

En utslippsfri anleggsprosess i Rogaland



SINTEF Notat

Marianne Kjendseth Wiik, Camille Vandervaeren,
Shabnam Homaei og Lilo Henke

En utslippsfri anleggsprosess i Rogaland

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 48

Marianne Kjendseth Wiik, Camille Vandervaeren, Shabnam Homaei og
Lilo Henke

En utslippsfri anleggsprosess i Rogaland

Emneord: utslippsfri anleggsprosess, utslippsfri anleggsplass, elektriske
anleggsmaskiner, energiforsyning

Prosjektnummer: 102026713-2

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1798-5 (pdf)

Foto omslag: SINTEF Community

8 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g munken polar

Omslag: 240 g trucard



© Forfatterne. Utgitt av SINTEF akademisk forlag 2023

Denne rapporten er publisert med åpen tilgang etter CC BY-
lisensen

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Community

Børrestuveien 3

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 40 00 51 00

www.sintef.no/community

www.sintefbok.no

Forord

Denne rapporten gir et kunnskapsgrunnlag for å stille krav til entreprenører og leverandører for utslippsfrie anleggsplasser i Rogaland og simulere energi- og effektbehov for en planlagt helelektrisk anleggsplass i Rogaland. Videre gis det anbefalinger til energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser og vi har kartlagt energiresursene som er tilgjengelig på og i nærheten av en planlagt helelektrisk anleggsplass i Rogaland.

Rapporten er finansiert av Regionale Forskningsfond Rogaland gjennom forprosjektet utslippsfri anleggsprosess i Rogaland sammen med RISA, Rental.one og Rogaland fylkeskommune.

Oslo, mars 2023

Trond Simonsen
Forskningssjef
SINTEF Community

Marianne Kjendseth Wiik
Prosjektleder
SINTEF Community

Innhold

FORORD	3
BAKGRUNN	5
ANSKAFFELSER OG KRAVSETTING	7
INTERNASJONALT	7
NASJONALT	8
ROGALAND FYLKESKOMMUNE	11
BARRIERER OG SUKSESSKRITERIER.....	12
ANBEFALINGER TIL ROGALAND FYLKESKOMMUNE	13
UTSLIPPSFRI ANLEGGSPASS	16
ENERGIMODELLERING	16
TILTAK FOR ENERGI- OG EFFEKTPLANLEGGING AV ELEKTRISKE ANLEGGSPASSER	20
ENERGIINFRASTRUKTUR	24
NETT	24
HYDROGEN.....	25
BATTERI	25
SOLCELLER.....	26
FORDELER, ULEMPER OG RISIKOER KNYTTET TIL ULIKE UTSLIPPSFRIE TEKNISKE LØSNINGER.....	27
KONKLUSJON	33
REFERANSER	34
VEDLEGG A	38
VEDLEGG B	40

Bakgrunn

Den norske bygg- og anleggsnæringen er ansvarlig for ca. 4,5 % av landets totale klimagassutslipp. Det tilsvarer om lag 2,2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, som i hovedsak kommer fra fossilt brensel i anleggsfasen [1]. Rundt 5 % av disse utslippene stammer fra oppvarming og uttørking av bygninger, mens de resterende 95 % kommer fra transport og drift av maskiner [2]. Gjennom Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene med minst 50 % og opp mot 55 % innen 2030 sammenliknet med 1990-nivå. For å komme i mål skal blant annet bygg- og anleggssektoren (BAE-sektoren) omstille seg til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser [3–5]. Utviklingen av nye, innovative, utslippsfrie teknologiske løsninger går i høyt tempo, og det er vanskelig for aktører i bransjen å vite hvilke teknologier og hvilken energiinfrastruktur de bør satse på. R-Gruppen (RISA og Rental.one) bruker rundt 6–8 millioner liter diesel hvert år [6]. Det tilsvarer et stort innsparingspotensial på mellom 19 920–26 560 t CO₂-ekv. hvert år i maskinparken, eller i gjennomsnitt mellom 23–31 t CO₂-ekv./maskin/år [6]. Når man tar hensyn til Rental.ones mål om at 50 % av maskinparken skal elektrifiseres innen 2030, så bør maskinparken bestå av ca. 913 elektriske anleggsmaskiner og biler for å komme i mål [6]. Denne rapporten framhever hvor viktig det er med forutsigbare krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser fra lokale myndigheter, og at man planlegger godt for lading og drift av elektriske anleggsmaskiner og kjøretøy [6]. Elektrifisering av halvparten av maskinparken til Rental.one vil medføre et enormt energibehov som det bør planlegges godt for. Det eksisterer mange antakelser om blant annet driftstid, batterikapasitet, ladetid og løftekapasitet, og det er behov for å få mer kunnskap og erfaringer på dette for å få en best mulig overgang til elektriske maskiner. Andre utfordringer inkluderer å satse på feil teknologi. Dette er en aktuell problemstilling når Norge er i en pilotfase og prøver ut ulike teknologier som kabel, batteri, kabel-batterihybrid, demonterbare batterier, ulike kontakttyper/ladepunkter og ulike mobile energiløsninger.

I 2018 identifiserte SINTEF drivere, barrierer, muligheter og utfordringer knyttet til offentlige anskaffelser for å nå ambisjonen om fossilfrie og utslippsfrie byggeplasser [7]. Ulike tiltak for reduksjon av utslipp knyttet til byggeprosesser, logistikk, energibruk og livssyklusanalyser ble identifisert. Basert på disse resultatene innførte Oslo kommune i 2019 standard klima- og miljøkrav til bygge- og anleggsplasser [8]. I etterkant av dette har SINTEF undersøkt hvordan anskaffelseskravene påvirker tilbudene fra entreprenørene, med fokus på strømforsyning, utslippsfrie anleggsmaskiner og lastebiler samt ladelogistikk [9]. Rapporten fra erfaringskartleggingen viser at Oslo kommune er på rett vei mot målet om at alle kommunale byggeplasser skal være utslippsfrie innen 2050, og studien kartla 36 byggeprosjekter som bruker utslippsfrie maskiner i forskjellig grad [4]. I denne rapporten diskuterer vi følgende problemstilling: Hvordan man kan ta erfaringene og kunnskapen fra Oslo kommune og tilpasse den til utforming av anskaffelseskrav i Rogaland fylkeskommune?

Teknologiske løsninger for utslippsfrie anleggsplasser er under rask utvikling og kan brukes til å redusere klimagassutslipp betydelig. I 2018 var de første prototypene på to 17,5 tonn elektriske gravemaskiner realisert i PILOT-E prosjektet "Zero Emission Digger" (ZED) [9]. Nå er flere elektriske anleggsmaskiner tilgjengelig i Norge, og det har blitt gjennomført flere utslippsfrie anleggsprosjekter, for eksempel Olav Vs gate i Oslo [4, 5]. Olav Vs gate har redusert utslippene med 52 % sammenliknet med en fossilfri (HVO) anleggsplass og med 99 % sammenliknet med en dieseldrevet anleggsplass [10]. Resultater fra veikartet om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser viser at selv om elektriske anleggsmaskiner tas i bruk, mangler mange i bransjen erfaringer og kompetanse på drift og vedlikehold av disse maskinene [6]. I tillegg er det spørsmål knyttet til hvordan man skal tilrettelegge for en energieffektiv utslippsfri anleggsplass samt planlegge drift og lading av maskinene for å redusere effekttoppene.

Rapporten fra erfaringskartleggingen framhever også en viktig barriere for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser: hvordan kan erfaringer med et par prototype anleggsmaskiner oppskaleres til å sørge for nok energiforsyning til flere store anleggsmaskiner som opererer samtidig [4].

En konsekvensutredning for Oslo kommune viser at det totale energibehovet for en planlagt 100 % elektrisk anleggsplass ligger på ca. 147–270 MWt [5]. Et sentralt spørsmål er hvordan elektriske maskiner kan tas i bruk i Rogaland når mange av anleggsprosjektene ligger usentralt til, med store avstander og dårlig utbygd strømnnett. Det bør undersøkes i hvilken grad strømforsyning kan tilrettelegges for utslippsfrie anleggsplasser. Én mulig løsning kan være å finne alternative løsninger i områder uten nok strøm, for eksempel å ta i bruk batteribanker eller andre ladeløsninger for å sikre nok strøm.

Denne rapporten presenterer dagens praksis for anskaffelser og kontrahering av utslippsfrie anleggsplasser, kartlegger barrierene og suksesskriteriene for å oppnå utslippsfrie anleggsplasser, og gir forslag til kunnskapsgrunnlag til krav om utslippsfrie anleggsplasser. Rapporten beregner energi- og effektbehov for en planlagt helelektrisk anleggsplass og presenterer generelle tiltak for energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser. Vi har også kartlagt hvilken energiinfrastruktur som er tilgjengelig for helelektrisk anleggsplass i Rogaland fylkeskommune, samt fordeler og ulemper med de ulike alternativene.

Anskaffelser og kravsetting

Dette kapitlet beskriver anskaffelser og kravsetting for utslippsfrie anleggsplasser internasjonalt, nasjonalt og i Rogaland. Videre identifiserer vi suksesskriterier og barrierer, og gir et kunnskapsgrunnlag til Rogaland fylkeskommune for å sette krav til utslippsfrie anleggsplasser.

Anskaffelser spiller en stor rolle i kommunenes klimaomstilling. Klimabelastningen fra offentlige innkjøp står for omtrent 16 prosent av Norges totale klimafotavtrykk [11].

Målet med denne rapporten er å utvikle et kunnskapsgrunnlag til Rogaland Fylkeskommune for å stille krav til entreprenører og leverandører for utslippsfrie anleggsplasser. Det gjør vi ved å bygge videre på eksisterende anskaffelses- og kontraheringspraksis. Eksisterende miljøkrav og -kriterier og kontraheringspraksis vurderes ved hjelp av en litteraturstudie og et gruppeintervju.

Litteraturstudien er en gjennomgang av klima-, miljø- og strategidokumentene til ulike kommuner og fylkeskommunen i Rogaland, SINTEF Fag-rapporter om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, presseartikler, og nettstedet til ulike organisasjoner og nettverk som jobber med utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Utvalg og sortering av materialet er basert på kunnskap om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, informasjon fra prosjektpartneren ved Rogaland fylkeskommune, erfaringer og deltakelse på en bransjedag i Rogaland. Den innsamlede informasjonen omhandler innovativ kontraheringspraksis og krav til miljøvennlige, fossilfrie, og utslippsfrie anleggsplasser i ulike geografiske områder: internasjonalt, nasjonalt, og i Rogaland.

Fem ansatte fra Rogaland fylkeskommune ble intervjuet på et nettmøte 15. november 2022. De ansatte jobber med bygg- og samferdselsprosjekter og har stillinger som prosjektledere, ansvarlig for innkjøp og anskaffelser, og rådgiver for klimamål. Intervjuet besto av tre deler: Den første delen inneholdt generelle spørsmål om utslippsfrie anleggsplasser i Rogaland Fylkeskommune, den andre delen inneholdt mer detaljerte spørsmål om anskaffelses- og kontraheringspraksis, og den siste delen inneholdt spørsmål om barrierer for innovative anskaffelsesprosesser. Se vedlegg A for en liste over intervju spørsmålene.

Internasjonalt

Per i dag fins det ingen internasjonale eller europeiske (EU) krav til null klimagassutslipp¹ fra anleggsmaskiner [13]. EUs direktiv om rene og energieffektive kjøretøy (*EU Clean Vehicles Directive*) [14] fremmer rene mobilitetsløsninger (for eksempel, lav- og nullutslippskjøretøy) i offentlige anskaffelser, men det omfatter ikke mobile anleggsmaskiner. EUs forordning om ikke-veigående mobile maskiner (*Non-Road Mobile Machinery (NRMM) Regulation*) tar kun for seg luftforurensning² og ignorerer dermed virkningen mobile anleggsmaskiner har på klimaendringer [13], på samme vis som USAs standarder for ikke-veigående dieselmotorer (*Non Road Diesel Engines (NRDE) Standards*) [15].

De siste årene har flere initiativer blitt opprettet for å akselerere utslippsreduksjon i anleggssektoren. Store innkjøpere for klima og miljø initiativet (*Big Buyers for Climate and Environment*) ble startet i 2018 [13] og får støtte fra EU-kommisjonen for å fylle gapet mellom etterspørselen etter bærekraftige varer og tjenester og det som er tilgjengelig på markedet. Initiativet gir store offentlige innkjøpere over hele Europa mulighet til å dele beste praksis, markedsinformasjon, organisere felles markedsdialoger og samle informasjon om teknologiutviklingen. Ifølge Big Buyers-initiativet har København, Helsinki og Trondheim hatt fossil-

¹ Karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O), hydrofluorkarboner (HFCs), perfluorkarboner (PFCs), svovelheksafluorid (SF₆) og nitrogentrifluorid (NF₃) som gitt i IWA 42:2022 Net Zero Guidelines [12].

² Karbonmonoksid (CO), totale hydrokarboner (HC), nitrogenoksider (NO_x) og partikler (PM)

frie anleggsplasser siden 2020 [13]. I juni 2022 begynte også Barcelona å pilotere elektriske anleggsmaskiner [16].

Et annet initiativ, *C40 Cities*, er et nettverk av ordførere i nesten hundre byer rundt i verden som arbeider mot klimaendringer. I C40 har det blitt utviklet et *Clean Construction Forum* som utveksler kunnskap og god praksis om nullutslippsbygging [17]. I 2020 skrev ordførere i C40 under på en erklæring (*Clean Construction Declaration*) om å godkjenne minst en pilot på netto nullutslipp anleggsplass innen 2025, og levere årlige rapporter om utviklingen [18]. Oslo er en del av både Big Buyers- og C40-initiativene og har signert C40s *Clean Construction Declaration*.

I 2019 ble det publisert en rapport om hvordan innkjøpere kan samarbeide om å utvikle og implementere felles anskaffelser på tvers av landegrensener, med fokus på hjullastere i byene København, Stockholm og Oslo [19]. Det er forventet at dynamisk innkjøpsordning (DPS) kan brukes som anskaffelsesprosedyre siden ordningen gir god fleksibilitet og effektiv prosess ved at innkjøp kan gjentas flere ganger og spesifikasjoner kan settes og oppdateres underveis og etter behov [19].

Nasjonalt

Per i dag fins det ingen nasjonale reguleringer knyttet til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Derimot, pålegger *anskaffelsesloven*³ §5 og *Forskrift om offentlige anskaffelser (FOA)*⁴ §7-9, *offentlige oppdragsgivere* å ta hensyn til miljømessige konsekvenser under planlegging av den enkelte anskaffelse.

Statlige, fylkeskommunale og kommunale myndigheter og offentligrettslige organer skal innrette sin anskaffelsespraksis slik at den bidrar til å redusere skadelig miljøpåvirkning, og fremme klimavennlige løsninger der dette er relevant.
Lov om offentlige anskaffelser §5

Oppdragsgiveren skal legge vekt på å minimere miljøbelastningen og fremme klimavennlige løsninger ved sine anskaffelser og kan stille miljøkrav og kriterier i alle trinn av anskaffelsesprosessen der det er relevant og knyttet til leveransen. Der miljø brukes som tildelingskriterium, bør det som hovedregel vekt minimum 30 prosent.
Forskrift om offentlige anskaffelser §7-9

I juni 2022 innførte Direktoratet for byggkvalitet krav til klimagassregnskap for bygninger i *Byggteknisk forskrift (TEK)*. Klimagassregnskapet inkluderer deler av byggefasen (transport til og fra byggeplassen og avfall), men ikke bruk av anleggsmaskiner [20].

I oktober 2022 gjennomførte Miljødirektoratet en utredning av lovhjemmel for klimakrav til bygge- og anleggsplasser på vegne av Klima- og Miljødepartementet [21]. Miljødirektoratet vurderer klimakrav til bygge- og anleggsplasser etter plan- og bygningsloven og etter forurensningsloven. Prinsipielt sett sier Miljødirektoratet at det er det mulig å endre plan- og bygningsloven slik at kommunen gis en hjemmel til å kunne stille krav til klimagassutslipp fra bygge- og anleggsplasser [21]. Miljødirektoratet mener at det i så fall bør tas stilling til om det er ønskelig å utvide kommunenes myndighet utover det som det har vært vanlig å fastsette som krav i reguleringsplan og i kommuneplanens arealdel [21]. Miljødirektoratet sier også at en hjemmel etter forurensningsloven ikke vil kreve en lovendring, men en delegering av myndighet til kommunen [21]. Kommunen får da myndighet til å fastsette egne forskrifter med krav til bygge- og anleggsplasser [21]. Forskriften kan gjøres gjeldende for hele kommunen, og i enkelte geografiske områder kan man stille strengere krav [21].

