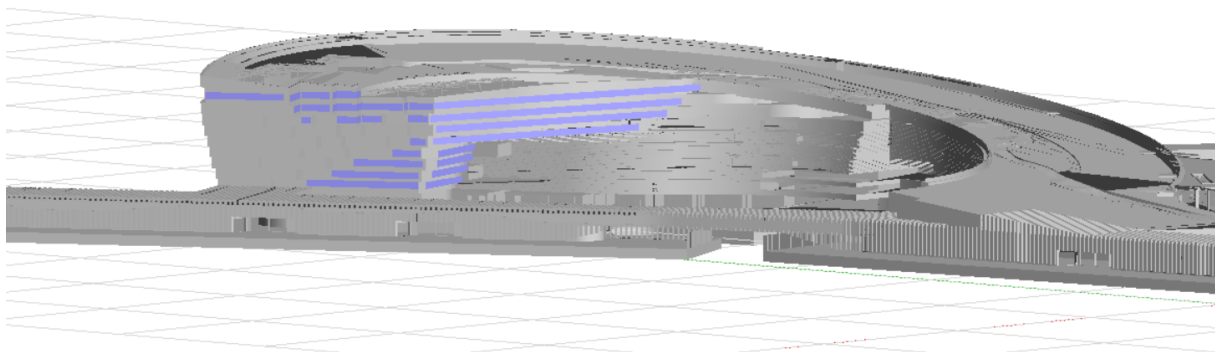
<sup>24</sup> Kilde: [www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/solkraft](http://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/solkraft)



Figur 12 – Aktuelle arealer for solceller på Kildn. Arealene som er oppgitt er solcellemodulareal.

### Solceller integrert i vinduer

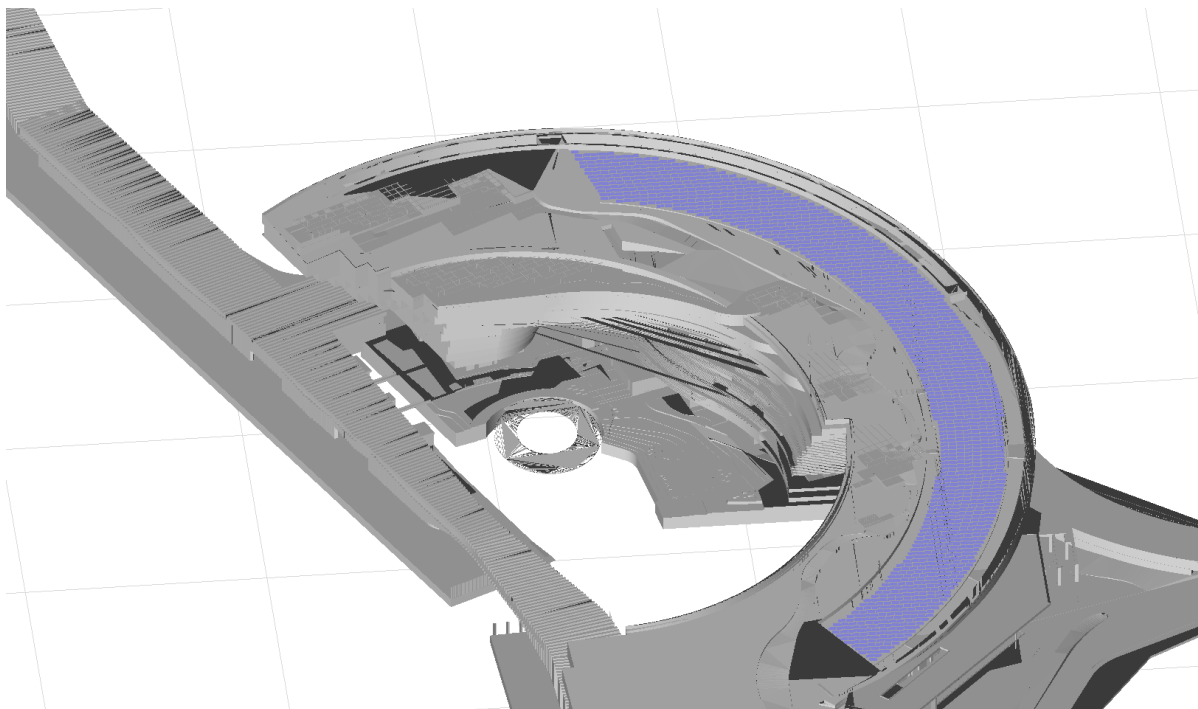
Det vil være mulig å integrere solceller i vinduene på bygget. En slik løsning vil kunne bidra til solavskjerming.



Figur 13 – Fasadeintegreerte transparente solceller simulert i PVsyst.

### Elv av solcellepaneler på taket

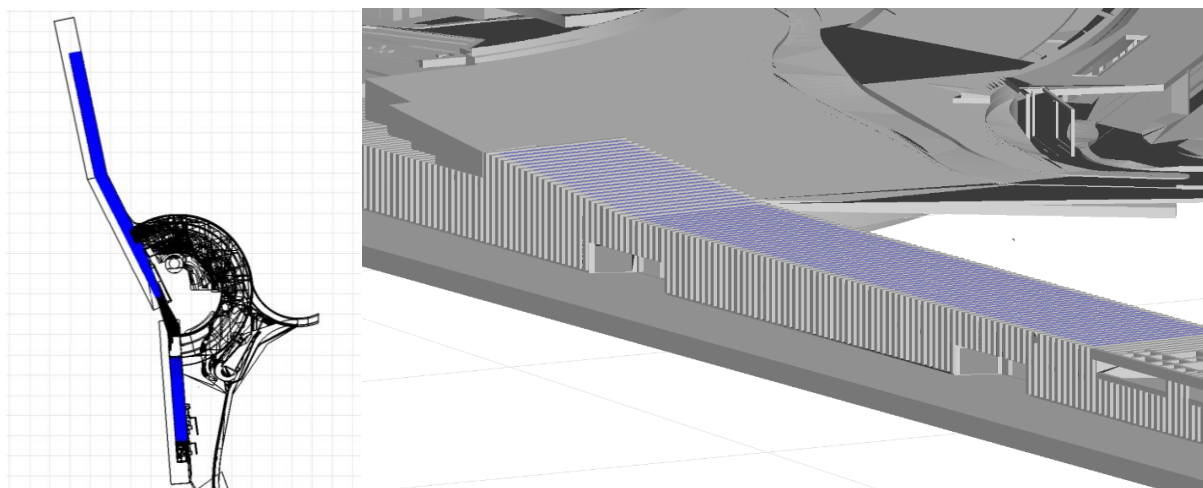
Den sorte elven av solcellepaneler i visjonen omfatter et takareal på rundt 11 000 m<sup>2</sup>. Her er det tenkt installert effektive monokrystallinske solcellepanel (sort) med nominell effekt lik 380 Wp. Dette utgjør samlet en installert effekt på ca. 2,4 MWp.



Figur 14 – Elv av solcellepaneler simulert i PVsyst.

### Spiletak med solcellepanel

Samme solcellepanel som i den sorte elven er analysert på spiletaket langs kaiområdet. Dette utgjør et aktivt solcelleareal på ca. 11 000 m<sup>2</sup> og en installert effekt på ca. 2.4 MWp – altså tilsvarende tilgjengelig areal og dermed kapasitet som elven på taket.

