



Miljødirektoratet

M-2910|2025

## Kostnader ved omstilling til nullutslipp på bygg- og anleggsplasser

oslo**economics**

 Hafslund  
Rådgivning

**Tittel:** Kostnader ved omstilling til nullutslipp på bygg- og anleggsplasser

**Utarbeidet av:** Oslo Economics og Hafslund Rådgivning

**Oppdragsgiver:** Miljødirektoratet

**Publisert:** Desember 2024

**Rapportnummer:** 2024-121

**Kontaktperson Oslo Economics:** Guro Landsend Henriksen / Partner

**E-post:** glh@osloeconomics.no

**Tel:** 928 04 648

**Kontaktperson Hafslund Rådgivning:** Ingrid Aamnes / Rådgiver

**E-post:** ingrid.aamnes@hafslund.no

**Tel:** 948 25 420

**Foto/illustrasjon forside:** Istock.com

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>1</b>
<b>1. Om oppdraget</b>	<b>3</b>
1.1 Om oppdraget	3
1.2 Informasjonsgrunnlag og gjennomføring	3
1.3 Rapportens oppbygning (leserveiledning)	4
<b>2. Teknologi- og markedsstatus</b>	<b>5</b>
2.1 Elektriske maskiner og utstyr	5
2.2 Energiforsyningsløsninger	7
<b>3. Kostnader ved bruk av nullutslippsløsninger</b>	<b>9</b>
3.1 Sentrale kostnadsdrivere	9
3.2 Metode for beregning av merkostnader	9
3.3 Merkostnad for utvalgte referanseprosjekt	11
<b>4. Forventet utvikling mot fram 2040</b>	<b>23</b>
4.1 Status for bruk av nullutslippsløsninger på bygg- og anleggsplasser	23
4.2 Sentrale drivere for å redusere kostnadene for elektriske maskiner	23
4.3 Teknologi og læringseffekter	25
4.4 Scenarioanalyse	27
<b>5. Referanser</b>	<b>31</b>

# Sammendrag

*Oslo Economics og Hafslund Rådgivning har bistått Miljødirektoratet med å kartlegge kostnadene ved bruk av nullutslippsløsninger på bygg- og anleggsplasser og forventet utvikling de neste 10 til 15 årene. I dag er det betydelige merkostnader knyttet til å gjennomføre bygg- og anleggsprosjekter elektrisk sammenlignet med konvensjonell, fossil gjennomføring. Rundt 2030 forventer vi at elektrisk gjennomføring vil være konkurransedyktig med konvensjonell, fossil gjennomføring. Avgjørende for utviklingen er videre utvikling av batteriteknologi som legger til rette for økt driftstid på elektriske maskiner.*

## Om oppdraget

Miljødirektoratet har fått i oppdrag av Klima- og miljødepartementet å utrede forbud mot bruk av fossile brenslere på bygg- og anleggsplasser. I den forbindelse har Oslo Economics og Hafslund Rådgivning bistått direktoratet med å analysere dagens merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser og forventet utvikling de neste 10 til 15 årene. Utredningen er avgrenset til å vurdere bruk av elektriske anleggsmaskiner og tilhørende energiforsyningsløsninger. Utredningen bygger på eksisterende kunnskapsgrunnlag og dialog med bygg- og anleggsbransjen.

Analysen vil inngå som del av det samlede kunnskapsgrunnlaget når Miljødirektoratet skal vurdere konsekvenser av et forbud mot bruk av fossile brenslere på bygg- og anleggsplasser og eventuelt andre virkemidler som fremmer bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser.

## Teknologi- og markedsstatus

Løsninger for elektrisk gjennomføring av bygg- og anleggsprosjekter bygger på moden teknologi. Innenfor de aller fleste maskinkategorier finnes det elektriske maskiner og utstyr. Utvalget er størst for mindre maskiner, under 8 tonn, mens utvalget er mer begrenset for større maskinene. Større elektriske maskiner er i dag vanligvis bygget om manuelt for elektrisk drift. Ifølge en kartlegging av SINTEF (2023) er 82 prosent av prosjektene som har benyttet utslippsfrie maskiner lokalisert i Oslo og Viken, og hovedvekten av elektriske maskiner befinner seg som følge i denne delen av landet.

I takt med at flere bygge- og anleggsprosjekter har tatt i bruk elektriske maskiner har det vært en utvikling innen energiforsyningsløsninger. Alternative energiforsyningsløsninger for drift av elektriske maskiner inkluderer battericontainere, mobile batterier, provisorisk nettstasjon, smarte fordelerskap og ulike typer normal- og hurtigladeløsninger. Ladeløsningene som tilbys bygger, i likhet med elektriske maskiner, på moden teknologi. Markedsaktører som har erfaring med bruk av elektriske maskiner og ulike energiforsyningsløsninger opplever at løsninger fungerer godt, men at det må påberegnes noe ekstra prosjekttid som følge av kort driftstid på større maskiner og ladeproblematikk som følge av umodne løsninger.

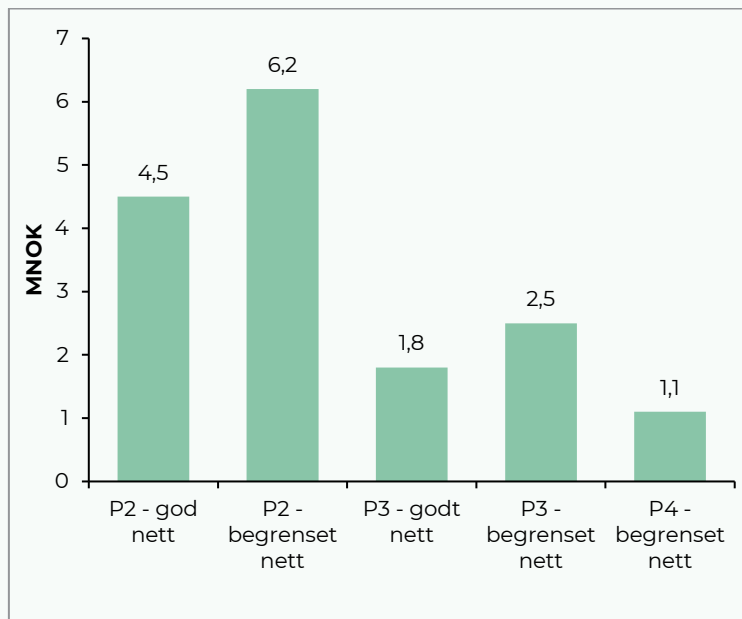
## Kostnader ved bruk av nullutslippsløsninger

Elektrisk gjennomføring av bygge- og anleggsprosjekter i dag fører med seg en merkostnad. Merkostnaden avhenger blant annet av prosjekters størrelse, kompleksitet og sammensetning av maskin- og infrastrukturbehov. For noen prosjekter vil kompleksitet og tilgang på nullutslippsutstyr gjøre det vanskelig med elektrisk gjennomføring, eksempelvis for store veiprojekter der anleggsarbeidet foregår i ubebygde områder med mange angrepspunkter og det er behov for store og mange maskiner.

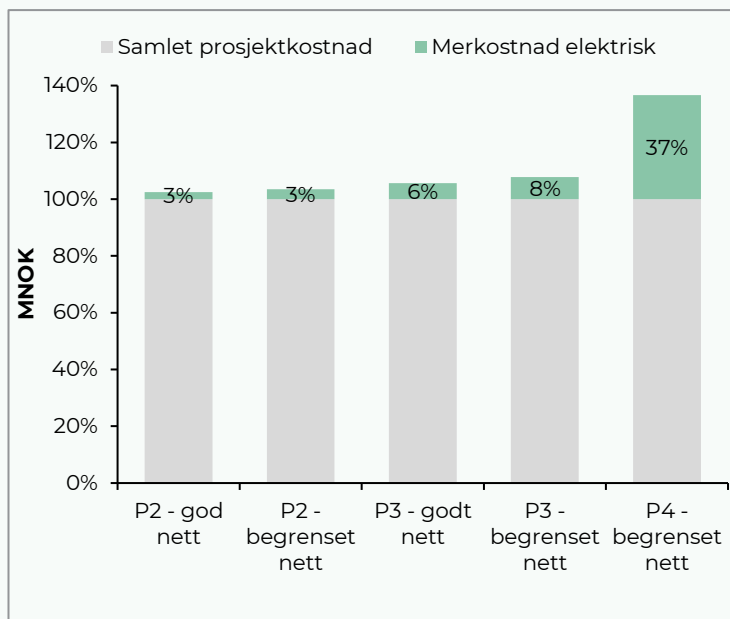
Maskinkostnader utgjør en stor andel av merkostnadene i større prosjekter med omfattende maskinparker, mens mindre prosjekter har en mer balansert kostnadsfordeling mellom maskiner og infrastruktur. For et større byggeprosjekt kan maskinkostnaden utgjøre 80 prosent av de totale merkostnadene. Begrenset nettkapasitet påvirker behovet for infrastrukturtiløsninger og driver kostnadene opp, spesielt ved behov for batterier og provisoriske nettløsninger for å møte effektbehovet.

Elektrisk gjennomføring fører også med seg kostnadsgevinst i form av reduserte energikostnader. Dette skyldes forholdet mellom strømpriser og dieselpriiser, og gevinstene øker jo større prosjektomfanget og maskinparken er. Et større byggeprosjekt kan redusere energikostnadene med over 1 MNOK.

### Merkostnader elektrisk gjennomføring



### Totale prosjektkostnader



Kilde/Note: Hafslund rådgivninger. Samlet prosjektkostnad tilsvarer kontraktsverdi

Total merkostnad for elektrisk gjennomføring av bygge- og anleggsprosjekt sett opp mot total kontraktsverdi for prosjektet er for en del prosjekter i ubetydelig skala. For et sett med referanseprosjekter som representerer både større og mindre prosjekter, varierer merkostnaden mellom 3 prosent og 37 prosent av total kontraktsverdi. Merkostnaden utgjør størst andel for mindre prosjekter med liten maskinpark og få kostnadsposter knyttet til materialbruk og annet.

#### Forventet utvikling fram mot 2040

Elektrisk gjennomføring av bygg- og anleggsprosjekter drives i dag fram av offentlig virkemiddelbruk. Videre utvikling av batteriteknologi vil legge til rette for at elektriske maskiner får økt driftstid, og i større grad kan driftes som dagens fossile maskiner. Det vil gjøre elektriske maskiner mer attraktive i bruk og legge til rette for økt etterspørsel.

Satsning på nullutslippsløsninger i Norge har alene liten betydning for produksjonen og kostnadsnivået til elektriske maskiner, men legger til rette for uttesting og demonstrasjon av nullutslippsløsninger som kan være avgjørende for at elektriske maskiner skal tas i bruk i større skala.

Vi forventer at elektriske anleggsmaskiner vil kunne dra nytte av læringen og utviklingen innen elbilsegmentet og at elektriske anleggsmaskiner i stor grad vil være konkurransedyktig med fossile maskiner rundt 2030-tallet. Den viktigste driveren for utviklingen er videre forbedring av batteriteknologi og reduksjon i batterikostnader. Dette vil legge til rette for økt etterspørsel og produksjon av elektriske maskiner, og realisering av stordriftsfordeler i produksjonen av elektriske anleggsmaskiner. En videreføring av satsningen på grønne næringer i store land og regioner som EU, USA og Kina vil, sammen med økte avgifter på bruk av fossilt drivstoff i Norge, bidra til å øke lønnsomheten ved omlegging fra fossile til elektriske anleggsmaskiner.

# 1. Om oppdraget

*Miljødirektoratet har fått i oppdrag fra Klima- og miljødepartementet å utrede forbud mot bruk av fossile brenslere på bygg- og anleggsplasser. Oslo Economics og Hafslund Rådgivning har i den forbindelse bistått Miljødirektoratet med å kartlegge kostnadene ved bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser i dag og forventet utvikling de neste 10 til 15 årene. Dette kapittelet gir en beskrivelse av oppdraget som danner grunnlag for utredningen, samt metode og gjennomføring av utredningsarbeidet.*

## 1.1 Om oppdraget

I forbindelse med behandling av statsbudsjettet for 2022 kom Stortinget med et anmodningsvedtak der regjeringen blir bedt om å utrede forbud mot bruk av fossile brenslere på byggeplasser. Med dette som bakgrunn har Klima- og miljødepartementet (KLD) bedt Miljødirektoratet utrede et forbud mot bruk av fossile brenslere på bygge- og anleggsplasser.

Miljødirektoratet ønsker i den forbindelse bistand til å analysere merkostnadene ved bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser, sammenlignet med bruk av fossile brenslere. Analysen skal belyse dagens merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger og se dette i sammenheng med totale prosjektkostnader. Analyse skal også se på hvordan kostnadene ved bruk av nullutslippsløsninger er forventet å utvikle seg de neste 10 til 15 årene. Nullutslippsløsninger inkluderer i denne sammenheng elektriske maskiner og ulike energiforsyningsløsninger som legger til rette for bruk av disse. Utredningen skal bygge videre på eksisterende kunnskapsgrunnlag.

Analysen vil inngå som del av det samlede kunnskapsgrunnlaget når Miljødirektoratet skal vurdere konsekvenser av et forbud mot bruk av fossile brenslere på bygge- og anleggsplasser og eventuelt andre virkemidler som fremmer bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser.

Utredningen tar for seg og beskriver de praktiske forholdene ved omstilling fra fossile løsninger til nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser. Utredningen supplerer således eksisterende

kunnskap som i stor grad vektlegger markedsstatus, teknologiutvikling, klimakrav og potensielle barrierer og muligheter for utslippskutt. Utredningen for seg følgende analyse spørsmål:

- Hvilke sentrale kostnadsdrivere knyttes til bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser?
- Hva er merkostnaden ved bruk av nullutslippsløsninger sammenlignet med fossile anleggsmaskiner, for ulike typer bygge- og anleggsprosjekter?
- Hvor stor er merkostnaden ved bruk av nullutslippsløsninger sett opp samlet prosjektkostnad (kontraktsverdi) for utvalgte referanseprosjekter?
- Hvordan er kostnaden ved bruk av elektriske maskiner forventet å utvikle seg de neste 10 til 15 årene?

## 1.2 Informasjonsgrunnlag og gjennomføring

Informasjonsgrunnlaget som utredningen bygger på er sammensatt og består av tidligere studier og rapporter, analyse av relevant statistikk og data og intervjuer med entreprenører, utleieaktører og maskinleverandører.

Utredningen er utarbeidet i perioden september 2024 til desember 2024. I løpet av perioden er det gjennomført tre arbeidsmøter med Miljødirektoratet. I to av arbeidsmøtene har referansegruppen som følger utredningsarbeidet vært invitert til å delta.

### Dokumentgjennomgang

Utredningen bygger på eksisterende kunnskap og har hatt som formål å supplere dette med ny innsikt. Relevante rapporter og artikler som nylig er utarbeidet og har vært sentrale informasjonskilder inkluderer:

- Teknologi- og markedskartlegging. Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, utarbeidet av Sweco for Enova (2024)
- Spørreundersøkelse i anleggsbransjen: Entreprenører deler erfaringer fra utslippsfrie anleggsplasser, utarbeidet av Hafslund Rådgivning for Oslo Kommune (2024)
- Veileder for etablering av ladeinfrastruktur til elektriske bygge- og anleggsplasser, utarbeidet av Hafslund Rådgivning for Oslo Kommune (2024, under utarbeidelse)

- Barrierer og muligheter for utslippskutt i bygge- og anleggsnæringen, utarbeidet av Miljødirektoratet (2023)
- Utredning av klimakrav til bygge- og anleggsplasser i offentlige anskaffelser, utarbeidet av Miljødirektoratet (2024)

For en fullstendig oversikt over se referanseliste i kapittel 5.

### Intervjuer med aktører i bygg- og anleggsbransjen

I prosjektperioden har vi gjennomført intervjuer med et utvalg entreprenører og maskinleverandører, samt vært i dialog med utleieselskaper for maskiner og infrastruktur for innhenting av kostnadstall.

Vi har kontaktet fire maskinleverandører og gjennomført intervjuer med Pon, Nasta og Volvo.

### Data og statistikk

Som grunnlag for beregning av merkostnader ved bruk av elektriske maskiner og tilhørende energiforsyningsløsninger har vi basert oss på informasjon fra entreprenører, maskinleverandører,

offentlig tilgjengelig informasjon og kostnads- og forbruksdata som Hafslund Rådgiving har tilgang på fra tidligere og pågående prosjekter som de har gjennomført.

## 1.3 Rapportens oppbygning (leserveiledning)

I rapportens kapittel 2 gir vi en oppsummering av teknologi- og markedsstatus for elektriske maskiner og alternative energiforsyningsløsninger.

I kapittel 3 gir vi først en oversikt over sentrale kostnadsdrivere ved bruk av nullutslippsløsninger. Deretter presenterer vi fire referanseprosjekter og merkostnader ved bruk av elektriske maskiner, sammenlignet med fossile anleggsmaskiner, i de fire referanseprosjekter.

Kapittel 4 oppsummerer vi de viktigste barrierene for bruk av elektriske maskiner på bygge- og anleggsplasser, før vi gir vår vurdering av hvordan vi forventer at kostnadene for bruk av elektriske maskiner vil utvikle seg fram mot 2040 (de neste 10 til 15 årene).

## 2. Teknologi- og markedsstatus

*Løsninger for elektrisk gjennomføring av bygg- og anleggsprosjekter bygger på moden teknologi. Innenfor de aller fleste maskinkategorier finnes det elektriske maskiner og utstyr. Utvalget er størst for mindre maskiner (under 8 tonn). Større elektriske maskiner er i dag vanligvis bygget om manuelt for elektrisk drift.*

*I takt med at flere bygge- og anleggsprosjekter har tatt i bruk elektriske maskiner har det vært en utvikling innen energiforsyningsløsninger. Alternative energiforsyningsløsninger for drift av elektriske maskiner inkluderer battericontainere, mobile batterier, provisorisk nettstasjon, smarte fordelerskap og ulike typer normal- og hurtigladeløsninger.*

I dette kapittelet gir vi en oppsummering av teknologi- og markedsstatus for elektriske maskiner og utstyr, og alternative energiforsyningsløsninger. Oppsummeringen er basert på tidligere studier, dialog med markedsaktører, og kunnskap og erfaring som Hafslund Rådgiving har opparbeidet seg gjennom sin satsning som leverandør av energiforsyningsløsninger til elektriske bygg- og anleggsprosjekter.