³ LOV-2016-06-17-73

⁴ FOR-2016-08-12-974

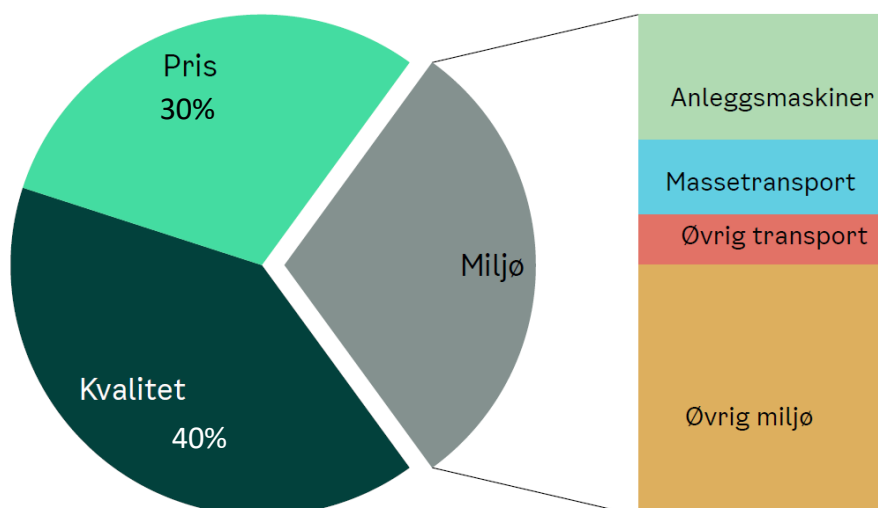
I desember 2022 foreslo regjeringen at miljøkrav skal vektas med minst 30 prosent i alle offentlig innkjøp, i stedet for å gi oppdragsgiveren valget om å introdusere miljøkrav [22].

Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (DFØ) har publisert miljøkriterier som kan brukes av oppdragsgivere. For totalentrepriser foreslår DFØ tre ulike kravspesifikasjoner knyttet til maskinbruk i anleggsprosjekter: *Utslippsreduksjon fra anleggsmaskiner, kjøretøy og utstyr*, *Utslippsreduksjon fra fartøy og maskiner til sjøs*, og *Forurensing fra anleggsmaskiner og utstyr* [23]. For det første kravet fins det tre ulike ambisjonsnivåer: basis, avansert, og spydspiss. På basisnivå foreslår DFØ at maskiner og utstyr på anleggsplassen i hovedsak skal være fossilfrie, at anleggsmaskiner som skal benyttes til oppdraget som et minimum skal tilfredsstillende EU Steg III b-standardens krav til utslipp, at oppvarming og tørk, inkludert tining/frostsikring av grunn, herding av betong i bruer osv. skal gjøres fossilfritt. Kriteriene for avansert og spydspissnivå er strengere, eksempelvis må nesten alle maskiner, kjøretøy, verktøy og teknisk utstyr være utslippsfrie på spydspissnivå. Resten av maskinparken inkludert kjøretøy skal være fossilfri. Ifølge Fufa et al. [7] kan ambisiøse miljøkrav stimulere til innovativ utvikling av nye, framtidsrettede løsninger som kan gi flere gevinster enn kun de rene miljøgevinstene. Kriterieveiviseren er utviklet av DFØ for å veilede prosjekteiere til mer effektiv bruk av krav og kriterier for miljø og sosialt ansvar i en anskaffelsesprosess [23].

Sju av Norges største byer – Bergen, Trondheim, Stavanger, Kristiansand, Tromsø, Drammen og Oslo – har signert en storbyerklæring om en felles utslippsfri kommunal byggenæring. I storbyerklæringen står det at deres kommunale bygg- og anleggsvirksomhet skal være utslippsfri innen 2025, og at all bygg- og anleggsvirksomhet i byene skal være utslippsfri innen 2030 [6].

På kommunenivå, har Oslo kommune vært verdensledende [13, 18] innen fossilfri og utslippsfri byggeplassvirksomhet siden 2017. Ved å stille ambisiøse krav i offentlige anskaffelser har kommunen hjulpet til å drive markedet til å utvikle fossile- og utslippsfrie løsninger [6]. I 2019 utviklet Oslo *Standard klima- og miljøkrav til Oslo kommunes bygge- og anleggsplasser* som et ledd i kommunens ambisjoner om fossil- og etter hvert utslippsfrie bygge- og anleggsplasser [8]. Lia barnehage er den første fossilfrie byggeplassen i Norge, og Olav Vs gate er verdens første utslippsfrie anleggsplass. For å sørge for sikker tilgang til elektriske anleggsmaskiner i anleggsperioden for Olav Vs gate (fra september 2019 til desember 2020) inngikk Oslo kommune en konsesjonsavtale med ulike maskinutleiere som hadde elektriske anleggsmaskiner i maskinparken sin. Entreprenøren var forpliktet til å benytte maskinene i denne avtalen [10]. I 2021 hadde Oslo kommune minst 36 prosjekter som brukte utslippsfrie anleggsmaskiner [6].

Oslo kommune har satt kontraktskrav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser for alle anskaffelser over 500 000 kr. De har et minimumskrav om at all energi som brukes til oppvarming og tørk i byggeperioden skal være utslippsfri. I tillegg fins det ulike tildelingskriterier for anskaffelser med en anslått verdi over eller under 5 millioner kroner eks. mva. Tildelingskriteriet for miljø skal vektas minst 20 % i bygge- og anleggskonkurranser (men bør som hovedregel vektas 30 %), se Figur 1.



Figur 1. Eksempel på mulig vektning og ulike aspekter som blir vurdert under miljøkriteriet for bygg- og anleggsanskaffelser i Oslo kommune [24]

I Oslo kommunes standard miljøkrav skal alle maskiner som benyttes på bygge- eller anleggsplassen være fossilfrie. Alle maskiner som benyttes, skal være CE-godkjent og registrert i Maskinregisteret. Alle kjøretøy som benyttes til transport av masser og avfall som fjernes fra og leveres til bygge-/anleggsplassen, skal minst være euroklasse 6/VI og benytte fossilfritt drivstoff [8]. Alle maskiner og utstyr som benyttes på anleggsplassen, skal være utslippsfrie innen 2025, og leverandøren skal jobbe aktivt for å redusere utslipp fra transport av masser. Innen 2025 skal alle kjøretøy for transport av masser til/fra bygge-/anleggsplassen gjøres med nullutslippskjøretøy (det vil si batterielektrisk eller hydrogen) eller biogasskjøretøy som minst oppfyller euroklasse 6/VI. I tillegg har Oslo kommune utviklet et datainnsamlingsverktøy i MS Excel som entreprenørene må fylle ut når de leverer inn et tilbud, og som beregner poeng etter hvor mye utslippsfri teknologi som tilbys.

I Viken fylkeskommune lånes anleggsmaskiner ut helt gratis til interesserte brukere i kommuner tilhørende Oslofjordregionen (Viken, Oslo, og Vestfold-Telemark) for testing og prøvekjøring, noe som minsker risikoen for å investere i elektriske anleggsmaskiner [25]. I perioden 2017–2022 er det anslått at de har leid ut fossilfrie maskiner og utstyr til omtrent 250 ulike oppdrag.

I 2020 stilte Trondheim kommune tydelige miljøkrav i anbudet og vektet miljø med 30 prosent i konkurransen for oppgradering av Marinen [26]. Kommunen har gjort en omfattende jobb med markedsdialog og kartlegging og fikk et tilbud med 90 prosent elektriske maskiner.

I 2022 har Tromsø kommune i forkant av anbudsfasen for Storgata-Nord anleggsprosjekt bedt SINTEF om å utrede muligheter for entreprenør og maskinleverandører til å levere fossilfrie eller utslippsfrie løsninger, for å estimere reduksjon av klimagassutslipp og merkostnader av ulike teknologier [27]. Bruk av alternative fossilfrie eller utslippsfrie løsninger for anleggsmaskiner, massetransport og teletining kan gi en reduksjon av klimagassutslipp på 133–247 t CO₂-ekv. Kartleggingen viser videre en potensiell merkostnad på 125 950–720 650 kr ved bruk av alternative fossilfrie eller utslippsfrie anleggsmaskiner og teletiningsløsninger, men også mulige kostnadsbesparelser på 922 300–1 383 500 kr for massetransportløsninger.

Nettverket Grønn Anleggssektor har utviklet et veikart med tiltak for en utslippsfri anleggssektor mot 2030 [28]. Viktige tiltak knyttet til offentlige anskaffelse inkluderer blant annet å:

- etablere felles vokabular og forståelse av begreper
- utvikle felles metode for klimagassbudsjett og regnskap
- ha krav til 30 % fossilfrie maskiner på anleggsplasser i bynære strøk i 2022
- ha krav om lavutslippsteknologi i prosjekter
- ha krav til lavtemperaturasfalt og lavkarbon betong
- ha ambisiøse klimakrav som stimulerer til karbonfangst
- utvikle prosjektbeskrivelser og anbudsgrunnlag som oppfordrer til innovasjon
- holde kampanje for å motivere mindre entreprenører og infrastruktureiere til å delta i forskningsprosjekter
- tilby kurstilbud for kompetanseheving på miljøaspekter og krav i offentlig anskaffelse
- kreve at minst 30 % av ikke-veigående anleggsmaskiner er utslippsfrie innen 2025
- utvikle regionale planer for massehåndtering
- vekte miljø- og bærekraftshensyn i valg av løsning og leverandør
- utvikle forretningsmodeller og kontraktsutvikling gjennom funksjons- og ytelseskrav i prosjekter
- kreve at 70 % av alle nye anleggsmaskiner bruker utslippsfri teknologi innen 2030
- kreve miljøsertifisering av alle prosjekter
- vekte miljø høyest ved tildeling i alle private og offentlige prosjekter
- velge lav og utslippsfri energibruk på anleggsplass og ved transport til/fra anlegget

Flere store offentlige byggherrer har også satt tydelige klimamål fram til 2030 [28]. Statens vegvesen skal redusere klimagassutslippene med 50 % fra anleggsvirksomhet og drift. Bane-Nor skal redusere 40 % av klimagassutslippene fra anleggsvirksomhet. Nye Veier skal redusere 40 % av klimagassutslippene fra anleggsvirksomhet og 75 % av klimagassutslippene fra drift. Statsbygg skal redusere utslippene med 40 % fra energi, materialer og byggeplass og ned mot nullutslippsnivå sammenliknet med vanlig praksis og minstekrav i TEK.

I begynnelsen av 2023 la Standard Norge ut *prSN/TS 3770 Utslippsfrie byggeplasser og anleggsområder* på høring [29]. Den tekniske spesifikasjonen definerer viktige termer og begreper, beskriver byggeprosess, roller og ansvar, gir trinnvis veiledning om utslippsfri byggeprosess og anleggsområde, gir veiledning til kartlegging av nettsituasjon samt formler og datakilder for beregning og rapportering av energiplan.

CEEQUAL er et prosessverktøy og sertifiseringsorgan for å standardisere oppfølging av miljøkrav, og brukes for å oppnå høyere prestasjon på miljø og bærekraft i anleggsprosjekter [30]. Verktøyet skal gjøre det enklere å sammenlikne prosjekter og løsninger, og øke kunnskapsdeling i sektoren. Med en standardisert miljøsertifisering vil man etter hvert kunne skape en forutsigbarhet i hva som forventes av entreprenørene når det kommer til miljøkrav, og dokumentasjon på de miljøvalgene som tas i prosjektet. Oppfølging av krav fra myndigheter og byggherre er systematisert og involverer tredjepartsverifisering. Det er imidlertid viktig å merke seg at det er fullt mulig å hente ut gode miljøkrav og formuleringer fra verktøyet uten å skulle kreve en full sertifisering av prosjektet.

Rogaland fylkeskommune

Rogaland fylkeskommune jobber aktivt med klimaomstilling og forstår klimafordelene med å innføre utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Likevel er det på nåværende tidspunkt ingen ferdigstilte eller pågående prosjekter med fossil- eller utslippsfrie bygge- eller anleggsplasser i regi av fylkeskommunen. Som et første steg har Rogaland fylkeskommune allerede integrert flere klimatiltak i sine bygge- og anleggsprosjekter med blant annet krav til klimaregnskap, bruk av klima som tildelingskriterium og bruk av elektriske gravemaskiner, [31]. I samferdselsprosjekter har fylkeskommunen tenkt å bruke bonusfradragordning med hensyn til

klimagassbudsjetter, men dette er noe de synes er en vanskelig oppgave på grunn av mangel på data.

Rogaland fylkeskommunes *Plan for energi og klima* ble publisert i 2010 [32]. Planen har ingen mål knyttet til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser siden konseptet ikke ble utviklet før 2016. Planen inkluderer mål om å redusere klimagassutslipp, og for bygg og anlegg skal klimagassutslippene reduseres med 100 000 tonn CO₂-ekv. innen 2020 [32]. En ny plan for energi og klima er for tiden under utarbeidelse av fylkeskommunen [6].

Det første utviklingsmålet i *Utviklingsplan for Rogaland 2021–2024* [33] er "klimaomstilling og livskraftig naturmiljø". Utviklingsplanen inkluderer innsatsområder for reduksjon av klimagassutslipp i alle samfunnssektorer og bedre utnyttelse av naturressurser. Bedre utnyttelse av naturressursene inkluderer blant annet bruk av gjenbruksmasser, redusert behov for naturinngrep og gjenbruk av avfall. Utviklingsplanen nevner ingen spesifikk ambisjon for utslippsfrie bygge- eller anleggsplasser.

I *Anskaffelsesstrategi 2021–2025* har Rogaland fylkeskommune ingen spesifikke krav til utslippsfrie bygge- eller anleggsplasser, men skriver at den "skal gjennom sine anskaffelser bidra til et lavest mulig forbruk og miljøbelastning, samt fremme klimavennlige løsninger. Rogaland Fylkeskommune vil fremme bærekraftig utvikling og omstilling til lavutslipps-samfunn" [34]. Som følge av dette etterspør samferdselsavdelingen i fylkeskommunen at alle samferdselsprosjekter over 500 millioner kr skal CEEQUAL-sertifiseres, samt at alle prosjekter over 200 millioner kr skal vurderes for en CEEQUAL-sertifisering [6].

På kommunenivå har Stavanger signert storbyerklæringen. Per i dag er ikke alle Stavanger kommunes bygge- og anleggsplasser fossilfrie, men de fleste går på HVO [6]. De har hatt minst ett pilotprosjekt på Kannik som bruker elektriske gravemaskiner og en elektrisk lastebil for å bytte 1 km med vann- og avløpsledninger. I tillegg leaser Stavanger kommune en elektrisk gravemaskin til bruk i seksjon Anlegg egenproduksjon. På liknende måte har Sandnes kommune en elektrisk hjullaster og elektrisk lastebil til utleie, som et første ledd i en planlagt elektrifisering av bygge- og anleggsplasser i kommunen. Det fins per i dag ingen mål om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i de andre kommunene i Rogaland.

Barrierer og suksesskriterier

I et tidligere forskningsprosjekt gjennomførte SINTEF en erfaringskartlegging av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i Oslo kommunes prosjekter og definerte barrierer, utfordringer, muligheter og løsninger for utslippsfrie anleggsmaskiner og lastebiler, strømforsyning og ladelogistikk [35]. Resultatene viser at det er uproblematisk å bruke mindre elektriske maskiner og utstyr, men det er fortsatt noen utfordringer knyttet til strømforsyning og ladelogistikk når flere store anleggsmaskiner opererer samtidig. Det rapporteres om at elektriske anleggsmaskiner fører til mindre støy, mindre forurensning, bedre luftkvalitet og bedre arbeidsmiljø. De viktigste barrierene og utfordringene som er kartlagt, viser at lange avstander til deponi gjør at det kan være vanskelig å benytte seg av utslippsfrie løsninger, noe som fører til at det benyttes biodrivstoff eller fossilt drivstoff. Det er fortsatt få tilgjengelige elektriske anleggsmaskiner og lastebiler, og høy etterspørsel. I noen tilfeller er det problematisk med provisoriske strømforsyningsløsninger, og det kan føre til logistikkutfordringer på byggeplass. Videre er det identifisert flere muligheter og løsninger som blant annet ser på hvordan man kan tilpasse arbeidsrutiner og ladeløsninger til en utslippsfri byggeplass, i tillegg til en mer effektiv utnyttelse av lokale masser for å redusere transportbehovet. Større behov for samhandling og dialog i tidligfase både mellom kommune og leverandører, men også med strømleverandører, har blitt tydelig gjennom kartleggingen.

