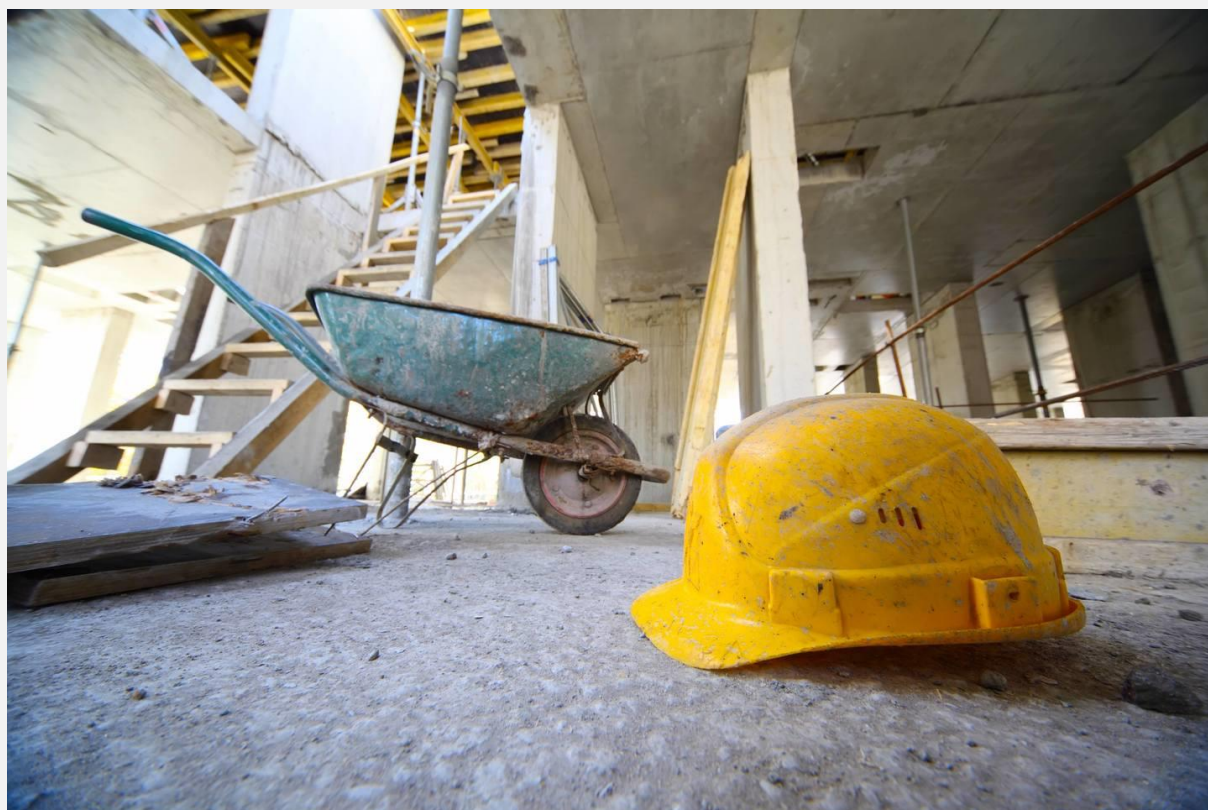


Hordaland Fylkeskommune

MULIGHETER FOR FOSSILFRIE BYGGE- OG ANLEGGSPLASSE I HORDALAND RAPPORT

Dato: 10.05.2019
Versjon: 01



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Hordaland Fylkeskommune
Tittel på rapport:	Muligheter for Fossilfrie bygge- og anleggsplasser i Hordaland
Oppdragsnavn:	HFK Fossilfri byggeplass
Oppdragsnummer:	620293-01
Skrevet av:	Mie Fuglseth, Sigrid Strand-Hanssen
Oppdragsleder:	Sigrid Strand-Hanssen
Tilgang:	Åpen

Sammendrag

Denne rapporten beskriver Asplan Viaks utredning av mulighetene for å kunne stille krav til fossilfrie og utslippsfrie løsninger på bygge- og anleggsplasser, på oppdrag fra Hordaland fylkeskommune.

Elektrisitet og fjernvarme representerer utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking. Biodiesel og pellets er fossilfrie alternativer til anleggsgdiesel. Alle disse løsningene er tilgjengelige over hele landet, og benytter velutprøvd teknologi. Konkurransedyktigheten for utslippsfrie løsninger henger først og fremst sammen med prisforskjellene mellom anleggsgdiesel og el/fjernvarme. Energiprisene varierer en del over året og hvor i landet man befinner seg, og svingningene er så store at det ikke er mulig å konkludere generelt om bruk av elektrisitet eller fjernvarme vil være lønnsomt, sammenliknet med diesel/propan. Pellets representerer et fossilfritt og økonomisk gunstig alternativ til diesel og propan for oppvarmings- og byggtørkeformål. Biodiesel kan benyttes som en fossilfri direkte erstatning for anleggsgdiesel, men gir en merkostnad.

Tilgangen på batterielektriske anleggsmaskiner er per i dag begrenset. Det er i hovedsak små maskiner som tilbys med ren batterielektrisk drift. For små maskiner kan man forvente en liten til moderat merkostnad. For maskiner av middels størrelse og oppover finnes det per i dag ikke hyllevareprodukter, og ombygging er eneste mulige løsning. Merkostnaden knyttet til valg av batterielektriske versjoner vil følgelig være høy. For de største maskinene, samt en del spesialmaskiner, finnes det ikke tilgjengelige batterielektriske modeller.

Markedet er i utvikling, men kan per i dag ikke tilfredsstille krav til 100% utslippsfrie byggeplasser. Offentlige oppdragsgivere har en viktig rolle å spille i introduksjonen av ny teknologi. Miljøkrav til byggeplass bør stilles slik at de sikrer et minstenivå av miljøprestasjon, for eksempel gjennom fossilfri byggeplass, men at de samtidig stimulerer til innovasjon og økt etterspørsel etter utslippsfrie løsninger.

Det må være en forståelse for at å ta i bruk ny teknologi innebærer en risiko for leverandørene, og at de må ha en sikkerhet enten i form av at de kan prise inn denne risikoen eller at dette er teknologi som også vil etterspørres videre fremover i markedet slik at det kan lønne seg å være i front i utviklingen. Evalueringer og etterprøving i prosjekter må gjennomføres når mye kan betraktes som piloter.

01	10.05.19	Rapport	MF, SSH	LB
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	SKREVET AV	KS

Forord

På oppdrag for Hordaland Fylkeskommune har Asplan Viak utredet muligheter for å stille krav til utslippsfrie og fossilfrie løsninger for. Utredningsarbeidet er utført av Mie Fuglseth og Sigrid Strand-Hanssen. Sigrid Strand-Hanssen har vært oppdragsleder hos Asplan Viak. Lars Bugge har kvalitetssikret rapporten. Kontaktperson i Hordaland Fylkeskommune har vært Karen Louise Nybø.

Sandvika, 05.04.2019

Sigrid Strand-Hanssen
Oppdragsleder

Lars Bugge
Kvalitetssikrer

Innhold

1. INNLEDNING	5
1.1. Bakgrunn og hensikt	5
1.2. Prosjektet.....	5
1.3. Begrepsavklaringer	5
1.3.1. Utslippsfri og fossilfri teknologi	5
1.4. Avgrensning	6
2. LØSNINGER FOR FOSSILFRI OG UTSLIPPSFRI BYGGEPLASS.....	8
2.1. Oppvarming og byggtørking	9
2.1.1. Biobrensler.....	9
2.1.1.1. Biodrivstoff.....	9
2.1.1.2. Pellets	10
2.1.2. Elektrisitet.....	10
2.1.3. Fjernvarme.....	10
2.1.3.1. Klimagassutslipp fra fjernvarmeproduksjon.....	11
2.1.4. Andre løsninger.....	11
2.1.5. Praktiske hensyn ved bruk av fossil- og utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking.....	12
2.1.6. Kostnader og marked.....	13
2.2. Anleggsmaskiner	17
2.2.1. Biodrivstoff	17
2.2.2. Elektriske anleggsmaskiner.....	18
2.2.2.1. Kabelelektriske anleggsmaskiner	19
2.2.2.2. Batterielektriske anleggsmaskiner.....	19
2.2.2.3. Hybridmaskiner	20
2.2.3. Praktiske hensyn ved bruk av batterielektriske anleggsmaskiner.....	20
2.2.4. Kostnader og marked for batterielektriske anleggsmaskiner.....	20
2.2.5. Hydrogen	25
2.3. Biodrivstoff	25
2.3.1. Ulike typer biodrivstoff	25
2.3.2. Klimaeffekt av biodrivstoff.....	26
2.3.3. Praktiske hensyn ved bruk av biodiesel.....	28
2.3.4. Kostnader.....	29
3. KOST- NYTTEVURDERING AV LØSNINGER FOR FOSSILFRI BYGGEPLASS	30
3.1. Metodikk og beregningsfaktorer	30
3.1.1. Utslippsfaktorer	30
3.1.2. Energipriser.....	31
3.1.3. Oppvarming og byggtørking	31
3.1.4. Elektriske anleggsmaskiner.....	32
3.2. Kost-/nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking.....	32
3.3. Kost-/nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie anleggsmaskiner	33
4. CASE: NYE BYGGETRINN FOR BYBANEN, BIODIESEL	35
4.1. Forutsetninger	35
4.2. Resultater.....	35

5. ANBEFALINGER TIL KRAVSTILLING	36
5.1.1. Overordnet strategi	36
5.1.2. Prekvalifisering.....	37
5.1.3. Tildeling.....	37
5.1.4. Spesifikasjon	38
5.1.5. Dokumentasjon.....	38
6. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	40
6.1. Oppvarming og byggtørking	41
6.2. Anleggsmaskiner	41
6.3. Konklusjoner spesifikt for Bergensområdet	42
6.4. Kravstilling.....	42
KILDER.....	43
VEDLEGG 1: UTSLIPPSFRIE ANLEGGSMASKINER TILGJENGELIG I DET NORSKE MARKEDET .	45
VEDLEGG 2: OPPSETT FOR RAPPORTERING AV BRUK AV ANLEGGSMASKINER OG DRIVSTOFFORBRUK I BYGGE- OG ANLEGGSPROSJEKTER.....	50

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn og hensikt

Ifølge SSB¹ var utslipp fra bygge- og anleggsvirksomheten 848 000 tonn CO₂-ekvivalenter i Norge i 2016 (dette omfatter ikke utslipp fra transport til og fra bygge- og anleggsplassen). I sin kartlegging av potensialet for å redusere utslipp fra norske byggeplasser, anslår DNV-GL at utslipp fra energibruk på byggeplasser i Norge er i størrelsesorden 340 000 tonn CO₂e. Det er ellers svært lite data som sier noe om forbruk på byggeplass og hvordan forbruket fordeler seg på ulike aktiviteter og energibærere. Dette bekreftes i rapport fra Miljødirektoratet om bruk av mineralolje til byggvarme på bygge og anleggsplasser [1]. Dette betyr i sin tur at det også foreligger begrenset med data knyttet til utslipp.

I Granavolden-plattformen heter det at den nye firepartiregjeringen vil "innlemme bruk av mineralolje til byggørking og byggvarme i forskrift om forbud mot bruk av mineralolje til oppvarming av bygninger. Forbudet innføres fra 2022, slik at bransjen gis tilstrekkelig tid til å innrette seg etter forbudet." Regjeringen ønsker også å «I samarbeid med bransjen, legge til rette for at bygge- og anleggsplasser skal være fossilfrie innen 2025. Det offentlige har et spesielt ansvar for at byggeplasser i offentlig regi går foran.» [2].

I Klimaplan for Hordaland 2014-2030 [3] er det fastsatt følgende mål for reduksjon av klimagassutslipp i Hordaland:

- 22 % reduksjon av utslipp innen 2020 (relativt til 1991-nivå)
- 40 % reduksjon av utslipp innen 2030 (relativt til 1991-nivå)

Dette tilsvarer en årlig reduksjon på 3,9 % frem til 2020, og deretter en årlig reduksjon på 2,6 % frem til 2030.

1.2. Prosjektet

Oppdragets formål er å se på mulighetene for å kunne stille krav til fossilfrie og utslippsfrie løsninger på bygge- og anleggsplasser for å redusere klimagassutslipp fra HFKs bygge- og anleggsprosjekter. Dette inkluderer kartlegging av:

- Tilgjengelighet for fossilfrie og utslippsfrie løsninger i dagens marked
- Merkostnad i dagens marked
- Forventet fremtidig markedsutvikling
- Anslått klimanytte (utslippsreduksjon sammenliknet med konvensjonell fossil teknologi)
- Kost- nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie løsninger

1.3. Begrepsavklaringer

Denne utredningen omfatter både bygge- og anleggsvirksomhet, og søker å belyse hvilke fossilfrie og utslippsfrie løsninger som er tilgjengelige for begge typer prosjekter. For enkelhets skyld vil vi imidlertid bruke begrepet «byggeplass» i betydningen «bygge- og anleggsplass» i denne rapporten.

1.3.1. Utslippsfri og fossilfri teknologi

Når man diskuterer utslipp fra bygg- og anleggsvirksomhet, er det vanligvis de *direkte* utslippene det er snakk om. Dette vil si utslipp som oppstår på samme sted som aktiviteten vi vurderer. Direkte

¹ Klimagasser fra norsk økonomisk aktivitet, etter næring, komponent, statistikkvariabel og år

utslipp på byggeplass vil typisk være utslipp fra forbrenning av diesel. Dette er bakgrunnen for begrepet utslippsfri byggeplass, og brukes i betydningen *lokalt utslippsfritt* innenfor området vi avgrenser til byggeplassen.

Dersom det er produsert fra fornybare kilder, (og ikke fra for eksempel fra reformering av naturgass), regnes hydrogen inn under utslippsfrie teknologier, fordi biproduktet i drift er vann.

Begrepet utslippsfri kan imidlertid være misvisende fordi det ikke synliggjør de indirekte utslippene som har funnet sted andre steder i verdikjeden. Dette vil for eksempel være utslipp knyttet til produksjon av elektrisitet eller fjernvarme. For å få et helhetlig bilde av miljøkonsekvensene ved ulike teknologier, bør derfor de direkte og indirekte utslippene ses i sammenheng.

Det finnes flere ordninger som oppfordrer til at prosjekter kan betegnes som *netto* utslippsnøytrale, dersom de legger opp til at prosjektet skal kompensere² for forårsakede utslipp i bygging og drift med fornybar energiproduksjon over levetiden. Slik netto utslippsnøytralitet må imidlertid ikke forveksles med utslippsfri slik det omtales her

Bioenergi regnes ofte regnes som klimanøytralt (se kapittel 2.1.1 for en utfyllende diskusjon av klimaeffekten av biodrivstoff), og inngår derfor i begrepet fossilfritt. Forbrenning av biobaserte energikilder vil likevel gi lokale luftutslipp, og betegnes derfor ikke som utslippsfritt.

Avgrensningen av fossilfri og utslippsfri, med eksempler på teknologier som faller inn under hvert begrep er illustrert i Figur 1:



Figur 1 Avgrensning av fossilfri og utslippsfri, med eksempler på teknologier innenfor hvert begrep

1.4. Avgrensning

Klimagassutslipp fra bygg- og anleggsprosjekter knytter seg både til aktivitetene på byggeplass og produksjon og transport av materialene som benyttes.

Denne utredningen er avgrenset til å omhandle klimagassutslipp fra aktivitetene på byggeplassen, det vil si «innenfor byggegjerdet» og omfatter kun oppvarming/byggtørking og anleggsmaskiner. Transport av byggematerialer/masser/avfall etc. inn og ut av byggeplassen er altså ikke medregnet.

² Fornybar energi produsert lokalt teller i denne sammenhengen som «negative utslipp» fordi energien mates ut på strømnettet og forutsettes å erstatte fossilt generert strøm.

Kartlegging av markedet er basert på en gjennomgang av eksisterende litteratur på emnet, samt intervjuer med utvalgte aktører i bransjen:

- MEF
- Løvås maskin
- Nasta
- Cramo
- Ramirent
- NorskBio
- Elbjørn

Vi har også benyttet informasjon fra tilsvarende intervjuer med bransjeaktører i tidligere prosjekt utført av Asplan Viak AS.

For å kunne vurdere potensialet for utslippsreduksjon ved enkelte tiltak var det planlagt å benytte utvalgte prosjekteksempler fra Hordaland fylkeskommune. Det viste seg imidlertid at det var svært vanskelig å skaffe tilstrekkelig underlagsdata for de fleste av disse, og vi har derfor kun sett på prosjektet nye byggetrinn for bybanen i Bergen. For dette prosjektet har vi sett på kostnad og utslippsreduksjon for bruk av biodiesel, sammenliknet med fossil anleggsdiesel.

2. LØSNINGER FOR FOSSILFRI OG UTSLIPPSFRI BYGGEPLASS

I sin kartlegging av klimagassutslipp fra en «typisk» norsk byggeplass, anslår DNV-GL [4] at klimagassutslippene fordeler seg som følger (tallgrunnlag angitt i Figur 2):

- Oppvarming 50 %
- Anleggsmaskiner 36 %
- Transport 13 %

Tabell 3-7 Forutsetninger, energibehov og utslipp for en «typisk» byggeplass

Forutsetninger			
Type bygg:	Boligblokk		
Areal:	10 000 m ²		
Takhøyde:	3m		
Oppvarming:	Aktiviteter som krever oppvarming gjennomføres jevnt gjennom året. Oppvarmingsbehovet tilsvarer 5/12 av maksimalt oppvarmingsbehov. Gjennomsnitt av høyt og lavt estimat er lagt til grunn. Ikke behov for fasadeoppvarming (lite benyttet de siste 10 årene) Se del 3.3		
Anleggsmaskiner:	Se del 3.4		
Transport:	Se del 3.5		
Aktivitet	Energibehov	CO ₂ e	NO _x
Oppvarming	1 450 MWh	340 tonn	3 220 kg
Anleggsmaskiner	280 MWh	240 tonn	3 730 kg
Transport	100 MWh	90 tonn	1 180 kg
TOTALT	1 830 MWh	670 tonn	8 130 kg

Figur 2 Utslipp fra en «typisk» norsk byggeplass, fordelt på oppvarming, anleggsmaskiner og transport. Kilde: DNV-GL

I dette kapitlet presenteres utslippsfrie og fossilfrie løsninger for oppvarming og byggtørking (kapittel 2.1), og bruk av anleggsmaskiner (kapittel 2.2). Kostnader og forventet markedsutvikling, samt relevante praktiske hensyn for de ulike typene løsninger er diskutert henholdsvis i kapittel 2.1.5 og 2.1.6 for oppvarming og byggtørking, og kapittel 2.2.3 og 2.2.4 for anleggsmaskiner.

Klimaeffekt ved bruk av biodrivstoff, inkludert kostnader og praktiske hensyn er diskutert i kapittel 2.3.

Som nevnt i kapittel 1.4, er transport til og fra byggeplass (av byggematerialer, masser, avfall etc.) ikke vurdert i denne utredningen. Det kan imidlertid nevnes at potensialet for å redusere utslipp fra disse aktivitetene er betydelig, gjennom bruk av for eksempel elektriske kjøretøy eller ved bruk av biodiesel.