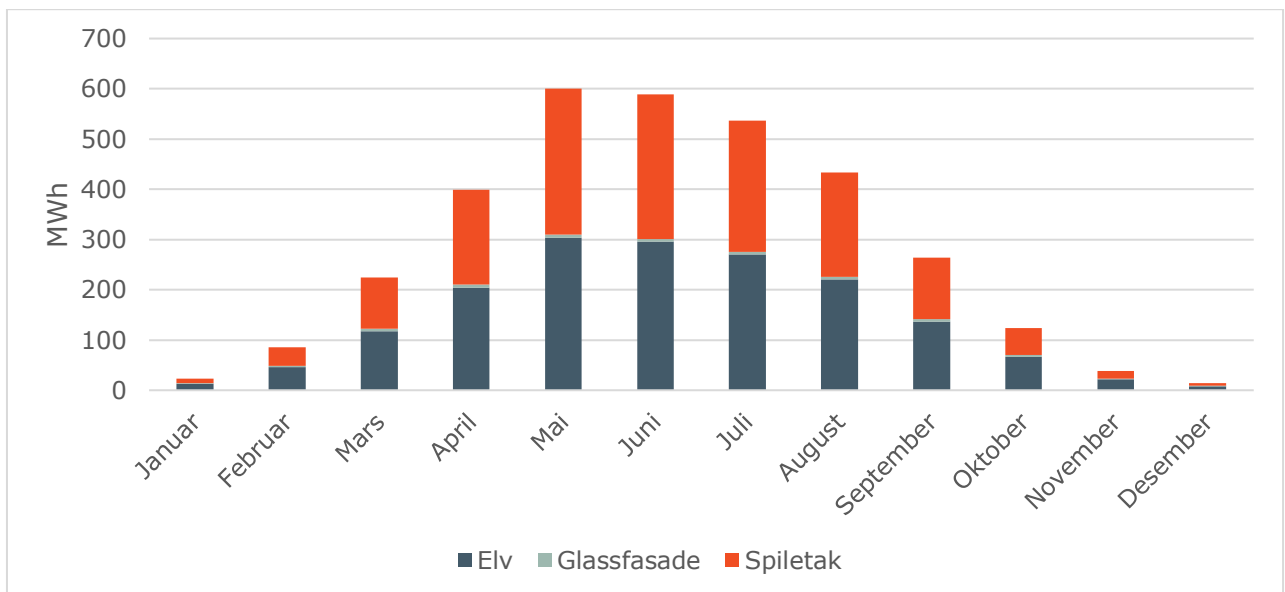


Figur 15 – Modellerte og simulerte solceller på spiletaket langs kaiområdet.

## Total strømproduksjon fra solcelleinstallasjon

Tabell 3 – Paneltype, installert effekt, modulareal og årlig strømproduksjon for de ulike solcellealternativene.

Område	Paneltype	Installert effekt [kWp]	Modulareal [m <sup>2</sup> ]	Årlig produksjon [MWh/år]
Elv	Si-mono	2 390	10 998	1 704
Spiler	Si-mono	2 435	11 202	1 582
Glassfasade	a-Si (Tynnfilm)	113	2 232	48
<b>Totalt</b>		<b>4 938</b>	<b>24 432</b>	<b>3 334</b>



Figur 16 – Solcelleproduksjon over året for de tre aktuelle solcellearealene på Kildn.

## 5.2 Brenselcelle

Brenselceller er i full utvikling og celleenheter med kapasitet i MW klasser en nå til uttesting flere steder i verden. Brenselceller omformer brensel direkte til elektrisk energi og har en effektivitet som er langt bedre enn en forbrenningsmotor, gjerne opp mot 60 % til elektrisk energi og nærmere 80 % for brenselceller hvor man også henter ut overskuddsvarme og kan nytte denne.

Modenhetsnivået til brenselceller øker raskt i Europa, men det kommersielle markedet er ikke fullmodent. I USA og Sør-Korea finnes det imidlertid flere kommersielt tilgjengelige anlegg, for eksempel fuelcellenergy<sup>25</sup> som leverer en 1,4 MW brenselcelle drevet av naturgass. Løsningen kan skaleres gjennom å sette sammen flere brenselceller hvor første celle krever ca. 200 m<sup>2</sup> og ytterligere celler krever 25-30 % mer areal. En annen løsning fra Hydrogenics<sup>26</sup> kan levere

<sup>25</sup> <https://www.fuelcellenergy.com/>

<sup>26</sup> <https://www.hydrogenics.com/hydrogen-products-solutions/fuel-cell-power-systems/stationary-stand-by-power/fuel-cell-megawatt-power-generation-platform/>

1 MW fra et areal tilsvarende 2 stk. 40 fot containere som tilsvarer 60 m<sup>2</sup>, her er rent hydrogen benyttet som drivstoff. Ingen av produktene viser løsninger for lagring av gass.

Det finnes flere teknologivarianter rundt brenselceller som har noe ulike egenskaper og bruksområder. Egenskapene skiller blant annet på oppstartstid, evne til å justere last samt mulighet for å nytte restvarme.

En brenselcelle kan betraktes som en battericelle, bare med åpen (tilført) elektrolytt, dermed får brenselceller tilført energien gjennom en energibærer som hydrogen, ammoniakk eller gasser med hydrokarboner. Drivstoffene kategoriseres gjerne i tre grupper basert på hvordan det er produsert:

- Grønne drivstoff** – 100% fremstilt av fornybare ressurser og energikilder
- Blått drivstoff** – Fremstilt med naturgass som ressurs og bruk av karbonfangst (ca. 90 %)
- Grått drivstoff** – Fremstilt fra naturgass uten karbonfangst

Grønne drivstoff er gjerne produsert med elektrolyse, som bruker kraft fra fornybare energiressurser som gir grunnlag for rent hydrogen, som igjen kan videreføres til ammoniakk eller metan (P2G Power to GAS). Biogass er også karakterisert som "Grønn" og vil i flytende form omtales som LBG.

### Energiegenskaper til ulike drivstoff

Tabell 4 – Energitetthet for utvalgte flytende energibærere

Flytende hydrogen – H <sub>2</sub>	Flytende ammoniakk – NH <sub>3</sub>	Flytende metangass - LBG/P2G
-253 °C	- 33 °C	- 163 °C
2,79 kWh/liter	3,75 kWh/liter	6,43 kWh/liter
33,3 kWh/kg	5,22 kWh/kg	15,30 kWh/kg

Som vist, har brenselceller en elektrisk effektivitet på nærmere 60%, man kan da estimere volum og vekt av hhv. hydrogen, ammoniakk og LBG/P2G ved flere energibehov.

Tabell 5 – Driftstoffbehov ved ulike energibehov

Drivstoffbehov @ 60% elektrisk effektivitet	10 MWh		100 MWh		500 MWh	
<b>Flytende Hydrogen</b>	5 973 l	500 kg	59 737 l	5 005 kg	298 685 l	25 025 kg
<b>Flytende Ammoniakk</b>	4 444 l	3 192 kg	44 444 l	31 928 kg	222 222 l	159 642 kg
<b>Flytende Metangass</b>	2 592 l	1 089 kg	25 920 l	10 893 kg	129 600 l	54 466 kg

For å indikere kravet til logistikkhåndtering, vil en tankbil med flytende hydrogen kunne levere 4 tonn pr. tank tilsvarende 8 MWh produsert elektrisitet. Med bunkringskip vil kapasiteten øke vesentlig.

## Energieffektivitet

Både brenselceller og fremstilling av grønt hydrogen kan komme til å spille en stor rolle i overgangen til et nullutslippssamfunn. Verdikjeden er imidlertid lang, og det vil være tap knyttet til alle ledd som indikert under. Nett-tap er ikke inkludert.

Produksjonsledd	->	Transportledd	->	Utnyttelse	->	Totaleffektivitet (EL)
60-80 %		~95 %		~60 % (EL)		~34-46 %

Med strøm som innsatsfaktor til produksjonen av H<sub>2</sub> eller NH<sub>3</sub>, vil det være rimelig å anta at driftskostnadene knyttet til brenselceller er større eller lik to ganger kraftprisen på fra nettet.

## Kostnadsnivå

Brenselceller i multi-megawatt installasjoner er fortsatt på et utviklingsstadium hvor det er utfordrende å trekke ut konkrete kostnader for anlegg. Det europeiske foretaket FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)<sup>27</sup> har en god oversikt over status for brenselcelleteknologi og utvikling av større enheter på 0,4 – 30 MW. Ved å benytte tallene for anlegg på 60 MW, kan det være fordeler og/eller ulemper som ikke kommer frem. Investeringskostnaden på 2020 nivå er 2 000 – 3 000 EUR/kW med en målsetning om å komme ned til 1 500-2 500 EUR/kW i 2024. Investeringskostnader for et 60 MW anlegg kan da estimeres til mellom 1-1,6 milliarder kroner i 2024.

## Fareelementer

Lagring av brennbare gasser representerer et risikomoment og kan falle inn under "Forskrift om storulykker". Her må videre utredninger gjøres.