I Rogaland sliter entreprenører og leverandører med å levere så mye elektriske maskiner og utstyr som Rogaland fylkeskommune etterspør i anskaffelser. Ifølge Rogaland fylkeskommune er den største barrieren utilstrekkelig elektrisk infrastruktur med dårlig kapasitet og

at infrastrukturen er ikke bygd ut [31]. En annen viktig barriere er tilgang til maskiner da det nevnes at det kun fins to store maskiner på leasingmarkedet i november 2022. Ifølge *Byggfakta* har Stavanger (3,03 %), Sandnes (1,94 %) og Haugesund (0,56 %) til sammen 5,53 % av landets åtti største byggeprosjekter [36]. Hvis Rogaland skulle fått en representativ andel av de over 200 elektriske anleggsmaskinene som var forventet på markedet i 2022, utgjør dette nesten 14 elektriske anleggsmaskiner, hvorav fem til seks ville vært gravemaskiner [6].

Rogaland fylkeskommune nevner også kostnader, gjennomføringstid, økt kompleksitet og mer krevende prosjekter, forskjellig ladetider og forstyrrelser i arbeidsrutiner (på grunn av lading) som barrierer som må løses. Prosjekteierne er positivt innstilt til elektrifisering, men har ikke nok kompetanse på hva utslippsfrie anleggsplasser vil bety i praksis. De mener at det fins nok teori om utslippsfrie anleggsplasser, men har flere spørsmål angående gjennomføring. Det må undersøkes hva merkostnaden av utslippsfrie anleggsplasser er, og hvem som tar risikoen knyttet til dette [31].

Rogaland fylkeskommune ser for seg at det er juridisk mulig å implementere nye krav i offentlige anbud, men synes at kravene ikke bør være for restriktive eller ekskludere for mange tilbydere [31]. Konseptet med utslippsfrie anleggsplasser er fortsatt ganske nytt, og noen av intervjuobjekter tror at praksisen bør modnes før det iverksettes. Det bør planlegges godt i forkant sammen med energiselskap for ikke å forsinke prosjektet. Rogaland fylkeskommune skal snart avholde markedsdialog med anleggsbransjen angående mulighet for utslippsfrie løsninger ved utvidelse og ombygging av fylkeshuset.

Det er en risiko for at bedriftene i Rogaland henger etter bedriftene i resten av landet og blir mindre konkurransedyktige hvis de ikke følger med på utviklingen når flere kommuner og fylkeskommuner (for eksempel Oslo, Tromsø, Trondheim og Viken) allerede stiller krav til utslippsfrie anleggsplasser og oppfordrer entreprenører og maskinleverandører til å tilpasse maskinparkene sine.

Intervjuobjektene mener at utslippsfrie anleggsplasser er teknisk mulig i de fleste anleggsprosjekter, men trenger mer planlegging. De foreslår flere tiltak for å øke bevisstheten rundt utslippsfrie anleggsplasser, for eksempel å:

- revidere eiendomsstrategi med klare mål
- alltid vurdere muligheten for utslippsfrie anleggsplasser i Rogaland fylkeskommunes eiendomsprosjekter
- legge forventninger om utslippsfrie anleggsplasser i prosjektbestillingen i sentrale styringsdokumenter
- ha mer markedsdialog for å kommunisere forventninger og få innspill om mulighetene med anleggsbransjen
- bruke utbygging av fylkeshuset for å øke kompetanse
- etterspørre klimaregnskap i alle prosjekter
- starte diskusjoner med strømmnett og strømleverandør
- bruke bonus- eller malusordninger i anskaffelser

Samtidig håper de på økt teknologisk utvikling rundt utslippsfrie bygge- og anleggsplasser med tanke på batterier med høyere kapasitet (selv om teknologien allerede fins), økt tilgang på elektriske maskiner i lokalmarkedet, økt politiske vilje og klare mål fra kommuneledelsen.

Anbefalinger til Rogaland fylkeskommune

Med tanke på Miljødirektoratets utredning til Klima- og Miljødepartement [21] kan det være aktuelt for Rogaland fylkeskommune å vurdere hvordan de eventuelt kan stille krav om utslippsfri anleggsdrift i enten plan- og bygningsloven eller forurensningsloven (forutsatt **lovendring** eller delegering av myndighet til kommunen). Det kan være behov for å tydeliggjøre hvordan dette kan reguleres innenfor for eksempel reguleringsplanen eller kommune-

planens arealdel, samt nærmere utredning av konsekvensene dersom man ønsker å iverksette dette.

Ifølge Miljødirektoratet kan krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser forankres i ulike planverk, for eksempel, fylkeskommunens klima- og energiplan, anskaffelsesstrategi, innkjøpsreglement, utviklingsplan eller i de enkelte byggeprosjektene [37]. Det er anbefalt at Rogaland fylkeskommune lager klare **mål og forventninger** knyttet til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i fylkeskommunens Klima- og energiplan, med et tydelig veikart for å nå målene. Rogaland fylkeskommune bør etablere og opprettholde god dialog med bransjen gjennom for eksempel dialogkonferanser, og ha fokus på offentlig-privat partnerskap og samarbeid.

Rogaland fylkeskommune kan begynne med å sette **vedtak** om å teste ut ulike krav og kriterier til anleggsplass i enkelte byggeprosjekter. Dette vil gi et tydelig signal til entreprenørene om at fylkeskommunen vil stille krav til utslippsfrie anleggsplasser og hvilken innfasingstakt de kan forvente, og gi entreprenørene tid til å omstille seg. Utbyggingsprosjektet for fylkeshuset i Stavanger representerer en stor mulighet til å teste kravsetting til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, og for å vise fram utslippsfrie teknologier i fylket. Miljøkrav kan stilles som tildelingskriterium, kontraktsvilkår eller i kravspesifikasjonen.

Rogaland fylkeskommune kan bruke **krav og tildelingskriterier** i kontrakter for å øke bevisstheten om og legge til rette for utslippsfri anleggsdrift. Det kan for eksempel utvikles standard klima- og miljøkrav for bygge- og anleggsprosjekter i Rogaland som gjelder blant annet elektriske anleggsmaskiner og kjøretøy, oppvarming og uttørring, avfall og transport inkludert massetransport. Kravene må være tydelig definert for å være effektive [7], for eksempel, systemgrense, poeng tildelt basert på bruken av maskinen og ikke bare dens tilstedeværelse på stedet, og de må omfatte både direkte og indirekte utslipp på riktig måte. Forutsigbare krav vil gjøre det enklere å levere tilbud og tryggere for entreprenører å investere i utslippsfrie løsninger ved at det minsker risikoen ved investeringene.

Rogaland fylkeskommune bør sette tydelige mål for bruk av miljøkrav på porteføljenivå. Offentlige innkjøp og miljøledelse kan brukes aktivt for å få ned både direkte og indirekte utslipp. Ett tiltak for å oppnå større besparelser i utslipp er at prosjektbeskrivelser og konkurransegrunnlag er åpne for **innovasjon**. Byggherre kan i tillegg synliggjøre betalingsvillighet, for eksempel ved å prissette utslipp, så blir det opp til markedet å finne løsninger i prosjektene. Regelverk, standarder og håndbøker begrenser ofte bruk av nye, innovative materialer og teknologi. Disse må gjennomgås og oppdateres for å ivareta både klima og sikkerhet. Bruk av åpne spesifikasjoner som ytelses- og funksjonskrav framfor detaljerte kravspesifikasjoner kan gjøre det enklere for entreprenøren og konsulentene å presentere innovative løsninger for mer klimavennlige alternativer [38].

Rogaland fylkeskommune bør opprette en regional **utlånsordning** for utslippsfrie maskiner, tilsvarende den i Viken. En slik ordning vil gi aktørene mulighet til å teste og sammenlikne maskinene, i tillegg til å bygge kompetanse. Fylkeskommunen bør samarbeide og dele maskiner med andre kommuner. Samarbeidet vil både bedre tilgangen på elektriske maskiner og gi mulighet for å utveksle erfaringer.

Det er et betydelig behov for **kompetanseheving** på kriterier, kravspesifikasjoner og kontraktsvilkår som er særlig egnet for mindre anleggsprosjekter. Det er voksende etterspørsel etter kurs og erfaringsdeling på dette. Her må infrastruktureiere i fellesskap, gjerne i samarbeid med andre relevante nettverk, etterspørre et tilbud på markedet som kan være med å skape en felles forståelse og utvikling av gode kriterier og kravspesifikasjoner for framtidige prosjekter. Med **kartlegging og oppfølging** av miljøbelastning og muligheter ved konkrete anskaffelser økes kunnskap og kompetanse hos offentlige og private virksomheter, og gjør det enklere å vite hvilke miljøkrav eller -kriterier som er relevante å stille, og hva som gir best effekt.

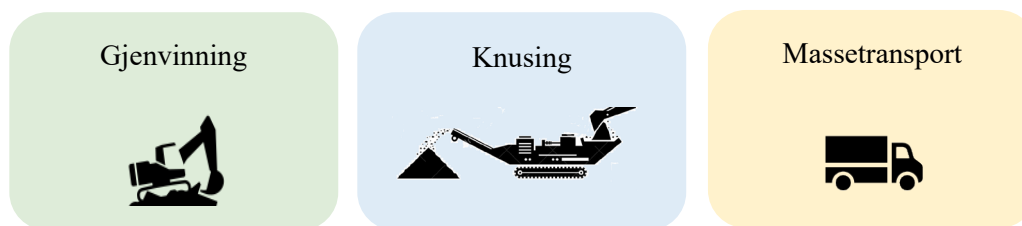
Det fins ulike **insentiver og støtteordninger** som kan brukes for å få til en raskere overgang. Rogaland fylkeskommune kan søke Klimasats for støtte til klimatiltak [39]. Klimasats er en støtteordning for kommuner og fylkeskommuner som vil kutte utslipp av klimagasser og bidra til omstilling til lavutslippssamfunnet. Det anbefales også å kommunisere til bransjen om offentlige virkemidler som ENOVA for støtte til pilotering, innkjøp av elektriske maskiner og kjøretøy, og kompetansebygging. Aktører kan for eksempel begynne med å kjøpe inn elektriske anleggsmaskiner og biler under 8 tonn som har en lavere merkostnad, kortere ladetid og er mer tilgjengelig i markedet.

Utslippsfri anleggsplass

Dette kapitlet viser resultatene fra simulering av energibehov og lasteprofiler for en planlagt helelektrisk anleggsplass i Rogaland fylkeskommune, nemlig Kluge-tippen. Basert på intervjuer med utvalgte nøkkelpersoner med erfaringer fra utslippsfrie anleggsplasser i Norge blir det også presentert tiltak for best mulig energifleksibilitet og reduksjon av effekttopper.

Energimodellering

Kluge-tippen i Gjesdal kommune er ett av tre aktuelle områder for et sentralt mottak og mellomlager for masse i *Regionalplan for massehåndtering på Jæren*. Tippen er på 100 000 kvadratmeter og er planlagt brukt som masseuttak og mottaksanlegg. Kluge-tippen vil på sikt bli et "showcase" for å gi anbefalinger til energi- og effektoptimalisering, rutiner og prosedyrer når flere elektriske maskiner kjøres samtidig. Aktivitetene som foregår på Kluge-tippen, kan kategoriseres i tre ulike grupper: gjenvinning, knusing og massetransport, se Figur 2.



Figur 2. Planlagte aktiviteter på Kluge-tippen

Energi- og effektbehov på en helelektrisk anleggsplass er svært avhengig av hvilke anleggsmaskiner og kjøretøy som brukes, hva de brukes til, og hvor mye de kjører. For å vise hvordan energibehovet fordeler seg mellom ulike elektriske anleggsmaskiner og kjøretøy har SINTEF brukt sitt eget energi- og effektmodelleringsverktøy til å kartlegge det elektriske energibehovet på Kluge-tippen basert på et planlagt scenario for helelektrisk drift. Energi- og effektmodelleringsverktøyet inkluderer detaljert informasjon om maskinparken som er tilgjengelig på det norske markedet i dag, og er supplert med hypotetiske gjennomsnittsdata for tunge kjøretøy [5]. Det er antatt at Kluge-tippen er i kontinuerlig drift i ni timer hver arbeidsdag fra kl. 07 til kl. 17, med en times lunsjpause til hurtiglading (fra kl. 11 til kl. 12). Det er antatt at nattlading foregår mellom kl. 22 og kl. 06. Maks tilgjengelig effekt på Kluge-tippen er 230 kW.

Entreprenør RISA og maskinleverandør Rental.one har levert en maskinliste for Kluge-tippen med informasjon om blant annet maskintype, modell, vekt, effekt, teknologiløsning og driftstid, se Tabell 1. Maskinene brukes til gjenvinning, knusing og massetransport. Det er ikke bestemt hvilke maskiner som skal bestilles til vannpumpe, slurrypumpe og knuseverk, så effektbehovet på disse er estimert av entreprenøren. Gravemaskinen skal bygges om av NASTA Spesialproduksjon fra en dieseldrevet HITACHI ZX 530 LCH-6 til elektrisk drift. Hjullasteren til gjenvinning skal bygges om av Rental.one i et ENOVA-prosjekt fra en dieseldrevet VOLVO L110H til elektrisk drift i andre kvartal av 2023, så effektbehov på disse er estimert.

Tabell 1. Elektrisk maskinpark som er antatt å bli brukt på Kluge-tippen ved helelektrisk drift

Aktivitet	Maskin	Modell	Vekt (t)	Effekt (kW)	Antall	Teknologi	Lades i lunsjpause
Gjenvinning	Trommelverk	TEREX-MDS M515 [40]	48	96	1	Kabel	-
	Kvern	ARJES IMPAKTOR 250 e-pu [41]	12	160	1	Kabel	-
	Vaskeanlegg for masser	TEREX-M1700x [42]	27	75	1	Kabel	-
	Vaskeanlegg for sand	TEREX-FM 120 C-2G [43]	-	45	1	Kabel	-
	Doseringspumpe til vaskeanlegg	TEREX-Floc Dosing Unit 3000 I [44]	-	4	1	Kabel	-
	Vannpumpe	-	-	55	1	Kabel	-
	Slurrypumpe	-	-	45	1	Kabel	-
	Hjullaster	Volvo L110H (diesel) [45]	20	191	1	Batteri	X
Knusing	Knuseverk	-	-	181	1	Kabel	
	Hjullaster	Volvo L260H (diesel) [46]	39	310	1	Batteri	X
	Gravemaskin	HITACHI ZX 530 LCH-6 [47]	56	296	1	Kabel	
Massetransport	Lastebil	Scania semi [48]	40	468	4	Batteri	X

Gjenvinning: Alle maskinene som brukes til gjenvinning, er kabeldrevet, bortsett fra hjullasteren som bruker batteri. Alle de kabeldrevne maskinene er koblet til strøm gjennom arbeidsdagen, mens hjullasteren hurtiglades i lunsjpausen og normallades om natten.

Knusing: Både knuseverket og gravemaskinen er kabeldrevet og koblet til strøm gjennom arbeidsdagen, mens hjullasteren bruker batteri og hurtiglades i lunsjpausen og normallades om natten.

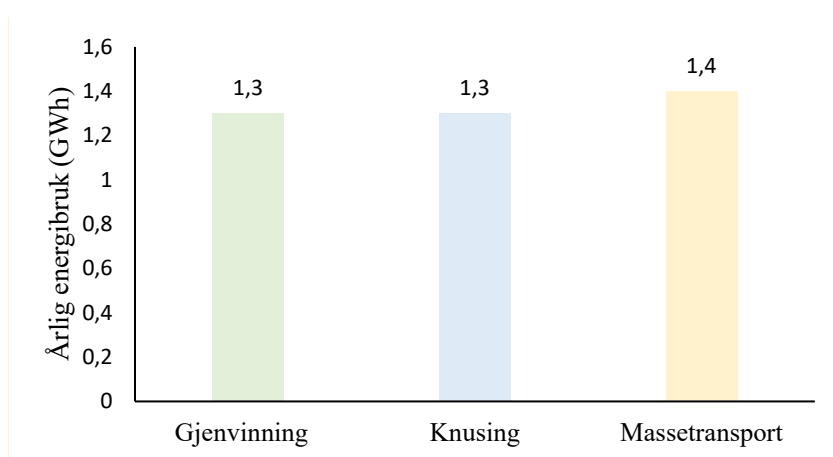
Massetransport: Det er fire lastebiler som har behov for å hurtiglade batterier på Kluge-tippen to ganger i løpet av dagen. Lastebilene lades om natten.