I tillegg til å ta i bruk andre drivstoff og teknologiske løsninger, ligger det betydelig potensiale i å redusere utslipp fra bygg- og anleggsarbeid gjennom tiltak som gir forbedret planlegging og logistikk, bedre vedlikehold av maskiner, økokjøring og optimal organisering på byggeplass. Erfaring fra maskinleverandører tilsier at tiltak for optimalisering av driften kan redusere klimagassutslipp i anleggsprosjekter med rundt 10% [5]. Ettersom entreprenør har et eget incentiv for å gjøre slike tiltak i form av reduserte drivstoffkostnader, er dette ikke omtalt videre i denne rapporten.

I denne sammenhengen er det også relevant å påpeke at nyere anleggsmaskiner er mer effektive i drift, og kan forventes å forbruke ca. 25% mindre drivstoff, sammenliknet med forrige generasjons maskiner [6]. Dette faller imidlertid ikke inn under begrepene fossilfri eller utslippsfri, og omtales heller ikke videre.

2.1. Oppvarming og byggtørking

Valg av energikilder for oppvarming og byggtørking avhenger av ulike faktorer, blant annet:

- Geografisk plassering
- Grunnforhold
- Tilgjengelig infrastruktur og energikilder
- Byggets størrelse, type og funksjon
- Byggherrekrav
- Forslag fra utleieselskap
- Årstid og utetemperatur

Diesel og propan har vært de vanligste energikildene til midlertidig oppvarming og uttørking på byggeplasser over hele landet. Dette gjelder også i de større byene fordi dieselaggregater og propanbrennere er mobile og lett tilgjengelige. Elektrisitet og fjernvarme benyttes der det er mulig og de kan gi tilstrekkelig tilført effekt.

I følge en kartlegging utført av DNV-GL, står oppvarming for ca. 60% av CO₂-utslipp knyttet til energibruk på en «typisk» byggeplass [7], når transport til og fra byggeplassen ikke medregnes. For anleggsprosjekter er det vanligvis kun mindre behov for energi til midlertidig oppvarming/uttørking av konstruksjoner.

Oppvarming og uttørking på byggeplassen omfatter følgende aktiviteter:

- 1) oppvarming ved støping av dekke på byggeplassen (betongherding)
- 2) fasadeoppvarming
- 3) innvendig oppvarming

DNV-GL anslår at energibehov til betongherding og innvendig oppvarming på en typisk byggeplass i Norge fordeler seg som gitt i Tabell 1:

Tabell 1 Typisk energibehov i byggeprosjekter. Kilde: DNV-GL [8]

Varmeløsning	Effektbehov, kW	Brukstid, timer/år	Energibehov, kWh
Betongherding	600 W/ m ²	120	70 kWh/m ² år
Vannbåren			
Luftbåren			
Innvendig arbeid bygg	168 W/m ²	1 640	275 kWh/m ² år

Energi til innvendig oppvarming og tørking, betongherding, fasadeoppvarming og tining/frostsikring dekkes som regel med bruk av fossile kilder. I forbindelse med innvendig oppvarming benyttes også elektrisitet og fjernvarme i betydelig grad, samt pellets og biobrensel i noe grad.

Oppvarmingsbehovet er i stor grad styrt av utetemperaturen, og behov for oppvarming på byggeplass er i hovedsak begrenset til perioden fra november til og med mars. I øvrige deler av året er oppvarmingsbehovet begrenset, og dekkes ofte med elektrisitet.

Fossilfrie og utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking er tilgjengelig på det norske markedet per i dag for alle tre aktiviteter spesifisert over. I det følgende presenteres de ulike løsningene, per energibærer.

2.1.1. Biobrensler

2.1.1.1. Biodrivstoff

Biodiesel kan erstatte fossil diesel direkte og er dermed en attraktiv løsning fordi man slipper å bytte ut eksisterende utstyr. For en mer dyptgående diskusjon av biodiesel, se kapittel 2.3. Biogass kan i

prinsippet også benyttes som erstatning for propan på bygge- og anleggsplasser, men det er lite utbredt, og omtales derfor ikke videre i denne rapporten.

2.1.1.2. Pellets

Til oppvarming og tørkeprosesser i bygg har pellets produsert av biomasse blitt mer aktuelt som et fossilfritt alternativ. Pellets kan benyttes til å dekke energibehov på byggeplass på samme måte som diesel/propan i varmevifter, eller i et nærvarmeanlegg. Det sistnevnte er mer omfattende, og krever mer utstyr enn det førstnevnte.

Pelletskjel kan være et alternativ eller også supplement til fjernvarme for oppvarming og uttørking på byggeplass. NorskBio leverer vannbårne og luftbårne løsninger for oppvarming og byggtørking³. Vannbårne løsninger (om lag 500 kW) benyttes for større bygg, mens mindre, luftbårne løsninger på 100-150 kW egner seg bedre for oppvarming av mindre bygg, punktvarme og betongtørking. Disse kan f.eks. enkelt erstatte kokoverk (mobile forbrenningsenheter for diesel/propan). De luftbårne anleggene kommer gjerne i 10 fots containere og kan enkelt flyttes. Virkningsgrad i et pelletsfyrt anlegg vil være tilnærmet likt som for en kjel fyrt med diesel eller fyringsolje, rundt 85%.

Pellets som brensel lages enten av tømmer eller av biprodukter fra treindustri, først og fremst tørre fraksjoner som spon og flis.

2.1.2. Elektrisitet

Elektriske varmevifter kan benyttes til oppvarming og byggtørking. Byggeplassen kan knyttes til distribusjonsnettet via et midlertidig anlegg som muliggjør uttak av strøm fra netteier i byggeperioden. Elektriske varmeeenheter vil som regel ha høyere virkningsgrad enn kokoverk, men gir lavere temperaturøkning. Elektriske enheter er som regel mindre enn dieseldrevne, og kan plasseres inne i bygget.

2.1.3. Fjernvarme

Oppvarming basert på fjernvarme krever nærhet til fjernvarmenett og at en type abonnentsentral er installert. Dersom et bygg i driftsfasen skal benytte fjernvarme til oppvarming, er det vanlig at fjernvarmetilknytning skjer i etterkant av byggingen. Imidlertid er det fullt mulig å koble bygget på fjernvarmenettet tidligere, slik at fjernvarmen kan benyttes allerede i byggeprosessen. Dette kan gjennomføres ved bruk av byggets fremtidige permanente anlegg eller ved tilkobling av midlertidige tilkoblingsenheter.. Midlertidige abonnentsentraler leveres av blant andre Cramo, UCO, Elbjørn, Naboen og Heatworks. Slike midlertidige sentraler trenger ikke å stå i teknisk rom og er derfor ikke avhengig av at dette er ferdig. Derfor kan de tas i bruk mye tidligere enn å vente på en mer permanent tilknytning. Bruk av en permanent abonnentsentral før byggets ferdigstilling kan i noen tilfeller kan påvirke garantiperioden på utstyret, slik at dette vurderes og evalueres før løsningen iverksettes [9].

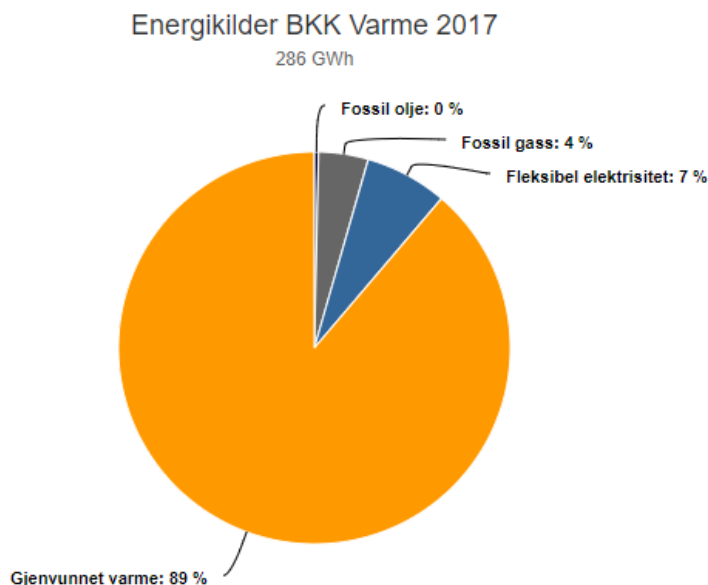
Et argument mot bruk av fjernvarme på byggeplass er mindre fleksibilitet i plassering av varmekilder. Dette kan løses ved å benytte mobile midlertidige enheter. Ved bruk av fjernvarme på byggeplass er det viktig at teknisk rom plasseres så nært varmerørene som mulig og at rør og slanger plasseres slik at uønsket driftsstans som følge av skade/lekkasje eller flytting hindres.

Eksempler på større prosjekter der fjernvarme benyttes i byggefasen er Bispevika, det første prosjektet i Norge der betongstøp gjøres med fjernvarme, og boligprosjektet Skir i Tromsø.

³ <https://www.norskbio.com/produkter/byggvarme-og-byggtorke/luftbaren-losning/>

2.1.3.1. Klimagassutslipp fra fjernvarmeproduksjon

Klimakonsekvensen av å fra å erstatte fossile energikilder med fjernvarme avhenger av hvordan fjernvarmen produseres. For BKK i Bergen er sammensetningen av energikilder som vist i Figur 3. Tall er hentet fra fjernkontrollen.no⁴, og er representative for 2017.



Figur 3 Sammensetning av energikilder for fjernvarme fra BKK, i 2017.

Hoveddelen av energien i BKKs fjernvarmemix kommer fra avfallsforbrenning (betegnet som gjenvunnet varme i figuren). Norsk standard for klimagassberegninger for bygg, NS 3720 [10] angir at utslipp fra avfallsforbrenning skal allokere til avfallsprodusent – dvs. at utslipp settes til null i fjernvarmemixen. For BKK vil dette gi klimagassutslipp fra fjernvarme på ca. 10 g/CO₂-e.

Norsk husholdningsavfall består i snitt av 50% fossilt materiale, dersom utslipp fra dette medregnes, slik angitt av Lien (2013), bør en utslippsfaktor fra avfallsforbrenning på 211 g CO₂-e/kWh benyttes. Dette gir et beregnet utslipp fra BKKs fjernvarmemix på ca. 197 g CO₂-e/kWh. I kost-/nytteberegningene for fjernvarme presentert i denne rapporten er resultater med begge utslippsfaktorer presentert, for å understreke at utslipp fra avfallsforbrenning kan vurderes på ulike måter.

2.1.4. Andre løsninger

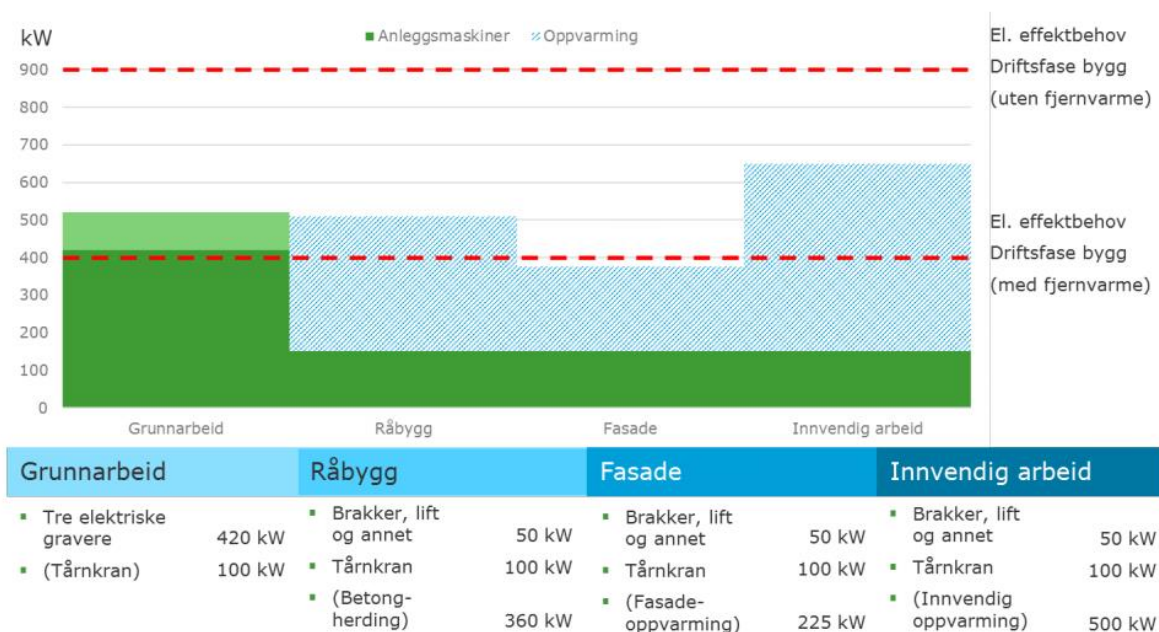
Varmepumpe kan benyttes til å dekke oppvarmingsbehov på byggeplass. I byggingen av Lia barnehage ble energiløsningen for bygget med energibrønner og varmepumpe tatt i bruk allerede i byggeperioden for å levere energi til byggtørking [11]. Luft-til-luft-varmepumpe eller luft-til-vann-varmepumpe kan benyttes til å dekke oppvarming i byggeperioden, spesielt dersom dette er energiløsninger som er planlagt brukt når bygget er i drift.

Solceller kan brukes til å dekke deler av strømbehovet på byggeplass. For eksempel kan solcellepaneler installeres på taket av brakkerigg, slik at riggen i noen grad blir selvforsynt med strøm. Rehabiliteringen av Tåsen seniorhus var landets første byggeprosjekt hvor anleggsmaskiner ble drevet med på strøm fra lokal solcelleproduksjon. Her ble de eksisterende 400m² solcellepaneler på taket av bygget til å dekke energibehov til lys og utstyr. Totalt leverte anlegget 5000 kWh, som tilsvarte ca. 4.5 måneders forbruk på byggeplassen [12].

⁴ <https://www.fjernkontrollen.no/bkk-varme/>

2.1.5. Praktiske hensyn ved bruk av fossil- og utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking

Tilgang på byggestrøm er en av de viktigste barrierene mot bruk av elektrisitet til å dekke energibehovet på byggeplass. Muligheten for bruk av elektrisitet kan begrenses av tilgjengelig effekt i nettet. DNV-GL påpeker i sin «Veileder for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger på byggeplassen» [9] at effektbehovet til oppvarming og uttørking på byggeplassen som regel ikke vil overstige det endelige effektbehovet til bygget, og det er dermed i utgangspunktet ikke kapasitetsutfordringer.



Figur 4 Effektbehov i byggeperioden og installert effekt i driftsfasen for et byggeprosjekt. Kilde: DNV-GL

Figur 4 illustrerer at effektbehovet på byggeplass for det meste ligger under effektbehovet til det ferdige bygget, med unntak i perioden med grunnarbeid. Her ligger effektbehovet noe over det elektriske effektbehovet i driftsfasen, dersom bygget benytter fjernvarme til oppvarming. Ifølge DNV-GLs kartlegging skyldes dette effekttopper der maksimal motoreffekt for mange større anleggsmaskiner utnyttes samtidig, noe som kan unngås gjennom effektstyring på byggeplassen.

Dersom det ikke er tilstrekkelig kapasitet i nettet, vil elektrifisering av byggeplassen kreve større kabler og trafoer, noe som kan være både svært kostbart og krevende. Derfor er det viktig med tidlig kontakt mellom entreprenør og nettselskap/fjernvarmeselskap for avklaring av effektbehov og etablering av infrastruktur. Hafslund Nett oppfordrer på sine nettsider til å ta kontakt tidlig i planleggingsfasen for å tilrettelegge for elektrisk bygg- og anleggsdrift⁵. Flere av prosjektene i en erfaringskartlegging fra prosjekter i Osloområdet [13] opplyste at de ville ha benyttet seg av flere ikke-fossile løsninger i anleggsfase, hvis det hadde blitt lagt til rette for tilstrekkelig byggestrøm.

Dersom man planlegger tidlig og riktig, kan det være mulig å benytte samme energiløsning som for det ferdige bygget også på byggeplass. Dette fordrer også at man kartlegger energibehov i drift og effektbehov i byggeperioden tidlig.

Dersom man planlegger tidlig og riktig, kan det være mulig å benytte samme energiløsning som for det ferdige bygget også på byggeplass. Dette fordrer også at man kartlegger energi- og effektbehov i drift og effektbehov for byggefasen i byggeperioden tidlig. Erfaringer fra Oslo kommune viser

⁵ <https://www.hafslund.no/artikler/miljø-og-samfunnsansvar/utslippsfrie-byggeplasser/4NZcDMX972UOEaeWiswmm>

at dersom man utfører legger betonggrunnarbeider i sommerhalvåret til deler av året man ikke behøver tilførsel av energi for å herde betongen (vår/sommer/tidlig høst), reduseres behovet for byggtørking og oppvarming betraktelig. Dette vil spare mye energi og kostnader [14].

For bruk av elektrisitet eller fjernvarme i byggefasen, må infrastruktur etableres på et tidligere tidspunkt enn vanlig. Derfor er det viktig med tidlig kontakt mellom entreprenør og nettselskap/fjernvarmeselskap for avklaring av effektbehov og etablering av infrastruktur. Hafslund Nett oppfordrer på sine nettsider til å ta kontakt tidlig i planleggingsfasen for å tilrettelegge for elektrisk bygg- og anleggsdrift⁶. Funn fra en erfaringskartlegging fra prosjekter i Oslo-området tyder på at god og tidlig planlegging er en viktig forutsetning, og at forbedringspotensialet her er stort. Flere av prosjektene i kartleggingen opplyste at de ville ha benyttet seg av flere ikke-fossile løsninger i anleggsfase, hvis det hadde blitt lagt til rette for tilstrekkelig byggestrøm.

Løsninger med elektrisitet eller fjernvarme har bedre evne til å spre varme via termostat plassert i hvert enkelt rom, enn tilsvarende dieselløsninger. Et anlegg uten termostatstyring er kan ha et inntil 3 ganger høyere energiforbruk enn et anlegg med termostater[15]. Mobile varmeaggregater drevet med strøm eller fjernvarme kan også gi mindre driftsproblemer enn dieselaggregater [16].

Utetemperatur har stor betydning for valg av energiløsning på byggeplass. Dieseldrevne varmeaggregater gir rask temperaturøkning , og er en viktig årsak til at betongherding og fasadeoppvarming hittil har vært dieseldominert [15].

For fjernvarmesystemer er frost en utfordring. For å ha systemer som fungerer i lave temperaturforhold kan man benytte glykol. Også løsninger der den energiprodukerende enheten er plassert innendørs bidrar til å avhjelpe frostproblemer.

Fordi det som regel vil benyttes flere mindre enheter utstyr med termostat, gir løsninger med elektrisitet eller fjernvarme bedre mulighet til å styre energibruk til oppvarming i bygg under oppføring enn tilsvarende dieselløsninger. De er dessuten enklere å tilpasse og flytte på. Et anlegg uten termostater kan ha et inntil 3 ganger høyere energiforbruk enn et anlegg med termostater [15]. Mobile varmeaggregater drevet med strøm eller fjernvarme kan også gi mindre driftsproblemer enn dieselaggregater [16].

Fra intervjuer med bransjeaktører, samt eksisterende litteratur, synes manglende erfaring og kunnskap også å være en viktig årsak til at fjernvarme hittil har blitt benyttet i mindre grad enn diesel/propan til oppvarming og byggtørking [9][16]. At de som allerede har kjøpt inn dieseldrevet utstyr ønsker å benytte dette skaper naturligvis også en viss treghet i overgang til andre løsninger. At utleiefirmaer også er leverandører av drivstoff gir dem dessuten et dobbelt insentiv for å leie ut konvensjonelle løsninger[15].

