



Rapport 2024/40 | For Enova



Utslippsfri bygge- og anleggsvirksomhet

Teknologi- og markedsstatus

Ingeborg Rasmussen, Orvika Rosnes og Siri Bråten Øye

Dokumentdetaljer

Tittel	Utslippsfri bygge- og anleggsvirksomhet
Rapportnummer	Rapport 2024/40
Forfattere	Ingeborg Rasmussen, Orvika Rosnes og Siri Bråten Øye
ISBN	978-82-8126-702-2
Prosjektnummer	24-ORO-29
Prosjektleder	Orvika Rosnes
Oppdragsgiver	Enova
Dato for ferdigstilling	30. desember 2024
Kilde forsidefoto	Storyblocks
Tilgjengelighet	Offentlig
Nøkkelord	Evaluering, klima og det grønne skiftet, kraft og energi, teknologi

Om Vista Analyse

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk utredning, evaluering, rådgivning og forskning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder er klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd. Vista Analyse er vinner av Evalueringsprisen 2018.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

Forord

Enova har siden 2017 hatt fire støtteordninger rettet mot bygg- og anleggsvirksomhet:

- Energi- og klimatiltak i landtransport (2017-2023)
- Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser (2021)
- Utslippsfrie anleggsmaskiner (2023-)
- Mobile ladestasjoner for elektriske anleggsmaskiner (2023-)

Enova har gitt oss i oppdrag å evaluere det samlede programtilbudet til utslippsfrie anleggsplasser, representert gjennom disse fire programmene. Som en del av evalueringen ønsket Enova også en analyse av teknologi- og markedsstatus og utvikling for sentrale teknologier og løsninger.

Prosjektet har vært gjennomført av Vista Analyse, med Sweco som underleverandør.

Denne rapporten dokumenterer del 1 av oppdraget: kartlegging av teknologi- og markedsstatus av utslippsfrie teknologier. Som en del av oppdraget har Sweco gjennomført en innledende kartlegging av teknologi- og markedsstatus. Resultatene fra dette arbeidet er dokumentert i en egen rapport, «Teknologi- og markedskartlegging – utslippsfrie bygge- og anleggsplasser» (Sweco, 2024). Del 1 i herværende rapport bygger delvis på denne innledende kartleggingen, men er supplert med ytterligere kartlegginger og analyser for sikre et fullstendig og balansert bilde av markedet og markedsutviklingen.

Del 2 – evaluering – er dokumentert i Vista Analyse rapport 2024/39.

Kontaktperson hos Enova har vært Vilde Salberg. Vi takker henne og andre medarbeider hos Enova – Evy Aspheim, Kristin Morvik Torød og Ane Hagen Kjørholt – for gode diskusjoner.

Vi vil også rette en stor takk til alle markedsaktørene som stilte til intervjuer og svarte på spørreundersøkelsen.

Denne versjonen erstatter en tidligere versjon av rapporten, datert 22. november 2024. Det er særlig kunnskap om markedet for energitjenesteleverandører som er oppdatert og korrigert i den nye versjonen.

30. desember 2024

Orvika Rosnes
Partner
Vista Analyse AS

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	6
1 Innledning	14
1.1 Oppdragets problemstillinger	14
1.2 Metode og datagrunnlag	15
1.3 Organisering av rapporten	16
2 Bakgrunn	18
2.1 Utslipp fra maskiner i bygge- og anleggssektoren utgjør ca. 1,2 prosent av utslippene i Norge	18
2.2 Generelle virkemidler, reguleringer og krav i klimapolitikken	21
2.3 Når karbonprising ikke er tilstrekkelig	22
2.4 Enovas plassering i virkemiddelapparatet	24
2.5 Virkningskjeden danner utgangspunktet for evalueringen	25
2.6 Markedsaktørene og målgruppen for støtteprogrammene	26
2.7 Produsenter, grossister, entreprenører, utleieaktører og leasingselskaper	28
3 Serieproduksjon	30
3.1 Serieproduksjon og stordriftsfordeler	30
3.2 Større volum er avgjørende for kostnadene	35
3.3 Oppsummering – volum er avgjørende for kostnadene	36
Del 1 Kartlegging og analyse	37
4 Analyse av teknologi- og markedsstatus	38
5 Aktørenes vurdering av teknologistatus	39
5.1 Teknologiutvikling	39
5.2 Markedsstatus og markedsutvikling fram til i dag	40
5.3 Barrierer og markedsutvikling framover mot 2027	41
6 Teknologistatus	44
6.1 Teknologistatus og utvikling fra et overordnet nivå	44
6.2 Teknologisk modenhet, innovatører og nisjeprodusenter	45
6.3 Produsenter og maskiner tilgjengelig i det norske markedet	47
6.4 Andre maskiner og utstyr: kompressorer og tårnkraner	51
6.5 Infrastruktur for utslippsfri energiforsyning til anleggsmaskinene	52
6.6 Byggvarme og -tørk og oppvarming	57
7 Markedsstatus og markedsutvikling fram til i dag	59
7.1 Utbredelse av utslippsfrie maskiner på det norske markedet	59
7.2 Erstattes fossile maskiner eller kommer utslippsfrie maskiner i tillegg til fossile maskiner?	61
7.3 Kostnader	62
Referanser	69
Figurer	
Figur S.1 Privatøkonomisk lønnsomhet (netto nåverdi) med investeringsstøtte fra Enova	8
Figur S.2 Vedtatt støtte (mill. kr) og antall søknader per år etter støtteprogram og vedtaksdato	10

Figur 2.1	Klimagassutslipp i Norge	18
Figur 2.2	Utslipp fra bygg og anlegg, fordelt på ulike kilder.....	19
Figur 2.3	Anslag på fordeling av klimagassutslipp fordelt på tiltakshaver/byggherre.....	20
Figur 2.4	Klimapolitikk og innovasjons- og spredningseffekter.....	21
Figur 2.5	Enova-kurven.....	24
Figur 2.6	Virkningskjede: Markedsmekanismer og -markedseffekter	26
Figur 2.7	Import og eksport av maskiner, 2023	29
Figur 7.1	Antall nullutslippsmaskiner per kvartal siden 2022 (Norge)	60
Figur 7.2	Antall offentlige byggeprosjekter der elektriske maskiner har blitt brukt	61
Figur 7.3	Utvikling i gjennomsnittlig relativ pris over tid (1 = samme pris som fossil maskin)	65
Figur 7.4	Prisutvikling i litium-ion batterier, dekomponert i battericelle og batteripakke, 2013–2023. Faste priser i 2023-dollar	66
Tabeller		
Tabell 2.1	Oversikt over aktører i bygg- og anleggsnæringen	27
Tabell 6.1	Tilgjengelige utslippsfrie maskiner fra ulike produsenter (utvalg)	48
Tabell 6.2	Maskiner som tilbys i ulike vektclasser (utvalg)	49
Tabell 6.3	Oversikt over et utvalg av energitjenesteleverandører	53
Tabell 6.4	Hurtigladerløsninger fra ulike teknologileverandører og tilbydere.....	54
Tabell 6.5	Hengerløsninger fra ulike tilbydere	54
Tabell 6.6	Batteriløsninger fra ulike leverandør og tilbydere	55
Tabell 7.1	Nye anleggsmaskiner og nye utslippsfrie maskiner i Norge, 2023.....	59
Tabell 7.2	Kostnader per maskin, basert på søknader som fikk vedtak om støtte under programmet «Utslippsfrie anleggsmaskiner»	63
Tabell 7.3	Relative investerings- og leiekostnader av utslippsfrie maskiner sammenlignet med fossile alternativer (1 betyr lik pris, 2 betyr dobbelt så dyrt)	64
Tekstbokser		
Tekstboks 2.1	Hva er bygg- og anleggsplasser?.....	19
Tekstboks 3.1	Serieproduksjon og masseproduksjon: definisjoner	31

Sammendrag og konklusjoner

Det er et relativt stort utvalg av små utslippsfrie gravemaskiner (minigravere, under 8 tonn) tilgjengelig på markedet. Egenskaper og ytelsen ved maskinene er god nok til å utføre oppgavene de er ment til, unntatt noen få segmenter.

Utslippsfrie maskiner har fortsatt mye høyere investeringskostnader enn dieseldrevne maskiner. Selv om driftskostnader (energikostnader) er mye lavere, er ikke det nok til å gjøre de store utslippsfrie maskinene lønnsomme enda. Minigravere og hjullastere blir ifølge våre beregninger lønnsomme (med støtte fra Enova) 4-5 år etter investeringsstidspunktet (som vi har lagt til 2023). Investeringskostnadene for større maskiner vil ikke spares inn gjennom forventet levetid for maskinen. I beregningene har vi forutsatt at CO₂-avgiften økes fram til 2030.

Stadig flere maskiner er i serieproduksjon. Dette gjelder særlig de små maskinene. Flere av de store produsentene posisjonerer seg i markedet med nye modeller, hvorav flere er satt i serieproduksjon. Små volumer, begrenset konkurranse i markedet for utslippsfrie maskiner og fortsatt behov for utvikling bidrar til å holde prisene høye. Vår vurdering er likevel at det er høye kostnader for batterier samt nødvendig utviklingsarbeid i den siste fasen/ferdigstillingen som driver kostnadene. Serieproduksjon og masseproduksjon av egnede batterimoduler framstår som en adskillig viktigere kostnadsdriver enn mangel på serieproduksjon av elektriske anleggsmaskiner. Utviklingen på teknologi- og markedssiden er også preget av mindre aktører som utvikler løsninger og standardiserte prosesser for å kunne konvertere etablerte modeller til utslippsfrie løsninger basert på elektrisitet eller hydrogen.

Forvaltningen av støtteordningene er kostnadseffektiv og treffsikker, og programmene er godt utformet. De samlede kostnadene sett i forhold til CO₂-gevinstene som er oppnådd vurderes likevel som høye.

Bakgrunn: klimagassutslipp fra maskiner på bygge- og anleggsplasser

Utslipp fra bygg- og anleggssektoren står for rundt 4,3 prosent av klimagassutslippene i Norge. Den største delen av utslippene knytter seg til veitransport til og fra byggeplasser: transport av materialer, masser, avfall og personer. Bruk av maskiner og utstyr på bygge- og anleggsplasser utgjør knappe 40 prosent av utslippene fra næringen, og tilsvarer omtrent 1,2 prosent av Norges direkte klimagassutslipp.

Enova har siden 2017 hatt fire støtteordninger rettet mot bygge- og anleggsvirksomhet, med formål å redusere utslippene fra maskiner og utstyr. Vi har evaluert det samlede programtilbudet til utslippsfrie anleggsplasser, representert gjennom de fire programmene. Som en del av evalueringen har vi også kartlagt teknologi- og markedstatus og utvikling for sentrale teknologier og løsninger. Formålet med oppdraget er altså å vurdere effekten av støtteprogrammene og i hvilken grad de har bidratt til ønsket markedsendring.

Stort utvalg av mindre anleggsmaskiner, men få av store, batteridrevne maskiner

Anleggsmaskiner som brukes i Norge kommer fra et internasjonalt marked og Norge er en del av globalt marked.

Det er et relativt stort utvalg av små utslippsfrie gravemaskiner (minigravere, under 8 tonn) tilgjengelig på markedet. Det finnes også noen større gravemaskiner, både i mellomskiktet og i den største vektclassen (over 23 tonn), men utvalget av store maskiner er fremdeles begrenset. De tyngste utslippsfrie maskinene (over 32 tonn) er i dag kabelbaserte. De er mindre fleksible enn batteridrevne maskiner, og har dermed et snevrere bruksområde, men de har nok ytelse til å gjennomføre oppgaver som ellers ville blitt gjort med en dieseldrevet maskin. Det er også noen segmenter der det ikke er egnede maskiner tilgjengelig, f.eks. borerigger og maskiner knyttet til veilegging.

Egenskapene og ytelsen ved batteridrevne maskinene er gode nok til å utføre oppgavene som skal gjøres i løpet av arbeidsdagen. Maskinene presterer altså godt for det de er ment til. Maskinene bruker imidlertid mye energi til forflytting (opptil tre ganger mer enn på arbeidsoppgaver). Dette medfører at arbeidet – både arbeidsdagen og arbeidsplassen – må planlegges på en annen måte enn med konvensjonelle dieseldrevne maskiner. I denne sammenheng er det også viktig å være klar over forskjellen på byggeplasser og anleggsplasser – de sistnevnte er ofte større og har lengre avstander. Aktørene peker også på at hybridmaskiner, som drives elektrisk, men bruker diesel i transporten, kan være velegnet og lettere å bruke enn helt utslippsfrie maskiner. Hybridmaskinene kan være et skritt på veien til utslippsfrie maskiner, men er ikke en del av kartleggingen i denne rapporten.

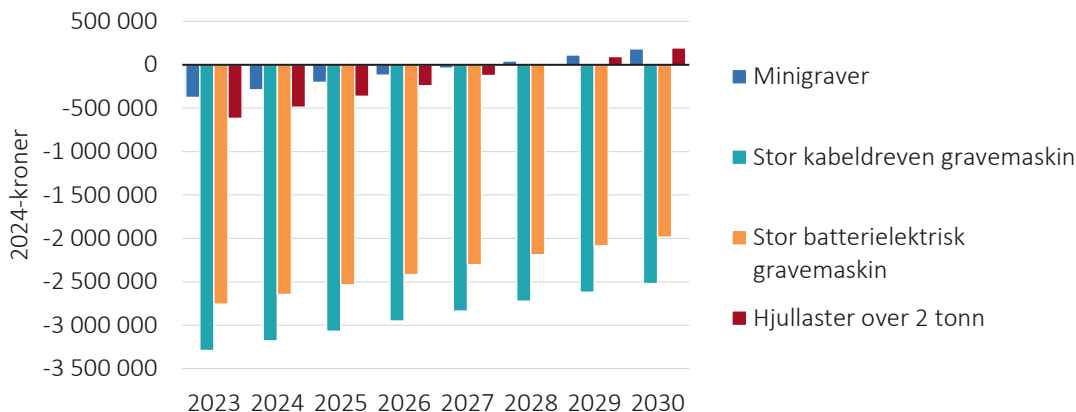
Betydelig høyere investeringskostnad, lavere driftskostnad ved utslippsfrie maskiner

Investeringskostnaden til de fleste batterielektriske maskiner er fortsatt mye høyere enn for dieseldrevne alternativer. Kostnaden varierer med type maskin, men for de mellomstore og store gravemaskinene er de elektriske alternativene hele 2–3 ganger dyrere.

Samtidig er det forventet at driftskostnaden er lavere for batterielektriske maskiner, både på grunn av lavere energikostnad og som følge av CO₂-avgifter på diesel. Ifølge våre beregninger av noen eksempelmaskiner er energikostnaden ved de minste maskinene (minigravere og hjullastere) godt under halvparten av tilsvarende dieseldrevne maskiner i dag. Differansen i energikostnaden vil øke når CO₂-avgiften øker, slik som planlagt. Forskjellen er litt mindre for store maskiner: energiutgiftene er 60–70 prosent av utgiftene ved tilsvarende dieseldrevne maskiner. Merk at vi har lagt til grunn en konservativ forutsetning i denne beregningen om at hver utslippsfri maskin må betale effektleddet tilsvarende sin ladeeffekt fullt ut – mao. det skjer ingen koordinering av maskiner eller laststyring ellers. Dette er åpenbart en urimelig forutsetning på sikt, og beregningen gir dermed en øvre grense for merkostnadene ved utslippsfrie maskiner.

Med utgangspunkt i investeringskostnadene og driftskostnadene har vi beregnet markedsaktørenes kostnader ved å investere i en nullutslippsmaskin. Med våre forutsetninger blir minigraver lønnsom i 2027 (investering med støtte i 2023), og hjullaster blir lønnsom i 2028 med støtte (se figur S.1). De store gravemaskinene har en negativ netto nåverdi etter 8 år, og blir dermed ikke lønnsomme innenfor en levetid på 8 år.

Figur S.1 Privatøkonomisk lønnsomhet (netto nåverdi) med investeringsstøtte fra Enova



Kilde: Vista Analyse

Utleiere har en viktig rolle som «formidler» i markedet

Utleiere er en større aktør i dette markedet enn ellers for anleggsmaskiner. Utleiere kan ha en viktig rolle ved å redusere risikoen på markedet: det gir entreprenørene mulighet til å leie akkurat den maskinen de trenger for et konkret oppdrag, uten å måtte kjøpe inn mange ulike maskiner som kanskje står stille mye av tiden. På den måten kan de teste maskinens funksjon, yteevne og bruksområder, uten å ta risiko for hele investeringen. Samtidig bidrar utleiere også til å øke brukstiden ved maskiner, ved at de tilbys akkurat den entreprenøren som trenger maskinen. Dermed har utleiere en viktig rolle som «formidlere» og «tilretteleggere», og bidrar til at samlet etterspørselen øker raskere.

Høye investeringskostnader skyldes batterikostnad og utviklingskostnad

Merkostnadene ved utslippsfrie maskiner skyldes i hovedsak to ting: batterikostnad og utviklingskostnad.

Generelt har batteriprisene falt betraktelig i løpet av de siste ti årene, men batteriprisen til (store) anleggsmaskiner oppgis fortsatt å være mye høyere enn prisen til andre batterier. En grunn til dette kan være at det er høyere krav til batterier som brukes i slike maskiner. Batterier til anleggsmaskiner krever derfor en egen produksjonslinje med betydelig lavere volum målt i antall enheter enn batterier til elbiler har. Lav etterspørsel og små volumer gjør at kostnadene fortsatt er høye. Intervjuene bekrefter høye batterikostnader, men at prisene stadig faller, også for batterier til anleggsmaskiner.

I tillegg til høye batterikostnader er det også betydelige kostnader knyttet til utvikling, design og testing. Det trenges kraftelektronikk, kabelnettverk, ladeløsninger, elektromotor og komplekse kjøle- og varmesystemer. Alt dette skal designes, sammenbygges og testes over tid for å sikre robuste løsninger som varer i krevende arbeidsforhold. Når slike utviklings- og testkostnader fordeles på små volumer, blir kostnadene per enhet høye.

Tidligere var det vanlig med ombygging; det ble importert ferdige fossildrevne maskiner, med dieselmotor installert, 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. I dag er det derfor mer snakk om ferdigstillelse eller ferdiginstallasjon av maskinen enn ombygging. Retrofit er et annet begrep. Begrepet brukes om ombygging av konvensjonelle modeller til elektriske eller hydrogenmaskiner. På dette området finner vi flere norske aktører som utvikler såkalte «retrofit-kit», som skal kunne brukes i standardiserte innsettings- eller ombyggingsprosesser. Selve arbeidet med innsettingen tar ikke mer enn 1-2 arbeidsdager. Et eksempel er Kubota, som tilbyr et retrofit-kit for anleggsmaskinene U27 og KX19: alt er levert fra Kubota og ferdig CE-godkjent, og selve ombyggingen tar ca. 15 timer.¹

“ I dag kommer det inn skall, før kom det maskiner med dieselmotor.

Mens ombygging kan kreve utviklingsarbeid for å kunne framskaffe de første prototypene, er ferdigstillelse/retrofit-kit standardiserte prosesser, der chassis leveres som et skall som kan være tilrettelagt for installasjon av drivlinje. Skillelinjene mellom ombygging og innbygging/ferdigstillelse er ikke eksakte, men har betydning for produksjonskostnadene.

Stadig flere maskiner er i serieproduksjon

Det finnes også produsenter som leverer utslippsfrie maskiner direkte til markedet. Tilbudet og antall produsenter som leverer utslippsfrie maskiner er i vekst, der flere store produsenter leverer serieproduserte elektriske maskiner til markedet. Dette gjelder særlig de små maskinene, men også store maskiner er i serieproduksjon. Serieproduksjon kan gi effektivitetsgevinster og dermed lavere produksjonskostnader per produsert enhet. Kinesiske produsenter var tidlig ut med serieproduksjon av elektriske maskiner. Disse har også et stort hjemmemarked og volumer som gjør at prisene kan presses. Så langt er likevel ikke markedsprisen for serieproduserte elektriske maskiner merkbart lavere enn for ombygde maskiner, med et mulig unntak av kinesiske maskiner.

Vår vurdering er at det er høye kostnader av innsatsvarer, da særlig batterier, og nødvendig utviklingsarbeid i den siste fasen/ferdigstillingen, som driver kostnadene. Serieproduksjon og masseproduksjon av egnede batterimoduler framstår som en adskillig viktigere kostnadsfaktor enn mangel på serieproduksjon av elektriske anleggsmaskiner. Lave volumer gjør at det uavhengig av serieproduksjon er få enheter å fordele utviklingskostnadene på.

Kartleggingen viser at serieproduksjon, og da særlig modulær serieproduksjon, er etablert hos flere av de store produsentene. Disse vil raskt kunne øke produksjonen dersom etterspørselen i det globale markedet øker. Med større volumer og flere aktører i markedet vil skalafordeler kombinert med konkurranse i markedet presse prisene nedover.

Evaluering av Enovas støtteprogrammer

Enova har siden 2017 hatt ulike støtteordninger rettet mot bygg- og anleggsvirksomhet:

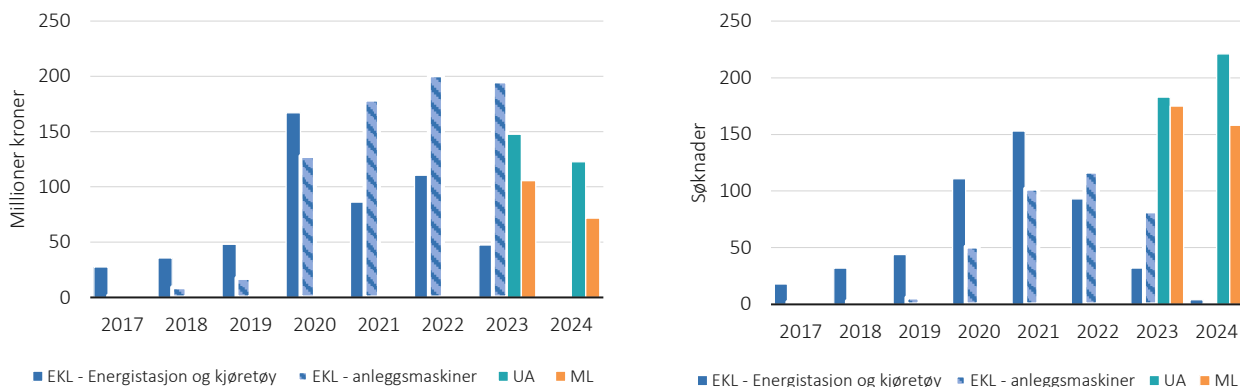
- Energi- og klimatiltak i landtransport (2017-2023)
- Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser (2021)

¹ Se At.no, 3.5.2024. Hvis vi tar utgangspunkt i prisdifferansen mellom fossil og batterielektrisk minigraver, og antar at halvparten av prisdifferansen skyldes batteri, drivlinje, mm., og at den resterende halvparten skyldes arbeidskostnader ved ombygging, tilsvarer det en timepris på over 20 000 kr/time.

- Utslippsfrie anleggsmaskiner (2023-)
- Mobile ladestasjoner for elektriske anleggsmaskiner (2023-)

Samlet støttebeløp under disse programmene er seg til **1,6 mrd. kroner**. Figurene nedenfor viser utbetalt støttebeløp og antall søknader i de fire programmene som vi har evaluert.

Figur S.2 Vedtatt støtte (mill. kr) og antall søknader per år etter støtteprogram og vedtaksdato



Kilde: Vista Analyse basert på søknadsdata fra Enova.

Merknad: Merk at programmene «Utslippsfrie anleggsmaskiner» (UA) og «Mobile ladestasjoner for elektriske anleggsmaskiner» (ML) ble lansert i 2023 og derfor ikke har noen observasjoner før dette. 2024 inkluderer kun søknader og vedtatt støtte t.o.m. første halvår 2024.

I hvilken grad har programmene samlet sett bidratt til ønsket markedsendring?

Det overordnede formålet til støtteprogrammene har vært å bidra til at overgangen til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser skal gå raskere enn den ville gjort i fravær av støtteprogrammene.

Støtteprogrammene har bidratt først og fremst til kunnskap og læringseffekter, og til etablering av utslippsfrie anleggsmaskiner i Norge. Etter vår vurdering har investeringsstøtten så langt bidratt lite til markedsendring (tolket som endringer i markedet, enten i volum eller pris), selv om støtten har utløst investeringer i utslippsfrie maskiner.

Det største bidraget til teknologi- og markedsutvikling er antakelig programmet «Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser» fra 2021, der piloter for energisystemer og -lagring ble testet. Programmet ga positive virkninger på identifiserte koordineringsproblemer i markedet og var også rettet mot markedssvikt i form av nettverkseksternaliteter. Gjennom pilotering, der nye arbeidsprosesser og systemer ble utviklet og testet ut, bidro programmet til læring og samordning. Dette bidro etter våre vurderinger til å etablere et marked for infrastruktur- og systemløsninger tidligere enn det som ellers ville skjedd. Med positive nettverkeffekter har programmet bidratt til å redusere en barriere for bruk av nullutslippsmaskiner, noe som igjen har virket positivt på etterspørselen. Energitjeneste- og infrastrukturleverandører har funnet hverandre og utviklet tilbud sammen, samtidig som etablerte aktører har utviklet tilbud alene eller i samarbeid med andre for å levere mobile ladestasjoner, styringssystemer og annen infrastruktur og tjenester som støtter bruken av utslippsfrie anleggsmaskiner. Utviklingen på dette området er også drevet av krav og pilotprosjekt drevet av transportetatene med støtte fra Samferdselsdepartementet. Enovas bidrag gjennom pilotering på flere områder vurderes likevel som et vesentlig bidrag i utviklingen.