Det er en viss grad av usikkerhet og antakelser knyttet til disse beregningene siden mye av dataene er basert på estimer i tidligfase før maskinene er anskaffet og før anleggsplassen er i drift. Innsamlede data er noe begrenset i forhold til hva som er tilgjengelig av tekniske spesifikasjoner for de elektriske maskinene og lastebilene. Det antas at anleggsmaskiner har kontinuerlig drift på maks effekt. Det er antatt at kabeldrevne maskiner ikke brukes i lunsjpausen. Det er ingen optimalisering av energibruk eller effektopper, og heller ingen energifleksibilitet eller energilagring.

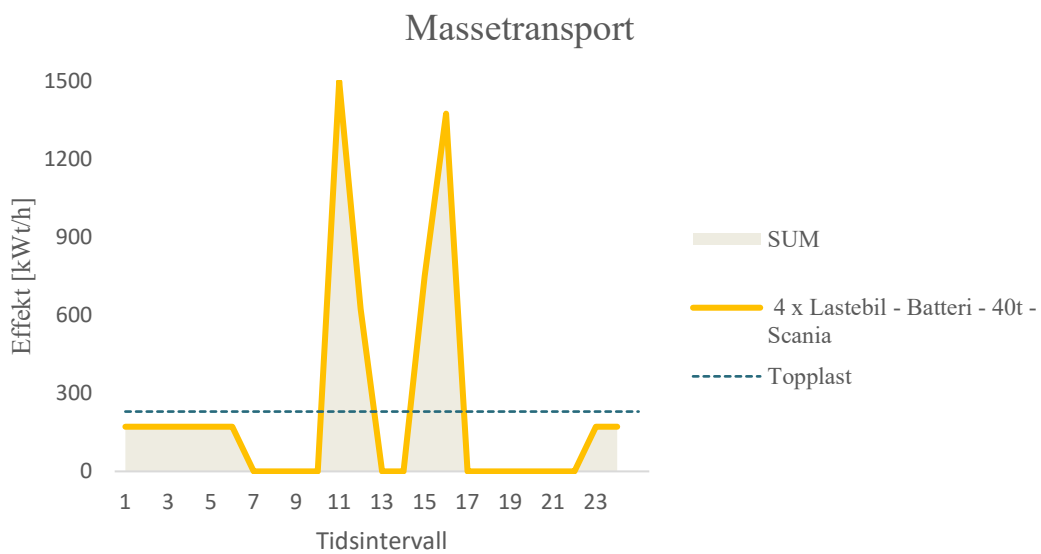
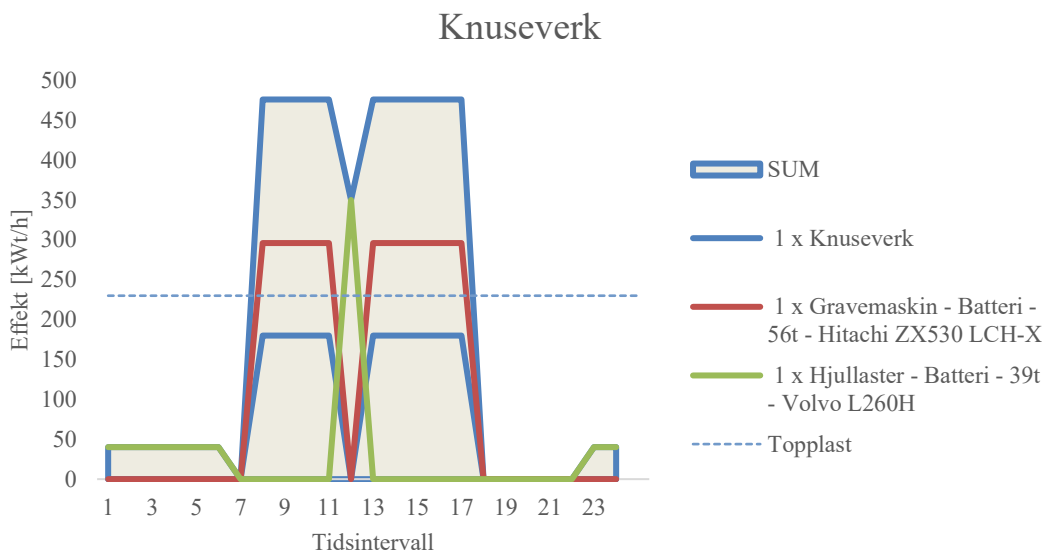
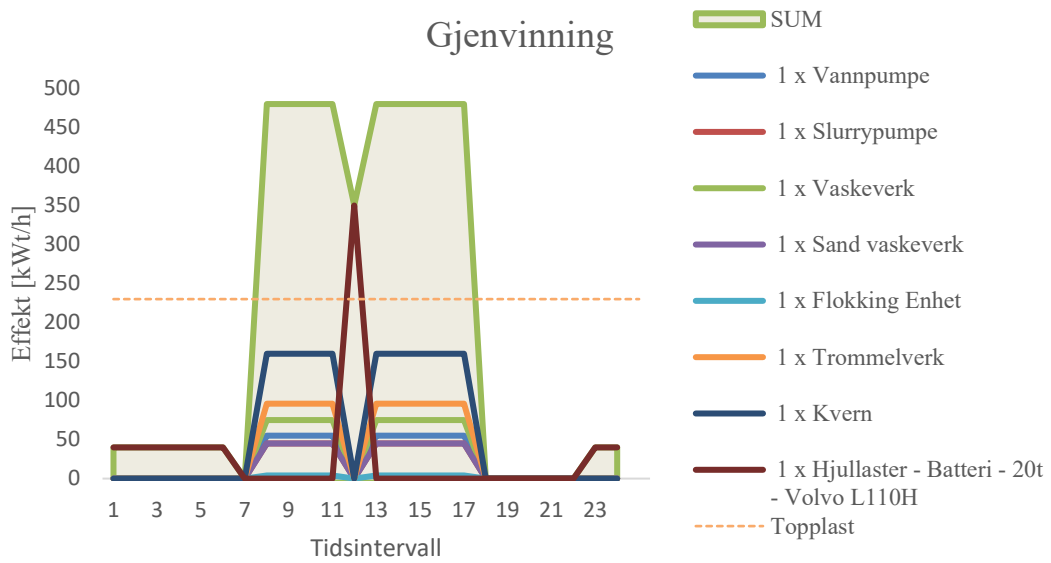
Tabell 2 viser grovestimat på topplast, maksimal daglig energibruk og årlig energibruk for planlagt helelektrisk drift på Kluge-tippen. Figur 3 viser fordelingen av årlig energibruk estimert per aktivitet. Figur 4 viser estimerte døgnlastprofiler med timeoppløsning for Kluge-tippen for de tre forskjellige aktivitetene. Resultatene viser at massetransport har høyest topplast og maks daglig og årlig energibruk, etterfulgt av knusing og gjenvinning. Til sammen har Kluge-tippen en topplast på 2 456 kW, maks daglig energibruk på 15,8 MWt og årlig energibruk på 4,1GWt. Når alle de kabeldrevne maskinene er i bruk, har Kluge-tippen en grunnlast på 956 kW.

Tabell 2. Grovestimat på topplast, maks daglig energibruk og årlig energibruk for planlagt helelektrisk drift

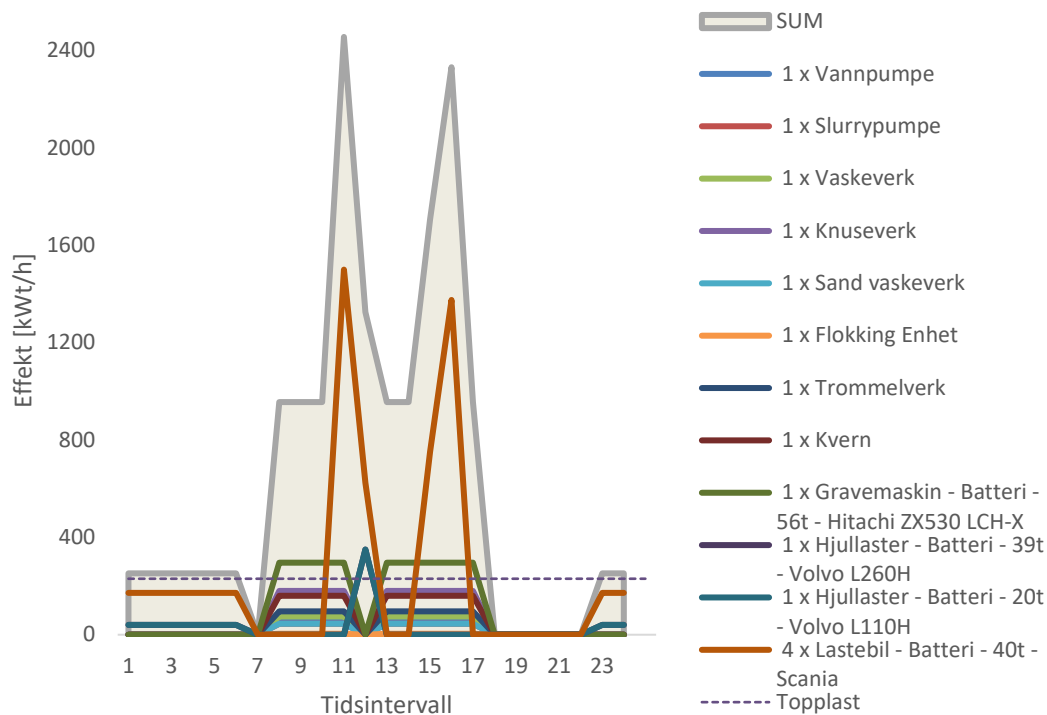
Aktivitet	Topplast (kW)	Maks daglig energibruk (MWt)	Årlig energibruk (GWt)
Gjenvinning	480	5	1,3
Knusing	476	4,9	1,3
Massetransport	1 500	5,6	1,4
SUM	2 456	15,8	4,1



Figur 3. Fordeling av estimert årlig energibruk per aktivitet



Figur 4. Estimerte døgnlastprofiler med timeoppløsning for Kluge-tippen for de tre ulike aktivitetene



Figur 5. Estimerte døgnlastprofiler med timeoppløsning for Kluge-tippen for alle aktivitetene

Tiltak for energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser

I alt ble fire byggherrer og leverandører intervjuet om tiltak for energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser. Intervjuobjektene inkluderer Vann og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune, Tromsø kommune, Eviny (leverandør av ladeutstyr) og NASTA (maskinleverandør). VAV stilte med en rådgiver for ytre miljø med oversikt over VAVs prosjektportefølje. Tromsø kommune stilte med en prosjektleder ved seksjon for utemiljø og mobilitet. Eviny stilte med en prosjektleder innen innovasjon og rådgivning av mobile energiteknologier. NASTA stilte med en prosjektleder med oversikt over alle oppdrag de har. Intervju-spørsmålene fins i vedlegg B.

Planlegging

VAV skaffer informasjon om tilrettelegging av strøm i anskaffelsesdokumentene slik at det gis tilstrekkelig informasjon om effektuttak for de som gir tilbud. De har dialog med Elvia (som nettleverandør) tidlig i planleggingsfasen og med entreprenør i driftsfasen. Dette tiltaket hjelper entreprenørene til å komme med realistiske tilbud og ha en ideell plan for energi- og effektforbruk på anleggsplassen. Dette er spesielt viktig i prosjekter som har dårlig effekttilgang. Energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser er ikke en oppgave hos VAV. VAV legger ut kontrakter på anbud, og entreprenørene som vinner anbudet, har ansvar for å planlegge energi- og effektforbruk for utslippsfri drift. Det er mange prosjekterende som er involvert i et utslippsfritt anleggsprosjekt, og VAV prøver å hjelpe dem som kontaktperson opp mot Elvia.

Tromsø kommune ber om energieffektive maskiner i utlysninger og gjennom anbudsprosesser. De har en klima-, energi- og miljøbok – KEM-boka – som tilbys entreprenørene og ber dem om å beskrive hvordan de skal nå målene om utslippsfrie anleggsplasser når det gjelder maskinbruk, massehåndtering, transport osv. Kommunen vurderer svar fra entreprenørene i et poenggivningssystem. Det er viktig å ha god bestillerkompetanse og klare å sette gode krav og vurderingskriterier til de tilbudene som kommer inn. DFØs evalueringsmaler er et nyttig verktøy for vurdering av tilbudene.

Når det gjelder energi- og effektplanlegging, starter Eviny med å estimere energi- og effektbehovet basert på innsamlede data fra prosjekteier. Noen prosjekteiere har god oversikt over sine behov, aktivitetstyper og maskintyper, mens andre har begrenset med informasjon og erfaringer. Jo mer detaljert informasjon prosjekteier gir, desto mer konkret energi- og effektplan kan Eviny levere. I noen tilfeller må Eviny gjøre antakelser om anleggsmaskinene siden det fins begrenset eller manglende data på disse. Eviny har også mulighet å kontakte nettselskaper og legge til rette for hvordan nettselskapet skal dekke effektbehovet til prosjektet på best mulig måte – noe noen entreprenører kan oppleve som vanskelig. Eviny har et verktøy for modellering av energibehovet – Effektkalkulatoren – som er tilgjengelig på deres nettside. Verktøyet er bygget på data fra dagens utstyr for utslippsfrie anleggsprosjekter og oppdateres jevnlig. Brukeren legger inn maskintyper som skal brukes på anleggsplassen, og verktøyet beregner energi- og effektbehov for prosjektet. Eviny kan bidra med anbefalinger om optimalisert drift av maskinene på anleggsplassen og vise forskjellen mellom typisk og optimalisert drift fra et energi- og effektperspektiv. I tillegg har de et verktøy som anslår nødvendig batterikapasitet.

VAV påpeker at bestilling av nettkapasitet til nettleverandører til riktig tid er en viktig faktor i tidlig planlegging av strømforsyning. Saksbehandlingstid hos nettleverandør kan være problematisk. I et av VAVs prosjekter fikk de beskjed om en forventet saksbehandlingstid på 3–4 uker, men i virkeligheten tok det 4–6 måneder. For å unngå problemer knyttet til oppstart anbefaler VAV å sende inn søknaden opptil 6 måneder før tentativ anskaffelse. Samtidig bør det bemerkes at søknaden ikke kan sendes inn for tidlig. Ved utilstrekkelig strømkapasitet må entreprenøren finne andre løsninger for å oppfylle målene om utslippsfri anleggsplass, noe som ofte kan være fordyrende.

Logistikk

NASTAs erfaringer er at små maskiner (under 8 tonn) har lav nok effekt til at de kan lades og kjøres samtidig, noe som fører til mer fleksibilitet på anleggsplassen. NASTA gir ofte en introduksjonsbok med maskinspesifikasjonene til entreprenøren slik at entreprenøren kan håndtere planlegging av elkraften for maskinparken. De aller største maskinene (300 A–400 V) krever ganske store energimengder (200–300 kW makseffekt) og bør få tildelt egen transformator. Ved bruk av store maskiner pleier NASTA å sende en representant til befaring på anleggsplassen for å hjelpe entreprenøren med planleggingen.

Batteri-elektriske maskiner som fins i dag, har ikke nok rekkevidde eller lagringskapasitet til å driftes en hel arbeidsdag og må ofte hurtiglades i løpet av dagen. VAV og Tromsø kommune poengterer at ansvar for ladelogistikk ligger hos entreprenøren, og vil ikke at dette går utover framdriften til prosjektet. Eviny påpeker at ladelogistikk kan variere basert på hva som er praktisk for prosjektet. De anbefaler vanligvis å bruke hurtigladede i lunsjpausene og industri-kontakter til natllading. Hvis nettkapasitet er begrenset, kan lasten fordeles ved å ha separate lunsjpauser for ulike maskiner. Ladelogistikken prioriteres ofte ut fra aktivitetstype på anleggsplassen – for eksempel pleier gravemaskiner å få førsteprioritet på lading, mens lastebiler må vente til det er ledig ladekapasitet.

Når det gjelder lading og bruk av elektriske maskiner, bør det først vurderes hvor maskinene skal lades. Denne informasjonen er viktig for planlegging av trafo og kabler, og for lokasjonen til riggplasser og brakker. I noen tilfeller er det en avveining mellom å velge en stor gravemaskin som gjør jobben raskt og effektivt, eller velge en liten og medium gravemaskin som er lettere å organisere med hensyn til strømtilgang.