## 5.3 Nett-tilknytning

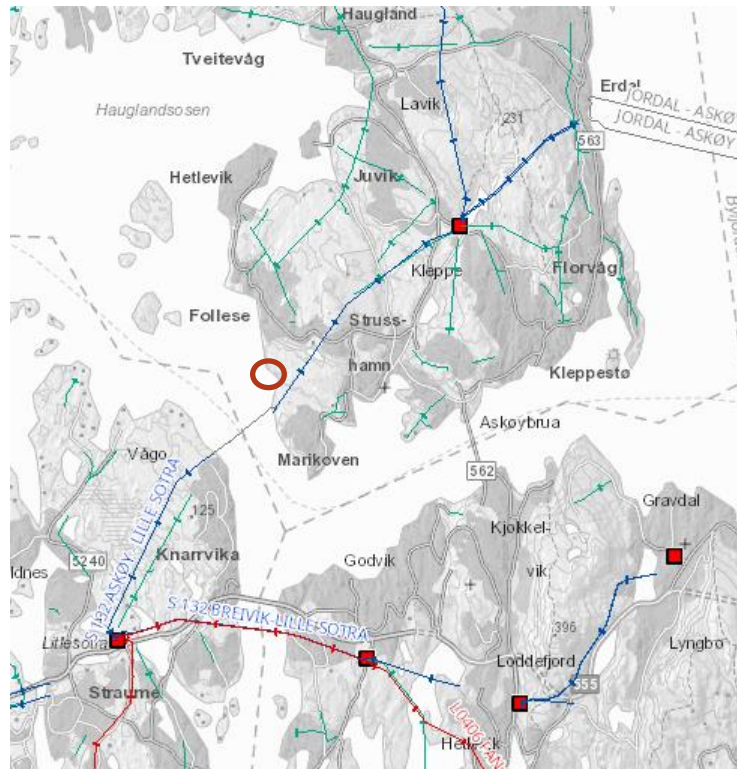
Nett-tilknytning representerer en mulighet for å hente kraft fra det nordiske kraftmarkedet, herunder mulighet for kraftavtaler med opprinnelsesgaranti som sikrer kraft fra fornybare kilder. I Norge har det lokale nettselskapet tilknytningsplikt<sup>28,29</sup> for nytt forbruk. Plikten skal sørge for markedsadgang etter ikke-diskriminerende og objektive tariffer og plikter. Kildn ligger inn under områdekonsesjonen til Norgesnett på Askøy som vil være kontaktpunkt for tilknytning til 11-22 kV distribusjonsnett som kan være aktuelt for effektbehov i området 0-20 MW. Ved behov høyere enn 20 MW vil en regionalnett tilknytning til BKK Nett sitt 132 kV system være mer aktuelt. Som vist i kartutsnittet under, ligger Kildn nær eksisterende nett-infrastruktur, på alle spenningsnivå. Det er imidlertid uklart hvor stor kapasitet dagens nettsystem har.

<sup>27</sup> <https://www.fch.europa.eu/soa-and-targets>

<sup>28</sup> Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (Energiloven)

<sup>29</sup> <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettilknytning/tilknytningsplikt/>





Figur 17 – Utsnitt NVE Temakart. Rødt - Transmisjonsnett, Blått - Regionalnett, Grønt - Distribusjonsnett

Statnett<sup>30</sup> har tidligere i år meldt om svært høy aktivitet i Bergensregionen og utarbeider for tiden en konseptvalgutredning (KVU) for å skissere tiltak for å håndtere veksten. Det må vurderes om Kildn skal opprette dialog med netteier for å inngå i de vurderinger som nå er under utarbeidelse.

### Arealbehov

Ulike nettløsninger vil kreve forskjellig omfang av anleggsmasse. 11-22 kV nettanlegg er normalt det man finner i bydeler og industriområdet som kabelanlegg i veibanen og nettstasjoner/tekniske rom pr. bygg, ca. 16 m<sup>2</sup> pr. 1600 kVA ytelse. For en 132 kV regionalnettløsning legger man imidlertid krafttransformatorene og bryteranlegget nært opp til det punktet hvor kraften skal forbrukes. Skissen under er hentet fra BKK sin konsesjonssøknad<sup>31</sup> for Knarvik stasjon som er utrustet med 2x 31,5 MVA transformatorer, stasjonen har en grunnflate på 500 m<sup>2</sup> og total tomtestørrelse på 2,2 mål. Størrelsen er sammenlignbar med kraftbehovet til Kildn uten omfattende egenproduksjon av kraft til landstrøm.

<sup>30</sup> <https://www.statnett.no/om-statnett/nyheter-og-pressemeldinger/nyhetsarkiv-2020/tilknytning-av-nytt-forbruk-i-bergensregionen/>

<sup>31</sup> <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=7410&type=A-1>



Figur 18 – Kilde BKK/COWI: Omsøkte Knarvik transformatorstasjon, 2x 31,5 MVA

### Nettilknytningsprosess

Rettighetene til nettkunder i Norge er svært gode, men innebærer også en omfattende myndighetsprosess hvis det krever tiltak i regional- eller transmisjonsnettet. De fleste tiltak krever en konsesjonsprosess som skal behandles hos NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) og i noen tilfeller OED (Olje- og energidepartementet). BKK Nett informerer<sup>32</sup> om at konsesjonsprosessen sjeldent tar mindre enn 2 år. Ved behov i anlegg tilhørende Statnett<sup>33</sup> er behandlingsprosessen enda lenger, gjerne 3-10 år avhengig av omfang. En avklaring av omfang av tiltak knyttet til både kostnad og tid forutsetter tidlig og dedikert prosess mot netteiere.

Det vil være viktig for Kildn som prosjekt å starte tilknytningsprosessen tidlig hvis 2026 er målsetning for ferdigstillelse.

### Kostnadsnivå

Kostnadsnivå kan ikke fastsettes før dialog med nettselskap og nettutredninger er utført. Tabellen under indikerer typiske kostnader og fordelinger for ulike nettnivå.

Tabell 6 – Kostnadsnivå for nettilknytning over flere spenningsnivå

Kostnadselement	Kostnad	Andel
60 MVA 132/22 kV transformatorstasjon	50-100 MNOK	50-100 % avhengig av om netteier skal tilknytte andre kunder
Oppgradere sjøkabel til 800mm <sup>2</sup> ca. 1 km	15 MNOK	Fordeling basert på forskuttering og andre brukere ~50 % andel.

<sup>32</sup> <https://nett.bkk.no/artikkel/61a28a53-8756-4259-8b3d-ab93bd1c57fe>

<sup>33</sup> <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/nettkapasitet-til-produksjon-og-forbruk/dette-er-tilknytningsprosessen/>