Kunnskaps- og erfaringsutviklingen fra «Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser» kan ha framskyn- det nye samarbeidskonstellasjoner og stimulert til etableringer av prosjekter som vi finner i søk- nadene under programmet «**Mobile ladestasjoner**». I dette delmarkedet har det vært en utvikling på tilbudssiden som gjør at det per i dag må kunne konkluderes med at det er et marked for mobile ladestasjoner. Dette er en ønsket markedsendring der Enova etter våre vurderinger har hatt en rolle. Med økt tilgjengelighet og fallende priser for mobile ladestasjoner øker også konkurransekraften til utslippsfrie anleggsmaskiner. Dette reflekteres i søknader om investerings- støtte til anleggsmaskiner.

Investeringsstøtten i programmene «**Energi- og klimatiltak i landtransport**» (2017-2023) og «**Ut- slippsfrie anleggsmaskiner**» (2023-) har utløst investeringer i utslippsfrie maskiner og bidratt til økt etterspørsel etter denne type maskiner. Det var svært få søknader i støtteprogrammet «Energi- og klimatiltak i landtransport» fram til 2020, og dermed også svært få tildelinger til ut- slippsfrie anleggsmaskiner. Det er derfor ikke rimelig å forvente at investeringsstøtte til maskiner skulle kunne ha noen markedseffekt før 2020. Fra 2020 har det vært en vekst i antall søknader og støttebeløp til utslippsfrie anleggsmaskiner og da særlig til gravemaskiner. Utleie- og leasingaktø- rer var de største støttemottakerne da, noe som reflekterer en etterspørsel etter utslippsfrie løs- ninger. Med investeringsstøtte er aktørene også gitt muligheter til å investere tidligere og i flere maskiner enn de kunne gjort uten støtte. Det at utleieselskaper står for en såpass stor andel av støtten tilsier også at utslippsfrie anleggsmaskiner er gjort tilgjengelig for flere enn i et tilfelle der maskiner kjøpes inn til egen bruk. Investeringsstøtten i seg selv har etter våre vurderinger ikke hatt noen vesentlige virkninger på tilbudssiden i form av pris. Støtten har hatt noe betydning for produksjon i form av at ombygging av dieselmaskiner er stimulert, men dette er for små kvantum til at det har gitt noen markedseffekter.

Vår vurdering er derfor at krav i offentlige anskaffelser har vært en sterk driver for etterspørselen. Investeringsstøtten har imidlertid gjort det enklere (og mulig) å stille krav som markedet klarer å møte.

Det at Norge var tidlig ute med å få utslippsfrie maskiner på markedet og i bruk kan ha bidratt med læring og kunnskapsutvikling også i det globale markedet, selv om den norske etterspørselen neppe har bidratt til noen direkte tilbudsutvikling i det internasjonale markedet. Norge sin rolle som foregangsland bekreftes blant annet i et oppslag i anlegg.no 13. sept. 2024, der testing av den elektriske 15-tonns gravemaskinen PC138E omtales. Maskinen har serienummer 2, og skal testes ut i Norge. Det antas at testingen vil vare et par år. En testing som er antatt å vare i to år viser likevel at det fremdeles kan forventes at det går noe tid før utslippsfrie anleggsmaskiner kan være likeverdige med fossile maskiner når kostnadene tas med i vurderingen.

På tross av investeringsstøtte fra Enova, krav fra et utvalg store kommuner og teknologiutviklings- politikk i transportetatene, har den samlede virkemiddelbruken ikke hatt noen merkbar virkning på markedsprisen så langt. Utslippsfrie maskiner er fortsatt 1,5–3 ganger dyrere enn dieseldrevne maskiner.

Hvilke effekter gir tilskuddene?

Tilskuddene har først og fremst bidratt til at flere aktører, særlig utleieselskaper, har investert i utslippsfrie maskiner. Vi finner at tilskuddene har en høy grad av addisjonalitet og at investerings- støtten har bidratt til direkte reduksjoner i CO₂-utslipp. Vi har beregnet CO₂-besparelsene som

følge av at utslippsfrie anleggsmaskiner har erstattet konvensjonelle dieseldrevne maskiner til litt over 513 000 tonn CO₂-ekv (akkumulert over perioden 2017–2030).

Den direkte CO₂-gevinsten kombinert med positive læringseffekter på etterspørselssiden er dermed de tydeligste effektene.

De samlede kostnadene sett i forhold til CO₂-gevinstene som er oppnådd, vurderes likevel som høye. Så lenge utslippsfrie maskiner har en kostnad som er 1,5 til 3 ganger høyere enn fossile alternativer, og driftskostnadene ikke gir tilstrekkelige besparelser til at merkostnadene er hentet inn i løpet av 8-10 år, er det vanskelig å se hvordan målene som er satt for anleggsbransjen kan nåes innen 2030 uten investeringsstøtte.

Beregninger av klimafotavtrykk viser at elektriske maskiner gir større utslipp i produksjonsfasen enn en tilsvarende dieselmaskin, men at disse spares inn i driftsfasen. Vi finner også at batterier med større lagringskapasitet øker klimafotavtrykket sammenlignet med mindre batterier. Dette innebærer at en økning i driftstiden før ladebehov vil gi et høyere klimafotavtrykk.

Forvaltning og utforming av støtteordningene

Tilskuddsforvaltningen som kostnadseffektiv, men lav ressursbruk i forhold til utbetalt støttebeløp både hos Enova og hos søkerne.

Utformingen av tilskuddsordningene vurderes som god, der endringene som ble gjort fra den første ordningen fra 2017 vurderes som mer treffsikker og kostnadseffektiv enn det første programmet.

Oppsummering og konklusjon

Vi vurderer forvaltningen av støtteordningene som kostnadseffektiv og treffsikker, og programmene er godt utformet. De samlede kostnadene sett i forhold til CO₂-gevinstene som er oppnådd vurderes likevel som høye.

Støtteprogrammene har bidratt til kunnskap og læringseffekter, og til etablering av utslippsfrie anleggsmaskiner i Norge. Det at Norge var tidlig ute med å få utslippsfrie maskiner på markedet og i bruk kan ha bidratt med læring og kunnskapsutvikling også i det globale markedet. En klar indikasjon på at Norge har hatt en rolle som foregangsland er at store internasjonale produsenter velger Norge som testland for nye maskiner. Begrunnelsen skal være at Norge er langt fremme på teknologien, i tillegg til kaldt klima.

Stimulering av etterspørselen gjennom investeringsstøtte har hatt en utløsende effekt på investeringer i utslippsfrie anleggsmaskiner. Dette har bidratt til direkte reduksjoner i CO₂-utslipp som tilsvarer de kontraktsfestede utslippsreduksjonene. Investeringsstøtten har så langt vi kan vurdere ikke hatt virkninger på tilbudssiden. Den norske etterspørselen er for liten i et internasjonalt marked til å kunne gi noe vesentlig bidrag på produksjonsnivået. Støtteprogrammene har dermed heller ikke bidratt til endringer på produksjonssiden eller utløst stordrifts- eller skalafordeler, og heller ikke serieproduksjon.

En utslippsfri anleggsmaskin har en merkostnad på 1,5 til 3 det en dieseldrevet maskin koster. Den samlede virkemiddelbruken, inkludert Enovas støtteprogrammet, kan ikke sies å ha påvirket

kostnadene. Det internasjonale markedet er i bevegelse og flere utslippsfrie modeller er introdusert eller på vei inn i markedet. Det er likevel ingen synlige tegn på store kostnadsreduksjoner før batterikostnadene til anleggsmaskiner faller.

1 Innledning

Enova SF («Enova») investerer årlig flere milliarder kroner i klima- og energiltak i norsk næringsliv og offentlig sektor. Gjennom målrettede programtilbud og tett samarbeid med markedet er Enova en viktig aktør i virkemiddelapparatet for å nå Norges klimaforpliktelser og til omstillingen til et lavutslippssamfunn.

Enova og Klima- og energifondets formål er å bidra til å nå Norges klimaforpliktelser og bidra til omstillingen til lavutslippssamfunnet. I avtaleperioden 2021-2024 er målet konkretisert gjennom to delmål, å bidra til:

- Reduserte ikke-kvotepliktige klimagassutslipp mot 2030
- Teknologiutvikling og innovasjon som bidrar til utslippsreduksjoner frem mot lavutslippssamfunnet i 2050

Enova har siden 2017 hatt ulike støtteordninger rettet mot bygg- og anleggsvirksomhet:

- Energi- og klimatiltak i landtransport (2017-2023)
- Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser (2021)
- Utslippsfrie anleggsmaskiner (2023-)
- Mobile ladestasjoner for elektriske anleggsmaskiner (2023-)

Enova har gitt oss i oppdrag å evaluere det samlede programtilbudet til utslippsfrie anleggsplasser, representert gjennom de nevnte fire programmene. Som en del av evalueringen ønsket Enova i tillegg en analyse av teknologi- og markedsstatus og utvikling for sentrale teknologier og løsninger.

I denne rapporten presenterer vi resultatene av kartleggingen av markedsstatus og -utvikling for sentrale teknologier og løsninger. Evalueringen er dokumentert i Vista Analyse rapport 2024/39.

Formålet med rapporten er å bidra med kunnskap i Enovas videre arbeid med virkemidler. Gjennom evalueringen vil vi belyse hva som virker for hvem og effekter av Enovas støtteprogram, mens analysene av teknologi- og markedsutviklingen har som formål og bidra med oppdatert kunnskap om barrierer og drivere.

1.1 Oppdragets problemstillinger

Oppdraget består av følgende to deler:

Del 1: En analyse av teknologi, markedsstatus og forventet utvikling der følgende punkter inngår i analysen:

1. Vurdering av teknologistatus for sentrale teknologier, herunder modenhet, fart i utviklingen, samt sentrale drivere og barrierer for utviklingen.
2. Status i markedet og markedsutvikling frem til i dag.
3. Hvordan forventes markedet å utvikle seg de nærmeste årene (frem mot 2027)?

Del 2: Evaluering av effekter av støtteprogrammene og i hvilken grad de har bidratt til ønsket markedsendring.

Evalueringen skal svar på følgende overordnede problemstillinger:

1. Hvilke resultater og effekter har Enovas støttetilbudet medført – mao. hvilken nytte har det hatt, samlet sett?
2. Hvilke kostnadsvirkninger har støttetiltakene medført?

1.1.1 Formål og spesifisering av oppdraget

Formålet med oppdraget er å vurdere effekten av støtteprogrammene og i hvilken grad de har bidratt til ønsket markedsendring. Med dette som utgangspunkt stiller vi følgende **overordnet evalueringsspørsmål**:

I hvilken grad har programmene samlet sett bidratt til ønsket markedsendring?

I evalueringen av resultater og effekter har vi tatt utgangspunkt i formål og målgruppe for hvert enkelt program der vi svarer ut de tre problemstillingene som alltid bør inngå i evalueringer av statlige tilskuddsordninger (Senter for statlig økonomistyring, 2007, s. 10):

- Hvilke effekter gir tilskuddene?
- Er tilskuddsforvaltningen ivaretatt på en god nok måte?
- Er tilskuddsordningen tilstrekkelig godt utformet?

Med referanse til evalueringens to problemstillinger har vi lagt mest vekt på effekter, og avleder nytte og kostnadsvirkninger fra effektene. I oppdragsbeskrivelsen presiseres det at ressurs- og klimafotavtrykket som følge av ombygging, inkludert ressurs- og klimafortavtrykket til den sentrale energiinfrastrukturen, støttetilbudets kostnader samlet sett, samt merkostnadene for markedet ved innkjøp og eventuelt bruk av maskinene skal vektlegges på kostnadssiden.

I oppdragsbeskrivelsen bes det også om en vurdering av hvorvidt Enovas innsats har bidratt og fremdeles bidrar til en utvikling mot serieproduksjon, forutsatt at serieproduksjon er en viktig driver for prisnedgang og større utbredelse i markedet. I vurderingen av viktigheten av serieproduksjon har vi tatt utgangspunkt i verdikjeden for anleggsmaskiner og utslippsfrie anleggsplasser for derigjennom å kunne vurdere hvilke(t) ledd eller element i en produksjonskjede som framstår som kostnadsdrivende. Vi forsøker også å skille mellom begrepene *masseproduksjon* og *serieproduksjon*, samt nyansere begrepene *ombygging* og *innsetting*. Bidrag til serieproduksjon inngår så vidt vi kan se ikke direkte fra støtteordningenes formål eller Enovas overordnede mål, men peker i større grad på en virkningskjede gjennom priseffekter som skal gi markedseffekter som følge av økt serieproduksjon. Spørsmålet om bidrag til serieproduksjon og hvilke markedseffekter Enova har bidratt med gjennom denne virkningskjeden, behandles derfor for seg.

1.2 Metode og datagrunnlag

Kartleggingen i del 1 er basert på flere kilder: for det første kvantitative kilder, som offentlig tilgjengelig statistikk, litteratur og rapporter som omhandler utslippsfrie anleggsplasser. I tillegg har det vært kontakt med markedsaktører i form av møter, intervjuer og en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen ble gjennomført i mai–juni 2024. Spørreundersøkelsen var strukturert, med ulike spørsmål rettet mot ulike aktører og markedssegmenter, med en stor andel åpne spørsmål.

Intervjuene ble gjennomført som semistrukturte intervjuer, med utgangspunkt i en intervjuguide som likevel ga mulighet til å forfølge interessante spor som dukket opp underveis i samtalen. Intervjuene har blitt gjennomført hovedsakelig på Teams og på telefon. Intervjuene har i hovedsak blitt gjennomført i perioden mai–oktober 2024. De første intervjuene var av mer utforskende karakter, mens de siste har vært mer spisset mot enkeltproblemstillinger, som eksempelvis batterikostnader og produksjonskjeder.

Sweco har som en del av oppdraget gjennomført en innledende kartlegging av teknologi- og markedsstatus. Resultatene fra dette arbeidet er dokumentert i rapporten «Teknologi- og markeds-kartlegging – utslippsfrie bygge- og anleggsplasser» (Sweco, 2024). Del 1 i herværende rapport bygger delvis på den innledende kartleggingen til (Sweco, 2024), men er supplert med ytterligere kartlegginger og analyser for å gi et mest mulig fullstendig bilde av markedet.

Vi har også innhentet noe bakgrunnsinformasjon om markedet fra Proff.forvalt og fra et utvalg leverandørers markedskommunikasjon. I slutfasen av evalueringen er det hentet inn supplerende markedsinformasjon, særlig om prisutvikling på batterier og markedsutviklingen i ulike delmarkeder. I tillegg har vi fått verdifull verdifulle innspill fra markedsaktører i energitjenestemarkedet som har supplert aktørbildet innenfor disse tjenestene og dermed også bidratt til å gi et mer balansert bilde av leverandørsiden enn det som fremkommer i Sweco (2024).

Evalueringen i del 2 bygger på datagrunnlaget og kartlegging i del 1. I markedsdialogen med aktører som ble gjennomført i del 1 ble aktørene også spurt om deres vurdering av effekter av Enovas støtte, i tillegg til andre spørsmål om forvaltning og utforming av støtteprogrammene. I tillegg har vi hatt tilgang til søknadsdata og statistikk fra Enova. Analyser av disse dataene, herunder kostnadsinformasjon og annen informasjon fra søknadene, inngår som viktige elementer i evalueringgrunnlaget. I tillegg har vi hentet inn programinformasjon, årsrapporter fra Enova og annen relevant litteratur og dokumentasjon om utslippsfrie anleggsplasser.

1.3 Organisering av rapporten

I kapittel 2 gir vi en oversikt over utslippene i bygge- og anleggsnæringen, noe som danner bakgrunnen for Enovas støtteordninger. Videre drøfter vi virkemidler rettet mot utslippsreduksjoner, og Enovas plass i virkemiddelapparatet. Vi gir også en kortfattet oversikt over aktørene i bygge- og anleggsnæringen – målgruppen for støtteordningene.

Kapittel 3 drøfter begrepet serieproduksjon, som er sentralt både i vurderingen av markedsutviklingen og i evalueringen.

Kapittel 4–7 utgjør del 1: kartlegging og analyse av teknologier og markeder.

Kapittel 4 gir en oversikt over innholdet i denne delen av rapporten.

I kapittel 5 presenterer vi markedsaktørenes vurderinger av teknologi- og markedsstatus, slik de fremkommer i intervjuene og spørreundersøkelsen. Dette danner en viktig del av informasjonsgrunnlaget som vi bruker videre både i del 1 og del 2.

Kapittel 6 gir oversikt over teknologi- og markedsstatusen til utslippsfrie anleggsmaskiner. Dette kapitlet er delvis basert på kunnskapsgrunnlaget utarbeidet av Sweco og dokumentert i (Sweco, 2024), men supplert med flere kilder og bygger dermed på et bredere datagrunnlag.

Kapittel 7 tar for seg markedstatus og mulig markedsutvikling i de nærmeste årene, fram til 2027. Her vurderer vi også kostnadsutvikling samt barrierer og drivkrefter.

2 Bakgrunn

Flere tidligere utredninger på feltet har pekt på reguleringer og incentiver, i form av støtteordninger, som sentrale drivere for utviklingen av utslippsfrie bygg- og anleggsplasser, herunder utslippsfrie anleggsmaskiner (se blant annet Capgemini Invent (2023), Miljødirektoratet (2024), Miljødirektoratet (2023), Wiik, et al. (2020), Vista Analyse (2023)). For å svare på oppdragets mandat om drivere og barrierer, og for få et grunnlag for å kunne vurdere effekten av Enovas virkemidler, gir vi i dette kapittelet en kort oversikt over relevante virkemidler, reguleringer og krav som tidligere er identifisert som drivere for utviklingen av utslippsfrie anleggsmaskiner. Gjennomgangen inkluderer en vurdering av Enovas plass i virkemiddelapparatet.

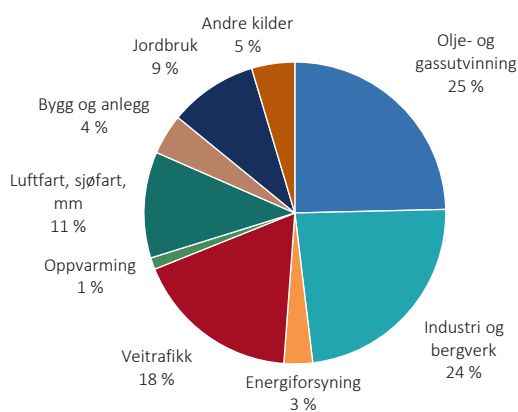
Vi gir også en oversikt over de viktigste aktørene i markedet og andre generelle kjennetegn og utviklingstrekk i markedet. Formålet med gjennomgangen er gi et grunnlag for de videre analysene og å bidra med forståelse om dynamikken i markedet og blant markedsaktørene.

Kapittelet begynner med en kort oversikt over klimagassutslippene fra bygge- og anleggsnæringen, for å sette utslippene og formålet med virkemidlene i perspektiv.

2.1 Utslipp fra maskiner i bygge- og anleggssektoren utgjør ca. 1,2 prosent av utslippene i Norge

Direkte utslipp fra bygge- og anleggssektoren var på rundt 2,1 millioner tonn CO₂-ekv. i 2022. Dette utgjør omtrent 4,3 prosent av Norges direkte klimagassutslipp, se Figur 2.1. Utslippene har i det siste tiåret ligget stabilt på 2,1–2,3 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.

Figur 2.1 Klimagassutslipp i Norge



Kilde: Vista Analyse, basert på SSB Statistikkbanken Tabell 13932 og 13931, samt (Miljødirektoratet, 2023)

Bruk av maskiner og utstyr på bygge- og anleggsplasser utgjør knappe 40 prosent av utslippene i sektoren, se Figur 2.2. Utslipp fra dieseldrevne maskiner og utstyr på bygge- og anleggsplasser er omtrent 0,73–0,8 mill. tonn CO₂-ekvivalenter, noe som tilsvarer 1,1–1,3 prosent av Norges klimagassutslipp (Miljødirektoratet, 2023).

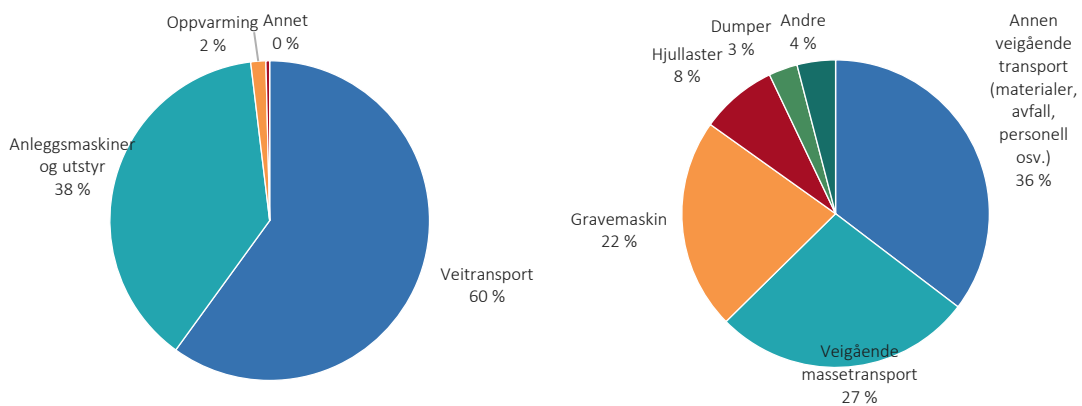
Veitransport til og fra bygge- og anleggsplasser utgjør den største delen av utslippene i sektoren, rundt 60 prosent. Dette omfatter transport av masser, materialer, avfall og personer; det er massetransport som utgjør en vesentlig del av transporten (Miljødirektoratet, 2023). Oppvarming i

bygge- og anleggsvirksomhet forårsaket utslipp på ca. 32 000 tonn CO₂-ekv. i 2021.

Enovas støtteprogrammer er rettet mot maskiner og utstyr på bygge- og anleggsplasser, som altså utgjør noe over 1 prosent av norske utslipp. Blant anleggsmaskiner som brukes i arbeidet på en bygge- eller anleggsplass står gravemaskiner for den største andelen direkte klimagassutslipp med rundt 60 prosent, etterfulgt av hjullaster (se Figur 2.2). Begge disse maskinkategoriene kvalifiserer til støtte under støtteprogrammet «Utslippsfrie anleggsmaskiner» som er i drift i dag.

Figur 2.2

Utslipp fra bygg og anlegg, fordelt på ulike kilder



Kilde: Vista Analyse, basert på SSB Statistikkbanken Tabell 13932 og 13931, samt (Miljødirektoratet, 2023)

2.1.1 Forskjell mellom bygg og anlegg, og ulike byggherrekategorier

Bygge- og anleggsnæringen omfatter både byggeplasser og anleggsplasser (se Tekstboks 2.1.) Disse kan være ganske ulike, både med hensyn til utslipp og fordeling mellom offentlige og private byggherrer. Bygg- og anleggsplasser kan også stille forskjellige krav til maskiner og utstyr som har vist seg å ha betydning for bruk av elektriske anleggsmaskiner. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 2.3.

Tekstboks 2.1 Hva er bygg- og anleggsplasser?

Byggeplasser er alt som omhandler konstruksjon, rehabilitering eller riving av bygg. Prosjektene varierer fra boligutbygging til rehabilitering av skoler og næringsbygg. Byggherre kan være offentlige institusjoner som kommuner, eller private aktører som for eksempel OBOS. Byggeplasser vil gjerne være på et mindre geografisk område, og ofte i områder med tilgang til elektrisk infrastruktur. Det skal også stort sett etableres elektrisk infrastruktur til bruksfasen av bygget etter byggefasen.

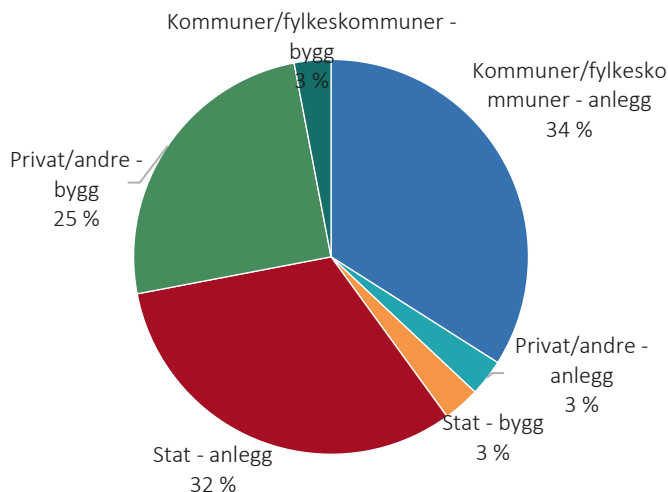
Anleggsplasser er en samlebetegnelse for alt anleggsarbeid hvor hovedformålet med arbeidet ikke er oppføring, rehabilitering eller rivning av bygg. Det inkluderer all konstruksjon og riving av samferdselsprosjekter, som vei- og jernbaneinfrastruktur. Andre anleggsplasser er blant annet vann- og avløpsarbeid, utbygging av strømnnett, annen energiforsyning og sikringstiltak mot flom og erosjon. Anleggsarbeid kan ofte foregå over store områder, som medfører en del kjøring og flytting av maskiner inne på anleggsplassen. Samtidig befinner noen prosjekter seg i grisgrendte strøk uten god tilgang på strøm. Det er oftere begrenset behov for kraft etter ferdigstilling av anleggsprosjekter.