2.1.6. Kostnader og marked

UCO har anslått følgende markedsandeler for energikilder til byggvarme i Oslo, Bergen og Trondheim [1]:

Energikilde	Markedsandel
Gass/propan	30 %
Diesel	40 %
Fjernvarme	10 %
Annet (pellets, jordvarme, biodrivstoff)	5 %

⁶ <https://www.hafslund.no/artikler/miljo-og-samfunnsansvar/utslippsfrie-byggeplasser/4NZcDMX972UOEaeWiswmm>

På innspillmøte til Miljødirektoratets utredning om bruk av mineralolje til byggvarme på bygg- og anleggsplasser i 2017 [1] opplyste flere av utleieselskapene at det i store byggeprosjekter i de største byene benyttes mer og mer fjernvarme.

Forbruket av biodiesel øker også i bynære strøk, der mange utbyggere er bevisst utfordringer knyttet til klimagassutslipp. I mindre byggeprosjekter i distriktene benyttes i større grad entreprenørens eget utstyr for oppvarming, som ofte består av eldre dieselfyrte varmeaggregater eller propanbrennere [1]. Ønske om å bruke allerede innkjøpt fossilt utstyr ble bekreftet som en barriere mot økt bruk av nullutslippsteknologi i intervjuene med bransjeaktører gjennomført i forbindelse med denne utredningen. Ifølge Miljødirektoratet ser imidlertid type bygg, størrelse på byggeprosjektet, materialvalg, sesong, tilgjengelighet, pris og eventuell kravstilling fra byggherre ut til å ha større betydning for valget av energiløsning enn hvor i landet bygget skal settes opp [1].

Kostnader til energibruk på byggeplass består av:

- Innkjøpskostnad/leiekostnad for utstyr
- Energikostnad
- Kostnader knyttet til etablering av energiinfrastruktur

Utstyr til varmfordeling vil ha tilnærmet samme pris, uavhengig av hvilken energikilde som benyttes (diesel/propan/fjernvarme/pellets). Eventuelle variasjoner i kostnader knyttet til utstyr vil uansett være små, sammenliknet med selve energikostnaden [16]. Energikostnader har derfor stor betydning for merkostnaden ved å velge en type løsning fremfor en annen. Basert på informasjon innhentet i forbindelse med denne utredningen, fremgår det at energiprisene varierer mye relativt til hverandre, spesielt for diesel og elektrisitet. Prisene for el og diesel varierer i tillegg mye i løpet av året, og også hvor i landet man befinner seg.

En sammenlikning av historiske priser for diesel solgt i Norge fra SSB⁷ og CircleK⁸ gir følgende oversikt over årlig gjennomsnittspris per kWh:

Tabell 2 Gjennomsnittlig pris for anleggsgjeldende diesel for siste 5 år, etter statistikk fra SSB og CircleK

År	Gjennomsnittspris per år (øre/kWh, ekskl. mva.)	
	SSB	CircleK
2014	93	94
2015	89	86
2016	83	78
2017	97	87
2018	111	100

Statistikk over strømpriser for samme tidsperiode fra SSB⁹, med tillegg for elavgift og nettleie¹⁰, gir følgende oversikt:

⁷ <https://www.ssb.no/statbank/table/09654>, regnet om fra avgiftspliktig diesel til avgiftsfri anleggsgjeldende diesel ved å trekke fra gjeldende veibruksavgiften i hvert år

⁸ https://m.circlek.no/no_NO/pg1334077141831/business/milesDrivstoffbedrift/Priser/HistoriskepriserDiesellevert.html

⁹ <https://www.ssb.no/statbank/table/09364>, avtaler tilknyttet elspotprisen, tjenesteytende næringer

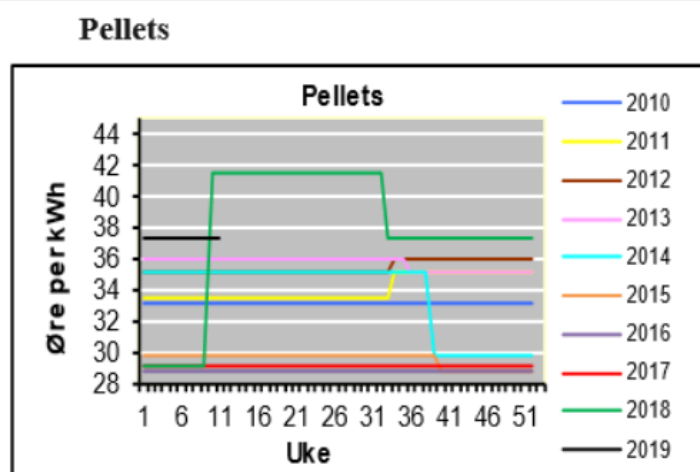
¹⁰ <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/nettleiestatistikk/nettleiestatistikk-for-naeringskunder/>, landsgjennomsnitt per år for næringskunder

Tabell 3 Gjennomsnittlig strømpris for siste 5 år, basert på statistikk fra SSB

År	Gjennomsnittlig strømpris, inkl. nettleie og forbruksavgift, eksk. mva. (øre/kWh)
2014	68
2015	64
2016	72
2017	75
2018	90

Vederlag for fjernvarme består av tilknytningsavgift (engangsavgift), fast årlig avgift og pris for bruk av varme. Gitt at man befinner seg i et område med fjernvarmekonsesjon, skal prisen på fjernvarme, ifølge energiloven¹¹, ligge under strømprisen i det gjeldende området – vanligvis rundt 10-20% lavere. Ifølge erfaringer fra Cramo, vil oppvarming med fjernvarme som regel lønne seg, sammenliknet med diesel/propan, forutsatt at fjernvarmeinfrastruktur er etablert i området [16].

Pellets har hittil ligget en del lavere i pris per kWh enn anleggsdiesel. En oversikt over historiske priser for pellets fra Energirapporten [17], indikerer et spenn i brenselpris over de siste 5 år fra 29 til 44 øre/kWh:



Figur 5 Historisk prisoversikt for bulkleveranser av pellets. Kilde: Energirapporten, Årgang 16, nr 10 - 2019

Kostnadene for en pelletsbasert varmeløsning er satt sammen av kostnader for brensel pluss drift (pellets) og kostnader for kjelanlegg, silo, m.m. Kostnaden pr levert kWh vil henge sammen med utnyttelsen av utstyret man leier inn. NorskBio opplyser at de erfaringsmessig ligger noe under el-kostnad, i størrelsesorden 10%.

Ettersom bruk av pellets forutsetter omtrent tilsvarende utstyr som diesel, og dermed forventes ikke ha vesentlig høyere kostnader knyttet til utstyr eller infrastruktur, kan pellets forutsettes å gi en kostnadsbesparelse [16].

I sin kartlegging av energikostnader ved overgang til fossil- og utslippsfrie løsninger for oppvarming på norske byggeplasser anslår DNV-GL en merkostnad i drift på rundt 16 MNOK [7]. Dette estimatet

¹¹ https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50#KAPITTEL_5

representerer en løsning der det benyttes 50/50 fjernvarme og elektrisitet til innvendig oppvarming, og 50/50 pellets og elektrisitet til betongherding og fasadeoppvarming, se Tabell 4.

Tabell 4 Oversikt over energikostnader for ulike energibærere og beregnet merkostnad ved bruk av fossil- og utslippsfri oppvarming. Kilde: DNV-GL

Energikostnader				
Propan	70 øre/kWh			
Diesel (avgiftsfri)	85 øre/kWh			
Fjernvarme	85 øre/kWh			
Elektrisitet	90 øre/kWh			
Biodiesel	115 øre/kWh			
Pellets	75 øre/kWh			
Aktivitet	Totalt energibehov	Gjennomsnittlig pris i dag	Gjennomsnittlig pris med tiltak	Merkostnad
Innvendig oppvarming	197 GWh	82 øre/kWh	88 øre/kWh	12 MNOK
Betongherding på plass	49 GWh	78 øre/kWh	83 øre/kWh	2,4 MNOK
Betongherding fugestøp	18 GWh	78 øre/kWh	83 øre/kWh	0,9 MNOK
Fasadeoppvarming	3 GWh	78 øre/kWh	83 øre/kWh	0,2 MNOK
TOTALT	267 GWh	-	-	16 MNOK

For å illustrere hvordan variasjon i energipriser påvirker slike beregninger, er samme regnestykke satt opp med energipriser fra historikkene beskrevet over (for året 2017, ettersom dette er året rapporten ble utarbeidet). Pris for propan er medianverdi for året 2017 fra Energirapporten, pris for HVO100 er solgt gjennomsnittspris i 2017 fra CircleK¹², og både pellets og fjernvarme er forutsatt å ligge 10% under strømprisen. Beregningen er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Beregning av merkostnad ved overgang fra fossile til ikke-fossile energikilder på byggeplass, basert på beregning fra DNV-GL, med endrede energipriser

Energikostnader				
Propan	47			
Anleggsdiesel	87			
Fjernvarme	68			
Elektrisitet	75			
Biodiesel	135			
Pellets	68			
Aktivitet	Totalt energibehov (GWh)	Gjennomsnittlig pris i dag	Gjennomsnittlig pris med tiltak	Merkostnad
Innvendig oppvarming	197 GWh	69 øre/kWh	71 øre/kWh	4 MNOK
Betongherding på plass	49 GWh	67 øre/kWh	71 øre/kWh	2 MNOK
Betongherding fugestøp	18 GWh	67 øre/kWh	71 øre/kWh	1 MNOK
Fasadeoppvarming	3 GWh	67 øre/kWh	71 øre/kWh	0 MNOK
TOTALT	267 GWh			7 MNOK

Med energiprisene lagt til grunn her, gir samme regnestykke en merkostnad på 7 MNOK, i stedet for 16 MNOK.

Siden energipriser svinger over tid, og fordi konkurranseforholdet mellom fossil- og fornybar energi også varierer, er det ikke enkelt å finne et vedvarende kostnadsmønster som peker i noen spesiell retning. Det er med andre ord utfordrende å si noe generelt om merkostnad ved bruk av strøm på byggeplass, sammenliknet med anleggsdiesel. Denne typen beregninger vil alltid representere et øyeblikksbilde, og bør ikke brukes som grunnlag for generelle anbefalinger. Merk at energiprisene

¹²https://m.circlek.no/no_NO/pg1334077141831/business/milesDrivstoffbedrift/Priser/HistoriskepriserDiesellevert.html

benyttet her også er gjennomsnittsverdier på landsbasis, og samme regnestykke vil derfor kunne gi ulike svar avhengig av hvor i landet man befinner seg.

I regnestykkene over er det ikke korrigert for ulik systemvirkningsgrad for de ulike energibærerne. Dette er en vesentlig faktor har stor betydning for energibehovet, og dermed også energikostnaden. Gitt systemgrensen forklart i kap 1.4, vil systemer basert på elektrisitet eller fjernvarme gjennomgående ha en høyere virkningsgrad enn systemer basert på diesel/propan/pellets.

I tillegg vil energibruken til oppvarming av et bygg under oppføring kunne styres mer effektivt med løsninger basert på el/fjernvarme, fordi slike løsninger benytter flere mindre enheter som kan styres med hver sin termostat. Tradisjonelle dieseldrevne systemer benytter også termostat, men som følge av at den varmeprodukerende enheten må plasseres utenfor selve bygget, er styringen ikke like effektiv [15].

Dersom energiinfrastrukturen som benyttes på byggeplass også kan benyttes av det ferdige bygget, vil det ofte kunne bidra til å øke konkurranseevnen til el og fjernvarme. Fremføring av rør for fjernvarme til oppvarming og uttørking vil for eksempel ikke føre til noen merkostnad, ettersom disse vil brukes til å forsyne det ferdige bygget med varme og riggekostnadene for varmeanlegg er tilsvarende som for andre energikilder. Dersom effektbehovet i byggeperioden overstiger effektbehovet til bygget i drift kan det innebære uforholdsmessig høye merkostnader å etablere nødvendig midlertidig infrastruktur. Men, som nevnt i foregående delkapittel, vil dette vanligvis ikke være tilfelle.

Dersom fjernvarme skal benyttes til å levere energi i drift for et bygg, tilbyr enkelte fjernvarmeleverandører avtaler der man betaler kun energitariff (dvs. ikke anleggsbidrag, etableringsgebyr eller effektavgift) for energibruk frem til det permanente varmedistribusjonssystemet i bygget tas i bruk [18]. Anleggsbidrag for elektrisitet kan kreves dersom nettselskapet må investere for å gjennomføre tilknytning. Kostnader utenom dette er ikke anleggsbidrag, men kreves fullt ut betalt av den som har behovet [14].

2.2. Anleggsmaskiner

Anleggsmaskiner står for ca. 40% av CO₂-utslipp knyttet til energibruk på en typisk byggeplass [7], når transport til og fra byggeplassen ikke medregnes.

På bygg- og anleggsplassene brukes et bredt spekter av anleggsmaskiner, med ulike krav til mobilitet og ulike effektbehov. For anleggsprosjekter vil som regel bruk av gravemaskiner, hjullastere og dumpere stå for mer enn 80% av CO₂-utslippene på anleggsplassen [5]. På bygg- og anleggsplassene brukes et bredt spekter av anleggsmaskiner, med ulike krav til mobilitet og ulike effektbehov. For anleggsprosjekter vil som regel bruk av gravemaskiner, hjullastere og dumpere stå for mer enn 80% av CO₂-utslippene på anleggsplassen [5].

Anleggsmaskiner har en antatt levetid på 7- 8 år i snitt [5]. En relativt høy utskiftingstakt betyr at det er stort potensial for utskifting i maskinparken på kort til mellomlang sikt, og at miljøvennlig utstyr kan komme relativt raskt i bruk.

2.2.1. Biodrivstoff

For å bruke bioetanol i maskiner og kjøretøy må de som regel bygges om. ASKO har gjort dette for sine distribusjonsbiler og har nærmere 40 tyngre kjøretøy som går på bioetanol¹³ (ASKO benytter for øvrig også biogass som drivstoff). Dersom biogass oppgraderes til drivstoffkvalitet, kan den også benyttes i gassdrevne kjøretøy og maskiner (dette vil imidlertid i mange tilfeller kreve ombygging).

De fleste anleggsmaskiner kan i dag benytte ren biodiesel av typen HVO [5]. Imidlertid er det enkelte maskinkategorier hvor det fremstår utfordrende å finne maskiner som er sertifisert for bruk av HVO –

¹³ <https://asko.no/om-oss/fokus-pa-miljo/biodrivstoff/>

dette gjelder i hovedsak borerigg og mobilkraner [13]. Det kan dessuten være utfordringer knyttet til hvorvidt garantier gjelder for bruk av biodiesel. I en studentoppgave utført ved Universitetet i Agder i 2018 presenteres det en oversikt over motorprodusenter som godkjenner bruk av HVO. De fleste anleggsmaskiner kan i dag benytte ren biodiesel av typen HVO [5]. Imidlertid er det enkelte maskinkategorier, bl.a. borerigg og mobilkraner, hvor det kan være utfordrende å finne maskiner som er sertifisert for bruk av HVO – dette gjelder i hovedsak borerigg og mobilkraner [13]. Det kan dessuten være utfordringer knyttet til hvorvidt garantier gjelder for bruk av biodiesel. I en studentoppgave utført ved Universitetet i Agder i 2018 presenteres det en oversikt over motorprodusenter som godkjenner bruk av HVO:

Tabell 6 Oversikt over produsenter av motorer til anleggsmaskiner, mht. hvorvidt de tillater bruk av HVO. Kilde: Universitetet i Agder.

Produsent	Tillater bruk av HVO (EN 15940)	Ikke åpnet for bruk av HVO (EN 15940)
Catepillar	✓*	
Kubata		✓
Volvo	✓	
Komatsu	✓	
Scania	✓	
Mercedes	✓	
Bomag		✓
Massey Ferguson	✓	
Bobcat		✓
John Deere	✓	
JCB		✓
Hitachi		✓
* Catepillar tillater bruk av HVO (EN 15940) på alle motorer produsert de siste 20 år		

Ettersom det kan være tilleggsarbeid med å få tak i maskiner som er godkjent for biodiesel, er det viktig at dette planlegges tidlig, slik at man unngår forsinkelser i prosjektet (eller at risiko for forsinkelse fører til at krav om biodiesel ikke oppfylles).

Det har også vært hevdet at HVO har dårligere smøreeffekt enn fossil diesel, og at bruk av HVO derfor fører til økt behov for service på maskinene [13]. Basert på intervjuer med bransjeaktører og eksisterende litteratur, foreligger det ikke nok informasjon til å bekrefte eller avkrefte denne påstanden. En konklusjon kan imidlertid være at manglende kunnskap om praktisk bruk av biodiesel i anleggsmaskiner i seg selv er en barriere for bruk.

2.2.2. Elektriske anleggsmaskiner

Anleggsmaskiner med elektrisk drift omfatter følgende kategorier:

- **Ren kabelelektrisk:** Maskiner som er koblet til strømmettet direkte med kabel (også kalt plug-in elektrisk)
- **Ren batterielektrisk:** Maskiner med ren batterielektrisk drift
- **Plug-in batterielektrisk:** Kombinasjon av elektrisk drift med kabel og batteri
- **Brenselcelle batterielektrisk:** Kombinasjon av elektrisk drift med batteri og brenselcelle (hydrogen)
- **Plug-in brenselcelle batterielektrisk:** Maskiner med elektrisk drift via kabel og batteri i kombinasjon med brenselcelle (hydrogen)

En oversikt elektriske og hybride anleggsmaskiner (med hovedvekt på batterielektrisk drift) som er tilgjengelig på det norske markedet er gitt i Vedlegg 1.

2.2.2.1. Kabelelektriske anleggsmaskiner

Maskiner som er pluggert inn (direkte koplet til strømmettet) har den store fordel at de kan kjøres kontinuerlig, men mobiliteten begrenses av at man må trekke en kabel etter maskinen. Dette vil gjøre maskinen mindre brukbar til annet enn stasjonære operasjoner som for eksempel lossing/lasting, eller bearbeiding. Maskiner som brukes på et lite, avgrenset område på byggeplassen (for eksempel kraner) vil elektriske alternativer med strømforsyning fra kabel kunne være et fullgodt alternativ til fossil drift.

Kabeldrift er allerede vanlig for mange typer utstyr som brukes til stasjonære oppgaver. For eksempel går de fleste tårnkraner og mange mindre maskiner på strøm. Det er vanlig å benytte kabelelektriske anleggsmaskiner ved bygging av tunneler, i gruver og fjellanlegg. For en del typer maskiner med kabelelektrisk drift har dette dessuten vært standard praksis i en årrekke, som følge av HMS-hensyn og driftskostnader, og ikke av hensyn til klimagassutslipp.

2.2.2.2. Batterielektriske anleggsmaskiner

For mindre maskiner der det stilles større krav til mobilitet vil batteridrift kunne være aktuelt. Mindre anleggsmaskiner kan defineres som maskiner med motoreffekt lavere enn 37kW. Denne gruppen inkluderer flere tradisjonelt fossildrevne maskiner slik som mini hjullaster, mini gravemaskiner, boremaskiner, asfalspredere, vibroplater, gressklippere og motorsager [9]. For større anleggsmaskiner med krav til mobilitet og stor effekt er dagens batteriløsninger lite egnet. Tilgangen på større batterielektriske anleggsmaskiner er imidlertid svært begrenset i dagens marked, og er ikke å anse som hyllevare [7].

Små batterielektriske anleggsmaskiner er relativt vanlige i mindre byggeprosjekter og rehabiliteringsprosjekter. Erfaringer fra prosjektet Jordal Amfi er at mindre elektriske anleggsmaskiner fortsatt har noe høyere innkjøpskostnad enn dieseldrevne, men at disse må bestilles på forhånd, og ikke er lagervare [19].