### 2.1 Elektriske maskiner og utstyr

#### Tilgang på maskiner og utstyr

Innenfor de aller fleste maskinkategorier finnes det elektriske maskiner og utstyr. Utvalget er størst for mindre maskiner, under 8 tonn, mens utvalget er mer begrenset jo større maskinene er. Gravemaskiner skiller seg noe ut fra øvrige maskinkategorier ved at det finnes flere modellalternativer i ulike størrelser. For de største modellene er utvalget i hovedsak basert på kabeltilknytning (Sweco, 2024).

For de minste maskinkategoriene (under 8 tonn) er det flere produsenter som har startet

serieproduksjon i små serier (Sweco, 2024). For større elektriske maskiner leveres disse uten drivlinje, bygges om og spesialtilpasses med batterielektrisk drivlinje av leverandører (Sweco, 2024).

I enkelte segmenter er det få eller ingen elektriske alternativer. Det gjelder blant annet borerigger som følge av at boring av geotermiske brønner er en svært energi- og effektkrevende prosess. Sweco (2024) viser til at det for borerigger finnes løsninger som benytter såkalte DHT-borerigger. Disse benytter komprimert luft for å drive borhammeren og kan dermed bruke elektriske kompressorer. På Sophies Minde i Oslo er det gjennomført et utslippsfritt prosjekt med elektrisk boring av energibrønner (2024). Her har det vært nødvendig med ekstra energiforsyning til drift av boreriggen og kompressoren grunnet høyt effektbehov (Oslobygg, 2024). Andre tunge arbeidsoppgaver med behov for mye kompressorkapasitet har tilsvarende utfordringer. For mindre energikrevende prosesser er det god tilgang på små, elektriske kompressorer.

Det finnes ikke elektriske alternativer til asfaltutleggere og store valser (Sweco, 2024). Dette er maskiner som benyttes til veilegging og er en maskingruppe som er relativt liten i det norske markedet<sup>1</sup>.

Markedsaktører som Sweco har pratet i sin kartlegging viser til at leveringstiden for elektriske maskiner ofte er lang (Sweco, 2024). Det henger sammen med at utvalget av maskiner er begrenset og ved anskaffelse av større maskiner er det behov for spesialtilpasning og ombygging av maskiner for å tilpasse disse til elektrisk drift.

De fleste elektriske maskiner har en oppgitt driftstid på mellom 5 og 8 timer ved «lett drift» og mulighet til å lade opp fra 20 til 80 prosent batterikapasitet på rundt én time. (Sweco, 2024). Den faktiske driftstiden til maskinene avhenger av hvordan maskinene brukes, og ved normal drift vil den faktiske driftstiden være lavere enn det som er oppgitt. Erfaringer fra bruk av elektriske maskiner på byggeplasser viser at ved normal, aktiv bruk, ett skift per dag og god planlegging kan man opprettholde tilnærmet samme drift som ved bruk av fossile anleggsmaskiner (Sweco, 2024). Maskinene lades da én til to ganger i løpet av dagen (i pausetiden), i tillegg til at de lades gjennom natten. For prosjekter med flere skift vil brukstiden

<sup>1</sup> I perioden 2011 til 2024 ble det årlig kjøpt inn rundt 40 asfaltutleggere (Sweco, 2024).



for elektriske maskiner være lavere enn for fossile maskiner. For denne type prosjekter vil det være behov for ekstra maskiner og/eller energi-forsyningsløsninger som legger til rette for mer hurtiglading.

Aktører som har erfaring med bruk av elektriske maskiner i bygge- og anleggsprosjekter forteller at de hovedsakelig opplever at elektriske maskiner og utstyr fungerer godt, og at de først og fremst opplever utfordringer knyttet til logistikken for maskinene (Sweco, 2024). At entreprenører mangler kompetanse og erfaring med bruk av elektriske maskiner, herunder planlegging og effektiv drift, er en sentral årsak til dette, jf. kapittel 2.2.

### Maskinprodusenter og leverandører

Det finnes flere maskinprodusenter som er spesialisert på produksjon av maskiner og utstyr til bygge- og anleggsbransjen. Enkelte maskinprodusenter tilbyr elektriske maskiner som del av sin portefølje. Volvo CE, Wacker Neuson, Pon Equipment/Caterpillar, JCB og Liebherr er eksempler på europeiske produsenter som tilbyr ulike elektriske modeller som del av sitt sortiment (Sweco, 2024). I tillegg er det ulike asiatiske maskinprodusenter som tilbyr elektriske maskiner.

Hvilke elektriske modeller som de ulike produsentene tilbyr, varierer. Hyundai og Wacker Neuson tilbyr i dag kun de letteste gravemaskinene (minigravere) i elektrisk utgave, mens Volvo CE og kinesiske XCMG er eksempel på aktører som også har store elektriske maskiner i sitt sortiment (Sweco, 2024).

Flere aktører tilpasser fossile maskiner til elektrisk drift. Maskinene kommer da gjerne uten drivlinje, og batterier og andre deler som kreves for elektrisk drift bygges inn. Nasta og Caterpillar/Pon er eksempler på aktører som gjennomfører slike ombygginger i Norge (Sweco, 2024).

En kartlegging gjennomført av forskere ved SINTEF (2023) viser at 82 prosent av prosjektene som har benyttet utslippsfrie maskiner er lokalisert i Oslo og Viken (Wiik, et al., 2023). Hovedvekten av utslippsfrie maskiner befinner seg som følge i denne delen av landet (Wiik, et al., 2023).

I Norge er elektriske anleggsmaskiner i stor grad tilgjengelig gjennom utleieaktører som Renta, Cramo, Rental Group, UCO, Ramirent mfl. Dette er de samme aktørene som tilbyr leie av fossile anleggsmaskiner. Å leie anleggsmaskiner reduserer entreprenørens risiko ved endring i etterspørsel. Markedsaktører peker på at tilgang på elektriske maskiner er begrenset og har i perioder vært en

barriere for utslippsfri bygg- og anleggsaktivitet. En maskinleverandør forteller at han var i kontakt med en offentlig byggherre som hadde utlyst et byggeprosjekt hvor de ønsket å ta i bruk elektriske maskiner. Byggherren fikk syv tilbud, men ingen inkluderte nullutslippsløsninger.

Hafslund Rådgivning erfarer at den begrensede tilgangen på elektriske maskiner har gjort at enkelte store og mellomstore entreprenører lokalisert i Oslo-området har valgt å anskaffe sine egne utslippsfrie maskiner, for å sikre at de har tilgjengelige maskiner når prosjektbehovene oppstår.

### Kostnader

Sweco (2024) sin kartlegging viser at det er stor forskjell i investeringskostnader for elektriske maskiner på tvers av maskinkategorier. Sweco (2024) skriver at de forventer at merkostnaden for anskaffelse av elektriske maskiner varierer fra rundt 20 prosent for de minste maskinvariantene til opp mot 400 prosent for store maskiner. Kabeldrevne maskiner er generelt et rimeligere alternativ enn batterielektriske maskiner (Sweco, 2024).

Sweco (2024) viser til at elektriske maskiner i utgangspunktet har potensial for to til tre ganger lenger levetid enn dieselmaskiner, men som følge av begrenset erfaring er det stor usikkerhet knyttet til maskinenes levetid. Det samme gjelder annenhåndsverdien til maskinene, dersom teknologien utvikler seg raskt.

Driftskostnader for anleggsmaskiner består av vedlikeholdskostnader og drivstoffkostnader. Sweco (2024) har ikke klart å innhente erfaringstall fra norske markedsaktører som viser faktiske driftskostnader ved bruk av elektriske maskiner. Erfaringstall fra Sverige viser til at drivstoffkostnaden er 55 prosent lavere for elektriske maskiner sammenlignet med fossile. At elektriske maskiner er billigere i drift følger av at elektriske maskiner er mer energieffektive enn fossile maskiner.

Maskinleverandører forteller at usikkerhet knyttet til framtidig etterspørsel, elektriske maskiners levetid og annenhåndsverdi gjør at risikoen knyttet til å investere i elektriske maskiner vurderes som stor. Det fører til at færre maskinprodusenter investerer i elektriske anleggsmaskiner. Begrenset tilgang på mange elektriske maskiner og lange leveringstider bidrar til å øke barrierene for å ta i bruk elektriske maskiner, og dermed til å svekke konkurransen mellom entreprenører i prosjekter som stiller krav om nullutslippsløsninger. Svekket konkurranse legger til rette for at aktører kan ta en høyere pris enn ellers for bygge- og anleggsprosjekter hvor det

stilles krav om nullutslippsløsninger. Dette, sammen med høy risiko knyttet å investere i elektriske maskiner, bidrar til å øke kostnaden for nullutslippsløsninger.

## 2.2 Energiforsyningsløsninger

I tradisjonelle byggeprosjekter hvor det benyttes fossile anleggsmaskiner er det vanlig å koble seg til strømnettet for drift av brakkerigger, tårnkraner og eventuelt andre mindre maskiner. Bruk av

### Nærmere informasjon om alternative energiforsyningsløsninger

#### Hurtiglading

Hurtiglading er en effektiv måte å sikre at maskiner kan driftes som normal i løpet av arbeidsdagen. Faktorer som er med på å begrense hurtiglading er blant annet maskinenes maksimale ladeeffekt og tilgang på tilstrekkelig strømkapasitet i nærliggende nett. Jo lavere effekt en maskin lader på, jo lenger tid tar det før batteriet er fullt. Ved begrenset nettilgang kan forflytning av ladepauser eller bruk av batterier være en måte å redusere belastningen på nettet. Bruk av provisoriske nettstasjoner kan også være nødvendig for å sikre nok effekt. Ved lavt spenningsnivå kan også skilletrafoer eller batterier benyttes.

#### Mobile batterier

Mobile batterier kan bistå til å løse utfordringer med begrenset nettilgang. Slike batterier finnes på markedet som enten battericontainere som kan flyttes fra prosjekt til prosjekt, eller battericontainere på henger. Mobile batterier kan også løse utfordringen med at store, og spesielt beltegående, maskiner bruker mye energi på forflytning ved at kilden til strøm flyttes til der maskinen er. Logistikken for denne type forflytning kan derimot være utfordrende for enkelte typer prosjekter. Mobile batterier kan også fungere som spenningstransformatorer på steder der det ikke er 400 V nettilgang.

**Kilde: Hafslund Rådgivning og Sweco (2024)**

elektriske anleggsmaskiner i større skala, slik som det er snakk om i denne sammenheng, krever tilgang på betydelig mer kraft (effekt) enn det som er vanlig å tilrettelegge for i ordinære bygge- og anleggsprosjekter. Tilstrekkelig tilgang på effekt for lading av maskiner er en utfordring som går igjen når markedsaktører blir bedt om å oppgi barrierer for elektrisk drift av bygge- og anleggsprosjekter (Sweco, 2024). Utfordring med tilgang på tilstrekkelig effekt for lading av maskiner forsterkes av at batterielektriske anleggsmaskiner per i dag

ikke har tilstrekkelig kapasitet til å kunne driftes en hel arbeidsdag uten lading, og dermed må hurtig- eller lynlades i lunsj- og middagspauser. Flere maskinleverandører peker på en forventning om et endret bilde i det elektriske maskiner kan driftes en hel dag og kun krever lading om natten.

### Alternative energiforsyningsløsninger

Ettersom flere prosjekter har tatt i bruk elektriske maskiner de siste årene har det vært en betydelig utvikling innen energiforsyningsløsninger til bygg- og anleggssektoren. Alternative energiforsyningsløsninger som benyttes for drift av elektriske maskiner inkluderer battericontainere, mobile batterier, provisorisk nettstasjon, smarte fordelerskap og ulike typer normal- og hurtigladeløsninger.

Alternative ladeløsninger bygger i hovedsak på batteriteknologi eller annen teknologi som er teknisk moden (TLR 9). Markedsaktører som har erfaring med bruk av ulike energiforsyningsløsninger forteller at de opplever at løsningene fungerer godt og at funksjonen til energiløsningene således ikke er en stor utfordring (Sweco, 2024). Selv om energiforsyningsløsninger er teknisk modne er særlig løsninger som innebærer bruk av mobile batterier eller battericontainere ikke ennå kommersielt modne, jf. omtale teknologimodenhet og markedsmodenhet i kapittel 4. Dette bidrar til å øke kostnaden ved bruk av slike ladeløsninger.

### Leverandører av energiforsyningsløsninger

Det er flere aktører som tilbyr energiforsyningsløsninger til bygge- og anleggsplasser. Dette er i all hovedsak energiselskaper som har kompetanse og kunnskap knyttet til dimensjonering og planlegging av effekt- og energibehov, gitt arbeidsomfang og maskinpark. Enkelte aktører som Kverneland og Nordic Booster utvikler og tilbyr kjøp av energiforsyningsløsninger til entreprenører, mens andre aktører slik som Hafslund, Skagerak Energi, Eviny og Aneo leier ut energiforsyningsløsninger utviklet av andre.

Det finnes også enkelte entreprenører som har egne energiforsyningsløsninger. Et eksempel er PA entreprenør som har gått til anskaffelse av en batterikontainer sammen med MerElektro AS. PA entreprenører er et Oslobasert bygg- og anleggsentreprenør spesialisert innen kommunalteknisk infrastruktur og rehabilitering av betongkonstruksjoner. Det innebærer at de har en mindre maskinpark og dermed et begrenset effektbehov i sine byggeprosjekter, samtidig som de operer i et område hvor det i en rekke prosjekter har blitt stilt krav om nullutslippsløsninger i bygg-

og anleggsprosjekter, og det er gitt tydelige signaler på at denne praktisen vil videreføres<sup>2</sup>.

### Kostnader

For entreprenører som ikke er spesialisert innen en type bygg- og anleggsprosjekter vil behovet for energiforsyning på den enkelte bygge- og anleggsplass kunne variere betydelig fra prosjekt til prosjekt. Hva som er hensiktsmessig energiforsyningsløsning og tilhørende kostnader vil avhenge av flere forhold, blant annet lokal tilgang på nettkapasitet i området hvor bygge- eller anleggsprosjektet er lokalisert, type og omfang av maskiner, gjennomføringstid mv. Sentrale kostandsdrivere og merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger i bygge- og anleggsprosjekter er nærmere omtalt i kapittel 3.1 og belyst gjennom fire ulike referanseprosjekter.

Bruk av elektriske maskiner og tilhørende energiforsyningsløsninger krever at entreprenører planlegger og drifter prosjektene på en annen måte enn det som de tradisjonelt har gjort ved bruk av fossile anleggsmaskiner. Det krever omstilling og at maskinleverandører og/eller entreprenører tilegner seg nødvendig kompetanse og erfaring for planlegging og effektiv bruk av elektriske maskiner. Mangel på slik kompetanse i bygge- og anleggsbransjen peker blant annet Sweco (2024) på at bidrar til å øke kostnaden ved å ta i bruk nullutslippsløsninger. Sweco (2024) peker samtidig på at tilgang på energistyringssystemer for planlegging og optimal drift av elektriske maskiner vil kunne være en effektiv støtte og redusere kostnadene knyttet til å ta i bruk nullutslippsløsninger. Slike systemer vil kunne gjøre det enklere for entreprenører og eventuelt andre aktører å tilpasse infrastruktur til prosjektbehovet og sikre effektiv drift.

---

<sup>2</sup> Kommunene Bergen, Oslo, Tromsø, Trondheim, Stavanger og Drammen har inngått en samarbeidsavtale («Storbyerklæringen») med mål om at kommunenes bygge- og anleggsvirksomhet skal være utslippsfrie innen 2025. Målet innebærer at denne ambisjonen skal etterleves av hele byggebransjen innen 2030, både privat og offentlig sektor. Storbyerklæringen stiller ingen direkte krav og det

er opp til kommunene om ambisjonen i avtalen skal etterfølges. Oslo, Bergen og Trondheim kommune har vedtatt at de vil stille krav om utslippsfrie byggeplasser i alle kommunale kontrakter fra 1.1.2025, mens Stavanger kommune vil inkludere utslippsfrie bygge- og anleggsområder som tildelingskriterie i sine anskaffelser (Sweco, 2024).

### 3. Kostnader ved bruk av nullutslippsløsninger

*I dag er det dyrere å gjennomføre bygge- og anleggsprosjekter elektrisk enn med konvensjonell, fossil gjennomføring. Høyere leiekostnader for elektriske maskiner og energiforsyningsløsninger, og manglende erfaring med elektrisk drift driver kostnadene opp. Samtidig er driftskostnadene lavere. Prosjektens omfang, beliggenhet og gjennomføringstid påvirker merkostnaden ved bruk av nullutslippsløsninger og varierer fra 3 til 37 prosent av total prosjektkostnad for eksempelprosjektene vi har sett på. Merkostnaden utgjør en mindre andel av totale prosjektkostnader i store prosjekter. For små prosjekter og store anleggsprosjekter med begrenset nettkapasitet utgjør kostnader for etablering av energiforsyningsløsninger en stor andel av merkostnadene. For store byggeprosjekter er merkostnaden hovedsakelig forbundet med høyere leiepriser for elektriske maskiner.*

I dette kapittelet benyttes fire ulike bygge- og anleggsprosjekter for å vise spennet i behov mellom prosjektene og hvordan ulike kostnadsdrivere ved bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser varierer med prosjekttype. Merkostnadene beregnes ved å sammenligne fossil gjennomføring av prosjektene med fossilfri og elektrisk gjennomføring. Videre er det for de elektriske prosjektene evaluert omfang og kostnader for energiforsyningsløsninger. Fremgangsmåten for beregningene er utviklet av Hafslund Rådgiving og er basert på reelle data innhentet fra konkrete, fossile bygge- og anleggsprosjekter og tilpasset gjennomført med helt eller delvis elektrisk maskinpark.

#### 3.1 Sentrale kostnadsdrivere

For å sammenligne kostnadene for elektrisk med fossil gjennomføring av bygg- og anleggsprosjekter er det naturlig å ta utgangspunkt i maskinene som skal benyttes og riggen rundt dem for at de skal fungere. I et fossilt prosjekt brukes egne eller leide

maskiner, så forsynes de med anleggsdiesel for å utøve jobben. Et utslippsfritt prosjekt der maskinene har elektrisk drivlinje krever midlertidig infrastruktur til drift av kabeldrevne maskiner eller lading av batteridrevne maskiner, og denne infrastrukturen må dimensjoneres slik at maskinene kan operere som de skal uten unødvendige forsinkelser.

