

Teknologi- og markedskartlegging

Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser

Oppdragsgiver: Enova SF

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver	Enova SF
Kontaktperson	Vilde Salberg
Tittel på rapport	Teknologi- og markedskartlegging Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser
Oppdragsnavn	Konsulentbistand til analyse av teknologistatus, markedsstatus og utvikling for utslippsfri bygge- og anleggsvirksomhet, samt evaluering av Enovas støtteprogrammer på området.
Oppdragsnummer	10242827
Oppdragsleder Sweco	Juni Marie Lerøy Schaefer
Utbeidet av	Juni Marie Lerøy Schaefer Vegard Milde Eirik Hordnes Håkon Blågestad Linna V. Nguyen Mali Ones Ingvild Eline Olsen
Kvalitetssikret av	Linna V. Nguyen Henriette Sandstå Eirik Hordnes
Tilgjengelighet	Åpen
Forsidebilde	Sweco

Sammendrag

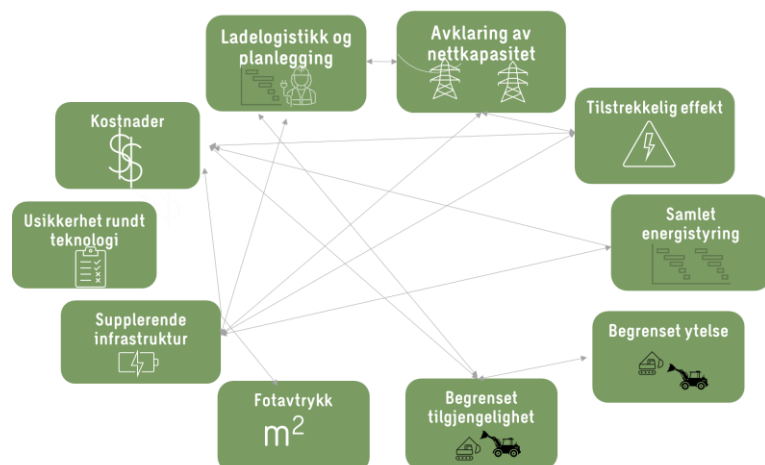
Det er gjennom dette prosjektet gjennomført en omfattende markeds- og teknologikartlegging av utslippsfrie bygge – og anleggsplasser. Kartleggingen er gjennomført av Sweco på oppdrag av Enova SF («Enova»), for å etablere et helhetlig kunnskapsgrunnlag, samtidig som dette har vært grunnlaget for en evaluering av Enovas støtteprogrammer på området, utført av Vista Analyse.

Norge er ansett som en ledende aktør knyttet til utslippsfrie BA-plasser. En del initiativer i Europa er basert med inspirasjon i Oslo som foregangsfigur. Norge er dermed europeisk ledende for utslippsfrie BA-plasser, men det foregår også satsning på dette feltet utenfor Norge. Det er gjennomført en rekke prosjekter i Norge med helt eller delvis utslippsfrie BA-plasser, og det begynner etter hvert også å bli veldokumentert hva som fungerer og hva som ikke fungerer ved slike prosjekter. Likevel er det identifisert et begrenset utvalg av utslippsfrie maskiner i det norske markedet i dag, sammenliknet med den totale maskinparken i Norge. Kort oppsummert, så er inntrykket gjennom dialog med markedet at utslippsfrie BA-plasser i hovedsak fungerer godt, der BA-plassene har vært godt og strukturert planlagt, med tilstrekkelig effekttilgang. Det er likevel et begrenset utvalg av maskiner i markedet, og utvalget begrenses desto større maskinene blir, eller i nisjekategorier.

Der er fortsatt noen barrierer knyttet til utslippsfrie BA-plasser, og mange av dem er knyttet til hva som oppleves som utfordringer i dag. Noen av dem er kort oppsummert:

- Det er **begrenset tilgjengelighet** av tunge maskiner på markedet
- Det kan oppstå utfordringer i prosjekt hvor maskinene har en transportetappe før utførelse av arbeid, da dette krever mye energi. Dette kan løses med ulike tiltak, men krever mer planlegging.
- Enkelte segment har **begrenset utvalg** i nullutslippsteknologi (asfalletting, boring)
- **Utvikling av teknologi**, som høyere effekt for lading, kan sikre enda mer effektiv bruk og kreve mindre planlegging og logistikk
- **Det krever mer planlegging og gjennomtenkt logistikk** av lading og effekttilgang. Det sees at det er manglende kompetanse på dette feltet i markedet.
- **Det er i mange tilfeller behov for supplerende infrastruktur**, som kan være en usikker kostnadsdriver og som krever ekstra planlegging
- **Det er usikkerhet rundt teknologi** og aspekter som om teknologien fort vil bli utdatert, hva som er annenhåndsmarkedet og forventet levetid.
- **Økt arealbruk** kan i enkelte urbane prosjekt/prosjekt med begrenset areal være en utfordring, spesielt når det er behov for supplerende energi med batteribanker eller en annen maskinpark for å løse ladelogistikken.

Oppsummert fører mange av disse barrierene til en usikker investering, der man er usikker på om den forhøyede investeringen vil kunne jevne seg ut gjennom maskinens livsløp. Til tross for at det de siste årene har vært en økning i utslippsfrie BA-plasser i Norge, er det altså fortsatt noen barrierer for hurtig utvikling av etterspørsel, der kostnadsbildet er en av de dominerende usikkerhetsfaktorene. Dette gjelder både kostnader for selve anleggsmaskinene, men også påløpende kostnader knyttet til å sikre tilstrekkelig energiinfrastruktur på BA-plassen. Generelt sett er det gjennom prosjektet identifisert at **modenheten for utslippsfrie BA-plasser avgrenses i større grad av markedsmodenhet (produksjonsvolumer, etterspørsel, kostnadsbilde og kompetanse) enn av selve teknologien.**

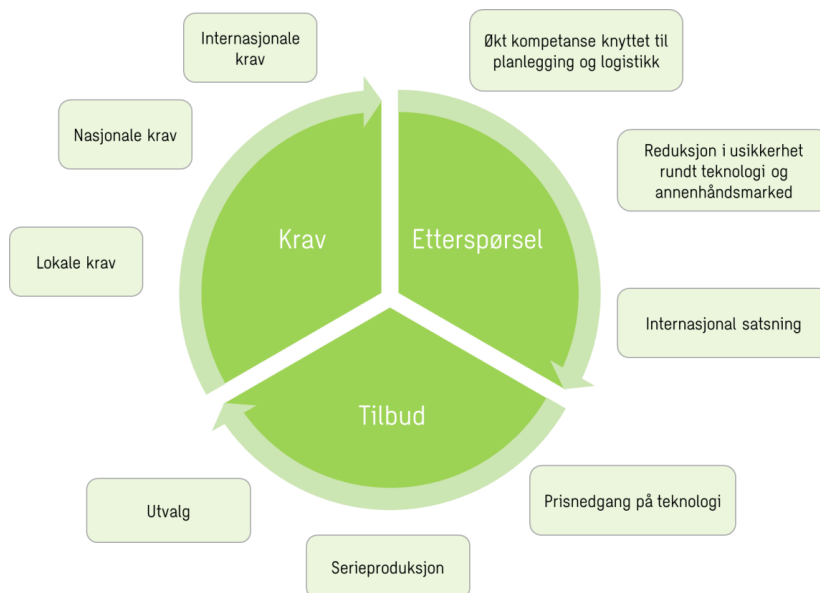


Det er også noen viktige **drivere**, og vi har sammenfattet de viktigste driverne som:

- Krav
- Etterspørsel
- Tilbud

Kravene er, ifølge de fleste markedsaktørene, ofte utpekt som startpunktet for denne sirkelen og utpekt som en viktig drivkraft. I Norge ser vi tydelige eksempler på hvordan slike krav har bidratt til å drive markedet fremover, men den norske etterspørselen er ikke tilstrekkelig til å oppnå ønsket utvikling.

Når det oppnås tilstrekkelig etterspørsel etter utslippsfrie maskiner i det globale markedet, vil dette også stimulere tilbudssiden. En høy global etterspørsel vil kunne utløse økt produksjon, noe som kan føre til serieproduksjon og lavere kostnader for teknologi. Denne dynamikken er viktig, ettersom serieproduksjon er sterkt avhengig av støtte fra flere markeder utenfor Norge.



Som en konsekvens av at maskinene blir mer tilgjengelige til reduserte kostnader, kan dette igjen føre til strengere krav fra myndigheter og markedet, og dermed skape en selvforsterkende syklus. Disse driverne – krav, etterspørsel og tilbud - er derfor nært sammenkoblede i den forventede markedsutviklingen for utslippsfrie maskiner.

Norge befinner seg i en gunstig posisjon for å fortsette utviklingen mot utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Imidlertid gjenstår det å modne markedet før aktørene kan føle seg trygge på investeringer i utslippsfrie alternativer. For å oppnå dette, er det avgjørende med økt global etterspørsel, som vil kunne bidra til både høyere tilbud og kostnadsreduksjoner.

Det er utarbeidet en oppsummerende matrise med trafikkllysscore basert på en kvalitativ vurdering av de ulike modenheitskriteriene, inndelt i (1) teknologisk modenhet, (2) markedsmodenhet og (3) fart i utviklingen.

	Teknologisk modenhet	Markedsmodenhet	Fart i utviklingen	Drivere	Barrierer
Elektriske anleggsmaskiner				Krav og forbedring i ytelse	Kostnader og logistikk
Utstyr, byggvarme- og tørk				Krav og nettkapasitet	Nettkapasitet og tilrettelegging
Ladeinfrastruktur				Etterspørsel	Kostnader og nettkapasitet
Batteriløsninger				Krav og etterspørsel	Kostnader og planlegging
Energistyringssystemer				Etterspørsel	Teknologimodenhet

Elektriske anleggsmaskiner regnes å være teknologisk moden i de kategoriene hvor de tilbys, i form av at de anleggsmaskinene som er utviklet i stor grad kan utføre lignende oppgaver som konvensjonelle maskiner. Det finnes enkelte begrensninger som for eksempel for arbeid som krever lange transportetapper, og i noen maskinkategorier er det enda manglende utvalg. Det forventes at maskinene vil ha videre teknologisk modning i årene som kommer. Markedsmodenheten regnes som middels grunnet høye kostnader og et begrenset volum av maskiner i markedet, og at enkelte maskintyper har få elektriske modeller på markedet. Vår vurdering er at farten i utviklingen er middels, da Norge enda er en liten aktør i et internasjonalt marked som enda er i en startfase knyttet til utslippsfrie anleggsmaskiner. Siden det er i en startfase, er også markedet følsomt for de makroøkonomiske trendene, som høy rente, høye materialkostnader, lang leveranstid på enkelte varer, med mer.

Utstyr og byggvarme- og tørk får en høy score på teknologisk modenhet, ettersom teknologi for utslippsfrie alternativer er moden og utbredt i bruk i dag. Det er i større grad det tilhørende energibehovet, som krever enten høy tilgang på effekt direkte gjennom byggestrøm eller gjennom supplerende energikilder som batteri eller hydrogenaggregat, som reduserer modenheten. Dette går derimot ikke direkte på teknologimodenheten til utstyret i seg selv, men det kan ansees som en del av markedsmodenheten. Farten i utviklingen regnes som middels, da utviklingen primært sett knytter seg mot supplerende teknologi og ikke teknologien eller markedet i seg selv. Det er stadig økende kompetanse for planlegging av kobling mot utstyret mot strøm, i tillegg til økende utvalg av alternativ strømforsyning på markedet.

Ladeinfrastruktur har høy teknologisk modenhet, men det er fremdeles noen utfordringer i forbindelse med kommunikasjon med anleggsmaskiner grunnet mangelfull samkjøring av kommunikasjonsprotokoller. Markedsmodenheten er høy med god tilgang på utstyr. Fart i utviklingen anses som middels, da både teknologien og markedet i stor grad er modent og veletablert.

Batteriløsninger for utslippsfrie BA-plasser har høy teknologisk modenhet, og tilbys av en rekke ulike leverandører som har etablert seg i markedet. Markedsmodenheten regnes fremdeles som middels på grunn av relativt høye priser og begrenset etterspørsel. Markedet utvikler seg i høy fart på grunn av flere leverandører som ser mulighetene til å levere batteriløsninger innenfor flere segmenter enn kun bygge- og anleggsplasser, og at potensialet for bruk av både mobile og stasjonære batteripakker stadig øker.

Energistyringssystemer som kan bidra til en helhetlig styring av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser for å minimere høye effekttopper har en lav markedsmodenhet og lav teknologimodenhet, delvis på grunn av mangelen på standardisering av kommunikasjonsprotokoller. Få aktører har fokus på helhetlig energistyring på bygge- og anleggsplass. Fart i utviklingen regnes også som lav, på grunn av det manglende utvalget av leverandører.

Innhold

Sammendrag	5
1 Innledning.....	10
1.1 Formål	10
1.2 Introduksjon til bygg- og anleggsbransjen	11
1.3 Utslipp fra bransjen	16
1.4 Arbeidsmetodikk.....	17
1.5 Avgrensninger	18
2 Teknologistatus	20
2.1 Litteraturgjennomgang	20
2.2 Elektriske maskiner	26
2.2.1 Utvalg og tilgjengelighet	26
2.2.2 Begrensning i maskinutvalg.....	28
2.2.3 Batterier og batterielektrisk drivlinje.....	29
2.3 Elektrisk utstyr.....	30
2.3.1 Teknologistatus for elektrisk utstyr	30
2.3.2 Byggvarme- og tørk	31
2.4 Hydrogenbaserte maskiner og utstyr	32
2.5 Infrastruktur	35
2.5.1 Nettilknytning og effekt	35
2.5.2 Battericontainere og ladeløsninger	37
2.5.3 Energistyringssystemer	40
2.6 Teknologistatus – oppsummering	43
3 Markedsstatus	45
3.1 Det norske markedet.....	45
3.1.1 Tilgjengelige maskiner og utstyr på markedet.....	46
3.1.2 Brukstid	49
3.1.3 Norske krav og ambisjoner	50
3.2 Det europeiske og internasjonale markedet	52
3.3 Produksjonsvolumer	53
3.4 Økonomien i markedet.....	55
3.4.1 Investeringskostnader maskiner og utstyr	55
3.4.2 Investeringskostnader energiinfrastruktur	61
3.4.3 Driftskostnader.....	62
3.5 Barrierer og drivere	63
4 Markedsutvikling.....	68
4.1 Teknologikutvikling.....	72
4.2 Kostnadsutvikling	72

Innledning

1 Innledning

I løpet av de siste årene har behovet for mer bærekraftige og miljøvennlige løsninger i bygg- og anleggssektoren vært økende. Dette har resultert i en gradvis overgang fra tradisjonelle fossile drivstoff til mer miljøvennlige alternativer. Det er gjennomført flere pilotprosjekter med mål om enten fossilfrie eller utslippsfrie bygge- og anleggsplasser de siste årene. For å gjennomføre fossilfrie eller utslippsfrie bygge- og anleggsprosjekter kreves det utslippsfrie maskiner. I dag omtales fossilfrie maskiner som maskiner som kan benytte biodrivstoff, typisk HVO, mens utslippsfrie maskiner innebærer ren elektrisk framdrift, enten ved bruk av batteri, kabel eller hydrogen. Det største utvalget i utslippsfrie maskiner er per i dag batterielektrisk, men stadig flere hydrogenelektriske varianter er under utvikling. Kabelbaserte maskiner finnes også tilgjengelig på markedet, men er i mindretall. I denne rapporten vil kun utslippsfrie maskiner og utstyr undersøkes, og derav ikke hybrid-løsninger eller løsninger som benytter biodrivstoff.

Utslippsfrie bygge- og anleggsmaskiner omfatter en rekke ulike typer maskiner og teknologi som kan brukes i bygge- og anleggsbransjen. Disse maskinene kan inndeles i en rekke ulike kategorier, avhengig av størrelse og funksjon. Det har de siste årene kommet et stadig større utvalg av utslippsfrie bygge- og anleggsmaskiner på markedet. I tillegg til selve maskinene og utstyret, innbefatter utslippsfrie bygge- og anleggsplasser nødvendig infrastruktur for å drifte maskinene og utstyret på bygge- og anleggsplassen. Dette kan innebære ladeinfrastruktur, mobile batterier, og energistyringssystemer.

1.1 Formål

Enova har de siste årene hatt flere ulike støtteprogrammer som støtter innkjøp av utslippsfrie bygge- og anleggsmaskiner til bruk i bygge- og anleggssektoren, parallelt med at flere slike maskiner er blitt tilgjengelig på markedet. Enova ønsker innsikt i hvordan støtteordningene har påvirket markedet for slike maskiner, og om støtteordningene har vært med å styre markedsutviklingen. Som en del av evalueringen ønsket Enova en analyse av teknologi- og markedsstatus og utvikling for sentrale teknologier og løsninger. Sweco og Vista Analyse gjør sammen dette oppdraget for Enova, som er delt i 2 deler:

Del 1: Teknologi – og markedskartlegging

Del 2: Evaluering av Enovas støtteprogrammer

Arbeidet er samlet i rapporten «Utslippsfri bygge- og anleggsvirksomhet», utarbeidet av Vista Analyse og Sweco. En utdypet teknologi- og markedskartlegging finnes som et supplerende kunnskapsgrunnlag (denne rapporten), utarbeidet av Sweco.

Teknologi – og markedskartleggingen er et kunnskapsgrunnlag og bidrar til innsikt i dagens teknologistatus, markedsstatus og forventet markedsutvikling. Drivere og barrierer som finnes for den videre utviklingen av utslippsfrie byggeplasser er kartlagt. En helhetlig evaluering av Enovas støtteprogrammer for utslippsfrie bygge- og anleggsmaskiner, gjøres i hovedrapporten «Utslippsfri bygge- og anleggsvirksomhet».

Rapport – Utslippsfrie bygge- og anleggsvirksomhet

Del 1: Sammenfatning av teknologi – og markedskartlegging

Del 2: Effektevaluering av Enovas støtteprogrammer på området

Vista Analyse og Sweco
Tilgjengelighet: Delvis åpen

KUNNSKAPSGRUNNLAG Teknologi- og markedskartlegging – Utslippsfrie BA-plasser

Sweco
Tilgjengelighet: Åpen

1.2 Introduksjon til bygg- og anleggsbransjen

I dette prosjektet skal utslippsfrie bygge- og anleggsplasser kartlegges. Det er dermed nyttig å avklare hva en bygge- og anleggsplass er.

En **byggeplass** er et begrep som brukes om områder der det foregår arbeid knyttet til bygningsmasse. Dette kan for eksempel være rehabilitering av eksisterende bygg, riving eller nybygg. På en byggeplass må det typisk gjennomføres arbeid i mange ulike anleggsfaser, som innebærer grunnarbeid, klargjøring og bygging av bygg/struktur. Figur 1 viser en oversikt over typiske prosjektfaser i et byggeprosjekt:



Figur 1 - Oversikt over faser i et byggeprosjekt.

En **anleggsplass** er også en plass hvor det utføres arbeid, men forskjellen fra byggeplass er at det ikke nødvendigvis munner ut i en bygning eller struktur. En anleggsplass kan typisk være knyttet til et veiprojekt, som ny vei eller tunnel. Anleggsprosjekter er dermed som oftest knyttet til infrastrukturprosjekter, og innebærer som regel mye grunnarbeid. Anleggsarbeid kan ofte foregå over store områder, som medfører en del kjøring og flytting av maskiner inne på anleggsplassen.

Mange prosjekter er bygge- og anleggsplasser ettersom det i forbindelse med nye bygninger gjerne også må etableres infrastruktur som er typisk for anleggsprosjekter. I denne rapporten brukes samlebegreper **bygge- og anleggsplasser (BA-plasser)** for å indikere alle typer prosjekt, både byggeplasser, anleggsplasser og prosjekter som har begge deler. I både bygge- og anleggsprosjekter brukes gjerne mye av de samme maskinvariantene, selv om det vil være noe spesielt utstyr knyttet til spesielle typer jobb. Dette gjelder også med variasjon mellom ulike typer prosjekter.

På BA-plasser kreves det altså en rekke ulike typer maskiner og utstyr for å gjøre enten anleggsarbeid eller byggearbeid på plassen. Når vi snakker om **utslippsfrie BA-plasser** defineres dette som BA-plasser *uten* direkteutslipp fra bygge- og anleggsmaskiner. En BA-plass vil fortsatt ha store, indirekte utslipp knyttet til selve bygningsmassen og utfyllingsmasser blant annet, men en utslippsfri BA-plass vil i denne sammenheng fjerne direkteutslippene ved at maskiner og utstyr er utslippsfritt. Denne rapporten omhandler utslippsfrie maskiner og utstyr. Det kan imidlertid snakkes om både **helt og delvis** utslippsfrie BA-plasser. I denne rapporten er ikke utslippsfrie BA-plasser nødvendigvis avgrenset til å måtte være **helt utslippsfrie**, men innbefatter at den er **delvis utslippsfri og at det er i bruk utslippsfrie maskiner og/eller infrastruktur på byggeplasser**.

Utslippsfrie maskiner er definert som teknologiløsninger som benytter enten strøm eller hydrogen som sin energikilde istedenfor fossil energi. Biogass er i nyere tid regnet som en utslippsfri løsning, men er *ikke omfattet som utslippsfri løsning i denne rapporten*. **Utslippsfrie maskiner** brukes til bygge- og anleggsarbeid, og omhandler maskiner som gravemaskiner, hjullastere, dumpere, tårnkraner, valser med mer. Videre er det naturlig å dele inn maskinene etter vekt. I denne rapporten har vi inndelt maskinene i følgende inndeling:



Videre i rapporten vil gravemaskiner mindre enn 8 tonn omtales som «minigravere» eller «små maskiner». I tillegg vil «større maskiner» gjerne omfatte maskiner som er større enn 23 tonn. Maskiner mellom 8-23 tonn er omtalt som mellomstore anleggsmaskiner.

Anleggsutstyr er i denne sammenheng utstyr som brukes til nytteformål på byggeplass, men som ikke nødvendigvis er en direkte del av bygge- eller anleggsarbeidet. Maskiner er ofte større og tyngre enn utstyr. Anleggsutstyr innebærer i denne rapporten byggvarme, byggtørk, kompressorer, brakkerigger og aggregater. Anleggsutstyr kan også omfatte håndholdt utstyr, men håndholdt utstyr er utelatt fra denne rapporten av to årsaker; en stor andel av slikt utstyr er elektrifisert, og det står for svært lite energibruk sammenliknet med maskiner.

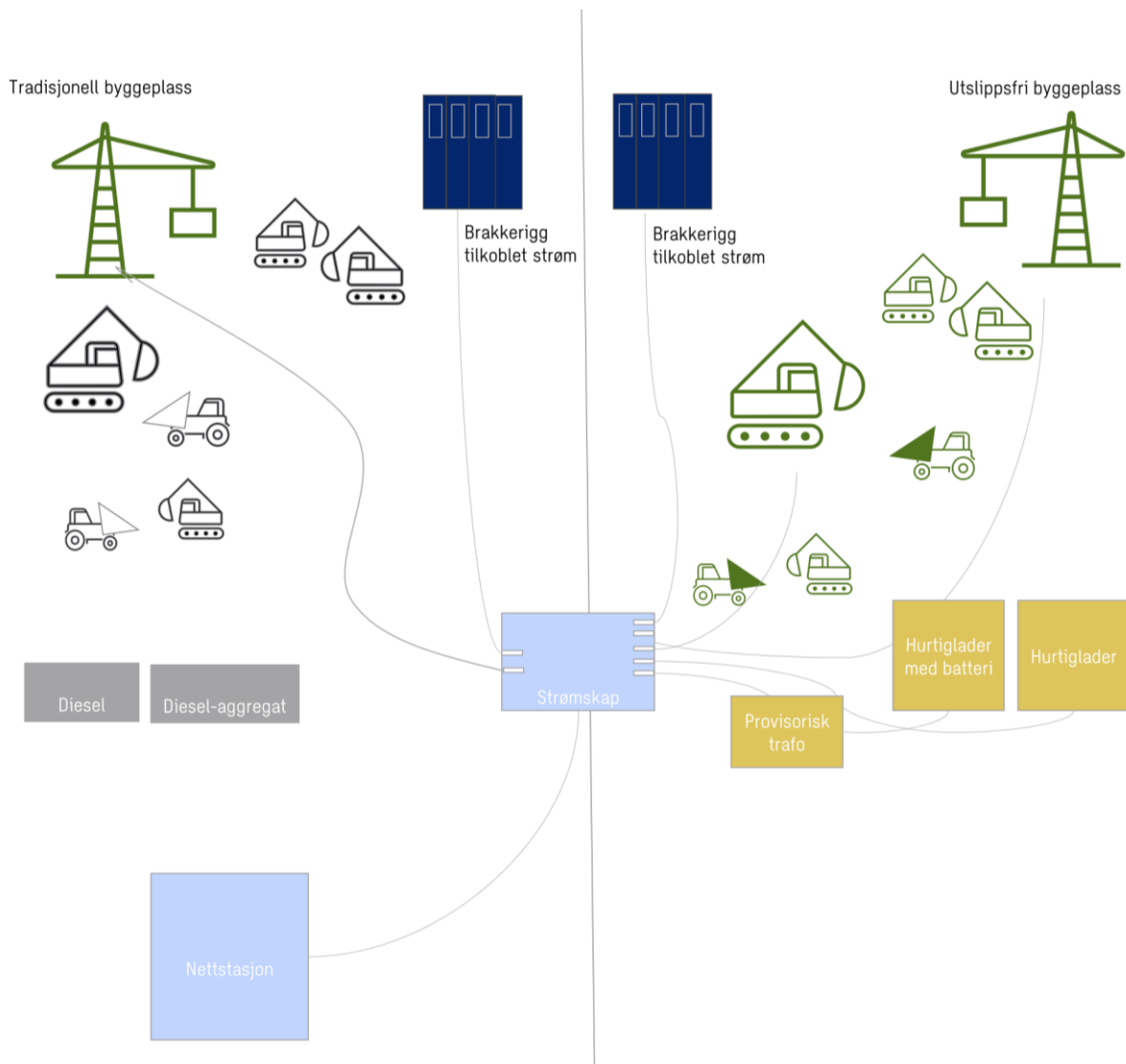
Videre i rapporten blir utslippsfrie maskiner og utstyr tilhørende BA-plasser heretter omtalt som **anleggsmaskiner**. Dette inkluderer dermed både maskiner og utstyr om ikke annet er presisert.

I dag er det meste av utslippsfrie maskiner og utstyr batterielektrisk. Å gå over til elektriske anleggsmaskiner innebærer dermed et økt elektrisitetsbehov for lading av maskinene. Elektriske anleggsmaskiner har store batteri med stor effekt, som krever høy ladeeffekt for å lade effektivt. En barriere knyttet til utslippsfrie BA-plasser er dermed tilstrekkelig tilgang på effekt. Derfor er det i kjølvannet av overgangen til utslippsfrie maskiner etablert et nytt marked for energiinfrastruktur og energitjenesteleverandører på byggeplass. Energитjenesteleverandører tilbyr tjenester for planlegging av utslippsfri BA-plass, og har gjerne også mulighet for å tilby diverse energiinfrastruktur. Energiinfrastrukturen tilbys av teknologileverandører, og det finnes energiinfrastruktur som batterier, ladecontainere og energistyringssystemer som kan bidra til å tilrettelegge for lading av anleggsmaskiner selv om strømtilgangen er begrenset. Energитjenesteleverandørene og energiinfrastrukturleverandørene er derfor i mange prosjektet nøkkelaktører, ettersom det er disse aktørene som har mulighet til å sikre strøm til maskinene.

Markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner er i en tidlig fase, og rapporten vil derfor i stor grad omtale **ombygde maskiner**. Tidligere ble det importert ferdige fossildrevne maskiner, med dieselmotor, som ble erstattet med en utslippsfri drivlinje i Norge. Nå er det mer vanlig at maskinene kommer uten drivlinje, og den elektriske drivlinjen installeres i Norge, Nederland eller andre steder som tilbyr denne type tjenester. Vi ser også eksempler der norske aktører bruker begrepet spesialtilpasning om prosessen fra å tilpasse en maskin (med eller uten drivlinje) fra en fossil modell til en nullutslippsmaskin.

Den utslippsfrie drivlinjen er som hovedregel batterielektrisk, men det finnes eksempler med hydrogenbasert drivlinje. Mens ombygging ofte kan kreve utviklingsarbeid for å kunne framskaffe de første prototypene, er innbygging gjerne mer standardisert prosesser der chassis leveres som et skall og kan være tilrettelagt for innbygging av drivlinje der også øvrige innsatsfaktorer er kjent og testet ut gjennom prototyper. Skillelinjene mellom ombygging og innbygging er ikke eksakte, men kan betyding for produksjonskostnadene. **I dette kunnskapsgrunnlag er begrepet ombygging brukt som et samlebegrep også i tilfeller der det gjøres innbygging/spesialtilpasning.** Dette har altså vært en prosess som har vært i utvikling gjennom de siste årene, da mange av de første maskinene var rent ombyggede dieselmaskiner med elektrisk dieselmotor, til at det i dag har utviklet seg til at maskinene i større grad kommer klargjort for innbygging av batterielektrisk drivlinje.

I Figur 2 er det vist en enkel og prinsipiell skisse over en tradisjonell og en utslippsfri BA-plass. Også tradisjonelle BA-plasser krever byggestrøm, primært til tårnkran, brakkerigg, og eventuelt oppvarming. I noen tilfeller løses dette med diesel-aggregat dersom det ikke er tilstrekkelig strøm i området. Det vil vanligvis være et byggestrømskap på BA-plassen. Videre er det ofte dieselaggregat som gir strøm til for eksempel byggtørk og varme, og det er vanlig å ha en lagringstank med diesel på byggeplassen for enkel fylling. En av de største forskjellene på en tradisjonell og utslippsfri byggeplass er dermed planleggingen som kreves for å tilrettelegge for tilstrekkelig strøm på BA-plassen, og tilstrekkelig strøm på maskinene i løpet av en arbeidsdag.



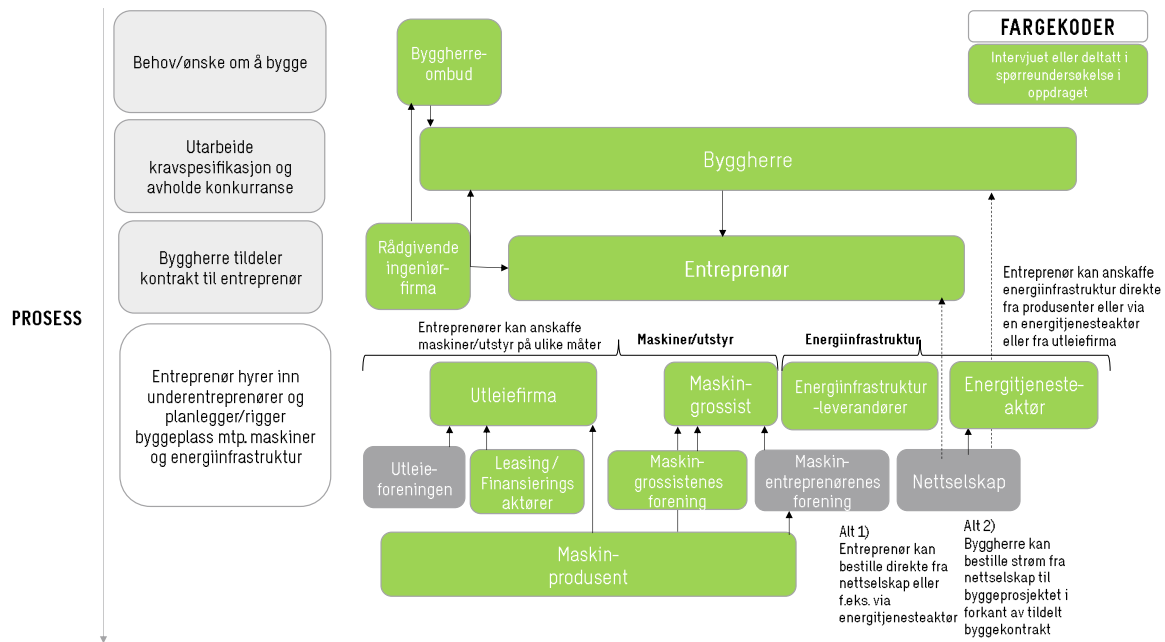
Figur 2 - Enkel skisseoversikt med noen av aspektene som varierer fra en tradisjonell til utslippsfri BA-plass. Det er prinsipielt likt å drifte en utslippsfri og en fossil BA-plass, men tilkomst til lading og planlegging av dette er en av ulikhetene.

For utslippsfrie BA-plasser er det en rekke ulike interessenter og aktører. I dette prosjektet har det vært dialog med relevante aktører i bransjen, som er berørt av overgangen til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.

Dette gjelder følgende aktører:

- Byggherrer
- Utleiefirma
- Leasingsselskap (finansieringsaktører)
- Maskingrossister
- Maskinprodusenter
- Entreprenører
- Rådgivende ingeniørfirma
- Energitjenesteaktører
- Energiinfrastrukturaktører
- Nettselskaper

Det er en rekke øvrige aktører som også er interessenter, som miljøorganisasjoner, naboer, politikere med flere, men vi har i denne rapporten avgrenset interessentene til aktørene som er direkte påvirket og knyttet mot BA-plasser i sitt daglige virke. Hvordan aktørene er tilknyttet utslippsfrie bygge- og anleggsplasser er illustrert i Figur 3 og videre beskrevet i detalj i Figur 3:



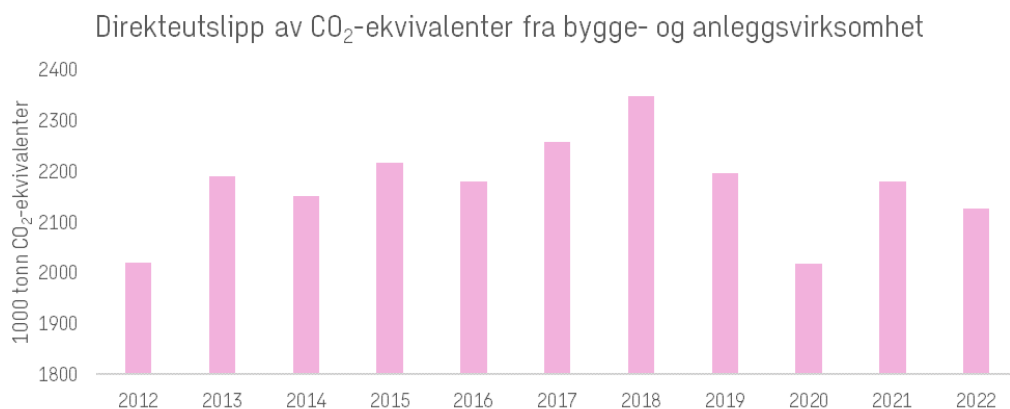
Figur 3 - Oversikt over identifiserte aktører i markedet som er direkte påvirket av BA-plasser i sitt daglige virke. Aktørene er markert med fargekode etter hvorvidt de har vært intervjuet eller deltatt i spørreundersøkelse som en del av dette prosjektet. Aktørene markert i grønt har vært intervjuet eller deltatt i spørreundersøkelse, mens aktørene markert i grått er andre viktige interessenter som ikke har vært intervjuet i dette prosjektet. Helt til venstre vises en overordnet prosjektlinj over når de ulike aktørene blir koblet på i et BA-prosjekt.