Driverer

Tromsø kommune påpeker at en viktig faktor for å gjennomføre prosjekter med utslippsfrie anleggsplasser er å ha spisset kompetanse og engasjerte personer i kommunen som løfter fram tematikken. En annen driver for å få til omstillingen er aktiv involvering av bransjen, og at kommunen tar sin del av kostnaden og risikoen. NASTA nevner at karbonprising kan betraktes

som en viktig driver for spredningen av utslippsfrie anleggsplasser. I dag er det ikke gunstig å drive med utslippsfrie anleggsplasser fordi det koster mer enn vanlige anleggsplasser.

Barrierer

VAV nevner at det er treghet i systemet når det gjelder energi- og effektplanlegging. Den viktigste faktoren er at nettleverandøren bruker mye tid på saksbehandling etter å ha mottatt forespørselen og oppstartsdialogen blir forsinket. En effektivisering av kartleggingsprosessen, innføring av selvbetjeningsløsninger eller kart fra nettleverandør vil forenkle planleggingsprosessen slik at det brukes mindre tid på saksbehandling.

VAV opplever at de har begrenset med tid og ressurser, noe som gjør det vanskelig å identifisere tiltak tidlig i planleggingsfasen.

Tromsø kommune nevner tilgang på strømkapasitet, kostnader, dårlig kommunikasjon og manglende kompetanse som viktige påvirkningsfaktorer. Tromsø kommune har en ekstra utfordring fordi de har en kort anleggsperiode med utfordrende klima hvor kulde kan redusere driftstid på elektriske anleggsmaskiner. De opplever at det koster å omstille seg til klimavennlige tiltak, men noen må gå foran. Utslippsfrie anleggsprosjekter kan ta lengre tid siden det kreves ekstra tid til lading. Det bør gis tilstrekkelig tid og rom for entreprenører til å skaffe seg erfaringer med elektriske anleggsplasser og heve kompetansen sin.

Eviny nevner at type arbeid som skal utføres og tidsrammen til prosjektet, er en av de viktigste faktorene som kan påvirke energi- og effektplanlegging av utslippsfrie anleggsprosjekter. Tilgjengelig strømkapasitet kan også være en viktig barriere, samt det å ha tilgang til nok elektriske maskiner.

NASTA påpeker at maskinførere noen ganger møter vanskeligheter som kan redusere interessen for å bruke elektriske maskiner. Dette kan bedres ved å innføre opplæring på bruk av elektriske anleggsmaskiner og ved å hjelpe dem med mer effektiv drift av maskinene, samt å gi bistand til planlegging av arbeidsoperasjonene.

Optimal bruk av ladeinfrastruktur kan også være en utfordring. Det krever god kommunikasjon mellom ulike programvarer som sørger for at systemene fungerer til blant annet lading, effektstyring og økonomistyring. Det er behov for å utdanne fagfolk til bruk av elektriske anleggsmaskiner og på prosjektledelse av elektrifiserte anleggsplasser. Utdannelsen bør blant annet inkludere HMS og energi- og effektplanlegging.

NASTA påpeker at det er mangel på økonomiske insentiver, særlig med tanke på økningene i strømprisen i det siste. I samsvar med dette tenker Tromsø kommune at det trengs insentiver for å gi langsiktig forutsigbarhet til entreprenørene slik at de er villige til å ta risikoen og velge elektriske løsninger i prosjektene sine.

Eviny påpeker at leveringstiden på batterier kan variere, og i løpet av koronapandemien har den økt mye. Hvis batteriet ikke er tilgjengelig på varelager, er bestillingstiden 10–12 måneder.

Tiltak

NASTA sier at tidlig effektplanlegging er det viktigste tiltaket for optimalisering av energi- og effektbehov på utslippsfrie anleggsplasser, mens VAV bemerker at smart styring av energi er et viktig tiltak for optimalisering av energi og kraft. Eviny sier at det å bruke ulike teknologiske løsninger (batteri og kabel) er et av tiltakene som kan bidra til optimalisering av energi- og effektbehovet. I tillegg kan byggherrenes vilje til å forlenge prosjektidsrammen betraktes som et tiltak for å redusere effekttoppen. Ifølge Eviny er det mest effektive tiltaket ved begrenset nettkapasitet å bruke batterier som en del av infrastrukturen på anleggsplassen, men dette vil føre til en stor merkostnad i prosjektet. Hydrogen og biogass er også alternative

energikilder som kan brukes for å redusere effekttoppene, men hydrogen er også en kostbar løsning.

NASTA tilgjengeliggjør informasjon om anleggsmaskinenes lastprofiler for ulike arbeidsoppgaver slik at den kan brukes til å redusere energi- og effektbehovet i driftsfasen. Informasjonen om IoT-løsninger deles med kunder slik at de kan lære seg hvordan lastprofilene for ulike arbeidsoppgaver ser ut på et detaljert nivå, for eksempel fra svingetid, stå- og ventetid, og hard arbeidstid. Dette er informasjon som kan være nyttig å ha med seg i energi- og effektplanleggingen. Opplæring har blitt nevnt som det viktigste elementet for NASTA, slik at kunden forstår energibruksmønstret til elektriske maskiner. Erfarne brukere vet at det er bedre å lade maskinen når man har mulighet når man arbeider med en elektrisk maskin, og ikke når man må. Mange av problemene som oppstår på anleggsplass, er ofte knyttet til lite erfaring og kunnskap. Det må også tas hensyn til at felles lunsjpause er en viktig del av arbeidsmiljøet.

VAV trekker fram at batterikonteinere og hurtigladere for øyeblikket ikke serieproduseres, noe som gjør dem dyrere. Likevel jobber VAV iherdig med å bruke dem som en del av løsningene i sine prosjekter. Batterikonteinere og hurtigladere er et avgjørende tilskudd til prosjekter som ligger utenfor byen med begrenset tilgang til strøm. I tillegg kan disse teknologiene bidra til utjevning av behovet for høy effekt ved at maskiner lades ved lavere effekt uten at det belaster nettet. Store maskiner har per i dag ikke nok batterikapasitet til å vare en hel arbeidsdag.

NASTA har introdusert peak-shaver teknologi hvor de bruker batterier til å utjevne strømbruk, noe som fører til et mer forutsigbart og lavere effektbehov på anleggsplassen. De bruker også programvare for overvåkning av energi- og effektbruk, men de har ikke utviklet energistyringsteknologier som kan optimalisere bruk av maskinparken når flere store anleggsmaskiner og kjøretøy skal styres samtidig.

Smarte byggestrømstavler kan brukes til å overvåke energibruk og hjelpe entreprenører til å ha god oversikt over prosjektet.

NASTA framhever også optimalisering av masseinntak og -uttak som et viktig tiltak. Det kan være nyttig å bruke stedlige masser (de samme massene som graves opp brukes om igjen). VAV legger til at det i den sammenheng også bør vurderes tiltak som kan redusere mengden masser som må transporteres. Gjenbruk av masser i prosjektet kan være et effektivt tiltak.

Energiinfrastruktur

I dette kapitlet vurderer vi ulike infrastrukturer for energiforsyning til elektrifisering av Kluge-tippen. Løsningene omfatter strøm fra nettet, hydrogen, batterier og solceller. Analysen inkluderer en vurdering av fordeler, ulemper og risiko knyttet til hver løsning. Estimert topplast på en helelektrifisering av Kluge-tippen er 2,5 MW, med en estimert daglig energibruk på 15,8 MWt. Per i dag er maks tilgjengelig effekt på Kluge-tippen 230 kW.

Nett

Norges strømmnett er bygd opp av tre nivåer: transmisjonsnett, regionalnett og distribusjonsnett [49]. Den viktigste forskjellen mellom disse er spenningsnivået. Transmisjonsnettet har de største kraftledningene og fungerer som "motorvei" for elektrisitetsforsyningen. Transmisjonsnettet forbinder elektrisitetsprodusenter og forbrukere over hele landet og omfatter forbindelser til utlandet. Transmisjonsnettets kraftledninger har vanligvis 300 eller 420 kV, med noen unntak med 132 kV spenning. En høyere spenning på nettet fører til lavere energitap, noe som gjør at elektrisitet kan transporteres mer effektivt over større avstander. Transmisjonsnettet går inn i regionalnettet som har en spenning på 132 eller 66 kV. Regionalnettet fungerer som mellomforbindelse mellom transmisjonsnettet og distribusjonsnettet. Distribusjonsnettet er det siste trinnet og kobler sluttbrukerne til strømmettet. Spenningen er enda lavere – fra 22 kV ned til 230 V for vanlige husholdninger.

Statnett er hovedansvarlig for nettsystemet og driften av transmisjonsnettet, mens regional- og distribusjonsnettet bygges og vedlikeholdes av konsesjonseierne. Hele landet er delt inn i konsesjonsområder med én netteier hver som har rett og plikt til å bygge ut og drive nettet opp til 22 kV i sitt område, uten at man trenger godkjenning fra NVE. I Rogaland er det sju eiere av vanlige energiverk, samt seks andre typer eiere, se Tabell 3.

Tabell 3. Områdekonsesjoner i Rogaland [50]

Eiernavn*	Eiertype**	Nettsted
Agder Energi Nett AS	Energiverk	https://www.aenett.no
Bkk Nett AS	Energiverk	https://www.bkk.no/nett
Enida AS	Energiverk	https://dalane-nett.no/
Fagne AS	Energiverk	https://fagne.no/
Jæren Everk AS	Energiverk	http://www.jev.no/
Ke Nett AS	Energiverk	https://ke-nett.no/
Lnett AS	Energiverk	https://www.l-nett.no/
Aibel AS Avd Haugesund	Industri	https://aibel.com/no/about/locations/haugesund
Equinor ASa	Industri	https://www.equinor.com/no.html
Hydro Aluminium AS	Industri	https://www.hydro.com/no-NO
Titania AS	Industri	
Aktieselskabet Saudefaldene AS	Kraftverk	https://www.orkla.com/
Avinor AS	Samferdsel	https://avinor.no/

* Energiverket har konsesjon til å bygge og drive distribusjonsnett i sitt energiverksområde, og har tilknytningsplikt i dette området.

** Områdekonsesjonærens virkeområde: ENERGIVERK – Vanlig energiverk, INDUSTRI – Industriselskap, KRAFTVERK – Forsyning til område rundt kraftverk, NÆRINGSPARK – Forsyning til flere bedrifter innenfor begrenset område, SAMFERDSEL – Forsyning til jernbanedrift eller flyplasser.

Kluge-tippen ligger i konsesjonsområdet til Lnett. Det pågår en oppgradering av Rogalands regionalnett for å sikre at nettet vil ha nok kapasitet i framtiden. Kapasiteten er forventet å dobles fra 1 300 MW i 2020 til 2 600 MW [51]. Noen steder i Lnetts konsesjonsområde har allerede begrenset kapasitet, noe som gjør det mer tidkrevende og dyrere å få en ny tilknytning. Avhengig av hvor mye strøm kundene har behov for, estimerer Lnett at utredning av nettkapasitet vil ta opptil sju år og koste kundene over 150 millioner kr, se Tabell 4.

Tabell 4. Eksempler på behov, tiltak og behandlingstid og kostnader ved å få gjennomført tiltak som gir tilknytning på forskjellige effektbehov. Kilde: [52]

Utredningstid (mnd.)	Kostnadsoverslag (mill.)	Tiltak	Planlegging s-tid (år)	Behov (MW)
1–4	2–15	Distribusjonsnett	0,5–1	5–10
1–4	20–50	Økt transformatorkapasitet	1–1,5	10–20
6–12	70–150	Ny transformatorstasjon eller utvidelse av eksisterende stasjon	2–5	20–50
Over 12	Over 150	Nye transformatorstasjoner og kraftledning	3–7	Over 50

Hydrogen

Hydrogen er ikke en energikilde, men en energibærer. Det betyr at man trenger en energikilde, for eksempel elektrisitet, til å produsere hydrogen. Hydrogen kan transporteres og lagres inntil man trenger energien, og da kan energien frigjøres gjennom en elektrokjemisk prosess eller forbrenning. Hydrogen kan lagres som gass eller flytende. Energiinnholdet er omtrent 2,8 ganger høyere enn bensin eller diesel: Hydrogen i gassfase inneholder omtrent 33,3 kWt/kg, og flytende hydrogen inneholder omtrent 2,4 kWt/liter, mens bensin og diesel inneholder ca. 12 kWt/kg [53].

Det er flere klassifiseringer av hydrogen, inkludert grått, blått og grønt. Fargen er ikke relatert til hydrogenets fysiske utseende siden det er en fargeløs gass, men peker på energikilden og produksjonsmetoden [54]. Grått hydrogen produseres fra fossilt metan og er den vanligste hydrogentypen i dag [55]. Blått hydrogen produseres også fra metan, men kombineres med karbonfangst og lagring (CCS) for å redusere klimagassutslipp. Grønt hydrogen er produsert fra fornybar energi og har ingen direkte klimagassutslipp i produksjonsfase. Andre farger inkluderer:

- svart og brunt (fra svart- eller brunkull)
- rosa (fra kjernekraft)
- lilla (via metanpyrolyse; denne metoden er ennå ikke utviklet i stor skala)
- gult (fra solenergi, så dette er også grønt)

Fargekodene er ikke standardisert, og definisjoner kan endres eller nye farger legges til. For utslippsfrie anleggsprosjekter er det viktig å påpeke at grått, blått, brunt og svart hydrogen ikke kan brukes siden de er produsert fra fossile kilder og ikke har utslippsfri produksjon. Kun grønt hydrogen og andre farger som indikerer fornybare energikilder med ingen direkte klimagassutslipp fra produksjonsprosessen, er egnet på utslippsfrie anleggsplasser.

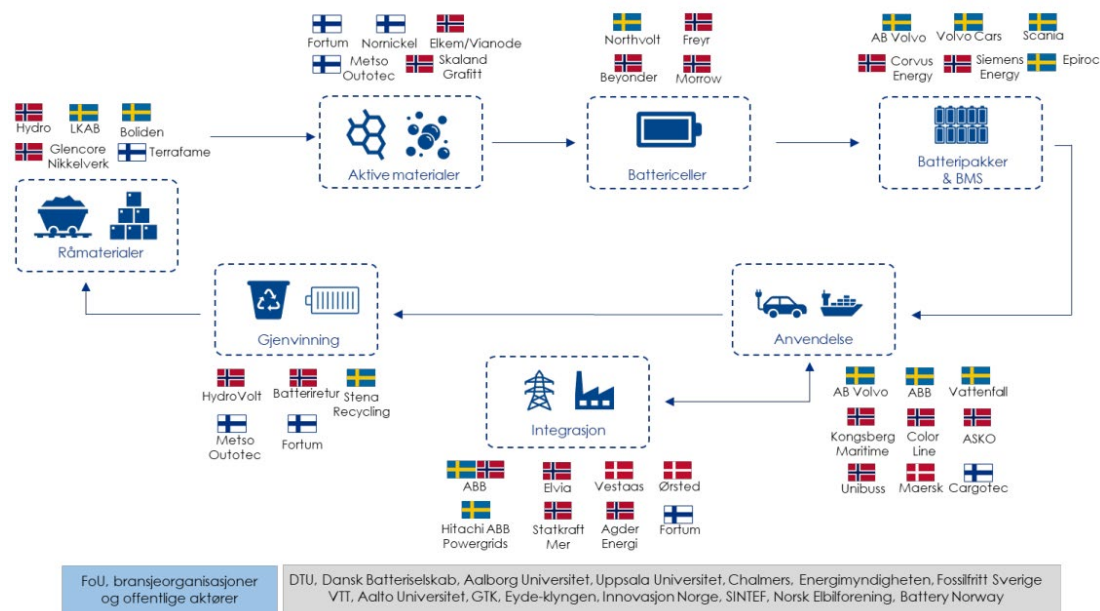
Det fins foreløpig ingen infrastruktur for grønn hydrogenproduksjon i Rogaland, men flere prosjekter er pågående eller planlagt:

- Norled og GreenH planlegger et bunkringstårn og produksjonsanlegg i Fiska (Strand kommune) som vil produsere nok hydrogen til å drive Norleds hydrogenferje, i tillegg til å selge omtrent et halvt tonn hydrogen per dag på det åpne markedet. Reguleringsplanen ble godkjent av Strand kommune i 2021 [56].
- ROBINSON-prosjektet skal bygge hydrogenanlegg på Kaupanes (Eigerøya) som vil produsere ca. 400 kg hydrogen i døgnet. Det skal levere hydrogen til en fyllingsstasjon nær Stavanger [57, 58].
- Westgass har planlagt en fyllingsstasjon på Vagle i Sandnes [59].