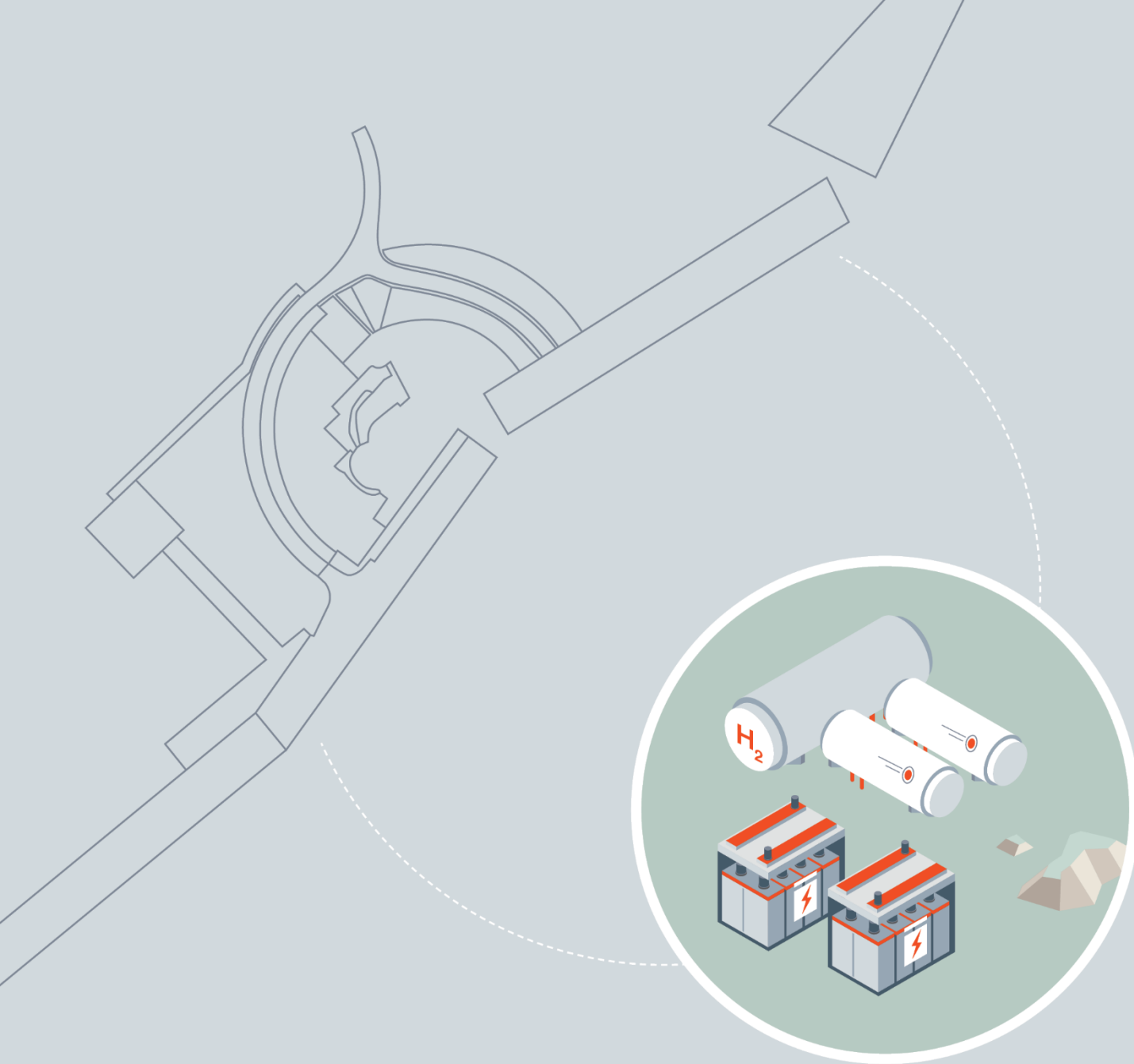
Oppgradere linje til transformatorstasjon, ca. 3 km.	16 MNOK	Fordeling basert på forskuttering og andre brukere ~50 % andel.
Ny transformator på Lillesotra transmisjonsnettstasjon, muligens behov for ny transformatornisje og koblingsfelt.	25-100 MNOK	Fordeling basert på forskuttering og andre brukere. ~15-20 % andel.
<b>Mulig nettkost for Kildn</b>	<b>70 – 135 MNOK</b>	

## 5.4 Oppsummering av distribuerte energiresurser

Det må skilles mellom naturlige lokale ressurser og tilført energi via eksterne energibærere. Av lokale ressurser viser solkraft til et potensiale på 4,9 MWp og nærmere 3,3 GWh årlig produksjon. All energi utover dette nivået må tilføres fra eksterne kilder, hvor brenselceller med LH2 eller NH<sub>3</sub> som energibærer stilles som alternativ til en tradisjonell nettløsning.

Tabell 7 – Oppsummering av distribuerte energiresurser

	Solceller	Brenselceller	Nettløsning
<b>Modenhhet</b>	Kommersielt tilgjengelig	På utviklingsstadiet, kan kommersialiseres mot 2026	Tilgjengelig og velregulert
<b>Effektpotensiale</b>	3,3 MWp	Dimensjoneres etter behov	Dimensjoneres etter behov
<b>Årlig energipotensiale</b>	3 GWh	Dimensjoneres etter behov, begrenset av installert ytelse og lagerkapasitet	Begrenses av installert ytelse
<b>Arealbehov</b>	23 000 m <sup>2</sup>	Ca. 3000-4000 m <sup>2</sup> , bør stå i friluft	Ca. 500-1500 m <sup>2</sup> , transformatorer bør kunne kjøles mot friluft
<b>Logistikk ifm. energibærer</b>	Ingen, varierer med solinnstråling	Drivstoff må tilføres, bunkring via sjø?	Ingen, forsynt via linjenett.
<b>Effektivitet</b>	NA	> 50 % totalvirkningsgrad	Nær 100%
<b>Styrke</b>	Utnytter naturlige stedlige ressurser, sol	Prosess og utbygging kan i større grad styres av Kildn	Ansvar for tilgjengelighet på energi ligger til nettsystemet
<b>Svakhet</b>	Produserer bare når det er sol. Store variasjoner over året	Svak modenhhet	Lang ledetid for nettilknytning



6

# ENERGILAGRINGSLØSNINGER

## 6 Energilagringsløsninger

Energilagring kan spille en avgjørende rolle i et energisamspill hvor balansen mellom tilgjengelig effekt og energi til enhver tid må gå opp. Energilagringsløsninger deles i tre kategorier;

**Energilagring:** Energi lagres ved overskudd for å kunne tappe av ressursen når man har underskudd. Typisk eksempel er solkraft som lader batterier over dager når det er sol, for så å tappes ned på natten når det ikke er sol.

**Topp-avlastning:** Mer kjent som effektutjevning eller "peak shaving", hvor batterier benyttes for å understøtte nett- eller produksjonskapasitet i perioder hvor kraftkilden ikke er dimensjonert for å kunne levere full effekt alene. Dette kan også brukes for å redusere effektledet i nettleien ved ujevnt effektuttak.

**Fleksibilitetsmarkeder:** Ved å utnytte energilagere og styrbare laster kan Kildn melde inn fleksibilitet til f.eks. Statnetts reguleringsmarked (minimum 5 MW), eller fremtidige fleksibilitetsmarkeder for å redusere driftskostnader.

### 6.1 Batteriløsninger

Batteriløsninger ved Kildn kan fungere som buffer mellom distribuert kraftproduksjon som solcelleanlegg, overliggende kraftnett og de store elektriske lastene som elektriske fartøy eller cruiseskip tilkople landstrøm. Et batterisystem kan redusere momentane kortvarige lasttopper som bidrar både til spenningsstabilitet i Kildns tilknytningspunkt til kraftnett, samt redusere driftskostnader som følge av netteierens effekttariff. I dag er effektledet for store forbrukere relativt lavt i BKK (opptil ca. 63 kr/kW/mnd på vinterstid), sammenliknet med andre netteiere som Elvia (opptil ca. 150 kr/kW/mnd på vinterstid). Dermed vil ikke batteriløsning finansieres av reduksjon av driftskostnader som følger av besparelse gjennom effekttariffen, men kan være aktuelt som et alternativ til nettutbygging hvis anleggsbidraget er stort, eller at eventuell nødvendig nettutbygging tar lang tid.

For Kildn vil det være aktuelt med et batterisystem som benytter Li-Ion battericelleteknologi, som er svært moden i dag som følge av mobilindustrien, og nå etter hvert bilindustrien. Blant annet videreutvikler Tesla en type Li-Ion battericelle som skal komme til neste år i sine biler (LFP, som blant annet er tryggere i forhold til brannfare).

Det er mange systemleverandører som leverer Li-Ion-baserte batterisystemer. Utenom transport og elektronikk har slike systemer vært dedikert i stor grad til energilagringssystemer. Men i senere tid er slike systemer benyttet som sikker strømforsyning/UPS, samt gitt mulighet for at flere elektriske anlegg kan koble seg fra nettet i perioder og driftes i øydrift – ofte kalt "microgrid". Slike systemer er ofte modulbaserte. Det vil si at de fleste leverandørene leverer slike systemer med battericellemoduler som plasseres i kabinetter, også har man egne vekselretter/UPS-kabinetter som forsyner elektriske laster for å redusere effekttopper, eller ved eventuelle feil i overliggende nettforsyning.



Figur 19 – Dagens batterisystemer for energilagring består ofte av battericellemoduler i kabinetter, enten frittstående eller integrert i kontainerløsninger for å stå ute (kilde: Schneider Electric).

### Kostnader og areal

Som eksempel vil et system som skal levere 3 MVA effekt og har energikapasitet lik ca. 720 kWh, spenne seg over et areal på ca. 70 m<sup>2</sup>. Dette inkluderer tilkomst til installasjonen.