Kilde: (Miljødirektoratet, 2024)

2.1.1.1 Utslipp fordelt på byggherrekategorier

Byggherrer er tiltakshavere, de som bestiller bygg- og anleggstjenester. Figur 2.3 viser anslag fra Miljødirektoratet over hvordan utslipp fordeler seg mellom ulike byggherrer/tiltakshavere. Stat og kommune er underlagt lov om offentlig anskaffelser (jf. kap. 2.3.1). Disse aktørene står for til sammen 72 prosent av utslippene fra bygg- og anleggsplasser.

Figur 2.3 Anslag på fordeling av klimagassutslipp fordelt på tiltakshaver/byggherre



Kilde: Vista Analyse basert på (Miljødirektoratet, 2023, s. 27)

I en styrings- og virkemiddelssammenheng er det relevant skille mellom stat og kommune, fordi kommuner og fylkeskommuner er selvstendige forvaltningsnivåer. De er ikke direkte underlagt noen andre organer og har et lokalt selvstyre som fungerer innenfor nasjonale rammer. Stortinget kan gjennom lovvedtak og budsjettvedtak sette rammer for kommunenes virksomhet. Kommunene er mao. ikke en del av den hierarkiske oppbygde statsforvaltningen, og kan dermed heller ikke instrueres eller stilles krav til på samme måte som et statlig organ.

Statlige byggherrer er anslått å stå for om lag 35 prosent av utslippene. Veianlegg, der Statens vegvesen eller Nye Veier er byggherre, står for den desidert største andelen av disse utslippene. Samferdselsdepartementet har egne virkemidler og krav til transportetatene på klimaområdet, noe vi kommer tilbake til nedenfor.

Kommunale og fylkeskommunale anleggseiere er anslått til 34 prosent av utslippene, mens kommunale og fylkeskommunale bygg er anslått til 3 prosent. Sweco (2024) gir en grundig gjennomgang av norske krav og ambisjoner innenfor kommunal og fylkeskommunal sektor på klimaområdet. Kartleggingen viser til Storbyerklæringen, og at kommunene Oslo, Trondheim, Stavanger og Bergen alle har 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 tildelegningskriterium. Miljødirektoratet har gjennom programmet **Klimasats** en egen støtteordning for kommuner og fylkeskommuner som vil kutte utslipp av klimagasser og bidra til omstilling til lavutslippssamfunnet. Kommunene har per i dag ikke hjemmel til å stille krav til utslippsfrie anleggsplasser (se avsnitt 2.3.2 om høringsforslag om dette).

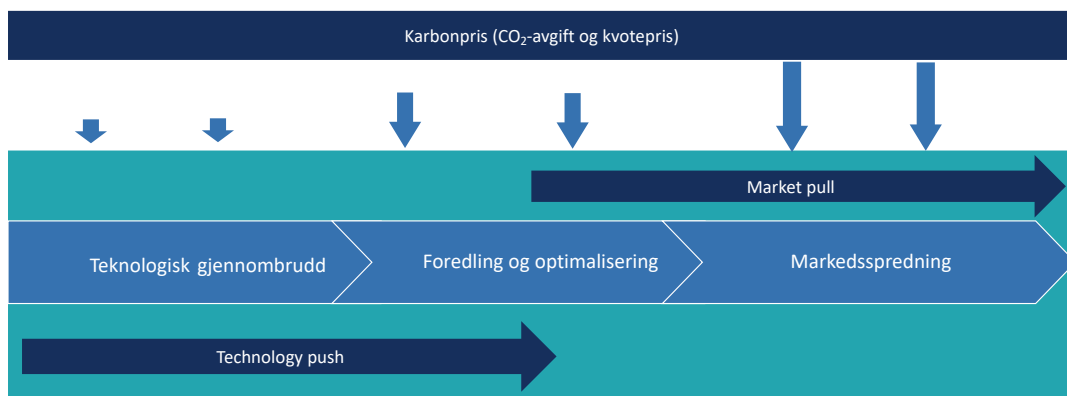
Kartleggingen i (Sweco, 2024) presenterer flere eksempler og erfaringer fra utslippsfrie byggeplasser eller delvis utslippsfrie byggeplasser. Dette er gode forbildeprosjekter, men representerer en svært liten andel av de totale utslippene fra bygg- og anleggsplasser.

Private bygg/byggherrer er beregnet til å stå for 25 prosent av utslippene.

2.2 Generelle virkemidler, reguleringer og krav i klimapolitikken

Paris-avtalen er en internasjonal avtale som skal bidra til at verdens land begrenser klimaendringene. Norge har forpliktet seg til å følge denne avtalen. Klimapolitikkenes viktigste virkemiddel er karbonpris (utslippspris), implementert gjennom CO₂-avgifter og utslippskvoter, som skal bidra til å korrigere negative eksternaliteter som utslippene forårsaker. Disse virkemidlene skaper markeder for lavutslipps- og nullutslippsteknologi, herunder utslippsfrie anleggsmaskiner. Dette omtales gjerne som «market pull»-effekter (se Figur 2.4).

Figur 2.4 Klimapolitikk og innovasjons- og spredningseffekter



Kilde: Vista Analyse, basert på figur 10.1 i (NOU, 2009: 16)

Klimaproblemet er globalt og med Paris-avtalen ble det også etablert en rettslig bindende klimavtale med reell global deltakelse fra alle land. Avtalen krever at alle land skal ha utslippsmål og rapportere på dem. Avtalen vil bidra til økt innsats for utslippsreduksjoner, og dermed styrke market-pull-mekanismene. På tross av Paris-avtalen varierer ambisjonsnivået og virkemiddelbruken i klimapolitikken på tvers av land. I EU og Norge er en stor del av utslippene dekket av EUs kvotehandelsystem (EU ETS). EU var også først ute med et kvotehandelsystem, men flere land og regioner har fulgt etter. Ved begynnelsen av 2024 var det 36 systemer for handel med utslippsrettigheter i drift, og de dekket til sammen 18 prosent av verdens klimagassutslipp. Eksempler på andre kvotemarkeder er Kinas nasjonale kvotesystem, RGGI (11 østlige delstater i USA), California, Sør-Korea og Storbritannia (Energi og klima, 2024). Per september 2024 er 24 prosent av de globale utslippene dekket av en eller annen for prising gjennom avgifter og/eller kvotehandel (World Bank Group, 2024). Per 8. november 2024 har 194 land, i tillegg til EU, sluttet seg til Paris-avtalen.

Kvotepreisen i EU ETS er i skrivende stund på 65,7 EUR/tonn CO₂-ekv, noe som tilsvarer 772 kr/tonn CO₂-ekv. CO₂-avgiften på ikke-kvotepliktige utslipp er på 1176 kr/tonn CO₂-ekv i 2024. Regjeringen har varslet en ytterligere økning i avgiften fram til 2030. I praksis innebærer denne forskjellen at det er sterkere prisincentiver for å velge utslippsfrie anleggsmaskiner i Norge enn i land som har lavere CO₂-avgifter.

Når klimapolitikken i andre land og kvotesystemer er mindre ambisiøs enn den norske, vil den globale etterspørselen etter klimateknologi, herunder utslippsfrie anleggsmaskiner, bli svakere enn i tilfellet med full internalisering og karbonprising på nivå med det som gjenspeiles i Norges klimamål- og politikk. Utviklingen i klimapolitikken i andre land vil dermed ha betydning for farten i utviklingen i markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner (jf. oppdragsbeskrivelsen punkt 1).

2.3 Når karbonprising ikke er tilstrekkelig

Karbonprising er ikke alltid tilstrekkelig til å sikre at investerings- og innovasjonsinsentivene for å utvikle og ta i bruk klimavennlige teknologier er sterke nok til at samfunnsøkonomisk lønnsomme løsninger realiseres i markedet eller at politiske mål realiseres. Dersom klimakostnadene ikke er tilstrekkelig internalisert (karbonprisene er for lave til å dekke de negative effektene som utslippene fører til) eller aktørene ikke tar hensyn til kunnskap som spres til andre bedrifter, vil ikke prising av utslipp være tilstrekkelig til å nå klimamålene. Det kan også være en rekke andre former for markedssvikt, som nettverkseffekter, koordineringsproblemer, risiko og kapitalbegrensninger mv., som gjør at samfunnsøkonomisk lønnsomme løsninger ikke realiseres på tross av riktig prising av utslipp. Det kan da være behov for tiltak for å korrigere for markedssvikt gjennom en aktiv teknologiutviklingspolitikk, se drøftinger i Vista Analyse (2023), (2020) og (2022b).

Når karbonprising ikke er tilstrekkelig til å nå klimamålene, vil en aktiv teknologiutviklingspolitikk kunne bidra til å fremskynde teknologiutvikling, markedsintroduksjon og -spredning, slik at utslippsmålene realiseres tidligere enn de ellers ville gjort. Enova er en av flere aktører i virkemiddelapparatet som har som formål å redusere klimagassutslipp gjennom å stimulere til teknologiutvikling og innovasjon. Andre tunge aktører er Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Gassnova og SIVA. I tillegg er det en egen støtteordning for kommuner og fylkeskommuner – Klimasats – som blant annet gir støtte til utslippsfrie anleggsplasser i regi av kommuner, fylkeskommuner og kommunale foretak.

Enovas virkemidler skal bidra til en raskere omstilling mot nullutslippssamfunnet gjennom en aktiv teknologiutviklingspolitikk. Dette omtales som «technology push», se Figur 2.4.

2.3.1 Andre virkemidler

Samferdselsdepartementet har støttet et pilotprosjekt for å redusere utslippene fra anleggsplassene (Vista Analyse, 2023). I Nasjonal Transportplan 2025-36 (Meld. St. 14 (2023-24) Nasjonal transportplan 2025 – 2036) framgår det at regjeringen vil legge til rette for en teknologiutvikling som kan redusere utslippene fra anleggsmaskiner gjennom å videreføre pilotprosjektene for utslippsfrie anleggsplasser ut 2027. Regjeringen vil også vurdere om det kan settes mål eller stilles krav til anleggsplassene. Bygg- og anleggsvirksomhet knyttet til statlige bygg er anslått til å stå for 3 prosent av utslippene fra bygg- og anleggssektoren (jf. Figur 2.3). Krav knyttet til statlige bygg vil dermed ha mindre betydning.

Anskaffelsesreglementet krever at klima- og miljøhensyn skal vektas 30 prosent i vurderingen av anbud. Det er da opp til den enkelte tilbyder hvilke miljø- og klimatiltak/løsninger som tilbys. Ved totalentrepriser vil en entreprenør kunne tilby et vidt spekter med tiltak, uten at det nødvendigvis innebærer krav om utslippsfrie eller lavutslippsanleggsmaskiner. En byggherre kan også velge å legge direkte utslipp fra anleggsmaskiner som et krav eller tildelingskriterium. Eventuelle

merkostnader ved å tilby utslippsfrie maskiner vil da veltes over på byggherre. Som nevnt ovenfor har en gruppe storbyer gått foran med krav til utslippsfrie byggeplasser. For Oslo omtales utslippsfrie byggeplasser som «normalen» i en artikkel i EnergiAktuelt (EnergiAktuelt, 2024).

Private byggherrer står fritt til å stille krav helt eller delvis, eller å la være å stille klimakrav til et prosjekt. Private byggherrer er avhengig av å kunne velte eventuelle merkostnader over på mot-taker av prosjektet. Våre informanter viser til stramme marginer og liten betalingsvillighet for prosjekter som er realisert gjennom utslippsfrie anleggsplasser (se nærmere referat av intervjuene i kap. 4). De viser også til at det kan være flere miljøkrav som må tilfredsstilles i en reguleringsplan, rekkefølgebestemmelser, bevaring av bygg eller naturkvaliteter innenfor et område, avfallshåndtering, ombruk og gjenbruk, og at det også gjøres en hel rekke andre tiltak med større klimaeffekt enn om «gravemaskinen går på strøm i stedet for diesel» (sitat fra informant). Det vises også til tid og en mer omfattende planlegging og logistikk, noe som i seg selv er kostnadsdrivende.

2.3.2 Høringsforslag om å åpne for kommunale klimakrav til bygge- og anleggsplasser

Det har tidligere ikke vært hjemmel for at kommunene kan stille klimakrav til byggeplasser eller bygge- og anleggsplasser. Et forslag om at kommuner skal kunne stille denne type krav med hjemmel i forurensingsloven ble lagt ut til høring i august 2024 (Klima- og miljødepartementet, 2024). Forslaget gjelder direkte utslipp fra energibruk som skjer inne på bygge- og anleggsplasser, og omfatter ikke utslipp fra arealbruksendringer og transport til og fra bygge- eller anleggsplasser. Forslaget innebærer at kommunene får myndighet til å fastsette en lokal forskrift og kan stille krav som gjelder hele eller nærmere angitte deler av kommunen, enkelteiendommer eller visse typer bygge- og anleggsplasser. Fra høringsnotatet framgår det at klimagassutslippene fra bygge- og anleggsvirksomhet forventes å være betydelige i årene framover, og at det er behov for omstilling og et økt tempo i arbeidet med å kutte utslipp.

I høringsnotatet vises det til at anleggsplasser skiller seg fra byggeplasser ved at de ofte er større, det er lengre avstander inne på området og det brukes flere og større maskiner, som er fordyrende elementer. Utbygging av slik infrastruktur har ifølge høringsnotatet andre forutsetninger enn oppføring og riving av bygg, som foregår på et geografisk avgrenset område. Videre pekes det på at strenge kommunale klimakrav til anleggsplasser i offentlig regi kan medføre økte prosjektkostnader og omprioriteringer i prosjektporteføljen. Det ytres også en bekymring for at økte kostnader kan fortrenge andre prosjekter som ladeinfrastruktur til tunge biler og hurtigbåter. Det framgår også at Regjeringen ikke anbefaler at anleggsplasser inntas i den kommunale hjemmelen:

Etter en totalvurdering, der man ser på foreslåtte og eksisterende virkemidler, nytte, kostnader og konsekvenser, vil ikke Regjeringen anbefale at anleggsplasser inntas i den kommunale hjemmelen

(Klima- og miljødepartementet, 2024)

Regjeringens anbefaling om at anleggsplasser ikke inntas i den kommunale hjemmelen må forventes å svekke en eventuell kommunal hjemmel dersom forslaget vedtas.

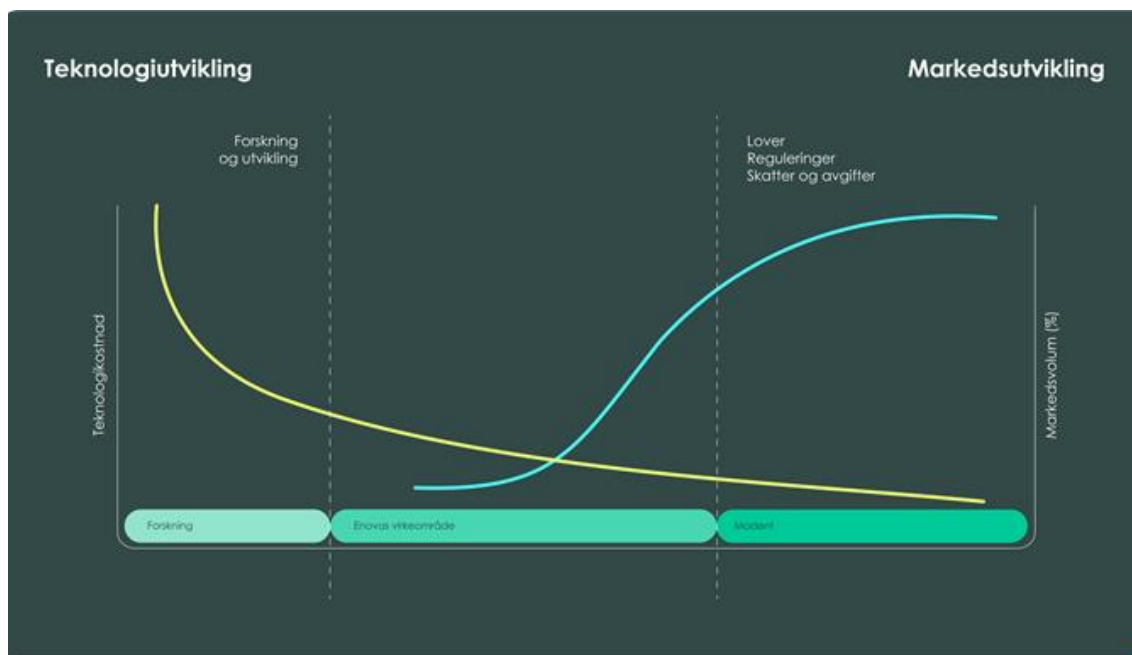
Dersom forslaget om at kommunene skal kunne fastsette lokale forskrifter med krav til direkte utslipp og energibruk i lokale byggeprosjekter vedtas, vil dette treffe private byggherrer med

byggeaktiviteter i kommunene som innfører denne type krav. Private byggherrer er beregnet til å stå for 25 prosent av utslippene fra bygg- og anleggsaktiviteter (jf. Figur 2.3). Dersom forslaget om å gi kommunene hjemmel til å stille krav, kan det neppe forventes at samtlige kommuner stiller denne typen krav. Det må også forventes at det går noe tid fra en hjemmel vedtas og til den tas i bruk. Det kan derfor ikke forventes virkninger av en hjemmel på kort sikt, dvs. 2027-28. Vår vurdering er derfor at forslaget vil ha en svært begrenset betydning på farten markedsutviklingen for utslippsfrie anleggsmaskiner.

2.4 Enovas plassering i virkemiddelapparatet²

Enova plasserer selv sitt virkeområde mellom forskning og marked gjennom «Enova-kurven» (se Figur 2.5). Figuren illustrerer en situasjon der en bedrift allerede har investert tid og penger i den første fasen av teknologiutviklingsløpet (vist ved den første delen av den gule linjen). Formålet med Enovas virkemidler er å hjelpe bedriftene gjennom den siste fasen i teknologiutviklingen og øke sannsynligheten for en vellykket markedsintroduksjon.

Figur 2.5 Enova-kurven



Kilde: Figuren er direkte hentet fra Enova (Enova, 2023)

Investeringsstøtte for å stimulere etterspørselen etter utslippsfrie maskiner

Økonomisk støtte til bedrifter bidrar til å senke risikoen forbundet med å utvikle og ta i bruk nye teknologier og løsninger. Støtteordningene rettet mot bygg og anleggsvirksomhet er i hovedsak utformet som en investeringsstøtte til virksomheter som ønsker å ta i bruk eller anskaffe utslippsfrie anleggsmaskiner, samt til infrastruktur for utslippsfri energiforsyning til bygge- og anleggsplasser. Støtten til anleggsmaskiner reduserer prisforskjellen mellom en konvensjonell dieseldrevet anleggsmaskin og en utslippsfri anleggsmaskin, og stimulerer dermed etterspørselen etter

² Dette avsnittet er basert på informasjon og tekst hentet fra <https://2023.enova.no/virksomhet-og-hovedtall/virkemidler-for-morgendagens-norge>

utslippsfrie anleggsmaskiner. Støtten til infrastruktur reduserer merkostnadene til infrastruktur som er nødvendig for å kunne ta utslippsfrie anleggsmaskiner i bruk og bidrar til en ytterligere stimulering av etterspørselen etter utslippsfrie alternativer. Formålet med å stimulere etterspørselen er å bidra til å bygge opp tilbudssiden av markedet og gi grunnlag for videre teknologiutvikling, og dermed styrket konkurransekraft for utslippsfrie alternativer. I tillegg vil investeringsstøtten støtte en raskere og tidligere utskiftning av maskinparken til utslippsfrie maskiner, og dermed bidra til direkte utslippsreduksjoner.

Støtte til systemløsninger

I tillegg til investeringsstøtten var programmet som kun gikk i 2021 rettet mot *teknologiutvikling* der målet var å få opp *systemløsninger, forretningsmodeller og aktører som kunne bidra til å fjerne tidligere identifiserte barrierer* som mangel på infrastruktur og systemer som tilrettela for bruk av maskinene. Systemløsninger som gjør det mulig å bruke utslippsfrie maskiner kan betraktes som en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for å kunne realisere et mål om utslippsfrie anleggsplasser.

2.5 Virkningskjeden danner utgangspunktet for evalueringen

I Figur 2.6 illustrerer vi virningskjeden fra investeringsstøtte til virkninger og markedseffekter. Virningskjeden (eller resultatkjeden) fra støtte til forventet effekt danner grunnlaget for evalueringen som gjøres i del 2. Figuren illustrerer også hvordan markedsmekanismene er tenkt å virke, og hvordan etterspørselssiden og tilbudssiden henger sammen.

Vi har inkludert to førsteordensvirkninger:

- Reduksjon i klimagassutslipp fra maskinene som har mottatt investeringsstøtte. Dette vil i praksis være sammenfallende med de kontraktsfestede utslippsreduksjonene.
- Økt etterspørsel etter utslippsfrie anleggsmaskiner.

Markedseffekten består også av to virkninger:

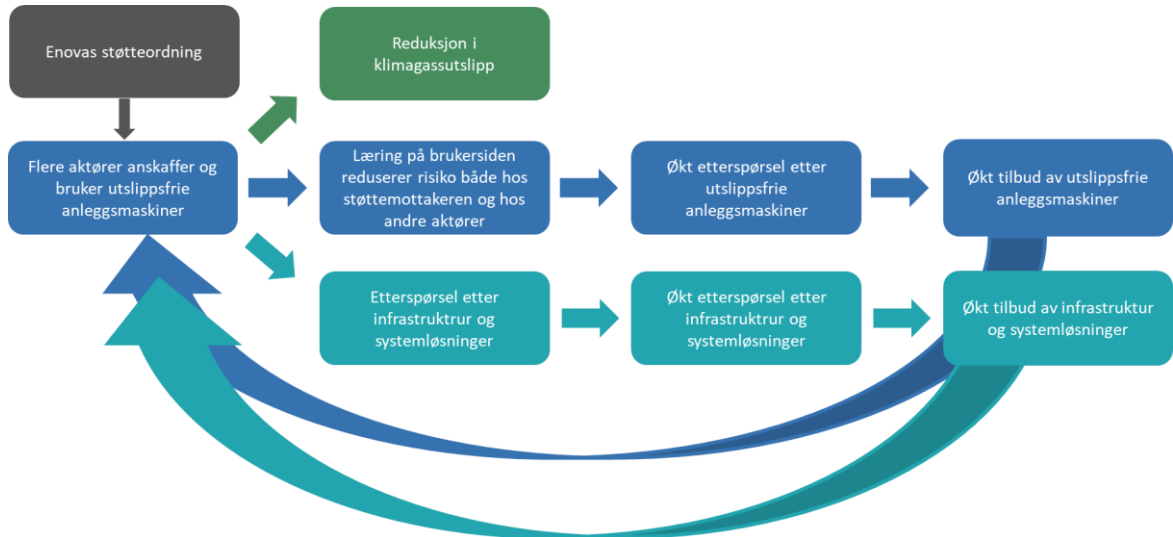
- Læringseffekter på brukersiden som isolert sett vil stimulere etterspørselen.
- Utvikling på tilbudssiden som følge av økt etterspørsel.

Utviklingen på tilbudssiden kan være en partiell kvantumseffekt (dvs. at det produseres det antall maskiner som utløses av investeringsstøtten i form av enkeltbestillinger), teknologiutvikling som følge av økt etterspørsel og/eller lavere produksjonskostnader som følge av skalaeffekter.³ For at lavere produksjonskostnader skal føre til lavere priser må det være tilstrekkelig konkurranse i markedet. Ved eventuelle monopolsituasjoner eller andre former for markedsimperfeksjoner vil lavere produksjonskostnader ikke nødvendigvis slå ut i lavere priser. Dette kjenner vi fra introduksjonen av elbiler, der markedsprisene først begynte å falle etter det ble reell konkurranse i markedet. De norske bruksincentivene og subsidiene hadde liten betydning for prisutviklingen (se Vista Analyse (2012), (2015a), (2015b)).

³ Skalaeffekter betegner, innen økonomi, en situasjon der produksjonen har avtakende grensekostnader. Med dette menes at kostnadene per produserte enhet blir lavere når antall produserte enheter øker.

I evalueringen i del 2 ser vi nærmere på hvilke virkninger og markedseffekter som kan tilskrives investeringsstøtten. Vi vurderer da noen flere virkninger enn de som er skissert i figuren, deriblant bidrag til serieproduksjon og lavere markedspriser.

Figur 2.6 Virkningskjede: Markedsmekanismer og -markedseffekter



Kilde: Vista Analyse

Figuren illustrerer virkningskjeden i støtten til teknologiutvikling, infrastruktur og systemer. Mangel på infrastruktur og -systemer ble som nevnt vurdert som en barriere i utviklingen av utslippsfrie anleggsplasser og dermed også for etterspørselen etter anleggsmaskiner. Det å løse opp denne barrieren kan betraktes som en forutsetning for økt etterspørsel etter utslippsfrie anleggsmaskiner. En fjerning eller reduksjon av barrieren vil da stimulere etterspørselen etter utslippsfrie anleggsmaskiner som igjen vil stimulere etterspørselen etter systemløsninger. Økt etterspørsel etter systemløsninger vil stimulere tilbudssiden. I og med det i utgangspunktet ikke var noe marked for denne type systemløsninger som kreves, måtte det bygges opp en tilbudsside med nye aktører, eventuelt at etablerte aktører utvider sine produktspekter. I evalueringen i del 2 ser vi nærmere på hvorvidt denne mekanismen har virket, og om/i hvilken grad Enova har bidratt til å utvikle dette delmarkedet.

2.6 Markedsaktørene og målgruppen for støtteprogrammene

Tabell 2.1 oppsummerer ulike typer aktører i bygg- og anleggsvirksomheten. For at målet om utslippsfrie anleggsplasser skal kunne realiseres er det disse *aktørene som må endre adferd* fra dagens situasjon.