Tabell 1 – Forklaring på de ulike aktørene ved BA-plasser og deres rolle i kontekst av utslippsfrie BA-plasser.

Byggherrer	<p>Byggherrer er tiltakshaver for nye byggeprosjekter og infrastrukturprosjekter, og kan være både private og offentlige. Som offentlige byggherrer finner vi kommunene, fylkeskommunene, og aktører som Statsbygg og Statens vegvesen på nasjonalt nivå. Offentlige byggherrer setter gjennom sine anbudskonkurranser for nye bygg, krav og retningslinjer som tilbyderne må følge, og dette kan inneholde krav om en viss andel utslippsfri bygge- og anleggsplass. I en anbudskonkurranse får byggherrene inn anbud fra aktører som ønsker å gjøre jobben. I offentlige anbudskonkurranser skal vektingen av ulike deler av tilbudet oppgis, og fra 01.01.2024 er det krav om at alle offentlige anbudskonkurranser skal vekte klima- og miljøsyn med minst 30%.</p>
Entreprenør	<p>Entreprenørene er den utførende delen av et bygge- og/eller anleggsprosjekt, og er den aktøren som utfører arbeid knyttet til graving, riving og bygging. En entreprenør kan være totalentreprenør, som betyr at de gjør all jobben som skal gjøres i alle faser, men i mange tilfeller leier entreprenørene inn underleverandører, som for eksempel maskinentreprenører, som gjør spesifikke deler av jobben.</p>
Rådgivende ingeniørfirma	<p>Rådgivende ingeniørfirma er den aktøren som prosjekterer og ofte planlegger et bygge- og/eller anleggsprosjekt. Til byggeprosjekter kreves det også arkitekter, som selskapene gjerne innehar eller leier inn som underleverandører, og så står de rådgivende selskapene for byggetegninger, systemskjemaer, planlegging av elektro, ventilasjon, romutforming, etc. som de utførende entreprenørene benytter til å utføre jobben.</p>
Utleiefirma	<p>Utleiefirmaene er en stor aktør i byggeprosjekter, ettersom det for mange entreprenører er vanlig å leie hele eller deler av maskinene og utstyret som skal brukes til et bygge- eller anleggsprosjekt. Utleierne har flere forretningsmodeller, men det er vanlig at utleieselskapene selv står for service og vedlikehold, mens de som leier står for driftskostnadene under drift.</p>
Leasingselskap	<p>Leasingselskapene er en finansieringsaktør for maskiner og utstyr, og står for finanseringen av en høy andel av maskinene i den norske maskinparken. I intervju med en leasingaktør kom det fram et anslag på rundt 50% av maskinparken er finansiert gjennom leasing. Det finnes flere leasingmodeller, som finansiell leasing og operasjonell leasing. Finansiell leasing betyr at leasingselskapet kjøper inn maskinen «on demand» basert på kundens spesifikasjoner, mens operasjonell leasing er mer likt en utleiemodell. De største kundene til leasingselskapene i dette markedet er utleieselskapene og entreprenører.</p>
Maskin-grossist	<p>Maskingrossistene er aktører som importerer maskiner til det norske markedet og videreformidler dem. Maskingrossistene er organisert gjennom Maskingrossistenes forening (MGF), med over 100 individuelle medlemmer. MGF dekker de fleste importørene i det norske markedet. Maskingrossistene kan være knyttet til enkeltmerker eller importere en rekke ulike merker som de formidler.</p>
Maskin-produzent	<p>Maskinprodusentene leverer maskiner, enten direkte til kundene eller via maskingrossistene. Det finnes en rekke ulike produsenter spesialisert på maskiner og utstyr i markedet, både i det europeiske og det internasjonale markedet.</p>
Energi-infrastruktur-leverandør	<p>Energiinfrastrukturleverandørene er aktører som produserer/importerer energiinfrastruktur som kan benyttes til å sikre strømtilgang på utslippsfrie BA-plasser. Kundene er gjerne energitjenesteleverandørene eller utleieselskapene.</p>
Energitjeneste-leverandør	<p>For tradisjonelle, fossildrevne BA-plasser er det ikke behov for energitjeneste-leverandører, men dette er en ny aktør som har vokst fram i etableringen av utslippsfrie BA-plasser. Energitjenesteleverandørene kan levere både tjenester knyttet til planlegging, men også infrastruktur rundt et utslippsfritt prosjekt, som planlegging av strømtilførsel, planlegging av eventuelle batteri-pakker og hurtigladestasjoner, nettstasjoner, etc.</p>
Nettselskap	<p>Nettselskaper er aktørene som sikrer strøm til BA-plass. Nettselskapene har oversikt over tilgjengelig nettkapasitet, og gir informasjon om tilgjengelig strøm i strømskapene som skal forsyne BA-plass. I dag er det ingen klar rutine for hvem som skal kontakte nettselskapene, og det varierer fra prosjekt til prosjekt om dialogen med nettselskaper blir tatt av byggherre, entreprenør, rådgivende ingeniørfirma eller energitjenesteleverandør.</p>

1.3 Utslipp fra bransjen

Ifølge tall fra SSB slipper **bygge- og anleggsbransjen ut rundt 2 000 000 tonn CO₂-ekvivalenter** årlig, som er utslippene som kan spores tilbake til direkteutslipp knyttet til bransjen, inkludert utslipp fra transport til og fra byggeplass (lastebiler, biler, helikoptre), og utslipp fra løsemidler, smøremidler og HFK-gasser¹. Dette tallet representerer ikke det fulle bildet over klimagass-utslippene fra bransjen, og øvrige utslipp fra bransjen knyttet til materialer, import og eksport fanges opp i andre utslippsstatistikker. Utslippstallene som presenteres i Figur 4 er dermed et bilde på de utslippene som kan spores direkte tilbake til norsk byggeaktivitet i Norge, men hvor utslipp som tilskrives materialer og andre indirekte utslipp ikke er inkludert. Direkteutslipp fra anleggsmaskiner og utstyr på BA-plass står for ca. 40% av utslippene, estimert til mellom 730 000 - 800 000 tonn Co₂-ekvivalenter⁶. Det kan observeres en nokså jevn økning fra 2012 mot 2018, og igjen en reduksjon etter 2018, hvor korona-året 2020 var unormalt lavt. I 2022 var utslippsnivået på et av de laveste nivåene som var registrert i perioden fra 2012.

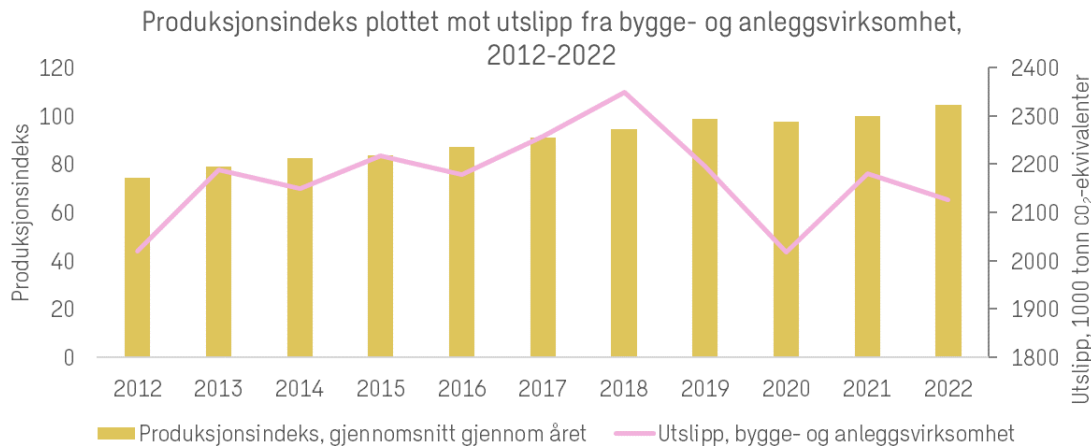


Figur 4 - Oversikt over norske klimagassutslipp som er tilskrevet bygge- og anleggsvirksomhet, oppgitt i 1000 tonn CO₂-ekvivalenter. Et utslipp på rundt 2 000 000 tonn CO₂-ekvivalenter tilskrives bygge- og anleggsvirksomhet årlig. Data gjengitt fra Statistikkbanken¹.

Samtidig har byggeaktiviteten vært periodevis både høyere og lavere enn det statistikken for utslipp viser. Videre er produksjonsindeksen i norsk bygge- og anleggsvirksomhet plottet mot utslippet av CO₂-ekvivalenter². Produksjonsindeksen måler utviklingen i aktiviteten i bygge- og anleggsvirksomheten. 100% er regnet med referanseåret 2021, mens tall over eller under er avvik fra referanseåret 2021. Statistikken måles basert på månedlig volumindeks på grunnlag av timeverkstall. Tallene er oppgitt på månedlig nivå og er av Sweco sammenfattet som et årlig gjennomsnitt.

¹ Statistisk sentralbyrå (2024). Statistikkbanken tabell 13932, for bygge- og anleggsvirksomhet. <https://www.ssb.no/statbank/table/13932>

² Statistisk sentralbyrå (2024) *Produksjonsindeks for bygge- og anleggsvirksomhet, etter næring (SN2007) 2005M01-2024M07* i Statistikkbanken. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/statbank/table/13430/tableViewLayout1/> Hentet 24.06.2024.



Figur 5 - Produksjonsindeks plottet mot utslipp. Data er hentet fra Statistisk sentralbyrå (SSB)^{1,2} Utslippsdata foreligger kun fram til 2022.

Som figuren viser har utslippene gått markant ned fra 2018, til tross for økning i produksjonsindeks. Tradisjonelt sett kan klimagassutslipp og produksjonsindeks for norske byggeprosjekt virke å ha vært noe fristilt og dette kan henge sammen med hvilke typer prosjekter som har vært gjennomført i hvilke typer år. Med inntreden av utslippsfrie BA-plasser vil man derimot kunne forvente at klimagassutslippene fra bygge- og anleggsvirksomheten vil gå ned, ettersom direkteutslippene fra maskiner og utstyr står for en betydelig andel av direkteutslippene.

Det er også verdt å merke seg at overgang til utslippsfrie BA-plasser fører med seg andre gevinster som ikke kan måles i direkte reduserte CO₂-utslipp. Gjennom intervju og gjennomgang av relevant litteratur er det identifisert at nitrogenutslipp fra BA-plasser kan forstyrre både jord og sjø. Å redusere tilførselen av nitrogen til naturen har stor oppmerksomhet i Nederland blant annet hvor gevinsten av utslippsfrie byggeplasser er delt mellom å redusere klimagassutslipp og å redusere nitrogenutslipp. I Norge er nitrogen og nitrogenutslipp lite omtalt i forbindelse med utslippsfrie BA-plasser, men det er en positiv konsekvens at også nitrogenutslippet blir redusert³.

Videre bærer overgang til utslippsfrie BA-plasser med seg flere aspekter av sosial bærekraft som er vanskelig å kvantifisere verdien av, som:

- Arbeidsforholdene til anleggsarbeiderne blir preget av mindre lokal utslipp og mindre støy, som kan forbedre kvaliteten på arbeidshverdagen.
- I urbane prosjekt eller prosjekt som er tett på bebygde strøk, fører utslippsfrie maskiner til mindre støy og mindre lokalforurensing, som forbedrer bokvaliteten til de som bor nære BA-plasser.

Med andre ord har overgang til utslippsfrie BA-plasser potensiale til å føre med seg en flere positive konsekvenser utover reduksjon i klimagassutslipp. Utslippsfrie BA-plasser er viktig både for å bidra til å redusere lokale utslipp, til å redusere klimagassutslipp, og å forbedre lokale arbeidsforhold. I overgangen til utslippsfrie BA-plasser er det også viktig å unngå at verdikjedene til maskinene medfører store utslipp eller etiske overtramp i landene hvor de produseres.

1.4 Arbeidsmetodikk

Arbeidsmetodikken for markeds kartleggingen består av flere ulike innfallsvinkler for å få oversikt over markedet. Det er gjennomført en litteraturgjennomgang av relevante rapporter med tema utslippsfrie BA-plasser, som har gitt en god oversikt over status i markedet. Litteraturgjennomgangen innebærer:

- Relevante rapporter og analyser
- Relevant statistikk

³ [Forskning.no](https://www.forskning.no/forurensning-landbruk-miljopolitikk/nitrogen-forurensmer-enn-antatt/2094621) (10.2022). Nitrogen forurensmer mer enn antatt. Tilgjengelig på: <https://www.forskning.no/forurensning-landbruk-miljopolitikk/nitrogen-forurensmer-enn-antatt/2094621> Hentet 09.08.2024.

I tillegg er det gjennomført informasjonsinnhenting om markedet fra relevante aktører gjennom en spørreundersøkelse. I forkant av utarbeidelse av spørreundersøkelsen ble det gjennomført intervjuer av relevante markedsaktører. Disse intervjuene bidro med nyttig markedsinnsikt til å utarbeide aktuelle spørsmål til spørreundersøkelsen. Spørreundersøkelsen er kvalitativ, og målet med undersøkelsen er primært å bekrefte at informasjonen fra intervju med enkeltaktører har aksept i sine respektive kategorier og ikke er enkeltstående funn fra aktørene som ble intervjuet. Konkrete resultater fra spørreundersøkelsen vil ikke bli presentert, men resultater fra både intervju og spørreundersøkelse vil bli henvist til i rapporten. Sammen har intervjuene og spørreundersøkelsen gitt et godt overblikk over markedsstatusen for utslippsfrie anleggsmaskiner. Vi har i tillegg mottatt datagrunnlag om søknader til Enovas relevante støtteprogrammer.

Sweco har en egenutviklet database med oversikt over utslippsfrie maskiner i markedet. I løpet av prosjektet har databasen blitt løpende oppdatert, både gjennom markedskartlegging og gjennom dialog med aktørene. Det er derfor etablert et bredt overblikk over maskinene som finnes i markedet og leverandørene av dem gjennom prosjektet.

Teknologi- og markedskartleggingen er delt i tre ulike deler; **teknologistatus**, **markedsstatus** og **markedsutvikling**. Eksisterende litteratur og kartlegging av markedet utgjør grunnlaget for teknologistatus, mens dialogen med markedet gir innsikt både til markedsstatus og markedsutvikling.

1.5 Avgrensninger

Denne rapporten **danner kunnskapsgrunnlaget** for en evaluering av Enovas støtteprogrammer for utslippsfrie anleggsmaskiner, i en analyse av teknologistatus, markedsstatus og vurdering av utvikling av utslippsfri BA-virksomhet. Prosjektet har vært gjennomført i perioden mai 2024 – august 2024, og det er et område med hurtig teknologiutvikling.

Rapporten tar derfor ikke stilling til støtteprogrammene, **og har som mål å være en objektiv og nøytral framstilling av teknologi, marked og utvikling.**

Rapporten avgrensner seg naturlig til å ta inn kunnskap fra de aktørene som vi har opprettet en dialog med i løpet av prosjektperioden, og aktører som ikke har uttalt seg kan ha et annet inntrykk enn det som blir presentert i rapporten. Som presentert i kapittel 3 har vi snakket med en rekke av de relevante markedsaktørene og vi har gjennomført spørreundersøkelse for å sikre en bredde i svarene vi har mottatt. Vi tar likevel forbehold om at enkelte markedsaktører kan sitte med andre erfaringer ettersom vi ikke har snakket med alle i bransjen.

Denne rapporten inkluderer **ikke lastebiler** som benyttes til massetransport, hverken internt på byggeplass eller til og fra byggeplass.

Teknologistatus

2 Teknologistatus

I dette kapittelet gis en helhetlig oversikt over teknologistatusen til utslippsfrie anleggsmaskiner og utstyr. Kapittelet starter med en litteraturgjennomgang, som sammenfatter relevant litteratur og kort oppsummerer de viktigste funnene fra litteraturen.

Videre gis en innledende oversikt over maskinutvalget som finnes, hvilken teknologisk status de har, som piloter, ombygging, serieproduksjon, samt en beskrivelse av ytelse og begrensninger i dagens teknologi. Ettersom dagens status i noen grad er knyttet mot markedssituasjonen, vil det være noe overlapp mellom teknologi og marked, men en helhetlig markedsstatus blir presentert i kapittel 3. Det gis også en innledende oversikt over relevant utslippsfritt utstyr, og hvilken teknologistatus slikt utstyr har, og barrierene for videre utvikling. Det gis videre en oversikt over utslippsfri teknologi som er under utvikling og en beskrivelse av dagens status for tilhørende infrastruktur til utslippsfrie BA-plasser, som inkluderer nett-tilknytning, batterier og ladeløsninger, og energistyringssystemer. Til slutt gis en samlet oversikt over barrierer og drivere knyttet til teknologien for utslippsfrie anleggsmaskiner.

2.1 Litteraturgjennomgang

Det finnes en del litteratur som kartlegger utslippsfrie BA-plasser, og de tilhørende utslippsfrie maskinene og utstyr. I denne delen er noe av denne kunnskapen sammenfattet.

I 2022 ble rapporten «*Utslippsfri byggeprosess i Oslo – en konsekvensutredning*» utgitt av SINTEF⁴. Rapporten har gjennom beregninger vist hvordan effektoppene på BA-plass kan reduseres betydelig ved å justere tidspunkt for ladepauser og hvilke teknologier man tar i bruk, som batteri, kabel eller kabelbatteri. Rapporten har videre avdekket at grunnarbeidet er den mest energikrevende byggefasen, etterfulgt av råbygg og riving.

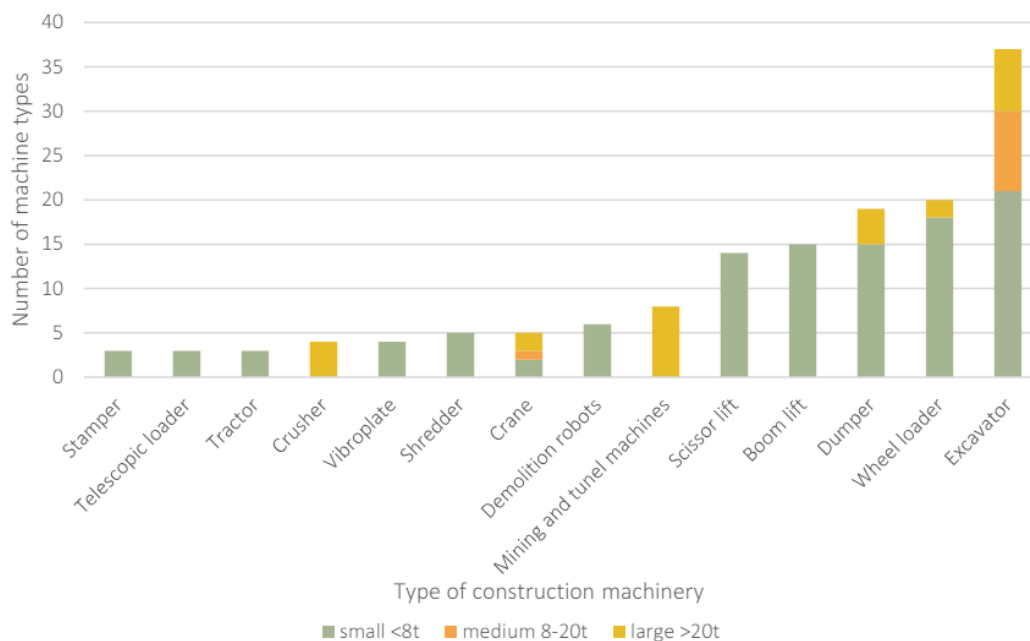
Rapporten utgitt av SINTEF har videre kartlagt at mindre utslippsfrie anleggsmaskiner under 8 tonn serieproduseres av flere store produsenter, mens anleggsmaskinene over 8 tonn i hovedsak spesialproduseres i mindre volumer. Som regel tar det 2-3 år fra en anleggsmaskin introduseres til den er kommersielt tilgjengelig. Elektriske varianter finnes tilgjengelig for de fleste maskinkategorier. Gravemaskiner skiller seg ut ved at det finnes en rekke modellalternativer i flere størrelser, men for de største modellene er utvalget basert på kabeltilknytning. Rapporten konkluderer med at tilgjengeligheten er uproblematisk for mindre elektriske maskiner og utstyr, men at det fortsatt kan være noen utfordringer med strømforsyning og ladelogistikk når flere, store anleggsmaskiner er i bruk samtidig. SINTEF har videre utarbeidet levetidskostnader for en liten (8-16 tonn), mellomstor (16-23 tonn) og stor (>23 tonn) gravemaskin, og for en tippbil med og uten henger. Anleggsmaskinene under 8 tonn ble ikke medtatt i analysen. Kostnadssammenligningen tok for seg diesel, HVO og et elektrisk alternativ, og viste at avhengig av energiprisene kan de lavere driftskostnadene for det elektriske alternativet kompensere for de høyere investeringskostnadene over en analyseperiode på 5-6 år. Totalt sett anslår rapporten at det trolig vil være merkostnader ved en overgang til utslippsfrie BA-plasser i en periode fremover, men at det mot 2030 kan gå i null eller gi lavere kostnader.

For byggeplasser oppgir SINTEF at det per i dag typisk er et påkrevd effektbehov på rundt 400-500 kW, med et estimert fremtidig effektbehov på opptil 1 000 kW når alt skal elektrifiseres. Dette stemmer svært godt overens med resultatene i rapporten «*Dagens effektbehov for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*», utgitt av Sweco i juli 2024¹. Slike effektbehov er betydelige, som stiller høye krav til energiinfrastruktur enten i form av eksisterende nettkapasitet eller supplering med batteri eller annen energiforsyning.

⁴ SINTEF (05.2022) *Utslippsfri byggeprosess i Oslo*. Tilgjengelig på: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2995821/Utslippsfri-byggeprosess-i-Oslo-konsekvensutredning.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hentet 07.06.2023.

Videre har SINTEF publisert en oppdatert vitenskapelig artikkel i 2023 kalt «*A mapping of electric construction machinery and electric construction sites in Norway*»⁵, som kartlegger antall prosjekter i Norge som har benyttet utslippsfrie maskiner siden 2019 og fram til 2022. Disse resultatene viser at 36% av prosjektene har vært utført i Oslo, og 46% av prosjektene i Viken. Det er derfor en betydelig overvekt av prosjekter som utføres i og rundt Oslo, og det er her majoriteten av utslippsfrie maskiner befinner seg.

Studien viser at de fleste maskinene har kortere operasjonstid enn en vanlig arbeidsdag, og krever hurtiglading på dagtid. Dette samsvarer med informasjon mottatt av ulike markedsaktører som har planlagt og gjennomført utslippsfrie prosjekter, som viser til at lunsjen utvides og benyttes til hurtiglading. Et hovedfunn i rapporten er at det norske markedet ikke utgjør tilstrekkelig volum for at globale maskinprodusenter kan starte serieproduksjon av utslippsfrie maskiner, og at markedet må etableres utenfor Norges grenser for at serieproduksjon skal kunne komme i gang. Studien gir også en oversikt over antall utslippsfrie maskiner fordelt på ulike kategorier som finnes i det norske markedet, som gjengitt i Figur 6:



Figur 6 - Gjengivelse av oversikt for ulike typer utslippsfrie anleggsmaskiner som kartlagt i artikkelen «*A mapping of electric construction machinery and electric construction sites in Norway*»⁵.

Oversikten viser altså at det per 2022 finnes et begrenset utvalg av utslippsfrie maskiner i det norske markedet, og mindre blir utvalget desto større maskinene er. For de tyngste maskinene (> 20 tonn) er utvalget begrenset til rundt 13 maskiner, fordelt på hovedkategoriene gravemaskiner (7), hjullastere (2) og dumpere (4). I tillegg finnes det noe tyngre utstyr knyttet til gruvedrift, kraner og knuseverk, med et samlet antall på rundt 10 maskiner.

I 2023 publiserte Miljødirektoratet rapporten «Kunnskapsgrunnlag om barrierer og potensial for utslippskutt i bygge- og anleggsvirksomhet»⁶ der de utredet fire tiltak som reduserer direkte utslipp fra bruk av maskiner og lastebiler til massetransport i bygge- og anleggsprosjekter. Tiltakene var:

- Forbedret logistikk og effektivisering i bygge- og anleggsprosjekter, inkludert bedre håndtering av ikke-forurensede masser

⁵ Marianne Kjendseth Wiik et al. (12.2023) *A Mapping of Electric Construction Machinery and Electric Construction Sites in Norway*. J. Phys: Conf. Ser. **2600** 042016. doi:10.1088/1742-6596/2600/4/042016. Tilgjengelig fra: <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>

⁶ Miljødirektoratet (05.2023). *Kunnskapsgrunnlag om barrierer og potensial for utslippskutt i bygge- og anleggsvirksomhet - miljødirektoratet.no* Hentet 06.09.2024

- Alle nye maskiner til bygg- og anleggsnæringen er nullutslipp i 2030
- Alle nye lastebiler til massetransport i BA-næringen er nullutslipp i 2030
- Utfasing av fossil gass til midlertidig byggvarme.

Miljødirektoratet peker på at en barriere som er felles for alle de utredede tiltakene er mangel på kunnskap og koordinering mellom ulike aktører. De viktigste barrierene for utslippsfrie maskiner er høye investeringskostnader, begrenset modellutvalg, samt tilgang på energi og effekt på BA-plasser. Ifølge Miljødirektoratets beregninger vil store batterielektriske maskiner ikke være lønnsomme før 2030, og derfor vil for eksempel investeringsstøtte eller innføring av engangsavgift på fossile maskiner være nødvendig for å redusere kostnadsbarrieren. Her blir det pekt på investeringsstøtte fra Enova eller Miljødirektoratets Klimasatsstøtte. Det forventes at høye merkostnader og begrenset tilgang på utslippsfrie maskiner vil reduseres over tid, men at dette er avhengig av både satsning på nullutslipp fra produsenter og at noen aktører går foran. Av tiltak som vil være med på å redusere effektbehovet, pekes det på batterikonteinere som kan lades kontinuerlig gjennom døgnet ved lav effekt, men som kan benyttes til hurtiglading av maskiner ved behov. I tillegg nevnes også flyttbare hydrogenkteinere som kan produsere elektrisitet og varme.

Miljødirektoratet estimerer at prosjekter med offentlig byggherre står for 70 % av BA-næringens utslipp. Derfor mener de at målrettet bruk av offentlige anskaffelser vil være særdeles viktig for å redusere flere av barrierene knyttet til de fire tiltakene. Eksempler på dette kan være å innføre minimumskrav der nullutslippsteknologi er tilgjengelig, og bruke tildelingskriterier i umodne markeder som vektet nullutslippsløsninger høyere for å fremme konkurranse blant leverandørene.

Capgemini Invent utarbeidet rapporten «*How to succeed with zero emission construction sites – Learnings from Norway*»⁷, som omhandler hvilke erfaringer Norge generelt tar med seg som en tidlig aktør i omstillingen til utslippsfrie maskiner og hva som er definert som dagens barrierer. Rapporten peker på fem hovedbarrierer for å akselerere bruken av utslippsfrie maskiner:

1. De økte kostnadene knyttet til bruk av utslippsfrie maskiner og manglende betalingsvilje
2. Begrenset tilgang til utslippsfrie maskiner og utstyr
3. Fravær av stabile og forutsigbare insentiver
4. Manglende krav og reguleringer
5. Økende behov for elektrisitet og infrastruktur utfordringer, knyttet til lading og tilgang på strøm

Rapporten peker videre på tre hoveddrivere for utviklingen av utslippsfrie BA-plasser:

1. Reguleringer (krav)
2. Insentiver
3. Teknologisk utvikling

Det understrekes i rapporten at selv om det er kommet krav i enkelte kommuner (les mer om dette i kapittel 3.1.3) etterspør fortsatt aktørene gode og spissede krav i konkurransesituasjoner som sikrer like og forutsigbare vilkår mellom de konkurrerende tilbyderne, gjerne i kombinasjon med insentiver.

Rapporten peker også på at variasjon mellom vektlegging av klima i offentlige utlysninger skaper uforutsigbarhet og frustrasjon mellom markedsaktørene. Fra 01.01.2024 skal klima- og miljøhensyn vektlegges 30% i offentlige anbud, men dialog med ulike aktører i markedet henviser til at det fortsatt er uforutsigbarhet knyttet til dette kravet, da det ikke er konkrete nok retningslinjer for hva som faktisk vektlegges og hvorvidt utslippsfrie byggeplasser gir uttelling. Eksempelvis kan denne vektingen gjøre at et klimabesparende tiltak i et byggeprosjekt som å bytte ut betong med lavkarbonbetong overgår utslippsfri byggeplass, slik at aktører som øker kostnadsrammen ved å ta i bruk utslippsfri byggeplass ikke blir belønnet for dette.

Rapporten leder ut til en rekke anbefalinger knyttet til hvordan etablering av utslippsfrie BA-plasser kan fortsette å akselerere i Norge og Europa, knyttet til både myndigheter og relevante

⁷ Capgemini Invent (09.2023) *How to succeed with zero emission construction sites – Learnings from Norway*. Tilgjengelig på: <https://prod.ucwe.capgemini.com/no-no/wp-content/uploads/sites/23/2023/10/How-to-succeed-with-zero-emission-construction-sites-Learnings-from-Norway-version-2.0.pdf> Hentet 07.06.2023.

markedsaktører. De peker på at reguleringer må bidra til «market push» og incentiver må bidra til «market pull». I Norge er, i noen grad, begge mekanismene på plass, men aktørene etterspør stabile og forutsigbare krav, reguleringer og incentiver.

Sintef Community ved Marianne Kjendseth Wiik med flere ga i 2023 ut rapporten «*En utslippsfri anleggsplass i Rogaland*»⁸. Denne rapporten fra SINTEF Community kartlegger barrierer og suksesskriterier for å oppnå utslippsfrie anleggsplasser og gir forslag til hvordan Rogaland fylkeskommune kan stille krav til entreprenører og leverandører for å realisere dette. Rapporten vurderer eksisterende praksis for anskaffelser og kontrahering, og bruker litteraturstudier og intervjuer for å identifisere innovative praksiser og krav til miljøvennlige anleggsplasser både internasjonalt og nasjonalt. Det pekes på at klimabelastningen fra offentlige innkjøp er betydelig, og at anskaffelser derfor spiller en stor rolle i klimaomstillingen.

Rapporten presenterer en energimodellering for en planlagt helelektrisk anleggsplass og foreslår tiltak for energi- og effektplanlegging. Energimodelleringen resulterer i estimerte døgnlastprofiler for ulike aktiviteter. Den kartlegger også tilgjengelig energiinfrastruktur i Rogaland, og vurderer fordeler og ulemper ved ulike tekniske løsninger som nett, hydrogen, batteri og solceller.

Erfaringer fra andre kommuner, som Oslo og Trondheim, viser at det er mulig å stille krav til utslippsfrie løsninger og at dette kan føre til en høy andel elektriske maskiner i anleggsprosjekter. Rapporten fremhever viktigheten av forutsigbare krav og god planlegging for lading og drift av elektriske maskiner og kjøretøy.

Det påpekes også at det oppleves som uproblematisk å ta i bruk elektriske alternativer for mindre maskiner og utstyr, men for større maskiner oppleves flere utfordringer. Barrierer som er identifisert inkluderer strømforsyning og ladelogistikk, spesielt når flere store maskiner opererer samtidig. Ifølge fylkeskommunen selv så er den største barrieren at den elektriske infrastrukturen i fylket ikke er tilstrekkelig utbygd, og at strømmettet har for dårlig kapasitet. Disse begrensningene kan skape utfordringer for logistikken på byggeplassen, og det kan bli nødvendig å iverksette kompliserende og fordyrende tiltak, som for eksempel å bedre strømforsyning ved hjelp av batterier. En annen utfordring er tilgang til utslippsfrie maskiner, der det vises til at det er svært få tilgjengelige store maskiner på markedet i Rogaland per 2022.

Avslutningsvis gir rapporten anbefalinger til Rogaland fylkeskommune for å fremme utslippsfrie anleggsplasser. Dette inkluderer å opprette en regional utlånsordning for utslippsfrie maskiner, økt samarbeid på tvers av kommunegrenser, se på relevante incentiver og støtteordninger, samt å sette ambisiøse klimakrav som stimulerer til innovasjon og bruk av lavutslippsteknologi.

Evalueringsprosjektet «*Pilotprosjekter for utslippsfrie anleggsplasser i transportsektoren*» ble utgitt i 2024 på oppdrag fra Nye Veier, Statens vegvesen og Bane NOR, basert på en tilskuddsordning fra Samferdselsdepartementet⁹. Evalueringens formål har vært læring og kunnskapsbygging basert på en rekke ulike piloter som er gjennomført av oppdragsgiverne. Evalueringene er i all hovedsak basert på intervjuer og dokumentanalyser. Hensikten er å dele disse erfaringene på tvers av virksomhetene og i bransjen ellers.