En rekke faktorer er kostnadsdrivende i utslippsfrie prosjekter. Utvalg og tilgjengelighet for maskiner og infrastrukturløsninger, prosjektets beliggenhet, utstrekning i løpet av et døgn og over året, arbeidsomfang, samt tilgang på nok strøm med riktig spenning er alle faktorer som påvirker valg av elektriske maskiner og dimensjonering av infrastruktur, og dermed kostnaden for elektrisk drift. Kostnadsdriverne som er vurdert i dette prosjektet er vist i Tabell 3-1 ( neste side), inkludert en nærmere beskrivelse av de enkelte kostnadsdriverne. Effekten av kostnadsdriverne er avhengig av prosjektets karakteristikk. I alle referanseprosjektene presentert i denne rapporten er kostnadsdriverne vurdert.

#### 3.2 Metode for beregning av merkostnader

For beregning av merkostnadene ved elektrisk drift er det benyttet en bottom-up-tilnærming hvor konvensjonell, fossil gjennomføring blir sammenlignet med elektrisk gjennomføring for et utvalg bygge- og anleggsprosjekter i Norge. Det er stor variasjon blant prosjekter i bygge- og anleggsbransjen, og referanseprosjektene har som formål å fremheve en bredde i type prosjekter som gjennomføres. For hvert prosjekt er kostnader for maskinpark, energikostnader og infrastruktur beregnet ved bruk av følgende fire-stegs-metodikk (Hafslund Rådgiving, 2022):

1. *Referanseprosjektet etableres:*  
Aktiviteter med tilhørende maskinpark over prosjektperioden, avvikling av arbeidsdag og prosjektvarighet kartlegges for et reelt prosjekt med konvensjonell gjennomføring. Dette benyttes også som utgangspunkt for fossilfri gjennomføring.
2. *Design av elektrisk maskinpark:*  
Maskinparken for konvensjonell drift erstattes med elektriske alternativer, basert på hva som finnes i markedet.
3. *Design av elektrisk infrastruktur:*  
Basert på valgt maskinpark og egnet ladeutstyr utarbeides det en energi- og effektplan som

Tabell 3-1: Sentrale kostnadsdrivere ved bruk av nullutslippsløsninger på bygg- og anleggsplasser

Kostnadsdriver	Beskrivelse
Tilgang på strøm	Tilgang på nettkapasitet, tilgjengelig effekt og spenningsnivå i nærhet av prosjektet, på bygge-/anleggsplassen har betydning for valg av energiforsyningsløsning og tilhørende kostnader. Begrenset tilgang på nettkapasitet kan potensielt begrense de tekniske mulighetene for å drifte prosjektet med elektriske maskiner.
Stasjonære prosjekter	Byggeprosjekter har ofte et begrenset operasjonsområde, avgrenset med et byggegjerde. Anleggsprosjekter er i større grad «bevegelige» og har andre krav til mobilitet. Dette påvirker hvordan den elektriske infrastrukturen bør innrettes. Lange avstander med kabler er kostbart og lite energieffektivt. Samtidig er forflytning av belte-gravemaskiner («belting») over store avstander svært energikrevende og bør derfor minimeres.
Maskinomfang	Antall maskiner påvirker både prosjektets maskinkostnad, energibruk og behov for effekt. Prosjekter med et begrenset antall maskiner bruker mindre energi og effekt, og krever mindre nettkapasitet og elektrisk infrastruktur. Jo flere elektriske maskiner, jo mer krevende og kostbart vil det være å tilrettelegge for elektrisk gjennomføring.
Maskinstørrelser	Merkostnaden for elektriske maskiner varierer med størrelse. Større maskiner er i dag spesialtilpasset for elektrisk bruk og dyrere enn mindre elektriske maskiner (under 8 tonn). Maskinstørrelsene påvirker prosjektets energi- og effektbehov, og krever bedre nettkapasitet og øvrig elektrisk infrastruktur.
Prosjektvarighet	Prosjekter med kort gjennomføringstid vil generelt være tjent med midlertidige løsninger for strømforsyning, men prosjekter med lenger varighet kan forsvare varige og mer kostbare nettoppgraderinger.
Andre forhold på bygge-/anleggsplass	Det er også praktiske forhold på byggeplassen som påvirker kostnadene for utslippsfrie gjennomføring. Dette kan blant annet omfatte tilgjengelig område for riggplass, hensyn til øvrige bygg/naboer, avtalt arbeidstid mv. Videre kan terrenget i anleggsområde også kunne påvirke energiforbruket og dermed kostnadene knyttet til anleggsarbeidet.
Prosjektomfang	Hvilket formål og omfang prosjektet har betyr mye for energiforbruket. Anleggsprosjekter med store forflytninger og løft av stein og pukk vil eksempelvis bety vesentlig høyere energiforbruk enn om det skal flyttes noe jord og sand.
Temperatur	Lave temperaturer har en negativ innvirkning på energiforbruket til batteridrevne maskiner og mobile batteriløsninger. Andre arbeidsprosesser kan også være krevende ved lave temperaturer slik som tunge løft og belting, og kan bidra til økte kostnader.

danner grunnlag for den elektriske infrastrukturen. Tilgjengelig nettkapasitet benyttes som input til planen som legges.

4. *Tillegne komponentkostnader for ulik prosjektgjennomføring:*  
Kostnader tilegnes maskinpark og infrastrukturkomponenter for ulik prosjektgjennomføring, og fordeles i fire kostnads kategorier: maskin, infrastruktur, energi og driftsutfordringer. En forklaring på hva de ulike kostnads kategoriene innebærer følger under.

Alle prosjektene tar utgangspunkt i reelle prosjekter, der data og prosjektplaner er hentet inn fra entreprenører, byggherrer, maskinleverandører og utleieselskaper. For hvert av prosjektene er det regnet på merknader for maskiner, infrastruktur, energiforbruk og driftsutfordringer, og under følger

en forklaring knyttet til tall og forutsetninger som benyttes for hver av kostnads kategoriene.

#### *Maskinkostnader*

Maskinkostnadene beregnes ved bruk av leiekostnader. Leiekostnadene som benyttes er hentet fra utleieselskaper og reflekterer markedets prising for både fossile og elektriske maskiner. Prisene inkluderer faktorer som ulik nedbetalingstid, avkastningskrav, og tillegg for vedlikehold. Forsikring og transportkostnader for maskiner er ikke medregnet, og det forutsettes at maskiner leies også i helgene selv om de ikke er i bruk. Maskiner og utstyr som i dag er elektriske også i konvensjonell drift, som tårnkraner, inkluderes ikke i beregningene. Maskiner uten fullgode elektriske alternativer på markedet i egnet størrelsesorden, som for eksempel store vals, er også ekskludert fra kostnadsberegningene.

### Infrastrukturkostnader

Infrastrukturkostnader er en ren merkostnad for elektrisk drift og beregnes ved bruk av leiekostnader, i tillegg til oppkoblingskostnader. Leiekostnadene som benyttes er hentet fra aktører som leier ut infrastrukturutstyr og reflekterer markedets priser. Prisene reflekterer investeringskostnad, avkastningskrav og vedlikeholdskostnad. Infrastrukturen dimensjoneres ut ifra tilgjengelig nettkapasitet for å gi nødvendig strøm til drift av maskinparken og annet utstyr som trenger strøm i prosjektet, eksempelvis brakkerigg og utstyrscontainere. Det betyr at infrastrukturen også tilpasses maskiner som allerede er elektriske i konvensjonell drift. Ladeutstyr til massetransport er ikke medregnet da det antas at dette lades utenfor anleggsområdet. Kostnader knyttet til oppgradering av strømmettet og demontering av utstyr er ikke inkludert i beregningene.

### Energikostnader

Energikostnadene beregnes ved å koble energipris opp mot maskinenes energiforbruk. For elektrisk gjennomføring inkluderes også energikostnader knyttet til tap i infrastrukturen. For den generelle infrastrukturen er det lagt til et tap på 5%, da maskinenes strømforbruk gjennom prosjektperioden vil avvike fra avregnet strømforbruk på måleren grunnet et energitap i infrastrukturen frem til maskinen. Energitalet for batterier er satt til 20%. Tallene er utledet ved kombinere informasjon fra entreprenører med egne erfaringstall fra elektrisk drift av bygge- og anleggsplasser. Energiprisene benyttet i beregningen er presentert i tabell 3-2. Anleggsdiesel og HVO100 er listepriser fra Circle K hentet ut i oktober 2024. Strømprisen reflekterer kraftprisen Miljødirektoratet bruker i sine tiltaksanalyser, men nettleien er justert for å ta høyde for nettleiekostnader for næring på Østlandet. Den inkluderer også påslag fra strømleverandør og elavgift.

### Kostnader for driftsutfordringer

Per i dag tilsier erfaringer at elektrisk gjennomføring har en betydelig påvirkning på tidsbruk og fremdrift. Det er flere grunner til dette, der de mest fremtredende er ladeproblematikk og redusert brukstid ved vinterdrift, hvor kalde temperaturer påvirker driften av utstyret. For å håndtere denne usikkerheten er det inkludert et risikotillegg, kalt kostnader for driftsutfordringer. Tillegget er satt til 10% av merkostnadene og baserer seg på erfaringer fra bransjeaktører. Det er forventet at tillegget vil reduseres etter hvert som teknologien modnes og erfaringene fra elektrisk drift øker.

## 3.3 Merkostnad for utvalgte referanseprosjekt

Fire ulike referanseprosjekter fra Norge er valgt ut som bakgrunn for merkostnadsberegningene. Disse er ment å vise et spenn i maskin- og infrastrukturbehov og representerer samtidig typiske prosjekter som det gjennomføres mange av. Referanseprosjektene baserer seg på reelle prosjekter som har blitt gjennomført med konvensjonell drift.

Ulik praksis for prosjektgjennomføring, varierende sammensetning av maskinpark og elektrisk infrastruktur som kreves for elektrisk gjennomføring vil variere avhengig av hvem som gjennomfører arbeidene. Dette kan gi mindre utslag på kostnadsresultatene. Vi mener resultatene likevel gir et riktig bilde av merkostnadenes omfang og reflekterer dagens praksis i bransjen.

### 3.3.1 Referanseprosjekt 1: Stort veiprojekt

Det første referanseprosjektet vurdert er en omfattende veiutbygging for en ny motorvei i et ikke-utbygd område. Prosjektet innebærer intensiv jobbing over en periode på 18 måneder, hvor terrenget må ryddes og store mengder fjell sprenges. Basert på tilgjengelige tilkomstveier etableres noen få angrepspunkter, og arbeidet starter på ulike kanter av traseen. Det ryddes typisk 10-15 meter terreng per dag og tilkomsten til maskinene er svært begrenset. Etter hvert som arbeidene avanserer øker antall angrepspunkt, men det er kun et fåtall maskiner som har tilkomst med vei. Prosjektets forutsetninger og kostnadsdrivere oppsummert i Figur 3-1.

De omfattende arbeidene krever både et stort antall maskiner, og mange maskiner innenfor de største maskinkategoriene. En entreprenør viser til en maskinpark som inkluderer blant annet 52 beltegravere, 22 dumpere, 13 hjulgravere, 6

Tabell 3-2:

Type	Pris (kr/kWh ekskl. mva)
Elektrisitet	1,5
HVO100	17,4
Anleggsdiesel	13,1

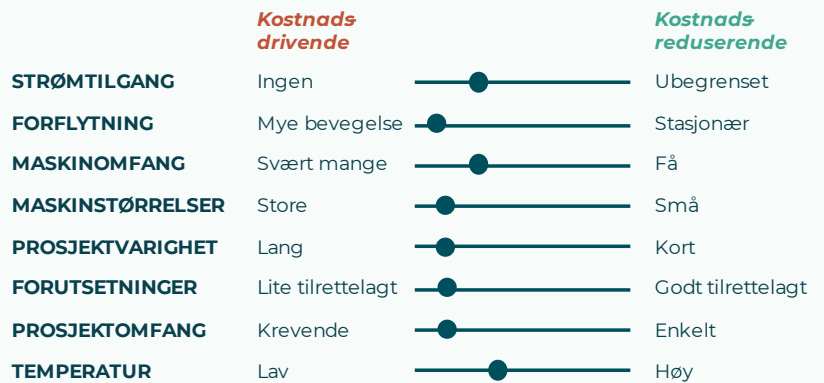
Kilde: Miljødirektoratet, 2024 og listepriser fra Circle K, oktober 2024

Figur 3-1: Referanseprosjekt 1 - Stort vei-prosjekt

Det skal gjennomføres en delenterprise for bygging av ny motorvei på rundt 11 km. Det er en H5 vei med forbi kjøringsfelt på 4 steder. Veien veksler mellom 2 feltsvei og 3-4 felts vei med midtdeler avhengig av forbi kjøringsfeltene.

Prosjektperiode	18 måneder, oppstart mars
Lokasjon	Distrikt på Sørlandet
Arbeidstid	Man-lør 7-20
Prosjekt kostnad	1 116,5 MNOK

### Vurdering av forutsetninger for elektrifisering



bulldosere og 7 traktorer brukt til massetransport for utbygning av én av to parseller på overnevnt motorvei. Gravemaskinene er typisk i vektclassen 30-70 tonn, og de resterende maskinene er også blant de største på markedet. De utgravde massene transporteres internt på anleggsområdet med dumpere og traktorer for å brukes i veibyggingen. Denne typen prosjekter er svært maskinintensive og foregår i ulendt terreng uten tilkomstveier til majoriteten av arbeidsområdene.

Flere faktorer gjør det utfordrende å elektrifisere referanseprosjekt 1 med dagens teknologi.

- **Størrelse og kapasitet på maskinene:** Elektriske alternativer for de største maskinene i prosjektet, som 30-70 tonns gravemaskiner og dumpere, finnes i et svært begrenset omfang. Det er i underkant av 10 ulike elektriske gravere og dumpere på markedet i dag av denne størrelsen, og ingen har god nok driftstid for krevende arbeid med dårlig nettilgang. Videre er de elektriske maskinene som finnes dårlig egnet til terrengforflytning i lite tilrettelagt terreng. Å erstatte store maskiner med mindre elektriske alternativer vil derfor drastisk redusere produktiviteten og føre til store forsinkelser i prosjektet.
- **Arbeidets natur:** Tunge løft og stor grad av massetransport definerer arbeidene. Dette er krevende operasjoner for maskinene og gjør at batteriene vil trenge hyppig opplading. Arbeidsdagens to pauser er ikke tilstrekkelig for å lade opp maskinparken – nødvendige ladeeffekter overstiger hva dagens maskiner kan ta imot av effekt, og tilsvarende vil det vanskelig kunne legges til rette for høy nok effekt fra nettet i slike områder. Midlertidige høyspenningsuttak til provisoriske nettstasjoner, som slike prosjekter ville krevd, er utfordrende for strømmettet, og spesielt krevende i områder uten tilstrekkelig nettkapasitet.

- **Spredd maskinpark og behov for forflytning:** Maskinene opererer i et stort, ulendt område uten tilkomstveier, noe som gjør det vanskelig å transportere mobile batterier eller ladestasjoner til maskinene. For å holde tritt med prosjektets fremdrift må riggplasser for lading flyttes hyppig. Opp- og nedrigging av ladere og elektrisk infrastruktur er kostbart, tidkrevende og krever spesialkompetanse.
- **Begrenset nettilgang:** Dårlig strømtilgang i et ikke-utbygd område er utfordrende, og vil kreve tilkobling mot høyspentnettet og omfattende kabelinfrastruktur. Etablering av midlertidig strømforsyning ved provisoriske nettstasjoner vil være svært kostbart, tidkrevende og krever spesialkompetanse. I tillegg kan det føre til forsinkelser som følge av regulatoriske bestemmelser, da provisoriske nettstasjoner krever anleggskonsesjon fra NVE.

Per i dag er det ikke gjennomførbart å elektrifisere hele prosjektet uten nye teknologiske fremskritt og løsninger, og betydelige investeringer i strømmnett. Enkelte aktiviteter, som bruk av mindre maskiner nær riggplass, kan elektrifiseres for å redusere lokale utslipp. Det vil ha minimal effekt på prosjektets totale kostnad.

### 3.3.2 Referanseprosjekt 2: Stort byggeprosjekt

Referanseprosjekt 2 er et omfattende byggeprosjekt som inkluderer bygging av en flerbrukshall med tilhørende garderober, forsamlingslokale, barnehage og en større parkeringsplass.

#### Beskrivelse av prosjektet

Prosjektet krever en variert maskinpark som inkluderer beltegravere av ulike størrelser, rivemaskin, bom- og sakselifter, tårnkran, hjullaster og en elektrisk tippbil som erstatning for en dumper. Da vals ikke finnes elektrisk, vil dette

ekskluderes fra merkostnadsberegningene. For oppvarming av bygget er det planlagt boring av 12 energibrønner med en dybde på 200–300 meter, som krever bruk av borerigg og kompressor. Prosjektet har oppstart på vinterstid, og grunnarbeidene krever teletining i 24 timer per uke i en begrenset periode. Figur 3-2 oppsummerer prosjektbeskrivelsen og kostnadsdriverne for prosjekt 2.

Anleggsområdet er avgrenset til cirka 200 meter, noe som gir fordeler ved å redusere behovet for mobil infrastruktur. De fleste operasjonene er stasjonære, noe som muliggjør effektiv bruk av både batteri- og kabeldrevne maskiner. Tilgang til en nærliggende riggplass for ladeutstyr og brakkerigg forenkler også logistikk og reduserer kostnadene for midlertidige løsninger. Samtidig representerer vinterperioden en utfordring, da enkelte aktiviteter vil utføres ved lave temperaturer som påvirker batteridrevne maskiners effektivitet og krever ekstra planlegging av lading og drift.

Prosjektets mest krevende periode for strømforsyning oppstår om sommeren, når boreriggen og kompressoren er i drift samtidig med andre maskiner, brakkeriggen og elbillading. Boreriggen og kompressoren alene har et effektbehov på 400–600 kW, som utgjør rundt 60 % av den totale dimensjonerende effekten. Dette stiller høye krav til infrastruktur og tilgang på strøm, som analyseres i to ulike scenarier:

- Scenario 1 (S1): God strømtilgang fra to nærliggende nettstasjoner med 500 kVA, 400 V hver.
- Scenario 2 (S2): Begrenset strømtilgang med 200 kVA, 400V fra en nærliggende nettstasjon.