Bransjekostnaden for et slikt batterisystem ligger i dag i størrelsesorden 10 millioner kroner. I visjonen for Kildn er det indikert et areal i fjell på totalt 10 000 m<sup>2</sup> som er mer enn nok plass for det batterisystem tiltenkt strømbehovet som er indikert. Om man antar at det er nødvendig med 10 slike batterisystemer, vil det kreve et areal på ca. 700 m<sup>2</sup>, koste i størrelsesorden 100 millioner kroner, levere 30 MVA effekt og har ca. 7.2 MWh energikapasitet.

## 6.2 Pumpekraftverk

Et pumpekraftverk er et vannkraftverk som også har muligheten til pumpe vann tilbake til et vannmagasin, vannet representerer da et energilager og fungerer som et batteri, hvor man selv kan velge når man vil utnytte energien. Anlegget trekker med andre ord elektrisk kraft fra nettet eller andre strømkilder og lagrer denne energien til senere bruk som potensiell energi i vannmagasinet. Pumpekraftverk kan utføres på flere måter, i noen tilfeller er det samme turbin som både står for produksjon og pumping, i andre tilfeller er pumpekapasitet og produksjonskapasitet fordelt på dedikerte enheter. For å beregne nødvendig størrelse på vannmagasinet, forutsettes 65m netto fallhøyde fra magasin til turbin. For magasinvolum fastsettes høyden til 10m som indikert i visjonen, men diameteren økes for å oppnå tilstrekkelig volum.

$$P = \eta * \rho * g * Q * H_n$$

P = Effekt i MW

$\eta$  = virkningsgrad satt til 0,9

$\rho$  = tettheten til vann, 1000 kg/m<sup>3</sup>

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Q = slukeevne m<sup>3</sup>/s

Tabell 8 – Vann- mengder og volum ved ulike energimengder

Produksjons effekt @ 65m fall	1 MW / 1 MWh	10 MW / 10 MWh	50 MW / 50 MWh
<b>Slukeevne</b>	1,74 m <sup>3</sup> /s	17,42 m <sup>3</sup> /s	87,12 m <sup>3</sup> /s
<b>Magasinvolum</b>	6 264 m <sup>3</sup>	62 712 m <sup>3</sup>	313 632 m <sup>3</sup>
<b>Magasindiameter</b>	14,1 m	44,7 m	99,9 m

Store dimensjoner for vannmagasinet vil ruve i terrenget og kan komme i konflikt med visjonens terrengetilpassede modell og andre brukere eller naboer til området. Det er dermed sannsynlig at batterisystemer er bedre egnet siden de tar mindre plass, og kan plasseres i fjell som indikert i visjonen.

Det må også gjøres en miljøkartlegging knyttet til et slik type anlegg, en må kontakte kulturminnemyndigheter og gjøre en konsekvensutredning for naturmangfold. Et kjapt søk i ulike databaser knyttet til registrert naturmangfold, kulturminner, georessurser og grunnforurensing samt fiskeridata ga ikke noen umiddelbare uoverkommelige hindringer.

### **Energieffektivitet**

Pumpekraftverk er nær 20% effektive<sup>34</sup> i sum når både pumpe- og produksjonstap er inkludert. Det vil si at det må tilføres en energimengde på 1,2 ganger den energimengden anlegget skal kunne levere ut. Effekten benyttet til pumping vil være en funksjon av tiden man har til rådighet mellom effektuttakene.

### **Rolle i et energisystem**

I Norge utnyttes sesongmessige variasjoner i pris til å flytte vann mellom store magasiner for å lage energi til en periode med høyere pris på kraften, dette gjøres blant annet i Kvilldal pumpekraftverk i Suldal kommune. I land med stort innslag av kjernekraftverk og stor forskjell i døgnprofil på last kan pumpekraftverk utnyttes for å fylle vannmagasin med "overproduksjon" fra kjernekraft om natten, for så å tappe av denne vannressursen gjennom dagen når lasten er høyere, kjernekraftverkene kan da driftes med jevn ytelse gjennom døgnet.

### **Kostnader**

NVE<sup>35</sup> har kostnadsgrunnlag for små og store vannkraftverk som kan benyttes for grovestimat av vannkraftanlegg. For det elektromekaniske utstyret kan det indikeres en kostnad på 2,6 MNOK pr. MW opp til 10 MW. Kostnader knyttet til vannmagasin, vannvei og kraftstasjonsbygning vil kreve et bedre underlag for å kunne estimeres. Jo større vannmengder som ønskes lagret, desto større vil vannmagasinet måtte bli. Dette begrenses oppad av de stedlige forhold.

Prinsipielt er det mulig å bygge "hva som helst". I tillegg til alle miljømessige faktorer, er god økonomi det viktigste suksesskriteriet for et pumpekraftverk. Dette skapes ved at alle kostnader til bygging, drift og vedlikehold må dekkes inn av prisforskjellen på innkjøpt energi til pumping og solgt energi ved produksjon.

## **6.3 Flexibilitet i batterielektriske transportløsninger**

I dag finnes det allerede flere ladeløsninger for elbil som også leverer strøm fra bilen til nettet eller for effektutjevning i tilknytningspunkt. Slike løsninger refereres ofte til som "Vehicle to Grid" (V2G). I dag er det ikke mange elbiler som støtter V2G ladere, men Nissan Leaf er en av dem. Typisk utladeeffekt (tilbake fra bilen) er i teorien opp mot 10 kW for de fleste løsninger i dag. På sikt ser man for seg at den elektriske bilflåten kan bidra i stor grad til stabilitet og fleksibilitet lokalt i nettet, men også regionalt ved implementering av større fleksibilitetsmarkeder.

Det er flere pilotprosjekter som tar inkluderer V2G-løsninger som en essensiell del, spesielt i Norge hvor vi har en svært effektiv overgang til elbiler, som følge av blant annet at elbiler er fritatt for moms. Pilotprosjektene som Elnett 21 og Inspiria Charge Court er prosjekter som er omtalt i populærvitenskapelig litteratur i flere sammenhenger, og disse prosjektene utfordrer også regelverk fra Reguleringsmyndigheten for energi, ved å legge til rette for at elbilister skal få betalt eller gratis lading ved å stille sin bil til disposisjon for utlading også ved behov. Gjennom løsningene som testes i pilotprosjektene, er det selvsagt lagt til rette for at bilen er ferdig oppladet når kunden ønsker dette.

---

<sup>34</sup> [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/233716/350086_FULLTEXT01.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

[xmlui/bitstream/handle/11250/233716/350086\\_FULLTEXT01.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/233716/350086_FULLTEXT01.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