Tabell 2.1 Oversikt over aktører i bygg- og anleggsnæringen

Aktør	Forklaring
Byggherrer	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 miljøhensyn med minst 30 %.
Entreprenør	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.
Rådgivende ingeniørfirma	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.
Utleiefirma	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.
Leasingselskap	Leasingselskapene er en finansieringsaktør for maskiner og utstyr. Fra intervjuene er det gitt anslag på at om lag 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.
Maskinprodusent	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. Det er også noen få norske produsenter.
Maskingrossist	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.
Energiinfrastrukturleverandør	Energiinfrastrukturleverandørene er en ny type aktør som har vokst fram i kjølvannet av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Disse aktørene produserer/importerer energiinfrastruktur som kan benyttes til å sikre strømtilgang på utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.
Energitjenesteleverandør	Energitjenesteleverandørene er en ny aktør for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Energitjenesteleverandørene kan levere både tjenester knyttet til planlegging og til infrastruktur rundt et utslippsfritt prosjekt, som planlegging av strømtilførsel, planlegging av eventuelle batteri-pakker og hurtigladdestasjoner, nettstasjoner, etc. Dette er en ny aktør som har vokst fram i etableringen av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.
Nettselskap	Nettselskaper er aktørene som sikrer strøm til bygge- og anleggsplass. Nettselskapene har oversikt over tilgjengelig nettkapasitet. 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.

Kilde: Basert på (Sweco, 2024), justert av Vista Analyse

2.7 Produsenter, grossister, entreprenører, utleieaktører og leasingselskaper

Enovas støtteprogrammer der investeringsstøtte er virkemidlet, er rettet mot *etterspørselssiden*. Entreprenører, utleieaktører og leasingselskaper som er omtalt i Tabell 2.1 representerer etterspørselssiden. Entreprenøren, eventuelt underleverandører til entreprenøren, er de som skal bruke maskinene og som står bak etterspørselen.

Utleieselskapene møter deler av entreprenørenes etterspørsel og må anskaffe maskiner for å kunne møte denne etterspørselen. Leie framfor eie av maskiner gir entreprenørene større fleksibilitet ved at de får tilgang til en større maskinpark enn de selv kunne hatt, samtidig som de slipper å ha maskiner som står stille i perioder der de ikke har behov for de aktuelle maskinene. Dette gir en lavere kapitalbinding og lavere risiko enn å eie maskinene selv. Deler av denne risikoen bæres da av utleieselskapet, noe som også forventes å gi utslag i leieprisen. Utleieselskapene kan redusere risikoen for lav utnyttelse, og de kan også ha stordriftsfordeler knyttet til klargjøring og vedlikehold. Utleieselskapene er avhengig av at de har en maskinpark som møter etterspørselen til priser som gjør det attraktivt for entreprenørene å leie framfor å eie. Miksen mellom eie og leie vil variere på tvers av ulike entreprenører.

Det har vært en kraftig vekst i utleie og leasing av bygge- og anleggsmaskiner og -utstyr, med over en dobling av samlet omsetning fra 2016 til 2023. Det samme gjelder for kategorien utleie og leasing av andre maskiner og annet utstyr. Disse to kategoriene hadde en samlet omsetning på nær 24 mrd. kroner i 2023 (Proff.forvalt). Flere av selskapene inngår i store internasjonale konsern.

Det er også en stor grad av vertikal integrasjon der finansiering, verksted med småskalaproduksjon i form ombygginger og spesialtilpassing, produksjonsbedrifter og grossister inngår i ulike former for sammenslutninger på eiersiden. Det finnes også norske produsenter som utvikler og produserer anleggsmaskiner. Disse opererer i det internasjonale markedet. Også bak disse finner vi internasjonale eiere, og vi finner norske produsenter som sitter med eierinteresser utenfor Norge.

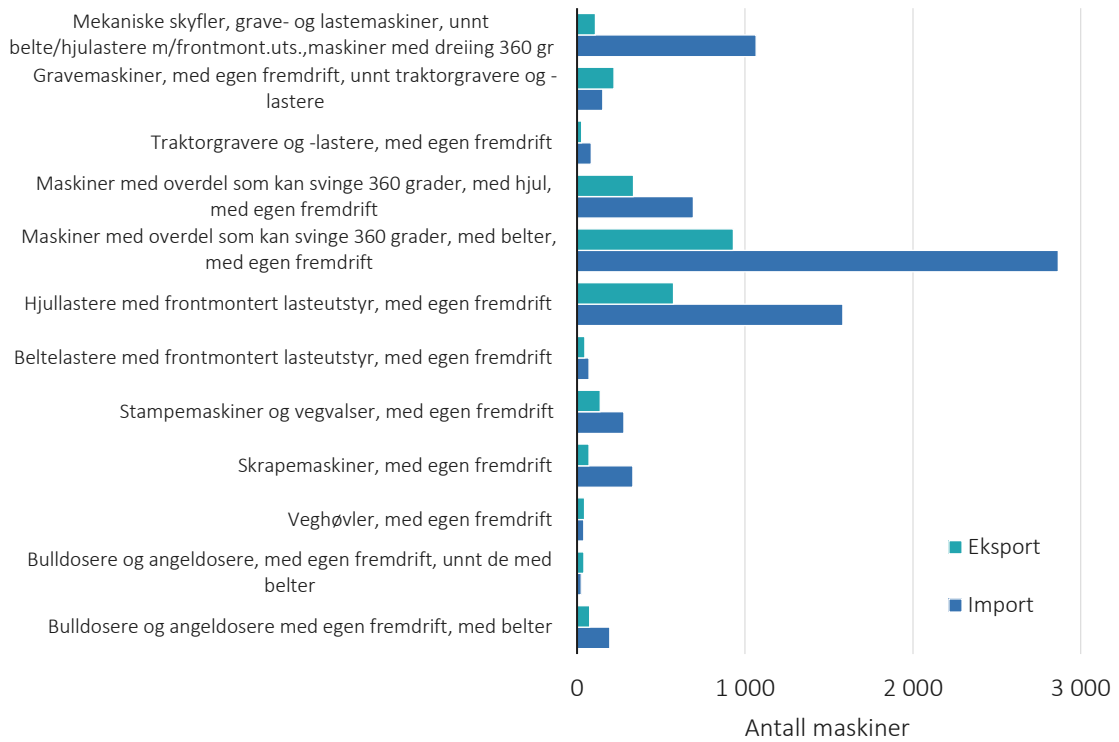
Verdien på igangsatte prosjekter innenfor bygg og anlegg var på 430 mrd. kr i 2023. Private tiltakshavere er størst målt i verdi (65 prosent), mens offentlige tiltakshavere er størst målt i antall prosjekter (66,7 prosent), jf. (Byggfakta, 2024). Foreløpige tall fra Byggfakta tyder på at 2024 ender på et høyere resultat.

2.7.1 Norge er en del av et internasjonalt marked

For å få et bilde av markedet for anleggsmaskiner i Norge har vi også sett på statistikk over utenrikshandelen for Norge for 2023. Dette som et supplement til statistikken over nysalg fra Maskingrossistenes forenings medlemmer og estimatene over markedet vist i (Sweco, 2024). Resultatene er vist i Figur 2.7. Figuren viser at det er både import og eksport av ulike anleggsmaskiner. I og med Norge kun har en svært begrenset produksjon av anleggsmaskiner, vil det være en stor andel brukte maskiner som inngår i eksporten. Det importeres også brukte maskiner til Norge. Etter det vi har fått oppgitt kan det også forekomme import av nye maskiner til Norge som går rett til det europeiske markedet.

Figur 2.7 inkluderer totalt 7 400 importerte maskiner og 2 600 eksporterte maskiner. I verdi summerer importen seg til 7 mrd. kr og eksporten til 1,7 mrd. kr. Intervjuene og øvrige markedsinformasjon fra leverandørene bekrefter at det er et godt andrehåndsmarked, og at de fleste produsentene har tilbakekjøpsordninger av brukte maskiner. Det er flere internasjonale markedsplasser for omsetning av brukte maskiner, der nettportalen Mascus regnes som den største.⁴

Figur 2.7 Import og eksport av maskiner, 2023



Kilde: SSB Statistikkbanken tabell 08801

Import og eksport varierer fra år til år og påvirkes blant annet av valutakurser, renter og øvrige konjunktursvingninger. I 2023 var 73 prosent av anleggsmaskinene i figuren importert fra Europa mens 13 prosent kom fra Kina.

At.no (15.08.2024) viser at salgstallene for de 50 største produsentene av anleggsmaskiner i verden har økt til «rekordhøye 243,4 milliarder US dollar». Dette tilsvarer nesten 2600 mrd. kroner. I verdensmarkedssammenheng tilsvarer det norske markedet det som en av våre informanter omtalte som «produksjonen fra en formiddag». Dette størrelsesforholdet er relevant for evalueringen i del 2 der vi skal vurdere effekten av etterspørselen skapt av Enova på serieproduksjon.

Anleggsmaskiner som brukes i Norge kommer fra et internasjonalt marked og Norge er en del av globalt marked. Utleiemarkedet i Norge er i vekst, og har vært i vekst over en lengre perioder.

⁴ Se <https://www.mascus.no/+constructionpowertype=7500001&itemtype=auctionad%252cusedad&catalogs=construction/1,relevance,search.html>

3 Serieproduksjon

Serieproduksjon inngår som tema både i del 1 og del 2 i oppdragsbeskrivelsen.

I del 1 er oppdraget spesifisert til:

Det skal også gjøres en vurdering knyttet til serieproduksjon for maskinene, inkludert hvilke maskinkategorier og maskinstørrelser som serieproduseres i dag, samt i hvilket volum. Hvilke forutsetninger må ligge til grunn for videre utvikling mot serieproduksjon for de ulike maskinkategoriene og når forventes det serieproduksjon?

I del 2 bes det om følgende:

Forutsatt at serieproduksjon er en viktig driver for prisnedgang og større utbredelse i markedet, skal det vurderes hvorvidt Enovas innsats har bidratt og fremdeles bidrar til en utvikling mot serieproduksjon.

Gjennomførte intervjuer viser at det er store variasjoner i vurderingene av hvor store volumer som kreves for at det skal etableres serieproduksjon. Det er også ulike oppfatninger av om serieproduksjon er noe annet enn masseproduksjon samt hva som eventuelt må serie- eller masseproduseres for at utslippsfrie maskiner skal kunne bli konkurransedyktige på pris mot konvensjonelle maskiner.⁵

For å kunne svare på oppdragets mandat om hvilke forutsetninger som må ligge til grunn for videre utvikling mot serieproduksjon for de ulike maskinkategoriene, og for å kunne vurdere når serieproduksjon kan forventes, er det behov for å avklare hvordan begrepet serieproduksjon skal forstås. Selv om begrepsavklaringen i seg selv kanskje ikke er viktig, er det nødvendig å etablere en forståelse for innholdet i begrepet for å kunne vurdere hva som er driverne for prisnedgang og markedsutbredelse.

Status i markedet i dag kommer vi tilbake til i kapittel 6.

3.1 Serieproduksjon og stordriftsfordeler

Vi tar utgangspunkt i en formell definisjon av serie- og masseproduksjon hentet fra Store Norske Leksikon vist i Tekstboks 3.1.

Definisjonen av serieproduksjon tilsier at det ikke nødvendigvis kreves veldig store volumer for å etablere serieproduksjon. Det viktige er at det etableres en form for produksjonslinje der det fremstilles et antall nøyaktig like gjenstander. Poenget er å eliminere tids- og arbeidstap som oppstår når det produseres ett og ett produkt som heller ikke nødvendigvis er like. Hva som serieproduseres og hvordan en produksjonslinje med like produkter settes opp og organiseres, kan ikke leses av definisjonen. Dette i motsetning til masseproduksjon som baserer seg på to klare prinsipper, der det også fremmes som avgjørende at det finnes et stort marked for produktet som masseproduseres.

⁵ Intervjuene er gjengitt i kapittel 4 (del 1) og kapittel 10 (del 2) **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Tekstboks 3.1 Serieproduksjon og masseproduksjon: definisjoner

Seriefabrikasjon, eller serieproduksjon, er å produsere et bestemt antall nøyaktig like gjenstander. I motsetning til masseproduksjon, som innebærer automatisering og et meget stort antall gjenstander, behøver seriefabrikasjon ikke nødvendigvis ta i bruk spesialverktøy eller spesialmaskiner. Til gjengjeld kan seriefabrikasjon også baseres på et fremstillingsprogram som eliminerer tids- og arbeidstap som enkeltfremstilling vanligvis medfører.

Masseproduksjon er fremstilling av likeartede varer i stort antall. Masseproduksjon baserer seg på to prinsipper:

- Oppdeling av produksjonen i spesialiserte arbeidsoppgaver.
- Bruk av maskiner til framstilling av standardiserte, utskiftbare deler for montering i ferdig produkt.

Avgjørende for masseproduksjon er at det finnes et stort marked produktet.

Kilde: SNL

3.1.1 Hva ønskes oppnådd med serieproduksjon?

Den første serieproduserte bilen sies å være fra Benz Motor-Velociped som etablerte serieproduksjon for 130 år siden. Serieproduksjon som konsept er siden studert, beskrevet og videreutviklet fram til i dag. Sentrale gevinster som ønskes oppnådd gjennom serieproduksjon sett fra produsentens side er:⁶

- Økt effektivitet gjennom standardiserte og repeterende arbeidsprosesser. Produksjonen går raskere med lavere timeinnsats og/eller ressursinnsats enn produksjon av enkeltprodukter.
- Reduserte kostnader i form av mer effektiv materialbruk, lavere pris på innsatsfaktorer som følge av innkjøp av større kvantum og lavere produksjonskostnad per enhet.
- Standardisering ved at det produseres helt like produkter med samme kvalitet og funksjon. Dette kan gi markedsfordeler, lavere risiko ved garantier, mv.
- Skalafordeler som følge av stordriftsfordeler der gjennomsnittskostnaden per produserte enhet faller etter hvert som produksjonsvolumet øker.
- Raskere produksjonstid som gjør det mulig med raskere leveranser til markedet som følge av en kontinuerlig produksjon.

For å oppnå alle disse fordelene vil selv 1000 enheter kunne være for få til å dekke oppstartskostnadene og risikoen ved å etablere en produksjonslinje eller et fremstillingsprogram med nødvendig utstyr, arbeidskraft, kompetanse, innkjøp av innsatsfaktorer og/eller produktvikling med testing for å komme fram til produktet som skal serieproduseres.⁷ Det bør også være en rimelig sikkerhet for at det er etterspørsel etter produktene til en pris som sikrer lønnsomhet før en produsent tar oppstartskostnadene ved å etablere serieproduksjon.

⁶ Punktene oppsummerer grunnleggende kunnskap fra lærebøker i økonomi under temaet produksjonsteori. Skalafordeler og stordriftsfordeler er kjente begreper fra økonomifaget og gis ikke en nærmere forklaringer.

⁷ (Samferdselsdepartementet, 2021) har anslått at en serieprodusert maskin på mer enn 1000 eksemplarer gir rundt 40-50 prosent reduksjon i prisen.

For nye løsninger av typen utslippsfrie anleggsmaskiner vil det også ofte kreves en god del utvikling og innovasjon, testing og godkjenninger før et produkt kan settes i serieproduksjon og introduseres i markedet. Dette er kostnader som må dekkes inn fra markedet, det vil si at produsenten vil forsøke å prise disse kostnadene inn i salgsprisen. I et marked med fullkommen konkurranse vil markedsprisen bli lik grensekostnaden, dvs. kostnaden ved å produsere den siste enheten (forutsatt at faste kostnader er dekket). Ved stordriftsfordeler (også kalt økende skalautbytte) vil gjennomsnittskostnadene for hver produsert enhet bli lavere etter hvert som produksjonen økes. Skalafordeler oppstår gjerne i tilfeller der det er store faste kostnader ved å starte opp produksjonen, mens de variable kostnadene når produksjonslinjen først er etablert, er nær proporsjonal med antall produserte enheter. I praksis betyr det at de faste kostnadene (inkludert utviklingskostnadene for å få fram maskinen som skal serieproduseres) kan fordeles på et større antall enheter, noe som gjør at gjennomsnittskostnaden blir lavere. En produsent med et lavt produksjonsvolum, eksempelvis en produsent som produserer få anleggsmaskiner, vil da kunne presses ut dersom markedsprisen blir lavere enn det som er nødvendig for å dekke gjennomsnittskostnadene ved de produserte enhetene. Dersom bedriften har monopol eller konkurransen i markedet er mangelfull, vil produsenten kunne ta den prisen som markedet er villig til å betale for de maskinene som leveres, uten å forholde seg til konkurrentenes priser. Etterspørselen avhenger av prisen. Økt produksjon vil gi høyere inntekt for produsenten, men fordi prisen markedet vil betale for denne økningen også faller, vil det ikke nødvendigvis lønne seg for produsenten å øke produksjonen så lenge de kan opprettholde en høy pris og et lavt produksjonsnivå.

Produsentens formål med serieproduksjon er mao. å redusere egne produksjonskostnader, øke egen konkurransevne og profitt. Serieproduksjon vil normalt få ned grensekostnadene, men dette er ikke alltid en tilstrekkelig forutsetning for at markedsprisen faller.

3.1.2 Hvor mange maskiner kreves for at det skal etableres serieproduksjon?

Hvor mange enheter som må produseres for at serieproduksjon skal være fornuftig eller en produksjonslinje kan defineres som en serieproduksjon, avhenger av flere faktorer, inkludert typen produkt, produksjonsmetoden, kostnadene knyttet til oppsett og drift, samt markedets etterspørsel. Det finnes ikke et fast minstetall for hvor stor en serieproduksjon må være, men noen hundre enheter i en produksjon vil nok i de fleste tilfeller defineres som småskalaproduksjon, med mindre det handler om en svært spesialisert del i det som ofte omtales som *en fleksibel serieproduksjon eller modulær produksjon*. Modulær produksjon har over tid preget utviklingen i bilindustrien og da særlig i forbindelse med introduksjon av elbiler (se blant annet: James & Ebin (2022), Klug (2013), Pandremenos, Paralikas, Salonitis, & Chryssolouris (2009) og forskningslitteratur om Lean i bilindustrien for eksempel klassikeren «The Machine That Changed the World», Womack, Jones, & Roos (1990)).

Hva menes med modulbasert serieproduksjon?

En serieproduksjon kan organiseres ved at en serie like enheter produseres på en felles produksjonslinje fram til et visst punkt, som for eksempel til montering av drivlinje. Produksjonen kan deretter splittes opp i to eller flere separate produksjonslinjer som igjen kan splittes ytterligere opp i flere produksjonslinjer basert på ulike spesifikasjoner og varianter. Dette er vanlig innenfor bilindustrien. Identisk like biler fram til montering av motor gir stordriftsfordeler i første ledd av produksjonen. De videre produksjonslinjene kan deles inn etter motorer (el, diesel eller bensin)

og videre derfra med ulike egenskaper ved motorene, interiør og øvrig utrustning. Dette kombineres ofte med en modulær tilnærming der deler av komponenter som skal monteres i de ulike produksjonslinjene designes for å være kompatible med flere modeller og varianter. Ved å ha en *felles produksjonslinje for en stor del av produksjonen* kan man oppnå stordriftsfordeler på tid- og ressurskrevende deler av produksjonsprosessen (den første delen). Dette gir en fleksibel produksjon som kan tilpasses forskjellige varianter eller spesifikasjoner etter at de grunnleggende delene av bilen eller anleggsmaskinen er produsert. Volkswagen sine første elbiler var eksempelvis modeller som også ble produsert med diesel- og bensinmotor i veletablerte modeller.

Det er også mulig å overføre en eller flere av delproduksjonslinjene i en serieproduksjon til en annen virksomhet eller til fullføring i et annet land innenfor egen bedrift, til et datterselskap, underleverandør eller til en frittstående produsent. Dette er en vanlig praksis i globale produksjonsnettverk, særlig i bilindustrien, elektronikkproduksjon og andre sektorer med komplekse produksjonskjeder. Denne organiseringen kan gi økt spesialisering, reduserte kostnader og utnyttelse av ulike regionale fordeler. Sluttmontering i et annet land gir en større nærhet til markedet og effektive tilpasninger til de enkelte sluttbrukermarkedene, lokale reguleringer og krav. Slutføring og spesialtilpasninger andre steder kan også være begrunnet i tilgang til kompetanse og arbeidskraftkostnader. Det kan også være logistiske fordeler å produsere eller sluttmontere enkelte produkter, som eksempelvis anleggsmaskiner, nærmere sluttbruker. Innenfor bilindustrien er det mange eksempler der serieproduksjonen deles opp og slutføres i en annen virksomhet eller i et annet land enn der første del av produksjonslinjen starter. De ulike delene/modulene som inngår i produksjonen kan være produsert flere steder, noe vi også ser i produksjonen av alt fra elbiler til mobiltelefoner.

Modulbasert serieproduksjon er basert på et standardisert fremstillingsprogram og bruk av standardiserte moduler som gjør at tids- og arbeidstap elimineres sammenliknet med produksjon av én og én maskin. Det å utvikle standardiserte fremstillingsprogram og nye varianter og moduler for å få fram nye modeller, krever investeringer som må dekkes inn i produktprisen.

Eksempler på modulær serieproduksjon

Med en modulær serieproduksjon vil en ny maskin kunne bygges opp av standardiserte moduler, der det eksempelvis kun er drivlinjen som endres fra etablerte standarder. Ved bruk av standardiserte moduler kan kostnadene reduseres i forhold til situasjonen med å utvikle og produsere et nytt produkt eller en ny maskin fra bunnen av.

Modulær produksjon åpner også for å kombinere moduler på forskjellige måter, noe som gir fleksibilitet til å kunne møte markedets etterspørsel med ulike produktvarianter. Dette har særlig preget utviklingen og overgangen til el innenfor bilindustrien (se referansene oppgitt over). Volkswagen sine første elbiler var eksempelvis basert på konvensjonelle modeller med utgangspunkt i en felles plattform, men med skifte av drivlinje. Volkswagen har i dag utviklet Volkswagen Group's MEB-plattform, en felles plattform som i dag brukes for å bygge flere ulike modellvarianter som eksempelvis Volkswagen ID.3, ID.4, Audi Q4 e-tron og Škoda Enyaq. Med en felles grunnplattform med ulike moduler kan flere modeller og merker med elektrisk drivlinje tilpasses serier med detaljerte spesifikasjoner som møter etterspørselen i enkeltland. Dette reduserer produksjonskostnadene gjennom standardisering og stordriftsfordeler på felles moduler, samtidig som det kan tilbys tilpassede løsninger som møter etterspørselen, og som også raskt kan svare på konkurrenters tilbud.

En tilsvarende utvikling med modulær serieproduksjon, der moduler fra konvensjonelle anleggsmaskiner brukes som utgangspunkt og elementer i tilknytning til drivlinjen varierer, ser vi også for anleggsmaskiner. Denne tilnærmingen til serieproduksjon kan forsvare mindre serier og vil også være beheftet med lavere kostnader blant annet som følge av mindre behov for utvikling og dermed også lavere risiko.

Vi finner flere eksempler på elektriske anleggsmaskiner som er varianter av en dieselmaskin. I salgsbrosjyren til maskinen A 916 Electric Drive fra Liebherr står det: *Identiske salgsargumenter til A 916 Standard (Diesel)*.⁸ Maskinen er en gravemaskin på 18,8 tonn med en kapasitet på 260 kWh totalt. I likhet med flere andre produsenter gir Liebherr kjøperen muligheter til å selv konfigurere maskinen, dvs. at det innenfor en modell kan velges ulike tilpasninger av førerhus, skuffer og annet utstyr. Dette illustrerer fleksibiliteten i en modulbasert produksjon. Om den endelige konfigurasjonen gjøres i Norge eller konfigureres ferdig før eksport til Norge, er i denne sammenheng ikke vesentlig. Det vesentlige er at konfigurasjonen gjøres etter et standardisert fremstillingsprogram med standardiserte produkter. Vår vurdering er at dette faller inn under definisjonen for serieproduksjon, selv om det er en stor grad av «skreddersøm» på enkeltmaskinnivå ut til kunden. Volvo har også flere elektriske anleggsmaskiner med kabel og batteridrift som er varianter av fossile modeller. Et eksempel er EC230 Electric, der den tilsvarende dieselvarianten er EC230. Vi har fått oppgitt at Volvo også har modeller som er etablert som nullutslippsmaskiner fra start. De elektriske maskinene er i serieproduksjon, men foreløpig i svært små volumer. Volvo tilbyr i likhet med Liebherr muligheter til å velge relativt detaljerte konfigurasjoner av en maskin før levering. Det finnes også flere kinesiske anleggsmaskiner tilgjengelig i det norske markedet. Rental Group er et internasjonalt utleieselskap med egen import av elektriske anleggsmaskiner fra Kina. Disse maskinene er i serieproduksjon i store serier, blant annet med leveranser til det kinesiske markedet.

3.1.3 Hva innebærer ombygging og innbygging?

I det norske markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner snakker man ofte om «ombygging» eller «retrofit». Når dette begrepet brukes om utslippsfrie anleggsmaskiner, menes det aktører som tilpasser opprinnelig fossile maskiner til elektrisk drift. 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. Vi finner flere eksempler på elektriske anleggsmaskiner som er varianter av en dieselmaskin. I salgsbrosjyren til maskinen A 916 Electric Drive fra Liebherr står det: *Identiske salgsargumenter til A 916 Standard (Diesel)*.⁹ Maskinen er en gravemaskin på 18,8 tonn med en kapasitet på 260 kWh totalt. I likhet med flere andre produsenter gir Liebherr kjøperen muligheter til å selv konfigurere maskinen, dvs. at det innenfor en modell kan velges ulike tilpasninger av førerhus, skuffer og annet utstyr. 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. Den utslippsfrie drivlinjen er som hovedregel batterielektrisk, men det finnes eksempler med hydrogenbasert drivlinje.

