

Beregnet til  
Statnett

Dokument type  
Veileder

Dato  
5.1.2018

# PILOT FOSSILFRI ANLEGGSS- PLASS



## SAMMENDRAG

Statnett ønsker å redusere klimagassutslippene fra anleggsplasser. Rambøll bistår derfor med å utrede hvordan dette kan planlegges og gjennomføres i prosjekter. Det er i prosjektet undersøkt:

- Hvilke av de planlagte prosjektene i Statnett sin prosjektportefølje som er egnet til å bli pilot for fossilfri anleggsplass
- Hva kan gjøres helt fossilsfritt i piloten
- Hvordan det er mulig å få til utslippsfrie løsninger på framtidige anleggsplasser

Fossilfrie/utslippsfrie anleggsplasser har fått et økt fokus de senere år, og er et område det er mulig å oppnå store kutt i klimagasser og lokale miljøutslipp. Statnett har muligheten til å oppnå store reduksjoner i klimagassutslippene, med lave kostnader og i noen tilfeller også med økonomiske besparelser.

Det er mulig å redusere mye av utslippene på anleggsplasser på kort sikt (2018-2020) ved å ta i bruk best tilgjengelig teknologi. For oppvarming er det billigere å benytte fornybare kilder (pellets 75 øre/kWh) enn diesel (85 øre/kWh). Tidlig elektrisitetstilknypning vil spare utgifter til dyrere midlertidig byggestrøm (dieselaggregat) som ofte har påslag. Elektrisitet kan forsyne mye utstyr, lys, brakker, og en del anleggsmaskiner. Dette er viktig for å elektrifisere anleggsplassen i størst mulig grad.

Følgende løsninger vil være aktuelle for fossilfri anleggsplass på kort sikt:

- Fornybar oppvarming på anleggsplass
- Tidlig forsyning av elektrisitetstilknypning («byggestrøm»)
- Fossilfri drift av betongbil og mobilkraner på anleggsplass. For betongbiler er det mulig å deelektrifisere pumping og sirkulering, noe som kan redusere utslipp fra dieseldrift av betongoperasjoner.
- Hybrid drift på særlig gravere, som utnytter fordelene ved en elektrisk drivlinje.

På utslippsfrie anleggsplasser er det mindre fare for brann/eksplosjon og forurensning, mindre lukt, og lavere støy. Den fossilfrie omleggingen av anleggsbransjen skaper nye muligheter for lokalt næringsliv, innenfor «grønt næringsliv» og gir et bedre omdømme.

Fagrafjell er et mulig pilotprosjekt for fossilfri anleggsplass. Prosjektet er først og fremst egnet fordi det er mulig å opparbeide erfaringer forholdsvis raskt, samtidig som det er mulig å planlegge gjennomføringen godt med involvering av prosjektorganisasjon i perioden fram til utlysning av anleggsarbeidet i 2018.

Utslipp kan i dag og reduseres dersom anleggsgdiesel erstattes med avansert biodiesel, noe som ikke krever utskifting av utstyr eller maskiner, men kan brukes direkte i eksisterende anleggsmaskiner med få unntak. Biodrivstoff kan innføres på kort sikt og spiller en viktig rolle for å fase ut fossile drivstoff.

Elektrisk drift av anleggsmaskiner kan dekke ulike behov i dag, men teknologien for batteri- og direktdrevne elektriske maskiner må utvikles videre for at disse skal kunne erstatte større modeller av dagens fossile maskiner. Det er grunn til å tro at denne utviklingen vil skje raskt, da batteriteknologien utvikles med et økende volum i relevante markedsområder.

Ved å tilpasse anskaffelsesrutinene slik at det sikres fossilfritt anleggsarbeid, så viser erfaring hittil, bl.a. fra Oslo kommune, at anleggsbransjen leverer fossilfrie løsninger, noe sitatet under illustrerer.