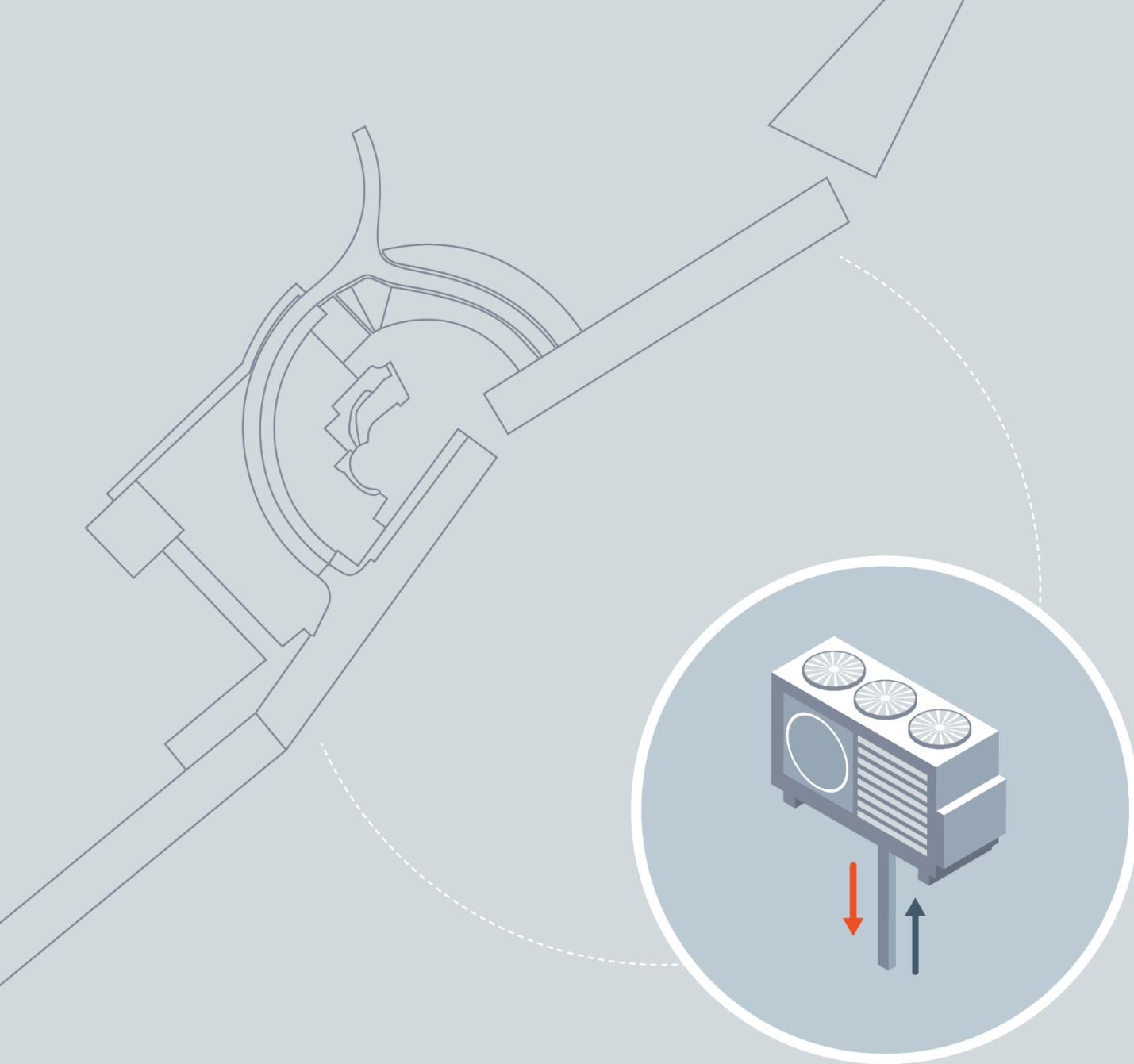
<sup>35</sup> <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/ny-utgave-av-nves-kostnadsgrunnlag-for-vannkraft/>

Fra 2026 blir det forbudt for cruiseskip å seile inn fjorder som er på Unescos verdensarvliste dersom de ikke er nullutslippsfartøy. Dette vil si at cruiseskip som skal inn til f.eks. Geirangerfjorden må driftes på f.eks. batterier. Siden cruiseskip som har behov for landstrøm vil ha delvis batteridrift på sikt, kan man se for seg at også cruiseskip kan bidra til fleksibilitet mot landstrømsanlegg i fremtiden, akkurat som elbilladere i dag.

## 6.4 Sammenligning av energilagringssystemer

Batteriteknologi utvikles raskt og det finnes Li-Ion batterier med energitetthet på nærmere 800 Wh/liter og denne grensen flyttes stadig. Til sammenligning vil et pumpekraftverk med 65 m netto fallhøyde bare ha 0,159 Wh/liter i vannmagasinet. Fra et rent volumetrisk standpunkt, vil kjemisk energilagring i batterier være mest effektivt. En batteriløsning vil også være mer fleksibel i forhold til kraftretning og endringer i korte tidsdomer.

Begge løsninger er kommersielt tilgjengelige, batterier vil være modulbaserte standardvarer som settet sammen til større systemer, på den andre siden vil pumpekraftverk måtte prosjekteres og tilpasses etter lokale forhold og energikriterier.



7

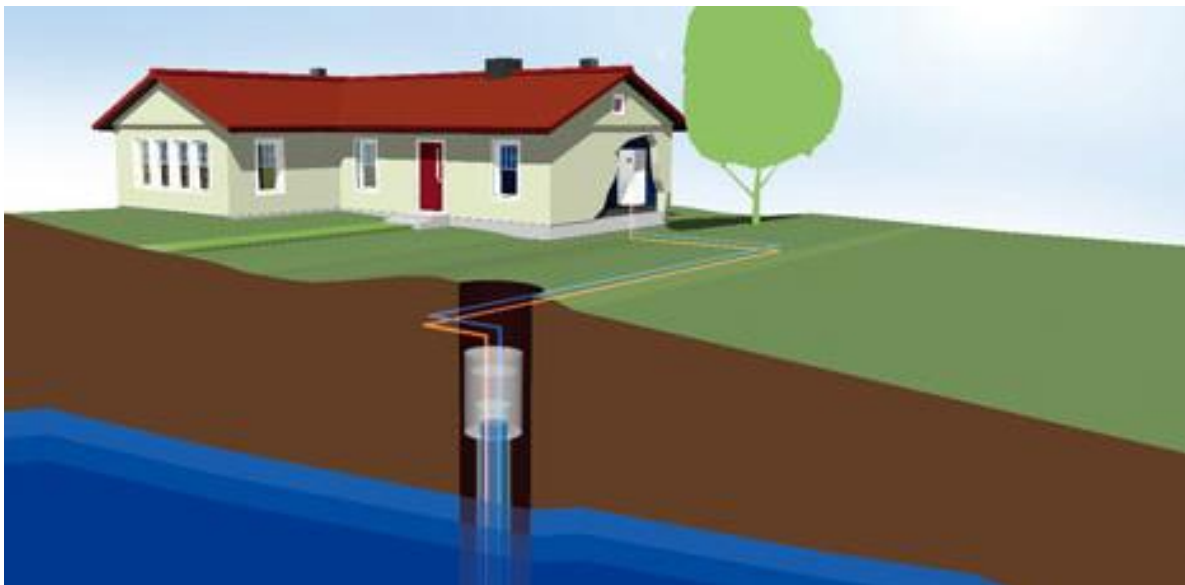
# ENERGIEFFEKTIVISERING TILTAK ENØK

## 7 Energieffektivisering tiltak ENØK

### 7.1 Varmepumpe vann (sjø) til vann (bygg)

Ettersom Kildn ligger ved sjøen, vil det være gode muligheter for å benytte sjøvannsvarmepumper som grunnlast til å dekke både oppvarming- og kjølebehov. Nær havbunnen holder vannet stabilt temperatur på 4-8 °C året rundt. En sjøvannsvarmepumpe utnytter den stabile temperaturen nær havbunnen som varmekilde til et vannbårent oppvarmingsystem om vinteren. Varmefaktoren (COP) for en sjøvannsvarmepumpe er som regler rundt 4-5. En COP lik 5 vil si at per kWh tilført elektrisitet, leverer varmepumpen 5 kWh varme til hovedbygg ved Kildn.

Om sommeren vil det være mulig å veksle varme i hovedbygg direkte mot sjø, uten å bruke varmepumpe som inkluderer blant annet kompressor og kondenser. Ved frikjøling er det dermed kun pumpen i energisentral som må driftes, hvilket fører til meget høy kjølefaktor (COP) for varmepumpen i kjølemodus, typisk opp mot 10-30<sup>36,37,38</sup>. Denne verdien vil i stor grad være avhengig av utforming av anlegget, lokale driftsforhold o.l.



Figur 20 – Prinsippskisse av sjøvannsvarmepumpe med varmesentral<sup>39</sup>..

Sjøvannsvarmepumper egner seg godt for større anlegg med energibehov i MW- og GW-klassen. For Kildn vil det være mulig å benytte sjøvannsvarmepumpe(r) som energikilde i et lokalt energinett. Det vil også være mulig å kombinere med solfangeranlegg for å sikre gunstige temperaturnivåer for oppvarming.