⁸ Se <https://mgf.no/wp-content/uploads/sites/59/2023/10/A-916-BEV-Flyer-NO.pdf>

⁹ Se <https://mgf.no/wp-content/uploads/sites/59/2023/10/A-916-BEV-Flyer-NO.pdf>

Mens *ombygging* ofte kan kreve utviklingsarbeid for å kunne framskaffe de første prototypene, innebærer *innbygging* gjerne en mer standardisert prosess 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 har betydning for produksjonskostnadene.

3.2 Større volum er avgjørende for kostnadene

På spørsmål om støtteprogrammets betydning for utviklingen av serieproduksjon er informantene samstemte om at det norske markedet er for lite, og at etterspørselen i det internasjonale markedet må øke for at serieproduksjon skal kunne realiseres. En informant peker på at det kan settes opp effektive produksjonslinjer der de siste leddene går i flere retninger, og at dette uansett gjøres i spesialiserte markeder. Fordi markedet for anleggsmaskiner er mindre og samtidig har en større bredde i størrelser og funksjoner og også dekker svært avanserte maskiner, er seriene i utgangspunktet små. Dette sies å gjøre det særlig krevende å få opp en tilstrekkelig etterspørsel til at skalafordeler kan realiseres.

Intervjuene viser til høye batterikostnader, blant annet som følge av manglende masseproduksjon av batterier tilpasset anleggsmaskiner:

«Støtten fra Enova er med på å få utviklet maskiner som i utgangspunktet ikke ville blitt produsert. Maskinene som da blir effektive og «lønnsomme» i markedet kan da bli satt i serieproduksjon. Er egentlig samme prosess som på vanlig bil.»

«Minigravere kommet til serieproduksjon. Problemet med maskinene er batteriene, minigravere trenger mindre batterier enn store maskiner. 500-800 euro per kWh. Ikke så mange batterier som produseres nå. Større brannsikkerhet i batterier som skal gå i dette miljøet enn for eksempel teslabatteri.»

«Bilbatteriene klarer å bli så billig på grunn av skala, anleggsmaskiner kan ikke ha i nærheten av denne skalaen.»

Informanten bak det siste sitatet mener at det er liten produksjonsskala som er hovedårsaken til at batteriene til anleggsmaskiner er så mye dyrere enn bilbatteriene. Bilbatteriene produseres i enorme serier med stor forutsigbarhet og leverandørene tar dermed «sjansen» på å levere de første årene med tap. Dette er ikke anleggsmaskinene ifølge denne informanten i nærheten av å kunne gjøre.

3.2.1 Kartleggingen bekrefter at markedsprisen kan være høy, også etter serieproduksjon er etablert

I kartleggingsrapporten (Sweco, 2024) trekkes det fram to aspekter som driver prisen opp for elektriske anleggsmaskiner: at «produktene ikke serieproduseres og har manuell produksjonslinje, og batterikostnaden for de batterielektriske alternativene». På den andre siden vises det til «at minigravere, som for flere leverandører har kommet til serieproduksjon, fortsatt har høyere investeringskostnader enn de fossile alternativene, da trolig forårsaket av batterikostnadene».

Sweco forklarer høye batterikostnader med at batterier til anleggsmaskiner krever en egen produksjonslinje, 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» (Sweco, 2024).

I vår videre kartlegging av serieproduksjon (dokumentert i del 1 i denne rapporten) finner vi flere maskiner, også store maskiner, som er i serieproduksjon, uten at dette så langt har fått merkbar betydning for prisene. I intervjuene har vi fått oppgitt konkrete eksempler på elektriske anleggsmaskiner som er kommet i serieproduksjon, uten at prisen inn til Norge er blitt lavere. Den norske leverandørens marginer på utslippsfrie anleggsmaskiner sies å være på samme nivå, eller heller lavere, enn de har på tilsvarende fossile maskiner. Prisen på en batteridrevet anleggsmaskin av de litt større variantene sies å fremdeles være 2–3 ganger det en tilsvarende fossil maskin koster, også etter maskinene er kommet i serieproduksjon. Blant informantene antas det at produksjonskostnadene (grensekostnaden) er redusert som følge av serieproduksjon, men at produsenten holder prisen oppe for å få dekket inn utviklingskostnadene og risikoen ved å etablere en produksjonslinje. Det vises til at etterspørselen etter nullutslippsmaskiner i det globale markedet er lav, og det anslås at nullutslippsmaskiner representerer mindre enn én prosent av det totale markedet (anslag gitt av representanter fra to forskjellige produsenter). Det oppgis også at det norske markedet er uten betydning i verdensmarkedssammenheng, og at det ikke er noe poeng å gå i priskonkurranse for å ta en større andel av etterspørselen etter utslippsfrie maskiner i Norge. Det at prisen inn til Norge ikke faller kan ifølge en av informantene være rasjonelt for å få dekket utviklingskostnadene fram til etterspørselen globalt eventuelt blir stor nok til å tåle lave priser som sikrer at gjennomsnittskostnadene dekkes og det gis en rimelig profitt på hver maskin.

3.3 Oppsummering – volum er avgjørende for kostnadene

Serieproduksjon gir muligheter til å ta ut skalafordeler. Dette krever imidlertid at produksjonsvolumene er store nok til at det er skalafordeler å hente.

Med små volumer og spesialiserte produkter er modulær serieproduksjon relevant. Det er denne formen for serieproduksjon vi observerer i anleggsmarkedet.

Utvikling av retrofit-kit og standardiserte prosesser for ombygging og innbygging kan være konkurransedyktige alternativer til serieproduksjon. Dette kan gi stordriftsfordeler på å utvikle spesialiserte produkter (retrofit-kit) og standardiserte produksjonslinjer som kan konkurrere med små serier hos store produsenter.

Lavere markedspriser krever uansett konkurranse i markedet og et større volum som kan bære utviklingskostnadene.



Del 1 Kartlegging og analyse

Teknologi- og markedsstatus
Forventet markedsutvikling fram mot 2027

4 Analyse av teknologi- og markedsstatus

Del 1 inneholder en analyse av markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner: teknologi- og markedsstatus og forventet utvikling framover mot 2027.

Kartleggingen og analysen bygger på et bredt informasjonsgrunnlag: statistikk; gjennomgang av rapporter og artikler i media og internett; markedsinformasjon og salgsmateriell som er tilgjengelig på internett; intervjuer med markedsaktører, spørreundersøkelse rettet mot aktører som var i målgruppen for de aktuelle støtteordningene, mm. Deler av teknologikartleggingen bygger på (Sweco, 2024), men analysen som helhet er supplert med flere kilder og bygger på et bredere datagrunnlag.

Kapittel 5 gir en oversikt over markedsaktørenes vurderinger av teknologi- og markedsstatus, slik de fremkommer i intervjuene og spørreundersøkelsen. Kapitlet gjengir informasjon og utsagn fra aktørene, ikke våre vurderinger. Vi bruker denne informasjonen i senere kapitler, der vi gjør våre vurderinger basert på det samlede informasjonsgrunnlaget.

I kapittel 6 gjennomgår vi statusen for teknologiutviklingen for de ulike teknologier og segmenter.

Kapittel 7 tar for seg markedsstatus og mulig markedsutvikling i de nærmeste årene, fram til 2027. Her vurderer vi også kostnadsutvikling samt barrierer og drivkrefter.

5 Aktørenes vurdering av teknologistatus

I dette kapittelet presenterer vi informasjon fra intervjuer med markedsaktørene og spørreundersøkelsen som hadde mange åpne spørsmål. Formålet med undersøkelsen var å få innsikt i og kunnskap om markedet, drivere og barrierer, samt hvordan støtteordningene til Enova har virket (som er temaet for del 2, evaluering). Dette er altså aktørenes vurderinger av markedsutvikling og lønnsomhet i markedet.

Vi har informasjon fra aktører som representerer ulike deler av markedet: *maskinprodusenter, maskinimportører, grossister, utleieselskaper, leasingselskaper, byggherrer, entreprenører, energiinfrastrukturleverandører, energitjenesteleverandører og interesseorganisasjoner.*

5.1 Teknologit utvikling

Fra ombygging til ferdigstilling til serieproduksjon?

Store utslippsfrie anleggsmaskiner har vært såkalt ombygde maskiner. 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.

“ «I dag kommer det inn skall, før kom det maskiner med dieselmotor.»

På spørsmål om serieproduksjon vises det til at det finnes kinesiske maskiner på markedet som er i serieproduksjon. I ett intervju ble det gitt eksempler på minigravere som er i serieproduksjon, og varianter med et «ombyggings-kit» med elektrisk drivlinje som kan erstatte en dieselmotor eller settes inn i en serieprodusert minigraver som leveres til det norske markedet uten drivmotor.

En informant peker på at flere anleggsmaskiner er high-tech-produkter med mye elektronikk og digitale styringssystemer. Et skifte fra en fossil drivlinje til en elektrisk drivlinje krever derfor spisskompetanse innen kraftelektronikk, digitalisering og anleggsmaskiner. Kombinert med lang leveringstid på flere delkomponenter, herunder batterier, og usikkerhet knyttet til flere andre delkomponenter vil det være betydelige utviklingskostnader for å få fram en prototype og også en beta-versjon som eventuelt kan settes opp i en begrenset produksjonslinje. Mindre avanserte maskiner vil være enklere å elektrifisere og kan også leveres uten drivlinje, mer eller mindre tilrettelagt for ferdigstilling i Norge.

Batteri og bestilling av delkomponenter vil ifølge denne informanten uansett være en kostnadsdriver når det må gjøres enkeltbestillinger til hver maskin. Prototypen vil også ved enklere maskiner kunne kreve utviklingskostnader og være beheftet med risiko. Med små partier vil disse kostnadene måtte veltes over på få maskiner og dermed gi høye priser ut i markedet. Med lav etterspørsel i markedet vil det ifølge denne informanten være lite å tjene på å være først ute med

serieproduksjon, med mindre det også tas en patent som sikrer inntjening etter maskinene er kommet i produksjon. Lav etterspørsel og forventninger om fallende kostnader på delkomponenter, og da særlig batteri, gjør det lite aktuelt å bestille delkomponenter til en serie på f.eks. 100 maskiner, uten at det foreligger en salgskontrakt på maskinene. Med få enkeltbestillinger blir det ifølge denne informanten ikke mulig å hente ut skalafordeler og maskinen blir dermed kostbar.

«I det øyeblikket en elektrisk maskin er økonomisk fordelaktig, kommer markedet og kundene, og når de finnes, finnes det leverandører som vil tilfredsstille behovet. Dette prinsippet har vært gyldig siden den industrielle revolusjon.»

Informantene gir uttrykk for en bred enighet om at full serieproduksjon ikke er realistisk uten en økning i global etterspørsel etter utslippsfrie anleggsmaskiner. Enkelte hevder også at serieproduksjon i seg selv ikke vil være tilstrekkelig for lavere pris, uten at også innsatsfaktoren batteri får et prisfall. Batterikostnadene sies å være svært høye, men det at prisene vil falle i nær framtid. Samtidig forventes det også at batteriene vil bli lettere og vil få bedre kvalitet.

Batteri er en viktig kostnadsdriver

Batterikostnaden sies å gjøre den utslippsfrie maskinen dyrere i anskaffelse, men ikke dyrere enn at merkostnaden (etter denne informantens) vurdering vil spares inn ved bruk. Denne informanten omtaler dette som et eksempel på en positiv markedsutvikling der nisjen «minigravere» har konkurransedyktige utslippsfrie løsninger uten støtte. Andre viser til en stikk motsatt vurdering og hevder at selv de billigste elektriske minigraverne aldri vil kunne dekke inn merkostnadene ved innkjøp gjennom drift.

5.2 Markedsstatus og markedsutvikling fram til i dag

Etterspørselen etter utslippsfrie maskiner har falt

Flere av markedsaktørene forteller at det var et fall i etterspørselen etter utslippsfrie anleggsmaskiner på slutten av 2022 og begynnelsen av 2023, og at etterspørselsfallet ble betydelig utover 2023. Fallet i etterspørsel er først og fremst observert i Norge, men informantene som opererer også i det internasjonale markedet bekrefter at fallet i etterspørselen disse årene gjelder ganske generelt.

Fallet forklares i hovedsak med dyrtid og lavere aktivitet i bygg- og anleggsbransjen. Enkelte peker også på at omleggingen av støtteprogrammer til konkurransebaserte kriterier har gjort støtteordningene til utslippsfrie maskiner mer uforutsigbare, og at dette har dempet interessen for å investere i utslippsfrie anleggsmaskiner i Norge. Det hevdes at omleggingen har bidratt til å øke risikoen forbundet med å anskaffe utslippsfrie anleggsmaskiner, noe som igjen sies å favorisere utleieselskapene. Det gis imidlertid ikke noen ytterligere begrunnelse for hvorfor utleieselskaper favoriseres ved omleggingen i 2023.

En annen informant viser til et konkret eksempel på en utslippsfri maskin som *ikke* er støtteberettiget etter Enovas omlegging av støtten, og oppgir at det heller ikke har vært solgt noen

maskiner etter omleggingen. På spørsmål om antall solgte maskiner *før* omleggingen vises det til et lavt antall maskiner.

Flere av informantene viser til at ut utslippsfrie maskiner er to til tre ganger dyrere i innkjøp, og at man derfor skal ha svært god råd for å ta denne kostnaden. En informant viser til at andelen elektriske anleggsmaskiner i de tyske markedet var på kun 0,35 prosent i 2022, og det ikke er betalingsvillighet i det europeiske markedet til å betale det en elektrisk anleggsmaskin koster. Tyskland oppgis å være det største markedet i Europa, og derfor også viktig for den videre utviklingen.

“ «Få land har økonomi til å stille krav, og uten krav blir ikke etterspørselen stor nok til å få opp volumene. Uten et større volum er ikke serieproduksjon i seg selv et poeng med tanke på produksjonskostnadene. Serieproduksjon er hensiktsmessig fordi det gir kontroll over kvaliteten og gjør det enklere å gi garantier og tilbakekjøpsavtaler. Med forventninger om et skift i etterspørselen på kort eller mellomlang sikt, er man også rustet til å raskt øke produksjonen og være konkurransedyktig den dagen etterspørselen kommer.»

Økt konkurranse fra utenlandske aktører, særlig fra kinesiske leverandører

En informant viser til sterk konkurranse fra særlig kinesiske utslippsfrie anleggsmaskiner, og at disse kan leveres til det norske markedet 30–40 prosent billigere enn tilsvarende maskiner som må bygges om eller ferdigstilles med elektrisk drivlinje i Norge. Denne informanten har også inntrykk av at norske produsenter har begynt å trekke seg ut av markedet på grunn av konkurranse-situasjonen.

Samlet sett viser intervjuene spennet i informantenes markedsvurdering og konkurransen i det norske markedet. Økt internasjonal konkurranse i nisjemarkeder gir økt konkurranse i det norske leverandørmarkedet, herunder også aktører som bygger om eller installerer og ferdigstiller maskiner med elektrisk drivlinje. Mens noen vurderer dette som en positiv markedsutvikling med tanke på tilgjengelighet av utslippsfrie maskiner og dermed positivt for klima, gir andre uttrykk for bekymring for utviklingen i det norske leverandørmarkedet. De siste mener at det vil være negativt for klima og klimafotavtrykket dersom eksempelvis kinesiske maskiner får en høy markedsandel i Norge på bekostning av norske leverandører.

5.3 Barrierer og markedsutvikling framover mot 2027

Høye investeringskostnader utpekes som den viktigste barrieren

På spørsmål om barrierer mot utslippsfrie bygge- og anleggsplasser fram mot 2030 er det en bred enighet om at høye investeringskostnader (2–3 ganger dyrere maskin enn et fossilt alternativ) er den største barrieren. Det pekes på at markedet ikke har betalingsvillighet for å bære denne kostnaden og at det derfor er nødvendig med krav i anskaffelsene for å kunne lykkes med utslippsfrie anleggsplasser innen 2030. En informant utdypet dette med at det for tiden er lite fokus på utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, og mente at dette skyldes manglende krav fra byggherrer.

Krav i utlysninger og i kontrakter er, ifølge flere av informantene, essensielt for at bygge- og anleggsplassen kan gjøres utslippsfritt. Krav i kontraktene rangeres som viktigere enn støtten fra Enova blant informantene som er spurt konkret om dette.

Maskinenes egenskaper: klarer arbeidsoppgavene, men bruker mye energi i transport

Flere er usikre på maskinenes prestasjon, mens andre mener at bransjen bare er konservativ (noe som like fullt er en barriere).

Aktørene påpeker også at utslippsfrie maskiner egner seg godt for noen typer oppdrag, men dårlig for andre. Det påpekes i flere intervjuer at det er svært energikrevende å flytte/kjøre en utslippsfri anleggsmaskin, men at den ikke bruker mye strøm når den står stille og utfører arbeidsprosesser. Dette gjør at noen typer prosjekter egner seg mer for bruk av utslippsfrie anleggsmaskiner, mens andre prosjekter per i dag ikke kan gjennomføres med en utslippsfri maskin.

En informant stiller spørsmål ved Enovas kunnskap om store maskiner og ulike spesialiserte arbeidsoppgaver. Det vises til at det finnes hybride anleggsmaskiner som gjennomfører alt arbeid på anleggsplassen (f.eks. i tunnel) på strøm, men som er avhengig av en dieselmotor for å kunne komme fram til arbeidsstasjonen. Maskinen bidrar til store CO₂-reduksjoner i arbeidsfasen, men maskiner i denne kategorien er likevel ikke støtteberettiget.

For å få opp etterspørselen etter utslippsfrie anleggsmaskiner og konkurransen i markedet argumenteres det for at støtten burde vært rettet mot selve *arbeidsprosessen på anleggsplassen*, og at forflytning av maskin burde holdes utenfor i beregningene. Denne tilnærmingen sies å kunne øke etterspørselen etter løsninger og komponenter som er felles for flere nisjemaskiner, og som også er relevant for segmentet fullelektriske store gravemaskiner.

Usikkerhet om maskinenes prestasjon henger også sammen risiko for fremdrift. Entreprenører vil ikke tilby utslippsfri bygge- eller anleggsplass dersom risikoen for forsinkelser eller andre uforutsette kostnader vurderes som høy. Boten for forsinkelser i byggeprosjektet kan være langt høyere enn boten for å ikke oppfylle kravene til utslippsfrie anleggsmaskiner.

Manglende tilgang på elektrisitet

Det pekes også på manglende tilgang på elektrisitet på bygge- eller anleggsplassen, og at det ofte vil ta lang tid å få en dekkende infrastruktur. Prisen på infrastrukturen som er tilgjengelig på markedet sies også å være høy.

Usikkerhet rundt annenhåndsmarkedet

Videre trekkes det frem at det fremdeles er en del usikkerhet knyttet til investeringer i utslippsfrie anleggsmaskiner, blant annet knyttet til annenhåndsverdi. På den andre siden mener enkelte at annenhåndsverdien på en dieselmaskin må forventes å falle etter hvert som krav til utslipp innføres, og etter hvert kan gå mot null når elektriske maskiner blir konkurransedyktige på pris.

En informant peker på mulighetene som ligger i ombygging/retrofit ved å bruke en dieselmaskin i tre år til kostnadene er nedskrevet, og deretter installere en elektrisk drivlinje. Dette hevdes å øke maskinens levetid som følge av mindre slitasje ved en elektrisk drivlinje enn en fossil drivlinje,

samtidig som prisen ut til kunde blir lavere når man starter med et nedskrevet, men fullt ut brukbart og moderne chassis.

5.3.1 Oppsummering

Selv om de aller fleste av informantene uttrykker skepsis til at alle anleggsmaskiner som selges i Norge vil være utslippsfrie i 2030, synes det å være støtte for at elektriske anleggsmaskiner vil ta stadig større markedsandeler. Det er klare forventninger å spore til det internasjonale markedet. Det vises også til at flere store internasjonale aktører har tatt patenter og vist fram utslippsfrie anleggsmaskiner på ulike messer, og at enda flere har utviklet prototyper med elektrisk drivlinje i eksisterende maskiner.

Det er også enighet om at det norske markedet er for lite til at etterspørselen i Norge vil kunne ha noen betydning for utviklingen på det internasjonale markedet. Derimot pekes det på at Norge har aktører som er i det internasjonale markedet og som bidrar i selve teknologiutviklingen.

6 Teknologistatus

I dette kapittelet gir vi en vurdering av teknologistatus for sentrale teknologier. I oppdragsbeskrivelsen bes det også om en vurdering av modenhet, fart i utviklingen, samt sentrale drivere og barrierer for utviklingen. De siste – fart i utviklingen, drivere og barrierer – henger tett sammen med markedsutviklingen og problemstillinger knyttet til serieproduksjon og økonomiske rammebetingelser. Vi kommer derfor tilbake til disse problemstillingene etter gjennomgangen av markedsutviklingen (kapittel 7.3).

Oversikten i dette kapittelet er i all hovedsak deskriptiv. Deler av kartleggingen er hentet fra (Sweco, 2024), som ble utarbeidet i forbindelse med denne utredningen. Funnene fra den innledende kartleggingen som er dokumentert i (Sweco, 2024) er supplert med markedsdata fra norsk og internasjonal litteratur, inkludert bransjetidsskrifter, og dialog med markedsaktører.

6.1 Teknologistatus og utvikling fra et overordnet nivå

Den første store elektriske anleggsmaskinen i Norge ble utviklet av SINTEF i samarbeid med Nasta, Skanska, Bellona, DIFI og Oslo kommune i 2018. Maskinen ble testet i et prosjekt i regi av Oslo kommune (Wiik, et al., 2018). Maskinen var blant de første store elektriske anleggsmaskinene i Europa. Etter 2018 er antall produsenter med nullutslippsmaskiner på det europeiske markedet økt betraktelig, særlig i de nordiske landene og i Nederland.

En kartlegging av tilgjengelige nullutslippsmaskiner i Norge for perioden 2017–2022 identifiserte totalt 133 unike elektriske anleggsmaskiner, fordelt på 14 ulike maskintyper. Av disse maskinene var 100 stykker under 8 tonn, 10 mellom 8–20 tonn, og 23 var over 20 tonn. Kartleggingen finner at gravemaskiner er den vanligste typen elektriske anleggsmaskiner, med 37 unike typer som varierer fra 1–56 tonn. Batterikapasiteten for maskinene varierte fra 0,79 til 600 kWh. Brukstiden lå fra 0,5–8 timer om gangen (gjennomsnittlig 4,8 timer), før de må lades mens ladetiden var mellom 0,5–8 timers (gjennomsnittlig 1,9 timer). Strømbehovet ved nattlading varierte fra 0,2–50 kW, mens hurtiglading krever 0,3–150 kW. Videre viser studien at det totalt ble brukt elektriske anleggsmaskiner i 256 offentlige byggeprosjekt i perioden 2017–2022 (Wiik, Homaei, & Høyli, 2023).

En kartlegging fra Big Buyers for Climate & Environment (Big Buyers for Climate & Environment, 2022) finner at elektriske løsninger for mindre maskiner (<2,5 tonn) og håndholdte verktøy er generelt tilgjengelige over hele EU. Det vises også til at store maskinprodusenter og importører stadig publiserer tidslinjer for utvikling og lansering av utslippsfrie modeller. Det har i løpet av de siste par årene kommet flere store elektriske anleggsmaskiner på det europeiske markedet; de er tilgjengelige i det norske markedet. Disse maskinene er i serieproduksjon. Flere europeiske leverandører har også maskiner som er kommet til ordinær serieproduksjon, mens andre maskiner er i det Wiik et al. (2018) omtaler som en «form for serieproduksjon» og som også omtales som ombygging, innsetting, retrofit eller tidligfase utvikling.¹⁰

De største maskinene tilbys i store trekk med **kabeltilkobling**. Disse maskinene drives vanligvis med elektrisitet direkte fra strømmettet, noe som begrenser området maskinen kan bevege seg

¹⁰ Se også kapittel 3 for en diskusjon av begreper og formål med serieproduksjon.

over. De fleste tårnkraner er med kabel. Kabel brukes også i gruver og tunneler der det kan være utfordringer med lufttilførsel og det ikke er ønskelig med varmeutvikling.

Batterielektriske maskiner har samme bevegelsesmuligheter som en dieselmaskin, men kan begrenses av batterikapasitet, lademuligheter og ladetid. Bruken er dermed kun begrenset av batterikapasitet og lademulighetene. I denne kategorien er det flere maskinkategorier og da særlig dumpere og gravemaskiner. Det finnes også eksempler på maskiner med flyttbare batterier som gjør det mulig å bytte batterier framfor å lade. Med batteribytte blir det større kontinuitet i arbeidet og batteriene kan lades om natten eller i perioder der nettkapasiteten ikke trenger å utfordres. Rosendal maskin har eksempelvis lansert modeller med byttbare batterier høsten 2024.

Bruk av **hydrogen** som drivstoff eller via brenselceller er et alternativ også for anleggsmaskiner og ladeenheter, men er ikke kommet like langt som utviklingen av elektriske anleggsmaskiner. I denne kategorien finner vi Applied Hydrogen på Kongsberg som introduserte en gravemaskin på hydrogen i april 2024. Maskinen er basert på en Volvo EC300 gravemaskin, og ble lansert som en verdensnyhet. Det er forventninger til konseptet, men så langt er i praksis ikke store anleggsmaskiner på hydrogen tilgjengelig i markedet.