I **Scenario 1** dekker nettstasjonene størstedelen av prosjektets effektbehov, men i dimensjonerende periode, det vil si under brønnboring, suppleres strømforsyningen med to battericontainere på 520 kW/575 kWh. Battericontainerne sikrer tilstrekkelig kapasitet uten behov for ytterligere nettinvesteringer, i tillegg til at det benyttes en kombinasjon av kabel- og batteridrevne maskiner. Etter dimensjonerende periode er battericontainerne ikke nødvendig, og eksisterende nettkapasitet dekker resten av prosjektet.

Maskinparken krever ladeutstyr for både hurtiglading i pauser og normallading. Av ladere trengs det en hurtiglader som kan levere minst 150 kW til lading av en liten beltegraver og tippbil, i tillegg til 3 normalladere på 22 kW for lading av elbiler. Figur 3-3 viser en skisse av infrastrukturen for den dimensjonerende perioden.

I **Scenario 2** er ikke nettilgangen tilstrekkelig for å dekke prosjektets effektbehov. En provisorisk nettstasjon på 1 000 kVA vil derfor etableres for å sikre tilstrekkelig kapasitet for perioden hvor borerigg driftes. Tilgjengelig nettkapasitet er heller ikke tilstrekkelig for resterende strømbehov i byggeperioden og den provisoriske nettstasjonen vil derfor forsyne anleggsplassen i hele perioden. Med tanke på infrastrukturen er det mest hensiktsmessig med batteridrevne maskiner for å sikre god effektfordeling gjennom en driftsdag. Det vil derfor være behov for en kraftigere hurtiglader sammenlignet med scenario 1.

Figurene på neste side lister maskinparken for begge scenarier, der de batteridrevne maskinene er markert med et batteri. De viser i tillegg en skisse av infrastrukturen i den dimensjonerende perioden. Merk at det i scenario 2 settes opp én hurtiglader med to uttak. I scenario 1 vil infrastrukturen som forsyner borerigg og kompressor kun benyttes i noen uker mens energibrønnene bores, mens i scenario 2 vil all infrastruktur bli stående gjennom hele perioden.



Figur 3-2: Referanseprosjekt 2 - Stort byggeprosjekt i by

Det skal bygges en flerbrukshall, med tilhørende styrkerom og garderober, et forsamlingslokale og barnehage, i tillegg til en større parkeringsplass, gangvei og bredere gate med fortau.

Vurdering av forutsetninger for elektrifisering

**Kostnads drivende**

**Kostnads reduserende**

<b>STRØMTILGANG</b>	Ingen		Ubegrenset
<b>FORFLYTNING</b>	Mye bevegelse		Stasjonær
<b>MASKINOMFANG</b>	Svært mange		Få
<b>MASKINSTØRRELSER</b>	Store		Små
<b>PROSJEKTVARIGHET</b>	Lang		Kort
<b>FORUTSETNINGER</b>	Lite tilrettelagt		Godt tilrettelagt
<b>PROSJEKTOMFANG</b>	Krevende		Enkelt
<b>TEMPERATUR</b>	Lav		Høy

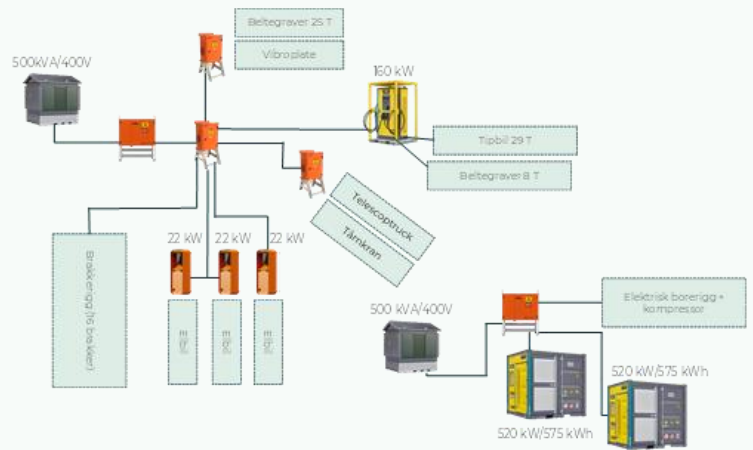
Prosjektperiode	18 måneder, oppstart januar
Lokasjon	By på Østlandet
Arbeidstid	man-ons 7-19, tors-fre 7-14
Prosjektkostnad	180 MNOK
Prosjektperiode	18 måneder, oppstart januar
Lokasjon	By på Østlandet

Figur 3-3: Scenario 1 - Stort byggeprosjekt i by med **god strømtilgang**

**Tilgjengelig nettkapasitet** 1000 kVA, 400V  
**Dimensjonerende effekt** 973 kW

**Elektrisk maskinpark:**

2 Gravemaskin 8 T	<input type="checkbox"/>	Borrerigg
2 Gravemaskin 25 T	<input type="checkbox"/>	Byggtørk
Rivemaskin 30 T	<input type="checkbox"/>	3 Sakselift
Tippbil 29 T	<input type="checkbox"/>	3 Bomlift
Vibroplate (<8 T)	<input type="checkbox"/>	Hjullaster (< 8 T)
Teleskoptruck (< 8 T)	<input type="checkbox"/>	3 Elbiler
Tårnkran	<input type="checkbox"/>	

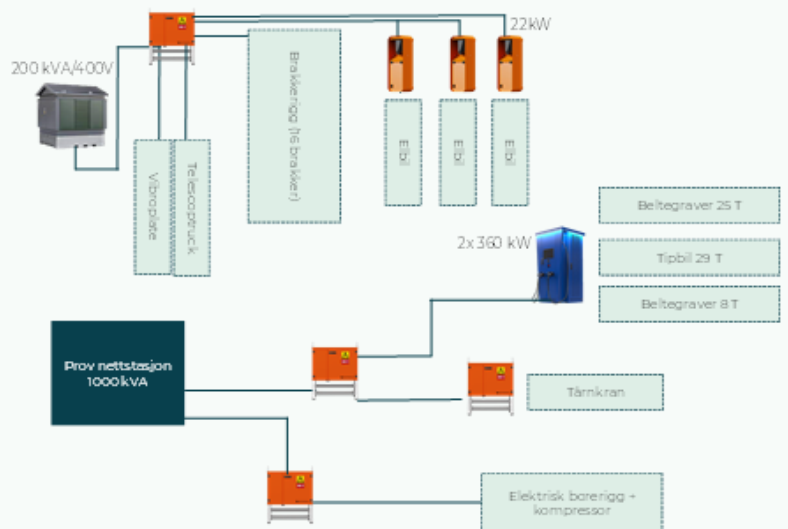


Figur 3-4: Scenario 2 - Stort byggeprosjekt i by med **begrenset strømtilgang**

**Tilgjengelig nettkapasitet** 200 kVA, 400V  
**Dimensjonerende effekt** 856 kW

**Elektrisk maskinpark:**

2 Gravemaskin 8 T	<input type="checkbox"/>	Borrerigg
2 Gravemaskin 25 T	<input type="checkbox"/>	Byggtørk
Rivemaskin 30 T	<input type="checkbox"/>	3 Sakselift
Tippbil 29 T	<input type="checkbox"/>	3 Bomlift
Vibroplate (<8 T)	<input type="checkbox"/>	Hjullaster (< 8 T)
Teleskoptruck (< 8 T)	<input type="checkbox"/>	3 Elbiler
Tårnkran	<input type="checkbox"/>	



## Merkostnader for elektrisk gjennomføring

Figur 3-1 viser en oversikt over merkostnadene knyttet til leie av maskiner, energibruk i prosjektet, oppsett og leie av infrastruktur for fossilfri og elektrisk gjennomføring med scenario 1 og 2. I tillegg er det skilt ut et ekstra risikopålegg knyttet til elektrisk gjennomføring som inkluderer kostnader knyttet til ladeproblematikk, ekstra planlegging o.l.

Samlet sett utgjør merkostnadene for fossilfri drift 0,7 MNOK, og elektrisk drift mellom 4,5 og 6,2 MNOK avhengig av strømtilgang.

### Maskinkostnader

Maskiner står for rundt 80% av merkostnaden ved elektrisk gjennomføring av prosjektet, med en merkostnad på 3,8 MNOK i Scenario 1 og 4,8 MNOK i Scenario 2. Hovedårsaken er høye anskaffelseskostnader for gravemaskiner av ulike størrelser, store maskiner og boreriggen, som alle har leiepriser som er 2-3 ganger høyere enn for fossile og fossilfrie maskiner i dagens marked. I Scenario 2 forsterkes dette av bruk av batteridrevne maskiner, som er dyrere enn kabeldrevne alternativer. Fossilfri drift har ingen økning i maskinkostnader, da biodrivstoff kan brukes i eksisterende maskinpark uten behov for større investeringer.

### Energikostnader

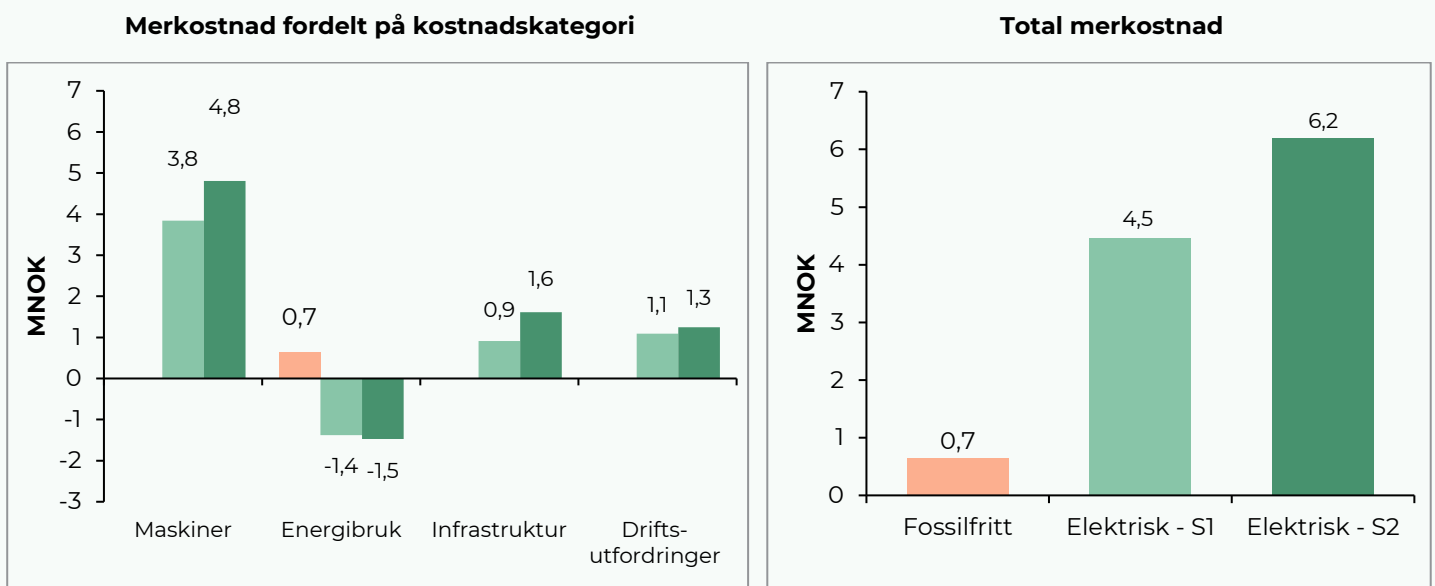
Energikostnadene for elektrisk drift viser klare

fordeler sammenlignet med fossile alternativer. I Scenario 1 er energikostnadene anslått til -1,4 MNOK, noe som indikerer betydelige besparelser på grunn av lave strømpriser sammenlignet med diesel eller biodiesel. I Scenario 2 er besparelsene noe større, med energikostnader på -1,5 MNOK. Differansen skyldes at Scenario 2 har mindre energitap fordi det ikke benyttes battericontainere som i Scenario 1. Energitalet for batteriene er antatt å være på 20% av forbrukt energi, som stammer fra erfaringstall i bransjen. De største bidragsyterne til å drive opp energikostnadene er beltegraverne og boreriggen, både for elektrisk og fossilfri drift. Fossilfri drift har høyere energikostnader da biodiesel er mer kostbart enn anleggsdiesel.

### Infrastrukturkostnader

Infrastrukturkostnader er rene merkostnader for elektrisk drift og varierer mellom de to scenarioene med ulik strømtilgang. For scenario 1 er samlet infrastrukturkostnad anslått til 1,1 MNOK, inkludert tilpasning av byggestrømskap og ladere. Her utgjør kabelinfrastruktur og strømskap 50% av kostnadene, batterier omtrent 10% og hurtigladeren alene rundt 30% av kostnadene. Batterikostnadene er relativt lave grunnet en kort driftsperiode sammenlignet med resterende infrastruktur. For scenario 2 er infrastrukturkostnaden anslått til 1,6 MNOK, hvor provisorisk nettstasjon og oppkobling utgjør nesten 40%. Behovet for ladere utgjør omtrent 30%, som er samme andel som strømskap og kabelinfrastruktur. Manglende tilgjengelig nettkapasitet og høyt effektbehov som følge av den

Figur 3-5: Referanseprosjekt 2: Merkostnader for fossilfri og utslippsfri gjennomføring



Kilde: Hafslund rådgiving

elektriske boreriggen er viktige kostnadsdrivere for dette scenarioet.

#### *Kostnader for driftsutfordringer*

Driftsutfordringer knyttet til implementering av elektriske løsninger er en viktig kostnadskomponent i begge scenarioene, men er mest fremtredende i Scenario 2. I Scenario 1 er risikopåslaget anslått til 1,1 MNOK, mens det er høyere i Scenario 2 med 1,3 MNOK. Dette reflekterer økt usikkerhet i Scenario 2, spesielt knyttet til en høyere andel batteridrevne maskiner. Umodenheten i markedet for elektriske maskiner, kombinert med ladeproblematikk og behov for spesialtilpasset planlegging, bidrar til økte merkostnader. Scenario 1 har lavere kostnad grunnet enklere tilkobling til eksisterende nett og mer etablerte løsninger for kabeldrevne maskiner.

### 3.3.3 Referanseprosjekt 3: Lite veiprojekt

Referanseprosjekt 3, oppsummert i Figur 3-6, er et lite veiprojekt i Nord-Norge som benytter få maskiner.

#### Beskrivelse av prosjekt

Arbeidet domineres av grave- og løfteoperasjoner som inkluderer bruk av en 25-tonns beltegraver, en 17-tonns hjulgraver og en hoppetusse. Prosjektet er delt opp i fem etapper som strekker seg over 500 meter. Prosjektets siste del gjennomføres om vinteren, noe som medfører behov for teletining og påvirker energiforbruket. Maskinparken med beltegraver og hjulgraver brukes jevnt gjennom hele prosjektperioden, mens hoppetussen benyttes i kortere faser. Vals og asfaltutlegger er ikke inkludert i beregningene, grunnet begrenset tilgjengelighet på fullgode elektriske alternativer i dagens marked.

Grunnet veiens utstrekning vil det være nødvendig å flytte riggplassen én gang underveis i prosjektet. Likevel er ikke utstrekningen veldig stor og det vil være mulig å benytte både batteri- og kabeldrevne maskiner i prosjektet. Tilgangen til areal for etablering av riggplasser er god, noe som forenkler infrastrukturen. Da prosjektet er relativt lite og foregår i bysentrum, er brakkerigg ikke inkludert i beregningene. Arbeidene gjennomføres i en by i Nord-Norge, hvor kaldt klima og vinterperioder påvirker maskinenes effektivitet og energibehov. Maskintilgjengeligheten er antatt å være normal, ettersom gravemaskinene er av standard størrelse.

Den mest krevende perioden for strømforsyning oppstår i slutfasen av prosjektet, utlasting og oppsett av mur. Denne fasen krever høyere energiforbruk for batteridrevne maskiner og

inkluderer teletining. Det er regnet på to ulike scenarioer med forskjellig strømtilgang:

- Scenario 1 (S1): God strømtilgang fra nærliggende nettstasjoner med 150 kVA, 400 V.
- Scenario 2 (S2): Begrenset strømtilgang med kun 60 kVA, 230 V fra én nærliggende nettstasjon.

I **Scenario 1** forutsettes det god tilgang på strøm med to nettstasjoner nær anleggsområdet, hver med en kapasitet på 150 kVA og 400 V. Riggplassene etableres nær arbeidsområdene, og det benyttes en kombinasjon av kabel- og batteridrevne maskiner for å jevne ut effektbehovet. Beltegraveren er kabeldrevet, da denne bruker mye energi under forflytning, mens hjulgraveren drives av batteri.

Infrastrukturen inkluderer en hurtiglader med en kapasitet på minst 150 kW for lading av batterimaskinene, samt strømskap for kabelmaskiner og normalladere (22 kW) for nattlading av hjulgraveren. Siden riggplassen må flyttes underveis i prosjektet, medfører dette dobbelt oppkoblingskostnad for infrastrukturen.

Etter dimensjonerende periode vil infrastrukturen dekke det gjenværende strømbehovet. Figur 3-7 viser en skisse av infrastrukturen for prosjektet, samt maskinparken. Batterielektriske maskiner er markert med et batteri.

I **Scenario 2** er nettkapasiteten begrenset. Kun én nettstasjon med 60 kVA og 230 V er tilgjengelig, noe som krever en skilletrafo for å konvertere spenningen til 400 V. Kapasiteten er imidlertid ikke tilstrekkelig til å drifte kabeldrevne maskiner, og batteridrevne maskiner er derfor den eneste løsningen.

For å møte effektbehovet benyttes en mobil batterihenger med en integrert hurtiglader (150 kW) og AC-uttak for normallading. Batterihengeren fraktes til der maskinene arbeider og lades opp fra et strømskap koblet til 230 V. Under vinterperioden oppstår energitap fra batterihengeren, noe som er tatt høyde for i dimensjoneringen. Maskinene bytter på å hurtiglade og normallade for å sikre kontinuerlig drift. Figur 3-8 viser en skisse av infrastrukturen for prosjektet og den elektriske maskinparken.

Figur 3-6: Referanseprosjekt 3 - Lite veiprojekt i bysentrum

Det skal etableres 500 meter gang- og sykkelvei i by, på et lite trafikkert område. Veistrekningen skal ha 3+2 meter gang- og sykkelvei og arbeidene utføres i 5 etapper.