<sup>36</sup> Vurdering av TEK15 mht levert energi. <https://ror Norge.no/getfile.php/136326-1431698199/Bilder/Artikkelbilder/Vedlegg%201%20Notat%20Vurdering%20av%20TEK15%20Norc onsult.pdf>

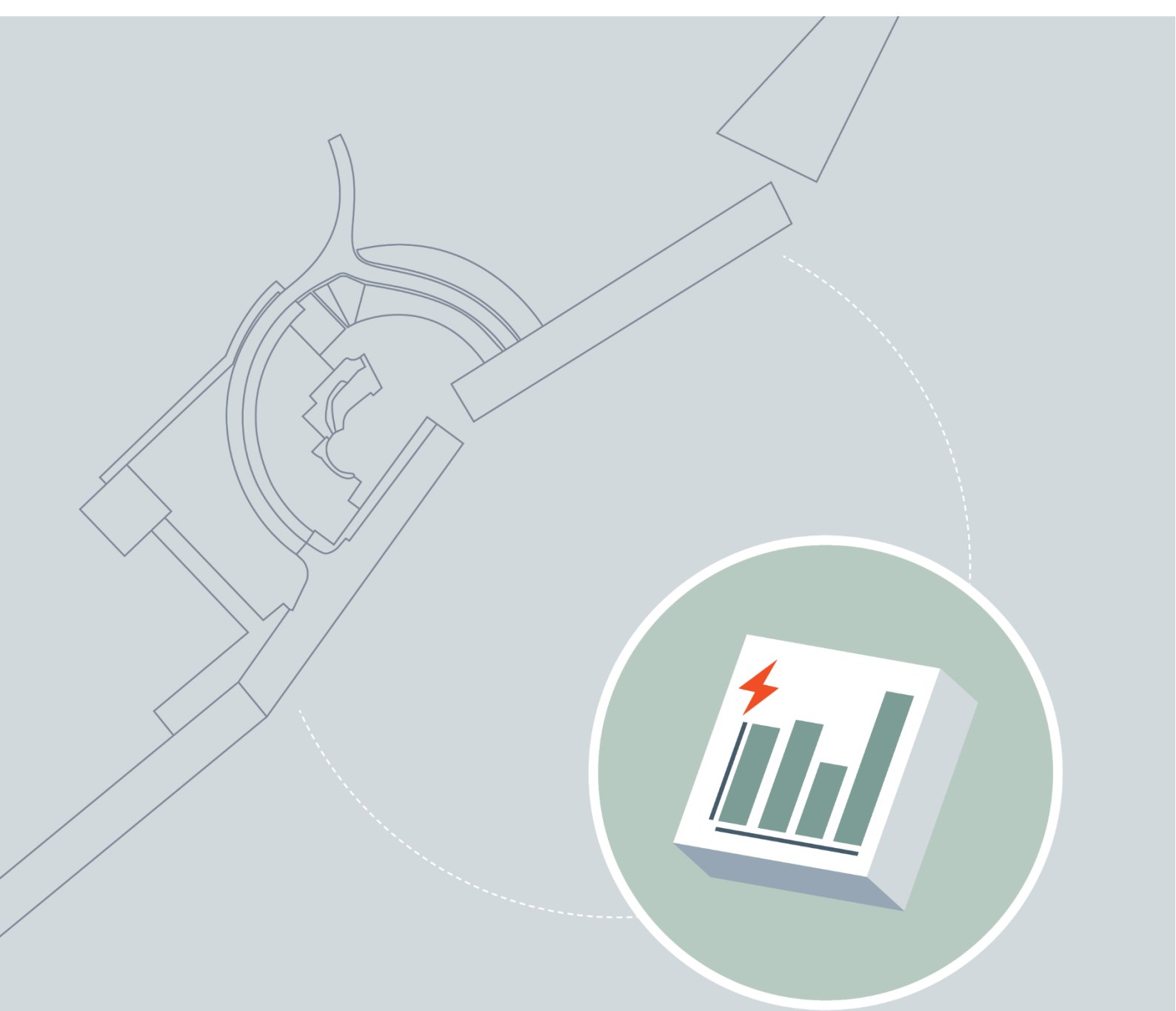
<sup>37</sup> Etterprøvnings av bygningers energibruk.

[https://www.sintefbok.no/book/index/962/etterproeving\\_av\\_bygningers\\_energibruk](https://www.sintefbok.no/book/index/962/etterproeving_av_bygningers_energibruk)

<sup>38</sup> Varmepumper. <https://docplayer.me/2559240-Varmepumper-miljoennlig-og-kostnadseffektivt.html>

<sup>39</sup> VVS forum. <https://www.vvsforum.no/2009/salget-av-varmepumper-oket/>





8

# ENERGISAMSPILL – ARBEID VIDERE

## 8 Energisamspill – videre arbeid

Energisamspill i denne fasen dreier seg i hovedsak om å se de store linjene og undersøke hvilke behov som finnes og hvilke muligheter det er for å dekke det dette behovet. Her følger noen anbefalinger knyttet til videre detaljering av energisamspillet.

**Cruise:** Det er ikke kjent hvordan lastprofilen til cruiseskip vil være når det ligger på landstrøm. Etter IEC standard for landstrømanlegg vil hvert landstrømpunkt dimensjoneres for 20 MW noe som gir 60 MW i dimensjonerende totalytelse. Det ligger et optimaliseringspotensiale knyttet til mer kjennskap om samlagring mellom ulike skip og sammensetninger av skip. Med mer kjennskap kan den dimensjonerende ytelsen knyttet til tilført energi optimaliseres.

**Hurtigbåt/Blå bybane/cruise shuttling:** Det er ikke avklart hvilke omfang av trafikk og derav energi frakt av cruisepassasjerer fra Kildn til Bergen by eller andre severdigheter kan kreve. Sum effekt er satt til 5,3 MW.

**Landbasert transport:** Det er ikke satt noe dimensjonerende ytelse for ladestruktur til landbasert transport, det bør utføres undersøkelser av trafikkunderlag for å sette nivået.

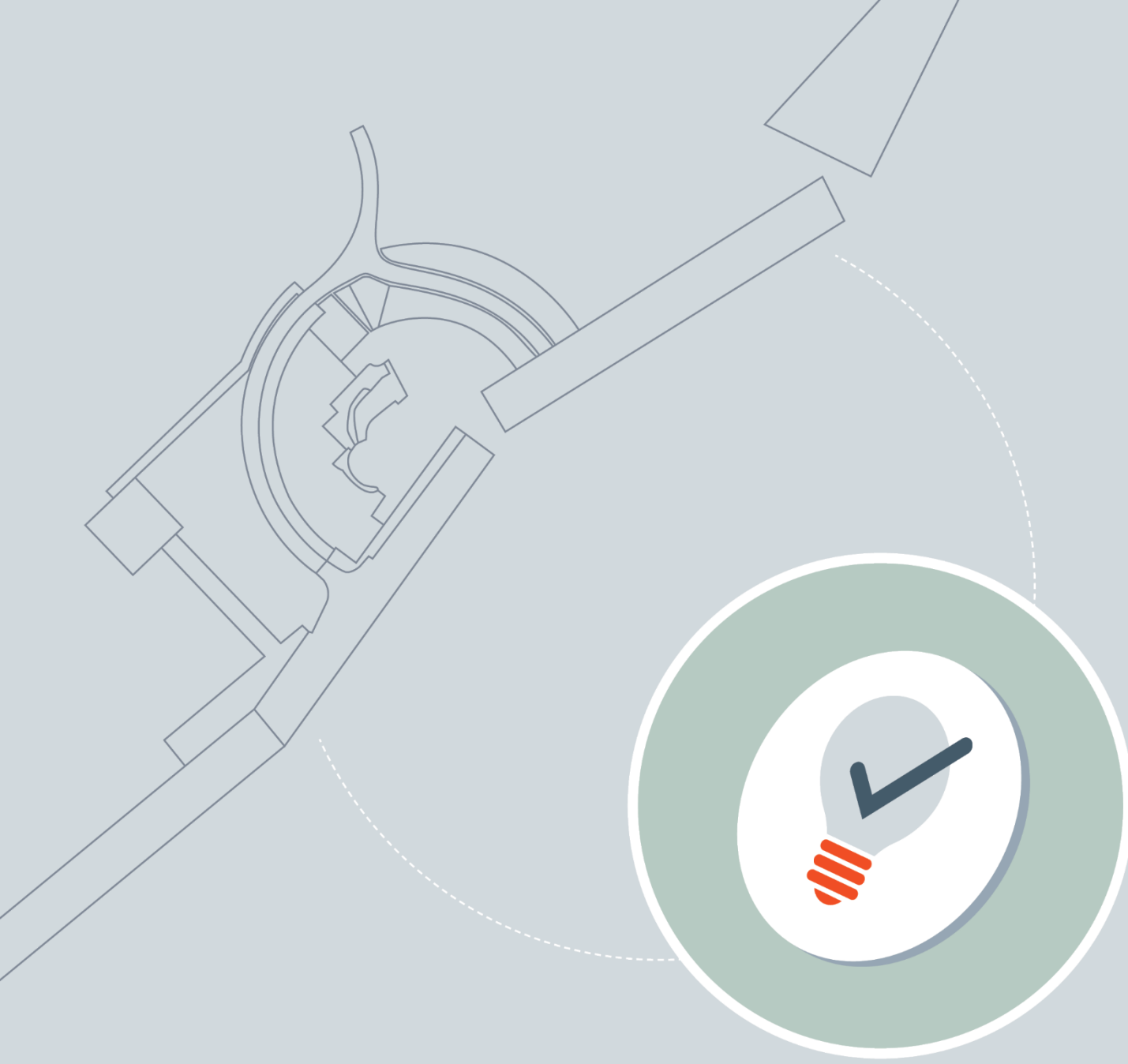
Et godt estimat på overordnet effekt- og energibruk vil være viktig for å kunne gå videre med **løsninger for tilført energi.**