Sweco (2024) har identifisert flere leverandører av **hydrogenbaserte aggregater**. Blant annet tilbyr den Norske Napop hydrogenbaserte aggregater som er spesialtilpasset for bruk i byggebransjen. Tilgang på denne type ladestasjoner reduserer barrierene for bruk av batterielektriske anleggsmaskiner i områder der det ikke er tilgang på elektrisitet eller begrenset tilgang på effekt.

Fra den internasjonale litteraturen finner vi mye omtale av nullutslippsløsninger og forventninger om at det vil komme krav med betydning for etterspørselen og teknologiutvikling som vil kunne øke konkurransekraften for nullutslippsmaskiner mot konvensjonelle maskiner. Det observeres også lanseringer og utviklingsprosesser, som tyder på at flere av de store leverandørene er i ferd med å posisjonere seg og raskt vil kunne svare på endringer i markedet. Kina har etablert seg og ser ut til å ta en stadig sterkere posisjon i det globale markedet for anleggsmaskiner. Kina har også vært tidlig ut med serieproduksjon av store elektriske maskiner.

Følgende sitat oppsummerer vår vurdering av utviklingen i det globale markedet:

“«It will certainly take time before we reach a substantial share of alternative machines, but it will come. And maybe even sooner than later. As Bill Gates said, we tend to overestimate the change that will happen in 2 years but underestimate the change that will happen in 10 years. And I think this is what will happen with electric machines.»

Sebastian Popp, Economic Affairs Manager, CECE (Oktober, 2023)¹¹

6.2 Teknologisk modenhet, innovatører og nisjeprodusenter

Sweco (2024) konkluderer med at «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». Sweco finner også enkelte begrensninger, for eksempel for arbeid som krever lange transportetapper, og de finner at det er

¹¹ <https://blog.rbauction.com/6-trends-to-watch-in-construction-equipment-market-for-2024/>

manglende utvalg for en del maskinkategorier. Det forventes at maskinene vil ha videre teknologisk modning i årene som kommer.

Wiik, et al. (2020), Wiik, Homaei, & Høyli (2023) samt kartleggingen gjennomført av Sweco i forbindelse med denne utredningen viser at markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner fremdeles er i en tidligfase. Kartleggingen viser også at flere av de utslippsfrie maskinene som er tilgjengelige i det norske markedet i dag er ombygde dieselmaskiner eller maskiner som er levert uten drivlinje der elektrisk drivlinje ettermonteres eller settes inn hos en nisjeprodusent (se kapittel 5).

Blant aktørene som omtales er Nasta, Staad, Suncar og Green Machine. Nasta leverer Hitachi-maskiner med batterielektrisk drivlinje, og tilbyr serien Zeron av ombyggede Hitachi-maskiner. Det er også flere norske leverandører som bygger inn eller bygger om, og leverer elektriske anleggsmaskiner fra en serieproduksjon for dieselmaskiner. Tilsvarende virksomheter finner vi i Nederland, deriblant Staad10 som leverer elektriske varianter av Develon-maskiner. Det nederlandske firmaet Limach har spesialisert seg på å konvertere Volvo gravemaskiner til elektrisk drift. Anlegg.no melder at Agaias som første i Norge har tatt i bruk en elektrisk beltegraver med utskiftbare batterier fra selskapet, og at maskinen opprinnelig var en Volvo ECR88D. Dette skjer parallelt med at Volvo selv har etablert produksjonslinjer med serieproduksjon av elektriske maskiner.

Vi finner også aktører i det norske markedet som utvikler «**ombyggings-kit**». I en artikkel i anlegg.no fra 23. april 2024 skrives det om et prosjekt der en 30 tonns Volvo-graver bygges om til hydrogendrift. Utviklingen gjøres i samarbeid med Volvo. Samarbeidet har ført til at Applied Hydrogen har fått full tilgang til alt av data om maskinen fra Volvo. Det framgår videre at ambisjonen er å utvikle et hydrogen-kit som «enkelt» kan monteres inn i maskiner, og at det planlegges for ca. 70 enheter i året innen 2027. Dette er samme maskin som er omtalt ovenfor og som ble lansert som verdens første hydrogendrevne anleggsmaskin.

Også utleieselskapet «Naboen» arbeider med å utvikle et ombyggingssett for å konvertere maskiner fra diesel- til batteridrift. Dette settet omtales som retrofit-kit, og skal bli et tilbud til alle som ønsker en slik konvertering (Anleggsmaskinen.no, 15. juli 2024). Utviklingen av retrofit-kit gjøres parallelt med at produsenten Kubota har utviklet en batterielektrisk 4-tonner som ble levert til Naboen.

Liebherr viste modellen LH40 Port Electric med maskinvekt på 45 tonn på en messe i München våren 2024. Modellen kan leveres med forskjellige kabelløsninger og er designet for å håndtere bulk og generell lasting i havneoperasjoner. Også i dette tilfellet snakkes det om «Mobility-kit».

Kubota tilbyr et retrofit kit som gjør at anleggsmaskinene U27 og KX19 kan bygges om til henholdsvis U27-4e eller KX19-4e. Alt er levert fra Kubota og ferdig CE-godkjent, selve ombyggingen skal ifølge Kubota ta ca. 15 timer (At.no, 3.5.2024). Også det norske selskapet nullutslipp AS har utviklet elektriske anleggsmaskiner gjennom ombygging av blant annet en Wacker Neusons ET90-graver på 8,5 tonn.

Eksempelene over viser at utviklingen både skjer med utgangspunkt i de store produsentene, som eksempelvis Volvo og store kinesiske leverandører, og hos mindre mer nisjepregede leverandører, som tar utgangspunkt i en serieprodusert og kjent anleggsmaskin. Vi ser også flere samarbeid på tvers mellom de store produsentene og nisjeprodusenter. Utvikling av elektriske varianter av eksisterende modeller som deretter produseres i svært små serier omtales som nevnt over av Wiik et al. (2018) som en «form for serieproduksjon». Vi finner flere nisjeprodusenter i Norge som kan betegnes som innovatører, og som gjennom internasjonale og nasjonale samarbeid

bidrar i utviklingsarbeidet. Det samme gjelder for Nederland. Vi ser med andre ord innovasjon og utvikling fra små nisjeleverandører som ikke selv har produksjon av anleggsmaskiner, men som på grunn av reguleringer og nasjonale ambisjoner har et mulig hjemmemarked for testing og utbredelse. Dette kjennetegner for øvrig også de kinesiske leverandørene.

6.3 Produsenter og maskiner tilgjengelig i det norske markedet

Tabell 6.1 viser at det er et relativt stort utvalg av gravemaskiner under 8 tonn (minigraver) på markedet. Det er også noen gravemaskiner, både i mellomsjiktet og i den største vektklassen, men utvalget er mer begrenset.

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. XCMG produserer store hjullastere opptil 21 tonn. Den kinesiske maskinprodusenten LiuGong er i gang med serieproduksjon av store maskiner, og disse importeres til det norske markedet. Også Sany produserer store, elektriske tipptrucker.

En av de største elektriske gravemaskinene som finnes på markedet er en ombygget maskin, som bygges om av nederlandske Staad (Develon, 2021). De har utviklet en elektrisk versjon av Develons DX300LC-5, som er en stor gravemaskin på ca. 32 tonn. Den elektriske utgaven har et batteri på 390 kWh, som ifølge produsenten gir en effektiv arbeidstid på 8 timer. Ellers er de største batteridrevne maskinene rundt 25 tonn.

Generelt sett bygges de tyngste utslippsfrie maskinene (>32 tonn) i dag med kabel. Kabelbaserte maskiner har mindre fleksibilitet i bruk enn batteridrevne og derav et mer begrenset bruksområde. Av de største gravemaskinene har vi identifisert kun én maskin som er tyngre enn 30 tonn som ikke er kabelbasert.

Tabell 6.1 Tilgjengelige utslippsfrie maskiner fra ulike produsenter (utvalg)

	< 8 tonn	8-23 tonn	> 23 tonn
Direkte fra produsent			
Volvo CE	Minigraver, hjullaster,	Gravemaskin, hjullaster	Gravemaskin
Wacker Neuson	Minigraver (9t), hjullaster, vibrasjonsstamper, vibrasjonsplate, dumpere, tandemvals	-	-
JCB	Minigraver, dumper, aggregat, hjullaster, teleskoplaster	-	
Liebherr		Gravemaskiner (18,6 t)	Industrimaskiner til materialhåndtering hjul og belte (21–27,9 tonn)
Sany	Minigraver	-	Tipptruck
LiuGong	Hjullaster på 6,5 tonn	Hjullaster	Hjullaster, tipptruck, gravemaskin 24 tonn m.fl
XCMG	Minigraver, teleskoptruck, hjullaster	Hjullaster	
Hitachi		Gravemaskin 9 t og 12 t (kabel)	
Develon		Hjulgraver på 17 t	
Cat		Beltegraver	
Normet	Betongsprøyterobot		
Dynapac		SD1800We 10,3T - Asfaltutlegger	
Wirtgen Group	Asfaltutlegger Valser		
Hydrema	Hjuldumper 7 tonn		
Epiroc			Gruve-tunnelmaskin 42 t
Aktører med spesialproduksjon og tilpassing til elektrisk drivlinje, innbygging og/eller ombygging			
Nasta (Zeron)	Minigraver, tandemvals	Gravemaskin	Gravemaskin (kabel)
Staad (Develon)	Minigraver	Hjullaster	Gravemaskin
Green Machine	Minigraver	-	-
Suncar	Minigraver	Gravemaskin	
Pon Equipment		Gravemaskin	Gravemaskin

Kilde: Vista Analyse, basert på Sweco (2024) og andre kilder nevnt i teksten

6.3.1 Egenskaper og ytelse ved maskinene

Som en del av kartleggingen har Sweco (2024) også vurdert ytelsen ved ulike maskiner. Tabell 6.2 viser en oversikt over ytelsen for et utvalg maskintyper som tilbys i ulike vektklasser. Som det framgår av tabellen, har alle de største maskinene en estimert driftstid på 6-8 timer. Den elektriske gravemaskinen Develon DX355 LC, som er blant de største maskinene på markedet, skal

ifølge reklamen ha en driftstid på hele 12 timer ved normal bruk. Dette tyder på at ytelsen til enkelte maskiner er så god at man med dagens teknologi kan gjennomføre en hel arbeidsdag uten å (hurtig)lade.

Driftstiden vil avhenge av hvordan maskinbruken er. (Sweco, 2024) har lagt til grunn at den oppgitte tiden på 6-8 timer med «lett drift», og at driftstiden går noe ned ved reell anleggsbruk. Informasjon gitt i intervjuer tilsier at det for aktiv bruk i en bygge- eller anleggsaktivitet kreves en ladepause i løpet av dagen. Selv om maskinene har stor variasjon i batteristørrelse og i ladeeffekt har de fleste mulighet til å lade opp 20-80 prosent på rundt 1 time.

Develon DX355 LC er modulbasert, med to batterimoduler med samlet kapasitet på 800 kWh, og maksimal ladeeffekt er på 240 kW. Man kan drifte maskinen på én modul mens man lader den andre. En slik batteribytteløsning vil kreve spesialtilpasset ladeinfrastruktur, men vil til gjengjeld redusere effektbehovet betydelig.

Tabell 6.2 Maskiner som tilbys i ulike vektclasser (utvalg)

Maskintype	Modell	Vekt-klasse (tonn)	Vekt (kg)	Batteri-kapasitet (kWh)	Estimert driftstid (t)	Ladeteknologi	Max ladeeffekt (kW)	Estimert ladetid (20-80%)
Gravemaskin	DX355LC Electric	> 23	35 500	800	12-15	CCS2	240	Batteri- bytte
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	LH 26 M Industry Litronic	> 23	26 500				90	
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	-

Kilde: Vista Analyse, (Sweco, 2024)

Intervjuene bekrefter at maskinenes leverer på ytelse. De aller fleste maskinene klarer jobben de skal gjøre, med et mulig unntak for borerigger og maskiner knyttet til veilegging. Det kan også være utfordringer der transportetappene til og fra det reelle arbeidsstedet er lang, eller det er behov for store forflytninger slik det gjerne er på anleggsprosjekter i samferdselssektoren. Det pekes på et behov for å organisere arbeidet på byggeplassen på en optimal måte med tanke på energibruk, og kanskje på en annen måte enn ved bruk av fossile maskiner.

Samtidig opplyser aktørene at det forventes lavere aktiv brukstid for utslippsfrie maskiner enn for fossile maskiner. Mens en fossil maskin erfaringsmessig går på tomgang 10–30 prosent av tiden,

forventes det mindre tomgangskjøring for utslippsfrie maskiner. De bruker altså mindre energi for samme arbeidsmengde.

6.3.2 Det mangler utslippsfrie maskiner i noen segmenter

Fra intervjuene har det kommet fram at det er vanskelig å få tak i enkelte typer maskiner i utslippsfri versjon:

- **Borerigger:** Boring av geotermiske brønner er svært energikrevende. Vi har fått oppgitt av en aktør at de ikke har funnet borerigger med tilstrekkelig ytelse for å bore energibrønner på standarddybder 200-300 meter. Vår undersøkelse på forsommeren 2024 avdekket at det finnes løsninger med såkalte DTH-borerigger (Wirecut Nordic, 2024). Denne teknikken kan bli drevet av en elektrisk kompressor.
- **Maskiner til veilegging:** store valser og asfaltutleggere. Det er en relativt liten andel av den samlede maskinparken. For eksempel ble det anskaffet omtrent 40 slike maskiner i året i 2011-2024 (MGF, 2024).

Som nevnt ovenfor finnes det kun noen få modeller av de største elektriske gravemaskinene. Disse maskinene kan bestilles som enkeltprodukter, noe som gjør at det kan være tidskrevende å anskaffe slike maskiner til et konkret oppdrag. Ifølge kartleggingen finnes det i dag ca. 10 slike maskiner i Norge.

6.3.3 Hybride maskiner er ikke en del av kartleggingen, men finnes

Kartleggingen inkluderer i utgangspunktet kun fossilfrie anleggsmaskiner. Gjennom intervjuer med markedsaktører er det flere som har pekt på hybrider kan være et skritt på veien. Dette gjelder særlig for maskinkategorier som brukes på anleggsplasser der det er behov for å transportere maskinen over større strekninger. Denne transporten kan som nevnt være energikrevende og derfor lite egnet for en batteridrevet elmotor.

Ett av flere eksempler på hybride maskiner er en forgraver av typen AMV FL 70 Hybrid som er utviklet i samarbeid mellom Skanska og den norske produsenten AMV. I arbeidssituasjonen går denne maskinen kun på strøm, men den har en dieselmotor som den tar seg fram til arbeidsstedet med. Skanska har beregnet at det går med ca. 125 000 liter diesel til en maskin som laster i en tunnel som blir fem kilometer lang. Når frontlasteren drives på strøm, tilsvarer dette en CO₂-reduksjon i forhold til dieseldrift på ca. 400 tonn (AT.no, 22. januar 2020).

Denne type maskiner vil fremdeles ha utslipp i transporten mellom ulike arbeidssteder og fram til arbeidssted, og regnes dermed ikke som utslippsfri. Vi har derfor ikke gått nærmere inn på egenskaper og ytelse, eller kartlagt markedet for hybride maskiner. I overgangen fra fossile til utslippsfrie anleggsmaskiner kan det likevel ikke utelukkes at hybrider der dieselmotoren brukes til å ta seg fram til arbeidssted, mens selve arbeidet utføres med ved hjelp av en utslippsfri drivlinje, kan bidra med betydelige utslippskutt på kort og mellomlang sikt.

6.4 Andre maskiner og utstyr: kompressorer og tårnkraner¹²

Nedenfor gir vi en oversikt over andre maskiner og utstyr, først og fremst kompressorer og tårnkraner. Håndholdt utstyr er ikke inkludert i oversikten, siden disse har lavere energibehov og har vært på markedet lenge.

6.4.1 Kompressorer

Kompressorer er blant det mer energikrevende utstyret. Det mest energikrevende er arbeid knyttet til fjellsikring, gjerdestolper og plugging i betong, noe som ofte skjer i tidlige faser. Til disse jobbene kreves store, kraftige kompressorer med størrelser fra rundt 50 kW til 120 kW. For boring til energibrønner kan kompressorkapasiteten komme helt opp i rundt 500 kW. Lettere oppgaver gjøres i dag stort sett ved hjelp av elektriske kompressorer.

I dag er kompressorer typisk fossile maskiner montert på tilhengere, men det finnes også elektriske alternativer.

Kompressorer utgjør et stort volum av årlig innkjøpt utstyr. I 2023 var et nyinnkjøp på rundt 2 000 kompressorer. Vi har ikke funnet statistikk på hvor mange av disse var utslippsfrie, men flere av de store utleieaktørene har elektriske kompressorer i sitt sortiment.

På samme måte som for maskiner er utvalget av elektriske varianter størst for små kompressorer, og utvalget minker for kompressorer med større kapasitet. Kaeser og Atlas Copco er to av leverandørene for elektriske kompressorer som tilbys hos flere av utleieselskapene. De tilbyr også elektriske kompressorer med høy kapasitet (> 100 kW).

For spesifikt utstyr, slik som kompressorer med høy kapasitet, er den største utfordringen i dag knyttet til å sikre tilstrekkelig effekt på bygge- og anleggsplassen. Det er dermed infrastruktur, ikke selve utstyrsteknologien, som er den viktigste begrensningen.

6.4.2 Tårnkraner

Tårnkraner er et svært vanlig utstyr på bygge- og anleggsplasser. Tårnkraner finnes i både stasjonær og mobil variant, og begge vanligvis elektrisk drevet. Bygge- og anleggsplasser har som regel nok 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 lavt 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 elektrisk energiforsyning gjennom aggregat.

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 lading.¹³

¹² Dette avsnittet er i hovedsak basert på (Sweco, 2024), kap. 2.3.1.

¹³ Kynningsrud (12.2020). *Verdens første elektriske beltekran*. <https://www.kynningsrud.no/verdens-forste-elektriske-beltekran/> Hentet 08.08.2024

6.5 Infrastruktur for utslippsfri energiforsyning til anleggsmaskinene

Økt bruk av elektriske anleggsmaskiner øker også strømbehovet på en bygge- eller anleggsplass. Tilgang til strøm, og særlig tilgang til effekt, nevnes av aktørene som en viktig hinder og kostnadsdriver.

Utslippsfrie maskiner kan dermed øke behovet for kraftinfrastruktur (kraftnett og trafostasjoner). Utbygging av kraftnett er imidlertid dyrt og uhensiktsmessig dersom behovet for strøm er til stede kun i anleggsperioden. Alternativer til nettutbygging kan være stasjonære batterier, batterikontainere og mobile ladestasjoner.

En utslippsfri bygge- og anleggsplass vil ikke bare kreve mer kapasitet til å dekke grunnlasten. Lading (særlig hurtiglading) av de nye utslippsfrie maskinene vil kunne føre til høye effekttopper. Hvis alle maskinene skal lade i lunsjpausen, og alle tar lunsj samtidig, vil det medføre effekttopper. Tilsvarende vil det inntreffe en effekttopp hvis alle setter maskinene på lading samtidig ved slutten av arbeidsdagen. Det vil være et særlig stort problem hvis det er behov for hurtiglading.

Tilrettelegging for optimal lading gjennom døgnet vil være viktig for å unngå økte kostnader. En utfordring er imidlertid at de ulike maskinene fra ulike produsenter «ikke snakker sammen». Dermed er det vanskelig å optimere ladingen gjennom arbeidsdagen eller døgnet. I denne sammenheng vil energistyringssystemer kunne spille en nøkkelrolle. Et energistyringssystem er en plattform for sammenstilling informasjonsflyt fra alle komponenter som gir eller trekker energi, som batterier, ladere, energikrevende maskiner og utstyr.

Vi utdyper de ulike løsningene nedenfor.

6.5.1 Battericontainere, ladeløsninger og leverandører¹⁴

Dersom det ikke er tilstrekkelig tilgang på effekt i strømmettet for effekttoppene som oppstår pga. lading, må det suppleres med energilagring for å oppnå utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Dette kan løses ved å etablere stasjonære batterier og i noen tilfeller aggregater.

I Tabell 2.1 skilte vi mellom *energitjenesteleverandører* og *energiinfrastrukturleverandører*. Det er flere bedrifter som tilbyr rådgivningstjenester som kartlegger strømtilgangen til bygge- og anleggsplassen. De samme bedriftene leverer ofte også selve batteriløsningene. Disse leverer både produkter og tjenester som tilrettelegger for infrastrukturen på en utslippsfri bygge- og anleggsplass. Et utvalg av disse bedriftene er vist i Tabell 6.3.

¹⁴ Dette avsnittet er delvis basert på (Sweco, 2024), kap. 2.5.2.

Tabell 6.3 Oversikt over et utvalg av energitjenesteleverandører

	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 bygge- og anleggsplass, 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.
Batteri/ladeløsning	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

Kilde: (Sweco, 2024)

De mobile batteri- og ladeløsningene kan lades opp på ulike måter. Lading fra nettet på selve bygge- og anleggsplassen er den vanligste måten, men også lading utenfor anleggsplassen om natten, for deretter å transporteres inn på byggeplassen, er mye brukt for ladere på hengere. Det er også testet ut lading fra hydrogenaggregat og biogass generatorsett som genererer strøm på stedet. Deretter kan strømmen fra batteriet utnyttes til lading. Dette gjøres enten fra innebygde CCS2 hurtigludere bygget sammen med batteriet, eller ved å forsyne eksterne ladere. Det store flertallet benytter CCS2-uttak, da dette er standarden for alle elektriske kjøretøy. I tillegg kan mange maskiner lade over natten med 400 VAC. Noen av de mindre batteriene med innebygde ladere kan fraktes til maskinene for lading, men det vanligste er at maskinene må transporteres dit batteri og/eller ladeløsning befinner seg. De minste batteriene er typisk integrert på tilhengere og har lagringskapasitet rundt 200 kWh og en ladeeffekt på mellom 150 og 300 kW. Fordelene med disse er blant annet at de lett kan flyttes til maskinene som trenger å lades, og de kan også flyttes for å lades opp fra hurtigludere andre steder enn på byggeplassen. Erfaringene viser at det ikke alltid er like enkelt å flytte komponenter rundt på en bygge- og anleggsplass. Videre kan selve logistikken rundt flytting av batterier og/eller ladere by på utfordringer.

Om man trenger mer kapasitet finnes det battericontainere på 10 fot som i all hovedsak er stasjonære på byggeplassen. Disse har typisk en ladeeffekt på 1 MW. Battericontainere kan enten forsyne maskinene som skal lades direkte fra CCS-utganger integrert i containeren eller forsyne eksterne hurtigludere 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.

Tabellene nedenfor viser et utvalg av hurtigladeløsninger, batterihengerløsninger og batteriløsninger fra et utvalg av leverandører. Dette viser et komplekst og til dels uoversiktlig marked. De fleste av energitjenesteleverandørene er med på å utvikle teknologien de tilbyr, enten i form av energistyringssystem eller ved å sette sammen teknologien til enten lade- eller batteriløsninger selv. Noen av leverandørene har også flere roller i markedet. For eksempel tilbyr Kverneland Energi hurtigludere og mobile energilagere som de selv deltar i utviklingen av. Men Kverneland tilbyr også noen av de samme tjenestene som energitjenesteleverandørene, og er med på å skreddersy løsningene tilpasset til utslippsfri bygge- og anleggsplass. Kverneland tilbyr dermed

energitjenester både gjennom seg selv som leverandør, og også gjennom Skagerak Energi og Hafslund mobil energi.

Tabell 6.4 Hurtigladerløsninger fra ulike teknologileverandører og tilbydere

Rådgiver:	Kverneland energi	Atlas Copco	Kempower	Delta	Nordic Booster	Ayond
Tilbyder	Hafslund mobil energi	Hafslund mobil energi	Hafslund mobil energi	Eviny Mobil Energi/Ramirent	Aneo Build og Hafslund	Eviny Mobil Energi
Produkt-navn	Mjølnær	Z charger	Movable charger	Ultra fast charger	BoostPoint Boostrod	420 kW lader
Lade-kapasitet	1x360 kW/ 2x180 kW	1x150 kW/ 2x80 kW	1x40 kW/ 2x20 kW	1x200 kW/ 2x100 kW	2x300 kW og 1x360 kW/ 2x180kW	1x420kW/ 2x200 kW

Kilde: Vista Analyse, basert på markedskommunikasjon fra leverandører, intervjuer, innspill fra markedsaktører og Sweco (2024)

Tabell 6.5 Hengerløsninger fra ulike tilbydere

Tilbyder:	Hafslund mobile energiløsninger, Skagerak Mobil Energi, Aneo Build	Hafslund mobile energiløsninger		Aneo Build	Aneo Build
Leverandør	Kverneland energi	Kverneland Energi	Kverneland energi	Nordic Booster	Nordic Booster
Produkt-navn	Thor v1	Thor v2	Thor v3	Hummingbird 2	Hummingbird 3
Lade-kapasitet	1x150 kW/ 1x240 kW	1x360 kW/ 2x180 kW	1x360 kW/ 2x180 kW	1x150 kW	1x300 kW
Energi-lager	192 kWh	192 kWh	291 kWh	192 kWh	200 kWh

Kilde: Vista Analyse, basert på markedskommunikasjon fra leverandører, intervjuer, innspill fra markedsaktører og Sweco (2024)

Tabell 6.6 Batteriløsninger fra ulike leverandører og tilbydere

Batteri-leve- randør:	Northvolt	Ukjent	Atlas Copco	Nordic Boos- ter	Kverneland Energi
Tilbyder	Eviny mobil energi	Eviny mobil energi	Hafslund mobile energiløsninger	Aneo Build	Skagerak mobil energi
Produktnavn	Voltpack Mobile	Ukjent	ZBC 500-250	Boost Charger	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

Kilde: Vista Analyse, basert på markedskommunikasjon fra leverandører, intervjuer, innspill fra markedsaktører og Sweco (2024)

De nye forretningsmodellene som vokser frem gjør at samarbeidet mellom aktører som leverer rådgivningstjenester, styringssystemer og hardvare (som batterier og ladere) blir stadig mer kompleks. Det er ofte lite gjennomiktig hvem som har levert hva av utstyr. Det er i stor grad to aktører som leverer løsningene: energitjenesteleverandører og leverandører av produkter. Energитjenesteleverandørene kjøper inn utstyr fra ulike leverandører og samler dette i egne fjernstyringsløsninger som de enten lager selv eller i samarbeid med leverandørene. Energитjenesteleverandørene ønsker å profilere løsningene som egne produkter, men de er i stor grad levert av produsenter. Den andre kategorien er leverandørene. De fleste leverandørene i dette markedet utvikler, bygger, leverer og serviserer sine egne produkter. Noen leverandører importerer produkter fra utlandet og er dermed kun distributører. Dette betyr at samme produkt kan tilbys fra flere energitjenesteleverandører. Dette er den samme forretningsmodellen som har eksistert i lang tid innen maskinutleie, med maskinleverandører og -utleiere.