Den overordnede tilbakemeldingen fra prosjektene er at de rapporterer om positive erfaringer fra pilotene. Dette har vært viktig arbeid for å bygge erfaringer rundt bruken av utslippsfri teknologi. Denne teknologien er ofte relativt ny for entreprenører og leverandører, og det har i mange tilfeller vært behov for ombygging og spesifikke tilpasninger av maskiner og systemer. Likevel er tilbakemeldingen hovedsakelig at elektriske maskiner og utstyr fungerer godt på BA-plassen. Utfordringene knytter seg i stor grad til logistikken rundt, som opplæring, planlegging og drift. Et gjennomgående problem rapporteres å være tilstrekkelig tilgang på effekt.

⁸ Marianne Kjendseth Wiik et al. (03.2023) *SINTEF: En utslippsfri anleggsprosess i Rogaland*. Tilgjengelig på: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/3058273/SINTEF%2bNotat%2b%2b48.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Hentet 01.08.2024.

⁹ SINTEF (04.2024) *Pilotprosjekter for utslippsfrie anleggsplasser i transportsektoren*. Tilgjengelig på: <https://www.nyeveier.no/media/ovrbyg5/kunnskapsprogram-pilotprosjekter-for-utslippsfrie-anleggsplasser-i-transportsektoren-1.pdf> Hentet 01.08.2024.

Pilotprosjektene har vist at planlegging og gjennomføring av utslippsfrie anleggsplasser er noe mer tidkrevende. Erfaringen er at man tidlig må sette i gang prosesser for å sikre tilstrekkelig tilgang til strøm og nett. Det må også gjøres beregninger for effektbehov og kapasitet i de ulike fasene av prosjektet, med tilhørende ladeplaner. Her trekkes det frem at samhandling med nettselskap ofte har tatt lengre tid enn forventet. Det nevnes også at leveringstiden på elektriske maskiner ofte har vært lang.

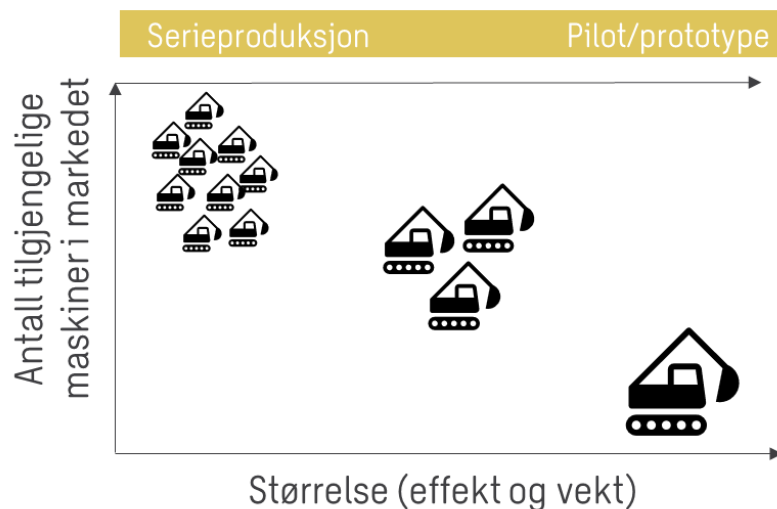
Tilbakemeldingene er at disse nye oppgavene og problemene er løsbare, men krever ny erfaring og kompetanse. I rapporten kommenteres det at det bør legges inn en forventning om erfaringsdeling fra prosjektene allerede ved tildeling.

Rapporten gir også noen erfaringer rundt hvordan elektriske maskiner har påvirket det fysiske arbeidsmiljøet. Det rapporteres om positive effekter for helse, arbeidsmiljø og sikkerhet. Førermiljøet i de elektriske gravemaskinene oppleves som bedre, med mindre støy og rystelser sammenlignet med dieseldrevne maskiner. Mindre forurensende direkte utslipp trekkes også frem som positivt.

Det gis inntrykk av at utslippsfri BA-plass med stort innslag av elektriske maskiner er noe mer tidkrevende enn konvensjonell drift, men da hovedsakelig knyttet til økning i ikke-produktiv tid for maskinene. Med dette menes tid til lading, kjøring til og fra ladepunkt, lavere ladehastighet og kapasitet grunnet kulde, og lignende. Selve den produktive delen der elektriske maskiner utfører arbeid, merkes det ingen endring i produktivitet. Dette understreker viktigheten av planleggingsfasen for prosjekter med utslippsfrie BA-plasser.

Kort oppsummert eksisterer det en del litteratur som kartlegger utslippsfrie bygge- og anleggsplasser og maskiner, og videre presenterer vi noen hovedfunn.

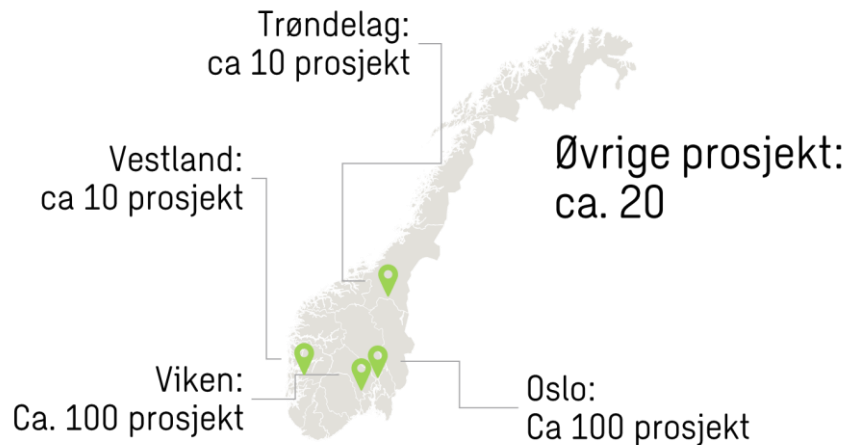
- Det er større utvalg av tilgjengelige maskiner desto mindre de er. Utvalget minker med størrelsen på maskinene og av de største maskinene (>23 tonn), er det et lite utvalg tilgjengelig i det norske markedet (per 2023). Av dumpere, hjullastere og gravemaskiner over 23 tonn var det per 2022 tilgjengelig ca. 12 maskiner i Norge.



- Oslo og Viken dominerer med antall prosjekter hvor det benyttes utslippsfrie maskiner. Før 2022 var det stort sett kun pilot-prosjekter hvor det ble etterspurt utslippsfrie anleggsmaskiner, og Oslo kommune etterspurte den første utslippsfrie byggeplassen i 2016. Siden 2016 har det vært en jevn utvikling i kommunen av utslippsfrie byggeprosjekt, og per 2022 var det minst 93 prosjekter under gjennomføring i Oslo med utslippsfrie maskiner. Ved utgangen av 2022 var det utført 256 offentlige byggeprosjekter med bruk av utslippsfrie maskiner, der Oslo og Viken dominerer med over 2/3 av prosjektene⁵ (se Figur 8).

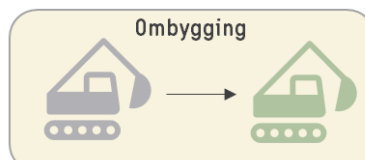
Figur 7 - Oversikt over sammenhengen mellom størrelse, antall tilgjengelige maskiner i markedet og kommersiell status (serieproduksjon/tidlig-fase).

- Flere rapporter konkluderer med at krav om utslippsfri andel er en drivende faktor for utslippsfrie BA-plasser, og den store overvekten av prosjekter i Oslo og omegn som har vært tidlig ute med å definere krav underbygger dette.



Figur 8 - Oversikt over prosjekter med utslippsfrie maskiner i Norge fordelt på fylke⁵.

- Det kreves et marked utenfor Norge for å få opp tilstrekkelig etterspørsel til at maskinprodusentene vil starte med serieproduksjon av store, utslippsfrie anleggsmaskiner. Serieproduksjon av mindre maskiner i små serier har startet.
- Norge er en ledende aktør når det kommer til utslippsfrie BA-plasser, og dette har dratt med seg lokal næringsutvikling i form av ombygging. Dette er eksemplifisert med Nasta som i dag er en av de største leverandørene på elektriske gravemaskiner til det norske markedet med sin ombygging av Hitachi-maskiner (Zeron) i ulike størrelsesorden.
- Det er et stort behov for en bredere kunnskapsarena for å spre og høste erfaringer fra gjennomførte prosjekter. Dette inkluderer praktiske og teknologiske utfordringer knyttet til utslippsfri drift, men også logistikk og planlegging av utslippsfrie BA-plasser.
- Gjennomgående trekkes logistikk og planlegging frem som hovedutfordringene knyttet til utslippsfrie BA-plasser. Dette understreker viktigheten av å tidlig gjøre beregninger for planlagt drift og effektbehov, og tidlig dialog med nettselskap for å sikre tilstrekkelig tilgang til infrastruktur.
- Maskinenes prestasjon er ikke identifisert som noen utfordring, og der litteraturen nevner maskinenes prestasjon er det pekt på at prestasjonen i aktiv drift er like god som for fossile maskiner. Som påpekt i forrige punkt er det rammene rundt maskinen knyttet til lading og planlegging hvor det merkes forskjell i prestasjonen.



Vi har identifisert et manglende litteraturgrunnlag som kartlegger levetidskostnadene til elektriske maskiner, og dialog med markedsaktører underbygger at det er stor usikkerhet knyttet til levetidskostnadene. Det fremstår som at fokuset i markedet i hovedsak er på investeringskostnadene til utslippsfrie maskiner og utstyr.

2.2 Elektriske maskiner

Dette delkapittelet gir en oversikt over teknologistatusen til elektriske maskiner og inkluderer hvilke maskiner og leverandører som finnes i dag. Videre gir kapittelet en oversikt over hvilken ytelse ulike typer maskiner har, samt en beskrivelse av batteriteknologi, og hvilke begrensninger i teknologi som foreligger i dag.

2.2.1 Utvalg og tilgjengelighet

Det finnes en rekke maskinprodusenter som er spesialisert på produksjon av maskiner og utstyr til byggebransjen. Av disse har noen av produsentene begynt med utslippsfrie varianter, mens noen av produsentene enda ikke har slike maskiner i sin portefølje. Det er stor variasjon i hvor bredt utvalg det er av utslippsfrie maskiner fra ulike produsenter. Under følger en liste med et utvalg europeiske produsenter som tilbyr utslippsfrie anleggsmaskiner:

- Volvo CE
- Wacker Neuson
- Pon Equipment/Caterpillar
- JCB
- Liebherr

Alle disse leverandørene har til felles at de har flere, ulike elektriske modeller i sitt sortiment, som spenner fra mindre maskiner til mellomstore og store maskiner. I tillegg finnes det en rekke leverandører av ulike typer anleggsmaskiner som har spesialisert seg på et spesifikt utvalg maskiner, som Avant og Schäffer som er spesialisert på hjullastere, Atlas Copco som er spesialisert på kompressorer, og Truxta som er spesialisert på dumpere. Alle disse leverer elektriske alternativer i sine sortimenter.

Det finnes også en rekke asiatiske maskinprodusenter som har markedsandeler innen utslippsfrie anleggsmaskiner, og blant dem finner man produsenter som:

- Develon
- Sany
- LiuGong
- Takeuchi
- Komatsu
- Hitachi
- XCMG
- Hyundai

For maskinkategorier hvor kommersiell produksjon av utslippsfrie maskiner ikke har startet, finnes det et utvalg aktører på markedet som tilpasser originale fossile maskiner til elektrisk drift. Flere ombyggingsaktører importerer maskiner uten drivlinje som bygges om med elektriske drivlinjer.

Blant disse aktørene er Nasta, Staad, Suncar og Green Machine. Nasta ombygger Hitachi-maskiner til batterielektrisk drivlinje, og tilbyr serien Zeron av ombyggede Hitachi-maskiner. Det er opplyst at disse i noen grad er tilpasset ombygging ved at de gjerne kommer med enkelte deler som er tilpasset elektrisk drivlinje, men at batteriet og en del øvrig av det elektriske må bygges inn. Nasta gjennomfører slik ombygging i Norge.

Suncar ombygger Takeuchi-maskiner og Green Machine ombygger fra flere ulike maskinprodusenter, deriblant både Hitachi og Takeuchi. Nederlandske Staad¹⁰ har ombygget Develon maskiner til de elektriske variantene DX300LC og DX355LC. Disse er store, batterielektriske gravemaskiner på henholdsvis 32 og 35 tonn. DX355LC Electric har to byttbare batterier på 400 kWh¹¹. Dette er den største, batterielektriske maskinen som gjennom kartleggingen har blitt identifisert. Nederlandske

¹⁰ Develon (u.å.). *Doosan Netherlands Dealer develops electric excavators*. Tilgjengelig på: <https://eu.develon-ce.com/en/news/2021-03-05-electric-excavator-netherlands> Hentet 22.05.2024.

¹¹ Staad (u.å.). *DX355LC Electric*. Tilgjengelig på: <https://www.staad-group.com/electric/electric-machines/dx355lc-electric/> Hentet 11.09.2024.

Staad har på lik linje med Nasta, Suncar og Green Machine også gjennomført ombygging på andre modeller fra Develon, og tilbyr større gravemaskiner, hjullastere og minigravere.

Den norske grossisten av Caterpillar, Pon, er også en av aktørene som har startet med et utvalg elektriske maskiner basert på ombygging av Caterpillar-maskiner med dieseldrivlinje. I serien Z-line av ombygde maskiner til elektrisk drivlinje finnes variantene 12, 25 og 34 tonns beltegravemaskiner. Det er videre oppgitt i intervjuer at Caterpillar har begynt med omstilling av sin produksjonslinje for utslippsfri drift, og at enkelte modeller kan leveres klargjort for elektrisk drivlinje, derav uten dieselmotor og med noe elektrisk utstyr installert. Innsetting av batteri og denne fasen av ombyggingen er opplyst å skje i Norge og i Nederland.

Tabell 2 gir en oversikt over ulike maskinleverandører, inkludert aktører som gjør ombygging av dieselmaskiner, og deres utvalg av elektriske maskiner. Merk her at ombyggede maskiner inkluderer maskiner som importeres uten dieseldrivlinje, og innbygges med elektrisk drivlinje (se definisjon i Kap 1.2). Tidligere ble det importert ferdige fossildrevne maskiner, med dieselmotor, som ble bygget om i Norge. Nå er det vanlig at maskinene kommer uten dieselmotor, og den elektriske drivlinjen installeres i Norge. Det nevnes også at konvertering/ombygging har vært populært fordi man kan da ta det i «mindre porsjoner» og tilby mer skreddersydde løsninger.

Der kan man observere at store, internasjonale, maskinprodusenter som Hyundai og Wacker Neuson, tilbyr i dag kun de letteste gravemaskinene (minigravere) i elektrisk utgave, og har ellers ikke elektriske modeller tilgjengelig. Andre store selskaper som Volvo CE og XCMG har store elektriske maskiner i sitt sortiment. Volvo CE sin tyngste elektriske maskin er 26 tonn, og basert på intervjuer i bransjen er denne ikke kommet til serieproduksjon. Det er videre opplyst at den kinesiske maskinprodusenten LiuGong er i gang med serieproduksjon av store maskiner (hjullaster og tippbiler), og at slike maskiner importeres til det norske markedet. Også Sany produserer store, elektriske tipptrucker. Det er ikke bekreftet av maskinprodusentene selv hvorvidt maskinene er i serieproduksjon.

Tabell 2 - Oversikt over et utvalg ulike leverandører og hvilke utslippsfrie maskiner de tilbyr. Oversikten er ikke komplett, men er ment å gi et inntrykk av utvalget av utslippsfrie anleggsmaskiner til et utvalg av store maskinprodusenter.

	< 8 tonn	8-23 tonn	> 23 tonn
Direkte fra produsent			
Volvo CE	Minigraver, hjullaster,	Gravemaskin, hjullaster	Gravemaskin
Wacker Neuson	Minigraver, hjullaster, vibroplate, dumper, tandemvals	-	-
JCB	Minigraver, dumper, aggregat	-	
Sany	Minigraver	-	Tipptruck
LiuGong		Hjullaster	Hjullaster, tipptruck
XCMG	Minigraver, teleskoptruck	Hjullaster	
Hyundai	Minigraver		
Ombyggingsaktører			
Nasta (Zeron)	Minigraver, tandemvals	Gravemaskin	Gravemaskin (kabel)
Staad (Develon)	Minigraver	Hjullaster	Gravemaskin
Green Machine	Minigraver	-	-
Suncar	Minigraver	Gravemaskin	
Pon Equipment		Gravemaskin	Gravemaskin

Som man observere i tabellen over, er det et overveiende utvalg av gravemaskiner under 8 tonn (minigraver) som er identifisert på markedet. Det er noen gravemaskiner både i mellomskjiktet og i den største vektclassen, men utvalget er mer begrenset. De største, batteridrevne maskinene er på 25-35

tonn. Nasta ombygger noen av de største elektriske gravemaskinene på markedet (38 og 52 tonn), som er kabelbasert. Generelt sett bygges de tyngste maskinene (>32 tonn) utslippsfritt i dag med kabel, med noen unntak av tilgjengelige batterielektriske modeller. Kabelbaserte maskiner har mindre fleksibilitet i bruk enn batteridrevne og derav et mer begrenset bruksområde. For å få en oversikt over ytelsen til ulike batterielektriske maskiner inkluderes informasjonstabellen, Tabell 3, med et utvalg av anleggsmaskiner i varierte vektklasser.

Tabell 3 – Informasjonstabell med ulike maskintyper som tilbys i ulike vektklasser, tilfeldig utvalg fra ulike maskinleverandører.

Maskintype	Modell	Vektklasse [tonn]	Vekt [kg]	Batteri-kapasitet [kWh]	Estimert driftstid [t]	Ladeteknologi	Maks ladeeffekt [kW]	Estimert ladetid (20-80%)
Gravemaskin	DX355LC Electric	> 23	35 500	800	12-15	CCS2	240	Batteribytte
Gravemaskin	Cat 320 Z-line	> 23	25 400	300	8	CCS2	150	Ca. 70 min
Gravemaskin	Cat 310 Z-line	8-23	12 000	150	8	CCS2	75	Ca. 70 min
Gravemaskin (minigraver)	Volvo EC18	< 8	2 000	20	6	CCS2	17	Ca. 40 min
Hjullaster	LiuGong 856HE Max+	> 20	20 611	423	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	300	Ca. 50 min
Hjullaster	Volvo L25	> 2	5 000	40	6	CCS2	22	Ca. 60 min
Hjullaster	Avant E513	< 2	1 500	27	3	CCS2	Ikke oppgitt	-
Dumper	Wacker Neuson DW15e		1 950	14	6	CCS2	Ikke oppgitt	-

Informasjonstabellen over viser et assortert utvalg elektriske maskiner i ulike vektklasser, og man kan observere at alle de største maskinene har en estimert driftstid på mellom 6-8 timer. For maskinene vil driftstid avhenge av hvordan maskinbruken er, og det legges til grunn at 6-8 timer er med «lett drift», og at driftstiden går ned ved reell anleggsbruk. Inntrykk fra markedsaktørene indikerer at det for aktiv bruk på BA-plass kreves en ladepause gjennom dagen. Man kan også observere at til tross for at maskinene har store variasjoner i batteristørrelse og i ladeeffekt, har de fleste mulighet til å lade opp fra 20-80% på rundt 1 time.

2.2.2 Begrensing i maskinutvalg

Basert på de markedsundersøkelsene som har vært gjort i dette prosjektet, sammen med markedsintervjuer, er det kommet fram hvilke maskiner som i dag er utfordrende å få tak i elektrifisert versjon. Tilbakemeldingene fra aktørene er at det har vært spesielt vanskelig å finne alternativer for utslippsfrie borerigger. Boring av geotermiske brønner er svært energikrevende. En aktør oppgir at de ikke har funnet borerigger med tilstrekkelig ytelse for å klare å bore energibrønner på 200-300 meter, noe som er standard dybder. Markedsundersøkelsen viser likevel at det finnes løsninger med såkalte DTH-borerigger¹². Denne teknikken benytter komprimert luft for å drive borhammeren og kan dermed bli drevet av en elektrisk kompressor.

Videre er det per i dag kun et begrenset antall store, elektriske gravemaskiner i det norske markedet, og økt pågang vil kunne skape utfordringer med tilgangen på de største, elektriske gravemaskinene. Av de aller største gravemaskinene (> 23 tonn), finnes det kun et lite utvalg tilgjengelige maskiner, som inkluderer ombyggede maskiner fra Nasta, Pon og Staad. Per juni 2024 finnes rundt ti slike tunge gravere i det norske markedet, som derfor begrenser tilgjengeligheten av disse dersom det løper større prosjekter med utslippsfri byggeplass parallelt. Med bakgrunn i opplysninger fra relevante markedsaktører, pekes det også på utfordringen om at det i dag er tidkrevende å få på plass nye,

¹² Wirecut Nordic (u.å.) Boring, DTH Boring. Tilgjengelig på: <https://www.wirecutnordic.com/nb/services-view/boring/>. Hentet 07.08.2024.

elektriske maskiner. Ettersom disse maskinene ombygges, kan det være en lang prosess fra maskinene importeres til de er klar for elektrisk bruk.

Videre er det gjennom markedsundersøkelse kommet frem at det mangler maskiner knyttet til veilegging, spesifikt store valser og asfaltutleggere. Denne maskingruppen er relativt liten i det norske markedet, og årlig blir det kjøpt inn rundt 40 asfaltutleggere basert på statistikk fra 2011-2024¹³. Det bidrar likevel til at det i dag vil være prosjekter som ikke er mulig å gjennomføre helt utslippsfritt, men som hovedregel vil det være knyttet til en liten andel av totale prosjektutslipp dersom det er knyttet til asfaltutlegging. For prosjekter som krever brønnboring vil mangelen på elektriske maskiner derimot ha store utfordringer knyttet til å oppnå utslippsfrie prosjekt, ettersom brønnboring er en energikrevende prosess og som gjerne står for en høy andel av energibruken i prosjekter¹⁴.

Kort oppsummert finnes det noen spesifikke maskinkategorier hvor det er utfordringer med elektriske maskiner. Dette gjelder spesifikke maskinkategorier, som borerigg, store valser og asfaltutleggere, men på generell basis også maskiner i den tyngste vektklassen (> 23 tonn). I denne vektklassen er gravemaskiner tilgjengelig som ombygget og kabelbasert, og det har kommet et lite utvalg av hjullastere i denne vektklassen. Det er i dag et bredt utvalg av maskiner tilgjengelig på markedet, men enkelte kategorier har mangelfullt utvalg, og i noen kategorier er det utfordringer knyttet til kvantum.

2.2.3 Batterier og batterielektrisk drivlinje

Batteriteknologien er per 2024 hovedsakelig basert på litium-ion-teknologi, med en variabel kjemisk kombinasjon av enten jernfosfat, nikkel, mangan, kobolt og aluminium. Nye batteriteknologier, som er mindre avhengige av sjeldne mineraler som kobolt og litium, er på vei, men er enda ikke kommersialisert. Batterier er altså i dag avhengig av kostbare materialer som er krevende å utvinne, og som finnes i begrensede mengder. Dette aspektet er med på å drive kostnaden oppover for alle typer batterielektriske teknologier, sammenliknet med dieseldrevne teknologier. Det driver også det iboende klimagassutslippet til batterier opp.

Batteriets levetid avhenger i noen grad av hvordan batteriet brukes. I dette prosjektet har det ikke vært undersøkt spesifikt for batterier tilpasset maskiner, men celleteknologien og de prinsippene som gjør seg gjeldende for maritime batterier, bilbatterier og mindre batterier.

Et batteri blir i større grad degradert dersom det brukes til maksimale yttergrenser, og derfor settes det ofte grenseverdier for hvor høyt batteriet skal lades opp, og hvor lavt det skal tillates at batteriet utlades. Hvor ladet batteriet er i forhold til sin kapasitet ved denne satte maksimale grensen, kalles *State of Charge* (SoC). I tillegg brukes begrepet *Depth of Discharge* (DoD) om hvor mye batteriet er utladet under denne grensen. *C-raten* er et mål på hvor raskt et batteri lades eller utlades relativt til sin kapasitet. Batteriene eldes av ladesykluser, og dybden på DoD samt C-raten har påvirkning på hvor stor degresjon som forventes ved hver syklus. Dess høyere C-rate og DoD, dess færre levetidssykluser forventes. I tillegg til elding basert på sykluser, eldes også batteri som funksjon av kalendertid. Begrepet *State of Health* (SoH) brukes gjerne for å indikere hvor stor degresjon batteriet har blitt utsatt for, uttrykt som prosent av gjenværende kapasitet sammenliknet med opprinnelig kapasitet i batteriet.

¹³ **Maskingrossistenes forening** (2024) *Anleggsmaskiner, Statistikk*. Tilgjengelig på: <https://mgf.no/medlemssider/anleggsmaskingruppen/statistikk-anleggsmaskiner>. Hentet 07.08.2024.

¹⁴ Erfaringsbaserte tall.



Figur 9 – Forenklet oversikt over batterikonsepter.

Ulike batterileverandører oppgir ulik sykluslevetid på sine batterier, men en typisk batterilevetid er rundt 3 000 sykluser. Dette oppgir også Develon at deres elektriske gravemaskin har som sykluslevetid, i tillegg til en oppgitt driftstid på en syklus på opptil 12 timer (fordelt på to batterier). Det kan dermed gjøres en antakelse om at driftstiden på en syklus er 8 driftstimer. Dette tilsvarer likevel en driftslevetid på 24 000 timer for batteriet. Elektromotorer er også anerkjent for å ha lenger levetid enn diesel drivlinjer, og det er ikke forventning om at den elektriske drivlinjen vil ha behov for utskiftning før batteriet. Til sammenlikning har erfaringsmessig dieselmotorer en oppgitt driftstid på mellom 8 000 – 12 000 timer. En batteridrevet drivlinje har dermed potensial for 2-3 ganger så lang levetid som en dieseldrevet drivlinje. Dette har stor betydning for restlevetiden til produktene ved investering, men basert på markedsdialog oppleves potensialet i annenhåndsmarkedet for usikkert.

Et aspekt som ikke er påpekt hverken i intervju eller spørreundersøkelse, men som er verdt å nevne, er eventuell påvirkning på prestasjon til batterier i kulde. Fra elektriske biler, lastebiler og busser har det blitt opparbeidet et bredt erfaringsgrunnlag med at batterikapasiteten blir betydelig svekket i vinterhalvåret og mer svekket desto lavere temperaturen er. Batterielektriske anleggsmaskiner vil også være påvirket av kulde. En maskin har kapasitet til å bære et helt annet batteri enn både biler, lastebiler og busser, og som beskrevet i dette kapittelet blir det etter erfaring fra reelle byggeprosjekter lagt inn ladepause i løpet av dagen. Batteriene er da muligens så store at ved lading til lunsj er ikke kuldeaspektet nødvendigvis en utfordring. Dersom batterikapasiteten er 50% til en vanlig lunsjladning, er dette lavt nok til at det kreves lading for resten av arbeidsdagen, men ikke lavt nok til at det ville vært en reell problemstilling med kulde og om batteriet var redusert med noen ytterligere prosent. Dette er ikke bekreftet av aktører, men kan være en forklaring på hvorfor kuldeaspektet ikke er avdekket som en utfordring av intervjuobjektene.

2.3 Elektrisk utstyr

I dette delkapittelet gis et bredt overblikk over tilgjengelig utstyr på markedet i dag, og i hvilken grad dette utstyret er utslippsfritt. Det er viet mest oppmerksomhet til de utstyrskategoriene som bidrar med høyt effektbehov eller stort energibehov. **Håndholdt utstyr er ikke inkludert da dette i stor grad allerede er elektrifisert, og har begrenset energibehov.**

2.3.1 Teknologistatus for elektrisk utstyr

Av utstyr kan kompressorer være av det mer energikrevende utstyret, avhengig av hvilken bruk den skal benyttes til. Det finnes kompressorer til en rekke ulike formål, og de kan brukes til mange forskjellige arbeidsoppgaver på en BA-plass. Oppgavene varierer ut ifra hvilke faser prosjektet er i. De

mest krevende jobbene for kompressorer er blant annet knyttet til fjellsikring, gjerdestolper og plugging i betong, noe som ofte finner sted i tidlige faser. Til disse jobbene kreves store, kraftige kompressorer med størrelser som varierer fra rundt 50 kW til 120 kW. For boring til energibrønner kan kompressorkapasiteten komme helt opp i rundt 500 kW. Kompressorer er i dag typisk fossile maskiner montert på tilhengere, men det finnes også elektriske alternativer. Øvrige, lettere oppgaver drives i dag stort sett ved hjelp av elektriske kompressorer, som for eksempel trykkdrevne spikerpistoler.

For de tyngre arbeidsoppgavene hvor det er nødvendig med høy kompressorkapasitet, vil kompressorene bidra til et høyt energiforbruk og bidra til å øke utfordringen med tilstrekkelig kapasitet. Boring er en energikrevende prosess og for et eksempel-prosjekt i Oslo vet man at elektrisk boring med kompressor utgjorde et behov for supplerende effekt på opptil 1 000 kW. Atlas Copco er en stor leverandør av kompressorer til byggebransjen, og leverer kompressorer i et stort spenn av kapasiteter, i tillegg til både fossildrevne og elektriske kompressorer. Kompressorer utgjør et stort volum av årlig innkjøpt utstyr, og sammenliknet med maskinparken hvor det er en årlig utskiftning på rundt 4 500 maskiner, var det bare i 2023 et nyinnkjøp på rundt 2 000 kompressorer. Det er ikke lyktes å finne statistikk på hvor mange av disse som var utslippsfrie, men flere av de store utleieaktørene har elektriske kompressorer i sitt sortiment. Det er likevel en tydelig trend for kompressorer som med maskiner at utvalget av elektriske varianter er størst for små kompressorer, og at utvalget minker for kompressorer med større kapasitet. Kaeser og Atlas Copco er to av leverandørene for elektriske kompressorer som er identifisert som tilbydere hos flere av utleieselskapene, og disse tilbyr også elektriske kompressorer med høy kapasitet (> 100 kW). Slike kompressorer er i liten grad tilgjengelig hos flere av de store utleieselskapene, både i fossil og elektrisk variant.

Som beskrevet innledningsvis, er vanlige tårnkraner en utstyrsvariant som i dag primært er drevet elektrisk. Tårnkraner er et svært vanlig utstyr på BA-plasser, og dagens BA-plasser er ofte rigget med et visst nivå av byggestrøm til å dekke tårnkraner, brakkerigger og eventuelt noe oppvarming. Tårnkraner finnes i et bredt spekter av størrelser og varianter, men i forhold til sin størrelse har tårnkraner et noe begrenset effektbehov. Store tårnkraner har gjerne et effektbehov på rundt 150 kW, men bruker erfaringsmessig sjelden sin maksimale effekt. Der det ikke er mulig med elektrisk tilkobling, benytter tårnkraner og øvrig elektrisk utstyr elektrisk energiforsyning gjennom aggregat. Tårnkraner finnes i både stasjonær og mobil variant, begge vanligvis elektrisk drevet. For de største beltekranene er ikke elektrifiseringen kommet like langt, men i 2021 ble verdens første helelektriske beltegående mobilkran lansert av Liebherr. Denne har kapasitet til å løfte hele 250 tonn. Kranen har mulighet til å gå både med og uten kabel, og har tilstrekkelig batteripakke til å gå i ca. 4 timer uten lading¹⁵.

For spesifikt utstyr som kompressorer med høy kapasitet og annet høykapasitetsutstyr, er det forventet at den største utfordringen er knyttet til å sikre tilstrekkelig effekt for utslippsfritt anleggsutstyr, og det er dermed infrastruktur heller enn selve utstyrsteknologien som primært sett er begrensningen.

2.3.2 Byggvarme- og tørk

En stor, energikrevende jobb på en BA-plass er byggvarme og byggtørking. Dette er en prosess med ulike tekniske løsninger, der alle har som mål å tørke bygningsmassen innvendig, eller holde BA-plassen ved tilstrekkelig temperatur for å eksempelvis hindre frost. Man kan for eksempel tilføre varme fra ulike varmekilder som stråleovner, varmepumper eller fjernvarme, eller man kan bruke en avfukter til å tilføre tørr luft. Det finnes en rekke utslippsfrie alternativer for byggtørk, og markedet fremstår som modent på dette området. En av utfordringene er at selv om selve utstyret for tørking er elektrisk, er det ikke nødvendigvis tilkoblet elektrisitet fra nettet. I mange tilfeller er det vanlig å bruke dieselaggregat eller HVO-drevne aggregater for å sikre elektrisk strømforsyning til oppvarmingskilder, som dermed gjør den elektriske oppvarmingen utslippsintensiv. Selv om utslippsfri teknologi finnes på markedet, så er elektrisk oppvarming og tørking svært effektkrevende oppgaver. Begrensninger i kapasiteten til nettilknytning kan dermed også være en barriere.

¹⁵ Kynningsrud (12.2020). *Verdens første elektriske beltekran*. Tilgjengelig på: <https://www.kynningsrud.no/verdens-forste-elektriske-beltekran/> Hentet 08.08.2024.

På urbane BA-plasser og områder hvor det er tilkoblingsplikt til fjernvarme, er dette vanlig å koble på som oppvarmingskilde også under bygging. Fjernvarme kan også brukes til betongtørk. Ifølge Statkraft Varme sin nye veileder, «Fjernvarme til byggvarme og byggtørk»¹⁶, krever betongherding et effektbehov på 600 W/m², fasadeoppvarming krever 50-300 W/m² og innvendig oppvarming og tørking 50-100 W/m². Varme- og tørkebehovet på en BA-plass er dermed høyt, og krever samlet sett stor effekt i en byggeprosess. Veilederen sier videre at det frem til nå har vært vanlig å bruke fjernvarme som byggvarme i næringsbygg, men at man nå også ser at det i større grad brukes fjernvarme i kombinasjon med andre varmekilder for byggtørk også i leilighetsbygg. Fjernvarme vil være uaktuelt der denne infrastrukturen ikke er tilgjengelig i nærheten til BA-plassen. For aggregater finnes det også en utslippsfri løsning med hydrogen, se kapittel 2.4.

Samlet sett fremstår markedet som moden for en fullstendig overgang til utslippsfrie metoder for byggvarme og byggtørk, men det krever at det sikres ren elektrisitetstilførsel i prosjekter hvor man bruker elektrisk oppvarming og tørk. Ettersom dette er effektkrevende utstyr, kan det dermed utløse behov for supplerende energiforsyning, for eksempel ved stasjonære batterier.