Prosjektperiode	5 måneder, oppstart august
Lokasjon	By i Nord-Norge
Arbeidstid	7-19, to pauser om dagen (1,5 timer)
Prosjektkostnad	32,3 MNOK

**Vurdering av forutsetninger for elektrifisering**

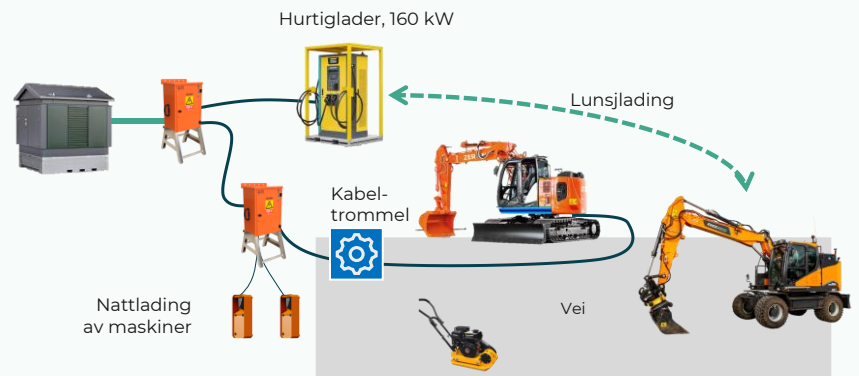
	<i>Kostnads drivende</i>		<i>Kostnads reduserende</i>
<b>STRØMTILGANG</b>	Ingen	S2 — S1	Ubegrenset
<b>FORFLYTNING</b>	Mye bevegelse	●	Stasjonær
<b>MASKINOMFANG</b>	Svært mange	●	Få
<b>MASKINSTØRRELSER</b>	Store	●	Små
<b>PROSJEKTVARIGHET</b>	Lang	●	Kort
<b>FORUTSETNINGER</b>	Lite tilrettelagt	●	Godt tilrettelagt
<b>PROSJEKTOMFANG</b>	Krevende	●	Enkelt
<b>TEMPERATUR</b>	Lav	●	Høy

Figur 3-7: Scenario 3a - Lite veiprojekt i bysentrum med **god strømtilgang**

<b>Tilgjengelig nett</b>	150 kVA, 400 V
<b>Dimensjonerende effekt</b>	120 kW

**Elektrisk maskinpark:**

- Beltegraver 25 T
- Hjulgraver 17 T
- Vibroplate
- Teletining

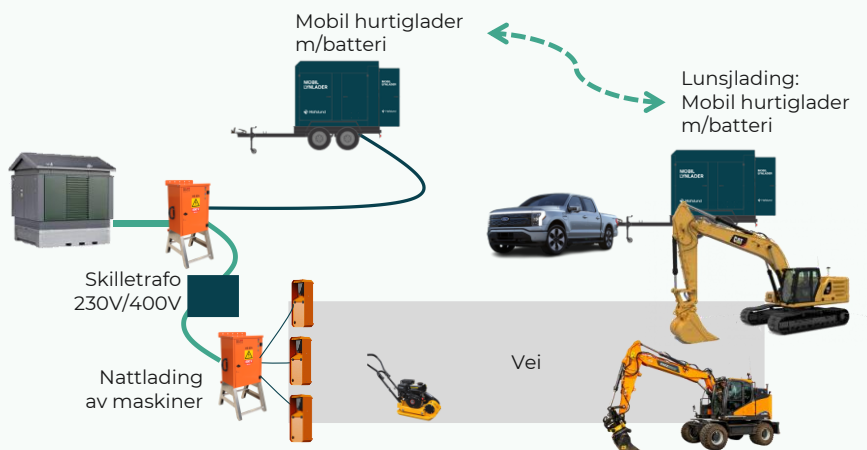


Figur 3-8: Scenario 3b - Lite veiprojekt i bysentrum med **begrenset strømtilgang**

<b>Tilgjengelig nett</b>	60 kVA, 230 V
<b>Dimensjonerende effekt</b>	195 kW

**Elektrisk maskinpark:**

- Beltegraver 25 T
- Hjulgraver 17 T
- Vibroplate
- Teletining



## Merkostnader for elektrisk gjennomføring

Figur 3-9 viser en oversikt over merkostnadene knyttet til leie av maskiner, energibruk i prosjektet, oppsett og leie av infrastruktur for fossilfri og elektrisk gjennomføring med scenario 1 og 2. I tillegg er det skilt ut et ekstra risikopålegg knyttet til elektrisk gjennomføring som inkluderer kostnader knyttet til ladeproblematikk, ekstra planlegging o.l.

Samlet merkostnad for fossilfri drift utgjør 0,1 MNOK, og mellom 1,8 og 2,5 MNOK for elektrisk drift avhengig av strømtilgang for prosjektet.

### Maskinkostnader

Maskiner står for 67 % av merkostnadene i begge scenarioene, med en merkostnad på 1,2 MNOK i Scenario 1 og 1,6 MNOK i Scenario 2.

Gravemaskinene utgjør 95 % av maskinkostnadene, og disse er 2–3 ganger dyrere enn tilsvarende fossile maskiner. I Scenario 2 er merkostnadene høyere på grunn av bruk av batteridrevne maskiner, som har høyere anskaffelseskostnader enn kabeldrevne alternativer. Fossilfri drift har ingen økning i maskinkostnader, da eksisterende maskinpark kan benytte biodrivstoff uten behov for større investeringer.

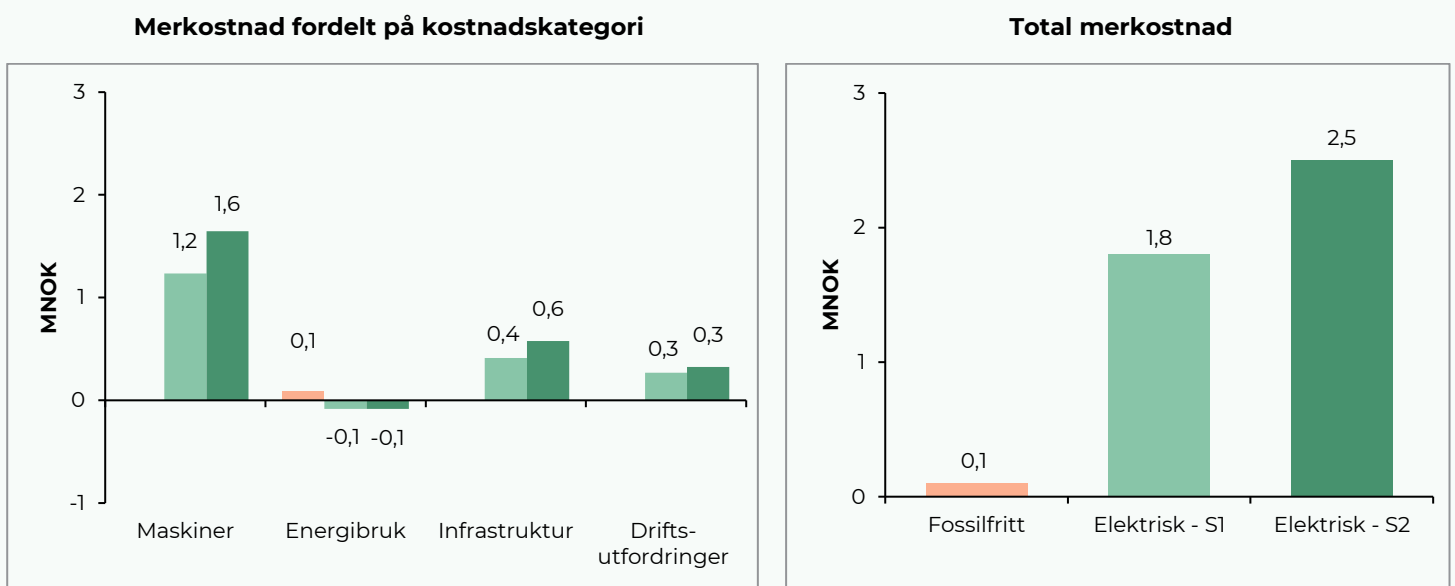
### Energikostnader

Energikostnadene for elektrisk drift gir en besparelse på ca. 0,1 MNOK i begge scenarioene, sammenlignet med fossile alternativer. Dette skyldes lave strømpriser sammenlignet med diesel eller biodiesel. Det er kun en liten forskjell mellom scenarioene, da maskinparken er liten og tap ved bruk av batterier er minimal. Energitalpet for batteriene er anslått til 20 % av forbrukt energi, men effekten på de totale merkostnadene er begrenset. Dette skyldes lademønstrene til de to gravemaskinene, som bytter på å bruke hurtiglading fra det mobile batteriet. Likevel er gravemaskinene de største bidragsyterne til det totale energiforbruket, som står for 90 % av det totale forbruket. Fossilfri drift har en merkostnad på 0,1 MNOK, hovedsakelig grunnet høyere pris på biodiesel.

### Infrastrukturkostnader

Infrastrukturkostnadene er en ren merkostnad for elektrisk drift, med 0,4 MNOK i Scenario 1 og 0,6 MNOK i Scenario 2. I Scenario 1 står hurtigladeren for 22 % av kostnadene, mens strømskap, mindre ladere og kabelinfrastruktur dekker de resterende 78 %. I Scenario 2 utgjør leie av mobilt batteri hele 45 % av infrastrukturkostnadene, mens strømskap og kabelinfrastruktur dekker de resterende 55 %. De høyere kostnadene i Scenario 2 skyldes hovedsakelig behovet for batterihenger, som både gir riktig spenningsnivå og nok ladeeffekt til

Figur 3-9: Referanseprosjekt 3: Merkostnader for fossilfri og utslippsfri gjennomføring, sammenlignet med konvensjonell gjennomføring



Kilde: Hafslund rådgiving

maskinene. Det er en nødvendig midlertidig løsning grunnet begrenset nettkapasitet.

#### Kostnader for driftsutfordringer

Driftsutfordringer knyttet til implementering av elektriske løsninger er lik for begge scenarioene for elektrisk drift, med anslått kostnad på 0,3 MNOK, tilsvarende 10 % av total merkostnad. Dette inkluderer ekstra kostnader knyttet til tekniske problemer med maskiner og ladeutstyr som følge av umoden teknologi, samt redusert driftstid for maskinene.

### 3.3.4 Referanseprosjekt 4: Lite byggeprosjekt

Referanseprosjekt 4 innebærer rehabilitering av utearealet til en barnehage i en distriktskommune på Nordvestlandet.

### Beskrivelse av byggeprosjekt

Prosjektet omfatter oppgradering av lekeplass, utvidelse av uteområdet, og oppføring av sykkelparkering og gjerde. Prosjektet gjennomføres i sommerhalvåret over en periode på 4,5 måneder.

Arbeidet utføres i et lite og avgrenset område, noe som begrenser behovet for maskinforflytning. Omfanget av arbeidet er relativt enkelt og krever derfor kun små maskiner. Maskinparken består av en 8-tonns beltegraver og en 5-tonns hjullaster, som benyttes jevnt gjennom hele prosjektperioden. Dårlig strømtilgang i området, med kun 40 kVA og 230 V tilgjengelig fra nærmeste nettstasjon, gjør det nødvendig med alternative løsninger for strømforsyning. Det vil benyttes et mobilt batteri med integrert hurtiglader som håndterer 230V som inntak. Batteriet omformer spenningen fra 230V til

Figur 3-10: Oppsummering av referanseprosjekt 3 - lite byggeprosjekt i distrikt

Utearealet til en barnehage skal rehabiliteres. Arbeidet inkluderer oppgradering av lekestativ, utviding av utehus, etablering av sykkelparkering og oppsett av nytt gjerde.

Prosjektperiode	4,5 måneder, oppstart april
Lokasjon	Distrikt på Nordvestlandet
Arbeidstid	Man-ons 7-19, Tors-fre 7-14
Prosjektkostnad	3 MNOK

#### Vurdering av forutsetninger for elektrifisering

	Kostnads drivende	Kostnads reduserende
<b>STRØMTILGANG</b>	Ingen	Ubegrenset
<b>FORFLYTNING</b>	Mye bevegelse	Stasjonær
<b>MASKINOMFANG</b>	Svært mange	Få
<b>MASKINSTØRRELSER</b>	Store	Små
<b>PROSJEKTVARIGHET</b>	Lang	Kort
<b>FORUTSETNINGER</b>	Lite tilrettelagt	Godt tilrettelagt
<b>PROSJEKTOMFANG</b>	Krevende	Enkelt
<b>TEMPERATUR</b>	Lav	Høy

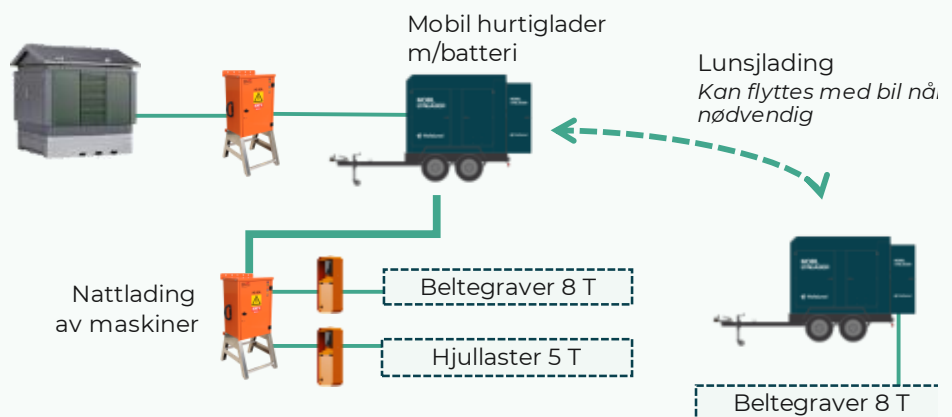
Figur 3-11: Lite byggeprosjekt i distrikt med begrenset strømtilgang – maskinpark og infrastruktur ved elektrisk gjennomføring

**Tilgjengelig nett** 40 kVA, 230 V

**Dimensjonerende effekt** 150 kW

#### Elektrisk maskinpark:

- Beltegraver 8 T
- Hjullaster 5 T



400V i tillegg til å gi tilstrekkelig kapasitet for normallading og hurtiglading. Batteriet vil også benyttes til å forsyne et strømskap for nattlading av maskinene. Figur 3-11 viser maskinpark og infrastruktur ved elektrisk gjennomføring av prosjektet.

### Merkostnader for elektrisk gjennomføring

Figur 3-12 viser en oversikt over kostnadene knyttet til leie av maskiner, energibruk i prosjektet, oppsett og leie av infrastruktur for fossil, fossilfri og elektrisk gjennomføring med scenario 1 og 2. I tillegg er det skilt ut et ekstra risikopålegg knyttet til elektrisk gjennomføring som inkluderer kostnader knyttet til ladeproblematikk, ekstra planlegging o.l.

Samlet merkostnad for fossilfri gjennomføring er på 0,03 MNOK og 1,07 MNOK for elektrisk gjennomføring.

#### Maskinkostnader

Maskinkostnadene utgjør 49 % av merkostnadene for elektrisk gjennomføring, tilsvarende 0,52 MNOK. Maskinene, som inkluderer en beltegraver og en hjullaster, koster mellom 1,5–2,5 ganger så mye som fossile alternativer. Maskinkostnadene er en betydelig kostnadsdriver i prosjektet og domineres av de høye anskaffelseskostnadene for elektriske maskiner og risikoen som prises inn av

utleieselskapene. Prisingen av risiko blir drøftet i kapittel 2.2.

#### Energikostnader

Energikostnadene gir en besparelse på 0,06 MNOK sammenlignet med fossilt drivstoff, takket være lavere strømpriser sammenlignet med diesel eller biodiesel, og effektiv drift av små maskiner. Energitalpet fra batteriet er estimert til 20 % av forbrukt energi, men dette påvirker ikke de totale energibesparelsene vesentlig. Fossilfri drift har derimot en liten merkostnad på 0,03 MNOK grunnet høyere pris på biodrivstoff.

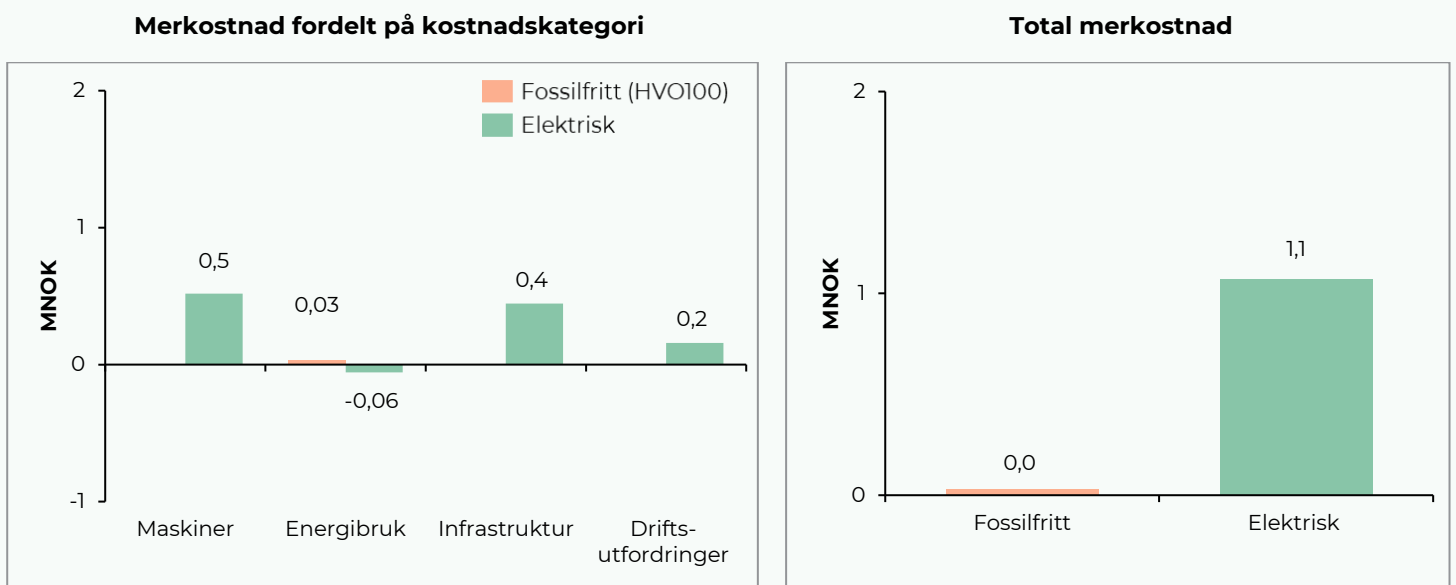
#### Infrastrukturkostnader

Infrastrukturkostnadene beløper seg til 0,45 MNOK. Denne drives opp av det mobile batteriet med integrert hurtiglader som står for omtrent halvparten av kostnadene, mens resterende andel fordeles mellom strømskap, mindre ladere og kabelinfrastruktur. Denne fleksible løsningen er nødvendig for å møte prosjektets strømbehov gitt den begrensede nettkapasiteten. Dersom det mobile batteriet kunne byttes ut med en skilletrafo gitt bedre nettkapasitet ville merkostnaden sunket med litt over 40 %.