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 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.

Da dette er et nytt marked, er de fleste aktørene innenfor rådgivning og utleie til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser relativt nye markedsaktører som inntil nylig har vært små deler av morselskapene sine. De har utviklet seg fra fagmiljøer innen kraftproduksjon, ladeløsninger eller leverandører innen byggestrøm og utleie av trafoer og byggestrømskap. Energитjenesteleverandørene som leier ut utstyret har blitt etablert av energiselskap som Aneo, Hafslund, Skagerak Energi og Eviny, som har sett et marked for rådgivning og utleie av energiløsninger fordi de da også kan selge strømmen som de tradisjonelt gjør. Det er også klassiske utleieselskaper som leier ut mobile hurtigladere, slik som Ramirent og UCO.

Mange entreprenører rigger også prosjektet selv. Nordic Booster oppgir at en tredjedel av alle produktene de har levert siden 2020 er solgt direkte til entreprenører. Dette er entreprenører som har egen elektrokompetanse.

Ulike maskiner og byggeplasser har likevel svært forskjellige behov for lading, noe 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. Unntaket er entreprenører som spesialisere seg på en nisje innen bygg og anlegg. Disse vil ha en mindre maskinpark med begrenset behov som kan forsvare en investering i eget batteri- og ladeanlegg. Dette gjelder for eksempel PA entreprenører, som spesialisere 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.

6.5.2 Energistyringssystemer¹⁵

Flere av markedsaktørene har nevnt behovet for verktøy til å løse logistikkutfordringer, særlig knyttet til lading og infrastruktur. Ladelogistikk og optimering av effektbehov er krevende oppgaver. Hovedutfordringen er mangel på en felles kommunikasjonsplattform for alle elektriske maskiner og utstyr, oppdelt i de enkelte forbrukspostene. De ulike maskinene fra ulike produsenter «ikke snakker sammen» i dag. Her vil energistyringssystemer kunne spille en viktig rolle.

Et *energistyringssystem* er en plattform for sammenstilling av informasjonsflyt fra alle komponenter som gir eller bruker energi: batterier, ladere, energikrevende maskiner og utstyr. Til forskjell fra et *energiovervåkningssystem*, der man får målerdata fra ulike forbruksposter, vil man med et energistyringssystem også 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. I dag kommuniserer disse komponentene fra ulike produsenter med sine egne separate plattformer og med egne kommunikasjonsprotokoller. For eksempler vil være maskinene fra CAT kommunisere med plattformen CAT Insight, og battericontainere fra Eviny kommuniserer med Eviny sin egen plattform. Man har også informasjon om totalt energiforbruk på byggeplassen og forbruket på de ulike kursene via AMS. Gjennom AMS har man likevel ikke oversikt over energibruk for spesifikke forbruksposter eller gjenværende batterikapasitet på de ulike maskinene i sanntid.

Det er aktører på vei inn i markedet som tilbyr energistyringssystemer. Slike energistyringssystemer vil muliggjøre best mulig drift og skalering av infrastruktur, og på denne måten redusere kostnader for drift av utslippsfrie maskiner. For eksempel vil et smart energistyringssystem kunne sørge for lading av maskinene over natten, med så lav effekt som mulig, slik at de er klare for drift til neste arbeidsdag, eller ved hjelp av sensorer, adgangskontroll og planlegging tilpasse oppvarming og belysning i brakkene til de tidene der brakkene faktisk er i bruk.

Leverandøren Fremby har over lengre tid utviklet en informasjonsplattform som samler energi- og aktivitetsdata fra alle de store maskinleverandørene. Denne plattformen vil sammen med data fra de andre energiforbrukere gi et samlet bilde av anleggsplassens energiforbruk, når og hvor denne brukes.

Det finnes i dag en rekke leverandører i Norge som utvikler informasjonsplattformer og energistyringsplattformer: Eviny, Aneo Build, Nordic Booster og NAEVA. Forskjellen på systemene er ofte arkitekturen, der rene programvareselskaper henter data og i mindre grad kan styre enheter

¹⁵ Dette avsnittet er delvis basert på (Sweco, 2024), kap. 2.5.3.

som batterier, ladere, kompressorer, tørkere, da dette krever inngående kunnskap i kraftkomponenter og batteristyring. Leverandørene av utstyret, derimot, har slik inngående kunnskap og vil kunne inkludere en rekke logiske styringsparametre for å sikre konstant drift av utstyret uten å ødelegge det.

6.6 Byggvarme og -tørk og oppvarming¹⁶

6.6.1 Byggvarme og -tørk

Byggvarme og byggtørking er energikrevende oppgaver på en bygge- og anleggsplass. Dette er prosesser med ulike tekniske løsninger, med mål å tørke bygningsmassen innvendig eller holde tilstrekkelig temperatur (for eksempel for å hindre frost). Man kan for eksempel tilføre varme fra ulike varmekilder (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. Men elektrisk oppvarming og tørking svært effektkrevende oppgaver. Derfor brukes det ofte dieselaggregat eller HVO-drevne aggregater, ikke elektrisitet fra nett, for elektrisk strømforsyning til oppvarmingskilder, selv om selve utstyret for tørking er elektrisk. Begrensninger i kapasiteten til nettilknytning kan dermed også være en barriere for overgangen til utslippsfri bygge- eller anleggsplass.

Også fjernvarme kan brukes til oppvarming, og i områder hvor det er tilkoblingsplikt til fjernvarme, er dette vanlig å knytte seg til fjernvarmenettet også under bygging. Fjernvarme kan også brukes til betongtørk. Frem til nå har det vært vanlig å bruke fjernvarme som byggvarme i næringsbygg, men i det siste har det i større grad blitt brukt og i leilighetsbygg, gjerne i kombinasjon med andre varmekilder (Statkraft Varme, 2024). Fjernvarme er naturlig nok aktuelt kun i områder der fjernvarmetilkobling er tilgjengelig i nærheten til byggeplassen, med andre ord i de store byene.

Teknologisk er det med andre ord mulig med en overgang til utslippsfrie løsninger for byggvarme og byggtørk, men det krever tilgang til tilstrekkelig elektrisitet og effekt. Siden dette er effektkrevende utstyr, kan effekttilgang være en utfordring og kostnadsdriver. Supplerende energiforsyning, for eksempel stasjonære batterier, kan være en løsning. For aggregater finnes det også en utslippsfri løsning med hydrogen.

6.6.2 Oppvarming

De fleste bygge- og anleggsplasser har tilhørende brakkerigger som brukes til spiserom og pauserom. Antall brakker varierer med størrelsen på bygge- og anleggsplassen og antall arbeidere tilknyttet denne. Hver brakkerigg har typisk en dimensjonerende last på 2-3 kW (Sweco, 2024b). Ved større bygge- og anleggsplasser, som har gjerne over 50 brakker i en brakkerigg, kan effektbehovet bli betydelig.

I de siste årene har det å redusere effektbehovet fra brakkeriggene kommet i fokus. En vanlig løsning er å installere solceller på taket. Dette vil redusere totalt energiforbruk betydelig, men

¹⁶ Dette avsnittet er i hovedsak basert på (Sweco, 2024), kap. 2.3.2.

energiproduksjonen varierer over døgnet og sesongene, og med været. Solceller fjerner ikke kraftbehovet helt. Andre tiltak handler om å redusere energi forbruket gjennom smart energistyring. Det har i de siste årene vokst frem flere ulike plattformsløsninger som optimaliserer energibruken ved hjelp av energistyringssystemer som sensorer og adgangskontroll (omtalt ovenfor). I områder der fjernvarme er tilgjengelig, kan også brakkerigger kobles på fjernvarmenettet for å sikre oppvarming.

7 Markedsstatus og markedsutvikling frem til i dag

I dette kapittelet undersøker vi problemstillinger om volumet av utslippsfrie maskiner sett opp mot de fossile og hvordan har maskinparken utviklet seg de siste årene. Vi ser også på hvordan kostnadene for de sentrale teknologiene utviklet seg de siste årene og frem til i dag, sammenliknet med de fossile alternativene. Til slutt oppsummerer vi våre vurderinger av drivkrefter og barrierer i markedet.

Basert på intervjuene og øvrige markedsvurderinger drøfter vi også i hvilken grad de utslippsfrie maskinene blir brukt sammenliknet med de fossile alternativene, og i hvilken grad de erstatter de utslippsfrie maskinene de fossile maskinene i dag. Disse vurderingene gir viktige inngangsdata til evalueringen i del 2.

Kapittelet bygger videre på kartleggingen i Sweco (2024), kapittel 3 og 4, men vi har supplert med noe mer markedsdata.

7.1 Utbredelse av utslippsfrie maskiner på det norske markedet

Det har vist seg krevende å finne god og fullstendig statistikk for både for anleggsmaskiner generelt og også for utslippsfrie maskiner i Norge.

Sweco (2024) tar utgangspunkt i statistikken fra MGF (som omfatter de fleste importørene, men ikke alle), og beregner at det var rundt 700-800 utslippsfrie maskiner ved utgangen av 2023. Dette stemmer også ganske godt med Enovas innvilgede søknader for maskiner i samme perioden. I underkant av halvparten av nye maskiner i 2023 var gravemaskiner, se Tabell 7.1.

Tabell 7.1 Nye anleggsmaskiner og nye utslippsfrie maskiner i Norge, 2023

	Antall nye anleggsmaskiner registrert i statistikken fra MGF	Antall nye nullutslippsmaskiner*
Gravemaskin > 8 tonn	1 917	125
Hjullaster	1 075	50
Minigravere	836	30
Andre	761	5
Sum	4 589	210

Kilde: (Sweco, 2024)

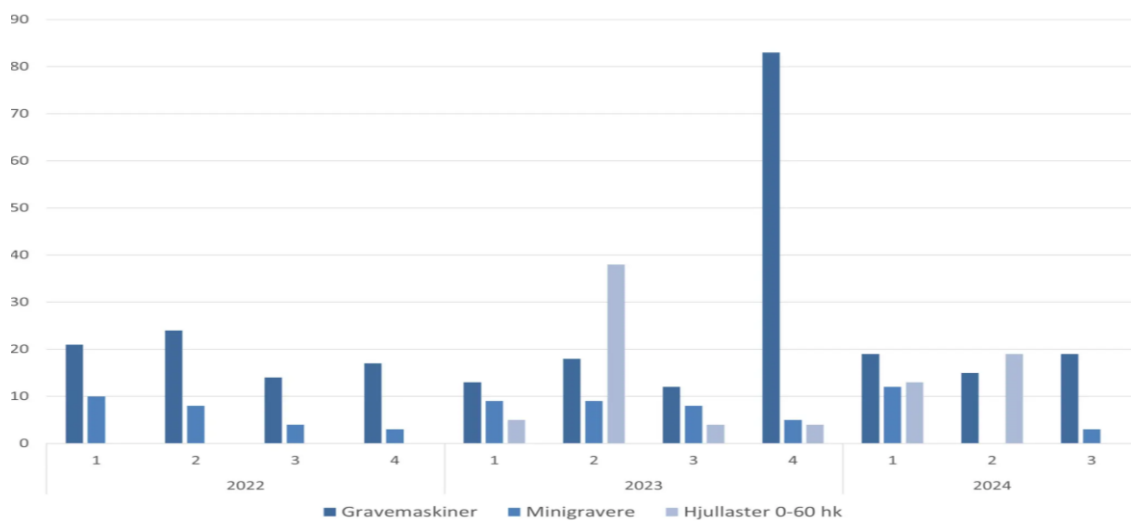
Merknad: Antall nye nullutslipps maskiner er anslått basert på data fra MGF og informasjon om importerte maskiner fra andre som ikke er inkludert i MGF-statistikken (bl.a. Rental Group).

For å få et bilde av den årlige utviklingen i salg av elektriske anleggsmaskiner har vi hentet en figur fra AT.no publisert 11.10.2024. Figuren er gjengitt i 7.1.

Som det framgår av figuren var det en kraftig økning i antall solgte elektriske gravemaskiner fra 2022 til 2023, og også en økning i antall solgte minigravere og hjullastere. Omsatte nullutslippsmaskiner i 2024 ligger an til å få et kraftig fall sammenliknet med 2023. Dette kan både tilskrives

en nedgang i det samlede salget, som er om lag 20 prosent lavere per 3. kvartal enn for tilsvarende periode i fjor, og at andelen utslippsfrie maskiner også ligger an til å falle noe. Nedgangen i det samlede maskinsalget må i stor grad kunne tilskrives usikkerhet i markedet. Enkelte informanter har også stilt spørsmål ved om markedet for utslippsfrie maskiner begynner å bli mettet, i den forstand at det er et tilstrekkelig antall utslippsfrie maskiner tilgjengelig til å kunne levere på de prosjektene der det stilles krav om nullutslippsmaskiner. Det vises til svak kommuneøkonomi og kostnadsvekst som kan gjøre det vanskelig for kommunene som i dag stiller krav til nullutslippsteknologi å bære merkostnadene, og det neppe kan forventes at nye kommuner vil stille krav i nær framtid. Dette bidrar til økt usikkerhet som igjen bidrar til å utsette investeringer i nye maskiner, og også fører til en større tilbakeholdenhet mht. å ta en merkostnad for en nullutslippsmaskin.

Figur 7.1 Antall nullutslippsmaskiner per kvartal siden 2022 (Norge)



Kilde: AT.no, publisert 11.10.2024

Vi ser også at driftsresultat for forhandlerne i bransjen gjennomgående var dårlig i 2023, der flere har store underskudd (Proff.forvalt). Driftsresultatet er mao. dårlig selv om samlet omsetning har gått opp. Valutakursen spiller også inn og gir et selvstendig bidrag til at investeringskostnadene for en gitt maskin går opp. Det rapporteres også om nedgang i andre europeiske markeder mens det på verdensbasis ikke er noen nevneverdig nedgang å spore.

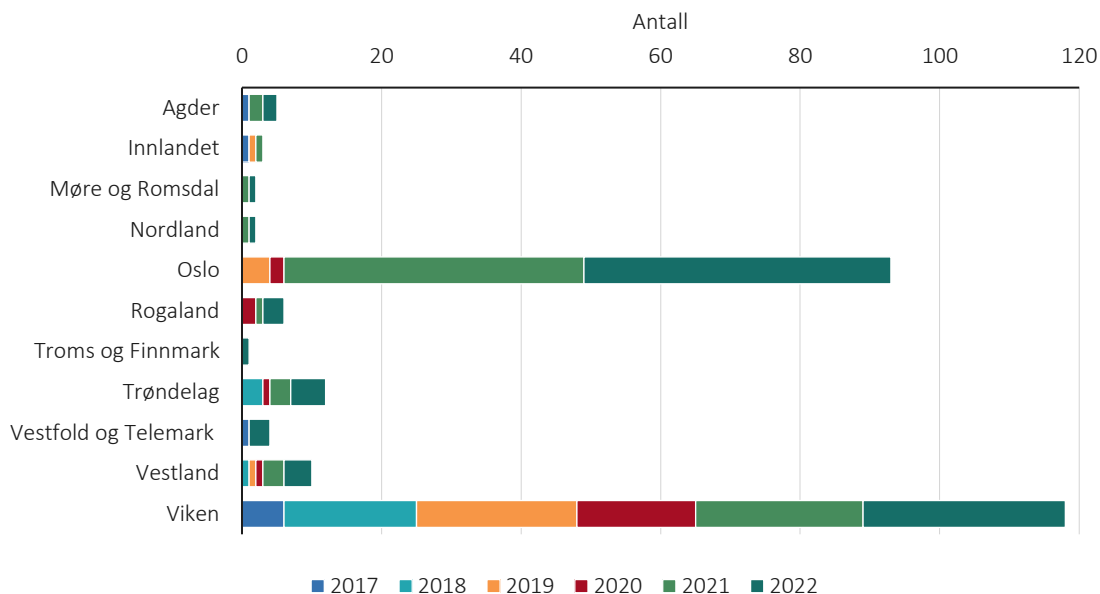
Sweco (2024) viser også at det har vært utfordrende å finne gode tall på hvor mange anleggsmaskiner som finnes i det norske markedet. Med utgangspunkt i det årlige utskiftningsvolumet på rundt 4 500 maskiner og en forutsetning om at maskinene byttes ut hvert tiende år (basert på erfaringstall), vil utskiftningsraten representere 1/10 av maskinparken. Ved denne antakelsen blir den samlede maskinparken rundt 45 000 maskiner i Norge. Antatt levetid på maskiner er lenger enn 10 år, så i virkeligheten er nok maskinparken større. Samtidig har flere aktører opplyst at det er et stort annenhåndsmarked for fossile maskiner utenfor Norge, og at maskinene selges ut av landet før endt levetid. Dette bekreftes i importstatistikken som vi har vist et utsnitt av i Figur 2.7.

Ved en estimert maskinpark på rundt 50 000 maskiner, representerer den utslippsfrie maskinparken en marginal del av markedet, på **rundt 1 prosent**.

Siden det er kun litt over 5 år til 2030, må det årlige utskiftningsvolumet nesten fordobles fra de ca. 4 500 maskinene som skiftes ut hvert år i dag, og alle utskiftede maskiner må være utslippsfrie, for å kunne nå en utslippsfri maskinpark i 2030.

(Wiik, Homaei, & Høyli, 2023) har kartlagt hvor utslippsfrie maskiner har blitt brukt. Oslo og Viken til sammen står for over 80 prosent av prosjektene der det har blitt brukt elektriske maskiner i perioden 2017-2022, se Figur 7.2.

Figur 7.2 Antall offentlige byggeprosjekter der elektriske maskiner har blitt brukt



Kilde: (Wiik, Homaei, & Høyli, 2023)

7.2 Erstattes fossile maskiner eller kommer utslippsfrie maskiner i tillegg til fossile maskiner?

Intervjuene tilsier at de utslippsfrie maskinene erstatter fossile maskiner. I den grad maskinene ikke er i bruk, vil det ha som konsekvens at levetiden til maskinen forlenges. Så lenge det er prosjekter der det stilles krav om utslippsfrie maskiner, så vil det ifølge flere av informantene være etterspørsel etter de maskinene som er i markedet. En stor andel av de utslippsfrie maskinene eies av utleieselskap. De som leier en utslippsfri maskin vil neppe betale en høyere leie for å la maskinene stå stille. Gevinsten for leietager vil være ved bruk i form av lavere drivstoffkostnader (dvs. elektrisitet istedenfor diesel). Merkostnaden med å leie utslippsfrie maskiner høy, og det vil gagne den som leier maskinen å bruke den mest mulig – da vil drivstoffkostnaden reduseres.

Hvor mye ledig kapasitet det til enhver tid er i den samlede maskinparken avhenger av etterspørselen etter de tjenestene som utføres med anleggsmaskiner. Dette er konjunkturavhengig, der det over tid vil være en balanse mellom tilbud og etterspørsel.

7.3 Kostnader

I dette kapittelet gjennomgår vi kostnader ved utslippsfrie maskiner: investeringskostnader, herunder batterikostnad og kostnaden ved ferdigstillelse, samt driftskostnad. Investeringskostnaden til de fleste batterielektriske maskiner er fortsatt mye høyere enn for fossile alternativer. Kostnaden varierer med type maskin, men for de mellomstore og store gravemaskiner er de elektriske alternativene hele 2–3 ganger dyrere. Samtidig er det forventet at driftskostnaden er lavere for batterielektriske maskiner, både på grunn av lavere energikostnad og som følge av CO₂-avgifter på diesel.

Vi drøfter også hvorfor utslippsfrie maskiner oppfattes som mer risikabel enn konvensjonell dieseldrevet anleggsmaskin.

7.3.1 Investeringskostnad

Vår oversikt over investeringskostnader ved utslippsfrie maskiner er basert på flere kilder: søknadsdata fra Enova, der søkere må oppgi merkostnaden ved investeringen, markedskartlegging og intervjuer. Vi har også sett på prisen ved utleie av maskiner.

Tabell 7.2 viser kostnader for ulike typer maskiner, basert på søknadsdata for innvilgede søknader fra Enova.

Tabell 7.3 gir en oversikt over merkostnadene knyttet til hhv. investering og leie av utslippsfrie anleggsmaskiner sammenlignet med fossile alternativer.

Det samlede bildet som avtegner seg er tydelig: investeringskostnaden til store elektriske maskiner er mye høyere enn ved fossile alternativer. Kostnaden varierer med type maskin, men for de mellomstore og store gravemaskiner er de elektriske alternativene hele 2–3 ganger dyrere. For minigravere er prisforskjellen mindre: den elektriske er omtrent dobbelt så dyr. Elektriske hjullastere under 2 tonn strekker seg fra å være like dyr som en fossil maskin til å være 1,2 ganger dyrere enn tilsvarende fossile maskiner, mens de tyngre elektriske hjullasterne 1,2 til 2,9 ganger dyrere enn fossile alternativer.

Blant maskinkategoriene Enova støtter gjennom ordningen «Utslippsfrie anleggsmaskiner», er det **batterielektriske minigravere** som har den laveste merkostnaden målt i kroner. Merkostnader i alle innsendte søknader i dette støtteprogrammet er i gjennomsnitt 610 000 kr. Det er i overkant av dobbelt så dyrt som tilsvarende fossile minigravere (jf. Tabell 7.2). Det samme bildet bekreftes av utleieprisene hos utleierne: batterielektriske minigravere er omtrent dobbelt så høye som leieprisene for fossile minigravere (jf. Tabell 7.3).

Prosentvis er det derimot **hjullastere** over 2 tonn som har lavest merkostnad. Utslippsfrie hjullastere over 2 tonn er 1,8 ganger så dyre (dvs. i underkant av dobbelt så dyre) som tilsvarende fossile hjullastere. Gjennomsnittlige merkostnader for slike hjullastere er omtrent 1,1 millioner kroner. Det er rimelig at prisforskjellen varierer stort med størrelsen, da det er vesentlig forskjell på minihjullastere rett over 2 tonn, og store hjullastere på opp mot 20 tonn. Dette bekreftes av dataene. Kramer har en firetonns hjullaster som har vært på markedet siden 2016. Denne maskinen er kun 1,2 ganger dyrere enn sammenlignbare fossile maskiner. Sweco finner i sin kartlegging at leieprisene på firetonns utslippsfrie hjullastere som er 1,3-1,5 ganger høyere enn tilsvarende fossile hjullastere. Det ble også funnet en 20-tonns utslippsfri hjullaster til leie, men for denne var

ikke utleieprisen oppgitt (jf. Tabell 7.3). Leieprisene kan framstå som noe høyere enn investeringskostnaden for utslippsfrie hjullastere, sammenlignet med fossile alternativer. Hva som er det mest økonomisk gunstige alternativet avhenger av tilgang på kapital, risikovilje, forventninger om kapasitetsutnyttelse ved å eie egen maskin, levetid og rentenivå. Vi observerer at utleieselskapene tar en stadig større andel av maskinene, noe som særlig gjelder for utslippsfrie maskiner. Utleieandelen i Norge er likevel lavere enn det vi ser ellers i Europa.

Maskinkategoriene med klart høyest merkostnader, både målt i prosent av pris på fossilt alternativ og i kroner, er **stor batterielektrisk gravemaskin og stor kabeldreven gravemaskin**. For disse maskinene er merkostnadene ved å investere i utslippsfrie maskiner hhv. omtrent 4,2 og 5,3 millioner kroner. Dermed koster maskinene rundt **2,6 til 3,1 ganger mer enn fossile alternativer**. Dette samsvarer godt med informasjon fra markedsaktører, som oppgir at utslippsfrie maskiner gjerne koster tre ganger mer enn fossile maskiner.

Elektromotorer er kjent for å ha lenger levetid enn dieseldrivlinjer, og det er ikke forventning om at den elektriske drivlinjen vil ha behov for utskiftning før batteriet. Dieselmotorer har erfaringsmessig en oppgitt driftstid på mellom 8 000–12 000 timer. En batteridrevet drivlinje har 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 annehåndsmarkedet for usikkert, noe vi kommer tilbake til i kap. 7.3.3.