De fleste BA-plasser har tilhørende brakkerigger som brukes i alle byggefaser. Dette henger sammen med arbeidstilsynets krav til spiserom og pauserom på arbeidsplassen. Antall brakker varierer med størrelsen på BA-plassen og antall arbeidere tilknyttet denne. Hver brakke har en dimensjonerende last på typisk 2-3 kW¹⁷. Ved større BA-plasser der man gjerne har over 50 brakker i en brakkerigg, så kan effektbehovet bli betydelig. Det har i de siste årene blitt satt et søkelys på å også redusere effektbehovet fra brakkeriggene. En av de mest vanlige implementerte løsningene er å installere solceller på taket. Dette er et tiltak som vil redusere totalt energiforbruk betydelig sett over en periode på et år, men energiproduksjonen er variabel og sesongstyrt. Andre tiltak handler om å få ned selve forbruket av energi, nemlig smart energistyring. Det har i de siste årene vokst frem flere ulike plattformsløsninger som hovedsakelig baserer seg på adgangskontroll for å sørge for at forbruket i brakkeriggen holdes nede. Det handler hovedsakelig om å optimalisere varmestyring i brakkeriggene ut ifra tilstedeværelsen på arbeidsplassen. Se mer om energistyring i 2.5.3 Der hvor det er fjernvarme tilgjengelig, kan også brakkerigger kobles på fjernvarmenettet for å sikre oppvarming.

Samlet sett fremstår markedet som modent for en fullstendig overgang til utslippsfrie metoder for byggvarme og byggtørk, men det krever at det sikres ren elektrisitetstilførsel i prosjekter hvor man bruker elektrisk oppvarming og tørk. Ettersom dette er effektkrevende utstyr, kan det dermed utløse behov for supplerende energiforsyning, for eksempel ved stasjonære batterier.

2.4 Hydrogenbaserte maskiner og utstyr

Det finnes en del enkeltstående piloter og prototyper av ulike maskiner, og dette gjelder både batterielektriske og hydrogenelektriske maskiner. Hydrogenbaserte maskiner er et komplementerende alternativ til batterielektriske maskiner, men er i dag i stor grad i tidlig utviklingsfase, og det er ikke et kommersielt tilgjengelig tilbud knyttet til hydrogenbaserte maskiner. Det finnes prototyper på markedet og flere aktører har hydrogenelektriske maskiner som en del av sin satsning.

¹⁶ Statkraft Varme AS (2024) *Fjernvarme til byggvarme og byggtørk*. Tilgjengelig på: <https://www.statkraftvarme.no/globalassets/nocrawlingfolder/statkraftvarme/utbygging/veiledere/byggvarme-v1.4.pdf>. Hentet 05.09.2025.

¹⁷ Sweco (2024) *Dagens effektbehov på bygge- og anleggsplasser: Tøyenbadet* (s. 30). Tilgjengelig på: <https://www.klimaoslo.no/rapport/dagens-effektbehov-pa-bygge-og-anleggsplasser/>. Hentet 15.08.2024.

Spesielt stort fokus er det på hydrogenbaserte aggregater, og det finnes flere aktører som i dag tilbyr hydrogenbaserte aggregat. Disse aggregatene kan være en nøkkel til utslippsfrie prosjekter der strømtilgangen er svært begrenset, og effektbehovet er høyt. I tilfeller hvor det vil være store utfordringer med å få ladet batterier tilstrekkelig for å kunne basere en utslippsfri BA-plass kun på batteri, kan et hydrogenbasert aggregat være en hensiktsmessig løsning.

Norske Napop tilbyr hydrogenbaserte aggregater som er spesialtilpasset for bruk i byggebransjen. De har hatt en pilot i drift på en stor byggeplass i regi av Oslo kommune, som har fungert som en demonstrasjonsplass for bruk av en slik løsning. På demonstrasjonsplassen i Oslo var det i bruk både hydrogenaggregat, batteri og mobile ladeløsninger i en samlet løsning, sammen med elektriske maskiner¹⁸. Statens vegvesen har også tatt i bruk Napops løsning på et veiprojekt i Gran, for å



Figur 10 - Illustrasjon av battericontainer og mobil ladecontainer til pilotprosjektet for Napops hydrogenaggregat. Batteriet blir forsynt av strøm fra hydrogenaggregatet (som står et stykke unna). Bilde er hentet fra Hafslund mobile energiløsninger (<https://www.hafslundmobileenergi.no/utslippsfri-anleggsplass/>)

demonstrere bruk av slik teknologi til områder hvor det er begrenset med strøm¹⁹. Flere store internasjonale aktører som tilbyr elektrolysører, tilbyr også hydrogenaggregater, som Teco2030 og Plug Power. Store maskinaktører som Caterpillar tilbyr også hydrogenbaserte aggregater.

JCB er en av de store maskinprodusentene som har kommet langt i testingen av hydrogenelektriske maskiner. JCB tilbyr hydrogenaggregat (med hydrogen forbrenningsmotor), og har også en prototype av en 20-tonns gravemaskin²⁰. Både Komatsu og Liebherr har en gravemaskin i medium-størrelse på testing på konseptnivå med bruk av henholdsvis brenselceller og hydrogen-basert forbrenningsmotor^{21,22}. Volvo Construction Equipment har også en prototype av en hydrogenelektrisk dumper, og har etablert testlab for brenselceller^{23,24}. Videre har Volvo også i sin utviklingsbane at hydrogenbaserte maskiner vil ha en plass innen anleggsmaskiner.

Det finnes også en ombyggingsaktør som jobber utelukkende med ombygging til hydrogenbaserte maskiner, Applied Hydrogen. Aktøren har en 30-tonns gravemaskin under utvikling som prototype.

Basert på undersøkelser i markedet er hydrogenbaserte anleggsmaskiner i en betydelig mer umoden, teknologisk fase enn elektriske maskiner. De er under utvikling hos mange aktører, men det er kun identifisert prototyper i markedet. Hydrogen er per 2024 også i norsk sammenheng i en umoden kommersiell fase, og det er mangel både på produsenter av grønt hydrogen og fylleinfrastruktur.

¹⁸ **Tungt.no** (15.09.2022) *Første anleggsplass på hydrogen*. Tilgjengelig på: https://www.tungt.no/article/view/867368/forste_anleggsplass_pa_hydrogen. Hentet 25.06.2024.

¹⁹ **Statens Vegvesen** (19.12.2023). *Vil sette norsk rekord i elektrisk vegbygging*. Tilgjengelig på: <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/riksveg/rv4hadeland/nyhetsarkiv/vil-sette-norsk-rekord-i-elektrisk-vegbygging/> Hentet 25.06.2024.

²⁰ **JCB** (01.07.2020). *JCB leads the way with the first hydrogen fuelled excavator*. Tilgjengelig på: <https://www.jcb.com/en-gb/news/2020/07/jcb-leads-the-way-with-first-hydrogen-fuelled-excavator>. Hentet 25.06.2024.

²¹ **Liebherr** (23.10.2022). *World premiere: Liebherr debuts crawler excavator with a hydrogen engine*. Tilgjengelig på: <https://www.liebherr.com/en/ind/latest-news/news-press-releases/detail/world-premiere-liebherr-debuts-crawler-excavator-with-a-hydrogen-engine.html> Hentet 25.06.2024.

²² **Komatsu** (12.05.2023) *Komatsu develops medium-sized hydraulic excavator concept machine with a hydrogen fuel cell*. Tilgjengelig på: <https://www.komatsu.com/en/newsroom/2023/hydraulic-excavator-concept-with-hydrogen-fuel-cell/> Hentet 25.06.2024.

²³ **Hydrogen24** (23.06.2022) *Her er Volvos nye hydrogendrevne dumper*. Tilgjengelig på: <https://hydrogen24.no/2022/06/23/4441/>. Hentet 25.06.2024.

²⁴ **AT.no** (21.06.2021) *Volvo CE lanserer testlab for hydrogen brenselceller*. Tilgjengelig på: <https://www.at.no/anlegg/volvo-ce-lanserer-testlab-for-hydrogen-brenselceller/577767> Hentet 25.06.2024.

Generelt sett er både teknologien og potensiale for praktisk bruk på et umodent stadium, men har et stort potensial når både teknologi og markedssituasjon blir mer modent.

Det finnes løsninger på markedet som gjør at dersom teknologien i større grad blir tilgjengelig, har både infrastruktur og logistikk-løsninger potensiale til å komme på plass hurtig. Aktører som Hystrach, UMOE og Hexagon leverer mobile containerløsninger med hydrogen. Det er i rapporten ikke avdekket at disse er utviklet spesielt med hensyn på utslippsfrie BA-plasser, men de er mobile og har stor lagringskapasitet, og kan transporteres dit det er behov for hydrogen.

Kort oppsummert er hydrogenbaserte maskiner og utstyr i en tidlig utviklingsfase, og hydrogenaggregater som utstyr til byggeplass har blitt testet i pilotprosjekter og fremstår tilgjengelig for videre bruk i BA-prosjekter. Øvrige hydrogenbaserte maskiner er i en tidlig testfase, både hos store internasjonale maskinprodusenter, men også hos ombyggingsaktører.

2.5 Infrastruktur

Infrastrukturen er en barriere knyttet til utslippsfrie BA-plasser. Infrastrukturen innebærer nødvendige aspekter som **kraftnett, overføringskapasitet i kraftnettet, tilgjengelig effekt og trafostasjoner**. Dersom det ikke er tilstrekkelig nett eller nettkapasitet i et område, kan infrastruktur utvides til å **inkludere stasjonære batterier og mobile ladestasjoner**. Påkrevd infrastruktur kan medføre store merkostnader i et prosjekt dersom det må sikres tilstrekkelig effekt gjennom annen strømforsyning enn kraftnettet. Tilstrekkelig kapasitet i kraftnettet er en lokal utfordring med store variasjoner fra lokasjon til lokasjon, og i enkelte områder kan det også være mangel på infrastruktur.

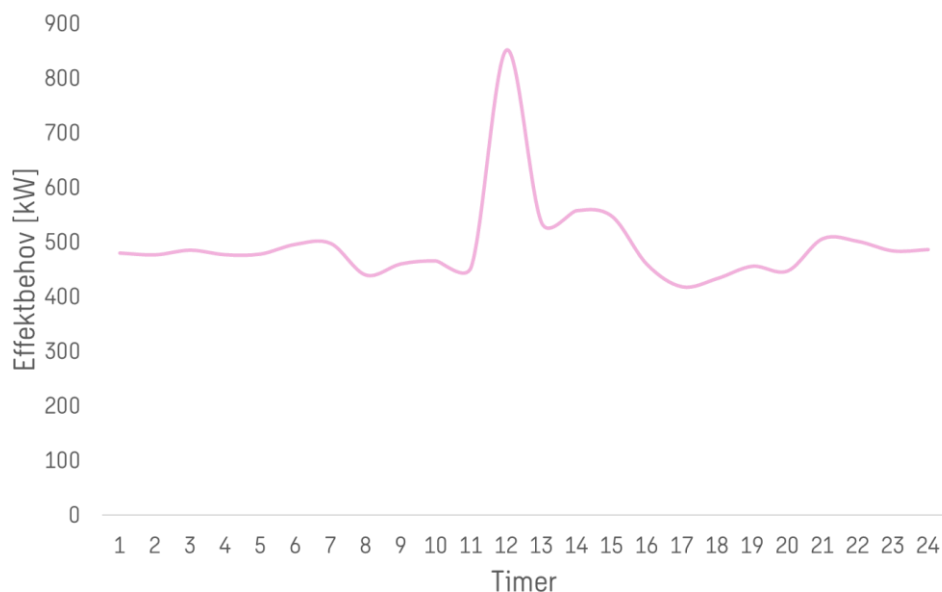
Infrastrukturen er derfor en viktig faktor knyttet til utslippsfrie BA-plasser, som kan bidra til å øke det totale kostnadsbildet. Som beskrevet videre i kapittel 2.5.3, er derimot teknologi for mer avansert energistyring i ferd med å innta markedet, og slik teknologi kan bidra til å motvirke effekttoppene som en utslippsfri BA-plass kan utløse. Det er også flere tiltak som kan gjøres gjennom god og tilrettelagt planlegging av utslippsfrie BA-plasser, som kan redusere effekttoppene i prosjektene.

2.5.1 Nettilknytning og effekt

Også i tradisjonelle byggeprosjekter er det vanlig å koble seg til strømmettet og sikre strømforsyning, som omtales som *byggestrøm*. Som beskrevet i kapittel 1.2, er det allerede noe av energiforbruket til en BA-plass som er vanlig å drifte elektrisk, som tårnkraner og brakkerigger.

Dette behovet er likevel betydelig lavere enn det behovet som kreves dersom det skal etableres hurtiglading av store anleggsmaskiner. Utslippsfrie BA-plasser krever dermed et høyere effektbehov enn det som er normalt på tradisjonelle BA-plasser med majoritetsandel av fossile maskiner. En utslippsfri BA-plass vil ikke bare kreve mer kapasitet til å dekke grunnlasten som følge av elektrisk oppvarming, tårnkraner og andre kabeldrevne maskiner, men infrastrukturen må også kunne håndtere de høye effekttoppene som inntreffer som følge av hurtiglading av batterielektriske maskiner eller høye effekttopper for energiintensive maskiner og utstyr.

Tradisjonelt sett ser vi at disse batterielektriske maskinene må lade mellom 30 og 60 minutter i lunsjen for at man skal ha nok kapasitet til å fullføre arbeidsdagen, før man kan sakte-lade over natten. Figur 11 viser et typisk eksempel på hvordan effektbehovet for en utslippsfri BA-plass kan se ut i løpet av et døgn med lading i lunsjen.



Figur 11 - Typisk effektbehov gjennom døgnet for en utslippsfri BA-plass med hurtiglading av maskiner i lunsjen.

Man kan dele utfordringen med hurtiglading av anleggsmaskiner opp i to hoveddeler; at maskinen sin maksimale ladeeffekt er for lav slik at nødvendig ladeperiode blir for lang, eller at det ikke er

tilstrekkelig kapasitet i strømmettet til å levere maksimal ladeeffekt til maskinene. **Gjennom intervjuer med de ulike aktørene konstateres det at det hovedsakelig er tilgang på effekt fra strømmettet som er begrensningen.** Dette tyder på at batteriteknologien i dag har kommet så langt at det ikke er en barriere at maskinene må lade i de typiske 30-60 minuttene i løpet av arbeidsdagen. Dette gir i mange tilfeller nok energi til å fullføre arbeidsdagen, og man kan så normallade maskinen over natten, slik at den er klar for en ny arbeidsdag.

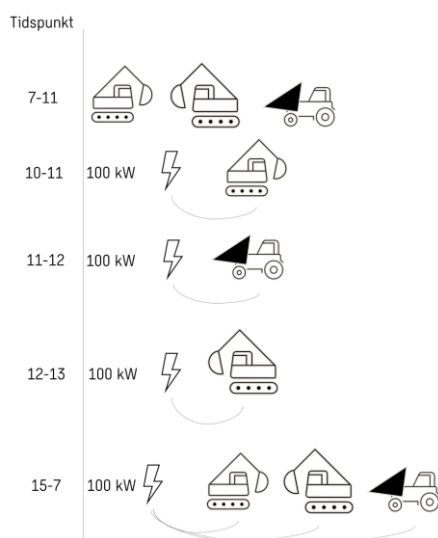
Logistikken viser altså at i normale tilfeller med ett skift per dag, så klarer man å opprettholde en relativt normal brukstid med utslippsfrie maskiner. Utfordringen blir naturligvis om det er snakk om flere skift per dag. Dersom en utslippsfri maskin skal brukes til flere skift, så vil brukstid bli redusert til sammenligning med fossile maskiner, som en konsekvens av ekstra ladebehov.

I andre markeder som tungtransport eller persontransport, ser vi også at såkalte Megawatt Charging Systems (MCS) er på vei inn i markedet.

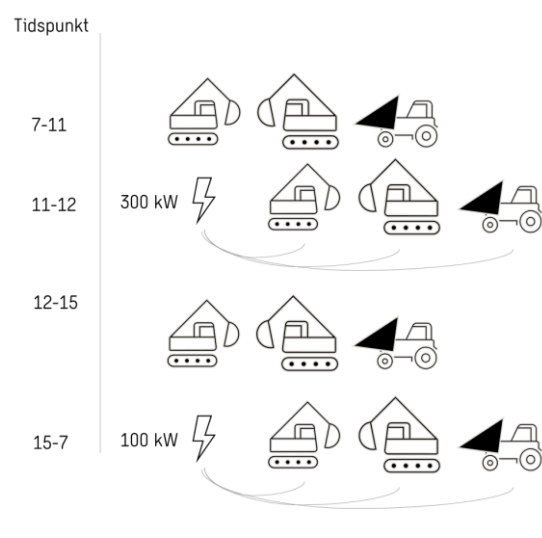
Det forventes at man vil se tilsvarende utvikling også når det gjelder elektriske maskiner. Effekttilgang i strømmettet er en barriere som forventes å være av høy viktighet fremover. I tilfellet vist i Figur 11 over, må infrastrukturen dimensjoneres til å håndtere den høye effekttoppen som utløses ved hurtiglading i lunsjen. Jo flere batterielektriske maskiner som brukes i prosjektet og som skal lades samtidig i lunsjen, jo høyere effekt blir dimensjonerende for infrastrukturen. Dette kan i mange tilfeller bli svært kostbart, og det vil være gunstig å vurdere tiltak som kan redusere effekttoppen. Lokale forhold avgjør også i stor grad tilgjengelig effekt, og i mange områder er det i dag begrenset tilgjengelig effekt.

For optimal utnyttelse av tilgjengelig strømkapasitet kunne det redusert belastningen på strømmettet dersom ladepausene hadde vært gjennomført til ulike tidspunkter i løpet av dagen for ulike maskiner. Da kan man redusere det samtidige effektbehovet, og dermed det maksimale effektbehovet. En enkel illustrasjon av de to ulike lademodellene er vist i Figur 12. Dette er et ganske åpenbart tiltak for å redusere effekttopper, men som erfaringsmessig har vist seg å ikke bli etterfulgt.

Scenario 1



Scenario 2



Figur 12 - Oversikt over to ulike scenarier for utslippsfri drift på byggeplass. I scenario 1 er ladelogistikken godt planlagt, og man kan redusere effektbehovet. I scenario 2 er ladelogistikk i liten grad planlagt, og det er lagt opp til felles lading i lunsjen.

Å løse ladelogistikken på denne måten kan bidra til å redusere prisen for den supplerende

infrastrukturen (batteri og lader), og dermed også kostnaden for slik infrastruktur. Kunnskap om planlegging og logistikk rundt utslippsfri byggeplass er dermed en viktig faktor for å drive kostnadsbildet ned for utslippsfri byggeplass.

En av de største maskinene på markedet er den elektriske gravemaskinen Develon DX355LC. Denne maskinen har to batterimoduler med samlet kapasitet på 800 kWh, og maksimal ladeeffekt er på 240 kW. For denne maskinen reklamerer det for at man har en driftstid på 12 timer med normal bruk²⁵. Dette viser at for enkelte maskiner, så er ytelsen så god med dagens teknologi at man kan klare å gjennomføre en hel arbeidsdag uten å måtte hurtiglade i lunsjen, som er normalen i dag. I tillegg er dette systemet modulbasert, og man kan drifte maskinen på én modul mens man lader den andre. En slik batteribyttesløsning vil kreve spesialtilpasset ladeinfrastruktur, men vil til gjengjeld redusere effektbehovet betydelig. Dette viser at behovet og krav til utforming for infrastruktur er i stadig endring, og vil også fortsette å endre seg i årene som kommer.

Dersom det ikke er tilstrekkelig tilgang på effekt i strømmettet for effekttoppene som er beregnet for lading, må det suppleres med energilagring for å oppnå utslippsfri BA-plass. Dette kan løses ved å etablere stasjonære batterier, og i noen tilfeller aggregater. Dette kan være kostbare tiltak, og flere aktører forteller å ha opplevd dette som en uforutsett kostnad i prosjektet. Det er dermed ekstra viktig at ladelogistikken i utslippsfrie BA-plasser planlegges godt. Batterier for utslippsfri BA-plass beskrives videre i kapittel 2.5.2.

2.5.2 Battericontainere og ladeløsninger

Ved byggeplasser der tilgjengelig effekt fra strømmettet ikke er nok til å forsyne det samlede behovet når det kommer til ordinært behov, samt behovet for lading, kan man ty til mobile løsninger i form av batterier. For å kartlegge om dette er nødvendig er det flere bedrifter som leverer rådgivningstjenester som kartlegger strømtilgangen og om det er nødvendig med mer effekt. De samme bedriftene tilbyr også ofte selve batteriløsningene, og disse bedriftene vil videre omtales som energitjenesteleverandører. Et utvalg av disse bedriftene er presentert i Tabell 4.

Tabell 4 – Oversikt over et utvalg av energitjenesteleverandører.

Rådgiver	Hafslund mobile energiløsninger	Eviny mobil energi	Nettpartner	Skagerak Mobil Energi	Aneo Build
Tjeneste	Planlegging før bygging, med bla effektberegning, søknader, løsninger for lading.	Planlegging før bygging, med bla effektberegning, søknader, løsninger for lading.	Leverer provisoriske strømanlegg til BA-plass, men tilbyr også rådgivning og prosjektering.	Veiledning i forbindelse med gjennomføring av utslippsfri BA-plass	Planlegging før bygging, med bla effektberegning, søknader, løsninger for lading.
Leverer batteri/ ladeløsning i tillegg	Ja, leverer flere lade og batteriløsninger	Ja, leverer flere lade og batteriløsninger	Ja, gjennom samarbeid med Ramirent	Ja, leverer flere lade og batteriløsninger	Ja, leverer flere lade og batteriløsninger

De mobile batteri- og ladeløsningene kan enten lades fra nettet mens de står på BA-plassen, eller lades med et hydrogenaggregat som genererer strøm på stedet. Deretter kan strømmen lagret på batteriet utnyttes til lading. Dette gjøres enten fra innebygde uttak direkte fra batteriet eller ved å forsyne eksterne ladere. Det store flertallet benytter CCS eller CCS2-uttak. I tillegg kan mange maskiner lade over natten med standard CEE-uttak. Noen av de mindre batteriene med innebygde ladere kan fraktes til maskinene for lading, men det vanligste er at maskinene må transportere seg dit batteri og/eller ladeløsning befinner seg. De minste batteriene er typisk integrert på tilhengere og har

²⁵ **Staad** (u.å.) Produktblad for Develon DX355LC Electric gravemaskin. Tilgjengelig på: https://www.staad-group.com/media/do0l3ukw/brochure-dx355_en_2024-q1-web.pdf Hentet 11.09.2024.

lagringskapasitet rundt 200 kWh med en ladeeffekt på 150 kW. Fordelene med disse er blant annet at de lett kan flyttes til der maskinene trenger å lade og de kan også flyttes for å lades opp fra hurtigladerne andre steder enn på byggeplassen. Vi har likevel gjennom markedet erfart at det ikke alltid er like enkelt å flytte komponenter fra A til B på en BA-plass, og selve logistikken rundt flytting av batterier og/eller ladere kan by på utfordringer.

Om man trenger mer kapasitet finnes det battericontainere på 10 og 20 fot, som i all hovedsak er stasjonære på byggeplassen. Disse har typisk en ladeeffekt på 1 MW og en energimengde på 12 MWh. Battericontainere kan enten forsyne maskinene som skal lades direkte fra CCS-utganger integrert i containeren eller forsyne eksterne hurtigladerne med strøm. Både løsningene for tilhenger og containere kan lades med industrikontrakt og kan dermed lades fra et byggestrømskap uten at man må tilrettelegge for noe egen ladeinfrastruktur for å lade batteriet.



Figur 13 - Viser et batteri, en batteritilhenger og et kombinert batteri og ladecontainer fra henholdsvis Eaton, Hafslund Mobile og Aneo Build.

Tabell 7 viser et utvalg av hurtigladeløsninger, batterihengerløsninger og batteriløsninger fra et assortert utvalg leverandører. Dette viser et komplekst, og til dels uoversiktlig marked, når det kommer til energiinfrastruktur til BA-plass. De fleste av energitjenesteleverandørene er med å utvikle teknologien de tilbyr i noen grad, enten om det er i form av energistyringssystem eller ved å selv sette sammen teknologien til enten lade- eller batteriløsninger. Noen av leverandørene har også flere roller i markedet, som for eksempel Kverneland Energi. Kverneland energi tilbyr hurtigladerne og mobile energilager som de selv er delaktig i utviklingen av teknologien til, og er i større grad en teknologileverandør enn de andre energitjenesteleverandørene som vist i Tabell 4. Men Kverneland tilbyr også noen av de samme tjenestene som energitjenesteleverandørene, og er med på å skreddersy løsninger tilpasset til utslippsfri BA-plass. Kverneland tilbyr energitjenester både gjennom seg selv som leverandør, men også gjennom Skagerak Energi og Hafslund mobil energi.

De øvrige energitjenesteleverandørene, som Hafslund mobile energiløsninger, Skagerak Mobil Energi og Nettpartner, tilbyr utelukkende teknologi utviklet av andre, men utvikler i mange tilfeller energistyringen selv. For enkelte av aktørene, som Eviny mobil energi og Aneo Build, er det mer uklart hvor stor del av teknologien aktørene selv er med på å utvikle, og hvor stor andel av teknologien som er helt ferdig innkjøpt. For eksempel tilbyr Aneo Build en ladehenger hvor teknologileverandør ikke er presisert, men som har de samme spesifikasjonene som ladehengeren Thor v1 til Kverneland Energi, og det kan antas at det er denne teknologien Aneo Build tilbyr.

Tabell 5 - Hurtigladerløsning med tilhørende leverandør, tilbyder, produktnavn og ladekapasitet.

Hurtigladerløsninger

Teknologi-leverandør	Kverneland energi	Atlas Copco	Kempower	Delta	Ayond
Tilbyder	Hafslund mobil energi	Hafslund mobil energi	Hafslund mobil energi	Eviny Mobil energi/Ramirent	Eviny mobil energi
Produktnavn	Mjølnir	Z charger	Movable charger	Ultra fast charger	420 kW lader
Ladekapasitet	1x360 kW/ 2x180 kW	1x150 kW/ 2x80 kW	1x40 kW/ 2x20 kW	1x200 kW/ 2x100 kW	1x420kW/ 2x200 kW?

Tabell 6 - Hengerløsning med tilhørende tilbyder, leverandør, produktnavn, ladekapasitet og energilager.

Hengerløsninger

Tilbyder	Hafslund mobile energiløsninger, Skagerak Mobil Energi, Aneo Build		Hafslund mobile energiløsninger	
Leverandør	Kverneland energi		Kverneland Energi	Kverneland energi
Produktnavn	Thor v1		Thor v2	Thor v3
Ladekapasitet	1x150 kW/ 1x240 kW		1x360 kW/ 2x180 kW	1x360 kW/ 2x180 kW
Energilager	192 kWh		192 kWh	291 kWh

Tabell 7 - Batteriløsninger med tilhørende leverandør, tilbyder, produktnavn, energilager og effekter.

Batteriløsninger

Batteri-leverandør	Northvolt	Ukjent	Atlas Copco	Ukjent	Kverneland Energi
Tilbyder	Eviny mobil energi	Eviny mobil energi	Hafslund mobile energiløsninger	Aneo Build	Skagerak mobil energi
Produktnavn	Voltpack Mobile	Ukjent	ZBC 500-250	Ukjent	Ukjent
Energilager	281 kWh per batteripakke. Opp til 5 batteripakker - 1405 kWh	375 kWh	520 kWh	390-580 kWh	Ukjent
Effekt	225 kW	500 kW	250 kW	150-300 kW	360 kW

Som tidligere nevnt er ofte tilfelle for energitjenesteaktørene at det er samme leverandører som leverer både utstyr og tjenester for planlegging av utslippsfri byggeplass. Dette er i utgangspunktet en noe uheldig kombinasjon, ettersom energitjenesteaktørene har doble interesser knyttet til planlegging av byggeplass; de vil både tjene på planleggingen, men også tjene på utleie av infrastrukturen til byggeplassen. Entreprenørene eller byggherre kan også gjøre planleggingen i forkant av utslippsfri byggeplass selv, men gjennom intervjuer har det kommet fram at manglende kompetanse på slik planlegging er en barriere for utslippsfrie byggeplasser. Å sette denne jobben over til energitjenesteleverandørene er dermed en måte å løse kompetansegapet som eventuelt finnes for tilrettelegging av utslippsfri byggeplass, men skaper en potensiell barriere for optimal planlegging. At byggherrer og/eller entreprenørene øker sin kompetanse for planlegging av utslippsfri byggeplass vil

dermed kunne være en markedsforløsende faktor. Det vil kunne bidra til bedre tilrettelagte løsninger som samtidig kan holde kostnadsnivået nede.

Et annet aspekt av de nye forretningsmodellene som vokser frem er at samarbeid mellom aktører som leverer rådgivningstjenester, styringssystemer og hardvare, som batterier og ladere, blir stadig mer komplekst. Det er lite gjennomsiktighet når det kommer til hvem som har levert hva av utstyr. Det samme batteriet kan bli tilbudt av både *Hafslund mobile energiløsninger* og *Skagerak Mobil Energi* med forskjellige logoer på. Dette gir inntrykk av at det er mer mangfold av leverandører enn det faktisk er. Det kan derfor være vanskelig for entreprenører og aktører å holde oversikt over hvem det faktisk er som er leverandøren av de ulike tjenestene.

Det er derimot ikke gitt at dette er et problem for entreprenørene i praksis da de forholder seg til den aktøren de har leid infrastrukturen av, men det gir et bilde av en uoversiktlig markedsituasjon for energiinfrastruktur. De ulike aktørene har også ulik grad av involvering i teknologiutviklingen ettersom noen aktører bestiller helt nøkkelferdig teknologi og setter sin logo på, mens andre er med på å sammenstille teknologien til nye systemer. Det er også ulik grad av involvering i utvikling av energistyringssystem for energiinfrastrukturen fra de ulike energitjenesteleverandørene, men alle leverandørene har til felles at batteri og lading blir levert med energistyringssystem. Som utdypes nærmere i kapittel 2.5.3 er det derimot en utfordring at det er få tilbydere av helhetlig energistyring på markedet.

Da dette er et nytt marked, er de fleste spesialiserte aktørene innenfor rådgivning og utleie til utslippsfrie bygg- og anleggsplasser relativt nye markedsaktører og har inntil nylig vært små deler av moderselskapene sine. De har enten utviklet seg fra fagmiljøer som Nettpartner, som tradisjonelt har hatt en rådgivende rolle når det kommer til byggestrøm og utleie av trafoer og byggestrømsskap. Eller de har blitt etablert av energiselskap som Hafslund og Eviny, som har sett et marked for rådgivning og utleie av energiløsninger som ladere og batterier. Det at ulike aktører satser på dette feltet tyder på at det er tiltro til at dette markedet vil vokse.

Noen entreprenører rigger også prosjektet selv. Eksempelvis har PA entreprenører (Oslobasert bygg- og anleggsentreprenør) sin egen batterikontainer sammen med MerElektro AS som en del av sin utstyrspark. Kontaineren har batterier på 200 kWh, kan motta 230 V og 400 V, og overføre ved 400 V. Den har også mulighet for hurtiglading ved 150 kW. Kostnaden for kontaineren var 3 MNOK. Ulike maskiner og byggeplasser har likevel svært forskjellige behov for lading, som medfører at en og samme entreprenør vil ha behov for ulike batteriløsninger. Dette kan forklare at de fleste entreprenører benytter seg av innleide batteri- og ladeløsninger til lading av den elektriske maskinparken på BA-plassen, selv om dette gir en merkostnad i form av en tredjepart. Unntaket er entreprenører som spesialiserer seg på en nisje innen bygg og anlegg. Disse vil ha en mindre maskinpark med begrenset behov, slik at en kan forsvare en investering i eget batteri- og ladeanlegg. Dette gjelder for eksempel PA entreprenører som spesialiserer seg innen kommunalteknisk infrastruktur og rehabilitering av betongkonstruksjoner.

Selv om markedet er relativt nytt, er teknologien som tilbys i høy grad moden, og løsningene fungerer. Gjennom markedsdialogen har ikke selve funksjonen av energiinfrastruktur blitt påpekt som noen utfordring, men heller manglende kompetanse innen planlegging og et uoversiktlig kostnadsbilde. Energiinfrastrukturen fremstår dermed i stor grad som teknologisk moden, men har enda noe gjenstående markedsmodning. Den delen av teknologien som enda fremstår som noe umoden, er knyttet til helhetlige energistyringssystemer, som beskrives nærmere i kapittel 2.5.3.