I MEFs medlemsundersøkelse fra 2018 oppga kun 5 av 687 svarbedrifter, dvs. 0,7 %, at de hadde tatt i bruk helelektriske anleggsmaskiner i sin produksjon det året [20].

Ombygging (retrofit) av maskiner fremholdes som en mulig løsning for å utvide tilgangen på maskiner med nullutslippsteknologi i Norge. Ombygging er vanligvis et typisk trekk på en teknologi i pilot- og demonstrasjonsfasen [21]. Ombygging av fossile anleggsmaskiner til elektrisk drift kan ansees som et viktig trinn på vei mot kommersialisering av større elektriske anleggsmaskiner.

Den teknologiske utviklingen på området er imidlertid i rask utvikling. Dette påvirker både tilgang på utslippsfrie maskiner og kostnader til innkjøp, drift og vedlikehold. For noen år tilbake anså man det som urealistisk å forvente større batterielektriske maskiner før rundt 2030.

Elektrifisering av byggeplassen forutsetter tilstrekkelig tilgang på strøm til lading. Derfor er potensialet for å benytte elektriske anleggsmaskiner størst der nettet i området er sterkt, typisk i bynære områder. Dette sammenfaller med at det også er i bynære områder at problemene med lokal luftforurensning er størst. Dette er dermed i seg selv drivere for elektrisk drift av anleggsmaskiner.

Enova har innført nye støtteordninger som omfatter innkjøp av utslippsfrie anleggsmaskiner¹⁴.

¹⁴ <https://www.enova.no/bedrift/landtransport/energi--og-klimatiltak-i-landtransport/>

2.2.2.3. Hybridmaskiner

Hybridmaskiner kan referere til maskiner med en kombinasjon av elektrisk drift via kabel og/eller batteri og brenselcelle eller forbrenningsmotor. Av disse er kombinasjoner av forbrenningsmotor og elektrisk drift klart mest vanlig for anleggsmaskiner per i dag. Selv om dette vil bidra til å redusere dieselforbruket, kan slike maskiner ikke klassifiseres som utslippsfrie.

2.2.3. Praktiske hensyn ved bruk av batterielektriske anleggsmaskiner

Den mest åpenbare utfordringen ved bruk av elektriske anleggsmaskiner i praksis, dersom man ser bort fra begrenset tilgjengelighet, er redusert driftstid, sammenliknet med dieseldrevne maskiner. Hvor stor påvirkning dette vil ha i prosjekt, avhenger av sammensetning av maskintyper, driftsmønster for de ulike maskintypene som benyttes i hvert enkelt prosjekt, og vil dermed variere mye. Ladetid for maskinene kan også variere. Dette indikerer at det kan være behov for tilpasning av logistikken på byggeplass dersom større batterielektriske maskiner skal tas i bruk, for at den samlede maskinparken skal kunne utnyttes optimalt.

Tilkobling med kabel løser problemet med batterikapasitet, men av hensyn til mobilitet og logistikk på byggeplass er dette ikke mulig for alle typer maskiner.

Utstrakt bruk av elektriske maskiner krever planlegging og tilrettelegging fra tidlig planfase. Tilrettelegging for bruk av strøm på byggeplass er en nødvendig forutsetning for å ta i bruk maskiner med elektrisk drift. Utfordringer for jernbane- og veianlegg er tilgang til strøm og lademuligheter for høy effekt. Dette kan avhjelpest ved portable batteribanker eller brenselcelleaggregater.

En kartlegging av erfaringer med utslippsfri og fossilfri byggeplass for prosjekter i Oslo indikerer at det først og fremst er mindre batterielektriske maskiner som er i bruk per i dag [13]. Større fullelektriske maskiner har foreløpig for lav batterikapasitet til å brukes på anlegg med kontinuerlig drift gjennom dagen. Per i dag er det kun mindre hjullastere (som ikke blir brukt kontinuerlig) som kan benyttes en full arbeidsdag uten å måtte lades. Et alternativ til lading nettet er bruk av batteribanker. Disse kan lades kontinuerlig på lav effekt, men levere høy effekt til hurtiglading ved behov. Det er også mulig å se for seg mobile ladeenheter som beveger seg rundt på en anleggsplass og lader maskinene, istedenfor at maskinene beveger seg til laderen.

2.2.4. Kostnader og marked for batterielektriske anleggsmaskiner

Markedet for større elektriske anleggsmaskiner er i endring. Kombinasjonen av mekanismer som påvirker utviklingen fremover - elektrifisering, automatisering (selvkjørende maskiner) og kommunikasjonsteknologi - er kompleks og utviklingen er derfor vanskelig å forutse. Mest sannsynlig vil det skje langsomt de første årene, men deretter raskere etter tre til fem år [14]. I rapporten «Potensialet for utslippsreduksjon ved fossil og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser» anslås det at nærmest alle typer anleggsmaskiner vil kunne elektrifiseres innen 2030.

Kostnader knyttet til anleggsmaskiner kan deles inn i:

- Investeringskostnader
- Drift og vedlikeholdskostnader
- Energikostnader
- Kostnader knyttet til infrastruktur for energibærer

Investeringskostnader

I følge DNV GL, vil merkostnad ved bruk av utslippsfrie anleggsmaskiner variere mye – i størrelsesorden 20-100 prosent, avhengig av maskintype, bruksområde m.m. [7].

Små batterielektriske maskiner er tilgjengelige som hylleware og har ikke har vesentlig høyere investeringskostnad enn tilsvarende dieseldrevne maskiner. Fordi elektrisk drift også vil gi lavere

drivstoffkostnader, vil mindre batterielektriske anleggsmaskiner vanligvis være lønnsomme i bruk, sammenliknet med tilsvarende dieseldrevne maskiner.

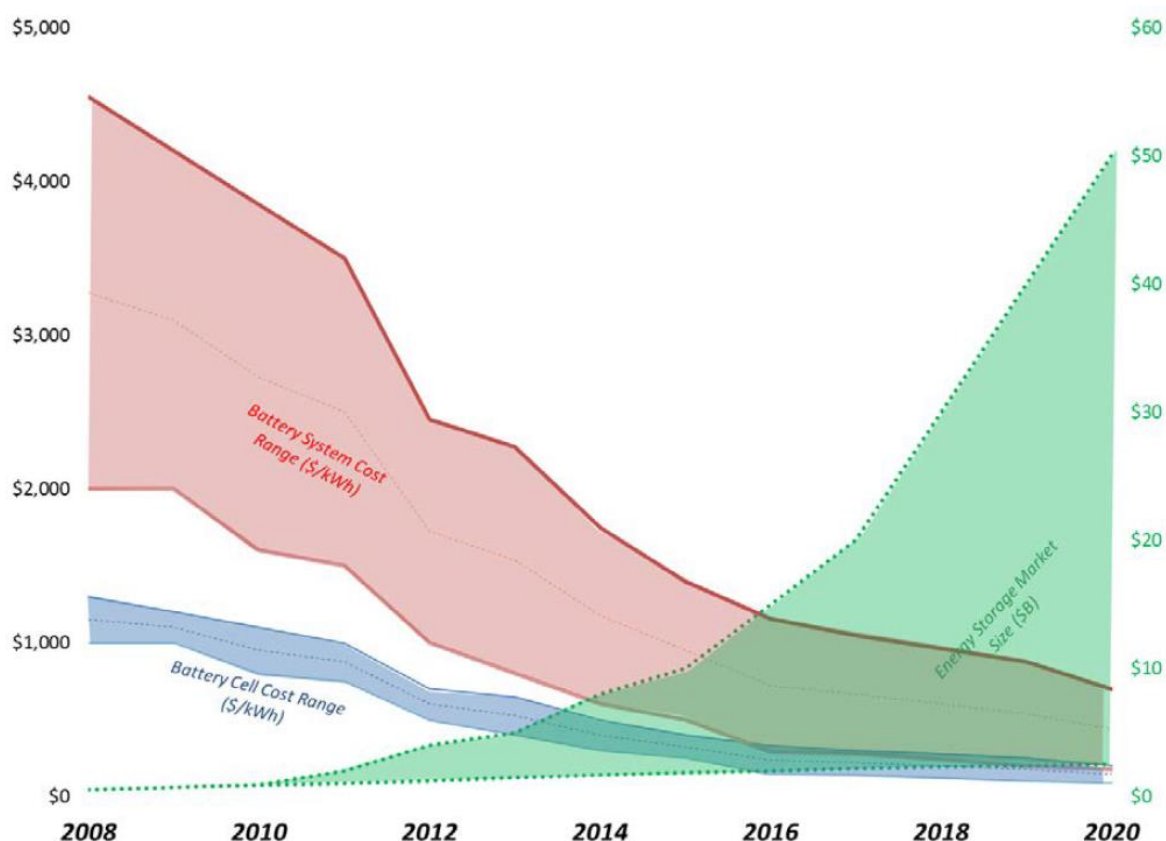
Investeringskostnader for ulike typer elektriske anleggsmaskiner, sammenliknet med tilsvarende dieseldrevne maskiner er grovt estimert av Nasta, som vist i Tabell 7:

Tabell 7 Grovt estimert innkjøpspris for ulike typer elektriske anleggsmaskiner, i millioner kroner. Kilde: Nasta [5]

		Plug-in <u>electric</u> (PE)	Plug-in Battery Electric (PBE)	Hydrogen Fuel Cell Electric (FCBE)	Plug-in Fuel Cell Battery Electric (PFCBE)	Battery Electric (BE)	Diesel
Gravemaskin 32 tonn	Prototype	3	4	6	6,1	7	2
	Ikke-serieprodusert	2,5	3	4	4	5	
	Serieprodusert	1,8	2,3	3	3	4	
Gravemaskin 38 tonn	Prototype	3,3	4,5	6,5	6,6	8	2,3
	Ikke-serieprodusert	2,8	3,3	4,5	4,5	6	
	Serieprodusert	2	2,5	3,3	3,3	5	
Dumper 40 tonn	Prototype	-	7	9,5	10	10	4
	Ikke-serieprodusert	-	6	7	7,5	8	
	Serieprodusert	-	4,5	5,5	6	6	
Hjullaster 20 tonn	Prototype	-	3,5	5	5,2	5	1,8
	Ikke-serieprodusert	-	3,5	4	4,5	4	
	Serieprodusert	-	3	3	3,5	3	

Tyngre anleggsmaskiner har store krav til effekt og brukstid, og størstedelen av merkostnaden for batterielektriske anleggsmaskiner skyldes derfor prisen på batterier [4].

Økt behov for balansering i kraftsystemet og i det elektriske personbilmarkedet vil føre til sterk videre vekst i batterimarkedet fremover. Gjennomsnittspris for elektriske batterier har sunket med over 70% siden 2010 [22], og det forventes at kostnadene vil fortsette å falle frem mot 2020, som vist i Figur 6:



Figur 6 Forventet utvikling i batteripris frem mot 2020. Kilde: DNV-GL

Ombygging er svært kostbart – Nasta anslår at deres ombygde nullutslippsmaskiner som regel koster 3-4 ganger så mye som en tilsvarende dieseldrevet modell [23]. Kostnadene ved ombygging varierer betydelig avhengig av driftsform. En kabelelektrisk maskin er rimeligst og vil kunne koste 3-3,3 mill kr, ifølge Nasta [5], se tabell 8. Kostnadene øker for plug-in batteri, brenselcelle-batteri, plug-in brenselcelle batteri opp til ren batterielektrisk-maskin, som er dyrest. Sistnevnte er mest kostbar grunnet kostnadene til en stor batteripakke.

Nasta ser imidlertid for seg at også ombygde elektriske anleggsmaskiner skal kunne bli lønnsomme innenfor en rimelig periode, men at det vil være nødvendig med starthjelp til finansiering fra f.eks. Enova. Dersom det produseres flere slike maskiner (ikke serieproduksjon, men flere enn prototype), vil kostnadene synke. I april 2019 lanserte dessuten produsenten Bergmann nyheten om at de planlegger serieproduksjon av en helelektrisk 4-tonns dumper fra 2020¹⁵. Nasta anslår følgende kostnadsutvikling for gravemaskiner, dumpere og hjullastere [5]:

Tabell 8 Kostnadsutvikling ved økt produksjon av elektriske anleggsmaskiner, sammenliknet med prototype. Kilde: Nasta






Maskintype	Kostnadsreduksjon ved «serieombygging», ca. 100 eksemplarer, sammenliknet med prototype	Kostnadsreduksjon ved serieproduksjon, mer enn 1000 eksemplarer, sammenliknet med prototype
Gravemaskin	20-30 %	20%
Dumper	20%	40%

¹⁵ <https://www.bergmann-dumper.de/en/cat-105/dumper-electric-drive.html>

Hjullaster	20%	40%*
------------	-----	------

*unntak: plug-in batterielektrisk, som ikke gir nevneverdig prisreduksjon

Tabell 9 Oversikt over tilgang på elektriske gravemaskiner i ulike størrelsesklasser, per 2018. Kilde: Nasta [22]

Drivlinje	Unyttbar energi	Årlig utslipp av CO2	Rekkevidde	Tilgjengelig i klasser					
				Mini	Små	Middels	Store	Ekstra store	Gigantiske
	Estimert	Estimert	Estimert	30kW	30kW-60kW	60kW-100kW	100kW-200kW	200kW-400kW	400kW+
 Forbrenning	30%	100 tonn	To skift	2018	2018	2018	2018	2018	2018
 Elektrisk	95%	0	Kabelens lengde	Prototype kan lages	Prototype kan lages	Prototype kan lages	Prototype kan lages	2019	2018
 Batteri-elektrisk	92%	0	Kabelens lengde ++	Prototype kan lages	Prototype kan lages	2019	2019	Forskningsprosjekt ferdig 2020	Foreløpig uegnet?
 Batteri	85%	0	5 til 7 timer	2019	2019	2019	Prototype kan lages	Forskningsprosjekt ferdig 2020	Foreløpig uegnet?
 Batteri-brenselcelle	50%	0	Ett skift	Foreløpig uegnet?	Foreløpig uegnet?	Foreløpig uegnet?	Prototype kan lages	Forskningsprosjekt ferdig 2020	Foreløpig uegnet?

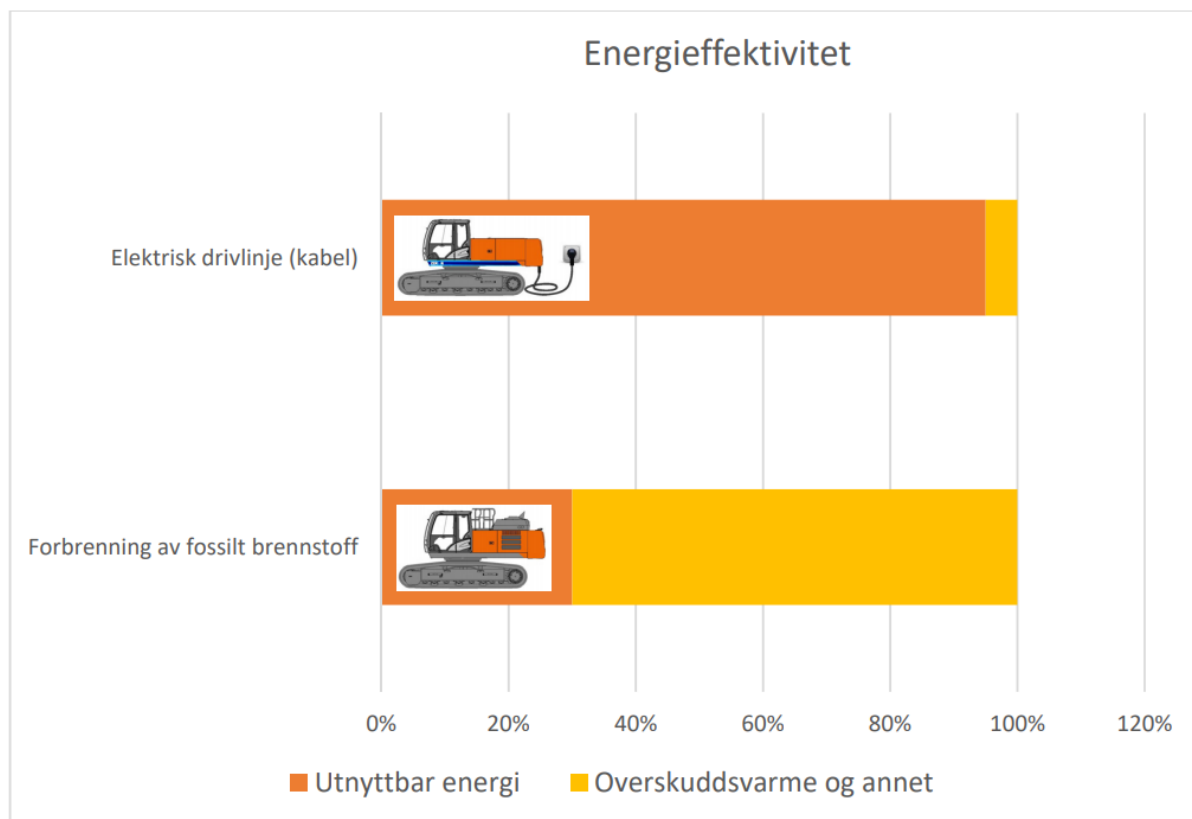
Markedet for elektriske anleggsmaskiner i Norge er direkte knyttet til hvor i landet det gjennomføres prosjekter hvor oppdragsgiver stiller krav til slike løsninger. I Bergensområdet har etterspørselen så langt vært fraværende, men det er rimelig å forvente at dersom oppdragsgivere begynner å stille krav, vil dette endre seg på samme måte som man eksempelvis har sett i Osloområdet [24]. I følge Nasta, som hittil har vært en av de fremste aktørene på ombygging av maskiner til elektrisk drift, er det ingen grunn til at det ikke skal være like gode muligheter for dette i Bergensområdet som på Østlandet [23]. LAB entreprenør oppgir at de benytter kraner og mindre maskiner med elektrisk drift for å imøtekomme krav om fossilfri byggeplass i et pågående prosjekt for Bergen kommune, og at dette ikke medfører merkostnad i prosjektet [25].

I tillegg til noen norske enkeltprosjekter med ombygging av mellomstore anleggsmaskiner for elektrisk drift, pågår det også større prosjekter internasjonalt. Dette omfatter blant annet et sveitsisk samarbeid om ombygging av en 45-tonns dumper fra Komatsu til batterielektrisk elektrisk drift [26]. Skanska og Volvos testprosjekt Electric Site, skal muliggjøre utslippsfri drift av et pukkverk utenfor Göteborg. Målet er å elektrifisere alle transporttrinn, og det blant annet benyttes selvkjørende elektriske dumpere og kabelelektriske gravere [27]. Sammen med tyske KTEG planlegger Hitachi oppstart av et nytt selskap som skal utvikle elektriske anleggsmaskiner for det europeiske markedet [28].

Kostnader energi og drift og vedlikehold

Elmotorer er mer effektive i drift enn forbrenningsmotorer. I maskiner med forbrenningsmotor utnyttes kun en liten del av energien som tilføres for å gjøre selve arbeidet, og det største energitapet finner sted i selve motoren. Hydrauliske pumper, oljemotorer, sylindere, ventiler, slanger

etc. medfører også store tap av energi til annet enn produktivt arbeid. Forskjellen mellom energiutnyttelse i gravemaskiner med elektrisk drift og forbrenningsmotor er illustrert i Figur 7:



Figur 7 Energieffektivitet for gravemaskin med elektrisk drift, sammenliknet med tilsvarende maskin med forbrenningsmotor. Kilde: Nasta [22]

Grovt sett vil ulike virkningsgrader innebære at en dieseldrevet maskin treger om lag tre ganger mer (innkjøpt) energi enn det en elektrisk drevet maskin trenger.