Batterier

Batterier lagrer energi i kjemisk form. Det fins mange typer batterier, kjennetegnet ved hvilken type kjemisk reaksjon de bruker. Tradisjonelle bilbatterier inneholder bly-syre (Pb-acid), mens de fleste elbiler bruker litium-ion (Li-ion) batterier. Andre typer inkluderer sinkbaserte, nikkelbaserte, metall-luft-, natriumbaserte og strømningbatterier [60]. Det har vært en stor utvikling

av batterier de siste årene. De har blitt mindre og lettere, samtidig som kapasiteten har økt [60]. Etterspørselen etter batterier med stor kapasitet forventes å øke drastisk de neste årene, hovedsakelig på grunn av elektrifisering av transportsektoren. Det er anslått at den globale etterspørselen vil øke fra 460 GWt i 2021 til 3 600–6 000 GWt, der 1 000 GWt er for det europeiske markedet alene [61]. I 2022 publiserte regjeringen Norges første batteristrategi. Strategien presenterer ti grep for å oppnå en bærekraftig batteriverdikjede i Norge [61]. Det fins flere store norske aktører allerede, for eksempel Hydro, Freyr og Batteriretur (Figur 5). Kostnaden på Li-ion batterier har sunket med 97 % siden 1991 [62], og den forventes å fortsette å falle på grunn av høyere produksjonsvolumer og mer kostnadseffektiv teknologi [63].



Figur 5. Oversikt over viktige nordiske aktører i batteriverdikjeden. Kilde: [63]

Batteriteknologi kan brukes for å balansere effektuttaket til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser og jevne ut effekttopper over døgnet. Bruk av batterikonteinere kan spille en viktig rolle der strømforsyningen er så svak at kontinuerlig energitilførsel ikke er tilstrekkelig til å dekke anleggsplassens energibehov. I slike tilfeller kan batterikonteinere transporteres på lastebiler til bygge- og anleggsplasser for lading av maskiner der de til enhver tid befinner seg. Det kan redusere tidstapet ved flytting av tyngre maskiner til ladepunkter, i tillegg til å redusere belting som trekker mye strøm. Batterikonteinere kan flyttes til nye byggeprosjekter når byggeprosjektet ferdigstilles og strømbehovet avtar. Dermed reduseres behovet for svært kostbare investeringer i strømmettet.

Solceller

I motsetning til energibærere som hydrogen og batterier, produserer solcellepaneler (eller PV paneler) egen energi. Det gjør de ved å konvertere solstråler til elektrisitet. Det fins flere typer solceller, inkludert "første generasjon" krystallinsk silisium (c-Si), og CdTe (kadmium-tellurid) og CIGS (kobber indium gallium selenid) som er "andre generasjon" tynnfilm solceller [64]. Tynnfilm solceller har lavere produksjonskostnader, men trenger mer areal for å generere samme energi som c-Si. Silisiumpaneler er den mest vanlige typen i dag.

Norge har forholdsvis stort solenergipotensial, mellom 700–1 000 kWt/m² per år [65]. Dette er sammenliknbart med deler av Tyskland, som er EU-landet med størst installert solenergi-kapasitet [66]. Solceller kan være bygningsintegret eller bakkemontert. Et annet skille kan gjøres mellom nett-tilknyttede (off-grid) og frittstående solceller. Tilknytning til strømmettet gjør det mulig å levere solstrøm til nettet når eget energibehov er lavere enn energi-produksjonen (kalt "plusskunde"). Solceller er nokså ineffektive med virkningsgrad på rundt

20 %, men dette oppveies delvis av at solenergi er en ubegrenset kilde [67]. Andre utfordringer er at energien kun kan produseres på dagtid, og at sesongvariasjonen er stor. Derfor er det fordelaktig å kombinere denne teknologien med energilagringssystemer.

Norge har svært lite installert PV-kapasitet i dag (omtrent 1 promille av landets totale kraftproduksjon), men dette øker raskt [68]. I dag er mesteparten av solcellene bygningsintegrerte og tilknyttet nett. Solenergi kan spille en betydelig rolle i det grønne skiftet, uten å kreve mye areal. Det er estimert at eksisterende areal av bygningstak nesten er tilstrekkelig til å dekke hele energibehovet i Norge [69]. Markedet vokser fort: Kostnadene til solcellesystemer har sunket betydelig de siste tiårene [70], og det fins rundt 40 leverandører av solceller i Norge [71].

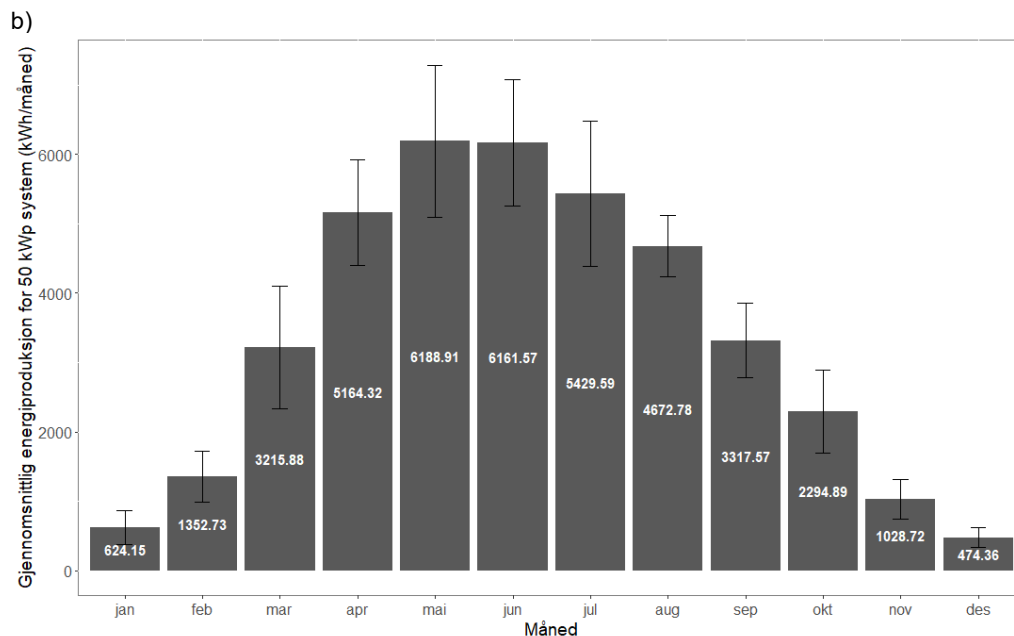
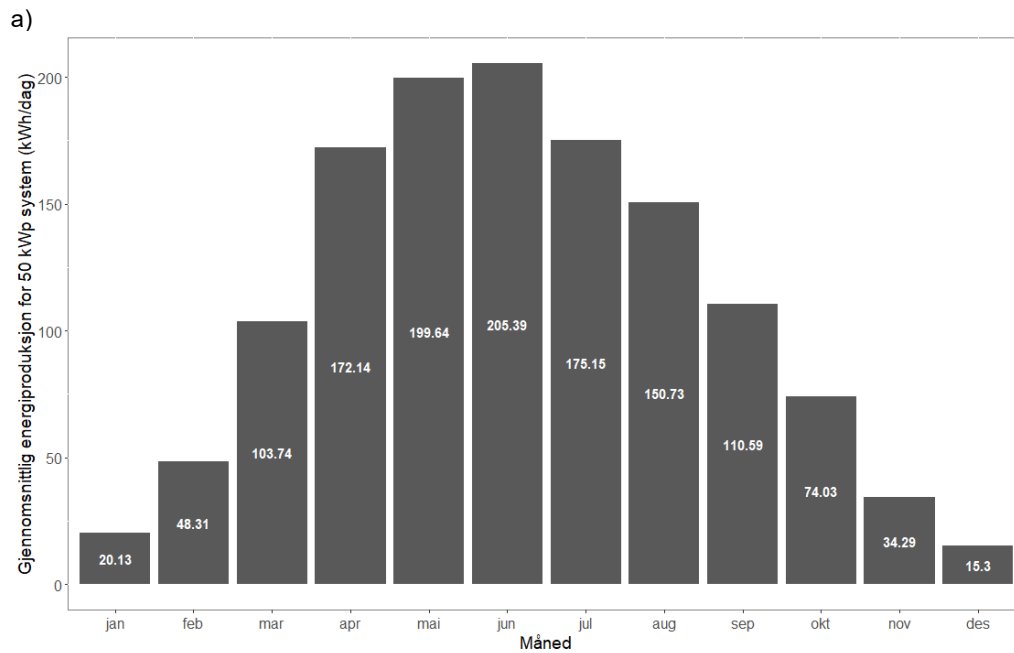
Ved begrenset nettkapasitet er et alternativ å bruke solceller til å dekke deler av strømbehovet på byggeplass. Hvor stor andel av strømmen solcellene kan dekke, vil variere fra prosjekt til prosjekt, i tillegg til været og stedet. Solceller kan brukes til å gi strøm til kabeldrevne anleggsmaskiner eller til å lade batterikonteinere. Solcelleanleggene kan for eksempel installeres på taket av brakkerigg slik at riggen til en viss grad blir selvforsynt med strøm.

Fordeler, ulemper og risikoer knyttet til ulike utslippsfrie tekniske løsninger

Westgass Hydrogen tilbyr en service som frakter komprimert hydrogen til byggeplassen, hvor den så omdannes til elektrisitet. Systemet består av flasker eller 20-fots containere med hydrogen, en kontrollenhet som regulerer hydrogenflyt, en brenselcelle som konverterer hydrogen til strøm, og strømuttak for å lade maskiner. Flytkontrollenheten regulerer flythastigheten til hydrogengassen og måler temperatur og trykk i containere. Hvis sikkerhetsmarginen overskrides, slår kontrollen automatisk av systemet og forsegler hydrogentilførselen. Det gjør det også mulig å bytte en nesten tom container med en full slik at strømforsyningen er uavbrutt. Fylling av containere og transport til og fra byggeplassen er en del av servicen fra Westgass.

Eldrift AS er en batterileverandør som tilbyr produktene ELCHARGE, ELSTORE og ELVIEW. ELCHARGE er en mobil 75–225 kW batterimodul med hurtiglader (150–360 kW hastighet). Modulen kan enkelt transporteres slik at den kan plasseres nær stedet hvor maskinene er aktive. ELSTORE er et mobilt eller stasjonært energilager med kapasitet på 75–45 kWt. Det kan kobles til ELCHARGE for å øke kapasiteten, og kan også flyttes etter behov. ELVIEW er et digitalt system for å følge ladestatus, GPS-posisjon og andre data fra alle Eldrift-modulene. Det gir også mulighet til å styre overvåkingskameraene på ELCHARGE modulene.

Norsolar AS er en solcelleleverandør som leverer komplette solenergisystemer: solcellepaneler, inverter, kabler og montering av paneler. Norsolar tilbyr både bygningsintegrerte og frittstående paneler. Som eksempel tar vi her et bakkemontert system på 50 kWp som ligger på Kluge-tippen (Figur 5). Størrelsen på standardpanelet er 1 130 mm x 1 720 mm. Solcelleanlegget består av 125 paneler på 400 W med et areal på ca. 250 m². Gjennomsnittlig energiproduksjon per dag vises i figur 6 a, mens gjennomsnittlig energiproduksjon per måned vises i figur 6 b. Resultatene viser at årlig estimert produksjon på Kluge-tippen vil ligge på rundt 33–47 MWt/år. Dette estimatet er basert på solinnstråling ved Kluge-tippen (58,763°N, 5,914°E) ved bruk av data fra PVGIS-SARAH2-databasen. Solcelleanlegget består av frittstående krystallinsk silisium (c-Si) solcellepaneler med en installert PV toppeffekt på 50 kWp og et systemtap på 14 %, en optimalisert fast helning på 40° og en optimalisert asimut på 0°. Feilstolpene viser standardavviket for den månedlige energiproduksjonen basert på årlig variasjon. Modellen tar ikke hensyn til de faktiske forholdene på Kluge-tippen, som skygge fra åser, bygninger eller trær.



Figur 6. Gjennomsnittlig energiproduksjon til et 50kWp solcelleanlegg på Kluge-tippen [65, 72]. Energi-produksjon a) per dag, og b) per måned

Tabell 5 viser fordeler og ulemper med de ulike energiløsningene organisert etter tema som vurderes i bygge- og anleggsprosjekter. Analysen er basert på diskusjoner med Westgass, El-drift, og Norsolar samt litteratursøk.

Tabell 5. Oversikt over innkjøpskostnader, driftskostnader, tilgang, energikapasitet, brukervennlighet, plassbehov, HMS, transportbehov og miljøaspekter for de ulike energiløsningene som vurderes for Kluge-tippen

Innkjøpskostnader	
Strømnettkapasitet	<ul style="list-style-type: none"> • Det fins et tilknytningspunkt på Kluge-tippen med maks effekt på 230 kW. Utbygging av tilknytning opp til 10 MW har en estimert kostnad på 2–15 millioner kroner [52].
Hydrogen-aggregat	<ul style="list-style-type: none"> • Westgass har to 20-fots containere som kan lagre 350 kg hydrogen hver. Det trengs også en brenselcelle for å konvertere hydrogen til elektrisitet. • Mest sannsynlig vil det brukes en leiemodell for utleie av hydrogencontainere og brenselceller, samt leveranse av hydrogen til anleggs-plassen.

Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> Eldrift selger sine løsninger (ELCHARGE, ELSTORE og ELVIEW) direkte til Rental.One, som deretter leier ut løsningene til entreprenør. Eldrift leaser ikke direkte til kunder. Investeringskostnaden for en ELCHARGE modul på 200 kWt er 2 millioner kroner. Eldrift forventer at kostnadene vil reduseres i framtiden. 																												
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> Kostnaden på solceller har sunket betydelig de siste årene, og det er forventet at denne trenden fortsetter [67]. Norsolar tilbyr mulighet til både kjøp og leie av solceller. Et system på 50 kWp, inkludert inverter, kabler og montering, koster ca. 500 000 kroner. 																												
Driftskostnader																													
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> Norsk elektrisitet har historisk sett vært svært billig sammenliknet med andre land, men det siste året har vist at systemet er sårbart for hendelser som krig og tørke, og at dette kan påvirke prisen. Det forventes et nasjonalt kraftunderskudd allerede i 2027 på grunn av energiomstillingen som gir høyere forbruksvekst enn forventet vekst i kraftproduksjon [73]. Forventet gjennomsnittlig kraftpris i 2027 er på 55 øre/kWt med stor variasjon, opp til 150 øre/kWt i prissone NO2 (Sørvest-Norge). I tillegg vil det sannsynligvis bli større sesongvariasjoner i kraftpris på grunn av variasjoner i fornybar energiproduksjon som vind og sol [73]: <p style="text-align: center;">Simulert årlig snittpris mot 2027, med utfallsrom for markeds- og værussikkerhet</p> <table border="1"> <caption>Simulert årlig snittpris mot 2027 (€/MWh)</caption> <thead> <tr> <th>År</th> <th>NO2 (Høy)</th> <th>NO3 (Lav)</th> <th>NO4 (Basis)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2022 (Historisk)</td> <td>217</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2023</td> <td>130</td> <td>60</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>2024</td> <td>94</td> <td>40</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>66</td> <td>45</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2026</td> <td>50</td> <td>40</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>2027</td> <td>55</td> <td>50</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*2022 er historisk snitt t.o.m. 31.10.22</small></p>	År	NO2 (Høy)	NO3 (Lav)	NO4 (Basis)	2022 (Historisk)	217	-	-	2023	130	60	53	2024	94	40	33	2025	66	45	30	2026	50	40	25	2027	55	50	40
År	NO2 (Høy)	NO3 (Lav)	NO4 (Basis)																										
2022 (Historisk)	217	-	-																										
2023	130	60	53																										
2024	94	40	33																										
2025	66	45	30																										
2026	50	40	25																										
2027	55	50	40																										
Hydrogen-aggregat	<ul style="list-style-type: none"> Grønt hydrogen er for tiden dyrere enn elektrisitet. Gjennomsnittlig drivstoffkostnad er 100 kr/kg (ca. 500 øre/kWt), men den forventes å avta med 60 % mot 2030 [74]. Oppskalering, lavere elektrisitetspriser og lavere transportkostnader på grunn av økt lokal produksjon skal bidra til billigere grønt hydrogen. Westgass har en avtale med en hydrogenprodusent i Egersund som bruker vannkraft som energikilde. Hydrogenpris er derfor tett knyttet til kraftpriser. 																												
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> Driften av batterikonteiner er avhengig av elektrisitetsprisen når konteinere lades. Siden det er noe fleksibelt når konteinere lades, er det mulig å minimere kostnader ved å lade når spotprisen er lavest. Brukere av Eldrifts ELVIEW må betale en leieavgift. 																												
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> Solceller har i utgangspunktet ingen driftskostnader. Derimot trengs et overordnet digitalt system for å styre koordinasjon mellom solceller, batterier og strømnett. Et slikt system vil medføre noen driftskostnader. Norsolar har en app for å holde oversikt over utbytte av solenergi, import fra strømnett og eksport til strømnett. Som plusskunde har entreprenøren mulighet til å levere opp til 100 kW solenergi tilbake til strømnettet [75]. Overskuddsstrøm levert inn på strømnettet betales tilbake gjennom et negativt energiledd [76]. 																												
Lokal tilgang																													
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> Forventet elektrisitetsbehov kan ikke dekkes av eksisterende strømnetttilknytning. Det er mulig å bygge ut distribusjonsnettet, men dette må diskuteres med konsesjonseier Lnett i god tid i forveien siden prosessen kan ta mer enn ett år. 																												
Hydrogen-aggregat	<ul style="list-style-type: none"> Det er få produksjonsanlegg for grønt hydrogen i nærheten av Kluge-tippen, men flere prosjekter er i utvikling. 																												