2.5.3 Energistyringssystemer

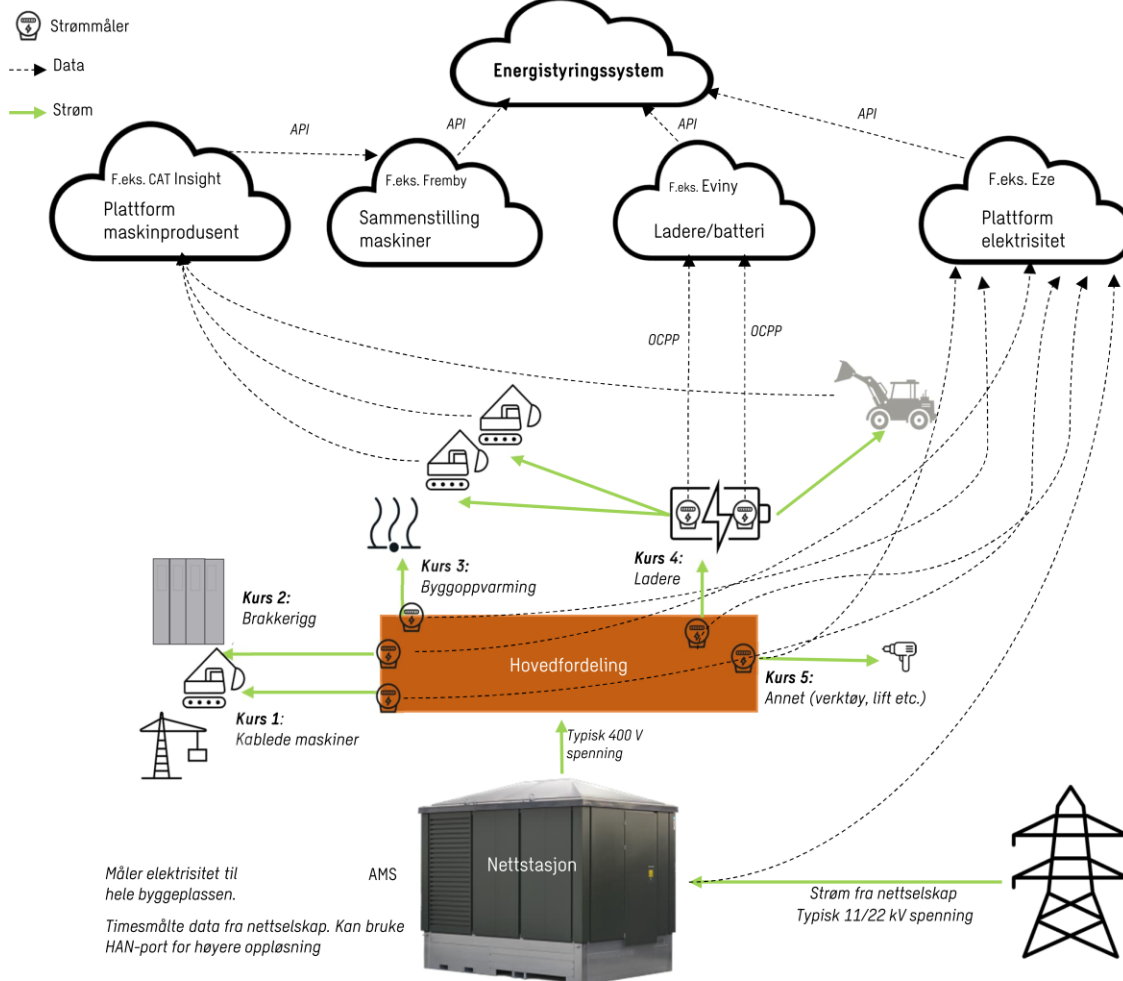
Et gjennomgående funn i dialogen med markedet i dette prosjektet er at det trengs mer og bedre planlegging av prosjektgjennomføring dersom man skal klare å gjennomføre en utslippsfri BA-plass. Det oppleves også logistikkutfordringer i prosjektgjennomføringen, spesielt knyttet til lading og infrastruktur. Det er en logistisk utfordring å ha kontroll på alle forbrukere av energi på en BA-plass, og det kan være en kompleks oppgave å beregne nødvendig effektbehov og ladelogistikk. Hovedutfordringen har tradisjonelt sett vært mangel på en felles kommunikasjonsplattform for maskiner og utstyr, som gir full oversikt over samtidig forbruk delt opp i separate forbruksposter. I denne sammenhengen spiller energistyringssystemer en nøkkelrolle.

Et energistyringsystem er en plattform for sammenstilling av informasjonsflyt fra alle komponenter som gir eller trekker energi, som batterier, ladere, energikrevende maskiner og utstyr. Til forskjell fra et energiovervåkningssystem, der man får målerdata fra ulike forbruksposter, vil man med et energistyringsystem kunne styre de ulike forbrukspostene. Et slikt system krever datainnsamling via AMS i nettstasjonen, strømmålere på de ulike kursene i hovedfordelingen, og direkte kommunikasjon med de ulike maskiner og stasjonære batterier. Per dags dato er det vanligste at alle disse komponentene kommuniserer med sine egne separate plattformer, og med egne kommunikasjonsprotokoller. Eksempler på dette vil være maskinene fra CAT, som kommuniserer med plattformen CAT Insight, eller battericontainere fra Eviny som kommuniserer med Eviny sin egen plattform. Flere aktører opplyser at de har tilgang til totalt energiforbruk via AMS, samt forbruket på de ulike kursene, som for eksempel ladeeffekt. **De opplyser derimot at de ikke har oversikt over energibruk for spesifikke forbruksposter og gjenværende batterikapasitet i sanntid fra de ulike maskinene.**

Dialogen med markedet viser at det er aktører på vei inn i markedet som håndterer dette problemet, og tilbyr energistyringsystemer til BA-plasser. Disse kan håndtere og styre dataene via API (applikasjonsprogrammeringsgrensesnitt), som er en standardisert protokoll for kommunikasjon mellom de ulike plattformene. Slike systemer oppleves som etterspurt, og er et tiltak som har en direkte innvirkning på de nevnte logistikutfordringene, som bransjen er veldig opptatt av. Det forventes at man etter hvert vil se kontraktkrav knyttet til energimåling, kommunikasjonsprotokoller for ladesystem og maskiner, samt standardisering av data. Slike energistyringsystemer vil muliggjøre best mulig drift og skalering av infrastruktur, og på denne måten redusere usikkerhetene rundt kostnader for drift av utslippsfrie maskiner.

PRINSIPIELL ILLUSTRASJON | MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER



Figur 14 - Prinsipiell skisse over strøm- og dataflyt for en utslippsfri BA-plass hvor det er et felles energistyringssystem som toppsystem. Som figuren viser vil det uten et felles energistyringssystem gå mye ulike data til ulike plattformer som ikke kobles sammen.

Som diskutert gjennomgående i denne rapporten, så er tilgang på effekt en av de største utfordringene med overgangen til utslippsfrie BA-plasser. I mange tilfeller vil energistyring være avgjørende for å i det hele tatt muliggjøre utslippsfri drift, men energistyringssystemer vil i alle tilfeller være et godt tiltak. Erfaringsmessig har vi sett at konsekvensene av manglende energistyring har vært store. Et spesifikt eksempel fra et nylig prosjekt med utslippsfri drift er at alle maskinene settes på lading etter arbeidsdagen, uten effektbegrensning. Dette har resultert i at maskinene har ladet samtidig på så høy effekt som lar seg gjøre, og man har fått dagens høyeste effekttopp på ettermiddagen. Maskinene er så ferdig ladet allerede i løpet av ettermiddag/kveld. Med smart energistyring burde maskinene lades ved så lav effekt som mulig over natten, slik at de er klar for drift til neste arbeidsdag.

Et annet eksempel vi har sett er at brakkeriggene trekker relativt mye effekt gjennom hele døgnet. For eksempel vil en brakkerigg på 30 brakker trekke typisk rundt 2 kW per brakke, altså 60 kW totalt. Et energistyringssystem vil kunne bruke sensorer, adgangskontroll og planlegging til å tilpasse oppvarming og belysning, og endring av settpunkt-temperatur i brakkene til de tidene der brakkene faktisk er i bruk. Dette er bare noen få eksempler på hvordan energistyringssystemer kan redusere energi- og effektbehov, og dermed gjøre utslippsfri drift mer gjennomførbart, men også mer lønnsomt.

Det er liten tvil om at det er et stort og voksende behov i markedet for gode løsninger for energistyring av BA-plasser. Det er likevel svært begrenset med tilgjengelige aktører i markedet i dag som tilbyr et komplett energistyringssystem som er egnet til bruk ved en utslippsfri BA-plass. Et eksempel på en slik aktør er Naeva. Vår markedskartlegging viser at Naeva per dags dato er den eneste aktøren i det

norske markedet som tilbyr helhetlig energistyring av BA-plasser, og vi har ikke lyktes med å identifisere noen direkte konkurrenter.

2.6 Teknologistatus – oppsummering

I all hovedsak fremstår teknologien knyttet til utslippsfrie anleggsmaskiner som moden, og det finnes elektriske maskiner innen de aller fleste maskinsegmenter og utstyr som oppfyller driftskravene på byggeplass, med noe tilpasning. Det er tatt i bruk en rekke ulike, elektriske maskiner på BA-plasser. Leverandørene har i noen grad tatt i bruk nye forretningsmodeller for levering av større, utslippsfrie maskiner – for de store maskinene er det i dag vanlig at maskinene kommer til Europa uten drivlinje, og at de bygges om med batterielektrisk drivlinje av leverandørene. Mange utleieselskaper har i stor grad inkludert utslippsfri teknologi i sitt sortiment, og gjennom markedsdialogen har det framkommet at utleieselskapene er forventet å være dem som vil ha størst tilgang på utslippsfri teknologi i årene som kommer. Det er også uttrykt bekymring for at dette kan drive kostnadsbildet oppover.

Maskiner i de fleste størrelser har i dag en oppgitt driftshastighet på mellom 5 og 8 timer, og de aller fleste må lade en gang i løpet av arbeidsdagen. Med noe tilpasning, opplyser aktørene primært sett om at dette fungerer godt. I dag krever gjerne maskinene en ladetid på opptil 1 time for å lades tilstrekkelig, som krever at det i prosjektet gjøres tilpasninger på for eksempel lengde på lunsj for å sikre tilstrekkelig lading. Den største usikkerheten knyttet til teknologi er primært annenhåndsverdi og levetid. I utgangspunktet har elektriske maskiner potensial for lenger levetid enn dieselmaskiner, men markedet opplever dette som usikkert, og spesielt er det usikkerhet knyttet til annenhåndsverdien dersom teknologien utvikler seg hurtig.

I tilfeller hvor maskinene har behov for å transportere seg lenger avstander før de skal utføre arbeid, opplyser markedet dette til å være begrensende. Maskinene oppleves som effektive under bruk, men energikrevende å transportere, og for langstrakte BA-plasser, gjerne spesielt anleggsplasser, kan dette være en begrensende faktor for bruk av utslippsfrie maskiner. Dette er likevel en problemstilling som med dagens teknologi i stor grad er løsbart, ved å komplementere med mobile batteri- og hurtigladeløsninger. Det finnes en rekke ulike løsninger for mobil lading i markedet i dag, levert av ulike leverandører, og også dette markedet framstår som modent. Utfordringen er i større grad knyttet til de logistikk-messige og i mange tilfeller økonomiske implikasjonene dette innebærer – det framstår kompliserende, fordyrende og upraktisk å måtte flytte rundt på en mobillader for å sikre at anleggsmaskinen kommer seg fra A til B og har nok strøm til å utføre jobben sin. Hybride maskiner kan også være en alternativ løsning på anleggsplasser hvor transportetappene er lange, hvor arbeidet fortsatt kan utføres delvis utslippsfritt.

Modenheten avgrenses i større grad av markedsmodenhet (produksjonsvolumer og etterspørsel) enn av selve teknologien, og markedet vil utdypes i kapittel 3. Det er som beskrevet likevel noen aspekter med teknologien som er begrensende. En utfordring knyttet til utslippsfrie BA-plasser vil være å sikre tilstrekkelig effekt for et økt elektrisk behov. Økte krav til effekttilgang og planlegging av byggeplassen knyttet til ladelogistikk og effektbruk, har bidratt til et nytt marked knyttet til utslippsfrie BA-plasser, som er energitjenesteleverandører. Det har vokst fram et utvalg av energitjenesteleverandører i det norske markedet i de siste årene, som leverer både planleggingstjenester og infrastruktur til utslippsfrie BA-plasser. Energitjenesteleverandører leverer i noen grad teknologi selv, primært sett energistyring, og benytter ellers teknologien som energiinfrastrukturleverandører leverer. Enkelte av aktørene fungerer både som energiinfrastrukturleverandør og energitjenesteleverandør da de også utvikler teknologiløsninger selv. Energiinfrastrukturen knyttet til utslippsfrie BA-plasser (ladeinfrastruktur og batteriløsninger), regnes som moden teknologi, men det forventes også videre utvikling i slik teknologi, og det kan også komme flere aktører i markedet.

I tillegg til et bredt utvalg av tilgjengelig teknologi, finnes det også noe teknologi under utvikling, spesielt knyttet til hydrogenteknologi. Hydrogenaggregater er under kommersialisering og brukt i flere norske prosjekter, og kan supplere med strøm i områder med begrenset strømtilgang. Maskiner basert på hydrogenteknologi er også under utvikling, men disse anses å være i en tidlig teknologisk modenhetsfase.

Markedsstatus

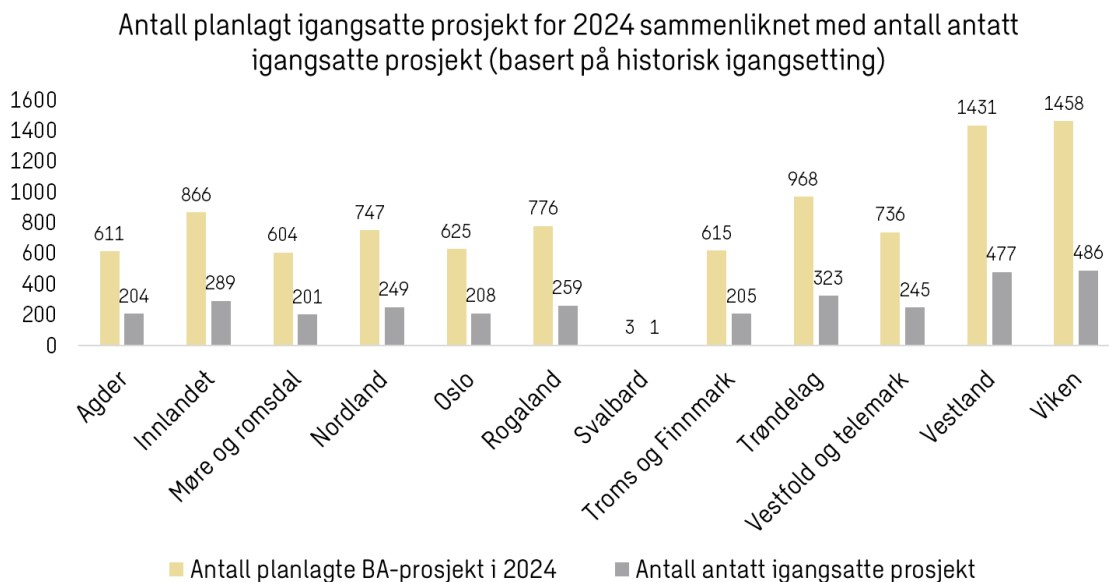
3 Markedsstatus

I denne delen vil det gis en oversikt over markedssituasjonen til utslippsfrie anleggsmaskiner. Det vil gis en mer detaljert oversikt over den norske markedssituasjonen med estimert markedsvolum og leverandører, i tillegg til en oversikt over kravene som i dag foreligger. Markedet er i denne rapporten alle aktører og interessenter med grensesnitt mot utslippsfrie byggeplasser, som beskrevet i delkapittel 1.2.

Gjennom dialog med ulike aktører i markedet er det gitt mye informasjon om hvordan bruken av utslippsfrie maskiner fungerer og ikke fungerer, både gjennom utforskende intervju og gjennom spørreundersøkelser. En del av de teknologiske aspektene har vært gjennomgått i delkapittel 3.5, og dette kapittelet vil fokusere på markedssituasjonen for utslippsfrie anleggsmaskiner. Videre vil det i dette kapittelet pekes på utfordringer og barrierer utpekt av markedet for videre utvikling knyttet til utslippsfrie BA-plasser.

3.1 Det norske markedet

For å sette antall utslippsfrie prosjekt og maskiner i kontekst, er det nyttig med et visst overblikk over antall BA-prosjekter som gjennomføres i løpet av et år. Det er utfordrende å kvantifisere hvor mange aktive BA-prosjekter det er i Norge til enhver tid, men ved å se på estimeringer og historikk, kan man gjøre enkle overslag. Byggfakta har laget en oversikt over planlagte BA-prosjekter i 2024, fordelt på fylke²⁶. Det er verdt å merke seg at det erfaringsmessig blir utsettelse på en stor andel av planlagte prosjekt, og den reelle igangsettingen er betydelig lavere enn planlagte prosjekter. Fra tidligere års statistikk ser man at den realistiske igangsettingen utgjør omtrentlig 1/3 av alle planlagte prosjekt. Det gir likevel et inntrykk av størrelsesordenen på antall BA-prosjekt i Norge. Oversikten over både planlagte prosjekt for 2024 sammen med en oversikt over en reduksjon til 1/3 fordelt på fylke er presentert i Figur 15:



Figur 15 - Oversikt over planlagt igangsettelse for 2024 (gul) og antall realistisk påbegynte prosjekt (grå) basert på historisk igangsetting²⁶. Statistikk basert på Byggfakta Norge satt i kontekst med historisk data²⁷. Statistikken inkluderer både bygge- og anleggsprosjekt.

²⁶ Byggfakta Norge (02.2024). *Slik blir 2024*. Tilgjengelig på: https://www.byggfakta.no/hubfs/NO%20Files/Rapport/Rapport_Slik_bli_2024.pdf Hentet 13.08.2024.

²⁷ Byggfakta Norge (02.2024) *Slik ble 2023*. Tilgjengelig på: <https://www.byggfakta.no/hubfs/NO%20Files/Rapport/Slik%20ble%202023%20februar%202024.pdf>. Hentet 13.08.2024

For et gjennomsnitt av prosjektverdi og antall prosjekt delt mellom offentlige og private prosjekt fra 2015-2023, har de private byggherrene ca. 55% av prosjektverdien for alle igangsatte prosjekt, mens de offentlige aktørene har flest antall igangsatte prosjekter med rundt 70% av de igangsatte prosjektene.



Figur 16 - Oversikt over antall offentlige mot private prosjekt, og prosjektverdien i offentlige mot private prosjekt. Statistikken er basert på data hentet fra Byggfakta²⁷.

Til sammenlikning så vi i Figur 8 en oversikt over alle BA-prosjekter hvor det har vært utslippsfrie anleggsmaskiner fordelt på fylke, og dette summerer seg over perioden 2017-2022 til 256 prosjekt. Det er planlagt ca. 9 000 prosjekt med oppstart i 2024, og antatt gjennomført rundt 3 000 prosjekt. Hvis man summerer opp alle prosjektene fra 2017-2022 som har vært gjennomført med utslippsfri andel (256), utgjør dette altså under 1% av kun prosjektene som er forventet gjennomført i 2023. For andelen prosjekt som har vært gjennomført i perioden 2017-2022 er andelen forsvinnende liten.

Oppsummert er det en stor mengde BA-prosjekter som utføres i Norge i løpet av et år. Prosjektene har varierende størrelsesorden, og omfatter alt fra små oppgraderinger av gangstier til bygging av nye sykehus. Både antall utslippsfrie anleggsmaskiner og antall prosjekter hvor det benyttes slike maskiner er svært lave sammenliknet med totalt antall maskiner og totalt antall BA-prosjekter som gjennomføres i løpet av et år. Dersom antallet prosjekter med krav til utslippsfrie BA-plasser stiger hurtig, kan det bli utfordringer med tilgangen på utslippsfrie maskiner. Spesielt dersom utleiende eller andre markedsaktører vegrer seg for å ta investeringen, om kostnadsnivået holder seg høyt, kan dette bli en utfordring.

Etter utforskende intervjuer er det likevel gitt et klart bilde av at det norske markedet er kommet betydelig lenger enn Europa på utslippsfrie anleggsmaskiner og Norge er til en viss grad med å drive utviklingen, i noen grad sammen med Nederland (se mer om internasjonal kontekst i Kapittel 3.1.2)

3.1.1 Tilgjengelige maskiner og utstyr på markedet

Som vi har sett i kapittel 2.2, er det kommet et bredt utvalg tilgjengelige maskiner på markedet, dominert av mindre maskinvarianter. Desto større maskinene er, desto mindre utvalg er det i tilgjengelige utslippsfrie modeller. Enova sitt støtteprogram «Utslippsfrie anleggsmaskiner» støtter i hovedsak tyngre maskiner og minigravere, delt inn i påfølgende fire kategorier:

- Batterielektriske minigravere (motoreffekt 16 – 40 kW)
- Store batterielektriske gravemaskiner (motoreffekt 40 kW og oppover)
- Store kabeldrevne gravemaskiner (motoreffekt 40 kW og oppover)
- Hjullastere over 2 tonn

I tillegg har Enova støttet en rekke utslippsfrie maskiner gjennom programmet «Energiklima i landtransport». Dette var et bredere støtteprogram uten teknologisk avgrensning, og det er omsøkt og gitt støtte både til biogassbaserte og hydrogenbaserte teknologier. I dette programmet ble det også gitt støtte til en rekke ulike batterielektriske anleggsmaskiner, og mulighetene for støtte var bredere enn programmet for utslippsfrie anleggsmaskiner. I tillegg støttes infrastruktur for lading for maskinene

gjennom programmet «Mobile ladestasjoner for elektriske anleggsmaskiner», som innebærer mobile ladestasjoner med batteri.

Med utgangspunkt i Enova sin inndeling for maskiner i støtteprogrammet «Utslippsfrie anleggsmaskiner», kan man supplere med maskiner som ikke er tilgjengelig gjennom denne støtteordningen. I punktlisten under gis en oversikt over maskinkategoriene som er vurdert i teknologi- og markedsvurderingen, og kategoriene hvor det er mulig å søke støtte gjennom «Utslippsfrie anleggsmaskiner» er markert i kursiv:

- Batterielektriske minigravere (< 16 kW)
- *Batterielektriske minigravere (motoreffekt 16 – 40 kW)*
- *Store batterielektriske gravemaskiner (motoreffekt 40 kW og oppover)*
- *Store kabeldrevne gravemaskiner (motoreffekt 40 kW og oppover)*
- *Hjullastere over 2 tonn*
- Hjullastere under 2 tonn
- Tippbiler
- Hjuldumper under 2 tonn
- Hjuldumper over 2 tonn

SINTEF opplyser videre at 40% av alle mellomstore og store anleggsmaskiner i Norge er gravemaskiner. Av de største gravemaskinene eksisterer det et begrenset utvalg av utslippsfrie varianter tilgjengelig på markedet, både for innkjøp og tilgjengelig for bruk. Basert på litteraturgjennomgangen og salgstall fra Maskingrossistenes forening (MGF), er det et begrenset antall på rundt **10 tunge gravemaskiner (> 23 tonn)** tilgjengelig på det norske markedet.

Noen nøkkeltall om antallet maskiner i de ulike maskinkategoriene fra 2023 er presentert i Tabell 8, basert på tall fra MGF. Statistikken viser salg av nye anleggsmaskiner fra medlemmer i MGF. MGF inneholder imidlertid ikke alle maskingrossister i Norge, så enkelte maskiner vil være holdt utenfor statistikken, men det vil bidra til et overblikk over markedsstatusen til utslippsfrie maskiner. Statistikken er inndelt i følgende kategorier med samsvar til Enova-tildelingskategoriene:

- Gravemaskin >8 tonn (belte og hjul)
- Hjullastere
- Minigravere > 8 tonn

I tillegg er det en rekke andre maskiner som videre deles inn i kategorien «Andre»: Asfaltutleggere, avfallskompaktorer, beltelastere, dozere, dumpere, gravelastere, valser (flere kategorier), kompaktlastere, teleskoptrucker og veihøvler. MGF fører egen statistikk som ikke er inkludert i kategorien anleggsmaskiner for kompressorer, gaffeltrucker, verktøymaskiner og tre-bearbeidende maskiner.

Basert på denne statistikken, er nysalget av maskiner dominert av gravemaskiner, med en andel på 42%. Videre har hjullastere og minigravere et nokså jevnt nysalg, med i overkant av 20% i hver kategori. Øvrige maskiner har en samlet nysalgandel på ca. 13%, og dermed et begrenset antall nysalg hvert år. Totalt sett er antallet nye maskiner i Norge jevnt på rundt 4 500 maskiner årlig, med noen variasjoner fra år til år. Videre viser Tabell 8 et estimat på hvor mange av de solgte, nye maskinene i 2023 som var nullutslippsmaskiner, basert på statistikk fra MGF. Tabellen viser også antall Enova-søknader i hver kategori, både antall søknader og antall søknader som fikk vedtatt støtte. Siden det kun var gravemaskiner, hjullastere og minigravere som kunne få vedtatt Enova-støtte, er det ingen søknader i kategorien «andre».

Tabell 8 - Oversikt over fordeling av maskiner per kategori og informasjon om antall utslippsfrie maskiner.

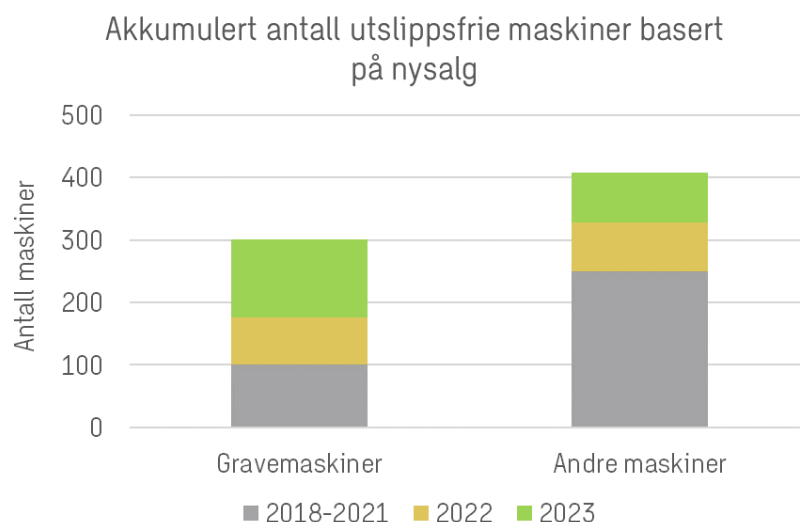
	Gravemaskin > 8 tonn	Hjullaster	Minigravere	Andre
Andel av nye mellomstore/store anleggsmaskiner i Norge i 2023	42%	23%	22%	13%
Antall nye maskiner i 2023	1 917	1 075	836	761
Antall nye nullutslipps maskiner i Norge i 2023*	125	50	30	5
Vedtatt Enova-støtte (2023)**	96	13	7	-

*Egne utregninger basert på statistikk for nysalg samt statistikk for andel utslippsfritt for statistikk fra MGF^{28,29}.

** Støttevedtak leder ikke nødvendigvis til en innkjøpt maskin.

Det norske markedet for utslippsfrie maskiner domineres av leasing-aktører og leasing er en populær forretningsmodell for anleggsmaskiner. Dette tallet er betydelig høyere knyttet til utslippsfrie anleggsmaskiner, og leasingselskapene dominerer søkermassen for utslippsfrie maskiner i det norske markedet. Leasing-selskapene kan tilby en forutsigbar finansieringsmodell hvor kundene vet hvilken kostnad de har å forholde seg til gjennom levetiden. En slik modell kan dermed i noen grad bidra til å senke terskelen for å investere i utslippsfrie maskiner ettersom det gir økt forutsigbarhet og ikke krever en stor engangsinvestering.

Totalt sett endte året 2023 med en andel av nullutslippsmaskiner på 4,55%, som er den høyeste andelen registrerte nullutslippsmaskiner i Norge. Dette tilsvarer dermed et antall på ca. 200 nye nullutslippsmaskiner i 2023. Ifølge MGF var den tilsvarende andelen 3,41% i 2022. MGF rapporterte ikke statistikk for nullutslippsmaskiner før 2022, men de oppgir at det til og med 2021 var ca. 100 utslippsfrie gravemaskiner (>8 tonn) i det norske markedet. Det er noe mer utfordrende å finne statistikk for andre type maskiner enn gravemaskiner, men som opplyst innledningsvis er andelen gravemaskiner ca. 40% av total maskinpark i det norske markedet. Basert på innsamlet statistikk fra ulike litteratur er det estimert at det akkumulert ble kjøpt inn rundt 250 utslippsfrie maskiner i det norske markedet, inkludert minigravere, hjullastere og kompaktmaskiner fra 2018-2021. Med denne antakelsen er den akkumulerte mengden utslippsfrie maskiner fram til og med 2023 vist i Figur 17:



Figur 17 – Estimert akkumulert maskinmengde basert på statistikk for 2021, 2022 og 2023. For andre maskiner er det gjort en antakelse om antallet maskiner basert på øvrig statistikk.

²⁸ Maskingrossistenes forening (2024) *Pressemelding – statistikk Q4 anleggsmaskiner*. Tilgjengelig på: <https://mgf.no/wp-content/uploads/sites/59/2024/01/MGF-pressemelding-statistikk-Q4-anleggsmaskin.pdf>. Hentet 27.06.2024.

²⁹ Maskingrossistenes forening (2024) *Anleggsmaskiner Statistikk*. Tilgjengelig på: <https://mgf.no/medlemssider/anleggsmaskingruppen/statistikk-anleggsmaskiner> Hentet 27.06.2024.

Basert på dette estimatet kan man anta at maskinparken med utslippsfrie maskiner er på **rundt 700 utslippsfrie maskiner ved utgangen av 2023**. Dette stemmer også godt med Enovas innvilgede søknader for maskiner i samme perioden, dog er noen maskiner trolig ekskludert i vårt akkumulerte antall og det reelle antallet kan forventes å være rundt 10% høyere basert på markedsinformasjon.

Det samlede utvalget av utslippsfrie maskiner er dermed nokså begrenset, og rett i underkant av halvparten av estimerte maskiner var gravemaskiner. Det har vært utfordrende å finne gode tall på hvor mange anleggsmaskiner som finnes i det norske markedet, og det er dermed utfordrende å sette beholdningen av utslippsfrie maskiner i kontekst med den samlede beholdningen. Med hensyn til det årlige utskiftningsvolumet på rundt 4 500 maskiner, er det likevel rimelig å anta at den samlede maskinbeholdningen i markedet er stor. Ved en antakelse om at maskinene byttes ut hvert 10. år, (erfaringstall) vil utskiftningsraten representere 1/10 av maskinparken. Det kan ved en slik antakelse estimeres en maskinpark på rundt 45 000 maskiner i det norske markedet. Basert på tall fra MGF ble det for deres medlemsorganisasjoner kjøpt inn 49 000 nye maskiner i perioden 2013 – 2023. Dette er med unntak av enkelte maskinkategorier med svært lave innkjøp, og med unntak av eventuelle kjøp som ikke er registrert av MGF. Et forhøyet maskinvolum på ca. 50 000 kan dermed estimeres å utgjøre det norske markedet. Antatt levetid på maskiner er lenger enn 10 år, men flere aktører har opplyst at det er et stort annenhåndsmarked for fossile maskiner utenfor Norge, og at maskinene selges ut av landet før endt levetid.

Dersom alle BA-plasser, både offentlige og private, skal være utslippsfrie i 2030, er det stor sannsynlighet for at det vil være et underskudd i utslippsfrie maskiner, og et stort overskudd i fossile maskiner som ikke vil være tilgjengelig for bruk.

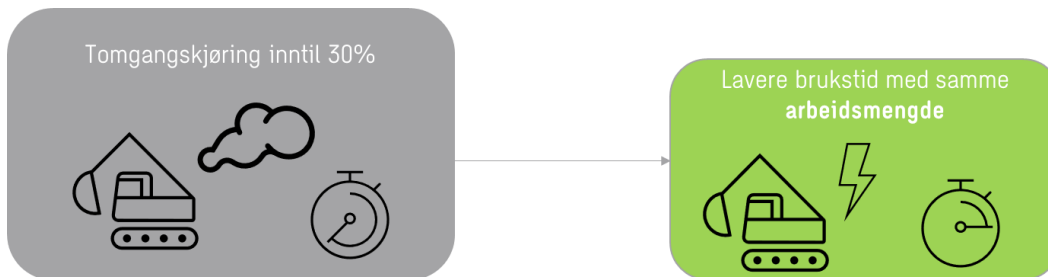
Ved en estimert maskinpark på rundt 50 000 maskiner representerer den utslippsfrie maskinparken en marginal del av markedet, på rundt 1%. Basert på andelen av utslippsfrie maskiner i nysalget, er det også rimelig å estimere at andelen utslippsfrie maskiner som andel av totalmarkedet fortsatt er svært lav. Utviklingen innen elbiler viser oss likevel at utskiftningsstakten kan endre seg hurtig og føre til en hurtig utvikling i total bestand over få år. Fra de første elbilene kom på markedet i rundt 2011, har Norge i dag en elbilandel på rundt 25% og et nysalg som har stabilisert seg på rundt 90%.

Siden det per juni 2024 kun er 5,5 år til 2030, må utskiftningsvolumet nesten doble seg fra de ca. 4 500 maskinene som utskiftningsraten ligger på i dag, og alle utskiftede maskiner må være utslippsfrie for å kunne nå en utslippsfri maskinpark i 2030. Å nå en fullstendig utslippsfri maskinpark i 2030 er derfor urealistisk. Dersom alle BA-plasser, både offentlige og private, skal være utslippsfrie i 2030, er det også stor sannsynlighet for at det vil være et underskudd i utslippsfrie maskiner, og et stort overskudd i fossile maskiner som ikke vil være tilgjengelig for bruk. For mer informasjon om dette, se **Kapittel 4 Markedsutvikling**.

3.1.2 Brukstid

Når det gjelder **aktiv brukstid**, inkluderer dette tid på tomgang for fossile maskiner. Noe tomgangskjøring er nødvendig i drift, for eksempel for å redusere oljetrykk før stopp, men **erfaringsmessig går en fossil maskin typisk mellom 10-30 % av driftstiden på tomgang**, noe som er betydelig mer enn nødvendig. Det har vært et økt fokus på å redusere dette de siste årene, blant annet gjennom kampanjer i regi av Maskinentreprenørenes Forbund (MEF)³⁰. Tomgangskjøring kan normalt utgjøre flere timer av en arbeidsdag, og til sammenligning vil en elektrisk maskin ha kraftig redusert, eller null forbruk i løpet av denne tiden. **Det forventes dermed at brukstid for utslippsfrie maskiner er noe lavere på papiret enn for fossile, selv om faktisk arbeidsmengde er den samme.**

³⁰ AT.no (2019) MEF vil få ned tomkjøringen. Tilgjengelig på: <https://www.at.no/anlegg/468510>. Hentet 05.09.2024.