I tillegg til høyere systemvirkningsgrad, vil en anleggsmaskin med elektrisk drift spare energiforbruk ved at motoren kun går når maskinen er i aktivitet, dvs. eliminerer energibruk til tomgang. Driftsdata fra Pon indikerer at dette vil redusere drivstofforbruk opp mot 10% [29].

Fordi elektromotorer holder lenger og krever mindre vedlikehold enn forbrenningsmotorer, vil elektriske maskiner ha lavere vedlikeholdsbehov enn dieselmaskiner [23]. Tidligere har levetiden for forbrenningsmotoren vært dimensjonerende for levetiden til maskinen, men dersom man gjør tiltak for å sørge for at «resten av maskinen» får like lang levetid som elektromotoren, vil anleggsmaskiner med elektrisk drift kunne ha lenger levetid enn tilsvarende dieselmaskiner. For at dette skal realiseres, er det imidlertid også nødvendig på sikt med en endring til holdninger om alder på maskinparken – hittil har det vært vanlig å stille krav til at denne ikke skal overstige en viss alder, oftest begrunnet med hensyn til lokalklima.

Kostnader til etablering av energiinfrastruktur

En maskin som er avhengig av kabel vil være avhengig av en mer omfattende infrastruktur enn maskiner med brenselceller og/eller batteri.

Dette er for eksempel kostnader til ladestasjoner for strøm. Kostnaden knyttet til infrastrukturen kan være betydelig for utslippsfrie løsninger og vil avhenge sterkt av hvor mange maskiner med utslippsfri teknologi man velger å benytte. Det vil også være av betydning om man velger å benytte seg av mobile batteribanker som alternativ til å trekke kablene i hele anleggets lengde.

Induktive ladeløsninger er noen steder trukket frem som en effektiv måte å lade på, men det er betydelige kostnader knyttet til å etablere slike. I bynære områder hvor etterbruk av en ladestasjon er aktuell, kan det vurderes.

Ifølge Hafslund nett, vil effektbehov på byggeplass variere. For mindre bygg er behovet under 20 kW mens på større byggeplasser varierer det mye, men normalt ligger det mellom 200A og 700A.

Anleggsbidrag kan kreves dersom nettselskapet må investere for å gjennomføre tilknytning. Kostnader utenom dette er ikke anleggsbidrag, men kreves fullt ut betalt av den som har behovet [14].

2.2.5. Hydrogen

Hydrogen kan produseres uten utslipp av klimagasser ved elektrolyse av vann med kraft fra fornybare kilder. Hydrogen kan også produseres fra fossile kilder, der den vanligste metoden er dampreforming av naturgass, og vil i så fall ikke være fossilfri. I Norge vil naturgassreforming i dag normalt være billigere enn vannelektrolyse for storskala hydrogen-produksjon[30]. Kostbar produksjon av brenselceller, lave produksjonsvolumer og høye priser har vært en hindring for vekst i antallet hydrogenkjøretøy både internasjonalt og i Norge.

En ulempe med brenselcellemaskiner er lav virkningsgrad og stort energitap. Virkningsgraden kan være så lav som 1/3-1/4 sammenliknet med el-drift. En fordel er at komprimert hydrogen er energirikt sammenliknet med batterier, slik at maskinen eller bilen blir lettere gitt tilsvarende driftstid. En annen fordel er at tanken kan fylles på like kort tid som fossilt drivstoff på en dieseltank.

Hydrogenelektriske maskiner vil muliggjøre at maskinene kan kjøre hele skift. Men investering i fyllestasjoner vil være krevende. Transportetatene anslår det en kostnad på 20-25 MNOK for en enkelt stasjon. I tillegg kommer kostnader til lagring og transport [5].

Hydrogen har ikke samme fordeler som elektrisitet når det kommer til driftskostnader, sammenliknet med diesel. I tillegg til å ha samme eller dårligere driftsøkonomi som diesel, er hydrogen dessuten forbundet med høye investeringskostnader knyttet til infrastruktur. Det er derfor lite økonomiske insentiver til en overgang til hydrogen som energibærer. Bruk av hydrogen som drivstoff til maskiner må også planlegges med hensyn til fylling, sikkerhet, logistikk og kostnader.

Anleggsmaskiner med kombinasjon av brenselcelle og batteri forventes ikke å bli tilgjengelig på det norske markedet i nær fremtid. Hybridmaskiner vil derfor ikke omtales videre i denne rapporten.

2.3. Biodrivstoff

Fordi biodrivstoff kan brukes i de fleste eksisterende maskiner og i eksisterende infrastruktur, er overgang fra fossilt drivstoff til biodrivstoff et av de enkleste og raskeste tiltakene for å redusere klimagassutslipp fra bygg- og anleggsvirksomhet. Enkelte anleggsprosjekter bygges uten enkel tilgang på nettstrøm, og der store krav til energibruk gjør det krevende og kostbart med batteriløsninger. Innen tilstrekkelig god batteriteknologi kommer på markedet, vil biodrivstoff være det eneste fossilfrie alternativet i slike prosjekter.

Bruk av biodrivstoff har imidlertid noen viktige aspekter man må være oppmerksom på for at det skal gi en reell klimagevinst. Dette er forsøkt belyst i det følgende.

2.3.1. Ulike typer biodrivstoff

Konvensjonelle biodrivstoff, ofte kalt 1. generasjons biodrivstoff, fremstilles av råstoff som også kan brukes til å produsere mat eller dyrefôr (landbruksvekster). Avanserte biodrivstoff, ofte kalt 2. generasjons biodrivstoff, framstilles av rester og avfall fra næringsmiddelindustri, landbruk eller skogbruk.

Bioetanol

Bioetanol fremstilles av planter som inneholder sukker og stivelse, som mais, sukkerrør, korn eller poteter. Borregaard produserer bioetanol som biprodukt fra celluloseproduksjon¹⁶. Bioetanol kan blandes inn i vanlig bensin.

Biodiesel

Biodiesel fremstilles av plantefett eller oljer, for eksempel raps, soya eller palmeolje, og blandes inn i vanlig diesel. Den mest brukte typen biodiesel som brukes i Europa og Norge i dag er såkalt FAME (Fatty Acid Methyl Ester), som er basert på raps, soya og palme.

HVO (Hydrogenert Vegetabilsk Olje) er en type biodiesel som kan fremstilles av de samme oljevekstene som benyttes til å framstille FAME, men som inneholder en større grad av biprodukter, avfall og rester fra ulike produksjonsprosesser (slakteavfall, tallolje fra treforedling, frityrolje fra matproduksjon, palmeoljerest fra palmeoljeproduksjon, etc). HVO er et mer raffinert produkt enn FAME, som lettere kan blandes inn i større mengder i vanlig diesel (som HVO30) eller benyttes som et rent produkt (HVO100).

Biogass

I Norge benyttes ulike avfallsfraksjoner for å produsere biogass, blant annet husholdningsavfall, avløpsslam og husdyrgjødsel.

Denne biogassen er dermed å anse som avansert biodrivstoff. Ved oppgradering til drivstoffkvalitet (såkalt biometan), kan biogassen benyttes i gassdrevne kjøretøy uten begrensninger. I dag benytter flere bybusser og renovasjonsbiler biogass.

Det er ønskelig å fremme bruk av avanserte biodrivstoff fordi disse bidrar til større reduksjoner i klimagassutslipp, sammenlignet med fossilt drivstoff, og ikke blir produsert på arealer som kunne vært brukt til mat- og fôrproduksjon.

Norskprodusert biogass overoppfyller EUs bærekraftskriterier og gir høy reell klimanytte [31].

2.3.2. Klimaeffekt av biodrivstoff

Omsetningskravet for biodrivstoff medfører at det per 2018 var krav til 10% innblanding av flytende biodrivstoff i alt drivstoff som selges til veitrafikk Norge (diesel og bensin). Anleggsgassdiesel omfattes per i dag imidlertid ikke av dette kravet [32].

Biodrivstoff har tradisjonelt vært ansett som klimanøytralt. Dette er på bakgrunn av at CO₂-utslipp fra forbrenning av biodrivstoff inngår i det naturlige karbonkretsløpet, i motsetning til fossil CO₂, som ikke inngår i det naturlige kretsløpet, og dermed fører til et tilskudd av CO₂ i atmosfæren.

Dersom man regner med de indirekte utslippene forbundet med produksjon av biodrivstoff, er bildet imidlertid noe annerledes. Netto klimaeffekt fra bruk av biodrivstoff varierer mye med hvilket råstoff og produksjonsteknologi som benyttes.

En viktig forutsetning for at bruk av biodrivstoff på byggeplass skal gi en reell klimagevinst er at biodrivstoffet som et minimum oppfyller EUs bærekraftskriterier. Dette er blant innført som et standardkrav i prosjektene til Omsorgsbygg [6]. Bærekraftskriteriene består av to deler [33]: En viktig forutsetning for at bruk av biodrivstoff på byggeplass skal gi en reell klimagevinst er at biodrivstoffet som et minimum oppfyller EUs bærekraftskriterier. Dette er blant annet innført som et standardkrav i prosjektene til Omsorgsbygg [6]. Bærekraftskriteriene består av to deler [33]:

- 1) Biodrivstoffet må redusere de totale utslippene av klimagasser med minst 50 prosent gjennom livsløpet, sammenliknet med utslippene fra bensin og diesel. Nye produksjonsanlegg for biodrivstoff må oppfylle et krav om 60 prosent reduksjon i utslippene.

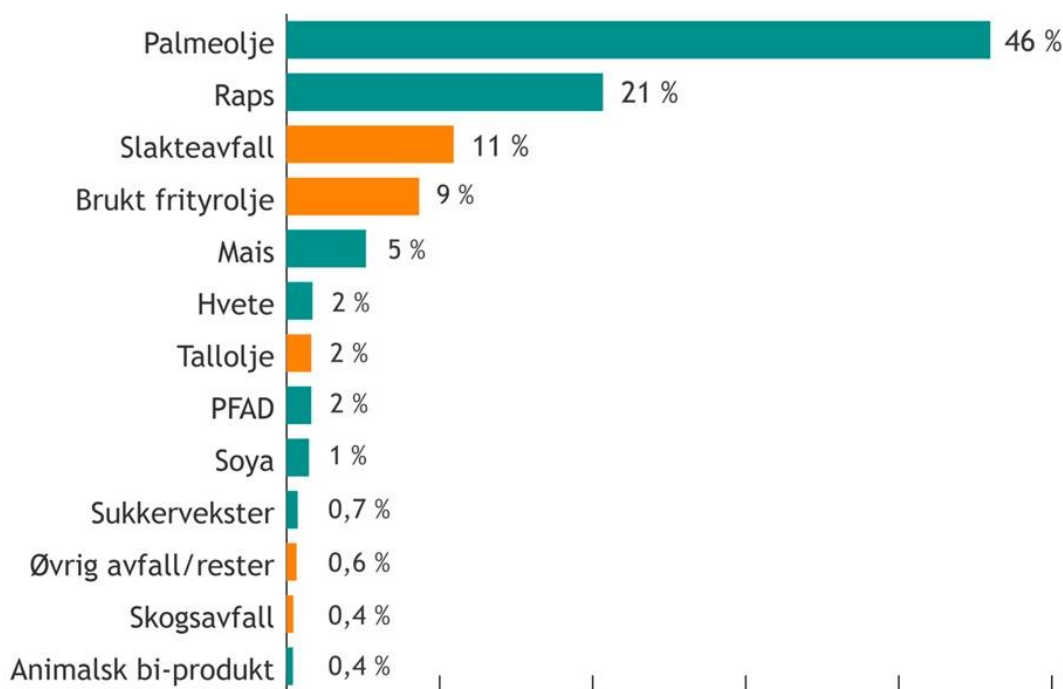
¹⁶ <https://www.borregaard.no/Miljoe-og-samfunn/Det-groenne-rommet/Verdens-ledende-bioraffineri>

- 2) Råstoffet til biodrivstoffet skal ikke være dyrket på arealer som har høy biodiversitet eller et høyt karbonlager.

Bærekraftskriteriene skal sikre at biodrivstoffet ikke fører til direkte arealbruksendringer, som for eksempel avskoging eller drenering av myr. Kriteriene tar imidlertid ikke høyde for såkalte indirekte arealbruksendringer (ILUC) [33]. Dersom biodrivstoff produseres på arealer som tidligere ble brukt til matproduksjon, og denne i stedet flyttes til nye arealer som tidligere ikke var ryddet/dyrket, kan konsekvensen likevel være arealbruksendringer. Dersom produksjon av biodrivstoff på en slik indirekte måte fører til avskoging eller drenering av myrområder, kan netto klimaeffekt i verste fall være dårligere enn for fossil diesel [34].

Bærekraftskriteriene er tatt inn i kapittel 3 i produktforskriften¹⁷. Dette medfører at biodrivstoff som omsettes i Norge minimum gir 50% reduksjon av klimagassutslipp, sammenliknet med fossil diesel.

Nesten halvparten av alt biodrivstoffet som ble omsatt i Norge i 2017 var fremstilt av palmeolje [35]. Denne kommer i hovedsak fra Indonesia, der problemene med avskoging i regnskogsområder er store. Fordelingen av råstoff for biodrivstoff omsatt i Norge i 2017 er vist i Figur 8 (grønne stolper viser konvensjonelt råstoff, mens avansert råstoff er vist med oransje søyler):



Figur 8 Fordeling mellom type råstoff for biodrivstoff omsatt i Norge i 2017. Konvensjonelt råstoff er i grønt og avansert i oransje. Kilde: Miljødirektoratet.

HVO kan inneholde et biprodukt fra palmeoljeproduksjon (PFAD, Palm Fatty Acid Destillate). Bruk av HVO kan derfor føre til økt etterspørsel etter palmeolje, og dermed bidra til avskoging i regnskogområder.

Uno X og Circle K har definert egne forpliktelser knyttet til bærekraftig biodiesel:

Uno X¹⁸:

Det finnes biodrivstoff fra forskjellige råstoff på markedet. Uno-X har, som resten av bransjen, valgt å forplikte seg til at alt biodrivstoffet vi selger skal være godkjent etter EUs

¹⁷ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922/KAPITTEL_4#KAPITTEL_3

¹⁸ <https://unox.no/palmeolje/palmeolje-intro>

bærekraftskriterier. I tillegg tar Uno-X fullstendig avstand fra palmeolje i drivstoff. Det skal være lett for bilister å velge et mer bærekraftig og miljøvennlig drivstoff. Derfor benytter vi biodrivstoff produsert av blant annet tallolje, et avfallsprodukt fra skogindustrien.

Circle K¹⁹:

milesBIO HVO100 fra Circle K er i tråd med den norske og europeiske standarden for HVO diesel, NS-EN15940. HVO100 laget av avfall har inntil 90% CO₂-reduksjon sammenlignet med CO₂-utslippene ved bruk av fossil diesel. CO₂-reduksjon ved bruk av milesBIO HVO100 fra vegetabiliske oljer vil variere og være avhengig av type råstoff. Circle K garanterer imidlertid at CO₂-reduksjonen ved bruk av milesBIO HVO100 alltid vil være høyere enn 50% sammenlignet med fossil diesel, jf kravene som stilles i EU sitt fornybardirektiv.

HVO som omsettes i Norge vil derfor gi minimum 50% reduserte utslipp, sammenliknet med ren fossil diesel, men kan også gi vesentlig høyere reduksjon, avhengig av produsent og hvilket råstoff drivstoffet er fremstilt fra. Det er imidlertid utfordrende å garantere høyere reduksjon enn 50%. I følge Miljødirektoratet, hadde biodrivstoff som ble omsatt i Norge i 2017 i snitt 65% lavere livsløpsutslipp enn fossil bensin og diesel [35].

Miljødirektoratet fremhever at «biodrivstoff kan spille en viktig rolle for å gjøre transportsektoren utslippfri, men er fremstilt fra en begrenset ressurs og bør derfor brukes der det finnes få andre alternativer for å redusere klimagassutslippene».

Et viktig prinsipp i livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) er å sikre at man ved å redusere en gitt type miljøpåvirkning ikke forårsaker en økning av andre typer miljøpåvirkning. Forbrenning av biodrivstoff gir lokale utslipp til luft av CO, NO_x og partikler på lik linje med forbrenning av diesel (HVO gir riktignok noe lavere lokale utslipp enn fossil diesel [29]). Krav til fossilfri byggeplass gir dermed ingen gevinst for lokal luftkvalitet.

2.3.3. Praktiske hensyn ved bruk av biodiesel

Biodiesel er utbredt på Østlandet, men på innspillmøte til Miljødirektoratets rapport «Utredning om bruk av mineralolje til byggvarme på bygge- og anleggsplasser» ble det opplyst fra flere aktører at biodiesel er lite tilgjengelig i resten av landet per i dag. Dette ble bekreftet av Drivkraft Norge og Boligprodusentene. LAB-entreprenør oppgir at de benytter biodiesel i større anleggsmaskiner som ikke kan fås med elektrisk drift for å møte krav om fossilfri byggeplass i et pågående prosjekt for Bergen kommune. Deres erfaring er at det er mer noe utfordrende å få levert biodiesel, og at dette derfor krever planlegging i forkant [25]. Løvs maskin, en maskinentreprenør basert i Bergensområdet, mener imidlertid at tilgang på sertifisert biodiesel ikke er problematisk, men at liten tilgang har skyldtes at etterspørselen hittil har vært lav i området. Dersom etterspørselen øker, melder imidlertid leverandørene at de er i stand til å møte denne [24].

Erfaringer fra prosjekter i Oslo-området indikerer at entreprenørene opplever at krav om fossilfri byggeplass medfører noe mer administrasjon og økte drivstoffkostnader, men ellers at kravet er mindre utfordrende å gjennomføre enn forventet [13].

I intervjuer med entreprenører har flere nevnt kuldeegenskaper som en mulig praktisk utfordring ved bruk av biodiesel. Selv om andre typer biodiesel (FAME/RME) har andre kuldeegenskaper enn fossil diesel, har HVO en kjemisk sammensetning som er svært lik fossil diesel, og det er ikke funnet dokumentasjon som underbygger påstander om praktiske utfordringer ved bruk av HVO ved lave temperaturer.

¹⁹ https://m.circlek.no/no_NO/pg1334073735761/busine

2.3.4. Kostnader

Merkostnaden ved bruk av biodiesel er per i dag være høyere i bygg- og anleggsprosjekter enn i markedet for veigående kjøretøy. Dette skyldes at anleggsdiesel er ikke omfattet av veibruksavgiften (3,75 kr per liter i 2018). Imidlertid er anleggsdiesel pålagt grunnavgift for mineralolje (1,63 kr/liter i 2018). Biodrivstoff er hverken omfattet av veibruksavgiften eller grunnavgiften for mineralolje. Dette medfører at biodrivstoff gir merkostnad sammenliknet med fossil anleggsdiesel ved en prisforskjell større enn 1,63 kr/liter. Prisdifferansen mellom fossil diesel og avansert biodrivstoff er i størrelsesorden 2-4 kroner per liter [14][13]. Circle K oppgir på sine nettsider at HVO100 er litt over 4 kr dyrere enn anleggsdiesel²⁰. Basert på en kartlegging av prisutvikling over de siste 3 år, kan man anslå en gjennomsnittlig merkostnad på ca. 29% for HVO, sammenliknet med fossil anleggsdiesel[29]. Prisene for sertifisert bærekraftig biodrivstoff kan være mer variable [14].