#### Kostnader for driftsutfordringer

Driftsutfordringer knyttet til implementering av elektriske løsninger utgjør 0,16 MNOK, tilsvarende en anslått kostnad på 10 % av total merkostnad. Dette dekker utfordringer som tekniske problemer

Figur 3-12: Referanseprosjekt 3: Merkostnader for fossilfri og utslippsfri gjennomføring, sammenlignet med konvensjonell gjennomføring



Kilde: Hafslund rådgiving

med maskiner og ladeutstyr, samt mulige forsinkelser i prosjektet. Begrenset erfaring med slike løsninger i små prosjekter øker risikoen noe.

### 3.3.5 Sammenligning av merkostnader

Prosjektets merkostnad er summen av merkostnadene for leie av elektriske maskiner, leie av infrastruktur for elektrisk gjennomføring, strømkostnader gjennom prosjektet og kostnadene som følger av driftsutfordringer. Hvilken post som dominerer kostnadsbildet, varierer med størrelsen og kompleksiteten i prosjektene.

Beregningene for referanseprosjektene viser at jo større prosjektets omfang og maskinpark er, jo større del av merkostnaden utgjør maskinparken i seg selv. I det store byggeprosjektet står maskinparken for rundt 80 % av merkostnaden. I det lille byggeprosjektet utgjør derimot maskinparken rundt halvparten av kostandene, og 67% i det lille veiprojektet med en noe større maskinpark.

Effektbehovet til maskinene som benyttes i prosjektet påvirker i stor grad infrastrukturkostnadene. Batteridrevne maskiner som må hurtiglades i pauser, eller effektkrevende kabeldrevne maskiner bidrar til økt infrastrukturbehov. Hurtiglade- og batteriløsninger

er kostnadsdrivende, og utgjør en stor andel av merkostnaden for spesielt mindre prosjekter.

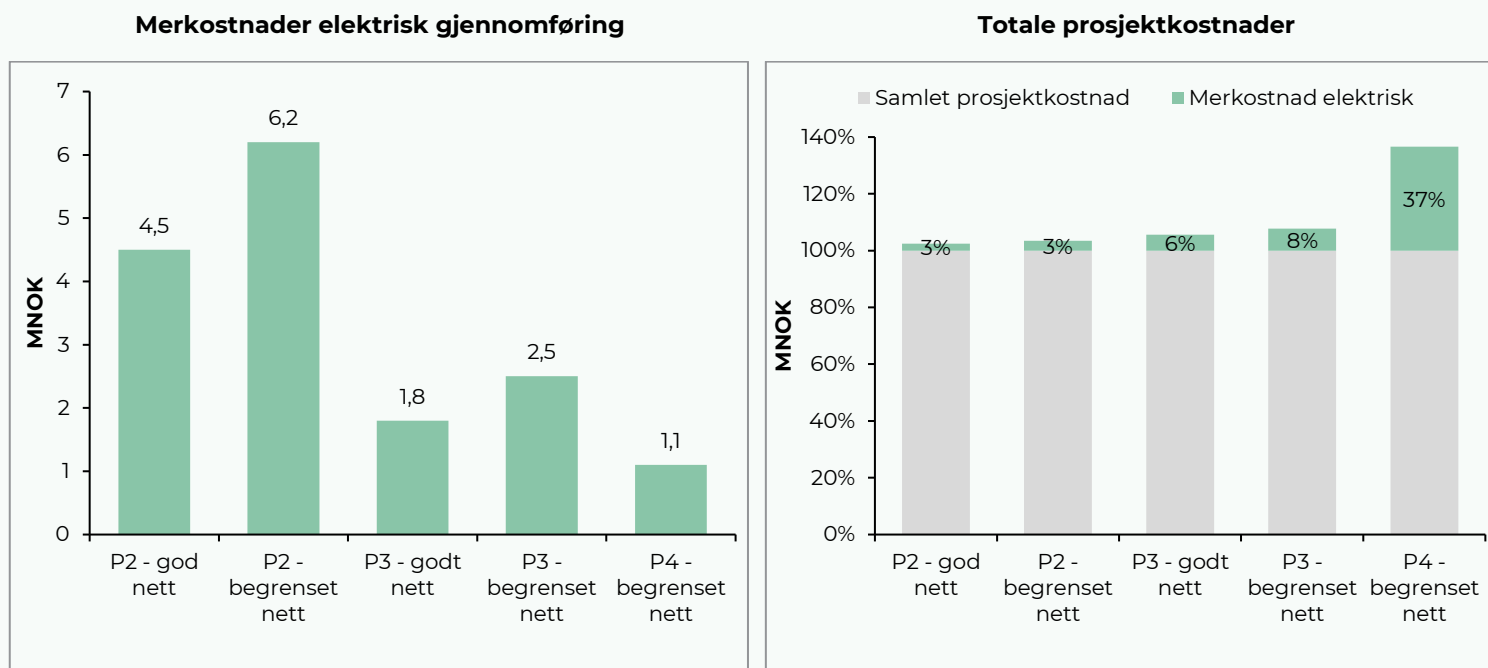
For alle referanseprosjekter bidrar dårlig nettkapasitet til økte kostnader, både i form av behov for flere infrastrukturkomponenter og som følge av kostnader for uventede driftsproblemer ved bruk av ny teknologi. Hurtigladere og mobile batterier blir spesielt kostnadsdrivende i mindre prosjekter, for å sikre tilstrekkelig effekt for lading av maskiner i pauser. Tilsvarende er behov for midlertidig tilknytning til høyspentnettet kostnadsdrivende.

Alle referanseprosjektene har også en kostnadsgevinst for energiforbruket, da energiprisene for strøm er betydelig lavere enn for diesel. Denne gevinsten øker for store prosjekter med stort maskin- og driftsomfang. For det store byggeprosjektet gir eksempelvis dette en gevinst på opp mot 1,5 MNOK.

#### Merkostnad og total prosjektkostnad

I Figur 3-13 sees merkostnaden for elektrisk drift opp mot de resterende prosjektkostnadene. Den totale prosjektkostnaden tilsvarer entreprenørens kontraktverdi. Sammenligningen viser at de totale merkostnadene i referanseprosjektene varierer fra 2,5 % til 37 %, avhengig av prosjektenes

Figur 3-13: Merkostnader ved elektrisk gjennomføring for referanseprosjektene og betydning for prosjektets totalt kostnader



Kilde/Note: Hafslund Rådgiving. Samlet prosjektkostnad tilsvarer kontraktverdi med fossil/konvensjonell gjennomføring.



karakteristikkene og rammer. I små prosjekter vil merkostnaden utgjøre en stor del av totalen, spesielt dersom ekstrautstyr kreves for å få tilført tilstrekkelig med strøm. I store byggeprosjekter hvor store deler av kostnadene skyldes andre kostnadsposter enn maskiner og utstyr, vil merkostnaden knyttet til elektrisk drift være svært begrenset (2-3%).

I det store byggeprosjektet utgjør forskjellen på god og dårlig nettilknytning omtrent 1% av de totale kostnadene. I større prosjekter vil prisutviklingen til elektriske maskiner være mest utslagsgivende for

merkostnadene, mens det i mindre prosjekter også er mye å hente på å redusere infrastrukturbehovet.

For anleggsprosjekter som veiutbygging viser beregningene at merkostnadene utgjør en større andel av totalen enn for byggeprosjekter. Selv uten kostnadstall for det store vei-prosjektet indikerer kompleksiteten med antall maskiner og logistikken rundt mengden riggplasser og infrastruktur som ville vært nødvendig for elektrifisering en betydelig merkostnad sett opp mot den totale prosjektkostnaden.

## 4. Forventet utvikling mot fram 2040

*Elektrisk gjennomføring av bygge- og anleggsprosjekter bygger på moden teknologi, men er forbundet med betydelige merkostnader og drives i dag fram av politikk og virkemiddelbruk. Videre utvikling av batteriteknologi vil legge til rette for at elektriske maskiner i større grad kan driftes som dagens fossile maskiner. Det vil gjøre elektriske maskiner mer attraktive i bruk og legge til rette for økt etterspørsel.*

*Satsning på nullutslippsløsninger i Norge vil alene ha liten betydning for produksjonen og kostnadsnivået til elektriske maskiner, men kan legge til rette for uttesting og demonstrasjon som er avgjørende for at ny teknologi skal tas i bruk i større skala.*

### 4.1 Status for bruk av nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser

I perioden 2017 til 2022 er det gjennomført 256 prosjekter i Norge hvor det er benyttet utslippsfrie anleggsmaskiner (Sweco, 2024). Til sammenligning er det i 2024 planlagt oppstart av ca. 9 000 bygg- og anleggsprosjekter og forventet gjennomført rundt 3 000 prosjekter (Sweco, 2024). Norge er sammen med Nederland det landet i Europa som i størst grad har tatt i bruk elektriske maskiner. Sett opp mot det totale antallet bygge- og anleggsprosjekter som gjennomføres i Norge årlig er likevel bruken av nullutslippsløsninger i bygge- og anleggsprosjekter liten.

I 2023 ble det på verdensbasis solgt om lag 7 300 elektriske maskiner. Det tilsvarer under en prosent av markedet for anleggsmaskiner (Off- Highway Research, 2024). Det er likevel nesten en dobling fra året før. Kina står for hoveddelen av de elektriske maskiner som ble solgt i 2023, med 67 prosent. Deretter følger Europa med 27 prosent hvorav 90 prosent av maskinene var små maskiner (under 10 tonn) (Off- Highway Research, 2024).

Høye produksjonskostnader, begrenset driftstid og usikkerhet knyttet til elektriske maskinenes levetid

og annenhåndsverdi, gjør at det er betydelige merkostnader ved bruk elektriske maskiner i bygg- og anleggsprosjekter, jf. eksempelberegningene i kapittel 3.

Begrenset utvalg av elektriske maskiner og lange ledetider ved ombygging av anleggsmaskiner for elektrisk drift, gjør at tilgangen på maskiner er begrenset. Dette bidrar til å svekke konkurransen i bygge- og anleggsprosjekter hvor det stilles krav om nullutslippsløsninger, og dermed øke kostnaden ved elektrisk gjennomføring av bygge- og anleggsprosjekter.

### 4.2 Sentrale drivere for å redusere kostnadene for elektriske maskiner

Kostnadsnivå, utvalg av maskiner og konkurransesituasjonen henger tett sammen. Dersom kostnaden for elektriske maskiner reduseres, vil det gjøre elektriske maskiner mer konkurransedyktig og etterspørselen vil øke. De viktigste driverne for å redusere merkostnadene ved bruk av elektriske maskiner, og dermed barrierene for bruk av nullutslippsløsninger, er videre utvikling av batteriteknologi og økt etterspørsel som legger grunnlag for økte produksjonsvolum. Dette omtales nærmere i dette delkapittelet.

#### Batteriteknologi og -kostnader

Batterikostnader utgjør en betydelig del av merkostnadene ved bruk av nullutslippsløsninger. En maskinleverandør estimerer at batterikostnaden i dag utgjør mellom en tredjedel og en fjerdedel av kostnaden for elektriske maskiner. Litium-ion batterier er den batteriteknologien som anses som mest moden og dominerer markedet for elektriske anleggsmaskiner. Energitetthet, levetid og egnethet for hurtiglading er årsaker til litium-ion batteriers sin dominerende posisjon.

Både fram mot og etter 2030 er batteriteknologien forventet å utvikle seg videre, drevet av den generelle etterspørselen etter batterier i forbindelse med omstillingen vekk fra fossil energibruk. Utviklingen framover er forventet å bidra både til at energitettheten i batterier øker og kostnadene for batterier reduseres. Utviklingen legger til rette for at driftstiden til elektriske maskiner øker og behovet for energiforsyningsløsninger reduseres. Flere maskinleverandører peker på at økt driftstid på maskinene vil være avgjørende for at elektriske

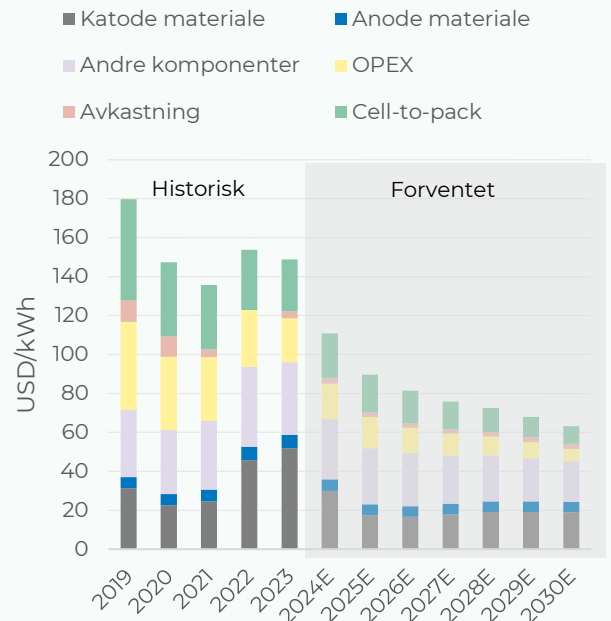
maskiner tas i bruk i større skala, tilsvarende som rekkevidden for elbiler har vært avgjørende for at folk velger å kjøpe elbil.

Figur 4-1 viser gjennomsnittlig pris på batteripakker fra 2019 til 2030 (målt i energilagringsskapasitet, kWh). Prisen på batteripakker er redusert betydelig de siste årene. I 2022 og 2023 økte imidlertid prisene. Det skyldes i første omgang økte råvarepriser og deretter en forventning om knapphet på batterier, som forsterket prisøkningen (Wade, 2024). Etter at det kom nye produksjonsvolum på markedet i 2024 er prisen på batterier redusert betydelig. Fra 2022 til 2023 økte produksjonskapasiteten i markedet fra 1652 GWh i 2022 til 3476 GWh i 2024 (Visual Capitalist, 2024). Samtidig falt prisen på litium-ion batterier fra rundt 130 USD/kWh til i underkant av 80 USD/kWh i september 2024 (Visual Capitalist, 2024). Ansvarlig for batterikostnader i CRU Group, Aaron Wade, viser til at det i dag er en generell overkapasitet i batterimarkedet som er forventet å vedvare (Wade, 2024). Dette bidrar til at Wade (2024) ikke forventer at man framover vil få en økning i batteripriser slik som man så i 2022 og 2023.

Goldman Sachs (2024) forventer at prisen på battericeller vil falle jevnt fram mot 2030, og den gjennomsnittlige prisen på batteripakker vil omtrent halveres mot 2030, sammenlignet med 2023 (se Figur 4-2). Ytterligere reduksjon i råvarepriser og teknologisk innovasjon i form av endring i strukturen til batterier, optimalisering av bruk av metaller i katoden og andre prosessforbedringer, er de viktigste driveren for videre kostnadsreduksjonen (Goldman Sachs, 2024 og Wade, 2024).

Videre fall i batteripriser vil bidra til å redusere produksjonskostnaden for elektriske maskiner. Samtidig bidrar utviklingen til å øke usikkerheten knyttet til forventet annenhåndsverdien av elektriske maskiner som produseres i dag. Flere maskinleverandører viser til utviklingen i elbilmarkedet og peker på at annenhåndsverdien selv for elbiler som bare er noen få år gamle er falt dramatisk etter hvert som nye modeller med lengre rekkevidde er blitt introdusert. Maskinleverandører opplever at de i dag står overfor samme risiko knyttet til framtidig verdifall for maskin som settes på markedet i dag. Om nye modeller med lengre driftstid settes på markedet er de usikre på bruksverdien til dagens maskiner, selv om disse har mange brukstimer igjen. Flere leverandører forteller at de ser på alternative løsninger med batteribytte og egen prising av batterier, for å ta høyde for en slik utvikling.

Figur 4-1: Gjennomsnittlig pris på batteripakker 2019 til 2030 (USD/kWh)



Kilde: Wood Mackenzie, SNE Research, BNEF, Goldman Sachs Research (2024)

I 2030 forventer Goldman Sachs (2024) at gjennomsnittlig pris på batteripakker ligger på i overkant av 60 USD/kWh i 2030. Wade (2025) mener det er teknisk mulig å produsere batterier til en kostnad rundt 30 USD/kWh, og utelukker ikke at det kan være mulig også med ytterligere kostnadsreduksjon. Wade (2025) viser til at kinesiske produsenter har et stort fortinn i produksjon av batterier som følge av over 20 års satsning på utvikling av batteriteknologi. Dette har bidratt til at kinesiske produsenter har bygget opp nødvendige kompetanse og en helhetlig leverandørkjede som gjør at de kan produsere batterier mye mer effektivt og billigere enn det europeiske og amerikanske produsenter klarer. Manglende erfaring og kompetanse med batteriproduksjon gjør at europeiske og amerikanske batterifabrikk henger etter i konkurransen med kinesiske produsenter (Wade, 2024).

Flere maskinleverandører peker på at store elektriske maskiner krever større batterikapasitet og dyrere batterier enn de som benyttes i elbiler. IDTechEx (2023) viser også til at maskinprodusenter må betale en høyere pris for batterier som følge av at volumene de etterspør er relativt små. Samtidig viser IDTechEx (2023) til at variasjon i maskinenes egenskaper og bruksområder gjør at

anleggsmaskiner i større grad kan utnytte fordelene med ulike batteriteknologiene enn andre kjøretøy, eksempelvis personbiler og busser, se nærmere omtale i tekstboksen på neste side. I dag benyttes ulike type litium-ion-batterier i elektriske anleggsmaskiner, avhengig av de spesifikke kravene til maskinen.