Vi har ikke mottatt en eneste henvendelse som problematiserer kravet om fossilfri byggeplass på Lambertseter. Det var heller ingen som la inn noe forbehold i tilbudene sine, og derfor gjør vi det nå til en standard i våre kontrakter, sier Eli Grimsby (administrerende direktør for Kultur- og idrettsbygg i Oslo, )

Med det store fokuset som er på fossilfri anleggsplass, fra større byggherrer som Statens vegvesen, fylkeskommuner, byer, samt de store entreprenørene Veidekke, Skanska og NCC så regnes det som sannsynligvis at det vil skje en rask modning av bransjen. Det er og mange utstyrsleverandører, som Nasta, som er ivrige på å skape en posisjon innenfor fossilfri anleggsdrift.

Statnett bør tilpasse sine krav i anskaffelser mot det som er utprøvd i praksis, og tilpasse disse kravene slik at de dekker det særbehovet Statnett har. I denne rapporten er det synliggjort hvordan anleggsarbeider i Statnett skiller seg/har fellestrekk med de utredninger som er gjort på fossilfri anleggsvirksomhet, for andre bransjer, nettopp for å lettere kunne gjøre slike tilpasninger.

## INNHALDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	1
1.1	Prosjektets mål	1
1.2	Formål med utredningen	1
1.3	Omfang	1
1.4	Beskrivelse av pilotprosjektet	1
1.5	Forutsetninger og avgrensninger	1
1.6	Bidrag til utredningen	2
2.	BRUK AV ANLEGGSMASKINER I PROSJEKT	2
2.1	Prosjektfaser og arbeidsprosesser på en anleggsplass	2
2.2	Fordeling av energibehov for ulike aktiviteter	3
3.	MULIGHETSROMMET - FOSSILFRIE ANLEGGSMASKINER	4
4.	MULIGHETSROMMET FOR HELELEKTRISK OG BATTERIELEKTRISK DRIFT	5
4.1	Teknologisk egnethet elektrisk drift	5
4.2	Teknologisk modenhet for elektrisk drift	5
4.3	Kostnader og kostnadsutvikling elektrisk drift	6
4.4	Infrastruktur for elektrisk drift	6
4.5	Utslippsreduksjoner elektrisk drift	7
5.	MULIGHETSROMMET FOR BIOGASSDRIFT	8
5.1	Teknologisk egnethet for biogassdrift	8
5.2	Teknologisk modenhet biogassdrift	8
5.3	Egnethet ift. infrastruktur biogassdrift	8
5.4	Utslippsreduksjoner biogassdrift	9
5.5	Kostnader og kostnadsutvikling biogassdrift	9
6.	MULIGHETSROMMET FOR BIODIESELDRIFT	11
6.1	Teknologisk egnethet biodieseldrift	12
6.2	Teknologisk modenhet biodieseldrift	12
6.3	Egnethet ift. infrastruktur biodieseldrift	12
6.4	Utslippsreduksjoner biodieseldrift	12
6.5	Kostnader og kostnadsutvikling biodieseldrift	13
7.	HYBRIDLØSNINGER	15
8.	MULIGHETSROMMET – OPPVARMING, TØRK OG ELFORSYNING	16
8.1	Varme og tørk på byggeplass	16
8.1.1	Oppvarming og tørk med fjernvarme, eller lokal nærvarme	17
8.1.2	Oppvarming og tørk med biobaserte oppvarmingskilder	17
8.1.3	Kostnader og kostnadsutvikling	17
8.1.4	Oppsummering av fordeler og ulemper ved bruk av fornybar varme	18
8.2	Elektrisitetsforsyning i bygg- og anleggsperiode	18
8.3	Kostnader for energibærere til stasjonært varme- og elektrisitetsbehov.	18