En studie for Leverandørutviklingsprogrammet som vurderte merkostnader ved å erstatte fossil diesel med HVO100 kom til at energikostnadene øker 25-31 prosent ved krav til fossilfri byggeplass, tilsvarende 147 kr til 186 kr per m² areal nybygg²¹ [36]. Tall for prosjektene Nye Jordal Amfi og Bogerud gård barnehage indikerer imidlertid en langt lavere merkostnad som følge av krav om fossilfri byggeplass – henholdsvis ca. 0.01 % og 0.1 % av total prosjektkostnad [13]. For Jordal Amfi tilsvarte dette ca. 9 kr/m² BRA.

Sammenliknet med fossil diesel, har HVO noe lavere energitetthet per liter. Dette kan føre til økt forbruk for å oppnå samme energimengde som ved bruk konvensjonell diesel [29]. Tall fra prosjektet E18 Arendal-Tvedestrand indikerer imidlertid at økningen vil være liten – ca. 3%.

²⁰ Gjeldende fra 25.01.19

https://www.circlek.no/no_NO/pg1334073738687/business/milesDrivstoffbedrift/Priser.html

²¹ Studien tar utgangspunkt i erfaringstall og estimater for energibruk og utslipp av klimagasser fra prosjektet Campus Evenstad.

3. KOST- NYTTEVURDERING AV LØSNINGER FOR FOSSILFRI BYGGEPLASS

Dette kapitlet oppsummerer kostnader og klimaeffekt for løsningene presentert i kapittel 2, sammenliknet med fossile løsninger. Løsningene er vurdert med hensyn til følgende parametere:

- **Tilgjengelighet** i dagens norske marked
- **Markedsutvikling** i det norske markedet
- **Merkostnad, investering:** Forventet merkostnad til anskaffelse av utstyr (innkjøp/leie)
- **Merkostnad, drift:** Negativ merkostnad indikerer besparelse i driftskostnader
- **Klimanytte:** Utslippsreduksjon i drift sammenliknet med fossil teknologi

Gjennom arbeidet med denne utredningen har det vist seg å være utfordrende å sette tall for merkostnad per teknologi. Det skyldes i hovedsak at det er lite spesifikke kostnadstall åpent tilgjengelig. I tillegg blir kostnadstall fort utdatert på grunn av rask markedsutvikling. Derfor er det valgt å gjøre en mer kvalitativ vurdering der det sannsynlig merkostnad i investering angis som lav-middels-høy.

Merkostnad/besparelse i drift angis med et prosentanslag.

Der det finnes spesifikke kostnadstall for en maskinkategori er dette angitt med kildehenvisning. Modellnavn er angitt der dette er tall som gjelder for en spesifikk anleggsmaskin.

Anleggsmaskiner med hydrogenbasert drift er ikke inkludert i vurderingen, ettersom det ikke finnes modeller tilgjengelig på markedet per i dag.

3.1. Metodikk og beregningsfaktorer

3.1.1. Utslippsfaktorer

Utslippsfaktorer for energibærere som er lagt til grunn for beregning av klimanytte er gitt i Tabell 10.

Beregnete utslipp omfatter klimagassutslipp forårsaket i drift (livsløpsutslipp, dvs. inkludert utslipp som oppstår i verdikjeden for energibærer).

Beregnet klimanytte for bruk av elektrisitet varierer med hvilken utslippsfaktor som benyttes. Iht. anbefalt praksis i norsk standard for klimagassberegninger av bygg, NS3720, er derfor utslipp fra elektrisitetsproduksjon er regnet med to ulike faktorer – norsk og europeisk produksjonsmiks. Faktorene er angitt i NS 3720, og representerer gjennomsnitt perioden 2015 til 2075 med forutsetning om at utslipp fra elektrisitetsproduksjon i Europa går mot null i 2050. Ettersom det ikke er mulig å angi eksakt opphav for en gitt kWh i strømmettet, er dette forhold som det enkelte prosjektet ikke har mulighet til å kontrollere. To beregningsfaktorer er benyttet for å være i tråd med god praksis for å vise følsomheten av valgte utslippsfaktorer, og opprettholde sammenliknbarhet med tilsvarende beregninger.

Utslipp fra produksjon av energiinfrastruktur eller maskiner er ikke medregnet.

Tabell 10 Utslippsfaktorer benyttet i kost-/nytteberegninger

Energibærer	Utslippsfaktor (g CO ₂ -e/kWh)	Forutsetninger og kilder
Diesel, 100% fossil	3206	WTW (well-to-wheel, direkte utslipp fra forbrenning og indirekte utslipp i verdikjeden) [37]
Biodiesel	1122	65% reduksjon, sammenliknet med 100% fossil diesel, gjennomsnittlig reduksjon for biodiesel omsatt i Norge 2017 [38]
Elektrisitet	18/136	Norsk forbruksmiks/Europeisk (EU28+NO) forbruksmiks, iht. NS 3720 Norsk standard for klimagassberegninger av bygg.
Fjernvarme	10/197 (<i>avhengig av om utslipp fra avfallsforbrenning medregnes</i>)	Beregnet med utgangspunkt i BKKs fjernvarmemiks ²² , med faktorer fra NS 3720 for elektrisitet og Dokka et al. (2013) for gass [39]. Utslipp fra Faktorer for avfallsforbrenning er fra Lien (2013) [40] Se kapittel 2.1.3.1 for diskusjon av utslipp fra fjernvarme.
Pellets	14	Lien (2013) [40]

3.1.2. Energifriser

Energifriser som er lagt til grunn for å vurdere energikostnader er gitt i Tabell 11. Disse prisene er basert på nasjonale statistikker, og ikke nødvendigvis være representative for Hordalandsområdet. Det understrekes også at svingninger i energipriser, spesielt mellom diesel og elektrisitet, gjør at verdiene har høy usikkerhet – se kapittel 2.1.6 for nærmere drøfting.

Tabell 11 Energifriser basert på gjennomsnittstall for 2018

Energibærer	Pris	Kilde
Anleggsdiesel	10 kr/l (100 øre/kWh)	Snittpris, 2018, CircleK ²³
Biodiesel (HVO)	13 kr/l (135 øre/kWh)	Snittpris, 2018, CircleK
Elektrisitet	90 øre/kWh	Snittpris 2018, SSB, inkl. nettleie og forbruksavgift, eksk. mva.
Fjernvarme	81 øre/kWh	10% lavere enn strøm
Pellets	81 kr/kWh	10% lavere enn strøm

3.1.3. Oppvarming og byggtørking

Beregning av klimanytte og kostnader for energibruk til oppvarming og byggtørking er korrigert for forventede ulikheter i virkningsgrad. Tabell 12 angir systemvirkningsgrader som er lagt til grunn.

Tabell 12 Systemvirkningsgrader lagt til i kost-/nytteberegninger av løsninger for oppvarming og byggtørking

Energikilde	Systemvirkningsgrad
Diesel	85 %
Elektrisitet	98 %
Fjernvarme	95 %
Pellets	85 %

²² <https://www.fjernkontrollen.no/bkk-varme/>

²³

https://m.circlek.no/no_NO/pg1334077141831/business/milesDrivstoffbedrift/Priser/HistoriskepriserDiesellev ert.html

3.1.4. Elektriske anleggsmaskiner

Beregning av klimanytte for ulike typer anleggsmaskiner er basert på gjennomsnitt av beregninger for modellene presentert i Vedlegg 1. Kun batterielektriske modeller er vurdert. De aller fleste av modellene i tabellen finnes i både elektriske og dieseldrevne utgaver. Utslippsreduksjon er derfor beregnet på bakgrunn av angitt batterikapazität, sammenliknet med angitt dieselmotoreffekt. Utslippsreduksjon angis som prosentvis reduksjon, sammenliknet med dieseldrevet modell.

For forbrenningsmotor er det regnet med en systemvirkningsgrad (WTW) på 30%, mens virkningsgrad for elmotor er forutsatt å være 85% [37].

Energibruk per driftstime er regnet med forutsetning om at en anleggsmaskin i kontinuerlig drift vil ha behov for 65% av maksimal motoreffekt i gjennomsnitt [22]. I tillegg er det korrigert for short-time, dvs. at hver driftstime regnes å ha 50 effektive minutter.

Det er ikke tatt hensyn til forskjellig driftstid for elektriske og dieseldrevne maskiner. Ettersom mange elektriske maskiner ikke vil kunne gå like lenge som tilsvarende dieseldrevne modeller uten lading, er dette et vesentlig poeng i praksis ved bruk av maskiner med elektrisk drift (se kapittel 2.2.3). Imidlertid vil må det gjøres forutsetninger om driftsmønster for en gjennomsnittlig dag på byggeplass for å anslå hvilken effekt dette vil gi for utslipp i drift. Driftsbetingelser vil kunne variere mye mellom prosjekter, og det finnes ikke standard tall tilgjengelig som beskriver gjennomsnittlig driftspraksis for ulike maskintyper. I tillegg må man gjøre forutsetninger knyttet til hvorvidt en annen type maskin vil benyttes mens den elektriske maskinen står til lading, og i så fall hva slags drift denne vil ha. På bakgrunn av dette er det vurdert at det vil introdusere en for stor usikkerhet i beregningene å regne klimanytte per dag i drift, og tall er derfor gitt per driftstime.

3.2. Kost-/nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking

Tabell 13 presenterer beregninger av merkostnad og klimanytte for bruk av elektrisitet, fjernvarme og pellets til oppvarming og byggtørking, sammenliknet med anleggsgas, basert på forutsetningene gitt i kapittel 3.1.1 og 3.1.2. Kost-/nyttevurdering ved bruk av biodiesel vil være tilsvarende som for anleggsmaskiner, og er presentert i kapittel 3.3.

Tabell 13 Kost-/nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking

TEKNOLOGI	TILGJENGELIGHET	MARKEDSUTVIKLING	MERKOSTNAD, INVESTERING	MERKOSTNAD, DRIFT	KLIMANYTTE
ELEKTRISK	Tilgjengelig i hele landet	Forventes moderat økning	Ingen vesentlig	-20 % (<i>høy usikkerhet - avhenger av spesifikk energipris</i>)	-95 % / -63 % (norsk / europeisk forbruksmiks)
FJERNVARME	Tilgjengelig der det er utbygget fjernvarmeinfrastruktur	Forventes å øke i omfang, betinger utbygging av infrastruktur	Ingen vesentlig	-28 % (<i>høy usikkerhet - avhenger av spesifikk energipris</i>)	-45 % / -97 % (ekskl. / inkl. utslipp fra avfallsforbrenning)
PELLETS	Tilgjengelig i hele landet	Forventes moderat økning	Ingen vesentlig	-20 %	-96 %
BIODIESEL			Se tabell i kapittel 3.3		

Beregnet klimanytte er relativt tilsvarende for elektrisitet, fjernvarme og pellets (dersom norsk forbruksmiks legges til grunn for strøm, og utslipp fra fjernvarme regnes ekskl. utslipp fra avfallsforbrenning).

Som drøftet i kapittel 2.1.6, er det svært utfordrende å trekke generelle konklusjoner om merkostnad ved bruk av elektrisitet og fjernvarme, sammenliknet med anleggsgas, som følge av stor variasjon i

energipriser i tid og mellom ulike landsdeler. Beregningene her må derfor kun ansees som eksempler basert på gjennomsnittstall, og bør ikke benyttes som grunnlag for å trekke konklusjoner i spesifikke prosjekter.

Med de forutsetningene som er lagt til grunn her, indikerer beregningene en vesentlig kostnadsbesparelse ved bruk av fjernvarme, og en mer moderat kostnadsbesparelse ved bruk av elektrisitet eller pellets, sammenliknet med anleggsgdiesel. Denne konklusjonen har høy usikkerhet, knyttet til følgende forhold:

- Variasjon i energipriser, avhengig av årstid og sted
- Kostnader knyttet til infrastruktur
- Energieffektivitet i valgt løsning (knyttet til styring med termostat o.l.)

3.3. Kost-/nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie anleggsmaskiner

Tabell 13 presenterer beregninger av merkostnad og klimanytte for bruk av anleggsmaskiner med biodrivstoff og batterielektrisk drift, sammenliknet med anleggsgdiesel, basert på forutsetningene gitt i kapittel 3.1.1 og 3.1.2. Der kostnadstall er basert på spesifikk informasjon fra leverandører eller produsenter, er dette angitt i fotnote.

Tabell 14 Kost-/nyttevurdering av fossilfrie og utslippsfrie løsninger for bruk av anleggsmaskiner

TEKNOLOGI	TILGJENGELIGHET	MARKEDSUTVIKLING	MERKOSTNAD, INVESTERING	MERKOSTNAD, DRIFT	KLIMANYTTE
BIODIESEL (HVO)					
IKKE SERTIFISERT	Tilgjengelig over hele landet	Forventes økt omsetning, i tråd med politiske mål	Ingen – kan benyttes på lik linje med anleggsgdiesel	30 % (3-4 kr per liter)	Avhenger av råstoff – kan gi økte utslipp dersom produsert fra palmeolje eller rester fra palmeoljeproduksjon
SERTIFISERT BÆREKRAFTIG	Noe mer utfordrende, avhenger av etterspørsel	Forventes økt omsetning, i tråd med politiske mål	Ingen – kan benyttes på lik linje med anleggsgdiesel	30% (3-4 kr per liter)	Fra -50% til -90%, avhengig av leverandør
BATTERIELEKTRISK:					
<i>Beregnet klimanytte for elektriske maskiner er angitt ved bruk av både norsk og europeisk forbruksmiks for elektrisitet</i>					
GRAVER, LITEN (<10T)	6 modeller tilgjengelig	Forventet rask økning i antall modeller	Lav	-20 %	-90 % / -50 %
GRAVER, MIDDELS (10-25T)	3 modeller tilgjengelig	Forventet rask økning i antall modeller	Høy ²⁴	-20 %	-90 % / -50 %
GRAVER, STOR (>25T)	Ingen modeller tilgjengelige per i dag	Forventet kommersielt tilgjengelig innen 2020	Høy	ukjent	ukjent
HJULLASTER, LITEN	5 modeller tilgjengelig	Forventet rask økning i antall modeller	Lav ²⁵	-70 %	-98 % / -90 %
DUMPER, LITEN (<3.5T)	9 modeller tilgjengelig	Forventet rask økning i antall modeller	Lav	-70 % ²⁶	-98 % / -90 %
DUMPER, STOR	Prototype er utviklet, men ikke kommersielt tilgjengelig	Forventet kommersielt tilgjengelig innen 2025	Svært høy	ukjent	ukjent
MOBILKRAN, LITEN	Finnes 2 modeller tilgjengelig	Forventet rask økning i antall modeller	Lav	-40 %	-90 % / -50 %

²⁴ Nasta anslår ca. 3-4 ganger høyere innkjøpskostnad for ombygde modeller

²⁵ Produsenter oppgir 20% merkostnad for Kramer 5055e, og 25% merkostnad for Weidemann 1160 eHoftrack

²⁶ Produsent anslår 67% reduksjon i driftskostnader for Wacker Neuson DT10e

MOBILKRAN, STOR	Finnes ingen modeller tilgjengelig	Forventet kommersielt tilgjengelig innen 2025			
SMÅ MASKINER	Finnes mange modeller tilgjengelig til ulike formål	Forventet økning i antall modeller	Ingen	-40%	-98% / -90%

Beregnet klimanytte ved bruk av biodrivstoff avhenger av råstoff, som diskutert i kapittel 2.3.2. Ved bruk av biodiesel som ikke er sertifisert bærekraftig, kan netto klimanytte være negativ. Selv for sertifisert bærekraftig HVO100 vil klimanytte sammenliknet med fossil diesel variere fra 50 % opp mot 90 % utslippsreduksjon, avhengig av leverandør. Beregnet klimanytte ved bruk av batterielektriske anleggsmaskiner, sammenliknet med fossile, er generelt høy (også dersom europeisk forbruksmiks for strøm legges til grunn).

Beregnet merkostnad i investering for batterielektriske maskiner varierer med størrelse. For de aller minste maskinene forventes det ingen vesentlig merkostnad, og for små maskiner (mingravere, minidumpere etc.), kan man forvente en relativt moderat merkostnad. For maskiner av middels størrelse og oppover er ombygging nødvendig per i dag, og merkostnaden i innkjøp vil derfor være høy – typisk 3 til 4 ganger kostnaden for en standard dieseldrevet maskin.

Besparelse i energikostnader for elektriske anleggsmaskiner avhenger av forholdet mellom pris på strøm og anleggsdiesel, relativt til forskjellen i virkningsgrad mellom forbrenningsmotor og elmotor. Som diskutert i kapittel 2.1.6, er det stor variasjon i strømpris og pris på anleggsdiesel. Beregnet energikostnad basert på data for anleggsmaskinene presentert i Vedlegg 1 varierer i tillegg også mye. Usikkerheten i beregnet merkostnad i drift for batterielektriske anleggsmaskiner er derfor høy.

4. CASE: NYE BYGGETRINN FOR BYBANEN, BIODIESEL

Det er gjort beregninger av klimagassutslipp og kostnader for bruk av biodiesel i prosjektet nye byggetrinn for bybanen.

4.1. Forutsetninger

Beregningene bygger på dokumentasjon for levert biodiesel (HVO100) til utbygging av en delstrekning av bybanen i Bergen. Underlaget inneholder informasjon om mengder levert, pris per liter og leverandør. Total mengde HVO100 levert var 21 330 liter.

Utslippsreduksjon for HVO100, sammenliknet med anleggsdiesel, er regnet i henhold til gjennomsnittlig reduksjon for biodiesel omsatt i Norge i 2017, dvs. 65% [35]. Ettersom anleggsdiesel ikke er omfattet av omsetningskravet for biodrivstoff (se kapittel 2.3.2), er det forutsatt at anleggsdiesel er 100% fossil diesel. Utslippsfaktorer benyttet er gitt i Tabell 10.

Beregnet behov for anleggsdiesel som kunne erstattet HVO er korrigert for 3% høyere energitetthet [29]. Dette gir et beregnet behov for anleggsdiesel på 20 626 liter.

Ettersom det kun er angitt kostnader for levert biodiesel, er det forutsatt at HVO100 vil være ca. 29% dyrere enn anleggsdiesel, i tråd med kostnadsutvikling over de siste 3 år [29].

4.2. Resultater

Angitte kostnader og beregnede klimagassutslipp fra bruk av HVO100 i Bybaneprosjektet, sammenliknet med tilsvarende beregnede utslipp og kostnader ved bruk av fossil anleggsdiesel er gitt i Tabell 15 Beregnede klimagassutslipp og kostnader for levert HVO100 og tilsvarende mengde fossil anleggsdiesel

Tabell 15 Beregnede klimagassutslipp og kostnader for levert HVO100 og tilsvarende mengde fossil anleggsdiesel

	HVO100 (65% utslippsreduksjon)	Anleggsdiesel (100% fossil)	Differanse	
Mengde (l)	21330	20626	703	3 %
Utslipp (kg CO₂)	23931	66121	-42 190	-64 %
Kostnad (kr)	kr 273 694	kr 205 490	kr 68 204	33 %

Utslipp fra levert HVO100 er beregnet til ca. 23,9 tonn CO₂. Dersom prosjektet i stedet hadde benyttet fossil anleggsdiesel, vil utslippene vært ca. 66,1 tonn CO₂. Dette gir en utslippsreduksjon på ca. 42 tonn CO₂, tilsvarende 64% for bruk av HVO100, sammenliknet med anleggsdiesel.