**Brenselceller:** Det er i dag bare et fåtall større kraftverk (multi MW) basert på brenselceller i verden, og markedet er primært i USA og Sør-Korea. Det er flere utviklingsprosjekter i Europa, men fokusområdet er enheter til bruk i kjøretøy og fartøy. Løsningen har en åpenbar risiko knyttet til mangel på kommersielle aktører. Skal løsningen benyttes på Kildn, må en jobbe videre med følgende:

- > Avklare aktører som kan levere løsning for kraftverk
- > Avklare forsyningssituasjon for drivstoff som hydrogen, ammoniakk eller biogass.
- > Det vil være behov for konsesjon etter energiloven, samtidig er det få eksempler på behandling av tilsvarende anlegg i forhold til områderegulering.
- > Et brenselcellekraftverk med drivstofflagring må fysisk plasseres inn i Kildn anlegget.

**Nettilknytning:** Hvis brorparten av tilført energi skal komme via en nettløsning, så har BKK indikert at det må tiltak til i nettsystemet for å kunne realisere et stort uttak på Kildn. Ledetider for tiltak i regional- og transmisjonsnettet er svært lang og krever konsesjon fra NVE for å kunne realiseres. Statnett har gjennom media informert om en pågående KVU (Konseptvalgutredning) for Bergens regionen og Kildn bør inn som interessant i denne utredningen for å sikre god behandling mot videre tilknytningssaksgang. Her bør en sette i gang følgende aksjoner:

- > Starte tilknytningsprosess mot nettselskap (Norgesnett, BKK og Statnett)
- > Sette av arealer til transformatorstasjon i eller nær Kildn i reguleringsarbeidet.



9

KONKLUSJON

## 9 Konklusjon

Kildn har en ambisiøs visjon om nullutslipp og å være selvforsynt med energi. Skal målene oppnås, må en gjøre et skille mellom energikravet til bygningsmasse og ytre forbrukere av energi knyttet til havnen. Det er behov for å tilføre energi fra eksterne kilder, og ledetidene for denne type anlegg fordrer tidlig oppstart av nett- og/eller teknologiutredninger innen brenselceller hvis tidslinjen mot 2026 skal være realiserbar.

### 9.1 Energisamspill for hovedbygg

Ved å ta utgangspunkt i energibehovet som forekommer dersom hovedbygget ved Kildn bygges etter de mest ambisiøse energikrav, og at varme (både oppvarming og kjøling) forsynes av sjøvannsvarmepumpe og med mulighet for frikjøling om sommerhalvåret, er et estimert energibudsjett for Kildn gitt i Tabell 9.

Tabell 9 – Energibudsjett for hovedbygg.

	Elektrisitet	Kjøling	Oppvarming	SUM
Energibehov	2,3 GWh/år	0,7 GWh/år	0,9 GWh/år	3,9 GWh/år
COP Sjøvannsvarmepumpe	-	20	4,5	-
Elektrisitetsbehov	2,3 GWh/år	0,03 GWh/år	0,2 GWh/år	2,5 GWh/år
Akkumulert strømproduksjon fra solcelleinstallasjoner				3,3 GWh/år
Energioverskudd				1,2 GWh/år
Spesifikt energioverskudd (benyttet arealgrunnlag fra Figur 2)				7,7 kWh/m <sup>2</sup>
Årlig overskuddsstrøm utover plussstandard som kan utnyttes til transport				3 GWh/år

Spesifikt energioverskudd er estimert til 7,7 kWh/m<sup>2</sup>. Dette oppfyller kravet til Futurebuilt plussus med god margin, da kravet i Futurebuilt sin plussusdefinisjon er 2 kWh/m<sup>2</sup>. For å nå et overskudd på nettopp 2 kWh/m<sup>2</sup>, må det produseres minimum 310 MWh strøm av solcelleanlegget. Dermed er det ca. 3 GWh per år i overskudd til andre formål.

### 9.2 Effekt og energibudsjett

Det totale energisamspillet for Kildn hvor både bygningsmasse og kunder er inkludert er forbundet med enkelte usikkerheter og sensitivitet. Kundegrunnlag og lastprofiler, hvordan lasten fordeler seg over et døgn, er ikke kjent kunnskap for brukere som cruise, hurtigbåter, blå bybane og landbasert transport. Det ligger også en sensitivitet knyttet opp til valg av energibærere for flere av transportløsningene. Oppsummeringene gjelder primært forbruk av elektrisitet som energibærer og gir et overordnet omfang av hvilke størrelsesordener det vil være behov for å tilføre fra eksterne kilder.

Tabell 10 – Energibehov tilknyttet Kildn.

	Effektbehov [MW] (Høysesong Cruise)	Årlig energibehov [GWh/år]
Bygningsmasse	4,4	2,5-22,6
Landstrøm - Cruise	40-60	24-50
Hurtigbåt	1,3	1
Blå bybane	4	-
<b>SUM</b>	49-69	20 - 74

Potensiale for egenprodusert energi er stort nok til å dekke energibehovet til bygningsmassen forutsatt høy byggeteknisk standard.

Ved å sette sammen behov og lokal energiproduksjon, får man netto behov for tilført energi, tilført via nettilknytning eller som drivstoff med lokal kraftgenerering.

Tabell 11 – Energibalanse for Kildn.

	Effekt [MW]	Energi [GWh]
Behov	49-69	22-74
Egenproduksjon	0-4,9	3,3
<b>Behov for tilført energi</b>	<b>40-69</b>	<b>19-71</b>

Det vil være et netto behov for å tilføre energi til Kildn. I rapporten er det trukket frem to løsninger som kan dekke dette behovet, nett-tilknytning og storskala brenselceller. Fra det grunnlaget vi sitter på i dag innenfor kostnad, arealbehov og energieffektivitet, vil en nettilknytning være et rasjonelt valg som ivaretar Kildn sitt mål om å være en nullutslippshavn. Gitt høy aktivitet i nettsystemet rundt Bergen, kan en nettilknytning ta lang tid, tilknytningsprosessen bør starte snarlig hvis mål om ferdigstilling 2026 skal nås. Det vil også være teknøkonomisk hensiktsmessig for Kildn å prioritere tilfredsillene nettilknytningskapasitet, da anslått anleggsbidrag for nettilknytning er 70-135 millioner kroner, sammenliknet med investeringskostnad for brenselcelle på 60 MW som i dag ligger i størrelsesorden 1-1,6 milliarder kroner. I tillegg vil driftskostnaden for brenselcelle være høyere (antatt at kostnad per. kWh brensel, er dyrere per kWh strøm fra nett).

### 9.3 COWIs anbefaling

- > Utredning av transportlogistikk og transportteknologi for å konkretisere energibehov bør prioriteres.
- > Melde interesse tidlig til Norgesnett for nettilknytning, hvor utredningsprosess starter opp i disse tider i regi av Statnett.
- > Overordnet anbefalt energisamspill inkluderer nettilknytning, solcelleanlegg og energieffektivt bygg, som med fordel bør ha ambisjon om BEEAM Excellent eller Outstanding for å nå ambisjonene om nullutslipp for Kildn.
- > I videre prosesser bør løsninger optimaliseres (kapasitet vs. behov) når kunnskapsnivået for blant annet transportløsninger økes og Kildn prosjekteres videre i detalj. Dette gjelder solcelleanlegg, batteriinstallasjon, pumpekraftverk, etc.