9.	ANBEFALING FOR VIDERE PROSESS	19
9.1	Overordnede anbefalinger for fossilfri anleggsplass	19
9.2	Prosjektspesifikk anbefaling for fossilfri anleggsplass	19
9.3	Anbefalinger for anskaffelsesprosess	20
9.4	Kvalifikasjonskrav	20
9.4.1	Krav i totalentrepriseunderlag:	20
9.5	Tildelingskriterier og dokumentasjonskrav	20
9.5.1	HMS	20
9.5.2	Dokumentasjonskrav etter/under oppdragsgjennomføring	20
9.5.3	Beskrivelse av gjennomføring	21
9.5.4	Miljøvekting	21
9.6	Oppfølging av miljø og klimakrav i byggefase	21
9.6.1	Evaluering av prosjekt for fossilfri drift er viktig for å lære til neste. Følgende momenter kan inngå som en del av denne evalueringen:	21
VEDLEGG 1 - ANLEGGSMASKINER EGNET FOR BRUK I STATNETTPROSJEKTER		1
VEDLEGG 2 – ELEKTRISKE ANLEGGSMODELLER		4
VEDLEGG 3 - PROSJEKTER FOR PILOT FOSSILFRI ANLEGGSPASS		5
REFERANSER		7

## FIGURER

Figur 1: De ulike fasene i anleggsarbeidet for et typisk stasjonsprosjekt .....	2
Figur 2: Oversikten viser ulike typer energibærere for fossilfri anleggsvirksomhet av maskiner, der mye fyll i kakene angir kvaliteten til ulike egenskaper som er listet opp på venstre side. ....	4
Figur 3: Skisse hybrid kondensatordrift av anleggsmaskiner, her vist for en beltgående gravemaskin (det finnes variasjoner av teknologien).....	15
Figur 4: Prinsipp for bruk av varme for raskere betongherding .....	16
Figur 5: Eksempel på bergoppvarming på vinterstid med væskebåren varme for å øke anleggsperioden inn i vinteren.....	17
Figur 6: Eksempel tildelingskriterier og dokumentasjonskrav i Statnett.....	20

## TABELLER

Tabell 1 Fagrafjell stasjon er en mulig kandidat som pilot for uttesting av fossilfri anleggsplass. Resterende prosjekter er listet opp i vedlegg 3 .....	1
Tabell 2: Maskinpark som brukes på en typisk ny stasjon.....	3
Tabell 3: Listepriiser og produktpriser diesel og HVO.....	13
Tabell 4: DNV-GL- Typisk energibehov i byggeprosjekter. Statnett vil sannsynligvis ikke ha samme behov for innvendig oppvarming. Behovet for betongherding er sannsynligvis like stort. ....	17
Tabell 5: Kostnad for ulike energibærere til varme- hentet fra rapport- fossilfri og utslippsfrie anleggsplasser (DNV-GL, 2017) og kostnader i energisektoren (NVE, 2015) .....	18
Tabell 6: Eksempel skjema for miljøvekting. Utgangspunkt TØI/Østfold fylkeskommune.....	21
Tabell 7: Anleggsmaskiner som vanligvis anvendes ved etablering av ny transformatorstasjon er listet opp under: .....	1
Tabell 8: Oversikt over elektriske anleggsmaskiner for de viktigste anleggsmaskintypene, BE- står for batterielektrisk og E står for direkte elektrisk .....	4

# 1. INNLEDNING

## 1.1 Prosjektets mål

Gjennomføringen av pilotprosjektet for fossilfri anleggsplass skal demonstrere at fossilfrie løsninger på anleggsplass fungerer i praksis, både i planlegging og prosjektgjennomføring.

## 1.2 Formål med utredningen

Statnett ønsker å redusere klimagassutslippene fra anleggsplasser. Rambøll bistår med å utrede hvilke planlagte prosjekter som kan bli pilot for fossilfri anleggsplass og utrede hvordan vi kan få til utslippsfrie løsninger på Statnetts framtidige anleggsplasser.

## 1.3 Omfang

Utslippskilder på anleggsplassen er delt inn i to kategorier, henholdsvis

- Anleggsmaskiner
- Varme og tørk på byggeplass

Muligheter for innføring av anleggsmaskiner med elektrisk drift (direkte og batteri), biogasdrift, samt biodrivstoff vurderes i utredningen.