Merkostnaden ved bruk av HVO100 er beregnet til ca. 68 000 kr, tilsvarende en 33% økning i drivstoffkostnader, sammenliknet med anleggsdiesel. Dette gir en beregnet kost-/nytteverdi på 1,62 kr per kg CO₂ redusert. Total prosjektkostnad er ca. 9 MNOK. Merkostnaden ved bruk av HVO100, sammenliknet med fossil diesel er altså i størrelsesorden 0,8% av totale kostnader.

5. ANBEFALINGER TIL KRAVSTILLING

Offentlige oppdragsgivere kan drive utviklingen i retning utslippsfrie anleggsmaskiner ved å stille krav som sikrer at slike løsninger gir reelle og synlige fortrinn i anbudskonkurranser. Per i dag er det svake økonomiske insentiver for å redusere klimagassutslipp fra byggeplasser. Dersom flere byggherrer stiller krav, og er villig til å betale merkostnaden, kan utviklingen gå raskere [14].

De fleste rapporter og intervjuobjekter vi har snakket med konkluderer med at teknologiutvikling vil redusere prisene på maskiner, men at det vil koste for de som er tidlig ute. Det er også en del usikkerhet knyttet til fordeling av risiko.

Ved innføring av ny og ukjent teknologi vil det være risiko som noen må betale for. I et marked i rask utvikling, som elektriske anleggsmaskiner, etterspør entreprenører krav som gir rom for kreativitet og innovasjon, samtidig som de sikrer like konkurransevilkår og angir en tydelig vektning av miljøhensyn. En utbredt holdning blant entreprenørene synes å være at mangel på klart definerte og entydige krav er en hovedårsak til usikkerhet i markedet. Entydig og godt definert begrepsbruk (se kapittel 1.3.1 er et viktig premiss for gode krav.

Alt henger sammen med alt gjelder også når det skal stilles krav til reduksjon av klimagassutslipp fra bygg og anleggsarbeider. Dersom det stilles krav til en bestemt maskintype kan dette få konsekvenser for logistikk, infrastruktur og fremdrift som til slutt kan gjøre dette til et mindre kostnadseffektivt tiltak enn først antatt.

Entreprenører etterlyser også en helhetlig og gjennomtenkt tilnærming til miljøkrav. Krav relatert til klima bør kompletteres med krav som ivaretar andre miljøaspekter og dermed dekker helheten. Entreprenørene understreker dessuten at opplæring og miljøstyringssystem er svært viktig for å sikre et godt miljøarbeid i bedriften [24].

5.1.1. Overordnet strategi

Dersom det er en ambisjon fra byggherres side om å redusere klimautslipp fra byggeplass bør det gjøres en overordnet vurdering om hva som er mest hensiktsmessig for det konkrete prosjektet.

Krav bør rettes inn mot der det har størst effekt. Gravemaskiner, dumpere og hjullastere utgjør ofte 80% av de direkte utslippene knyttet til en anleggsplass. Lastebiler som frakter masser til og fra er også vesentlig. Mye tyder på at det er innen disse kategoriene det er viktig å stille krav. Før det settes konkrete krav er det en fordel å ha konkretisert målsetningene for prosjektet og hvordan målene skal kunne nås.

For å kunne vurdere tilbudene kan det være en strategi å prissette CO₂, slik at tilbudene kan rangeres eller det kan legges inn bonusordninger for utslippskutt. Dette er eksempler på krav som krever kompetanse innenfor klimagassberegninger hos tilbyder. Dette stiller også krav til en viss kompetanse hos den som skal evaluere tilbudene.

Fordi markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner er umodent og geografiske variasjoner finnes, kan det være fornuftig å gjøre en kartlegging av marked før ambisjonsnivå settes.



Figur 9: Hierarkisk struktur på tiltak for utslippskutt på byggeplass (Kilde MGF)

5.1.2. Prekvalifisering

Gjennom prekvalifiseringen er målet at man siler ut de leverandørene som er kvalifisert til jobben. Hvis det stilles ambisiøse krav til klima bør dette også gjenspeiles i prekvalifiseringen. Hvor ambisiøst det skal være bør sjekkes med det lokale markedet. Det kan være en god idé å gå i dialog med leverandørene som er prekvalifisert om mulige fossilfrie/utslippsfrie alternativer.

Det kan for eksempel stilles krav til at leverandøren skal ha kompetanse og erfaring med utslippsfri eller fossilfri byggeplass. Dette kravet må følges av spesifikke dokumentasjonskrav slik at utvelgelse basert på denne informasjonen er mulig. Dette avhenger av at det finnes slik kompetanse i markedet lokalt.

Fossilfri gjennomføring av byggeplass kan også stilles som kvalifikasjonskrav, gitt at det på forhånd er avklart at det vil være tilstrekkelig tilgang på sertifisert bærekraftig biodrivstoff i området der prosjektet skal gjennomføres. De aller fleste anleggsmaskiner er godkjent for bruk av HVO, og dersom det åpnes for fravik der produsenter ikke åpner for at garanti gjelder ved bruk av HVO, eller oppdragsgiver er villig til å ta økonomisk ansvar for risiko ved å bruke HVO også der garanti ikke gjelder, kan krav til fossilfri byggeplass stilles universelt i prosjekter.

5.1.3. Tildeling

I henhold til lov om offentlige anskaffelser er det mulig å vektlegge miljø i tildelingen. Her er det da viktig at det også fremkommer hvordan det skal evalueres.

CO₂-utslipp fra aktiviteter på byggeplass kan brukes som tildelingskriterium. Det vil si leverandørens målsetting og redegjørelse for utslipp av klimagasser fra byggeplass. Dette fordrer kompetanse til å utføre slike beregninger hos leverandør, samt hos de som evaluerer tilbud og følger opp prosjektet. For å sikre at beregninger blir etterprøvbare, må slike krav ledsages av konkrete føringer for hvordan beregningene skal settes opp og utføres.

Eksempler på kvantifiserte størrelser som kan vektlegges i en konkurranse er:

- andel biodrivstoff
- CO₂-utslipp fra anleggsmaskiner innenfor byggegjerdet (evt. samt transport av varer til og fra byggeplass)
- andel driftstimer utslippsfrie anleggsmaskiner av totalt antall driftstimer

I prosjekter der man av ulike årsaker (økonomisk risiko eller usikkerhet knyttet til tilgang på sertifisert bærekraftig biodiesel for eksempel) ikke ønsker å stille absolutt krav om fossilfri byggeplass, kan det være en god løsning å benytte forbruk av fossil diesel som tildelingskriterium, eventuelt i kombinasjon med total energibruk. Dersom drivstofforbruk benyttes som tildelingskriterium, vil det være relativt enkelt å rangere tilbudene i forhold til hverandre. Leverandørens målsetting og redegjørelse evalueres da på estimert bruk av fossilt brensel til anleggsmaskiner på byggeplass og til oppvarming/byggtørking. Her kan man benytte en lineær evaluering, der den med null forbruk eller lavest forbruk får 10 poeng og den med høyest forbruk får 0 poeng. På denne måten gis entreprenørene også mulighet til å konkurrere på effektiv logistikk og energibesparende tiltak.

Det bør også etterspørres en utdyping av hvordan følgende skal løses:

- Termisk energibehov skal reduseres og det skal benyttes vannbårne oppvarmingsløsninger. Der dette ikke er praktisk gjennomførbart skal dette begrunnes.
- Stasjonære maskiner skal tilpasses helelektrisk drift.

5.1.4. Spesifikasjon

Asplan Viaks erfaring er at tydelige kravformuleringer er en avgjørende faktor for å sikre at miljøkrav følges i henhold til intensjonen. Dette gjenspeiles også av erfaringer i bransjen for øvrig [13].

En erfaringskartlegging blant prosjekter i Oslo der man har stilt krav til fossilfri og utslippsfri byggeplass konkluderer med at det er behov for tydelig presisering av begreper som «fossilfri» og utslippsfri». Prosjektets ambisjonsnivå og hvilke systemgrenser som skal gjelde må også være entydig definert.

Dersom kravene står i en spesifisering må de være tydelige slik at leverandør kan prise dette inn i sitt tilbud. Det er fristende å gå rett på utslippskrav til maskiner, men som også Figur 9 viser er det også viktig å stille krav til aspekter på byggeplassen. Mye kan gjøres ved å se på behov, styre, dimensjonere riktig, unngå unødig fyring.

5.1.5. Dokumentasjon

En forutsetning for å stille krav til nye løsninger som det er begrenset tilgang på, og erfaring med i markedet, er at det gis rom for å kunne dokumentere avvik dersom det for eksempel ikke er tilgjengelig infrastruktur eller tilstrekkelig tilgang på løsninger.

Det må også sikres at krav oppfylles i praksis, ved å stille krav til dokumentasjon, og gjennomføre stikkprøver. Det sistnevnte er spesielt relevant for krav til bruk av biodiesel. Sanksjoner kan også være nødvendig for å sikre at krav overholdes, og at leverandørens miljøprestasjon er i henhold til tilbudet. For eksempel kan tildeling basert på beregnede CO₂-utslipp eller drivstofforbruk ledsages av sanksjoner med bot dersom rapporterte utslipp/forbruk overstiger det som ble angitt i konkurransefasen. Motsvarende kan bonus-ordninger benyttes til å stimulere til reduksjoner i utslipp eller drivstofforbruk utover det som ble angitt i tilbudet. Bonus-krav kan således stimulere til innovasjon. Bonusordninger er blant annet testet ut i driftskontrakter for Statens Vegvesen.

Dersom for eksempel tildelingen er gjort på basis av bla entreprenørens oppgitte bruk av fossilt brensel skal dette dokumenteres for eksempel med kvittering fra drivstoffleverandør. Dersom det er avvik fra det som er oppgitt i tilbudet som ikke kan relateres til endringer i prosjektet underveis bør dette ha en konsekvens for tilbyder. Stilles det krav til at det skal være utslippsfrie maskiner på anlegget bør bruken av de dokumenteres.

Et eksempel på oppsett for rapportering av forbruk av drivstoff og energi er gitt i Vedlegg 2.

6. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Klimautfordringene påvirker en lang rekke sektorer, også bygg- og anleggsbransjen. Den økte oppmerksomheten klimautfordringene har fått gjør at både offentlige og private aktører driver sine virksomheter i miljøvennlig retning. Det offentlige gjør dette gjennom lover, forskrifter og regelverk, men også i kraft av sin rolle som byggherre. I privat sektor bidrar behov for selskapsprofilering, men også markedsmessige endringer (bl.a. gjennom miljøsertifiseringssystemer som BREEAM) til økt etterspørsel etter miljøvennlige løsninger.

Tilgangen på batterielektriske anleggsmaskiner er per i dag ikke tilstrekkelig til at krav til utslippsfri byggeplass kan innfris 100%. Markedet er imidlertid i rask endring, og det forventes at nærmest alle typer anleggsmaskiner kan elektrifiseres innen 2030.

På kort tid har bilbransjen utviklet elbiler som i stor grad har de samme egenskaper som fossilbiler. I Norge har gunstige rammevilkår for elbiler ført til at hver tredje nye bil, snart annenhver nye bil, er en elbil. Utvikling i en liknende retning for bygg- og anleggsutstyr og anleggsmaskiner krever at byggherrer øker sin etterspørsel etter nettopp slikt utstyr, gjerne forsterket med myndighetskrav. Kommuner, fylker (regioner) og stat vil også kunne påvirke etterspørselen gjennom sine mange bygge- og anleggsprosjekter.

Investering i nye, utslippsfrie maskiner er kostbart, og etterspørselen etter slike maskiner i Norge påvirker i liten grad markedet internasjonalt. Endring i etterspørsel, og dermed markedet, er det først og fremst byggherrer som må stå for. Forutsigbar langsiktig etterspørsel øker sannsynligheten for at maskinleverandører og entreprenører investerer i utslippsfrie løsninger, fremfor å oppfylle krav til fossilfri byggeplass kun ved bruk av biodrivstoff.

Siden de fleste typer anleggsmaskiner er godkjent for bruk av HVO, kan krav om fossilfri byggeplass innfris. Dersom det åpnes for fravik der produsenter ikke åpner for at garanti gjelder ved bruk av HVO, eller oppdragsgiver er villig til å ta økonomisk ansvar for risiko ved å bruke HVO også der garanti ikke gjelder, kan krav til fossilfri byggeplass stilles universelt i prosjekter. Det må imidlertid være en forståelse for at å erstatte anleggsdiesel med sertifisert bærekraftig HVO100 innebærer en merkostnad (ca. 3-4 kr/l). Total merkostnad kan imidlertid forventes å være svært liten i det totale kostnadsbildet for et prosjekt.

Det kan dessuten skilles på krav til stasjonær energibruk på byggeplass (oppvarming og byggtørking) og anleggsmaskiner. Energibruk på byggeplass kan per i dag dekkes med utslippsfrie kilder, gitt at tilstrekkelig energiinfrastruktur er tilgjengelig (effekt i strømnettet/utbygget fjernvarmenett).

Bestillerkompetanse er en viktig faktor når det gjelder å drive utviklingen i retning utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Anbud bør innrettes på en slik måte at det fremgår tydelig hva tilbyderne anslår er merkostnad knyttet til å oppfylle krav.

På grunn av stor usikkerhet, og rask utvikling i markedet, anbefales det ikke å stille krav på detaljnivå per maskintype. Slike krav er utfordrende å utforme, fordi det krever detaljkunnskap om markedet for anleggsmaskiner, i tillegg til kunnskap om hvordan behovet for ulike typer maskiner varierer mellom ulike typer prosjekter. Ettersom utviklingen i markedet er svært rask, vil slike krav tilsvarende raskt bli utdatert.

Bonusordninger for nullutslippsløsninger i kombinasjon med krav om fossilfri byggeplass kan være en kombinasjon som vil kunne bidra til økt etterspørsel etter utslippsfrie anleggsmaskiner.

Erfaringskartleggingen fra prosjekter i Oslo indikerer at entreprenørene stort sett hadde positive erfaringer knyttet til krav om fossilfrie løsninger. Flere uttalte at kravene medførte noe mer administrasjon og noe økte drivstoffkostnader, men totalt sett mindre utfordringer enn det som var forventet. Enkelte entreprenører oppga dessuten at de i fremtidige prosjekter, uten formelle krav til fossilfrie løsninger, likevel ville tatt i bruk fossilfrie løsninger [13]. Oslo kommune oppgir at de ikke

har opplevd økte kostnader knyttet til krav om fossilfrihet og at responsen i markedet har vært positiv.

For å redusere utslipp fra bygge- og anleggsplasser mest effektivt er det også viktig å ikke fokusere ensidig på overgang til ikke-fossile energibærere. Krav til fossilfrie og utslippsfrie løsninger bør ledsages av helhetlige mål om og krav til redusert energibruk.

6.1. Oppvarming og byggtørking

Utslippsfrie løsninger for oppvarming og byggtørking som er i hovedsak elektrisitet og fjernvarme. Fossilfrie alternativer til anleggsdiesel vil i hovedsak være biodiesel (HVO100) og pellets. Alle disse løsningene er tilgjengelige over hele landet, og benytter konvensjonell teknologi som er godt utprøvd. Pellets/biodiesel kan benyttes på samme eller omtrent samme måte som diesel/propan, mens elektrisitet og fjernvarme krever noe annerledes utstyr. I tillegg krever bruk av elektrisitet og fjernvarme at el- og fjernvarmenett har tilstrekkelig kapasitet.

For elektrisitet omfatter dette tilstrekkelig tilgang på byggestrøm. Dette må sikres i forkant ved tidlig og god planlegging og dialog med netteier. Også ved bruk av fjernvarme er god planlegging og dialog med fjernvarmeleverandør viktige premisser for bruk i byggefasen.

Gitt at effektbehovet til oppvarming og uttørking på byggeplassen ikke overstiger det endelige effektbehovet til bygget, samt god planlegging, kan energiløsningen som er planlagt for å forsyne et bygg med energi i drift også benyttes i byggefasen.

Målt per energienhet vil pellets vanligvis være rimeligere enn anleggsdiesel, mens biodiesel på sin side vil være noe dyrere. Merkostnaden ved bruk av utslippsfrie løsninger til oppvarming og byggtørking avhenger av den relative forskjell mellom prisene på fossile energikilder og el/fjernvarme. Energiprisene varierer over året og hvor i landet man befinner seg. Videre er svingningene så store at det ikke er mulig å konkludere generelt om bruk av elektrisitet eller fjernvarme vil være lønnsomt, sammenliknet med diesel/propan.

Hvor godt energibruken på byggeplass styres gjennom bruk av termostat, behov for fleksibilitet i plassering av varmekilder, samt forhold knyttet til utetemperatur er andre viktige forhold som påvirker valg av løsning. Generelt har elektrisitet og fjernvarme fordeler knyttet til oppvarming av bygg under oppføring, mens diesel/propan er noe bedre egnet til betongherding og fasadeoppvarming. Det er imidlertid ikke grunnlag for å si at det er situasjoner der det absolutt ikke vil være mulig å benytte elektrisitet eller fjernvarme, men det er viktig å være oppmerksom på hvilke konsekvenser dette vil ha for planlegging og logistikk.

For anleggsprosjekter er bruk av utslippsfrie løsninger mer utfordrende, på grunn av et langt større område må dekkes.

6.2. Anleggsmaskiner

Per i dag er tilbudet i markedet for anleggsmaskiner med nullutslippsteknologi begrenset. Det er i hovedsak små maskiner som tilbys med ren batterielektrisk drift. For de større maskinene er det nødvendig med ombygging. For de største maskinene, samt en del spesialmaskiner, finnes det ikke tilgjengelige batterielektriske modeller.

I de større maskinene som er tilgjengelige er heller ikke batterikapasiteten per i dag tilstrekkelig til å gi fullgode erstatninger for dieseldrevne maskiner. Dette vil imidlertid endre seg i takt med teknologiutviklingen for batterier, som har vist seg å gå raskt. Merkostnaden for større batterielektriske anleggsmaskiner har også tett sammenheng med prisen på batterier. Gjennomsnittspris for elektriske batterier har sunket med over 70% siden 2010, og forventes å synke ytterligere fremover.

Merkostnaden ved bruk av utslippsfrie anleggsmaskiner varierer med størrelse. For de aller minste maskinene forventes det ingen vesentlig merkostnad, og for små maskiner (minigravere, minidumpere etc.), kan man forvente en relativt moderat merkostnad. For maskiner av middels størrelse og oppover er ombygging nødvendig per i dag, og merkostnaden i innkjøp vil derfor være høy – typisk 3 til 4 ganger kostnaden for en standard dieseldrevet maskin.

6.3. Konklusjoner spesifikt for Bergensområdet

Vurderingene i denne rapporten er i stor grad basert på erfaringer fra Østlandsområdet. Dette skyldes at det så langt omtrent utelukkende der erfaringene er gjort. Ifølge entreprenørene har det hittil ikke vært noen etterspørsel etter utslippsfrie maskiner/kjøretøy og biodrivstoff i Bergensområdet.

Bybanen er første prosjekt der fossilfrie løsninger etterspørres i utlysning av anbud.. I følge Nasta, som hittil har vært en av de fremste aktørene på ombygging av maskiner til elektrisk drift, er det ingen grunn til at det ikke skal være like gode muligheter for dette i Bergensområdet som på Østlandet.

Tilgangen på sertifisert bærekraftig biodrivstoff i Hordaland kan også være begrenset, eller i hvert fall kreve planlegging i forkant for å sikre leveranse.