Et av spørsmålene i spørreundersøkelsen er knyttet til om anskaffede utslippsfrie anleggsmaskiner har **erstattet eller kommet i tillegg til fossile maskiner**. Her svarer både utleiere, entreprenører og i et tilfelle en byggherre at den **nye utslippsfrie anleggsmaskinen har erstattet en fossil maskin**. Unntaket er grossistene, som har gitt et litt mer blandet svar. Samlet sett indikerer dette at de nye utslippsfrie maskinene blir anskaffet for å brukes på lik linje som en fossil maskin, med tilsvarende bruksgrad. Samtidig kommer det frem av intervjurundene at det har vært eksempler der mindre utslippsfrie maskiner har blitt anskaffet eller innleid til prosjekter for å tilfredsstille krav, uten at de faktisk har blitt brukt i prosjektene. Spesifikt nevnes prosjekter med krav om en viss andel utslippsfri maskinpark, og ikke krav til en viss andel utslippsfri drift. **Dette er altså et eksempel på hvordan upresise eller mangelfulle krav kan føre til lavere brukstid.**

Generelt er det også opplyst at utleieaktørene i dag dominerer den utslippsfrie maskinparken. Når utslippsfrie maskiner blir utleid fra utleieselskaper, må man gå ut ifra at disse **erstatter** fossile maskiner, og at det ikke blir leid inn en fossil maskin til samme formål som den utslippsfrie maskinen. Merkostnaden med å leie utslippsfrie maskiner høy, og det vil gagne den som leier den å bruke den mest mulig – for da kan drivstoffkostnaden reduseres. Fra dialogen med markedet tyder det på at det er en reell utskifting av fossile maskiner i prosjekter der det blir benyttet utslippsfrie alternativer, utenom i særtilfeller hvor maskinen blir innleid kun for å imøtekomme et krav som ikke er tilstrekkelig spisset.

3.1.3 Norske krav og ambisjoner

I mange norske storbyer er det i dag stilt krav om helt eller delvis utslippsfrie bygge- og anleggsplasser av byggherrer. Storbyerklæringen er en av flere avtaler som i det norske markedet jobber for å fremme utslippsfrie BA-plasser. Storbyerklæringen er en samarbeidsavtale mellom kommunene Bergen, Oslo, Tromsø, Trondheim, Stavanger og Drammen 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. Dette er kun en avtale og stiller ingen direkte krav, slik at det er opp til kommunene om ambisjonen i avtalen skal etterfølges.

Kommunene Oslo, Trondheim, Stavanger og Bergen har alle stilt krav i tråd med det første målet i Storbyerklæringen for 2025. **Fra 01.01.2025 vil Oslo, Bergen og Trondheim kommune stille krav om utslippsfrie byggeplasser i alle kommunale kontrakter, mens Stavanger kommune vil ha med utslippsfrie bygge- og anleggsområder som tildelingskriterie**^{31,32,33,34}.

³¹ **Trondheim kommune** (12.2022) *Miljøstrategi for bygg og anlegg 2023-2026*. Tilgjengelig på: <https://www.trondheim.kommune.no/contentassets/daefc75e0c524594a29e803124c82b1f/miljostrategi-2023---2026-13.12.22-versjon-2-1.pdf> Hentet 26.06.2024.

³² **Bergen kommune** (24.01.2024) *Planlagte entreprenøranskaffelser 2024-2026*. Tilgjengelig på: <https://www.bergen.kommune.no/hvaskjer/tema/vi-bygger-bergen/byggeprosjekter/anbudskonkurranser/planlagte-entreprenoranskaffelser-2024-2026> Hentet 26.06.2024.

³³ **Oslo kommune** (29.02.2024) *Her lader de gravemaskiner i lunsjpausen og puster renere luft enn mange andre steder i byen*. Tilgjengelig på: <https://www.klimaoslo.no/utslippsfrie-byggeplass/> Hentet 26.06.2024.

³⁴ **Stavanger kommune** (14.09.2023) *Utslippsfrie anleggs- og byggeplasser innen 2025*. Tilgjengelig på: <https://www.stavanger.kommune.no/bolig-og-bygg/bygg-og-anlegg/utslippsfrie-byggeplasser/> Hentet 26.06.2024.

Oslo kommune har stilt krav om fossilfrie BA-plasser siden 2017 i prosjekter hvor kommunen er byggherre³⁵. I Bergen kommune har det ikke vært de samme kravene som i Oslo til fossilfri BA-plass, men det er stilt krav om andel utslippsfrie BA-plasser i prosjekter som nå er under anskaffelse eller gjennomføring. Videre er det gjennom nevnte Storbyerklæring ambisjoner om at alle byggeprosjekter skal være utslippsfrie innen 2030, både kommunale og private.

På papiret ser ambisjonene, og supplerende krav som stilles, ut som de vil bidra til å sikre en videre utvikling mot utslippsfrie byggeplasser i Norge. Tilbakemelding fra markedet antyder likevel at byggherrene ikke alltid er villig til å legge på merkostnadene som kreves for at prosjektet skal bli utslippsfritt. Dette kan bety enten at entreprenøren selv må ta noe av merkostnaden og få enda lavere margin på prosjektet, eller at byggherren er villig til å lette på kravene for å få ønsket pris på prosjektet. Det er forevist eksempler fra bransjen på sistnevnte, at aktører har fått grønt lys til å omgå kravene for å redusere kostnader, og dette er en mulig sinker for å få i gang videre akselerasjonen mot utslippsfrie byggeplasser. Det er også forevist eksempler på at tilbyderne tilbyr prosjekt som oppfyller kravene, men at de deretter ikke gjennomføres med kravene fordi konsekvensen av å bryte kravene er lavere enn den økonomiske konsekvensen av å oppfylle utslippsfri BA-plass.

Tilbakemelding fra markedet antyder likevel at byggherrene ikke alltid er villig til å legge på merkostnadene som kreves for at prosjektet skal bli utslippsfritt. Dette kan bety enten at entreprenøren selv må ta noe av merkostnaden og få enda lavere margin på prosjektet, eller at byggherren er villig til å lette på kravene for å få ønsket pris på prosjektet.

På nasjonalt nivå er det gjort en juridisk vurdering av hvorvidt kommunene har anledning til å stille krav om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, og i en offentlig vurdering gjennomført av advokatselskapet Hjort konkluderer de med at det ikke er juridisk hjemmel for å stille slike krav etter Plan- og bygningsloven i gjeldende hjemmelsgrunnlag³⁶. Selskapet konkluderer videre med at loven bør endres eller presiseres dersom den skal gi hjemmel for å stille et slikt krav. Det er inntil videre ikke stilt noen nasjonale krav om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, og kravene som er stilt er lagt til kommunenivå og har dermed usikker lovhome. I august 2024 kom det melding fra Klima- og miljødepartementet om at regjeringen ønsker å gi kommunene hjemmel til å stille slike krav i prosjekter, og at kommunene kan etablere lokal forskrift gjennom forurensningsloven. Forslaget er per august 2024 på høring³⁷.

Det faktum at det kun stilles krav i enkelte regioner gjør at det er en geografisk skjevhet i markedet på tilgjengelige maskiner. De utslippsfrie maskinene sentrerer i områder hvor det er krav, og for aktører som ønsker å benytte utslippsfrie maskiner, men som ikke er i regioner hvor det stilles krav, kan det være utfordrende å få tak i tilgjengelige maskiner. I vårt langstrakte land er det heller ikke nødvendigvis enkelt å transportere maskinene langt, og gjennom intervju er det blitt presentert eksempler på aktører i Nord-Norge som ønsket å benytte utslippsfrie maskiner, men hvor det ble for dyrt å få tak i slike maskiner.

For private byggherrer er det ikke avdekket noen definerte praksiser når det kommer til utslippsfri BA-plasser, og de private byggherrene står fritt til å stille slike krav helt eller delvis. Det er likevel verdt å påpeke at dialog med ulike markedsaktører tilsier at enkelte av de private byggherrene så smått har begynt å vurdere slike tiltak, men at det per dags dato er i en betydelig mer ustrukturert og uformalisert form enn de kommunale kravene.

³⁵ Oslo kommune (2022) *Fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*. Rapport 1/2022. Tilgjengelig på: <https://www.oslo.kommune.no/politikk/budsjett-regnskap-og-rapportering/rapporter-fra-kommunerevisjonen/rapport-1-2022-fossil-og-utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser#toc-5>. Hentet 15.08.2024.

³⁶ Hjort (23.12.2020) *Vurdering av om gjeldende plan- og bygningslov gir hjemmel til å innføre krav om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/41a5d50fe4734af78c79420b11802337/hjort-utslippsfrie-byggeplasser.pdf> Hentet 26.06.2024.

³⁷ Regjeringen (08.2024). *Foreslår å åpne for kommunale klimakrav til bygge- og anleggsplasser - regjeringen.no*

3.2 Det europeiske og internasjonale markedet

Norge, med Oslo i spissen, er en av de ledende aktørene knyttet til utslippsfrie BA-plasser, og en del initiativer i Europa er basert på inspirasjon fra Oslo som foregangsfigur. Norge er dermed europeisk ledende for utslippsfrie BA-plasser, men det foregår også satsning på dette feltet utenfor Norge.

Det har gjennom markedskartleggingen kommet tydelig fram at det norske markedet ikke er tilstrekkelig stort til å drive en utvikling av utslippsfrie maskiner alene, og at det internasjonale markedet er av stor betydning for videre utvikling. Det er derfor nyttig å inkludere utviklingen i Europa og resten av verden når det kommer til utslippsfrie BA-plasser.

Det europeiske markedet

CleanCon er et EU-finansiert initiativ som jobber for å fremme anvendelse av utslippsfrie kjøretøy og arbeidsmaskiner, og omfatter Interreg-regionen Øresund – Kattegat – Skagerak, med fokus på storbyene Oslo, Gøteborg, København og Malmø, med landområder rundt. København har hatt flere pilotprosjekter med utslippsfrie BA-plasser, og København har intensjon om å øke antallet av disse³⁸. I København er det også en målsetning at alle offentlige BA-plasser skal være utslippsfrie innen 2025³⁹. Utover Cleancon-prosjektet er målsetningen om at alle offentlige anleggsplasser skal være utslippsfrie innen 2025 også satt i Helsinki⁴⁰, sammen med målsetningen om at alle anleggsmaskiner skal være utslippsfrie innen 2030.

I 2021 lanserte EU fire arbeidsgrupper som en del av initiativet *Big Buyers for Climate and Environment*, der en av disse arbeidspakkene er *Zero-Emission Construction Sites*. Amsterdam, Brussel, Budapest, København, Helsinki, Lisboa, Oslo, Trondheim og Wien var med i denne arbeidsgruppen. Disse byene skulle jobbe sammen som store offentlige kjøpere for å utvikle og pilotere innovative bærekraftige løsninger for å redusere utslipp knyttet til BA-plasser og oppmuntre markedsinnovasjon. Dette varte frem til november 2022. *Big Buyers for Climate and Environment* ble i 2023 erstattet av *The Big Buyers Working Together*, der *Zero Emission Construction Sites* er én av de ti *Communities of Practice (CoPs)*⁴¹.

Nederland er pekt på som et annet foregangsland når det kommer til utslippsfrie BA-plasser, og det har gjennom intervjuer med nederlandsk markedsaktør blitt bekreftet at det er en aktiv satsning i denne retningen. Som i Norge er det per i dag ikke nasjonale krav, men krav i enkelte kommuner og regioner. I Nederland er satsningen todelt – både knyttet mot å redusere CO₂-utslipp, men også for å redusere utslipp av nitrogen. Nitrogen sees på som en stor utfordring for naturmangfoldet og påvirker både sjø og jord, og satsningen på utslippsfrie BA-plasser er dermed også drevet av satsningen på å redusere utslippet av nitrogen. Nederland har et eget program med både statlige og private medlemmer kalt SEB (*Schoon en Emissieloos Bouwen* – Rene og utslippsfrie bygninger). Programmet jobber for at bygge-, vedlikeholds- og rivingsprosjekter skal gjennomføres på en renere måte. Det ble gjennom intervjuet pekt på at det allerede i dag er utfordrende å imøtekomme etterspørselen etter store, utslippsfrie maskiner, og at en økende, fremtidig etterspørsel etter slike maskiner i prosjekter ikke nødvendigvis vil være proporsjonal med utbyggingen av nye, utslippsfrie maskiner på markedet.

Flere andre europeiske storbyer har også satt ambisiøse målsetninger og det forventes at det etter hvert vil det bli stilt krav til bransjen, som i Danmark og Sverige. Nederland har også tatt en ledende posisjon og har flere pågående utslippsfrie prosjekter. Dersom utviklingen skjer hurtig i resten av Europa, kan etterspørselen etter utslippsfrie maskiner øke hurtig. Med produksjonstakten som er på utslippsfrie maskiner i dag, med størst grad av ombygging av mellomstore og store maskiner, kan det bli problemer med å møte etterspørselen av utslippsfrie maskiner hvis mange store byer etablerer krav samtidig.

³⁸ **Urban Development** (u.å.) *The CHP 2025 Climate Plan*. Tilgjengelig på: <https://urbandevdevelopmentcph.kk.dk/climate>. Hentet 05.09.2024.

³⁹ **GCE** (10.2019) *Mayors of Copenhagen, Oslo and Stockholm commit to low-emission construction*. Tilgjengelig på: <https://www.globalconstructionreview.com/mayors-copenhagen-oslo-and-stockholm-commit-low-em/> Hentet 02.08.2024

⁴⁰ **Local Governments for Sustainability** (11.2020) *Procuring zero-emission construction sites*. Tilgjengelig på: https://iclei-europe.org/news?Procuring_zero-emission_construction_sites_&newsID=Me136Pjs Hentet 06.08.2024

⁴¹ **European Commission** (03.2023) *Big Buyers Working Together*. Tilgjengelig på: <https://public-buyers-community.ec.europa.eu/about/big-buyers-working-together>. Hentet 05.09.2024.

Det internasjonale markedet

Et stort internasjonalt samarbeidet knyttet til å redusere klimagassutslipp i store byer er C40 nettverket, som både Oslo, København og Stockholm er en del av. Nettverket består av 100 ordførere fra storbyer over hele verden som samarbeider om å bidra til å bremse global oppvarming. Mange europeiske hovedsteder og storbyer er med i samarbeidet, blant annet Lisboa, Madrid, Barcelona, Roma, Athen og Amsterdam. C40 nettverket har etablert et spesifikt program for en mindre utslippsintensiv byggebransje. Blant initiativene rundt reduserte utslipp fra byggebransjen har noen av byene (Oslo, Los Angeles, Mexico City og Budapest) forpliktet seg til *C40 Clean Construction Declaration*. I denne erklæringen blir det stilt krav til å innføre reguleringer knyttet til å redusere utslipp fra byggebransjen, deriblant at det skal påkrevs bruk av utslippsfrie anleggsmaskiner i offentlige prosjekt fra 2025. I tillegg skal det kreves utslippsfrie byggeplasser, altså utelukkende bruk av utslippsfrie maskiner der dette er mulig⁴².

Kort oppsummert finnes det flere initiativer i europeisk sammenheng, og globale initiativer med byer fra hele verden, som satser på utslippsfrie BA-plasser. Blant disse er Norge per 2024 i en ledende posisjon og med et høyt antall utslippsfrie prosjekter sammenlignet med andre europeiske land.

3.3 Produksjonsvolumer

Både litteraturen og intervjuene henviser til at serieproduksjon er nødvendig for å drive prisene nedover, og at større etterspurte volumer derfor er nødvendig. Intervjuene med markedet har avdekket at batterikostnaden i utslippsfrie anleggsmaskiner er betydelig høyere enn batterikostnaden til for eksempel stasjonære batterier eller elbiler. Det pekes på at maskinene må tåle svært høye belastninger i form av støt og vibrasjoner, som forårsaker en dyrere enhetspris for slike batterier. I tillegg pekes det på at produksjonslinjene også på disse batteriene er små, og prisene vil kunne reduseres med produksjon av større volumer av batteri som er tilpasset anleggsmaskiner. I litteraturen påpekes «serieproduksjon» primært sett enhetlig, men vi anser utfordringen knyttet til serieproduksjonen til å inneholde både serieproduksjon av selve maskinene inkludert batteridrivlinje, men også batteriene som komponent. For å redusere investeringskostnaden i utslippsfrie anleggsmaskiner er utvikling til større produksjonsvolumer viktig innen begge de to produksjonslinjene. Dersom batteriene kommer til produksjon i større serier, er det også et premiss at produksjonsvolumene for selve maskinene er høyere. Serieproduksjon handler dermed både om å øke volumene for batteriene til anleggsmaskinene, og seriene for maskinene.

Videre har intervjuer med ulike markedsaktører avklart at utslippsfrie bygge- og anleggsmaskiner er i en tidlig fase når det kommer til serieproduksjon og produksjon i store volumer, og det opplyses at det aller meste av større, utslippsfrie maskiner som finnes på markedet i dag er ombygde maskiner. Det er videre opplyst, gjennom intervjuobjekter, at for de mindre gravemaskinene (< 8 tonn), er flere aktører kommet til serieproduksjon. Dette er også bekreftet i litteraturgjennomgangen. Tabell 9 viser en overordnet oversikt over ulike aktører og hvilken modell de har knyttet til utslippsfrie maskiner:

Tabell 9 - Enkel oversikt over eksempler på ulike typer produsenter av utslippsfrie anleggsmaskiner. **Utvalget er ikke avgrenset til de oppgitte aktørene.**

	Serieproduksjon av mindre maskiner (<8 tonn)	Ombygging av maskiner fra diesel drivlinje til batterielektrisk drivlinje	Serieproduksjon av små og større maskiner (>8 tonn)
Aktør	JCB Wacker Neuson	Nasta Pon Equipment Volvo CE	Volvo Sany LiuGong

⁴² **C40 Cities** (11.2020) *Oslo, Los Angeles, Mexico City and Budapest commit to clean construction, moving the industry towards a sustainable future*. Tilgjengelig på: <https://www.c40.org/news/clean-construction-declaration-launch/> Hentet 02.08.2024

Ifølge flere intervjuobjekter brukes Enova-midler av flere aktører til import av kinesiske maskiner. Identifiserte kinesiske leverandører som er kommet til serieproduksjon og som er importert til det norske markedet inkluderer Sany med tipp-trucker, og LiuGong og XCMG med hjullastere. Rental Group er blant aktørene som har gått aktivt inn i det kinesiske markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner⁴³. Ifølge *Anleggsmaskinen.no* serieproduserer både LiuGong og Sany tusenvis av batterielektriske maskiner for det globale markedet. LiuGong har en serieprodusert hjullaster på ca. 20 tonn, mens Sany har to ulike dumpere på henholdsvis 27 og 40 tonn som serieproduseres.

⁴³ Njål Hagen v/ Anleggsmaskinen.no (25.02.2024) *Grønne dager på Gardermoen*. Tilgjengelig på: <https://anleggsmaskinen.no/2024/02/gronne-dager-pa-gardermoen/> Hentet 10.06.2024.

3.4 Økonomien i markedet

Som beskrevet innledningsvis, er det identifisert at markedet primært er opptatt av investeringskostnaden og i mindre grad driftskostnader. Dette kapitlet vil gi en beskrivelse av begge de to kostnadsaspektene. Det er i hovedsak identifisert to faktorer som driver kostnaden på utslippsfrie maskiner oppover:

- 1) Maskinene er i all hovedsak ombygget. Dette er en manuell prosess som skjer i små volumer, som ikke gir skalafordeler i produksjon. For de mindre maskinene som i større grad har kommet til serieproduksjon er kostnadsforskjellen mellom elektrisk og fossil lavere.
- 2) Batteriene er dyrere enn batterier til andre formål (som batterier til batterielektriske biler). Det er blitt oppgitt en batteripris på 400-800 €/kWh som batteripris til utslippsfrie anleggsmaskiner.

I tillegg kan den manglende konkurransesituasjonen for store, batterielektriske maskiner være med å drive kostnadene oppover. Dette gjelder både på batterisiden og på maskinsiden. Det er relativt få aktører som tilbyr store, batterielektriske maskiner, og dette kan bidra til å øke kostnadene. I tillegg er det kostnadsaspektet utover maskinen i seg selv, som innebærer:

- Tilrettelegging av strømtilførsel
- Behov for batterier og/eller mobil lading
- Eventuelt behov for flere maskiner på grunn av ladelogistikk

I dette kapitlet blir det gitt en oversikt over investeringskostnad, primært knyttet opp mot maskinkategoriene i Enovas støtteprogram «Utslippsfrie maskiner». En del av investeringskostnadene er basert på grunnlag av Enova-søknadene tilknyttet programmet. Det er verdt å bemerke at dette er merkostnadene som aktørene har oppgitt med grunnlag for å få støtte, og aktørene får opptil 40% av merkostnaden i støttebeløp. Det vil i så måte være hensiktsmessig for alle søkere å tillegge høyest mulig merkostnader til investeringen. Det kan derfor antas at merkostnaden i noen tilfeller er for høy sammenliknet med de reelle merkostnadene, men man må gå ut ifra at aktørene primært sett baserer sine søknader på reelle merkostnader oppgitt fra leverandører. I tillegg har vi innhentet leiepriser på ulike utslippsfrie alternativer og sammenliknet dem med fossile alternativer.

Gjennom intervjuene som ble gjennomført med ulike markedsaktører ble det av et flertall nevnt at den makroøkonomiske situasjonen i Norge og Europa for øyeblikket påvirker satsningen på utslippsfrie anleggsmaskiner. Dette skyldes blant annet høye rentekostnader, høy inflasjon og uforutsigbarhet i den økonomiske situasjonen. Utslippsfrie anleggsmaskiner medfører en forhøyet investeringskostnad og høyere risiko, som for mange aktører fremstår utfordrende å tåle med dagens økonomiske situasjon. Dette kan også til dels forklare hvorfor aktørene er mer opptatt av investeringskostnaden og i mindre grad driftskostnadene, ettersom investeringen er en stor barriere. Videre kan det forklare hvorfor investeringskostnad i spørreundersøkelsene pekes på som en barriere av majoriteten av aktørene.

3.4.1 Investeringskostnader maskiner og utstyr

Som beskrevet i kapittel 2.2.1 utgjør utvalget av utslippsfrie maskiner et varierende spekter av typer, størrelser og dimensjoner. I dette delkapitlet vil kostnader for maskiner i ulike størrelser bli presentert.

Enova definerer maskintyper som minigravere og større gravemaskiner basert på effekt. Maskiner opp mot 40 kW er gjerne sammenfallende med maskiner rundt 8 tonn, og videre er kostnadsbildet for minigravere beskrevet.

Investering

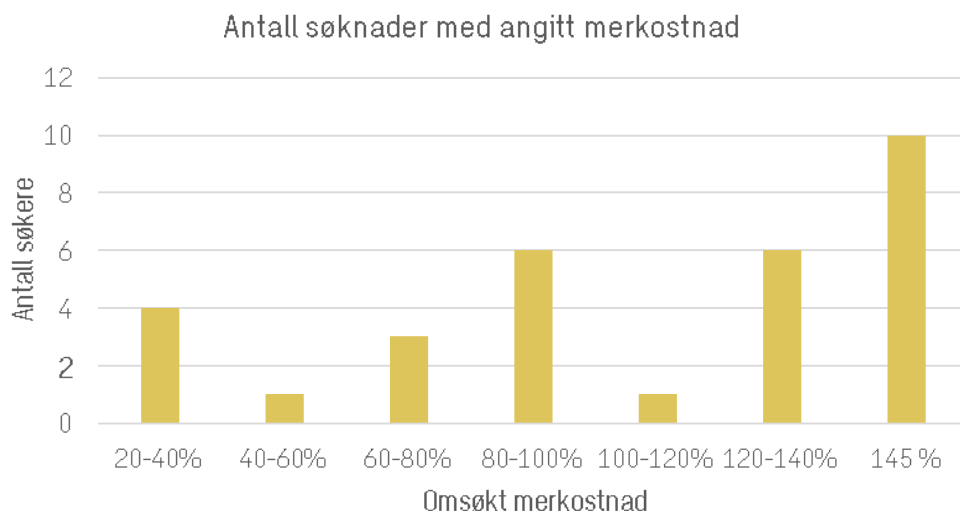
Minigraver (16-40 kW)

Minigravere er i stor grad kommersielt tilgjengelig fra en rekke leverandører, og antas å serieproduseres basert på markedsintervju og litteratur. Merkostnaden er dermed primært knyttet til batterielektrisk drivlinje sammenliknet med diesel, som estimert fra markedsdialog kan ha en **merkostnad på opp mot 100%** sammenliknet med fossile maskiner.

Leie

Man kan finne små minigravere (rundt 1 tonn) til **samme pris** for elektriske minigravere som fossile minigravere på utleienettsider. Det er likevel stor variasjon, og de fleste av de identifiserte elektriske minigraverne har **dobbel leiepris (100% merkostnad)** for elektriske sammenliknet med fossile, på lik linje med anslag for investeringskostnaden.

Figur 18 viser et histogram som indikerer hvor store merkostnader som er oppgitt på hvilket antall søkere, i programmet «Utslippsfrie anleggsmaskiner» for minigravere. Merkostnadene er angitt som prosent av økt investering sammenliknet med fossilt alternativ. Som vist spenner alternativene fra 20-145% og man ser at det er nokså variert fordeling i oppgitt merkostnad. De 10 søknadene med oppgitt merkostnad på 145% er alle fra samme søker, og er vist for seg selv ettersom disse påvirker statistikken betydelig. Gjennomsnittlig omsøkt merkostnad er **110%**.



Figur 18 - Merkostnader på investering i elektrisk alternativ for minigravere (definert til effekt under 40 kW).

Mellomstore og store gravemaskiner (> 40 kW):

Det er generelt et begrenset utvalg av gravemaskiner på markedet som er større enn 25 tonn. Det er tilgjengelig noen få modeller både med batteri og kabeldrevne.

Investering

Mellomstore maskiner (8-23 tonn)

For variantene som er tilgjengelig, så oppgir markedsaktører en investeringskostnad **på mellom 2 til 3 ganger kostnaden** av fossile anleggsmaskiner.

Leie

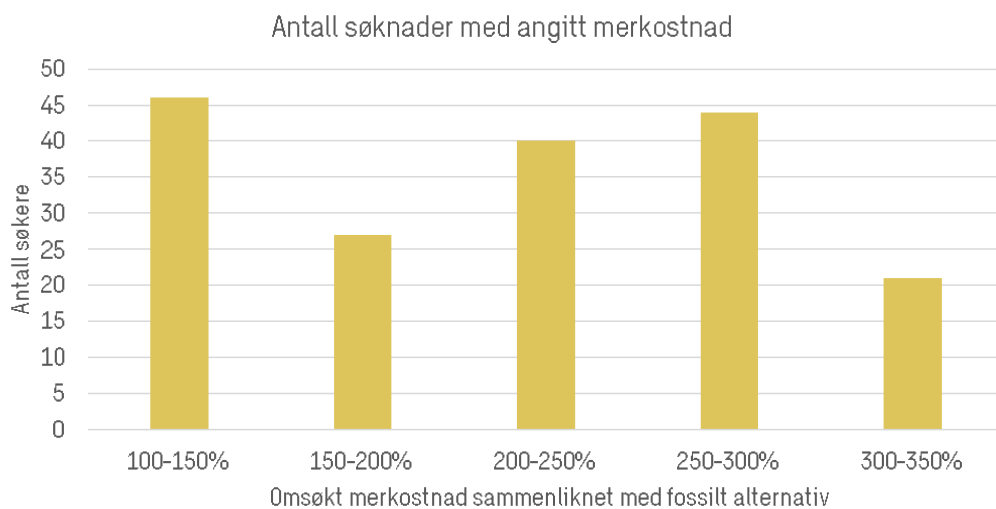
Identifiserte leiepriser er betydelig høyere enn tilsvarende fossile alternativ.

For en 9-tonns gravemaskin (42 kW) er det hos en aktør ca. **50% høyere** leiekostnad for den elektriske varianten sammenliknet med den fossile. Hos en annen aktør er det for to tilsvarende beltgravemaskiner nesten **tredobbel (200% merkostnad)** pris for den elektriske varianten.

Investering	Leie
Store maskiner (>23 tonn)	Begrenset utvalg på leiemarkedet. Identifisert et sammenliknbart alternativ på en 25-tonns beltegraver. Leieprisen for denne graveren er ca. dobbel (100% merkostnad) for den elektriske varianten sammenliknbar med den dieselbaserte maskinen. Den elektriske varianter av denne maskinen har en effekt på 120 kW.

Den manglende tilgjengeligheten av de største maskinene i markedet er bekreftet gjennom markedsdialog. Det har blitt uttrykt bekymring blant aktører om utfordringen som kan oppstå når flere prosjekter med krav til nullutslipp og store maskiner utlyses samtidig. I slike tilfeller vil det være vanskelig for aktørene å få tak i et tilstrekkelig antall utslippsfrie maskiner av stor nok størrelse. Gjennom dialog med markedet har det blitt avdekket hendelser i prosjekt hvor arbeidet og nullutslippsandelen er løst med to mindre gravemaskiner istedenfor en stor på grunn av den manglende tilgjengeligheten av de store gravemaskinene i markedet. Samtidig opplyser maskingrossistene at de har maskiner på lager.

Figur 19 viser et histogram som indikerer hvor stor merkostnad som har blitt oppgitt på hvor mange søknader i programmet «Utslippsfrie anleggsmaskiner» for gravemaskiner med effekt over 40 kW. Merkostnadene er oppgitt som prosentvis økt investeringskostnad sammenliknet med investering i fossilt alternativ. Som vist spenner alternativene fra 100 % til 350 %, og man ser at det er nokså spredt fordeling i oppgitt merkostnad. Gjennomsnittlig omsøkt merkostnad er **217%**. Man kan også se at sammenliknet med en tilsvarende graf for minigraverne, er omsøkte merkostnader for gravemaskinene over 40 kW betydelig høyere.



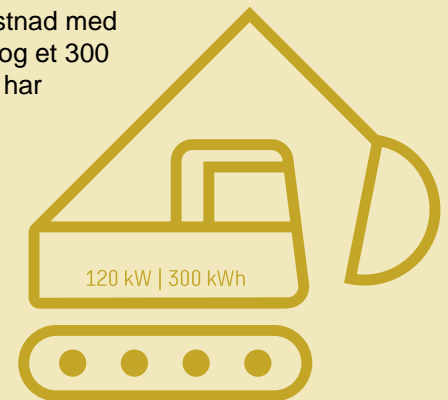
Figur 19 - Oversikt over antall søknader i hvilken kategori av omsøkte merkostnader for store, batterielektriske gravemaskiner.

Opgitt merkostnad for investering strekker seg fra dobbelt så dyrt til opp mot fire ganger så dyrt. Informasjonen grunnlaget er basert på strekker seg til at maskinen er >40 kW, men variasjon i størrelse i dette spennet er ikke oppgitt.

Case-beregning av 25 tonns gravemaskin

Sweco har gjennomført en detaljert bottom-up-beregning av investeringskostnad med utgangspunkt i en 25 tonns gravemaskin med motoreffekt på rundt 120 kW og et 300 kWh batteri. Dette er gjort for elektrisk og dieseldreven av samme type. Det har gjennom prosjektet vært formidlet høye investeringskostnader på elektriske anleggsmaskiner, og beregningen er gjort bottom-up for å validere hvilken størrelsesorden vi beregner merkostnaden til å være med utgangspunkt i informasjon mottatt av markedet. Kostnadene har brukt følgende antakelser:

- Det er antatt å være lik kostnad på chassis for diesel-dreven og batterielektrisk gravemaskin.
- Det er antatt en merkostnad for ombygging av elektrisk gravemaskin.
- Det er antatt en batteripris på 4 500 kr/kWh for batteri, og en noe forhøyet kostnad på elektrisk drivlinje sammenliknet med fossil drivlinje.

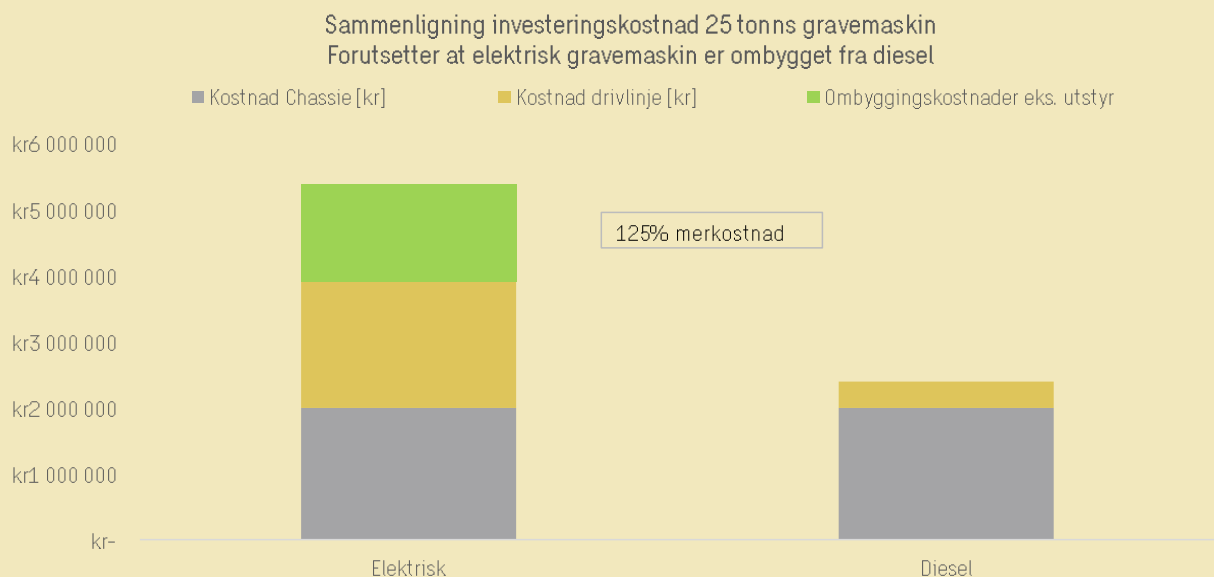


Beregningene er gjort for å validere om kostnadene i Enovas søknadssenter virker rimelige og samstemmer med kostnadsbildet som kan etableres med informasjon fra markedet.

Investeringskostnad, ombygging

Resultatene av beregningen, vist i Figur 20, konkluderer med at en elektrisk gravemaskin vil være **125%**, omtrent 2,3 ganger, dyrere enn en tilsvarende dieseldreven gravemaskin. Dette stemmer godt overens med informasjonen markedet har opplyst om investeringskostnader, og merkostnader som er omsøkt i Enovas støtteprogram. Beregningene er gjort for en stor gravemaskin, og markedet har også opplyst at prisforskjellen er lavere for de mindre graverne. Dette samsvarer godt med leiepriser som kan sammenliknes direkte hos utleieaktørene.