Det er kun tatt hensyn til direkte utslipp ved forbrenning av drivstoff, såkalt «tail pipe» utslipp. De utslipp som stammer fra transport og produksjon av drivstoff er ikke inkludert. Dette er en forenkling som ikke gir et nøyaktig bilde av alle utslipp relatert til hver enkelt energibærer.

## 1.4 Beskrivelse av pilotprosjektet

Etter en vurdering av parameterne som er beskrevet under er stasjonen Fagrafjell anbefalt som pilotprosjekt for fossilfri anleggsplass, som er en del av prosjektet Lyse-Fagrafjell . Prosjektet er først og fremst egnet fordi det er mulig å opparbeide erfaringer forholdsvis nært i tid, samtidig som det er mulig å planlegge gjennomføringen godt med involvering av prosjektorganisasjon i perioden fram til utlysning av anleggsarbeid sommeren 2018. I dette prosjektet vil og mange av de typiske anleggsmaskinene som er i bruk i andre Statnettprosjekter inngå, slik at det kan høstes erfaring knyttet til markedets modenhet på området.

Tabell 1 Fagrafjell stasjon er en mulig kandidat som pilot for uttesting av fossilfri anleggsplass. Resterende prosjekter er listet opp i vedlegg 3

Lokasjon	Prioritet	Plan for gjennomføring	Verdi av pilot prosjektet	Gjennomførbarhet
	Basert på verdi og gjennomføring	Beslutningsportaler i Statnett	Omfang og Overførbarhet	Egnethet ift. å påvirke anskaffelse Økonomi og risiko
Fagrafjell	1	BP2: 12.2017 BP3: 06.2019  I 2018 starter planleggingen av anbud.	Omfattende trafostasjon-prosjekt som vil benytte et stort utvalg av ulike anleggsmaskiner.  Stor grad av overførbarhet på de erfaringer som gjøres i pilot.	Så nært i tid at det høstes erfaring i rimelig tid. Men samtidig så lang tid til at det er mulig å planlegge ordentlig.  Positiv omtale vil bedre prosjektets omdømme.  Infrastrukturbehov: Tilgang på strøm i byggeperiode er et kritisk moment. Dette må planlegges tidlig.

## 1.5 Forutsetninger og avgrensninger

Denne utredningen er tilpasset Fagrafjell, som skal realiseres i løpet av kort tid, men er utformet på en slik måte at den også kan implementeres i andre av Statnett sine prosjekter. Lyse-Fagrafjell prosjektet omfatter både ny stasjon og ledning, men at vi her har valgt å kun se på ny stasjon Fagrafjell.

Transport til/fra byggeplass er ikke inkludert i denne utredningen.

Hydrogendrift av anleggsmaskiner vurderes ikke i denne utredningen. Prosjektet som er valgt som pilotprosjekt skal gjennomføres i løpet av få år, og hydrogen er ikke vurdert å være kommersielt tilgjengelig i denne perioden.

### 1.6 Bidrag til utredningen

Det er kontaktet en del viktige aktører i dette oppdraget for å innhente detaljer om status på teknologiutvikling innefor ulike segmenter.

Nor-betong har bidratt med oppdatert status på elektrifisering av betongoperasjoner. Norsk bio har bidratt med status på fornybar varmforsyning til byggeplass. I tillegg er det mottatt presentasjoner fra samlinger på fossilfri anleggsplass, fra mange viktige aktører som Veidekke, NASTA, Omsorgsbygg, Undervisningsbygg,

## 2. BRUK AV ANLEGGSMASKINER I PROSJEKT

### 2.1 Prosjektfaser og arbeidsprosesser på en anleggsplass

En fossilfri anleggsplass krever fossilfrie anleggsmaskiner. Det er derfor nyttig å undersøke bruken av ulike maskiner på Statnetts anleggsplasser, samt energiforbruket og utslippene for disse. For et typisk Stasjonsprosjekt som Fagrafjell kan anleggsperioden deles inn i tre faser: grunnarbeider, byggarbeider og installasjonsarbeid, som vist i Figur 1.