6.4. Kravstilling

At markedet ikke kan tilfredsstillere krav til 100% utslippsfrie byggeplasser per i dag betyr at offentlige oppdragsgivere har en viktig rolle å spille i introduksjonen av ny teknologi. Krav bør stilles slik at de sikrer et minstenivå av miljøprestasjon, for eksempel gjennom fossilfri byggeplass, men at man samtidig stimulerer til innovasjon og økt etterspørsel etter utslippsfrie løsninger.

Det må være en forståelse for at å ta i bruk ny teknologi innebærer en risiko for leverandørene, og at de må ha en sikkerhet for enten i form av at de kan prise inn denne risikoen eller at dette er teknologi som også vil etterspørres videre fremover i markedet slik at det kan lønne seg å være i front i utviklingen. Evalueringer og etterprøving i prosjekter må gjennomføres når mye kan betraktes som piloter.

Krav kan settes på flere nivåer og i flere faser fra prekvalifisering til kontrakt. og viktige momenter i kravstillingsprosessen kan oppsummeres som følger:

- Det bør lages en prosjektspesifikk strategi
- Det som vurderes som viktig bør også tillegges vekt i tilbudsevalueringen
- Konkrete, entydige krav er enklere å sammenligne i en tilbudsfasen
- Krav må stilles på en måte som gjør det mulig å beregne kostnadene knyttet til kravet
- Det er mulig å sette spesifikke funksjonskrav eller utslippsnivå i spesifikasjonene
- Det er mindre hensiktsmessig å stille krav på maskinnivå
- Skal det benyttes biodrivstoff må det stilles krav til at dette skal være sertifisert bærekraftig

KILDER

- [1] M. Hepsø, V. Haarsaker, L. T. Høydal, B. Håmsø, K. Birkeli, and I. Stene, "Utredning om bruk av mineralolje til byggvarme på bygge-og anleggsplasser," 2018.
- [2] Regjeringen, "Politisk plattform for en regjering utgått av Høyre, Fremskrittspartiet, Venstre og Kristelig Folkeparti," 2019.
- [3] Hordaland fylkeskommune, "Klimaplan for Hordaland 2014-2030. Regional klima- og energiplan," 2014.
- [4] S. Davidsson and A. Ø. Lie, "Potensialet for utslippsreduksjon ved fossil og utslippsfrie bygge-og anleggsplasser," 2018.
- [5] Jernbanedirektoratet, Kystverket, Avinor, Nye Veier, and Statens Vegvesen, "Muligheter og barrierer for fossilfrie anleggsplasser i transportsektoren," 2018.
- [6] S. M. Fufa *et al.*, "Utslippsfrie byggeplasser. State of the art. Veileder for innovative anskaffelsesprosesser," 2018.
- [7] G. Fasting and A. Ø. Lie, "Fossil- og utslippsfrie byggeplasser," 2017.
- [8] Statnett, "Pilot Fossilfri anleggsplass Veileder," 2018.
- [9] S. Davidsson and A. Ø. Lie, "Veileder for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger på byggeplassen," 2018.
- [10] Standard Norge, "NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger," p. 40, 2018.
- [11] VVSForum, "Lia barnehage fikk Varmepumpeprisen 2019," *VVSForum*, 2019.
- [12] P. B. Lotherington, "Solenergi ble byggestrøm," *Byggmesteren*, 2017. [Online]. Available: <https://byggmesteren.as/2017/03/28/solenergi-ble-byggestrom/>. [Accessed: 15-May-2019].
- [13] M. J. Røsjø and S. Kiil, "Erfaringskartlegging av krav til fossilfrie byggeplasser," 2018.
- [14] Oslo Kommune Klimaetaten, "Utslippsfrie anleggsmaskiner. Tiltakspakke 4," 2018.
- [15] T. A. Haga, "Telefonsamtale 12.02.19, Elbjørn." 2019.
- [16] T. Ibsen, "Telefonintervju 14.03.19, Cramo." 2019.
- [17] "Energirapporten," *Energirapporten*, vol. 16, no. 10, 2019.
- [18] Hafslund, "Vedlegg nr. 1 – Beskrivelse av tariff V2 (byggvarme)." 2019.
- [19] K. Wang, "Nye Jordal Amfi - erfaringer fra en fossilfri byggeplass." 2018.
- [20] Maskinentreprenørenes forbund, "Utdrag fra medlemsundersøkelse, mai 2018," 2018.
- [21] D. Molin, V. Haarsaker, Ø. H. Rasmussen, and B. Laird, "Miljøavtale med CO2-fond: Modellering av kostnader og potensial for utslippsreduksjoner," 2018.
- [22] M. Kjendseth *et al.*, "30 tonns utslippsfri gravemaskin. Teknologistatus, kartlegging og erfaringer," 2018.
- [23] N.-O. Haukaas, "Telefonintervju 25.02.19, Nasta." .
- [24] A. Sundal, "Telefonintervju 04.02.19, Løvås Masin AS." 2019.
- [25] S. Norheim, "Korrespondanse per epost, 15.03.19, LAB Entreprenør." 2019.
- [26] M. Valle, "Denne dumperen blir verdens største elbil," *Teknisk Ukeblad*, 2017. [Online]. Available: <https://www.tu.no/artikler/denne-dumperen-blir-verdens-storste-elbil/407746>. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [27] R. Daler, "Lanserte fremtidens pukkverk," *Anleggsmaskinen*, 2018. [Online]. Available: <https://anleggsmaskinen.no/2018/08/lanserte-fremtidens-pukkverk/>. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [28] J. Søderholm, "Hitachi skal utvikle elektriske anleggsmaskiner i Europa," *Anleggsmaskinen*, 2018.
- [29] E. Bakketeig, L. K. Steinberg, B. Ludwig, and A. Schoder, "Fossilfri anleggsplass," 2018.
- [30] J. Aarnes, G. P. Haugom, and B. Norheim, "Produksjon og bruk av hydrogen i Norge," 2019.
- [31] A. Pederstad, "Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass. Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere," 2017.
- [32] Miljødirektoratet, "Rapportering på bærekraftskriterier for biodrivstoff og flytende

- biobrensel. Veileder til produktforskriften § 2-21 og kapittel 3, versjon 6, januar 2018.,” 2018.
- [33] Miljødirektoratet, “Fakta om biodrivstoff,” 2018. [Online]. Available: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/Februar-2017/Fakta-om-biodrivstoff1/>. [Accessed: 18-Oct-2018].
- [34] C. Malins, “For Peat’s Sake: Understanding the climate implications of palm oil biodiesel consumption,” no. May. Cerulogy and Rainforest Foundation Norway, 2017.
- [35] Miljødirektoratet, “Bruk av biodrivstoff fortsetter å øke,” 2018. [Online]. Available: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2018/Mai-2018/Bruk-av-biodrivstoff-fortsetter-a-oke/>. [Accessed: 18-Oct-2018].
- [36] M. J. Røsjø and T. H. Thorvaldsen, “Gevinst- og klimaanalyse. Omsorgsbygg: Fossilfrie byggeplasser,” 2017.
- [37] L. A.-W. Ellingsen and C. Hung, “Battery- powered electric vehicles : market development and lifecycle emissions,” 2018.
- [38] Miljødirektoratet, “Bruk av biodrivstoff fortsetter å øke,” 2018. [Online]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2018/mai-2018/bruk-av-biodrivstoff-fortsetter-a-oke/>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [39] F. Selamawit, R. Schlanbudch, K. Sørnes, M. Inman, and I. Andresen, *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. 2016.
- [40] K. Lien, *CO2 emissions from Biofuels and District Heating in Zero Emission Buildings (ZEB)*. 2013.
- [41] Nasta, “Batteri-elektriske gravemaskiner fra Nasta.” 2018.

VEDLEGG 1: UTSLIPPSFRIE ANLEGGSMASKINER TILGJENGELIG I DET NORSKE MARKEDET

Oversikten under er basert på en tilsvarende oversikt gitt i DNVs *Veileder for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger på byggeplassen* [9], og oppdatert og utvidet med ny informasjon som er innhentet ifm. denne utredningen.

Maskiner som er omtalt i norske kilder, men der det ikke har vært mulig å finne dokumentasjon på at modellen leveres i Norge er inkludert, men merket med *Usikkert om tilgjengelig i Norge*.

Utstyr som tradisjonelt benytter kabelelektrisk drift (inkluderer blant annet små maskiner og større maskiner benyttet i tunnelbygging) er ikke inkludert.

Det vises også til nettportalen «Fossilfrie arbeidsmaskiner og kjøretøy»²⁷, som springer ut av Østfold fylkeskommunes prosjekt «Test av fossilfrie maskiner og kjøretøy» fra 2017. Portalen inneholder informasjon om elektriske anleggsmaskiner og lastebiler, og skal oppdateres kontinuerlig.

Maskin-kategori	Energikilde (batteri /kabel/hybrid/ hydrogen)	Modell	Spesifikasjoner	Driftstid	Tilgjengelighet
Hjullaster	Batteri	Wacker Neuson WL20e	Løfteevne 1,5 tonn	Inntil 4/5 timer, avhengig av type batteri	Tilgjengelig fra Ramirent, Pon Rental, Utleiesenteret
	Batteri	Kramer 5055e	Løfteevne 2,5 tonn	5 timer	Tilgjengelig fra H&H Maskin, Ramirent, Cramo, UCO
	Batteri	Weidemann 1160 eHoftrack	Løfteevne 5 tonn	Inntil 4/5 timer, avhengig av type batteri	Tilgjengelig i Norge
	Batteri	Avant e5	Løfteevne 0.9 tonn, løftehøyde 2,8 m	2 timer. Integret lader	Tilgjengelig fra Felleskjøpet Maskin BA
	Batteri	Avant e6	Løfteevne 0.76 tonn, løftehøyde 2,8 m	4 timer. Integret lader, kan leveres med hurtiglader.	Tilgjengelig fra Felleskjøpet Maskin BA
Gruvelaster	Batteri	Epiroc Scooptram ST7 Battery	Løfteevne 7 tonn	4 timer. 1 time hurtiglading	Tilgjengelig fra Epiroc Norge AS
	Kabel	Epiroc Scooptram EST2D	Løfteevne 3,6 tonn		Tilgjengelig fra Epiroc Norge AS

²⁷ <https://sites.google.com/site/arbeidsmaskiner/>

	Kabel	Epiroc Scooptram EST3,5	Løfteevne 6 tonn		Tilgjengelig fra Epiroc Norge AS
	Kabel	Epiroc Scooptram EST1030	Løfteevne 10 tonn		Tilgjengelig fra Epiroc Norge AS
Graver	Batteri	Caterpillar 323F Z-line (ombygget fra dieseldrevet modell)	25 tonn	5-7 timer	Tilgjengelig fra Pon Equipment
	Batteri	Caterpillar 307.5 Z-line (ombygget fra dieseldrevet modell)	8 tonn	5-8 timer	Leveringsklar fra Pon Equipment i løpet av 2019
	Batteri	Caterpillar 310 (ombygget fra dieseldrevet modell)	10 tonn	5-8 timer	Leveringsklar fra Pon Equipment i løpet av 2019
	Batteri	Bobcat E10e	Minigraver (1 tonn)	8 timer. Hurtiglading til 80% under 2 timer.	Tilgjengelig for bestilling fra Anleggsgruppen
	Batteri	Suncar HK TB216E (ombygget fra Takeuchi)	2 tonn	4-5 timer (med 1 times lading ila dagen)	Usikkert om tilgjengelig i Norge
	Batteri	Suncar HK TB260E (ombygget fra Takeuchi)	7 tonn	6-8 timer (med 1 times lading ila dagen)	Usikkert om tilgjengelig i Norge
	Batteri	Suncar HK TB1140E (ombygget fra Takeuchi)	16 tonn	4-5 timer (med 1 times lading ila dagen)	Usikkert om tilgjengelig i Norge
	Batteri	Takeuchi TB370	Kompaktgraver		Blir tilgjengelig fra ABS-Maskin fra 2020
	Batteri	Takeuchi TB220e	Kompaktgraver		Blir tilgjengelig fra ABS-Maskin fra 2020
	Batteri/kabel	Wacker Neuson EZ17e	Minigraver	5-7 timer. Hurtiglading på 4 timer.	Tilgjengelig 2019
	Batteri	Wacker Neuson EZ26e	2.6 tonn	5 timer	Forventet medio 2020

Batteri	Zeron ZE19 [41] (ombygget fra Hitachi)	2 tonn. Integrert lader (kan kjøre mens den lader)	4,5 timer	Ombygget av Nasta. Levering vår 2019.
Batteri	Zeron ZE33 [41] (ombygget fra Hitachi)	3,5 tonn. Integrert lader (kan kjøre mens den lader)	4,5 timer	Ombygget av Nasta.
Batteri	Zeron ZE85US [41] (ombygget fra Hitachi)	8 tonn. Integrert lader (kan kjøre mens den lader)	Opptil 7,5 timer på én opplading	Ombygget av Nasta. Leveringsklar 2019.
Batteri	Zeron ZE135US [41] (ombygget fra Hitachi)	14 tonn. Integrert lader (kan kjøre mens den lader)	5 timer	Ombygget av Nasta
Hybrid, kabel	Wacker Neuson 803 dual power	Driftsvekt 1 tonn Diesel eller elektro-hydraulisk drift		Tilgjengelig fra Utleiesenteret
Hybrid	KOMATSU HB215LC-2	Driftsvekt 2,2-2,3 tonn Kan ikke benytte ren elektrisk drift		Tilgjengelig fra Hesselberg
Hybrid	KOMATSU HB365LC-3	Driftsvekt 3,6-3,7 tonn Kan ikke benytte ren elektrisk drift		Tilgjengelig fra Hesselberg
Kabel	Kubota K008-3 EL	850 kg, beregnet for innendørs bruk		Usikkert om tilgjengelig i Norge
Kabel	Kubota U10-3 EL	1100 kg, beregnet for innendørs bruk		Usikkert om tilgjengelig i Norge
Kabel/hybrid	Kubota U17-3 EL	1700 kg, beregnet for innendørs bruk		Usikkert om tilgjengelig i Norge

Gruvedumper	Batteri	Minetruck MT2010 Battery	Lastekapasitet 20 tonn		Tilgjengelig fra Epiroc Norge AS
	Batteri	Minetruck MT42 Battery	Lastekapasitet 42 tonn		Tilgjengelig fra Epiroc Norge AS
Dumper	Batteri	Wacker Neuson DT10e	Mini beltedumper Lastekapasitet <0,9 tonn	8 timer	Tilgjengelig fra Ramirent
	Batteri	Wacker Neuson DW15e	1,5 tonn nyttelast	5 timer	Leveringsklar i Norge
	Batteri	Messersi TCH-R800 FED	Mini beltedumper Lastekapasitet 0,8 tonn	4,5 timer	Tilgjengelig fra Thor Heldal AS
	Batteri	Fort 600W	Minitransporter. Taukapasitet inntil 3 tonn	6 timer	Tilgjengelig fra Maskin Importøren AS
	Batteri	Fort 600WS	Minitransporter. Lastekapasitet 0,6 tonn	6 timer	Tilgjengelig fra Maskin Importøren AS
	Batteri	Fort 600WXL	Minitransporter. Lastekapasitet 0,6 tonn	6 timer	Tilgjengelig fra Maskin Importøren AS
	Batteri	Ecovolve ED800	Lastekapasitet <0,8 tonn	8-9 timer	Tilgjengelig fra Dia Proff AS
	Batteri	Ecovolve ED1000	Lastekapasitet <1 tonn	8-9 timer	Tilgjengelig fra Dia Proff AS
	Batteri	Ecovolve ED1500	Lastekapasitet <1,5 tonn	8-9 timer	Tilgjengelig fra Dia Proff AS
Rivingsmaskin	Kabel	Brokk 100	Vekt 990 kg		Tilgjengelig fra Utleiesenteret
Mobilkran	Batteri	Unic ECO-095	Maks løftehøyde 8,9m Maks last 0,995 tonn		Tilgjengelig fra Knutsen Maskin AS
	Batteri	Unic ECO-295	Maks løftehøyde 8,9m Maks last 2,9 tonn		Tilgjengelig fra Knutsen Maskin AS
Sorteringsmaskin	Kabel	Sennebogen 818RE	20 tonn		Tilgjengelig fra Volvo Maskin AS

Små maskiner					
Stamper	Batteri	Wacker Neuson AS30e		Ca. 45min	Tilgjengelig i Norge
	Batteri	Wacker Neuson AS50e		Ca. 30min	Tilgjengelig i Norge. Dyrud AS har kjøpt 1stk
Vibroplate	Batteri	Wacker Neuson AP1840e		>1 time	Usikkert om tilgjengelig i Norge
	Batteri	Wacker Neuson AP1850e		>1 time	Tilgjengelig i Norge. Dyrud AS har kjøpt 1stk
	Batteri	Wacker Neuson AS60e	70 kg	0.5 time, ladetid 80 min	Leveringsklar i Norge
	Hybrid	Ammann	540 kg		Testes i Norge av Anleggsgruppen
Grøftevals	Batteri	Ammann		Kontinuerlig drift mulig med to batteripakker	Testes i Norge av Anleggsgruppen
Kompressor	Batteri	Kaeser M50PE e	Kapasitet 5 m ³ /min		Tilgjengelig fra Ramirent

VEDLEGG 2: OPPSETT FOR RAPPORTERING AV BRUK AV ANLEGGSMASKINER OG DRIVSTOFFFORBRUK I BYGGE- OG ANLEGGSPROSJEKTER

PROSJEKTINFORMASJON

Prosjekt *navn på prosjektet*

Type *bygg/anlegg*

Varighet *bygge-/anleggsfase, måneder*

Prosjekt kostnad *oppgi om det er entreprisekost, totalkost eller annet*

Bygningsstørrelse *hvis relevant - m² BRA*

BRUK AV ANLEGGSMASKINER

Dieselforbruk til anleggsmaskiner, totalt

Strømforbruk til anleggsmaskiner, totalt
Forbruk av biodiesel i anleggsmaskiner (hvis relevant)

liter
anleggsdiesel

kWh

liter biodiesel

Maskinkategori	Andel av totalt drivstofforbruk <i>ca. %-andel av totalt dieselforbruk til anleggsmaskiner i prosjektet</i>	Andel av totalt strømforbruk <i>ca. %-andel av totalt strømforbruk til anleggsmaskiner i prosjektet, der relevant</i>	Maskintimer i drift per dag <i>ca. driftstimer per maskintype på en typisk dag i prosjektet, hvis relevant</i>		Er elektriske løsninger benyttet? <i>hvis ja - spesifiser kabel/batterielektrisk og type</i>
			Antall timer	%	
Hjullastere					
Gravere >25 tonn					
Gravere <25 tonn					
Dumpere >10 tonn					
Dumpere <10 tonn					
Mobilkraner					
Tårnkraner					
Lift					
Asfaltlegger					
Valsemaskin					
Boremaskin					
Øvrige maskiner					

STASJONÆR ENERGIBRUK PÅ BYGGE-/ANLEGGSPASS

Energibærer	Forbruk <i>totalt i prosjektet</i>		Fordeling mellom ulike formål <i>angi ca. %-andel av forbruk per energibærer, der det er relevant</i>					Løsninger som er brukt <i>Beskriv type løsninger, per energibærer (f.eks. aggregat, strøm fra nettet, kokoverk etc.)</i>
			Betong- herding	Fasade- oppvarming	Innvendig oppvarming i bygg	Annen oppvarming, ekskl. brakke	Belysning, ekskl. brakke	
Diesel		liter						
Biodiesel		liter						
Propan		liter						
Strøm, fra nettet		kWh						
Fjernvarme		kWh						
Annet (spesifiser)		kWh						