Energiforsyningsløsninger som baserer seg på batteriteknologi vil dra nytte av den samme teknologiutviklingen som elektriske maskiner, og er forventet å gjøre også mobile lade- og batteriløsninger billigere. Energiøsninger som

### Ulike batteriteknologier

Li-ion-batterier ble tidligere benyttet hovedsakelig til småelektronikk grunnet høye kostnader. Etter hvert som teknologien har utviklet seg og produksjonskostnadene er redusert, har anvendelsesområdene for batteriene økt, og benyttes blant annet i elbiler, elbusser, el-tungtransport, ferger og andre maritime fartøy. Litiumbatterier deles gjerne inn i fire hovedkategorier, basert på katodematerialet som inngår i batteriene.

*Li-ion med LFP-katode (LFP)* produseres ved bruk av metallene jern og fosfor, i tillegg til litium. LFP-batterier er særlig egnet for rask lading, har lang levetid, tåler høye temperaturer og har relativt lave kostnader, men lavere energitetthet enn andre batterier. LFP-batterier brukes ofte i elektriske kjøretøy, til stasjonær energilagring og applikasjoner der sikkerhet og levetid er viktige.

*Li-ion med LMFP-katode* er en videreutvikling av LFP-batterier. LMFP-batterier har høyere energitetthet som følge av tilsetning av mangan i katoden. Teknologien er fortsatt under utvikling og ikke fullt kommersialisert i stor skala.

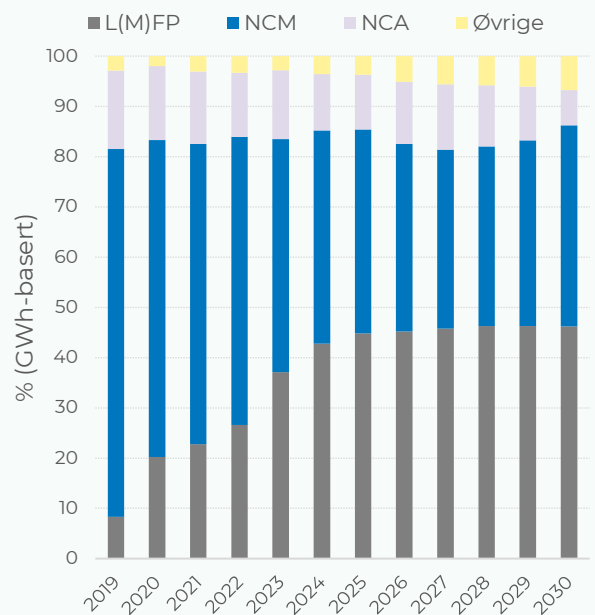
*Li-ion med NMC-katode* produseres ved bruk av metallene nikkel, mangan og kobolt. NMC-batterier har høy energitetthet og ytelsesfleksibilitet som gjør at de er mye brukt i elektriske kjøretøy. At batteriene baserer seg på nikkel og kobolt er mer utfordrende fra et miljømessige og etiske perspektiv sammenlignet med alternative litiumbatteriteknologier.

*Li-ion med NCA-katode* produseres ved bruk av metallene nikkel, kobolt og aluminium, og er i likhet med NMC-batterier mer utfordrende fra et miljømessig og etisk perspektiv. NCA-batterier er blant batteriene med høyest energitetthet og benyttes derfor gjerne i kjøretøy som krever høy ytelse. NCA-batterier har høyere kostnader og tåler ikke like høye temperaturer som LFP-batterier.

Øvrige batteriteknologier inkluderer blant annet faststoffbatterier («solid-state-batterier») og sodum-ion-batterier. Teknologien er under utvikling, men ikke tatt i bruk i kommersiell skala.

benyttes i bygge- og anleggsbransjen må bygges robuste for røff bruk, men komponentene vil kunne benyttes til andre formål.

Figur 4-2: Markedsandel batteriteknologier for elektriske kjøretøy, 2019 til 2030



Kilde: Wood Mackenzie, SNE Research, BNEF, Goldman Sachs Research (2024)

## 4.3 Teknologi og læringseffekter

Nullutslippsløsninger bygger på moden og kommersielt tilgjengelig teknologi (TRL 9), men skiller seg fra fossile maskiner når det kommer til kostnader og markedsmodenhet. Commercial Readiness Index (CRI)-skalaen indikerer hvor nær en teknologi eller løsning er til å bli kommersielt levedyktig og tatt bredt i bruk i markedet. Den brukes ofte for å vurdere modenheten til nye teknologier, spesielt innen energi, miljøteknologi og innovasjon, og komplementerer således TRL-skalaen, jf. tekstboks med illustrasjon av TRL og CRI-skalaen (Enova, u.d.).

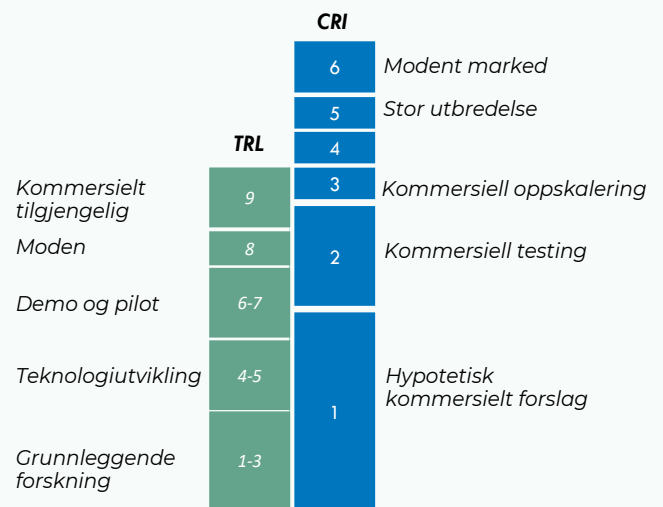
Per i dag er elektriske maskiner i en tidlig kommersiell fase og det er behov for å dokumentere maskinenes økonomiske og operative levedyktighet. Enkelte land, hvorav Kina er ledende på verdensbasis og Norge og Nederland er ledende i Europa, er elektriske maskiner introdusert i mindre skala, drevet av offentlig

virkemiddelbruk. I en slik tidlig fase er offentlige virkemidler nødvendig for å avlaste merkostnaden og risikoen som aktører står overfor ved investering i ny teknologi. Dette fordi markedets betalingsvilje for nye teknologier gjerne er slik at enhetskostnaden i starten er lagt høyere enn markedets betalingsvilje. For at produktet skal tas i bruk må produsenter dermed selge produktet til en pris som ligger under produksjonskostnaden. Det vil innebære et tap for virksomheten. Enhetskostnaden reduseres gradvis ettersom antallet produserte enheter øker, gjennom læring, optimalisering, automatisering og standardisering. Når kvantum når et kritisk volum vil produksjonskostnadene reduseres så mye at det nye produktet kan selges til en konkurransedyktig pris og bedrifter oppnå en fortjeneste, jf. omtale av læringseffekter i tekstboksen.

Utfordringen med utvikling av nye teknologier er at kostnadsreduksjonene som oppnås gjennom læring og økt produksjon gjerne også tilfaller andre aktører. Det er dermed forbundet stor risiko knyttet til å være først ut. For å kompensere for denne risikoen må virksomheter ha en forventning om at lønnsomheten over tid er høyere enn fortjenesten de kunne oppnådd ved å investere i konvensjonell teknologi eller andre sektorer (virksomhetens alternative avkastning). Utfordringen med produkter som har som formål å bidra til reduserte utslipp er at betalingsvilligheten for disse i stor grad er politisk styrt. Maskinleverandører forteller at de opplever at situasjonen i dag er så usikker at de ikke tørr å satse på større produksjon av elektriske maskiner før eventuelt større land og markeder som Tyskland, Frankrike, Storbritannia og USA kommer på banene. Flere aktører peker også på at Kina sin satsning på batterier og elektriske maskiner og kjøretøy, kan bidra til å tvinge fram en økt satsning på elektriske maskiner også blant europeiske og amerikanske maskinprodusenter. Dersom det innføres avgifter eller andre virkemidler som øker kostanden for produkter produsert i Kina, vil dette bidra til å redusere konkurransen fra kinesiske maskinprodusenter. Det vil sannsynligvis gjøre at det tar lengre tid å gjøre elektriske maskiner konkurransedyktig med fossile maskiner.

Samtlige aktører som leverer maskiner til det norske markedet peker på at mindre land som Norge er for små til de forventer at de alene vil kunne ha en betydelig effekt produksjonen og dermed kostnadsnivået for elektriske anleggsmaskiner alene. Aktørene peker samtidig på at små markeder som Norge kan være godt egnet for uttesting og demonstrasjon av nullutslippsløsninger, som er avgjørende for at slike løsninger etterspørres og tas i bruk i større skala.

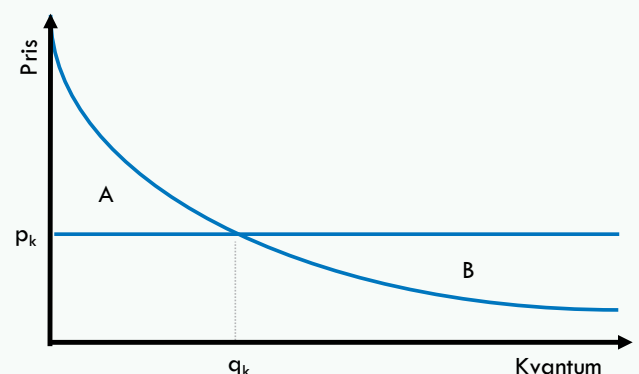
## Skala for teknologimodenhet (TRL) og markedsmodenhet (CRI)



Illustrasjon: Oslo Economics basert på figur av Enova

## Læringseffekter - Fallende enhetskostnader ved økt produksjon

I starten er enhetskostnadene i dette eksempelet langt høyere enn markedets betalingsvilje,  $p_k$ . Dette innebærer at produktet må selges til en pris som innebærer underskudd. I figuren vil enhetskostnadene bli lavere enn prisen, når kvantum når en kritisk masse,  $q_k$ . Etter dette stadiet vil det være lønnsomt for sluttbruker å investere i og anvende teknologien. Det vil være samfunns-økonomisk lønnsomt at det foretas investeringer i teknologien for å få ned enhetskostnadene dersom området B er større en området A. Gevinsten ved teknologiutviklingen vil da være større enn investeringen som er nødvendig ved å få dette til.



Illustrasjon: Oslo Economics basert på Grønn skattekomisjon

Analyseselskapet P&S Intelligence (2024) forventer at markedet for elektriske maskiner vil vokse kraftig fram mot 2030. Nord-Amerika og Europa er forventet å dominere markedet drevet av sterke miljøreguleringer og offentlig støtte, mens Asia er forventet å oppleve en rask vekst som følge av økende industriell aktivitet og økt etterspørsel etter elektriske maskiner. Maskinleverandører vi har snakket med forventer også at innslaget av elektriske maskiner gradvis vil øke framover, og peker på reguleringer og virkemidler i EU og skatteletter i USA (Inflation Reduction Act - IRA) som viktige drivere.

### Samlet vurdering

P&S Intelligence (2024) anslår at elektriske anleggsmaskiner i stor grad vil være konkurransedyktig med fossile maskiner i løpet av 2020-tallet eller tidlig 2030-tallet. Dette er i tråd med forventningene fra blant annet BloombergNEF (2024) og andre analyseselskaper. Den viktigste driveren for utviklingen er reduksjon i batterikostnader, som er forventet å skje uavhengig av etterspørselen etter elektriske anleggsmaskiner. Batterikostnader utgjør en betydelig del av merkostnadene for elektriske maskiner i dag. Videre utvikling av batteriteknologi vil legge til rette for at driftstid for elektriske maskiner øker, og at kostnaden for å ta i bruk elektriske maskiner reduseres sammenlignet med i dag. Dette vil gjøre elektriske maskiner mer konkurransedyktig med fossile anleggsmaskiner, som igjen vil legge til rette for økt etterspørsel og økt produksjon, og dermed ytterligere kostnadsreduksjoner gjennom optimalisering av produksjonsprosesser, automatisering og standardisering.

Basert på forventet reduksjon i batterikostnader og store land/regioner sin satsing på grønne næringer, forventer vi at det vil legge til rette for at elektriske anleggsmaskiner i løpet av de neste ti årene vil være konkurransedyktig med fossile anleggsmaskiner. Økte avgifter knyttet til bruk av fossilt drivstoff vil bidra til å øke lønnsomheten for elektriske maskiner og andre nullutslippsløsninger.

Et nasjonalt forbud mot bruk av fossile brenslere på bygge- og anleggsplasser i Norge vil bidra til økt bruk av nullutslippsløsninger. Tilsvarende gjelder statlig støtte eller andre virkemidler som øker lønnsomheten for nullutslippsløsninger. Økt bruk av nullutslippsløsninger i Norge vil føre til at maskinleverandører i større skala kan få demonstrert, testet og vist sine maskiner og løsninger. Dette kan legge til rette for at andre aktører og land tør å ta i bruk elektriske maskiner i større skala.

Offentlig satsning på nullutslippsløsninger på bygge- og anleggsplasser i Norge vil også kunne legge til rette for at tilgangen på elektriske maskiner og tilhørende energiforsyningsløsninger øker. Det kan bidra til å bedre tilbudet og konkurransen om å levere nullutslippsløsninger til bygge- og anleggsplasser øker, og således redusere kostnaden for nullutslippsløsninger.

Det norske markedet alene er derimot for lite til at vi forventer at selv et nasjonalt forbud mot bruk av fossil energi på bygge- og anleggsplasser vil være tilstrekkelig til at etterspørselen øker nok til at kostnadene for elektriske maskiner reduseres betydelig. Uavhengig av virkemiddelbruken i Norge forventer vi at attraktiviteten til elektriske maskiner vil øke framover som følge av videre utvikling av batteriteknologien, som vi forventer i første omgang vil bidra til elektriske maskiner med økt driftstid og deretter reduserte kostnader for elektriske maskiner.

## 4.4 Scenarioanalyse

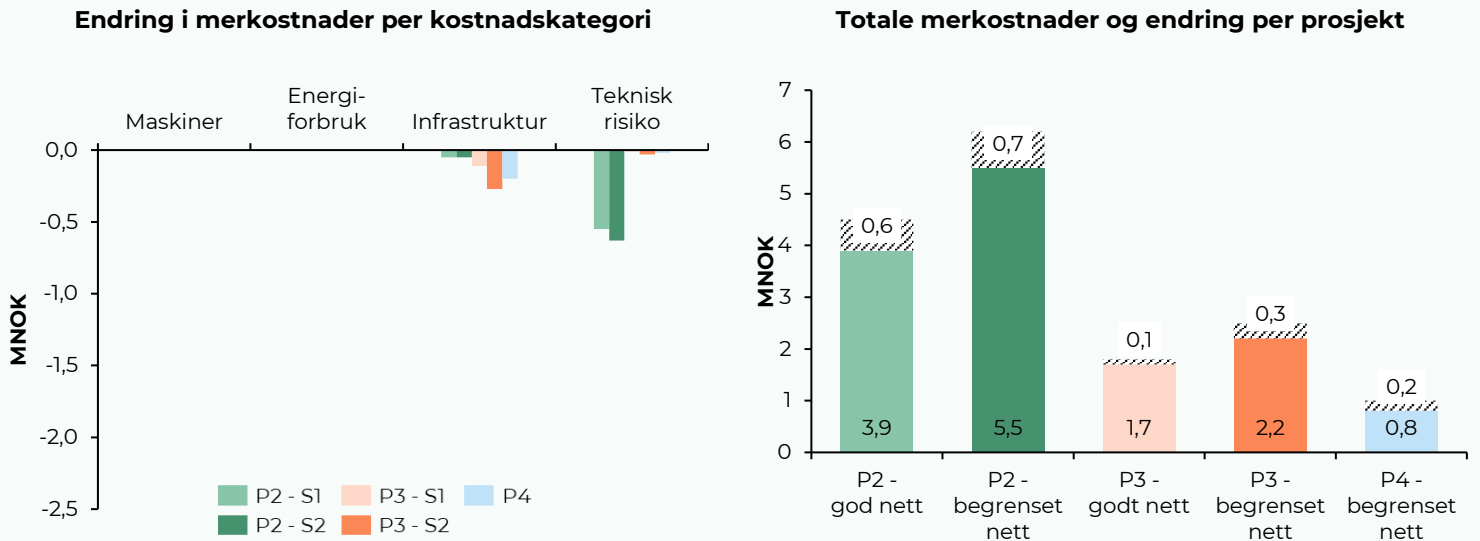
I denne delen belyser vi utviklingen i merkostnadene ved bruk av nullutslippsløsninger gitt alternative scenarier for utvikling i kostnader for nullutslippsløsninger. I scenarioene er kostnader for strøm (elektriske maskiner) og diesel (fossile maskiner) holdt konstant, mens utleieprisen for elektriske maskiner og behovet og kostnaden for energiforsyningsløsninger endres fra dagens situasjon som er beskrevet i kapittel 3. Basert på dette viser i endringer i merkostnader i de tre alternative scenarioene. Dersom differansen mellom strømpris og diesel øker (kostnader for energiforbruk) vil det være mer lønnsomt å ta i bruk elektriske anleggsmaskiner enn det som er vist i scenarioberegningene.

Det er usikkerhet knytte til framtidig utvikling. Alle tre scenarioer vi skisserer forventer vi at kan være realistiske fram mot 2030, eventuelt på noe lengre sikt. Scenario 3 er det scenarioet som i størst grad sammenfaller med P&S Intelligence (2024) og andre analyseselskaper sin forventning om at elektriske anleggsmaskiner i stor grad vil være konkurransedyktig med fossile maskiner i løpet av 2020-tallet eller tidlig 2030-tallet.

### Scenario 1: Økt driftstid på maskiner og reduserte infrastrukturkostnader

I dette scenarioet holdes kostnadene for maskiner konstant, mens kostnadene for infrastruktur reduseres grunnet økt driftstid for maskiner og redusert behov for hurtiglading. Kostnader for driftsutfordringer reduseres med 50%.

Figur 4-3: Endring i merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger - Scenario 1



Kilde: Oslo Economics og Hafslund rådgivning

I referanseprosjektene utgjør infrastruktur-kostnader til lading av maskiner fra 20 til over 40 prosent av merkostnaden ved bruk av elektriske maskiner, avhengig av type prosjekt.