Figur 1: De ulike fasene i anleggsarbeidet for et typisk stasjonsprosjekt

Hvilke maskiner som har de høyeste utslippene i dag kan vurderes ved å se på hvilke maskiner som brukes mest (har flest driftstimer) og hvilke som har høyest energiforbruk per driftstime (gjennomsnittlig motorytelse). Informasjonen er listet i Tabell 2 nedenfor. Detaljer om maskinene er gitt i Vedlegg 1.

Tabell 2: Maskinpark som brukes på en typisk ny stasjon

Nr	Type	Antall	Størrelse (kW motor)	Driftstid (timer)	Kilder
1	Gravemaskin	10	90-345	840	(Cevitas, 2013) (Nasta, 2017)
2	Dumpere	5	20-550	840	(Rambøll, 2015)
3	Valse (bulldoser)	1	50		(Rambøll, 2015)
4	Hjullaster	3		840	
5	Borerigg	3	450		(Liebherr, 2017)
6	Knuseverk	1			
7	Betongbil m. pumpe	1	300		(Sany)
8	Tårnkran	1	100		(DNV-GL, 2017)
9	Mobil kran	1	200		(Rambøll, 2015)

Særlig driftstiden er en viktig parameter i tillegg til motorytelse og belastning der summen av disse gir energiforbruket. For en del maskiner er driften kontinuerlig i den fasen den er i bruk. Dette gjelder typiske maskiner som håndterer masser som gravemaskin, dumper og hjullaster. Disse vil ofte være i bruk over et større tidsrom enn mange andre maskiner med mer spesialiserte operasjonsområder. Betongbil og kraner vil være i bruk i et større tidsrom, men har ofte et variabelt bruksmønster.

Alle disse maskinene går i dag på diesel (avgiftsfri), og dekker alle størrelser og funksjoner for anleggsvirksomhet. For oppvarming er det også utstrakt bruk av propan, særlig for byggoppvarming og tørk.

## 2.2 Fordeling av energibehov for ulike aktiviteter

Det er mange prosesser som inngår i anleggsvirksomhet, og innenfor energibruk skilles det på aktiviteter der anleggsmaskiner er i bruk, aktiviteter for transport til anleggsplass, og aktiviteter knyttet til oppvarming av bygg og anlegg. Tilgjengelig litteratur på området er begrenset, noe som gjør det vanskelig å kvantifisere størrelsen på energiforbruk og utslipp for hver av disse hovedaktivitetene.



### 3. MULIGHETSROMMET - FOSSILFRIE ANLEGGSMASKINER

Figur 2 oppsummerer samlet mulighetsrom for fossilfrie anleggsmaskiner. Dette er en oppsummering av kapittel 3 som gjennomgår de muligheter som er for fossilfri anleggsvirksomhet for de ulike energibærerne. Detaljerte vurderinger som understøtter figuren følger de neste avsnittene.

Figuren viser at ingen av de fornybare energibærerne innehar alle de positive egenskapene. Men ved å utnytte de kvalitetene som ulike energibærere har til ulike anleggsmaskiner, er det mulig å redusere den fossile energibruken.



Figur 2: Oversikten viser ulike typer energibærere for fossilfri anleggsvirksomhet av maskiner, der mye fyll i kakene angir kvaliteten til ulike egenskaper som er listet opp på venstre side.

## 4. MULIGHETSROMMET FOR HELELEKTRISK OG BATTERIELEKTRISK DRIFT

Batterielektrisk drift av anleggsmaskiner viser til bruk av elektrisk motor og batteri for fremdrift av maskiner, tilsvarende andre batterielektriske kjøretøy. Det finnes og elektriske maskiner som tilkobles til strømmettet med ledning, i form av *dual power* (Rambøll, 2015).