Totalt vil den elektriske gravemaskinen koste 5,4 MNOK, mens dieselmaskinen vil koste 2,4 MNOK. Kostnaden for chassis utgjør 37% av total kostnad, drivlinje inkludert batteri 36% og ombyggingskostnad 27% for den elektriske gravemaskinen.



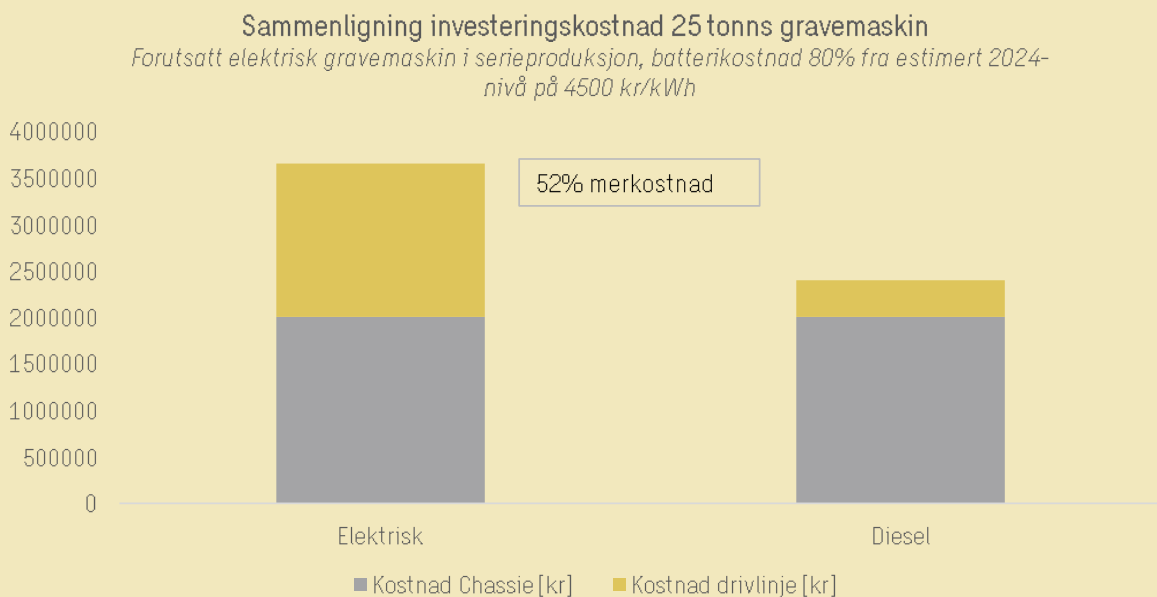
Figur 20 - Sammenligning av investeringskostnad for 25 tonns elektrisk- og dieseldrevne gravemaskin. Kostnadene er fordelt på investeringskostnad for chassis, drivlinje og ombyggingskostnad, hvor kun den siste er relevant for den elektriske varianten.

Innbakt i investeringskostnadene for drivlinje finner man elektromotor, batteri, kraftelektronikk, kjølesystem og ombordlader. Spesifikke kostnader som er lagt til grunn er 1000 kr/kW for elektromotor

og 4 500 kr/kWh for batteri. Ombyggingskostnadene innebærer installasjon, testing og kalibrering, software og noe usikkerhet. I tillegg er det forventet at prispåslaget for utvikling og design utgjør en betydelig andel, ettersom produksjonsvolumene er små. Sum for selve ombyggingskostnaden ekskludert noe utstyr, er totalt rundt 1,45 MNOK. Denne kostnaden er estimert ut fra ulike opplysninger fra markedet og egne vurderinger.

Investeringskostnad, serieproduksjon

Videre er det interessant å se på hvordan ulike faktorer vil påvirke prisutviklingen. Dersom maskinene kommer til serieproduksjon, kan man redusere det ekstra kostnadsleddet knyttet til ombygging. I tillegg vil serieproduksjon bidra til å senke de generelle kostnadene for elektrisk drivlinje. Spesielt er det ventet at batterikostnaden vil reduseres. Et nytt regne-eksempel hvor ombyggingsleddet er fjernet og batteriprisen er 80% av nivået definert som 2024-nivå, er vist i Figur 21:

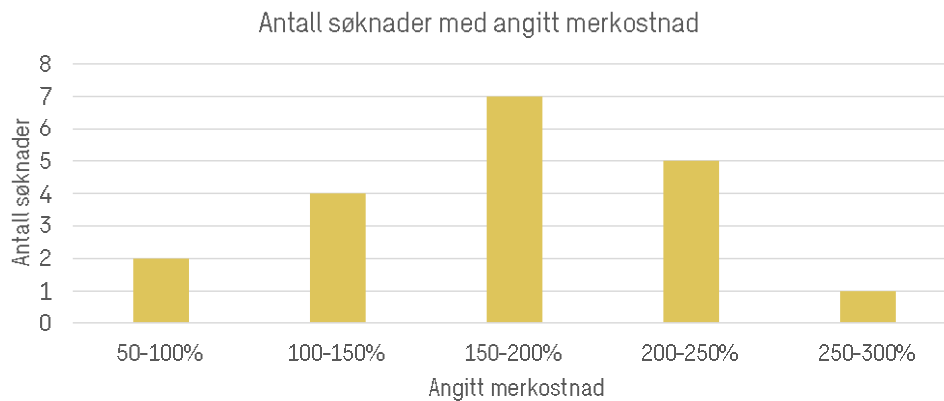


Figur 21 - Sammenligning av investeringskostnad for 25 tons elektrisk- og dieseldrevne gravemaskin. Kostnadene er fordelt på investeringskostnad for chassis og drivlinje, og ombyggingskostnaden er i dette regneeksemplet ekskludert.

Det er fortsatt forventet en noe høyere investeringskostnad, og dette stemmer godt overens med prisbildet som man ser på de mindre gravemaskinene som er kommet til serieproduksjon. I tillegg til investeringskostnaden på selve maskinen, har man investeringen i nødvendig infrastruktur, som bidrar til å øke totalkostnadene av utslippsfrie BA-plasser, selv om driftskostnadene er lavere. Disse kostnadene er forbundet med stor usikkerhet og variasjon fra prosjekt til prosjekt. Merkostnadene av utslippsfri BA-plass skal undersøkes nærmere i en studie for Miljødirektoratet høsten 2024.

Kabeldrevet gravemaskin (> 40 kW)

For de kabeldrevne gravemaskinene var det langt færre søkere i programmet. Det kan observeres en kurve som minner mer om en normalfordeling på merkostnad på mellom 150-200%, og at det er her tyngden av søknader innretter seg. **Den gjennomsnittlige merkostnaden er på 163%, men dette utvalget er betydelig mindre enn for de batterielektriske gravemaskinene.** På grunn av den høye merkostnaden for batterielektrisk drivlinje, er det forventet at kabeldrevne maskiner generelt har en lavere merkostnad enn batterielektriske gravemaskiner (for maskiner > 40 kW).



Figur 22 - Oversikt over antall søknader i hvilken kategori av omsøkte merkostnader for store, kabeldrevne gravemaskiner.

Hjullaster (> 2 tonn)

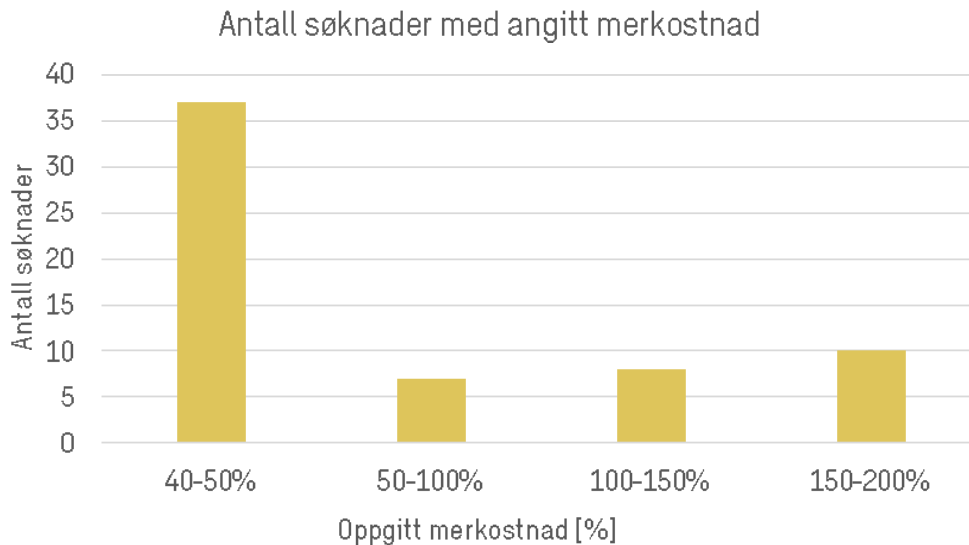
Det er gjennom markedsdialog ikke gitt noen sterke indikasjoner på hvordan investeringskostnaden for de tyngre hjullasterne er, og dette er et segment hvor det har vært noe mer utfordrende å kvantifisere kostnader. Ifølge en rapport fra 2021 fra Endrava⁴⁴ er også hjullasterne i en tidligere fase når det kommer til kommersialisering og serieproduksjon enn det gravemaskiner er. Det er færre tilgjengelige modeller på markedet sammenlignet med gravemaskiner. Det er likevel kommet noen modeller i det norske markedet, og man kan gå ut ifra at også disse modellene primært sett er ombygde maskiner.

Mens hjullasterne kan komme i store størrelser og 20-50 tonn, er de fleste identifiserte elektriske hjullasterne på 2-5 tonn. Det er likevel kommet et par tunge hjullasterne på markedet, og markedsdialog indikerer at det kinesiske markedet er kommet lengst på elektriske hjullasterne. Disse er importert til det norske markedet.

	Investering	Leie
Lette hjullasterne (< 2 tonn)	For lette hjullasterne (rundt 2 tonn) er den identifiserte prisforskjellen begrenset, og spenner fra sammenliknbar til opp mot 20%.	
Tyngre hjullasterne (> 2 tonn)	<p>Kramer sin variant (4 tonn) som har vært på markedet siden 2016, har en begrenset merkostnad på rundt 20%.⁴⁵</p> <p>Det er ikke lyktes å finne informasjon om investeringskostnader for tyngre hjullasterne enn denne.</p>	<p>Identifisert prisforskjell hos et par utvalgte aktører varierer mellom ca. 30-50% økt kostnad for hjullasterne på 4 tonn.</p> <p>Større hjullasterne er ikke identifisert hos utleier som oppgir pris. Elektrisk 20-tonns hjullaster funnet tilgjengelig hos utleier, men uten oppgitt pris.</p>

⁴⁴ Endrava (12.2021) *Utslippsfri drift i bygg- og anleggsbransjen*. Tilgjengelig på: <https://www.nordichydrogenpartnership.com/wp-content/uploads/2022/10/Markedsmuligheter-for-utslippsfri-drift-i-bygg-og-anleggsbransjen.pdf> Hentet 24.06.2024.

⁴⁵ Elbil.no (06.2021) *Doblet etterspørsel for elektriske hjullasterne det siste året*. Tilgjengelig på: <https://elbil.no/doblet-etterspørsel-for-elektriske-hjullasterne-det-siste-aret/>. Hentet 24.06.2024.



Figur 23 - Oversikt over merkostnader knyttet til søknader for hjullastere over 2 tonn.

Også for hjullastere over 2 tonn er det et stort spenn i oppgitt merkostnad, og høyeste merkostnad er betydelig lavere enn høyeste merkostnad for de største gravemaskinene. Man kan fra Figur 23 observere at det er søkt om 37 søknader med mellom 40-50% merkostnad. Av disse er 34 av dem knyttet til samme søker, og søknaden var mottatt på samme dato i Q2 i 2024. Disse er antakelig hjullastere som er ganske nær grensen på 2 tonn i størrelse. **Gjennomsnittlig omsøkte merkostnad er 81%.** Om man ekskluderer bolken med 37 søknader, så ser man større prisforskjell, helt opp mot 200%. Prisforskjellen varierer antakelig stort med størrelsen, da det er vesentlig forskjell på minihjullastere rett over 2 tonn, og store hjullastere på opp mot 20 tonn. Resultatet antyder at investeringskostnaden på langt nær er konkurransedyktig for hjullastere som er mindre eller nære 2 tonn.

Når det kommer til utstyr, er kun kompressorer undersøkt ettersom det gjennom kapittel 2.3.1 er beskrevet at det meste av utstyr i dag er elektrifisert, og infrastrukturkostnadene er drivende.

	Investering	Leie
Kompressor	Ukjent	<p>Marginal prisforskjell hos utleieaktør på en mindre elektrisk og dieseldrevet kompressor med samme spesifikasjoner (25/35 kW).</p> <p>Prisforskjell på ca. 30% mellom to tilsvarende varianter hos annen leieaktør (60 kW).</p> <p>Lite utvalg av store kompressorer hos de vurderte utleieleverandørene (>100 kW).</p>

3.4.2 Investeringskostnader energiinfrastruktur

Det har gjennom dette prosjektet vært et mindre fokus å avklare kostnader knyttet til energiinfrastruktur. Hovedårsaken til dette er at hvert unike prosjekt vil kreve en egen tilrettelegging av energiinfrastruktur, og påkrevd infrastruktur er svært avhengig av planleggingen og logistikken man legger opp til på BA-plassen. Videre vil kostnader knyttet til nettoppgradering, og eventuelt påkrevd batteriinfrastruktur, være avhengig av lokasjon og effekttilgangen på den aktuelle lokasjonen, så vel som hvilke maskiner og utstyr som skal benyttes. Vi har gjennom dette prosjektet også avdekket at det i mange tilfeller kan redusere batteribehovet betydelig med optimal planlegging av byggeplassen, og dette er en viktig driver for å redusere kostnadsaspektet.

Det kan likevel gis noen generelle kostnadsaspekter rundt energiinfrastruktur. Stasjonære batterier i battericontainere er en av variantene som kan benyttes på byggeplass, som beskrevet i kapittel 2.5.2, og kommer gjerne i kapasiteter på mellom 800-1000 kWh i 10-fots containere. Erfaringsmessig

varierer slike battericontainere mye i pris mellom ulike leverandører, men kan forventes å ligge et sted mellom 4 MNOK og 8 MNOK for investering (for 1 MWh). Investeringskostnadene for ladeinfrastruktur er usikre, og de avhenger også av effekt, antall ladepunkt, og om de har medfølgende batteri.

	Investering	Leie
Battericontainer	Rundt 1 MWh: 4 MNOK til 8 MNOK (inkl. energistyring)	Utleieaktør: 4300 kr/dag (576 kWh)
Ladeinfrastruktur	Erfaringsbasert: ca. 500 000 NOK per ladepunkt for hurtiglading (> 100 kW). Forventet merkostnad knyttet til mobile ladepunkter med energilagring	Utleieaktør: 1512 kr/dag (200 kW) – uten batteri
Lade- og lagringshenger	Lagring (rundt 200 kWh) og et hurtigladedepunkt: estimert rundt 2.5 MNOK	Ikke identifisert

3.4.3 Driftskostnader

Basert på intervjuene og spørreundersøkelsene som er gjort i dette prosjektet, er det tydelig at investeringskostnad oppleves som en nøkkelbarriere for omstilling til utslippsfrie BA-plasser. Det som også kommer frem, er at det ikke er like stor interesse for påvirkningen utslippsfrie maskiner har på driftskostnadene i et prosjekt. Ingen av aktørene som er intervjuet oppgir at de har gjort egne beregninger for eventuelle kostnadsbesparelser i drift dersom de bytter ut den fossile maskinen med en utslippsfri variant. Det er derimot kjent og forventet at driftskostnadene er lavere, selv om nøyaktig anslag er ukjent.

Driftskostnadene for anleggsmaskiner kan deles i to hovedkategorier, nemlig vedlikeholdskostnader og drivstoffkostnader. Når det gjelder vedlikehold så følger dette generelt de samme prinsippene som for dieseldrevne alternativer. Det oppgis i intervjuer at det oppleves en noe større usikkerhet rundt vedlikeholdet av elektriske maskiner, og at det er behov for kompetanseheving i bransjen. Markedet for elektriske anleggsmaskiner er nytt og umodent, og det er dermed også begrenset med erfaring å hente når det kommer til vedlikehold av en elektrisk maskinpark. Dette vil naturligvis bedre seg over tid. Basert på markedsinformasjon kan man i utgangspunktet forvente en lenger levetid på elektriske drivlinjer enn på dieseldrevne drivlinjer, som beskrevet i Kapittel 2.2.3. Dette vil spre kostnadene utover en forlenget levetid og gi potensiale for økt annenhåndsverdi. Basert på markedsdialogen oppleves annenhåndsmarkedet likevel som usikkert, og det krever trolig noen år med erfaring, både rundt den reelle levetiden og den faktiske restverdien på batteridrevne maskiner, for at aktørene skal kunne vektlegge dette aspektet i høyere grad.

Den store forskjellen i driftskostnader er knyttet til drivstoff. I tillegg til at kostnaden for fossilt drivstoff er høyere enn strøm, så har dieselmotorer en betydelig lavere virkningsgrad enn elektriske motorer. Man bruker også mindre energi på tomgang, noe som er en utfordring med fossile maskiner. Samlet betyr dette at en elektrisk maskin vil bruke betydelig mindre energi på å utføre det samme arbeidet som en fossil maskin. En kostnadsdrivende faktor er eventuelt behov for supplerende infrastruktur. Flere aktører oppgir at de har erfart at det har oppstått uforutsette behov i prosjektgjennomføringen når de har benyttet utslippsfrie maskiner, noe som har vært kostnadsdrivende. Dette kan eksempelvis

Flere aktører oppgir at de har erfart at det har oppstått uforutsette behov i prosjektgjennomføringen når de har benyttet utslippsfrie maskiner, noe som har vært kostnadsdrivende.

Dette kan eksempelvis være behov for økt nettkapasitet eller supplerende stasjonært batteri.

Kostnader og omfang av behov for infrastruktur til utslippsfrie maskiner oppgis som usikkerhetsmomenter.

være behov for økt nettkapasitet eller supplerende stasjonært batteri. Kostnader og omfang av behov for infrastruktur til utslippsfrie maskiner oppgis som usikkerhetsmomenter.

Sweco utarbeidet i 2023 en rapport på oppdrag for Maskinentreprenørerna, som er den svenske bransje- og arbeidsgiverorganisasjonen for maskinentreprenører. Rapporten heter «*Vad kostar ett elektrifierat vägprojekt*»⁴⁶, og tar for seg kostnadsberegninger for et svensk vegprosjekt på seks kilometer. Beregningene i rapporten viser at driftskostnadene, uten vedlikehold, for de elektriske maskinene er 55 % lavere enn for de dieseldrevne maskinene, og enda lavere om man sammenligner med maskiner som går på HVO. Dette er relativt til svenske priser, men vil være sammenlignbart til hva man kan forvente i det norske markedet.

I intervjuer oppgir flere ulike aktører at det er en kjent sak at driftskostnadene for elektriske maskiner er lavere enn for fossildrevne maskiner. Samtidig oppgir de samme aktørene at de har gjort få eller ingen beregninger på lønnsomhet i et livsløpsperspektiv. Dette har flere grunner. For det første er det en komplisert øvelse, ettersom de elektriske maskinene er mer umodne i drift enn sine fossile motparter, og dermed har mange flere usikkerhetsmomenter knyttet til seg.

En annen grunn til at få aktører har gjort grundigere beregninger av lønnsomhet i et livsløpsperspektiv for utslippsfrie maskiner, skyldes at investeringskostnaden er viktigere for deres horisont. Flere aktører oppgir at investeringskostnaden oppleves som så høy at risikoen for å gå til innkjøp av utslippsfrie maskiner er for stor. Da blir det mindre viktig for aktørene om investeringen er lønnsom på lang sikt. Spesielt mindre aktører har gjerne ikke evnen til å bære denne risikoen.

Kort oppsummert, er det identifisert at markedet primært fokuserer på investeringskostnader for utslippsfrie maskiner, og i mindre grad driftskostnader. Aktører i markedet påvirkes av en vanskelig makroøkonomisk situasjon preget av høy inflasjon, økte rentekostnader og økt uforutsigbarhet, noe som gjør den høyere investeringskostnaden mer utfordrende. Investeringen i utslippsfri teknologi omfatter også kostnader til strømtilførsel, batterier og ladelogistikk, og en investering i nødvendig infrastruktur for maskinene øker også totalkostnadene selv om driftskostnadene blir lavere. Dette kan til dels forklare hvorfor aktørene er mer opptatt av investeringskostnaden og i mindre grad driftskostnadene, ettersom investeringen anses som en stor barriere.

Mangelen på konkurranse blant leverandører av store batterielektriske maskiner bidrar også til høyere kostnader. Det er identifisert merkostnader knyttet til kabeldrevne gravemaskiner, hjullaster og kompressor samt kartlagt kostnader knyttet til energiinfrastruktur i dette kapittelet. En detaljert kostnadsanalyse av en 25 tonns elektrisk gravemaskin viser at den koster omtrent 2,3 ganger mer enn en dieselsversjon, noe som stemmer overens med markedets opplysninger. Investeringer av ulike maskintyper er det observert at varierer betydelig, med mellomstore maskiner som typisk koster 2-3 ganger mer enn fossile alternativer. I tillegg er det i prosjektet kartlagt at leieprisene for elektriske maskiner er høyere enn for tilsvarende fossile varianter.

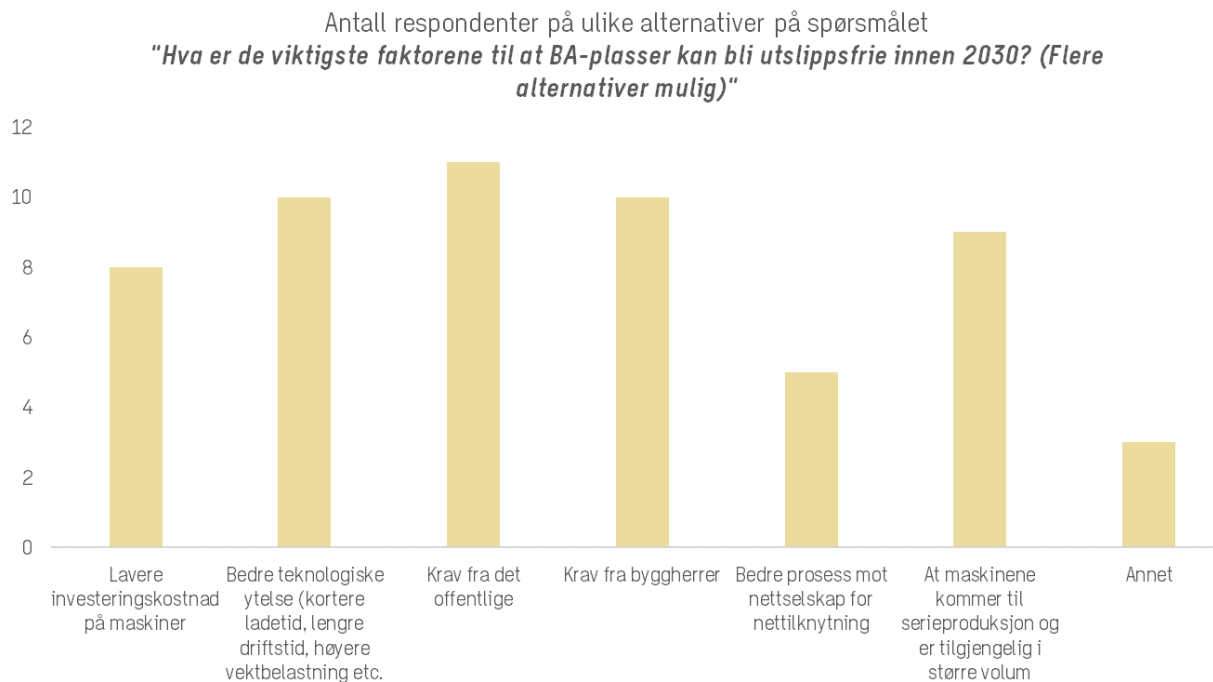
3.5 Barrierer og drivere

I dette kapittelet vil identifiserte barrierer og drivere som avdekket gjennom teknologi- og markedsstatus, og i tillegg vil noen resultater fra spørreundersøkelser for å underbygge påpekte drivere og barrierer fra markedsaktørene presenteres.

Ingen av aktørene fra de innledende intervjuene oppga utfordringer knyttet til maskinenes prestasjon under drift, og pekte heller på høye investeringskostnader, manglende krav og skjev konkurranse som de mest utfordrende aspektene knyttet til overgang til utslippsfrie maskiner. Dette defineres som markedsorienterte barrierer. I spørreundersøkelsene ble derimot mangel på tilstrekkelig ytelse påpekt som en barriere for utslippsfrie BA-plasser av en stor andel av respondentene, og en tilsvarende andel av respondentene svarte at bedre teknologisk ytelse er en viktig faktor for overgangen mot utslippsfrie maskiner. I spørreundersøkelsen ble «Ikke tilstrekkelig ytelse i maskinene» gitt som et mulig alternativ for barriere knyttet til å nå utslippsfrie BA-plasser i 2030, og halvparten av respondentene krysset av for dette alternativet. Samtidig fikk respondentene mulighet til å velge alternativer for hva som er de viktigste faktorene til at man kan oppnå utslippsfrie BA-plasser i 2030, og et av alternativene var

⁴⁶ Sweco (10.2023) *Vad kostar ett elektrifierat vägprojekt?* Tilgjengelig på: <https://www.me.se/globalassets/medlemskap-media/om-oss/mes-elektrifieringsrapport-2023-10-31.pdf> Hentet 05.09.2024.

«Bedre teknologisk ytelse (kortere ladetid, lenger driftstid, høyere vektbelastning, etc.)». Over 70% av respondentene krysset av for dette alternativet, som endte opp med å bli den nest viktigste faktoren for å nå målet om utslippsfrie BA-plasser i 2030, utenom krav fra byggherrer og fra det offentlige, se Figur 24.



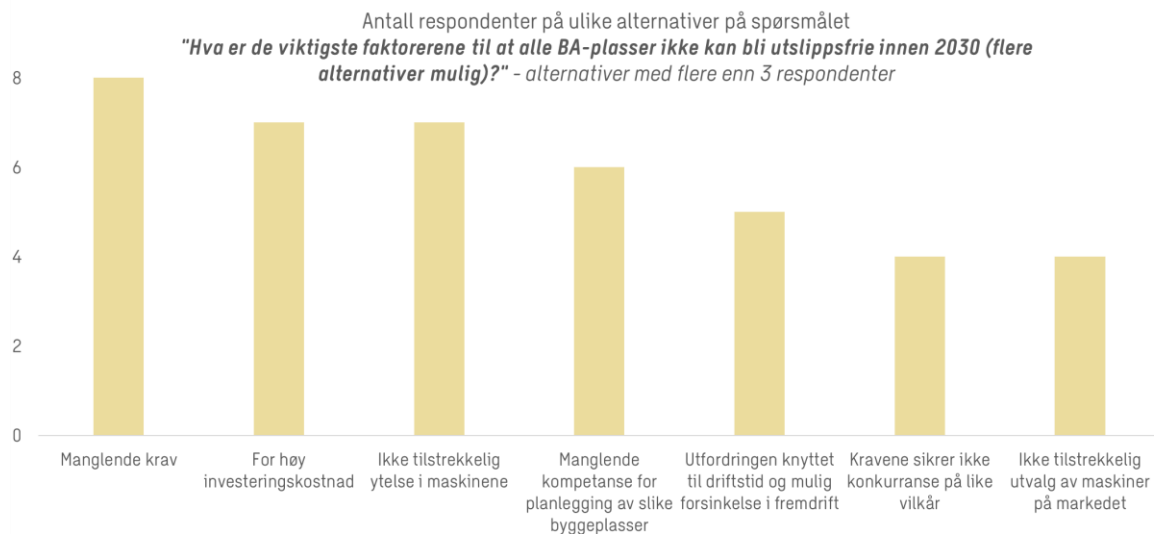
Figur 24 - Svar fra aktører om hvilke faktorer som er drivere for at BA-plasser kan bli utslippsfrie innen 2030.

Dette er et interessant funn tatt i betraktning at hverken de muntlige intervjuene eller eksisterende litteratur peker på teknologien og ytelsen til teknologien som utfordring i seg selv. Alternativene listet i spørreundersøkelsen kan dermed tenkes å ha hatt en «førende» effekt, og at flere av respondentene har krysset av for dette alternativet fordi det var et tilgjengelig alternativ. Samtidig ble det i høy grad fokusert på investeringskostnad i flere av de muntlige intervjuene. Ettersom intervjuobjektene i en slik situasjon kan ha vært ekstra oppmerksom på at studiet gjennomføres på vegne av Enova, som bidrar til investeringsstøtte, kan dette ha rettet søkelys på investeringskostnad og bort fra andre barrierer, som for eksempel ytelse. Det er dermed noe utfordrende å komme til en klar konklusjon på hvorvidt teknologisk utvikling vil være av vesentlig betydning for videre utvikling av utslippsfrie BA-plasser.

Videre kan teknologisk ytelse være knyttet mot kostnadsaspektet og «hva man får for pengene». Når investeringskostnaden i dag er betydelig høyere enn for fossile maskiner, kan det oppleves som en ekstra barriere at teknologien i tillegg krever mer planlegging og tilrettelegging. Dersom investeringskostnaden var lik, er det ikke sikkert at aktørene hadde pekt på ytelsen som en barriere. Selv om flere av respondentene har oppgitt tilstrekkelig ytelse som både en viktig driver og at dagens ytelse er en barriere, vil det i sammenheng med intervjuene ikke tolkes som en vesentlig faktor for overgangen mot utslippsfrie BA-plasser. Det er derimot et viktig aspekt knyttet til driftstiden, da en forbedret teknologisk ytelse knyttet til ladetid vil kunne gjøre utslippsfrie BA-plasser enda mer likt dagens fossile BA-plasser, og igjen redusere kravene til kompetanse på planlegging og logistikk for optimal flyt på byggeplassen.

Teknologiutvikling og mangel på tilstrekkelig ytelse i maskinene kan også knytte seg til flere ulike faktorer, både til selve batteriet sin brukstid, ladehastighet, og driftskapasitet, samt ytelsen til tilhørende infrastruktur i form av ladehastighet, kapasitet og pålitelighet. Da dette ikke er spesifisert i alternativene i undersøkelsen, er det utfordrende å si konkret hvilken del av ytelsen aktørene mener må forbedres. Det kan derimot tenkes at den manglende ytelsen er sammenlignet med den høye investeringskostnaden, og at manglende ytelse ikke hadde blitt påpekt dersom investeringskostnaden var tilsvarende eller lavere enn det fossile alternativet.

I tillegg har aktørene i stor grad pekt på manglende krav som en barriere for veien mot utslippsfrie BA-plasser i 2030. I spørreundersøkelsen fikk respondentene mulighet til å svare på en rekke ulike barrierer for å nå utslippsfri BA-plass innen 2030, se Figur 25:



Figur 25 - oversikt over respondenter på ulike svaralternativer på spørsmålet: hva er de viktigste faktorene til at alle BA-plasser ikke kan bli utslippsfrie innen 2030 (flere alternativer mulig).

Manglende krav ble påpekt som den viktigste faktoren av respondentene. Som vist i Figur 24, fikk respondentene også mulighet til å svare på hva som er de viktigste faktorene for å nå utslippsfri BA-plass i 2030, og på dette spørsmålet svarte nesten samtlige respondenter i alle aktørkategorier at både krav fra det offentlige og krav fra byggherrer er de viktigste faktorene. Til tross for at det er strenge krav under oppseiling fra de største kommunene fra 2025, er altså krav påpekt som den viktigste driveren og manglende krav som den viktigste barrieren blant respondentene.

En annen utfordring som er utpekt, er kjørelengde før maskinene skal arbeide. Kjøring til arbeidsstedet bruker mye av batteriet, **og det kan derfor være en utfordring knyttet til driftstid dersom maskinene må kjøre et stykke dit de skal arbeide.**

I tillegg kan arealbruken til utslippsfrie BA-plasser utgjøre en utfordring. Maskinene har like stort arealmessig fotavtrykk som fossile maskiner, men det vil være et økt arealbehov tilknyttet et eventuelt behov for supplerende infrastruktur. I tillegg kan det tenkes at det i noen tilfeller vil benyttes to mindre gravemaskiner i stedet for en stor for å løse ladelogistikken, som også vil kreve et økt areal. Dette kan være en utfordring i urbane byggeprosjekter hvor det er arealmessige begrensninger. Dette ble påpekt på befaring på en urban byggeplass hvor det var tilrettelagt for mest mulig utslippsfritt, men hvor det hadde vært utfordringer med å gjøre plass til supplerende infrastruktur.

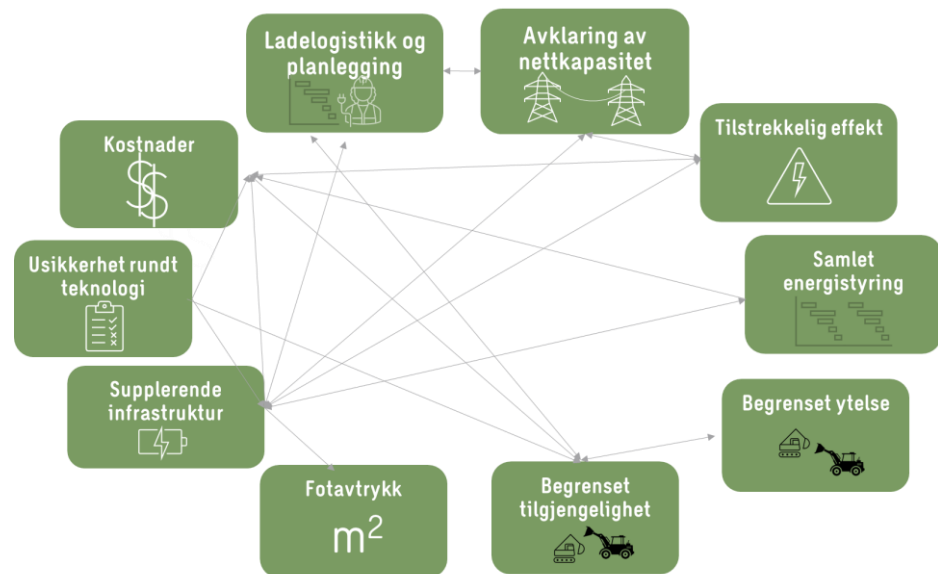
Kort oppsummert opplyser markedet generelt at de utslippsfrie anleggsmaskinene får jobben gjort og ikke gir store utfordringer på byggeplass. Det kreves noe ekstra tilpasning, men med tilpasningene som kreves, opplyses maskinene å fungere godt. Det er likevel noen barrierer som trekkes frem, illustrert i Figur 26.