Tabell 7.2 Kostnader per maskin, basert på søknader som fikk vedtak om støtte under programmet «Utslippsfrie anleggsmaskiner»

	Batterielektrisk minigraver	Hjullaster over 2 tonn	Stor kabelelektisk grave-maskin	Stor batterielektrisk grave-maskin
Pris utslippsfri maskin, gjennomsnitt alle søknader (kr)	1 090 714	2 637 347	8 704 034	6 250 430
Pris fossil maskin, gjennomsnitt alle søknader (kr)	480 714	1 500 161	3 360 637	2 042 887
Gjennomsnittlige merkostnader (kr)	610 000	1 137 186	5 343 397	4 207 543
Relativ pris, gjennomsnitt (faktor*)	2,3	1,8	2,6	3,1
Minimum relativ pris (faktor*)	1,7	1,4	1,9	2,1
Max relativ pris (faktor*)	2,5	2,9	3,2	4,2

Kilde: Vista Analyse basert på søknadsdata fra Enova

Merknad: Faktor lik 1 for relativ pris betyr at den utslippsfrie maskinen koster like mye som den tilsvarende fossile maskinen; faktor på 2 betyr at den utslippsfrie maskinen er dobbelt så dyr.

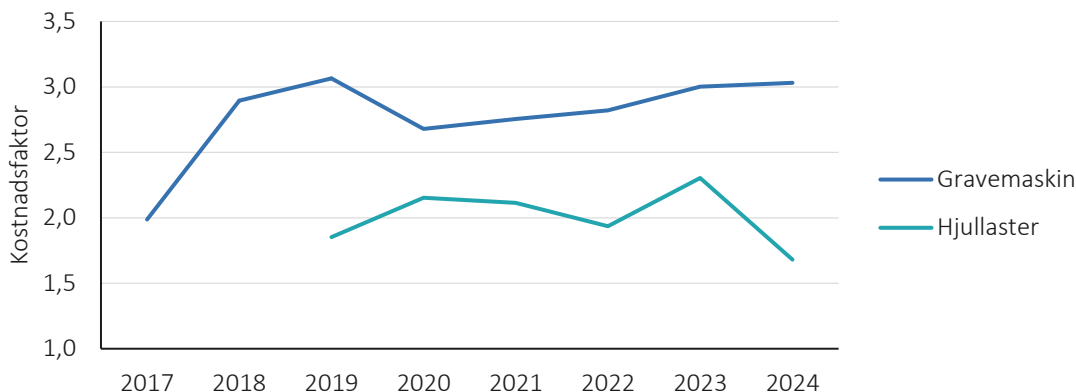
Tabell 7.3 **Relative investerings- og leiekostnader av utslippsfrie maskiner sammenlignet med fossile alternativer (1 betyr lik pris, 2 betyr dobbelt så dyrt)**

Maskintype	Investering	Leie
Minigraver (16-40kW)	Markedsdialog: 2 Søknadsdata: 2,2 . (jf. Tabell 7.2.)	1-tonnsmaskin: 1,0 1,8-tonnsmaskin: 2,1
Mellomstore gravemaskiner (8-23 tonn)	Markedsdialog: 2 - 3 Fra søknadsdata (jf. Tabell 7.2): Stor batterielektrisk gravemaskin: 3,2 . Stor kabeldreven gravemaskin: 2,7 .	9-tonns gravemaskin (42 kW): 1,5 - 2,9 .
Store grave-maskiner (>23 tonn)	Markedsdialog: 2 - 3 Søknadsdata (jf. Tabell 7.2): Stor batterielektrisk gravemaskin: 3,2 . Stor kabeldreven gravemaskin: 2,7 .	25-tonns beltegraver (120 kW): 2,0 . Det er begrenset utvalg på leiemarkedet av store gravemaskiner.
Lette hjullastere (<2 tonn)	Rundt 2 tonn: 1,0 - 1,2	
Tyngre hjullastere (>2 tonn)	Kramer (4 tonn): 1,2 Kramers 4-tonns hjullaster har vært på markedet siden 2016. Det er ikke lyktes å finne informasjon om investeringskostnader for tyngre hjullastere enn denne. Søknadsdata: 1,8 (jf. Tabell 7.2)	4-tonns hjullaster: 1,3 – 1,5 Større hjullastere ikke identifisert hos utleier som oppgir pris. Elektrisk 20-tonns hjullaster funnet tilgjengelig hos utleier, men uten oppgitt pris.
Kompressor	Ukjent	Kompressor 25/35 kW: 1,2 (kun 168 kroner prisdifferanse per dag) Kompressor 60 kW: 1,3 Kompressor > 100 kW: Lite utvalg av store kompressorer hos de vurderte utleieleverandørene.

Kilde: Vista Analyse basert på (Sweco, 2024) og søknadsdata fra Enova

Forskjellen i kostnader som vises i søknadsdataene kan også skyldes utvikling over tid. Figur 7.3 viser utviklingen i merkostnader ved investering i utslippsfrie anleggsmaskiner, basert på søknadsdata fra Enova. Den relative prisen er oppgitt som faktorer: det vil si at en faktor på 2 betyr at prisen på en utslippsfri maskin er dobbelt så høy som prisen på en fossil maskin. Mens merkostnadene for gravemaskiner har økt fra 2017 til 2024, har utviklingen for hjullastere vært mer ujevn. Det kan likevel se ut til at merkostnadene for utslippsfrie hjullastere har gått noe ned, men det er knyttet stor usikkerhet til utviklingen for utslippsfrie anleggsmaskiner, siden det er få observasjoner i flere år, slik at enkeltobservasjoner kan ha påvirket gjennomsnittet mye. Videre vil den enkelte maskinens vekt og effekt kan ha stor betydning for merkostnaden, og at dette bildet ikke nødvendigvis er gjeldende for alle underkategorier av disse to maskintypene. Likevel gir figuren et bilde på utviklingen de siste årene, og bygger opp under informasjon fra markedsaktørene om at merkostnadene fremdeles er høye.

Figur 7.3 **Utvikling i gjennomsnittlig relativ pris over tid (1 = samme pris som fossil maskin)**



Kilde: Vista Analyse basert på søknadsdata fra Enova.

Merknad: Data for støtteprogrammet «Energi- og klimatiltak i landtransport» 2017-2022. Data for «Utslippsfrie anleggsmaskiner» for 2023 og 2024.

Hva skyldes merkostnaden?

Både søknadsdata og innhentede priser viser at merkostnaden ved å investere i utslippsfrie anleggsmaskiner sammenlignet med fossile alternativer er svært høy, særlig for de største gravemaskinene. Vi har forsøkt å dekomponere denne merkostnaden ved investering. I det ytre (chassis osv.) er utslippsfrie maskiner svært like dieseldrevne maskiner. Merkostnaden kan dermed skyldes to ting: batterikostnad og kostnaden ved ombygging (dvs. ferdigstilling til en maskin med elektrisk drivlinje).

Merkostnaden utenom batterikostnader kan skyldes utviklingskostnader, som drøftet i kapittel 3. I kapittel 6.2 viste vi også til eksempler fra Kubota, som tilbyr et retrofit-kit til minst to anleggsmaskiner. Alt er levert fra Kubota og CE-godkjent. Selve arbeidet med ombyggingen skal ta ca. 15 timer, dvs. omtrent to dagsverk. Hvis vi tar utgangspunkt i prisdifferansen mellom fossil og batterielektrisk minigraver (fra Tabell 7.2), og antar at halvparten av prisdifferansen skyldes batteri, drivlinje, mm., og at den resterende halvparten skyldes arbeidskostnader ved ombygging, tilsvarer det en timepris på over 20 000 kr/time. Det kan ikke utelukkes at produsenter i noen nisjemarkeder kan ta slike timepriser. Det virker imidlertid mer sannsynlig at merkostnaden skyldes utviklingskostnader, som man forsøker å dekke inn. Fordelt på få maskiner blir det et høyt beløp per maskin.

Samtidig kan vi heller ikke utelukke at kostnaden ved ferdigstilling/ombygging kan være delvis drevet av Enova-støtten: så lenge man får dekket merkostnaden, og det er kun én eller svært få produsenter som kan tilby produktet, er det ingen grunn til å redusere kostnader i dette leddet. Dette vil i så fall være konsistent med økonomisk teori.

Batterikostnad

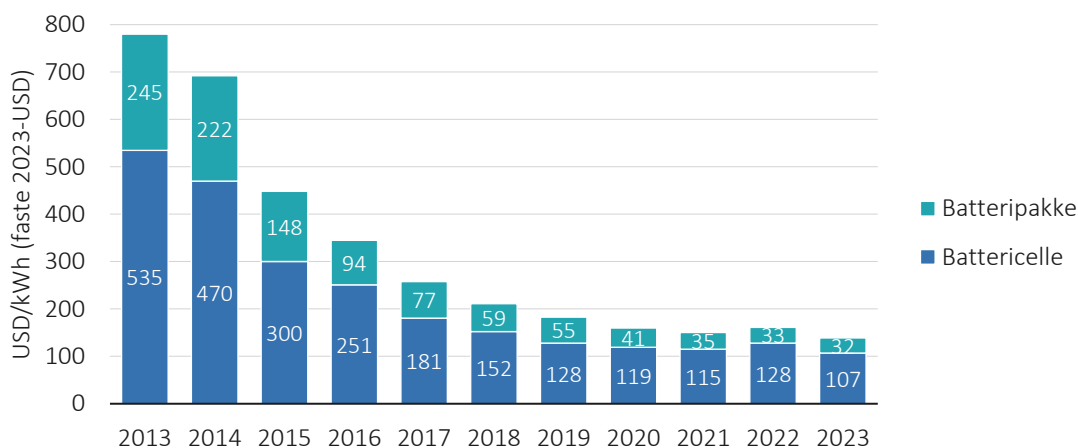
Batterikostnad er en viktig del av investeringskostnad for de batterielektriske alternativene.

Vår kartlegging har gitt oss et stort spenn i batteripriser. Noen aktører har oppgitt en batteripris på 400 EUR/kWh (tilsvarende ca. 4800 kr/kWh) til utslippsfrie anleggsmaskiner, andre har nevnt

priser på opptil 800 EUR/kWh (tilsvarende ca. 9500 kr/kWh). De fleste synes å mene likevel at batterikostnaden er likevel nærmere det laveste anslaget, rundt 400-500 EUR/kWh. Uansett er prisanslagene betydelig høyere enn prisen for batterier for andre formål. Batteriprisen for andre batterier er noe over 100 USD/kWh, noe som med dagens valutakurs tilsvarende 1000–1100 kr/kWh, se Figur 7.4. Figuren viser priser som et volum-vektet gjennomsnitt, dekomponert i pris på celle og batteripakke; tallene er basert på en markedsundersøkelse med data fra biler, busser, kommersielle kjøretøy og stasjonær lagring.

Figur 7.4 viser også at kostnaden for litium-ion batterier har falt mye de siste 10 årene. Prisfallet det siste året skyldes i stor grad fallende priser på komponenter og råmaterialer. (BloombergNEF, 2023) forventer at prisene vil fortsette å falle i årene som kommer, og selv om prisfallet forventes til å være mindre enn i det siste tiåret, forventer de at prisen til batteripakker vil falle til under 113 USD/kWh i 2025 og 80 USD/kWh i 2030. Dette tilsvarende ca. 1250 kr/kWh i 2025 og 850-900 kr/kWh i 2030.

Figur 7.4 Prisutvikling i litium-ion batterier, dekomponert i battericelle og batteripakke, 2013–2023. Faste priser i 2023-dollar



Kilde: (BloombergNEF, 2023)

Batteriprisen til anleggsmaskiner som oppgis av norske aktører er altså betydelig høyere enn prisen til batteriene for andre formål. Flere mulige forklaringer har vært nevnt. En forklaring kan være at det er høyere krav til batterier som skal brukes i anleggsmaskiner, for eksempel fordi de må tåle høye belastninger i form av støt og vibrasjoner. Også høyere krav til brannsikkerhet har blitt nevnt i intervjuene: det skal være høyere brannsikkerhet i disse batteriene enn for eksempel i Tesla-batterier. Dermed kan de ikke produseres ved samme produksjonslinje som andre batterier, med det kreves en egen produksjonslinje for batterier til anleggsmaskiner.

Hovedårsaken til at batteriene til anleggsmaskiner er så mye dyrere enn bilbatteriene er likevel lave produksjonsvolumer. En informant oppsummerte dette slik:

«Bilbatteriene klarer å bli så billig på grunn av skala, anleggsmaskiner kan ikke ha i nærheten av denne skalaen. Bilbatteriene produseres i enorme serier med stor forutsigbarhet og leverandørene tar dermed «sjansen» på å levere de første årene med tap. Dette er ikke anleggsmaskinene i nærheten av å kunne gjøre.»

I så fall kan man forvente et visst prisfall også for batterier for store anleggsmaskiner når volumene blir større både pga. større volumer og økt konkurranse blant produsentene. Men som poengtert av informanten vil volumene ikke kunne bli like store som for biler.

7.3.2 Driftskostnad

Driftskostnader består av energikostnader (drivstoff eller elektrisitet) og vedlikeholdskostnader.

For **vedlikehold** er det noe større usikkerhet rundt de elektriske maskinene, siden det er et nytt marked og dermed også begrenset med erfaring å hente når det kommer til vedlikehold av en elektrisk maskinpark.

Den store forskjellen i driftskostnader er knyttet til **energi**kostnader. Kostnaden for fossilt drivstoff er høyere enn elektrisitetskostnader. I tillegg har dieselmotorer en betydelig lavere virkningsgrad enn elektriske motorer. De utslippsfrie maskiner bruker også mindre energi på tomgang. Samlet betyr dette at en elektrisk maskin vil bruke mye mindre energi på å utføre det samme arbeidet som en fossil maskin.

Vi kommer tilbake til driftskostnader ved regneeksempler i del 2.

7.3.3 Investeringen i utslippsfri maskin oppfattes fortsatt som risikabel

I tillegg til kostnader har flere aktører i intervjuene nevnt risiko knyttet til investeringen i utslippsfri maskin: de elektriske maskinene er mer umodne i drift enn sine fossile motparter, og dermed har mange flere usikkerhetsmomenter knyttet til seg. Det kan dreie seg om den reelle driftstiden eller ladebehovet.

Det er også risiko knyttet til annenhåndsmarkedet: siden det er forventet en (rask) teknologiutvikling, kan annenhåndsverdien av elektriske maskinene falle raskt. Dette har vi sett i markedet for elbiler: når det kommer nye og betydelig bedre maskiner på markedet, faller verdien av den forrige versjonen. Så selv om man teknisk sett kan forvente en lenger levetid på elektriske drivlinjer enn på dieseldrevne drivlinjer, er det en usikkerhet knyttet til markedsmessig levetid.

Både risiko knyttet til maskinenes egenskaper og til annenhåndsmarkedet omtalt i intervjuer

7.3.4 Barrierer og drivkrefter – vår vurdering

Sweco sammenfatter de tre viktigste driverne for utvikling av utslippsfrie anleggsmaskiner til krav, etterspørsel og tilbud (Sweco, 2024). En mer tradisjonell tilnærming til å vurdere drivere er å vurdere *hvilke faktorer eller krefter som påvirker tilbud og etterspørsel og dermed dynamikken i markedet*.

Regulatoriske drivere, som eksempelvis utslippskrav, er som nevnt i kapittel 2.2 tidligere identifisert som en driver for utslippsfrie anleggsmaskiner. Incentiver i form av støtteordninger er en annen driver som er identifisert i tidligere studier. Intervjuene bekrefter at disse driverne har vært avgjørende for introduksjonen av utslippsfrie maskiner i Norge, og at særlig krav i offentlig anbud har vært en sentral driver.

NOx-krav i Nederland og egne produsenter som har spesialisert seg på å bygge om konvensjonelle anleggsmaskiner til utslippsfrie maskiner framstår som en vesentlig driver i Nederland. Med en nasjonal produsent som kan levere maskiner som fyller kravene til lokale utslipp og klimagassutslipp har det vært mulig å stille strenge utslippskrav til bygg- og anleggsplasser i områder med NOx-utfordringer. Flere av våre informanter peker på NOx-utfordringen i Nederland som en form for driver i utviklingen.

Vår vurdering er at de **viktigste driverne på etterspørselen** etter utslippsfrie anleggsmaskiner har vært og er fortsatt:

- Regulatoriske virkemidler i form av utslippskrav i offentlige anskaffelser, og forventninger om en strammere klimapolitikk
- CO₂-avgift og kvotemarkedet, med forventninger om høyere karbonpriser framover, kombinert med økonomiske støtteordninger fra Enova, Klimasats og Samferdselsdepartementet
- Offentlige byggherrer som har hatt betalingsvillighet og – mulighet til å bære merkostnadene ved å ta i bruk utslippsfrie anleggsmaskiner

På tilbudssiden, dvs. de som utvikler og levere anleggsmaskiner, har tilgang til et hjemmemarked drevet av offentlig krav og til utslippsfrie maskiner, kombinert med økonomiske støtteordninger vært en driver for å utvikle prototyper og piloter med muligheter for å bygge opp et forretningsområde. Dette gjelder både for ombyggingsaktører og energileverandører.

Referanser

- Bassi, A., Peters, S., Candelaresi, J., Valente, D., Ferrara, N., Mathieux, F., & Ardente, F. (2023). *Rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB- EV)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023.
- Big Buyers for Climate & Environment. (2022). *Public Procurement of Zero-emission Construction Sites Lessons learnt from the Big Buyers for Climate & Environment working group*. The Big Buyers working group on Zero-emission Construction Sites. Co-authors: Dominique Sandy & Kaitlyn Dietz, ICLEI Europe.
- BloombergNEF. (2023). *Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh*. BloombergNEF. Hentet fra <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>
- Byggfakta. (2024). *Slik ble 2023. Rettet mot Bygg og anleggsbransjen*.
- Capgemini Invent. (2023). *How to succeed with zero-emission construction sites. Learning from Norway*.
- Develon. (2021). *Doosan Netherlands Dealer develops electric excavators*. Hentet 22.05.2024 fra <https://eu.develon-ce.com/en/news/2021-03-05-electric-excavator-netherlands>
- Emilsson, E., & Dahllöf, L. (2019). *Lithium-Ion Vehicle Battery Production Status 2019 on Energy Use, CO2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling*. IVL Swedish Environmental Research Institute 2019.
- Energi og klima. (2024, September). *Kvotemarked: EU og verden*. Hentet fra <https://www.energiogklima.no/klimavakten/kvotemarked-eu-og-verden>
- EnergiAktuelt. (2024, august 12). - *Utslippsfrie byggeplasser har blitt den nye normalen*. Hentet fra <https://www.energiaktuelt.no/-utslippsfrie-byggeplasser-har-bli- den-nye-normalen.6650628-575505.html>
- Enova. (2018). *Årsrapport 2017*.
- Enova. (2023). *Enovas virkemidler*. Hentet fra <https://2023.enova.no/virksomhet-og-hovedtall/virkemidler-for-morgendagens-norge>
- Enova. (2024). Programkriterier for Energi- og klimatiltak i landtransport.
- Enova. (u.d.). Programkriterier for Mobile ladestasjoner for elektriske anleggsmaskiner.
- Enova. (u.d.). Programkriterier for Pilotering av ny energi- og klimateknologi.
- Enova. (u.d.). Programkriterier for Utslippsfrie anleggsmaskiner.
- Finansdepartementet. (2021). *Rundskriv R-109 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser*.

- James, J., & Ebin, V. (2022). Modular Production Systems in Automobile Industry: A Conceptual Review. *International Journal of Mechanical and Industrial Technology*. Vol. 9, Issue 2, pp: (1-10), Month: October 2021 - March 2022.
- Kallitsis , E., Korre, A., & Kelsall , G. (2022). Life cycle assessment of recycling options for automotive Li-ion battery packs. *Journal of Cleaner Production* 371 (2022) 133636.
- Klima- og miljødepartementet. (2024). *Høring: Forslag om å gi kommunene hjemmel til å stille klimakrav til bygge- og anleggsplasser*. Høringsnummer 2024/6392.
- Klug, F. (2013). *How electric car manufacturing transforms automotive supply chains*. Conference: EUROMA European Operations Management Association ConferenceAt: DublinDepartment of Business Administration. Munich University of Applied Sciences, Germany.
- MGF. (2024). *Anleggsmaskiner Statistikk*. Maskingrossistenes Forening (MGF). Hentet fra <https://mgf.no/medlemssider/anleggsmaskingruppen/statistikk-anleggsmaskiner/>
- Miljødirektoratet. (2023). *Kunnskapsgrunnlag om barrierer og potensial for utslippskutt i bygge- og anleggsvirksomhet*. Miljødirektoratet rapport M-2538 | 2023. Utarbeidet av Miljødirektoratet, Statens vegvesen og Nye veier.
- Miljødirektoratet. (2024). *Klimakrav til bygge- og anleggsplasser. Utredning del 1*. Miljødirektoratet rapport M-2787 | 2024.
- NOU. (2009: 16). *Globale miljøutfordringer – norsk politikk. Hvordan bærekraftig utvikling og klima bedre kan ivaretas*. Finansdepartementet.
- NVE. (2023). *Langsiktig kraftsmarkedsanalyse 2023. Energiomstillingen - en balansegang*. NVE Rapport nr. 25/2023. Hentet fra <https://www.nve.no/energi/analyser-og-statistikk/langsiktig-kraftsmarkedsanalyse/langsiktig-kraftsmarkedsanalyse-2023/>
- Pandremenos, J., Paralikas, J., Salonitis, K., & Chryssolouris, G. (2009). Modularity concepts for the automotive industry: A critical review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology Volume 1, Issue 3, 2009, Pages 148-152*.
- Romare, M., & Dahllöf, L. (2017). *The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries*. Stockholm:: IVL Swedish Environmental Research Institute.
- Samferdselsdepartementet. (2021). *Handlingsplan for fossilfrie anleggsplasser innen transportsektoren*.
- Samferdselsdepartementet. (2024). *Meld. St. 14 (2023-24) Nasjonal transportplan 2025 – 2036*.
- Senter for statlig økonomistyring. (2007). *Veileder: Evaluering av statlige tilskuddsordninger*.
- Statkraft Varme. (2024). *Veileder - Fjernvarme til byggvarme og byggtørk*. Statkraft Varme AS. Hentet fra <https://www.statkraftvarme.no/globalassets/nocrawlingfolder/statkraftvarme/utbygging/veiledere/byggvarme-v1.4.pdf>
- Sweco. (2023). *Vad kostar ett elektrifierat vägprojekt?* Sweco 31-10-2023.

- Sweco. (2024). *Teknologi og markedskartlegging. Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.*
- Sweco. (2024b). *Dagens effektbehov på bygge- og anleggsplasser.* Hentet fra <https://www.klimaoslo.no/rapport/dagens-effektbehov-pa-bygge-og-anleggsplasser/>
- Vista Analyse. (2012). *Evaluering av endringer i kjøpsavgiften for nye biler fra 2006-2011.* Vista Analyse rapport 2012/42. Av Ingeborg Rasmussen og Steinar Strøm.
- Vista Analyse. (2015a). *Kostnads- og salgsutvikling: Elbiler kontra bensin/dieselbil.* Vista Analyse rapport 2015/11. Av Ingeborg Rasmussen og Tyra Ekhaugen.
- Vista Analyse. (2015b). *Utvikling og trender i nybilsalg og bilavgifter.* Vista Analyse rapport 2015/14. Av Ingeborg Rasmussen, Vivian A. Dyb, Oscar Haavardsholm og Steinar Strøm.
- Vista Analyse. (2020). *Kalkulasjonspris for CO2 og utslipp av CO2 i transportmodellene.* Vista Analyse rapport 2020/03. Av Michael Hoel, Audun Moss og Haakon Vennemo.
- Vista Analyse. (2022a). *Prisforutsetninger for energibærere i Enovas lønnsomhetsanalyser.* Vista Analyse Rapport 2022/38. Av Anne Maren Erlandsen, Andreas Hoel-Holt, Orvika Rosnes, Andreas Skulstad og Haakon Vennemo.
- Vista Analyse. (2022b). *Teknologiutvikling for energiomstilling.* Vista Analyse rapport 2022/47. Av Dag Morten Dalen og Steinar Strøm.
- Vista Analyse. (2023). *Hvorfor pilotere utslippsfrie løsninger på anleggsplasser?* Vista Analyse rapport 2023/9. Av Ingeborg Rasmussen, Leif Grandum og Martin Ørbeck.
- Wiik, M. K., Suul, J., Sundseth, K., Ødegård, A., Mellegård, S., Azrague, K., . . . Ianssen, C. (2018). *30 tonns utslippsfri gravemaskin. Teknologistatus, kartlegging og erfaringer.* SINTEF Fag 52. Hentet fra <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2578674>
- Wiik, M., Haukaas, N.-O., Ibsen, J., Lekanger, R., Thomassen, R., Sellier, D., . . . Suul, J. (2020). *Nullutslippsgravemaskin. Læringsutbytte fra elektrifisering av anleggsmaskiner.* SINTEF Fag 67. SINTEF Akademisk forlag. Hentet fra <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2657125>
- Wiik, M., Homaei, S., & Høyli, R. (2023). A mapping of electric construction machinery and electric construction sites in Norway. *Journal of Physics: Conference Series 2600 (2023) 042016.* doi:doi:10.1088/1742-6596/2600/4/042016
- Wirecut Nordic. (2024). *Boring.* Hentet fra <https://www.wirecutnordic.com/nb/services-view/boring/>
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World.* Harper Perennial (November 1990).
- World Bank Group. (2024, 09 22). *State and Trends of Carbon Pricing Dashboard.* Hentet fra <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/coverage>



Vista Analyse AS
Meltzers gate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
vista-analyse.no