For batterielektriske og helelektriske(direkteelektriske) anleggsmaskiner er det delt inn i to størrelser basert på vekt. Dette er for å tydeliggjøre et skille siden det i Statnetts byggeprosjekter er bruk for både små og store anleggsmaskiner. Det kan gjøre det lettere å fremme bruk av fossilfrie eller utslippsfrie løsninger basert på størrelse av enkelte anleggsmaskiner. For eksempel er det mulig å honorere bruk av utslippsfrie gravemaskiner som er mindre enn 16 tonn.

### 4.1 Teknologisk egnethet elektrisk drift

De fleste typer anleggsmaskiner er tilgjengelig i batterielektrisk drift, men typisk med langt lavere motorkapasitet enn typiske maskinstørrelser i bruk på større prosjekt for grunn- og byggearbeider. Både beltegående gravemaskiner, minigravere, hjullastere, dumpere og de mindre valsene er tilgjengelig i batterielektrisk drift. Dagens utbredelse av batteridrevne anleggsmaskiner er hovedsakelig på mindre anleggsområder og gårdsdrift. Dette inkluderer innendørs graving og transport av tyngre elementer. Disse maskinene egner seg best til arbeid som ikke er kontinuerlig og ikke krever de tyngste løftene.

Dagens batterielektriske anleggsmaskiner er tilgjengelig med lavere motorkapasitet (lavere enn 4 tonn/16 kW) enn den typiske maskinen drevet med forbrenningsmotor. Batteridrift vil derfor begrenses både med hensyn til effekt og driftstid mellom lading. De tyngste maskinene vil derfor være utfordrende å drifte batterielektrisk. For mindre gravearbeider eller mindre transport av masse kan det likevel være hensiktsmessig med batterielektrisk drift. Dette fordi driftskostnadene er lavere, og påliteligheten er god.

Vurdering av egnethet for batterielektriske maskiner i Norge, alle str.	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av egnethet for elektriske maskiner som tilkobles strømmettet direkte i Norge, alle str.	GOD	MIDDELS	LAV

Helelektrisk drift er også tilgjengelig uten bruk av batterier for enkelte maskiner, eksempelvis permanente heisekraner som er tilkoblet nettet på 400V. Ved bruk av nettilknyttede mobilkraner er tilkoblingen allerede tilgjengelig også for andre mindre maskiner på anleggsplassen. (Rambøll, 2015). Større beltegående gravemaskiner finnes og som nettilknyttede versjoner. Eksempler er *Electrobagger R800LC-9* som er en 85 tonns-gravemaskin.

Det er en styrke ved elektrisk drevne maskiner at energieffektiviteten er god, eksempelvis ved lading av batteri når maskindeler/arm bremses i bevegelser med tyngdekraften. Ved utnyttelse av slik overskuddsenergi, vil også brukstiden kunne øke. (Rambøll, Kunnskapsnotat - Nullutslippsteknologi for anleggsmaskiner, 2015)

### 4.2 Teknologisk modenhet for elektrisk drift

Det er ikke noe stort marked for helelektriske maskiner ennå, og dermed begrenset uttesting. Ofte er det ombygging av dieseldrevne maskiner som er aktuelt<sup>1</sup>. Den helelektriske konfigurasjonen kan være aktuell for operasjoner som er mer stasjonære, f.eks. ved lasting av masser fra et sted, eller ved løft fra en lokasjon.

Det utvikles maskiner til gruedrift, som er utstyrt med elektrisk drift. Eksempler på dette er den batteridrevne gruelasteren *Sandvik LH307B*. Batteriteknologien i denne *LTO (lithium titanate oxide)* tillater rask oppladingen og gjør det mulig med kontinuerlig kjøring med kun en batteripakke. Det er og mulig å installere et mindre batteri for å dekke behovet på anleggsplass,

<sup>1</sup> [http://www.veichi.org/cases/application-of-ac70\\_t3\\_93g-frequency-inverter-on-electric-excavator-transformation.html](http://www.veichi.org/cases/application-of-ac70_t3_93g-frequency-inverter-on-electric-excavator-transformation.html)

selv om driftstiden er lengre enn batterikapasiteten. Gruvedrift er relevant, siden dette er arbeid som krever store maskiner, som på en typisk Statnett anleggsplass.