- Manglende utvalg av tunge maskiner.
 - I tillegg bidrar de lokale variasjonene i krav til at det er en skjevfordeling av hvor utslippsfrie alternativer befinner seg, og det kan vanskeliggjøre tilgang på slike maskiner i områder hvor det ikke har vært stilt krav, men hvor man ønsker å benytte utslippsfrie maskiner.
- Det kan oppstå utfordringer i prosjekt hvor maskinene har en transportetappe før utførelse av arbeid, da dette krever mye energi.
- Enkelte segment med begrenset utvalg i nullutslippsteknologi (asfaltlegging, brønnboring).

- Ladehastighet er avgrenset både på maskinsiden og på strømsiden. Høyere effekt både på maskinsiden og strømsiden kan sikre at lunsjpausen er tilstrekkelig for lading.
- Prosessen rundt nettilgang, ladelogistikk og planlegging.
 - Uavklart prosess som ikke er strømlinjeformet, og som varierer mellom å bli utført av byggherre, entreprenør, rådgivere og energitjenesteleverandører. Sistnevnte som kan være en barriere for optimal energiplanlegging da energitjenesteleverandørene tjener på større/flere batteripakker.
 - Manglende kompetanse for planlegging av utslippsfrie BA-plasser, som kan hindre at prosjekter blir løst så effektivt som mulig.
 - Tilgjengelig effekt kan være mindre enn ønsket/forventet og dermed utløse behov for dyre nettilknytninger eller supplering med energi gjennom batteri/aggregat.
 - Manglende toppstyringssystemer for samlet energistyring
- Usikkerhet rundt teknologi og aspekter som om teknologien fort vil bli utdatert, hva som er annenhåndsmarkedet og forventet levetid.
- Økt arealbruk kan i enkelte urbane prosjekt/prosjekt være en utfordring, spesielt hvis det er behov for supplerende energi med batteribanker eller en endret maskinpark for å løse ladelogistikken.
- Helhetlige energistyringssystemer

Som beskrevet kan også effektiv brukstid gå opp ettersom man reduserer tomgangskjøring, og virkningsgraden til maskinene øker kraftig ved å skifte ut fossilt drivstoff med elektrisitet.

Kravet som flere store kommuner i Norge har stilt (Bergen, Oslo, Stavanger, Drammen) er at alle kommunens egne BA-prosjekter skal være utslippsfrie fra 01.01.2025 og at alle kommunens byggeprosjekt (uavhengig av byggherre), skal være utslippsfrie innen 2030. Tidligere har lovhjemmelen for dette blitt satt i tvil, men i august 2024 kom regjeringen med et høringsforslag som skal gjøre det enklere for kommunene å stille slike krav lokalt. Hvorvidt denne høringen går gjennom, og kommunene får innlemmet riktig forskriftsendring i forurensingsloven før kravene skal tre i kraft 01.01.2025, er uvisst. Dette har likevel størst betydning i årene fram mot 2030, ettersom kommunen som byggherre sannsynligvis vil følge målsetningen uavhengig av om det formelt sett er stilt krav fra kommunen. Dette kan dermed bistå til en usikkerhet i hvorvidt kravene vil gjøre seg gjeldende for private byggherrer eller ikke i årene som kommer. Som påpekt gjennom resultatene fra undersøkelsen anser bransjen kravene som en viktig driver for videre utvikling av utslippsfrie BA-plasser.



Figur 26 - Oversikt over noen barrierer rundt utslippsfrie BA-plasser og hvordan de henger sammen.

Figur 26 - Oversikt over noen barrierer rundt utslippsfrie BA-plasser og hvordan de henger sammen.

Markedsutvikling

4 Markedsutvikling

I dette kapittelet gjøres en helhetlig vurdering av fremtidig markedsutvikling for nullutslipp bygg- og anleggsplasser. Vurderingen inkluderer teknologispesifikke aspekter knyttet direkte til utslippsfrie maskiner og infrastruktur. Som beskrevet i Kapittel 2, er det vurdert at markedsmessige faktorer hindrer utslippsfrie BA-plasser i større grad enn teknologimessige faktorer. Selv om det enda er faktorer som begrenser teknologien, er ikke dette sett på som den største barrieren i overgangen til utslippsfrie BA-plasser.

De største markedsmessige utfordringene er identifisert som:

- **Etterspørselen** er for lav, som begrenser produksjonsvolumene og konkurransesituasjon.
- **For høye investeringskostnader**, og usikkerhet rundt kostnadsbildet på supplerende teknologi som energiforsyning.
- **Regionale forskjeller** på krav og støtteordninger.
- **Manglende kompetanse** knyttet til planlegging og logistikk av byggeplass.

Det er samstemthet både i intervjuer, i spørreundersøkelse og litteratur, om at utviklingen fra ombygging til serieproduksjon må skje med markedskrefter utenfor Norge. Den norske utskiftningsfrekvensen er på rundt 4 500 anleggsmaskiner i året for alle maskintyper samlet. Samferdselsdepartementet definerer en maskinserie å være på 1 000 maskiner, for en enkelt maskinvariant⁴⁷. Selv med maskinvarianter som krever mindre serier enn dette vil det norske markedet alene være for lite til å bidra til å muliggjøre serieproduksjon. Aktører har ulike mål for når serieproduksjon kan starte opp, men det avhenger av etterspørselen i markedet. Flere aktører har påpekt at etterspørselen er redusert siden 2022, som kan bidra til å kjølnе markedet og utsette en mulig serieproduksjon.

Flere av foregangskommunene i Norge har satt seg ambisiøse mål når det gjelder grad av utslippsfrie BA-plasser innen 2030. Å nå disse målene vil kreve en omstilling av maskinparken, og en markant økning i nysalg av utslippsfrie maskiner. Basert på begrensninger innen produksjon, teknologi og marked, er dette å anse som urealistisk. Andelen nysalg av utslippsfrie maskiner de siste årene har vært relativt lav, og ved en fremskriving basert på historisk utvikling vil man komme til et beskjedent utskiftningsvolum frem mot 2030. Basert på markedsdialog er det trolig at markedsutviklingen vil skje raskere enn historisk utvikling, men ikke raskt nok til å nå målene som er satt. Ettersom det blir stilt høye og ambisiøse krav i flere av de største kommunene i Norge, vil det trolig være en økning i antall utslippsfrie prosjekt i Norge i årene som kommer, som leder til en større utslippsfri maskinpark, spesielt i områder som har satt krav. De positive effektene som utslippsfrie maskiner bringer med seg, kan også bidra til at utviklingen går fortere enn antatt. Den generelle makroøkonomiske situasjonen, kombinert med betydelig høyere investeringskostnader, kan sinke utviklingen.

Det er samstemthet både i intervjuer, i spørreundersøkelse og litteratur, om at utviklingen hvor markedet tas fra ombygging til serieproduksjon må skje med markedskrefter utenfor Norge. Å komme til serieproduksjon som kan bidra til å presse prisene krever betydelig større volumer enn det det norske markedet kan oppfylle, selv ved 100 % utslippsfri maskinpark.

Det fremkommer også gjennom intervju, spørreundersøkelse, og erfaring med utslippsfrie BA-prosjekt, at etterspørselsiden i all hovedsak drives av byggherrene. Prosjektene svarer ut det som byggherrene etterspør, og når byggherrene stiller krav til, eller etterspør utslippsfri BA-plass, fungerer dette som en sentral driver. Byggherrene kan stille krav enten gjennom direkte krav om utslippsfrie BA-plasser, eller gjennom ulike miljøsertifiseringer som også kan ha delkrav om utslippsfri andel.

Leverandørsiden er også en pådriver for utslippsfrie BA-plasser. Ettersom utvalg og kvalitet blir bedre, og kostnader blir redusert, har utførende parter naturligvis sterkere incentiver for å vurdere utslippsfrie

⁴⁷ Samferdselsdepartementet (2021) *Handlingsplan for fossilfrie anleggsplasser innen transportsektoren*. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/3d6b7057d6eb4e50a97c9f8d2eb50896/handlingsplan-for-fossilfrie-anleggsplasser-innen-transportsektoren..pdf>. Hentet 05.09.2024.

maskiner. Desto høyere drivstoff-prisene blir, desto større motivasjon kan aktørene ha for å selv ønske å gå over til utslippsfrie maskiner. I tillegg kan aktørene se på overgang til utslippsfrie anleggsmaskiner som en konkurransefordel, men dette forutsetter et bredt tilbud. Blant intervjuobjektene var det flere som pekte på konkurransesituasjonen som en viktig driver for å skaffe seg utslippsfrie anleggsmaskiner. Dette gjør seg også gjeldende med utvalg fra energitjenesteleverandørene og teknologileverandører for infrastruktur.

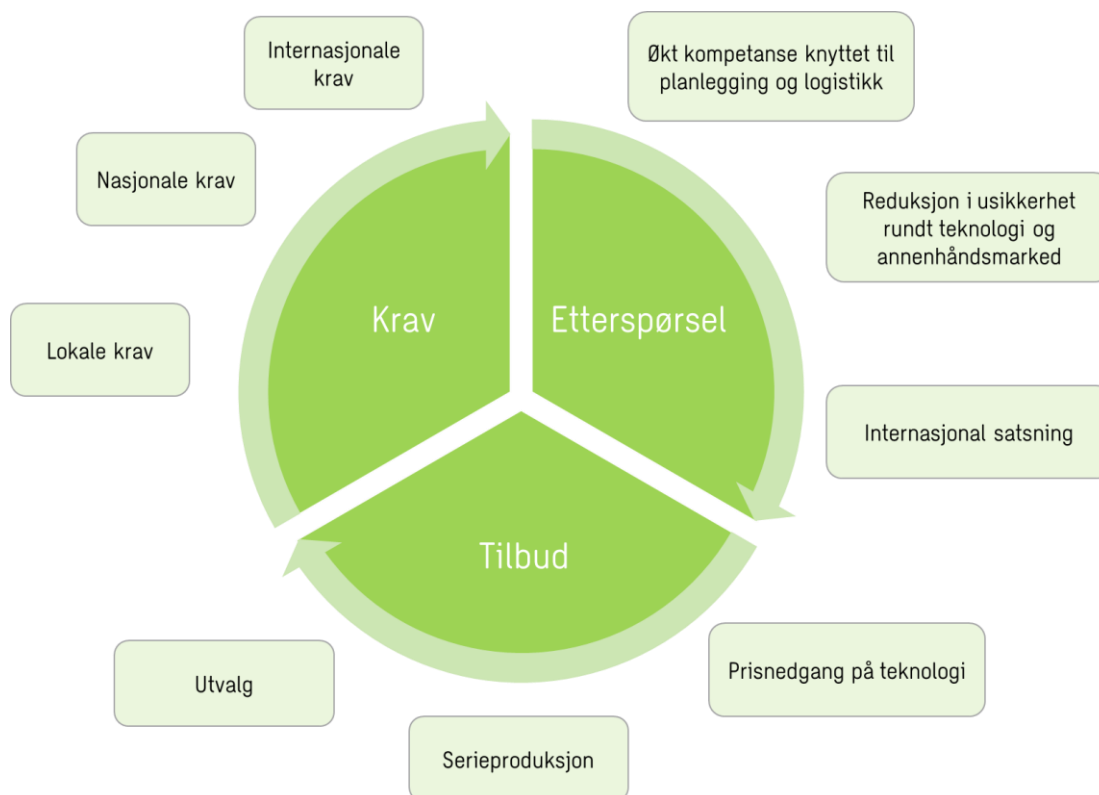
Driverne i markedsutviklingen kan beskrives enkelt med fire hovedkategorier:

- Krav
- Etterspørsel
- Tilbud

Disse driverne er sammenkoblet og påvirker hverandre i en lukket sirkel, som illustrert i Figur 27. Kravene er, ifølge de fleste markedsaktørene, ofte utpekt som startpunktet for denne sirkelen og utpekt som en viktig drivkraft. I Norge ser vi tydelige eksempler på hvordan slike krav har bidratt til å drive markedet fremover, men den norske etterspørselen er ikke tilstrekkelig til å oppnå ønsket utvikling.

Når det oppnås tilstrekkelig etterspørsel etter utslippsfrie maskiner i det globale markedet, vil dette også stimulere tilbudssiden. En høy global etterspørsel vil kunne utløse økt produksjon og økt konkurranse, noe som kan føre til serieproduksjon og lavere kostnader for teknologi. Denne dynamikken er viktig, ettersom serieproduksjon er sterkt avhengig av støtte fra flere markeder utenfor Norge.

Som en konsekvens av at maskinene blir mer tilgjengelige til reduserte kostnader, kan dette igjen føre til strengere krav fra myndigheter og markedet, og dermed skape en selvforsterkende syklus. Disse driverne – krav, etterspørsel og tilbud - er derfor nært sammenkoblet i den forventede markedsutviklingen for utslippsfrie maskiner.



Figur 27 - Illustrasjon av drivere i markedsutviklingen av utslippsfrie maskiner og hvordan disse påvirker hverandre.

For å illustrere mulige utviklingsbaner innen markedet er det gjort en regneøvelse på hvor mange prosjekter som kan løses utslippsfritt, basert på fastsatte mål om andel utslippsfrie maskiner i nysalg frem mot 2030.

Enkelt regnet, eksisterer det omtrent 50 000 anleggsmaskiner i det norske markedet i dag, og disse antas å utføre omtrent 3 000 prosjekter i løpet av 2024. Det vil si at per prosjekt finnes det ca. 17 maskiner. Det er ikke slik at alle disse 17 maskinene til enhver tid er i bruk. Tallet inneholder også de maskinene som for eksempel utleiefirma har på depot, klar for utlån, og naturligvis en viss andel maskiner til reparasjon og vedlikehold. Likevel er dette antall maskiner i markedet som dekker etterspørselen. Videre antas det at disse tallene vil være gjeldende også i 2030. Dette innebærer en antakelse om at belegget på de 50 000 maskinene holder seg likt. Ved inngangen til 2024 var det i overkant av 700 utslippsfrie maskiner på markedet, og 210 av dem ble kjøpt i løpet av 2023. For å illustrere mulighetsrommet i markedsutviklingen antas tre ulike mål for grad av utslippsfrie maskiner i nysalg. Disse banene er fremstilt i Tabell 10.

Tabell 10 - Tre ulike mål om andel nysalg av utslippsfrie maskiner i 2030, og definerte fremskrivningsbaner med årlig økende andel utslippsfrie maskiner i nysalg for å oppnå dette målet.

Årstall	50 % nysalg bane	70 % nysalg bane	100 % nysalg bane
2023	4,6 %	4,6 %	4,6 %
2024	10 %	10 %	10 %
2025	15 %	20 %	25 %
2026	20 %	30 %	40 %
2027	25 %	40 %	55 %
2028	30 %	50 %	70 %
2029	40 %	60 %	85 %
2030	50 %	75 %	100 %

Basert på disse banene finnes det akkumulerte antall utslippsfrie maskiner i markedet i 2030 presentert i Tabell 11.

Tabell 11 - Antall utslippsfrie maskiner i markedet i 2030, basert på ulike mål om andel utslippsfrie maskiner av nysalg.

Årstall	Nysalg utslippsfrie 50 % bane	Nysalg utslippsfrie 75 % bane	Nysalg utslippsfrie 100 % bane
2023	210	210	210
2024	459	459	459
2025	688	918	1 147
2026	918	1 377	1 836
2027	1 147	1 836	2 524
2028	1 377	2 295	3 212
2029	1 836	2 753	3 901
2030	2 295	3 442	4 589
Akkumulert antall utslippsfrie maskiner i markedet	8 930	13 290	17 878

Prosjekter som benytter utslippsfrie maskiner, har ulik grad av utslippsfri drift. Noen BA-plasser vil være 100 % utslippsfrie, og andre vil ha en lavere andel. Denne fordelingen vil ha mye å si med tanke på hvor mange prosjekter som får dekket sitt behov for utslippsfrie maskiner. Dersom det antas at alle

prosjektene skal utelukkende bruke utslippsfrie maskiner, får man følgende beregning, presentert i Tabell 12.

Tabell 12 – Resultater fra fremskrivingen når andel utslippsfrie maskiner per prosjekt blir 100 %. Tilsvare scenario 1 i Figur 28.

	Andel av utslippsfrie maskiner per prosjekt		
	50 % nysalg bane	75 % nysalg bane	100 % nysalg bane
Gjennomsnittlig antall utslippsfrie maskiner tilgjengelig på markedet per prosjekt	100 % 17		
Mulig antall prosjekter med utelukkende utslippsfrie maskiner	536	797	1 073
Andel av totalt antall prosjekter	18 %	27 %	36 %

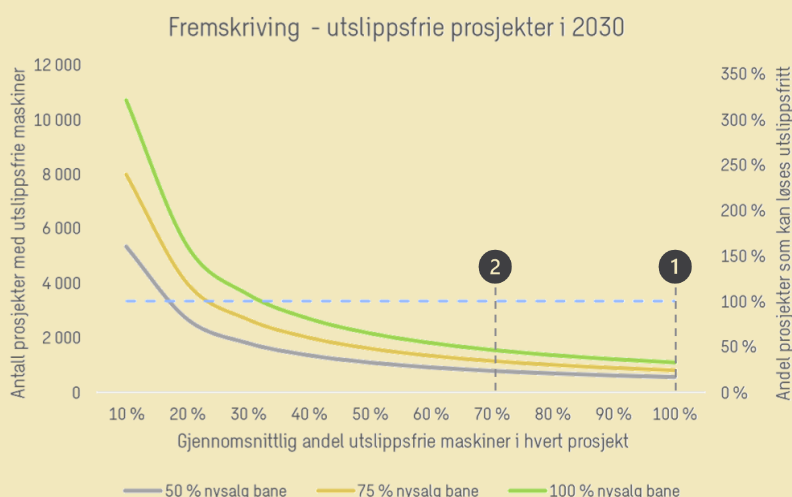
Dersom man i stedet antar at alle BA-prosjekter skal ha 70 % utslippsfri andel i maskinparken, så øker antall prosjekter man klarer å gjennomføre. Denne beregningen er presentert i Tabell 13.

Tabell 13 - Resultater fra framskrivingen når andel utslippsfrie maskiner per prosjekt blir 70 %. Tilsvare scenario 2 i Figur 28.

	Andel av utslippsfrie maskiner per prosjekt		
	50 % nysalg bane	75 % nysalg bane	100 % nysalg bane
Gjennomsnittlig antall utslippsfrie maskiner per prosjekt	70 % 12		
Mulig antall prosjekter med 70 % utslippsfrie maskiner	765	1 139	1 532
Andel av totalt antall prosjekter	26 %	38 %	51 %

Disse resultatene kan også fremstilles som en graf, slik som i Figur 28. Basert på de ulike nysalg-banene presentert over, kan antall utslippsfrie maskiner i markedet ligge på mellom 9 000 og 18 000. Det er også vist at det i snitt finnes 17 maskiner per gjennomførte prosjekt. Dersom man antar at 100 % av alle maskinene i hvert prosjekt skal være utslippsfri (slik som for scenario 1), er det behov for 17 utslippsfrie maskiner per prosjekt tilgjengelig i markedet, og man klarer å gjennomføre mellom 536-1073 prosjekter, avhengig av valgt nysalg-bane. Dersom 10 % av alle maskinene i hvert prosjekt skal være utslippsfri, er det derimot kun behov for 1,7 utslippsfrie maskiner per prosjekt, som er tilstrekkelig for å gjennomføre mellom 5 357 og 10 727

prosjekter. Det er dette spennet som vises i Figur 28. Krysningpunktet mellom de tre solide linjene og den blå stiplede linjen ligger på 3 000 prosjekter, og viser at en nysalg-bane som gir 100% utslippsfri andel i nysalget i 2030 (grønn graf), vil erstatte ca. 35 % av alle maskinene med utslippsfrie varianter.



Figur 28 – Fremskring av utslippsfrie prosjekter mot 2030, som viser antall prosjekter som er mulig å gjennomføre med ulik andel av utslippsfrie maskiner på byggeplassen. Hensyntar definerte fremskrivingsbaner for å nå mål om hhv. 50 %, 75 % og 100 % nysalg, som vist i Tabell 10. Blå stiplet linje angir grensen hvor 100 % av prosjektene kan løses utslippsfritt og markør 1 og 2 angir hhv. scenario 1 og 2 som tidligere definert

4.1 Teknologeutvikling

I kapittel 2 **Teknologistatus** er det gitt et bilde av teknologistatus for både maskiner, utstyr og infrastruktur tilhørende utslippsfrie BA-plasser på markedet i dag.

Som beskrevet domineres det europeiske markedet for tyngre utslippsfrie maskiner av ombygde maskiner, mens de mindre maskinene (>8 tonn) i større grad har kommet til serieproduksjon. Det er også påpekt at flere markedsaktører oppgir at Kina har startet med serieproduksjon av større maskiner, men at disse i hovedsak er knyttet til tipp-trucker og dumpere. Basert på litteraturgjennomgang, markedsdialog og statistikk fra prosjekter, er trendene vi tror vil gjøre seg gjeldende når det kommer til teknologeutvikling:

- Gjennom intervju er det opplyst at flere aktører har startet en mellomproduksjon hvor maskinene er tilpasset elektrisk drivlinje, men at det fortsatt foregår innbygging av elektrisk drivlinje som spesialtilpasning/ombygging. Hvis maskinprodusentene i dag har tilpasset maskinens chassis for elektrisk drivlinje, er produsentene sannsynligvis klare for produksjon av større volumer så snart etterspørselen blir stor nok.
- Batteriprisene vil trolig presses nedover, både med større produksjonsvolumer, men også med mer erfaring og utvikling av batterier spesifikt rettet mot anleggsmaskiner. Dette vil bidra til å redusere investeringskostnaden for utslippsfrie maskiner.
- Det vil sannsynligvis skje hurtig teknologisk utvikling i de kategoriene hvor det enda ikke finnes elektriske alternativer. Allerede gjennom prosjektperioder har et større utvalg elektriske maskiner blitt tilgjengelig på markedet.
- Hydrogenmaskiner og spesielt hydrogenaggregater kan utgjøre en større markedsandel i framtiden, og som beskrevet i kapittel 2.4 er dette noe som flere store produsenter har under testing og pilotering. Hydrogenmaskiner og hydrogenaggregater er spesielt aktuelt i områder med begrenset eller ingen tilknytning til strømmettet. Det kan også være et alternativ i de prosjektene hvor maskinene må gå langt for å komme til arbeidsstedet, som er påpekt som en utfordring av flere aktører.
- Det vil bli større fokus på energistyring og komme flere aktører på markedet med løsninger for helhetlig energistyring. Det vil bli større grad av standardisering rundt kommunikasjonsprotokoller og enklere å skape helhetlig energistyring. Helhetlig energistyring og BA-plasser som er planlagt for dette, vil kunne redusere påkrevd effektbehov og påkrevd behov for supplerende energiinfrastruktur.

I dette kunnskapsgrunnet er det blitt avklart at teknologien i seg selv i utgangspunktet ikke er en barriere for utslippsfrie BA-plasser, men at den største barrieren i dag er markedssituasjonen, deriblant investeringskostnaden. Den teknologiske barrieren kan være knyttet til prosjekter hvor det er behov for at maskinene går langt før den skal arbeide, da flere aktører har pekt på dette som en stor utfordring, eller for nisjemaskiner hvor det fortsatt ikke finnes fullverdige utslippsfrie alternativer. Det er også en barriere at teknologeutviklingen skjer hurtig, som skaper usikkerhet rundt annenhåndsmarkedet. **Støttende teknologi som mobil ladeinfrastruktur vil trolig bli enda viktigere, og det vil både bli økt tilgjengelighet og lavere pris på slik infrastruktur. Det er i dag et relativt bredt utvalg av slike leverandører i det norske markedet, men utvalget forventes å øke med økt etterspørsel etter slike produkter og tjenester.**

Også teknologien knyttet både til batteriteknologi for utslippsfrie BA-plasser og supplerende ladeinfrastruktur er i hovedsak moden, men det er på samme måte som for utslippsfrie anleggsmaskiner en større grad av umodenhet knyttet til markedssituasjonen. Den største utviklingen som er forventet er å komme innen helhetlige energistyringsystemer, som kan optimalisere energiflyten på byggeplass og bidra til å redusere behovet for effekt og supplerende infrastruktur.

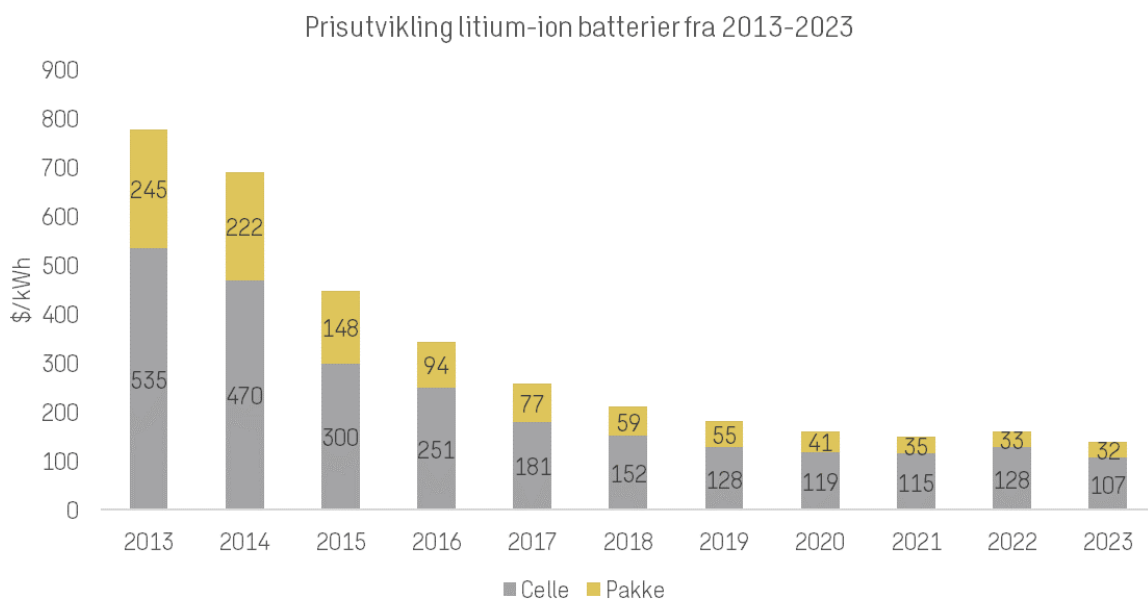
4.2 Kostnadsutvikling

Som beskrevet i kapittel 3.4, er det for alle maskinkategoriene i Enova sitt støtteprogram «Utslippsfrie anleggsmaskiner» forventet merkostnad for det elektriske alternativet sammenliknet med fossilt alternativ. Det er varierende merkostnad for ulike maskinkategorier, og forventet merkostnad for investering strekker seg fra rundt 20% for de minste maskinvariantene, til opp mot 400% for store

maskiner. Generelt sett øker merkostnaden for større maskiner, men kabeldrevne maskiner er et rimeligere alternativ sammenliknet med batterielektriske.

Som videre beskrevet i kapittel 3.4, er det i hovedsak to aspekter som driver prisen opp for elektriske anleggsmaskiner: at produktene ikke serieproduseres og har manuell produksjonslinje, og batterikostnaden for de batterielektriske alternativene. Det er verdt å merke seg at minigraverne, som for flere av leverandørene har kommet til serieproduksjon, fortsatt har høyere investeringskostnad enn de fossile alternativene, da trolig forårsaket av batterikostnaden. Manglende konkurranse kan også være en kostnadsdriver.

Kostnadsutviklingen for batterier er dermed en viktig faktor for utviklingen i investeringskostnad for de batterielektriske alternativene. Generelt har kostnaden for litium-ion batterier stupt de siste 10 årene, og basert på tall fra BloombergNEF har volum-vektbasert gjennomsnitt for batterier falt til ca. 1/6 av prisen i 2013, se Figur 29:



Figur 29 - Illustrasjon av prisutvikling for litium-ion batterier med inndata hentet fra BloombergNEF⁴⁸. De historiske prisene er oppdatert til å reflektere 2023 priser i dollar. Prisene er et volum-vektet gjennomsnitt. Illustrasjonen viser prisutvikling fra 2013-2023, og viser i tillegg hvordan kostnadsutviklingen er fordelt på cellenivå og pakkenivå. Tallene er basert på en markedsundersøkelse med data fra biler, busser, kommersielle kjøretøy og stasjonær lagring.

Prisene forutses å fortsette å falle i årene som kommer, men ikke med like sterk trend som i foregående år. Blant markedsaktørene har det blitt forespeilet en betydelig høyere batteripris for batterier i anleggsmaskiner enn prisen som er vist i Figur 29, på opptil 4 500-8 000 kr/kWh. Gjennom ulike intervjuer har den betydelig høyere prisen på batterier til anleggsmaskiner sammenliknet med andre batterier blitt forklart med at batteriene krever egen produksjonslinje til bruk i anleggsmaskiner og at disse produksjonslinjene fortsatt produserer for små volum til at prisen kan presses til sammenliknbart nivå med andre batterier som produseres i store volum. Denne prisen er dermed også høy som følge av manglende serieproduksjon, og også for dette prisaspektet kan man gå ut ifra at høyere etterspørsel og større produksjonsvolumer dermed vil presse prisene. Prisen kan også være høy på grunn av en mer begrenset konkurransesituasjon i dette markedet. At aktørene kan muliggjøre høyere produksjonsvolumer og serieproduksjon er dermed en nøkkelfaktor til å redusere investeringskostnaden for batterielektriske anleggsmaskiner.

Den oppgitte prisen for batterier til anleggsmaskiner på rundt 4 500-8 000 kr/kWh er også i samme størrelsesorden som prisnivået på mobile batterier i komplett batteripakke. Dette er dermed også en betydelig kostnad, som fører til merkostnader i for en BA-plass hvor det er behov for supplerende

⁴⁸ BloombergNEF (11.2023) *Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh*. Tilgjengelig på: https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/?utm_source=social-o&utm_medium=LI_BNEF&utm_term=11935109986&utm_campaign=732078&tactic=732078&linkId=251458283 Hentet 05.09.2024.

batterier. Mobile batterier og ladestasjoner er enda i en tidlig markedsutviklingsfase, og også for disse kan man forvente at prisen vil reduseres noe ved økte produksjonsvolumer.

Kostnadsutviklingen for utslippsfrie anleggsmaskiner vil også være avhengig av kostnadsutviklingen knyttet til de fossile maskinene. For de fossile maskinene er det ikke grunn til å tro at selve investeringen vil øke, men driftskostnadene kan øke avhengig av dieselpriis og andre avgifter knyttet til fossilt drivstoff. Desto kortere nedbetalingstiden blir for forhøyet investering knyttet til utslippsfritt sammenliknet med fossilt, desto mindre risiko vil det være for aktørene å velge utslippsfritt selv om investeringen er noe høyere. CO₂-avgiften er i dag på 3,17 kr/L for diesel. Denne er planlagt å øke til 2000 kr/tonn CO₂ i 2030, **som vil øke ren CO₂-avgift på diesel til i overkant av 5 kr/L. En liter diesel inneholder i overkant av tre effektive kWh, og ved en slik CO₂-avgift vil kun avgiften utgjøre ca. 1,5 kr/kWh.** En økning i CO₂-avgiften vil dermed kunne sikre at elektriske alternativer blir betydelig mer konkurransedyktig på pris. Sammen med økt tilbud er det dermed å forvente at utslippsfrie anleggsmaskiner vil være konkurransedyktig på pris med fossile alternativer i et livsløpsperspektiv. På grunn av høyere teknologipris på batteri- og elektrisk drivlinje, er det ikke forventet at selve investeringskostnaden på de utslippsfrie alternativene vil bli lavere enn fossile alternativer. Dette gjenspeiler seg også i minigraverne, som har kommet til serieproduksjon og har en noe forventet lavere batteripris, men likevel har en forhøyet investeringskostnad. Det er altså i et **livsløpsperspektiv** de utslippsfrie maskinene likevel kan forventes å sammenlikne seg med fossile alternativer på sikt, blant annet avhengig av om CO₂-avgiften følger den planlagte banen opp til 2000 kr/tonn fram mot 2030.

På grunn av høyere teknologipris på batteri- og elektrisk drivlinje, er det ikke forventet at selve investeringskostnaden på de utslippsfrie alternativene vil bli lavere. Det er altså i et **levetidsperspektiv** de utslippsfrie maskinene likevel kan forventes å sammenlikne seg med fossile alternativer på sikt, blant annet avhengig av om CO₂-avgiften følger den planlagte banen opp til 2 000 kr/tonn CO₂ fram mot 2030.

Ettersom behovet for infrastruktur er svært varierende fra prosjekt til prosjekt, er det utfordrende å si noe generelt om dette kostnadsnivået for framtidige byggeprosjekt. Med dagens teknologi er det en kostnadsdriver dersom det er behov for supplerende effekt, og det er lite grunn til å tro at denne kostnaden vil reduseres betraktelig i årene som kommer. Med større etterspørsel vil man som for maskinene forvente større produksjonsvolumer, både for batteriløsninger og ladeløsninger, og dermed forvente noe kostnadsreduksjon. Som beskrevet i kapittel 2.2.3, er dette et marked som hurtig har tatt fart i Norge, og det finnes nå en rekke ulike leverandører av slike løsninger. Etterspørselen er derimot fortsatt relativ lav.