	<ul style="list-style-type: none"> • Westgass har måttet skaffe hydrogen fra Danmark tidligere, men nå har de en avtale med et produksjonsanlegg i Egersund (ca. 46 km fra Kluge-tippen) som kan levere hydrogen fra sommeren 2023. • Westgass kan levere hydrogen fra andre leverandører innen en uke. • Levetiden til hydrogensystemet avhenger av antall timer det skal kjøre. Konteinerne har en levetid på minst 10 år med vedlikehold, mens levetiden til stasjonære brenselceller kan være opptil 30 000 timer (omtrent 10 år).
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • Eldrifts ELCHARGE-løsning trenger høyspenning (DC) for å lade. Eksisterende strømnetttilknytning er lavspenning (AC). • Eldrift forventer rask oppskalering de neste årene. De planlegger å levere 50 enheter neste år, og deretter mer enn 2 000 enheter årlig. • Imidlertid sliter de med å øke hastigheten på maskinbyggingen på grunn av material- og kapasitetsmangel i produksjonskjeden. • Levetiden på batteriene er ca. 5–6 år.
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Solinnstråling på Kluge-tippen varierer mellom 12 kWh/m² i desember og 153 kWh/m² i juni [65], men ikke all strålingen omsettes til elektrisitet. Faktorer som vind, temperatur, skyer, snø eller støv på panelene, og konverterings-effektiviteten til PV-panelene påvirker energiproduksjonen. • Norsolar har vanligvis omtrent 1 000 solceller av 8 typer på lager i Norge. De forventer en leveranse av 25 000 paneler i sommer. • Hvis panelene ikke er på lager, er ventetid omtrent to måneder. • Solcellene har en levetid på ca. 30–40 år.
Energikapasitet (forventet maks effektbehov 2 500 kW)	
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> • Økende etterspørsel legger press på systemet, selv om det er planlagte forbedringer. • Maks tilgjengelig effekt på Kluge-tippen i dag er 230 kW. Dette er mye lavere enn forventet topplast på 2,5 MW. • Eksisterende tilknytning gir maks 5,52 MWt/døgn, som tilsvarer kun 35 % av forventet daglig energiforbruk.
Hydrogen-aggreat	<ul style="list-style-type: none"> • Westgass har for tiden to 20-fots hydrogenkonteinere. Hver konteiner kan omsettes til rundt 7 MWt, med maks effekt på 540 kW levert over ca. 13 timer. Med to konteinere kan man dekke 89 % av daglig energibruk, men kun 43 % av forventet topplast. Konteinerne må påfylles daglig. • Elektrisitetsforsyning fra hydrogen er helt uavhengig av strømnettet og kan derfor implementeres i områder uten strømnettforbindelse [77]. • Systemet til Westgass system leverer bare energi og kan ikke lagre energi fra strømnettet når det er et overskudd. Det vil si at det ikke kan bidra med "peak shaving" på anleggsplass. • Systemet fungerer best når det er konstant elproduksjon fra hydrogenkonteinerne [78], men Westgass leverer en løsning som regulerer produksjonen ved behov.
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • De mobile ELCHARGE-modulene lader med 150–360 kW og lagrer mellom 75–225 kWh. For å dekke forventet topplast trengs 7 moduler, mens det tar 79 moduler for å lagre daglig energibehov. • Batterier kan redusere effekttoppene på strømnettet ved "peak shaving", det vil si at de kan lades når strømforbruket er lavt (for eksempel om natten), og levere ekstra strøm når behovet er høyt. • Batterier kan reagere veldig raskt på lastendringer [78]. • Batterikapasitet reduseres ved lave temperaturer. Ved normaltemperaturer i Rogaland er det forventet at ytelsen til batteriet reduseres med ca. 15–20 % om vinteren [79]. Eldrifts moduler har et integrert temperaturregulerings-system som holder batteriet på 20° C. Systemet trenger også noe energi.
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Estimert produksjon fra et 50 kWp system er 15–205 kWh/dag gjennom året. Estimaten tar ikke hensyn til skygge fra omgivelsene. For å dekke hele det daglige energiforbruket i juni (måneden med beste solforhold) trengs et system på 4 000 kWp. • Produksjonen av solenergi er skiftende i løpet av dagen og varierer mye i løpet av året.
Brukervennlighet	
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> • Veiletblert løsning, alle er vant til å bruke strøm fra strømnettet.
Hydrogen-aggreat	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrogensystemet skal sannsynligvis være koblet til batterikonteinerne, så de fleste brukerne trenger ikke å bry seg direkte om hydrogenet. • Westgass tilbyr full service, inkludert transport av konteinere og vedlikehold av alle komponenter. De kan også utvikle et tilpasset digitalt styringssystem ved behov.

Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • Med batterikonteinere er det mulig å hurtiglade flere maskiner samtidig, noe som reduserer ladetiden betydelig. • Lading tar uansett en del tid (ca. 1 time med hurtiglading) og krever mer planlegging av aktiviteter. • Lading fra batterikonteinere er det samme som å lade en elbil, som gjør det enkelt å lære. • Stasjonære batterikonteinere tilkoblet strømmettet kan lades kontinuerlig. De mobile modulene fra Eldrift må transporteres for å lades når de er tomme. Det krever ekstra planlegging.
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeidere trenger som regel ikke å samhandle med solcellesystemet da det vanligvis er direkte koblet til strømmettet og et stasjonært batteri. • Det trengs et digitalt styringssystem som styrer samhandlingen mellom solceller, batterier og nett. Et slikt system er ikke utviklet så det er usikkert hvor brukervennlig det vil være. • Solceller trenger lite vedlikehold og har en lang levetid.
Plassbehov	
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> • Tar lite plass, kan være behov for trafo og kabler.
Hydrogen- aggregat	<ul style="list-style-type: none"> • Hver enhet som trengs til hydrogenoppsett (konteinere og/eller flaskestativ, generatorsett og strømmuttak), er vanligvis plassert 5 meter fra hverandre. Hvis batterier er inkludert, bør disse ha samme avstand. I tillegg er det en ekstern sikkerhetsbufferzone på 20 meter.
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • På Kluge-tippen trengs sannsynligvis en stor, sentral batterikonteiner i tillegg til de mobile modulene. Begge trenger litt plass. • Modulene kan flyttes ved behov slik at de ikke kommer i veien. • Det er ikke nødvendig med en stor bufferzone rundt konteinerne.
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Størrelsen på et standardpanel er 1 130 mm x 1 720 mm. Et solcelleanlegg på 50 kWp består av 125 paneler på 400 W og har et areal på rundt 250 m². • Sikkerhetsbufferonen avhenger av plasseringen av panelene, en større buffer er nødvendig hvis det er mye pågående aktivitet i nærheten. Solcellene skal ikke plasseres på områder med mye trafikk. De kan også plasseres på eller bak brakkerigg.
HMS	
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> • Liten risiko med lavspenning, veletablerte HMS-rutiner.
Hydrogen- aggregat	<ul style="list-style-type: none"> • Mellomrommet mellom enhetene og bufferonen rundt driftsområdet sikrer at en brann i en enhet ikke sprer seg. Sikkerhetssoner i operasjonsområdet bør være tydelig merket, og tilgang bør begrenses til ulike soner. Utformingen av planløsningen skal sikre en god oversikt og sikker tilgang til beholderne ved utskifting. • Personell må ha opplæring i sikker drift av maskiner. Westgass tilbyr denne opplæringen og lager HMS-dokumentasjon for å vise delt ansvar for operasjoner. • Westgass bruker en generisk sikkerhetsanalyse fra Exxon, som bør være tilstrekkelig for Kluge-tippen.
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • HMS for en batterikonteiner er det samme som for en elbil. • Faren for brann i et litiumbatteri er liten. Konsekvensene er imidlertid alvorlige, inkludert giftige gasser og eksplosjonsrisiko, så sikkerhetstiltak bør være på plass og kjent for arbeiderne på stedet [80].
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Det er ingen alvorlige HMS-problemer med selve solcellene. De produserer lavspenning og verken inneholder eller avgir farlige stoffer.
Transportbehov	
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen
Hydrogen- aggregat	<ul style="list-style-type: none"> • Mest sannsynlig fraktes hydrogenkonteinerne til Kluge-tippen av et transport-selskap fra Egersund med diesel lastebil (46 km).
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • Modulene transporteres ved behov, noe som minimiserer transport tilknyttet lading av maskiner i løpet av dagen. • Når modulene er tomme, må de flyttes og kobles til en elektrisitetskilde (for eksempel strømnett eller batterikonteiner).
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen
Miljø	
Strømnett	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen direkte klimagassutslipp. Utslippsfaktoren for norsk strømmiks (NO) er omtrent 18 kg CO₂-ekv/kWt og ca. 136 kg CO₂-ekv/kWt når man tar hensyn til strømmettkoblinger til EU (strømmiks: EU28+NO) [81]. • Utbygging av strømnett forventes å øke etterspørselen etter kobber og aluminium betydelig. Det medfører alvorlige miljøproblemer som høye nivåer av arsen i kobbergruveområder [82].

Hydrogen- aggregat	<ul style="list-style-type: none"> • Westgass har en avtale med en hydrogenprodusent i Egersund, som bruker vannkraft som energikilde. Utslippsfaktoren er nesten lik som for elektrisitet fra strømmettet, men har et lite tillegg for transport av hydrogen fra Egersund til Kluge-tippen. • Elektrolysører krever små mengder av enkelte sjeldne jordartsmetaller, som nikkel, platina og iridium. Det forventes imidlertid ikke at dette medfører vesentlig press på mineralforsyningskapasiteten [82]. • Selv om det ikke er tilgjengelig ennå, forventes det at storskala resirkulering av sjeldne jordmetaller i elektrolysører vil bli utviklet i løpet av de neste 30 årene. Mineralene i brenselceller kan allerede resirkuleres [83].
Batterikonteiner	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen direkte klimagassutslipp. Eldrift resirkulerer batterier fra elbiler i sine batterikonteinere, som gir et lite bidrag til indirekte klimagassutslipp fra produksjonen. • Batterier krever et relativt bredt spekter av kritiske metaller, inkludert nikkel, litium og kobolt, og forventes å være en viktig drivkraft for framtidig økning i mineralforbruk. Utvinning av litium har vært knyttet til dårlige arbeidsforhold, forstyrrelse av matgrunnlag (for eksempel fiskedød) og økte tørkeforhold (for eksempel avlinger som dør på grunn av tørke) i gruverregioner, mens foreslåtte metoder for avhending av nikkel har negative effekter på havmiljøet [82]. • Selv om batterier er vanskelige å resirkulere, og det økonomiske insentivet for å gjenvinne de sjeldne jordartsmineralene generelt sett er ganske lavt [83], er det flere initiativer i Norge med fokus på resirkulering og gjenbruk av Li-on batterier [84]. Feil avhending av batterier kan føre til alvorlig miljøskade gjennom utlekking av kjemikalier.
Solceller	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen direkte klimagassutslipp. Lave indirekte klimagassutslipp fra produksjon, transport og installasjon. • Krystallinsk silisium PV (den vanligste typen) krever hovedsakelig kobber, silisium og sølv. Det forventes at etterspørselen etter spesielt kobber vil stige, men mye mindre enn kobberetterspørselen til batterier [82]. • Solcellepaneler må resirkuleres i henhold til EUs WEEE-direktiv. Feil avhending av solcellepaneler kan føre til alvorlig miljøskade gjennom utlekking av kjemikalier.

Oppsummering av fordeler og ulemper ved de ulike energiløsningene over viser kompleksiteten i å vurdere ulike parametere som innkjøpskostnader, driftskostnader, tilgang, kapasitet, brukervennlighet, plassbehov, HMS, transportbehov og miljø. Neste steg vil å være å se på disse kvalitetene sammen slik at man kan designe et tilpasset energisystem som imøtekommer Kluge-tippen tippens framtidige energi- og effektbehov på en helhetlig måte.

Konklusjon

Denne rapporten gir et utgangspunkt for hvordan Rogaland fylkeskommune kan stille krav til utslippsfrie anleggsplasser og estimerer energi- og effektbehov for planlagt helelektrisk drift av Kluge-tippen. Rapporten presenterer fordelene og ulempene med ulike energiinfrastruktur-løsninger som eventuelt kan tas i bruk for en utslippsfri anleggsplass på Kluge-tippen selvforsynt med fornybar energi. Neste steg vil involvere å se på tiltak for å optimalisere og redusere energi- og effektbehov på Kluge-tippen.

Sammensetningen av de forskjellige løsningene for energiinfrastruktur vil være viktig for å optimalisere energiforsyning i forhold til lastprofiler og energiproduksjon/leveranse, og med tanke på miljø, kostnader, drift, logistikk, HMS og risiko. Informasjonen kan brukes til å gjøre kost/nytte-vurderinger av ulike sammensetninger av infrastruktur for energiforsyning på Kluge-tippen. Denne rapporten er et nyttig kunnskapsunderlag for videre studier om elektrifisering av Kluge-tippen.