I dette scenarioet bidrar utvikling i batteriteknologi til å redusere kostnaden for batteripakker. Utviklingen tas ut i form av økt driftstid for elektriske anleggsmaskiner som bidrar til å redusere infrastrukturkostnadene ved bruk av elektriske maskiner. I praksis vil det si at bygge- og anleggsplasser kan nøye seg med normallading i pauser og i mindre grad har behov for mobile hurtigladdere, noe som vil redusere infrastrukturkostnader med mellom 3 og 46 prosent avhengig av type prosjekt. Utviklingen ses også i form av at tilgangen på ladeløsninger er god, og mer erfaring og enklere ladeløsninger gjør at dagens ressursbruk som følge av ladeproblematikk og andre tekniske utfordringer (teknisk risiko) reduseres noe.

Tilgangen på maskiner er fortsatt begrenset som følge av lav etterspørsel og produksjon. Prisen for elektriske maskiner videreføres på dagens nivå, og utleiepriser er to til tre ganger dyrere enn for fossile anleggsmaskiner, avhengig av type maskin.

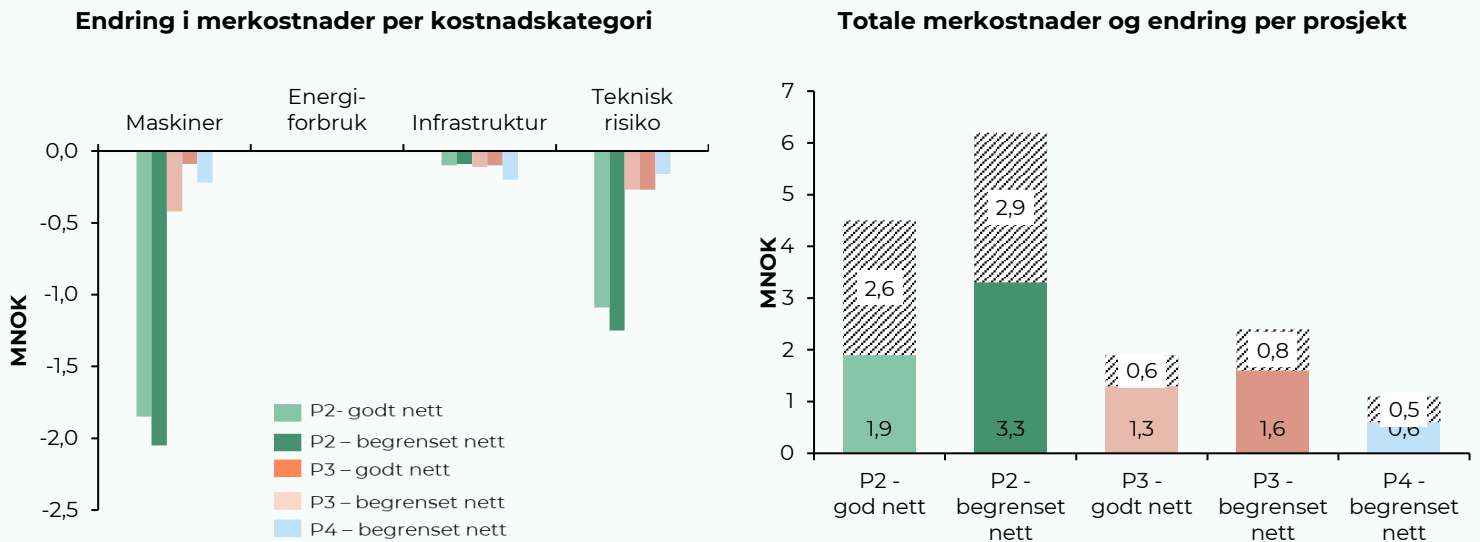
Størst besparelse i dette scenarioet, sammenlignet med dagens situasjon, ser vi i det begrensede barnehageprosjektet (P4). I dette prosjektet utgår behovet for batterihenger som erstattes med en tradisjonell skilletrafo. Det medfører en reduksjon i total merkostnad ved bruk av nullutslippsløsninger på i overkant av 20 prosent.

### Scenario 2: Økt driftstid på maskiner og 20 prosent reduksjon i maskinkostnader, reduserte infrastrukturkostnader og effektiv kommunikasjon mellom lader og maskiner

I dette scenarioet reduseres maskinkostnadene med 20 prosent (utleiepriser), mens kostnadene for infrastruktur reduseres grunnet økt driftstid for maskiner og redusert behov for hurtiglading. Kostnader for driftsutfordringer reduseres til null.

I likhet med i scenario 1 bidrar reduserte batterikostnader i dette scenarioet til økt driftstid på maskiner og infrastrukturkostnadene tilsvarende som i scenario 1. Styrket virkemiddelbruk bidrar til å øke etterspørselen etter nullutslippsløsninger og tilgangen på maskiner. At elektriske maskiner blir uttestet og demonstrert i større skala nasjonalt bidrar til økt tilgang på elektriske maskiner, og legger til rette for at land og aktører også utenfor Norge i noe større grad etterspør og tar i bruk elektriske maskiner. En større elektrisk maskinpark bidrar til bedre konkurranse i entreprenørmarkedet om leveranse av nullutslippsløsninger og noe mer effektiv produksjon av elektriske maskiner. I dette scenarioet legger vi til grunn at utviklingen utviklingstrekkene beskrevet bidrar til å redusere kostnadene for elektriske maskiner med i størrelsesorden 20 prosent sammenlignet med dagens utleiepriser. En tilsvarende kostnadsreduksjon legger vi til grunn for utleie av hurtigladdere og batteribanker. Økt uttesting og demonstrasjon av nullutslippsløsninger bidrar også til mer effektive ladesystemer slik at dagens utfordringer med manglende kommunikasjon mellom ladeløsninger og maskiner er marginal. Dette fører til mer effektiv drift, og den tekniske risikoen forsvinner.

Figur 4-4: Endring i merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger - Scenario 2



Kilde: Oslo Economics og Hafslund rådgivning

Figur 4-4 viser endring i merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger i scenario 2. I dette scenarioet reduseres infrastrukturkostnadene ytterligere som følge av reduserte leiepriser for hurtigladere og batteriløsninger. Effektive ladesystemer tilpasset elektriske maskiner gjør at ladeproblematikk og andre tekniske problemer ved bruk av elektriske maskiner er marginal. I tillegg bidrar reduserte maskinkostnadene til at merkostnaden ved bruk av elektriske maskin er redusert. Det gjelder særlig i prosjekt 2 hvor det benyttes mange maskiner.

### Scenario 3a: 20 reduksjon i maskinkostnader, kun behov for nattlading

I dette scenarioet reduseres maskin- og batterikostnadene med 20 prosent, mens kostnadene for infrastruktur reduseres grunnet økt driftstid for maskiner og kun behov for nattlading. Kostnader for driftsutfordringer reduseres til null.

Utvikling i batteriteknologi og satsning på nullutslippsmaskiner i Kina og enkeltland i Europa fører til at elektriske maskiner i løpet av to til tre år er demonstrert effektive. Dette legger til rette for at elektriske maskiner tas i bruk i stor skala i viktige markeder i Europa, støttet av EUs offensive klimapolitikk. Økt etterspørsel legger til rette for økt satsning på produksjon av elektriske maskiner. Før 2030 kan elektriske maskiner driftes tilnærmet likt som dagens fossile maskin, kun med nattlading. Økt batterikapasitet på maskiner fører til at elektriske maskiner fortsatt er dyrere å produsere. Avgift på import av batterier og elektriske maskiner fra Kina til Europa (og Norge) fører til at maskinkostnadene er høyere enn de ellers ville vært

og maskinkostnader reduseres med 20 prosent, sammenlignet med dagens utleiepriser.

Som følge av økt driftstid på maskinene vil det i de fleste av referanseprosjektene hverken være behov for hurtigladere eller batteribanker, kun lading om natten. For prosjekter med dårlig tilgang på nettkapasitet vil det være behov for en provisorisk nettstasjon, men kapasiteten nedskaleres (til 500 kVA). Nedskaleringen har imidlertid lite å si for infrastrukturkostnadene. I prosjekt 2 vil det fortsatt være behov for høyt effektbehov i perioden når energibrønner skal bores. Ved god tilgang på nettkapasitet vil prosjekt 2 kunne benytte battericontainere i perioden brønnene bores. Vi legger til grunn at kostnaden for battericontainere i dette scenarioet er redusert med 20 prosent sammenlignet dagens kostnader. Om oppgaven kan løses uten battericontainere reduseres kostnadene med ytterligere 70 000 kr.

De største besparelsene følger av økt driftstid på maskiner som reduseres behovet for infrastruktur og reduksjon i maskinkostnader. Dette medfører en betydelig reduksjon i kostnadene for bruk av nullutslippsløsninger. Avhengig av type bygg- og anleggsprosjekt innebærer scenarioet at merkostnadene for elektrisk gjennomføring med mellom 30 og 65 prosent, jf. Figur 4-5.

### Scenario 3b: 50 reduksjon i maskinkostnader, kun behov for nattlading

I dette scenarioet reduseres maskin- og batterikostnadene med 50%, mens kostnadene for infrastruktur reduseres grunnet økt driftstid for maskiner og kun behov for nattlading. Kostnader for driftsutfordringer reduseres til null.

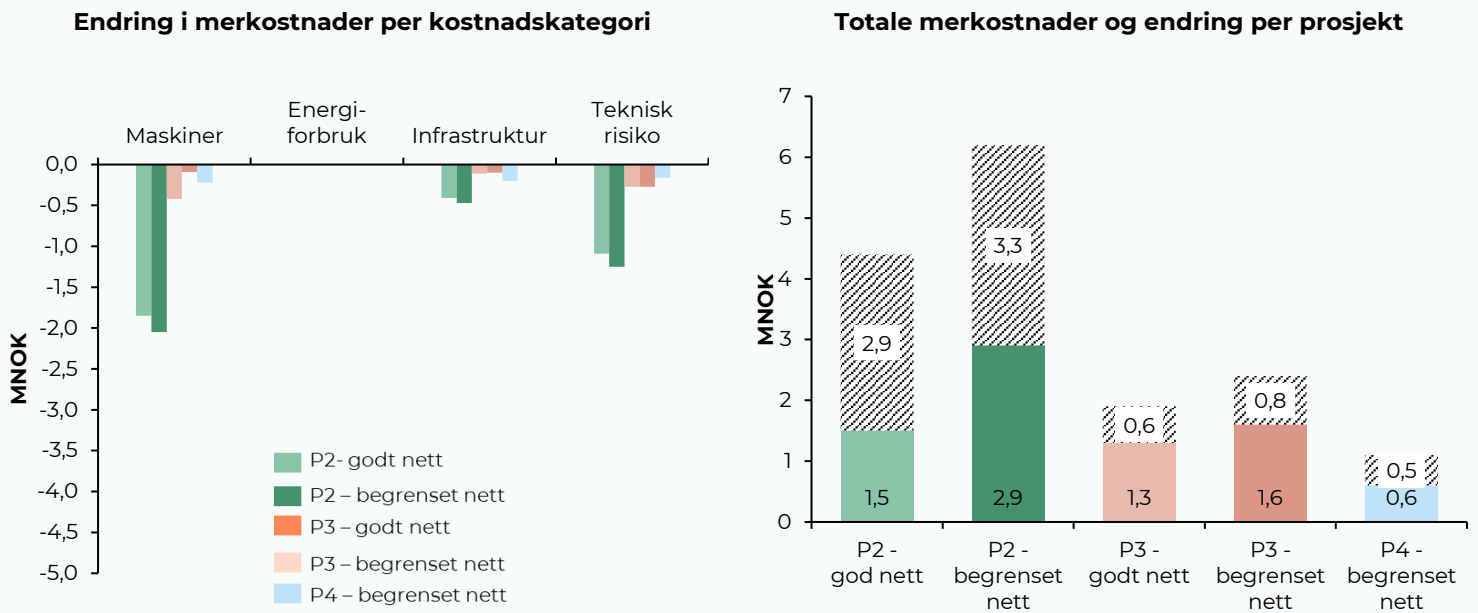


Dette scenarioet tilsvarer scenarioet 3a, men i dette scenarioet reduseres maskinkostnader og kostnaden for battericontainere ytterligere – med 50 prosent istedenfor 20 prosent.

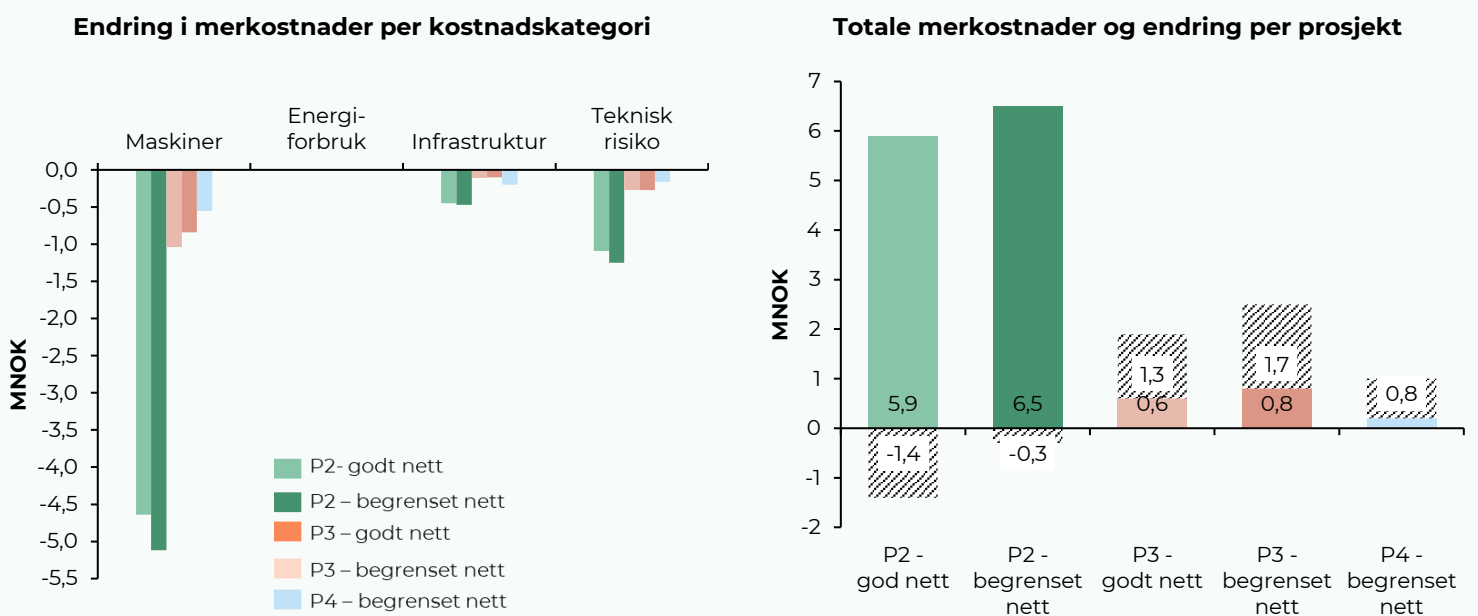
For det store byggeprosjektet (P2) er kostnaden ved elektrisk gjennomføring i dette tilfellet lavere enn

med konvensjonell, fossil gjennomføring. For de mindre byggeprosjektene som ikke er like maskinintensive reduseres merkostnaden med mellom 65 prosent og nesten 80 prosent, se Figur 4-6.

Figur 4-5: Endring i merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger - Scenario 3a: 20 prosent reduksjon i maskinkostnader, kun natlading



Figur 4-6: Endring i merkostnader ved bruk av nullutslippsløsninger - Scenario 3b: 50 prosent reduksjon i maskinkostnader, kun natlading



Kilde: Oslo Economics og Hafslund rådgivning

## 5. Referanser

Cyr, K., 2007. *National Aeronautics and Space Administration (NASA). Learning Curve Calculator*. [Internett]  
Available at: <https://web.archive.org/web/20120830021941/http://cost.jsc.nasa.gov/learn.html>

Enova, u.d. *Kommersialisering - Competitive Readiness Index (CRI)*. [Internett]  
Available at: <https://www.enova.no/bedrift/industri-og-anlegg/tema/cri/>

Hafslund Rådgivning, 2024. *Spørreundersøkelse i anleggsbransjen: Entreprenører deler erfaringer fra utslippsfrie anleggsplasser*. [Internett]  
Available at: <https://www.klimaoslo.no/rapport/sporreundersokelse-i-anleggsbransjen-erfaringer-fra-utslippsfrie-anleggsplasser/>

IDTechEx, 2023. *The EV Construction Industry will Live or Die on Battery Pricing*. [Internett]  
Available at: <https://www.idtechex.com/en/research-article/the-ev-construction-industry-will-live-or-die-on-battery-pricing/29797>

Miljødirektoratet, 2024. *Forslag til å utvide virkeområdet til klimakvoteloven til å omfatte ETS2*. [Internett]  
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/hoeringer/2024/juli-2024/forslag-til-a-utvide-virkeområdet-til-klimakvoteloven-til-a-omfatte-ets2/>  
[Funnet 20 08 2024].

Off- Highway Research, 2024. *The global electric construction equipment industry market report*, s.l.: s.n.

Regjeringen, 2024. *Registerforordningen – maritim transportaktivitet og ETS II*. [Internett]  
Available at: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2023/nov/registerforordningen-maritim-transportaktivitet-og-ets-ii/id3017458/>  
[Funnet 20 08 2024].

Sweco, 2024. *Utslippsfrie byge- og anleggsplasser. Teknologi- og markedskartlegging*, s.l.: s.n.

Visual Capitalist, 2024. *Charted: Lithium-Ion Batteries Keep Getting Cheaper*. [Internett]  
Available at: <https://elements.visualcapitalist.com/charted-lithium-ion-batteries-keep-getting-cheaper/>

Wade, A., 2024. *Battery Costs with Aaron Wade. Head of Battery Costs at CRU Group*. [Internett]  
Available at: <https://modoenergy.com/research/channels/transmission?wchannelid=vtx0dp52da&wmediaid=zkodpbomy4>

Wiik, M. K., Homaei, S. & Høyli, R., 2023. *Mapping of Electric Construction Machinery and Electric Construction Sites in Norway*. [Internett]  
Available at: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/3106759/A%2Bmapping%2Bof%2Belectric%2Bconstruction%2Bmachinery%2Band%2Belectric%2Bconstruction%2Bsites%2Bin%2BNorway.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[www.osloeconomics.no](http://www.osloeconomics.no)  
**osloeconomics**

E-post og telefon:  
[post@osloeconomics.no](mailto:post@osloeconomics.no)  
+47 21 99 28 00

Besøksadresse:  
Klingenberggata 7A  
0161 Oslo

Postadresse:  
Postboks 1562 Vika  
0118 Oslo