Referanser

- [1] SSB Klimagasser fra norsk økonomisk aktivitet, etter næring og komponent 1990 - 2021-
PX-Web SSB SSB
- [2] NHO 2009 *Energibruk på byggeplassen (i byggefasen)* (Oslo: NHO)
- [3] Multiconsult 2018 *Erfaringskartlegging av krav til fossilfrie byggeplasser* (Multiconsult)
- [4] Wiik M K, Fjellheim K and Gjersvik R 2022 *Erfaringskartlegging av krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)
- [5] Wiik M K, Fjellheim K, Sandberg E, Thorne R, Pinchasik D R, Sundvor I, Bjelle E L and Gjersvik R 2022 *Utslippsfrie byggeprosesser i Oslo – Konsekvensutredning*
- [6] Wiik M R K, Fjellheim K and Gjersvik R 2022 *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Veikart* (SINTEF akademisk forlag)
- [7] Fufa S M, Mellegård S E, Wiik M K, Flyen C, Hasle G, Bach L, Gonzalez P, Løe E S and Idsøe F 2018 *Utslippsfrie byggeplasser - State of the art. Veileder for innovative anskaffelsesprosesser*
- [8] Oslo kommune 2019 *Standard klima- og miljøkrav til Oslo kommunes bygge- og anleggsplasser.*
- [9] Wiik M K, Haukaas N-O, Ibsen J I, Lekanger R, Thomassen R, Sellier D, Schei O O and Suul J A 2020 *Nullutslippsgravemaskin. Læringsutbytte fra elektrifisering av anleggsmaskiner. SINTEF Fag no 67. ISBN: 978-82-536-1668-1 vol SINTEF Fag No. 67* (Oslo: SINTEF Academic Press)
- [10] Bymiljøetaten 2020 *Utslippsfrie anleggsplasser. Bymiljøetatens erfaring med elektriske anleggsmaskiner i Olav Vs gate*
- [11] Anon Innkjøp - Miljødirektoratet *Miljødirektoratet Norwegian Environ. Agency*
- [12] ISO IWA 42:2022 2022 *Net Zero Guidelines. Accelerating the transition to net zero* (International Organization for Standardization (ISO))
- [13] Anon BigBuyers | Zero-emission construction sites
- [14] Anon Clean Vehicles Directive
- [15] Anon Emission Standards: USA: Nonroad Diesel Engines
- [16] Blanchar C 2022 *Obras en la calle sin ruido ni humo: la maquinaria también puede ser eléctrica* *El País*
- [17] Anon Clean Construction Forum *C40 Cities*
- [18] Adhikari Smith, Dia, Whitehead, Jake, and Hickman, Mark *Planning a transition to low and zero emission construction machinery - Solar* - University of Queensland
- [19] Scandinavian Green Public Procurement Alliance on Non-Road Mobile Machinery 2019 *Lessons Learned Report*
- [20] Direktoratet for byggkvalitet 2017 *Byggteknisk forskrift (TEK17)*

- [21]Miljødirektoratet 2022 *Svar på oppdrag om utredning av lovhjemmel for klimakrav til bygge- og anleggsplasser* (Oslo: Miljødirektoratet)
- [22]Anon Bruker 650 milliarder årlig – nå skal miljø vektlegges
- [23]Direktoratet for forvaltning og økonomistyring 2022 Kriterieveiviseren for bærekraftige offentlige anskaffelser
- [24]Bellona 2019 *Zero Emission Construction Sites status 2019* (Oslo, Norway: Bellona Europa)
- [25]Viken Fylkeskommunen Test av fossilfrie maskiner og kjøretøy - Viken fylkeskommune
- [26]Anon Marinen: Utslippsfri anleggsplass - Miljødirektoratet *Miljødirektoratet Norwegian Environ. Agency*
- [27]Fufa S M, Vandervaeren C and Fjellheim K 2022 *Storgata nord-prosjektet i Tromsø. Klimatiltaksanalyse for anleggsfasen* (SINTEF akademisk forlag)
- [28]Anleggssektor G 2021 2021 – VEIKART FOR GRØNN ANLEGGSSSEKTOR
- [29]prSN/TS 3770 2023 Utslippsfrie bygge- og anleggsområder / Emission free building and construction sites
- [30]Grønn byggallianse Om CEEQUAL - CEEQUAL er et sertifiseringsverktøy for anleggsprosjekter. Her finner du informasjon om verktøyet og utviklingen av CEEQUAL i Norge.
- [31]Rogaland Fylkeskommune 2022 Intervju om anskaffelsesstandarder og kontraheringspraksis for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i Rogaland
- [32]Rogaland Fylkeskommune 2010 *Regionalplan for energi og klima i Rogaland* (Stavanger)
- [33]Rogaland Fylkeskommune 2020 Utviklingsplan for Rogaland - Regional planstrategi 2021-2024
- [34]Rogaland Fylkeskommune 2020 Anskaffelsesstrategi 2021 - 2025
- [35]Wiik M K, Fjellheim K and Gjersvik R 2021 *Erfaringskartlegging av krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)
- [36]Byggfakta 2019 *Kommunerapporten 2019* (online: Byggfakta)
- [37]Miljødirektoratet 2022 Veileder Utslippsfrie og fossilfrie byggeplasser *Miljødirektoratet*
- [38]Anon Spesifikasjoner, krav, kriterier og kontraktsvilkår | Anskaffelser.no
- [39]Anon Klimasats – støtte til klimatiltak - Miljødirektoratet *MiljødirektoratetNorwegian Environ. Agency*
- [40]MDS A TEREX BRAND *M515 TRACK TROMMEL*
- [41]ARJES Recycling Innovation *IMPAKTOR 250 evo II*
- [42]TEREX M 1700X Tracked Wash Plant *Terex Washing Syst.*
- [43]TEREX FM 120 C-2G | Sand Processing Unit *Terex Washing Syst.*

- [44] TEREX Flocculent Dosing Plant *Terex Washing Syst.*
- [45] VOLVO *Volvo hjullastare L110*
- [46] VOLVO *Volvo hjullastare L260H*
- [47] HITACHI *HITACHI-ZX530LCH-6*
- [48] Scania Scania introduces electric trucks for regional long-haul *Scania Group*
- [49] NVE 2022 Nett
- [50] Anon NVE Temakart
- [51] Anon 2023 Lnett - Forsiden
- [52] Anon 2021 Utrede nettkapasitet - Lnett
- [53] Anon Svar på ofte stilte spørsmål *Nor. Hydrog.*
- [54] Anon The hydrogen colour spectrum | National Grid Group
- [55] Anon Hydrogen
- [56] Anon Godkjent plan for detaljplan for hydrogenanlegg på Fiskå industriområde, plan 11302012007 - Strand kommune
- [57] ROBINSON 2020 smart integRation Of local energy sources and innovative storage for flexiBle, secure and cost-efFicent eNergy Supply ON industrialized islands *Robinson*
- [58] Oma A 2021 Bærekraftig energi fra hydrogenfabrikk *Dalaneenergien*
- [59] Jastram N R 2021 Westgass Hydrogen lanserer Norges første fornybare energistasjon *Westgass*
- [60] Olabi A G, Wilberforce T, Sayed E T, Abo-Khalil A G, Maghrabie H M, Elsaid K and Abdelkareem M A 2022 Battery energy storage systems and SWOT (strengths, weakness, opportunities, and threats) analysis of batteries in power transmission *Energy* **254** 123987
- [61] Nærings- og fiskeridepartementet 2022 *Norges Batteristrategi* (Oslo, Norge: Nærings- og fiskeridepartementet)
- [62] Ritchie H 2021 The price of batteries has declined by 97% in the last three decades *Our World Data*
- [63] Nærings- og fiskeridepartementet 2022 *Kunnskapsgrunnlag -Underlag for Norges batteristrategi* (Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet)
- [64] Mohammad Bagher A 2015 Types of Solar Cells and Application *Am. J. Opt. Photonics* **3** 94
- [65] Anon JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission
- [66] Frost R 2022 Which EU country installed the most solar power in 2022? *euronews*

- [67]Guangul F and Chala G 2019 Solar Energy as Renewable Energy Source: SWOT Analysis pp 1–5
- [68]NVE 2023 Solkraft
- [69]Gholami H and Røstvik H N 2021 Solenergi på bygningstak er nærmest nok til å dekke Norges energibehov *Tu.no*
- [70]Haegel N M, Margolis R, Buonassisi T, Feldman D, Froitzheim A, Garabedian R, Green M, Glunz S, Henning H-M, Holder B, Kaizuka I, Kroposki B, Matsubara K, Niki S, Sakurai K, Schindler R A, Tumas W, Weber E R, Wilson G, Woodhouse M and Kurtz S 2017 Terawatt-scale photovoltaics: Trajectories and challenges *Science* **356** 141–3
- [71]Solceller.no 2023 Liste over leverandørene på solcellemarkedet *Solceller.no*
- [72]EC JRC 2018 Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) *EU Sci. Hub - Eur. Comm.*
- [73]Statnett 2023 Statnetts kortsiktige markedsanalyse *Statnett*
- [74]Hydrogen Council 2020 *Path to hydrogen competitiveness - A cost perspective* (Hydrogen Council)
- [75]NVE 2023 Plusskunder
- [76]Lnett 2021 Produsere egen strøm - plusskunde *Lnett*
- [77]Felseghi R-A, Carcadea E, Raboaca M S, Trufin C N and Filote C 2019 Hydrogen Fuel Cell Technology for the Sustainable Future of Stationary Applications *Energies* **12** 4593
- [78]Andrijanovits A, Hoimoja H and Vinnikov D 2012 Comparative Review of Long-Term Energy Storage Technologies for Renewable Energy Systems *Elektron. Ir Elektrotehnika* **118** 21–6
- [79]Wu D, Ren J, Davies H, Shang J and Haas O 2019 Intelligent Hydrogen Fuel Cell Range Extender for Battery Electric Vehicles *World Electr. Veh. J.* **10** 29
- [80]Risholt B 2021 Er litumbatterier brannfarlige? *SINTEF*
- [81]NS 3720 2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger / Method for greenhouse gas calculations for buildings
- [82]IEA 2022 The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions
- [83]Kiemel S, Smolinka T, Lehner F, Full J, Sauer A and Mieke R 2021 Critical materials for water electrolyzers at the example of the energy transition in Germany *Int. J. Energy Res.* **45** 9914–35
- [84]The Explorer 2022 Building a circular battery economy in Norway *Bus. Nor.*

Vedlegg A

Intervjuguide – En utslippsfri byggeprosess i Rogaland

SINTEF jobber med forprosjektet "En utslippsfri byggeprosess i Rogaland" som handler om å tilrettelegge for en utslippsfri byggeprosess i Rogaland. Dette skal oppnås gjennom industriell forskning på følgende delmål:

M1: Utvikle grunnlag for å stille krav for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.

M2: Utforme en opplæringspakke på planlegging og drift av utslippsfrie anleggsplasser.

M3: Identifisere mulighetene innenfor energiinfrastruktur i Rogaland.

Ved å gjennomføre disse målene vil det være mulig å sette i gang et eventuelt hovedprosjekt som vil videreutvikle, teste og demonstrere noen av disse innovative konseptene.

Dette intervju har som mål å samle erfaringer knyttet til eksisterende anskaffelsesstandarder og kontraheringspraksis, og å indentifisere barrierene og suksesskriteriene for å oppnå innovative anskaffelsesprosesser og å stille krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i Rogaland.

Overordnede spørsmål

1. Hvordan jobber din avdeling med utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i dag?
2. Hvordan har dere tenkt å jobbe med utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i fremtiden?
3. Hvordan vurderer dere markedet for utslippsfrie løsninger for bygg- og anleggsplasser i Rogaland FK i forhold til:
 - a. Kompetanse
 - b. Teknologisk utvikling
 - c. Kostnader
 - d. Tilgjengelighet
 - e. Modenhet
 - f. Etterspørsel
 - g. Energiforsyning
 - h. Eksisterende løsninger
 - i. Muliggjørere/tilretteleggere
 - j. Hovedusikkerheter
4. Hva tror dere er den generelle holdningen til utslippsfrie byggeplasser i Rogaland FK? (fra entreprenører, maskinleverandører, prosjektingeniører, kommuner, og FK administrasjonen)

Anskaffelsesstandarder og kontraheringspraksis

5. Hvilke krav stiller dere i dag til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
6. Hva er styrkene ved offentlige anskaffelser av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
7. Hva er begrensningene ved offentlige anskaffelser av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
8. Hvor enkelt er det for dere å innføre nye krav i offentlige anskaffelser?
9. Hvilke andre type verktøy og insentiver bruker dere for å få til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i Rogaland FK?
10. Hvilke type verktøy og insentiver vurderer dere å bruke i fremtiden for å få til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
11. Hvilke faktorer vil påvirke utslippsfrie krav i offentlige anskaffelser i Rogaland FK?
12. Hva er status for *regionalplan for klimaomstilling*? Hvordan behandles temaet for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser? Hvilke mål skal settes for 2025 og 2030?
13. Har dere noen utslippsfrie bygge- eller anleggsprosjekter? Hvilken? Hva er status for disse?
 - a. Hvordan var/er anskaffelsen?
 - b. Hvordan blir disse prosjektene fulgt opp?
 - c. Hva klarer de å oppnå?

Barrierer i innovativ anskaffelsespraksis

14. Hvilke barrierer tror dere entreprenører vil møte knyttet til krav for utslippsfrie bygg- og anleggsplasser (e.g., lading infrastruktur, tilgang til elektriske maskiner)?
15. Hvilke tiltak tror dere Rogaland FK kan iverksette for å redusere disse risikoene?

Annet

16. Har dere noe annet å medføre?

Vedlegg B

Intervjuguide – En utslippsfri byggeprosess i Rogaland

SINTEF jobber med forprosjektet "En utslippsfri byggeprosess i Rogaland" som handler om å tilrettelegge for en utslippsfri byggeprosess i Rogaland. Dette skal oppnås gjennom industriell forskning på følgende delmål:

M1: Utvikle grunnlag for å stille krav for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.

M2: Utforme en opplæringspakke på planlegging og drift av utslippsfrie anleggsplasser.

M3: Identifisere mulighetene innenfor energiinfrastruktur i Rogaland.

Ved å gjennomføre disse målene vil det være mulig å sette i gang et eventuelt hovedprosjekt som vil videreutvikle, teste og demonstrere noen av disse innovative konseptene.

Dette intervjuet skal fokusere på energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser.

Bakgrunnsinformasjon:

- Rolle
- Erfaring
- Har du selv tidligere arbeidet med utslippsfrie bygge- eller anleggsprosjekter? Hvis ja, hvilke prosjekter?

Overordnede spørsmål

- a) Hvordan koordinerer du/din organisasjon energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser i dag?
- b) Hvordan har dere tenkt å jobbe med energi- og effektplanlegging i fremtiden?
- c) Hvilke faktorer påvirker/kommer til å påvirke energi- og effektplanlegging i utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
- d) Hva synes du er drivere for optimalisering av energi- og effektbehov på utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
- e) Og hva er barrierene?
- f) Hvilke eksisterende eller nye tiltak synes du kan være bra for optimalisering av energi- og effektbehov på utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
- g) Hva er de mest effektive tiltak for å redusere energi- og effektbehov på utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
- h) Hvilke typer insentiver synes du bør brukes for optimalisering av energi- og effektbehov på utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?
- i) Hvordan vurderer du situasjonen på dine prosjekter i forhold til:
 - Energilagring (Batterier)
 - Ladelogistikk
 - Bruk av andre nullutslippsdrivstoff
 - Elektriske anleggsmaskiner, kjøretøy og utstyr
 - Smarte løsninger
 - Energi- og effektstyringsverktøy
 - HMS og risiko

Tidlig prosjekteringsfase

- a) Hvordan er strømforsyning planlagt på forhånd? Når i prosessen tar dere kontakt med strømselskapene?
- b) Hvordan kan man identifisere muligheter for kraftforsyning og energifleksibilitet i tidlig prosjekteringsfase?
- c) Hvordan er ladelogistikken planlagt på forhånd?

- d) Lager dere energi plan eller modellere energibehov og effekttopper? Hvilke andre verktøy bruker dere for planlegging og drift?
- e) Hvilke aktører er involvert i planlegging, etablering, og drift av utslippsfri bygge- eller anleggsplassen?

Driftsfase

- a) Hvordan planlegger dere forskjellige byggeaktiviteter eller byggefaser for å redusere energibruk og effekttoppen?
- b) Hvordan planlegger dere arbeidsplaner, laderutiner eller lunsjpauser?
- c) Har dere tilpasset arbeidsdager eller arbeidsuken for å optimalisere energi- og effekt?
- d) Hva slags tiltak har vært nødvendige for å sikre god ladelogistikk i forbindelse med lading og bruk av elektriske maskiner? Hvilke tiltak bør vurderes angående maskintype eller eksternt transport? (Hurtiglading, off-site lading, batteribytestasjoner).
- e) Hvilke utfordringer er knyttet til ladelogistikken (Nok ladepunkter, nok effekt, osv.)?
- f) Hva anbefaler dere angående lading av kjøretøy?
- g) Hvilke rutiner eller prosedyrer har dere for å optimalisere drift av anleggsplassen?
- h) Har dere noe form for energi- og effektmåling eller styring på anleggsplassen?
- i) Hvilke tiltak bør vurderes for å optimalisere transportlogistikk (levering av varer, massetransport)?
- j) Hva vil du anbefale for å redusere energi- og effektbehov til oppvarming og uttørking?
- k) Hvordan kan andre nullutslippsdrivstoff eller teknologi brukes på dine anleggsplasser?
- l) Kan du gi oss noen eksempler om bruk av smarte løsninger (f.eks. energi- og effektstyringsverktøy)?

Avslutning/ oppsummering

Har du noen andre kommentarer?

Takker for intervjuet og oppsummerer hvordan svarene skal brukes videre.

EN UTSLIPPSFRI ANLEGGSPROSESS I ROGALAND

Denne rapporten presenterer kunnskapsgrunnlag for å stille krav til entreprenører og leverandører for utslippsfrie anleggsplasser i Rogaland og for å simulere energi- og effektbehov for en planlagt helelektrisk anleggsplass i Rogaland. Videre gis det anbefalinger til energi- og effektplanlegging av elektriske anleggsplasser, og vi har kartlagt energiresursene som er tilgjengelig på og i nærheten av en planlagt helelektrisk anleggsplass i Rogaland.