Vurdering av modenhet batterielektrisk drift av maskiner i Norge, vekt < 16 tonn	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av modenhet batterielektrisk drift av maskiner i Norge, vekt > 16 tonn	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av modenhet helelektrisk drift av maskiner i Norge, vekt < 16 tonn	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av modenhet helelektrisk drift av maskiner i Norge, vekt > 16 tonn	GOD	MIDDELS	LAV

#### 4.3 Kostnader og kostnadsutvikling elektrisk drift

Kostnader er delt inn i CAPEX som angir investeringskostnader og OPEX som angir driftskostnader. Investeringskostnaden for elektriske anleggsmaskiner er større enn for de fossile. Volvo har uttalt at elektriske maskiner er litt dyrere siden det ikke lages så mange av dem. (Daler, 2017)

Foruten at fullelektriske alternativer finnes det energiforbruk på anleggskjøretøy som kan del-elektrifiseres. Da benyttes strøm til å drive enkelte deler av utstyr som er montert på kjøretøy. Et eksempel er Veidekke, som har tatt i bruk betongsprøyterigger med elektrisk drift, som i all hovedsak er dieseldrevne i dag. Erfaringer fra samme aktør viser at både driftskostnader og innkjøpskostnader reduseres ved bruk av elektrisk drevne betongrigger.

Teknologien for elektriske anleggsmaskiner må undersøkes i større detalj for å kunne gi et godt bilde av hvor mange modeller som kan benyttes i prosjektene til Statnett fram i tid.

Vurdering av CAPEX for batterielektrisk drift < 16 tonn og elektriske maskiner som tilkobles strømanlegg i Norge	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av CAPEX for batterielektrisk drift > 16 tonn) og elektriske maskiner som tilkobles strømanlegg i Norge	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av OPEX for batterielektriske og elektriske maskiner som tilkobles strømanlegg, alle str.	GOD	MIDDELS	LAV

Merkostnader knyttet til investering i ny motorteknologi eller ny anleggsmaskin for anleggsmaskiner under 16 tonn gjør at investeringskostnaden er betydelig. I tillegg vil entreprenørene være avhengige av påslag for å kunne rettferdiggjøre innkjøp av nye maskiner. For de større maskinene er det mulig å gjøre dette som en retrofit av eksisterende anleggsmaskin, der motor og overføring mekanisk må tilpasses elektrisk drift. For elektriske maskiner over 16 tonn, er det Nasta som er den ledende aktøren på fossilfrie anleggsmaskiner. De utvikler nå en 30 tonns gravemaskin med elektrisk drift som skal ferdigstilles innen 2019.

For elektriske drivlinjer vil driftskostnadene reduseres kraftig i forhold til dieselalternativene. Dette er fordi brenselet er billigere og enklere lar seg utnytte til mekanisk energi, i tillegg vil vedlikeholdet være enklere.

#### 4.4 Infrastruktur for elektrisk drift

Det er avgjørende for utnyttelse av elektriske anleggsmaskiner at det planlegges for tilførsel av elektrisitet tidlig, omtalt «bygdestrøm», slik at de maskiner og utstyr som er elektriske kan lades fra start i prosjektet. I tillegg vil rigg og brakker for anleggsvirksomhet kunne tilføres energi til direkte elektrisk men og oppvarming for å erstatte dieselaggregater.

Vurdering av egnethet knyttet til infrastruktur til batterielektriske anleggsmaskiner i Norge, alle str.	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av egnethet knyttet til infrastruktur til	GOD	MIDDELS	LAV

helelektriske anleggsmaskiner, alle str.		
------------------------------------------	--	--

I vurderingen av infrastruktur er det sett på om maskiner trenger ny infrastruktur for lagring av «drivstoff», og om det kreves ny teknologi for å fylle drivstoffet. For batterielektriske alternativ kreves ny ladeinfrastruktur og dette må planlegges i tillegg til tilførsel. Egnetheten begrenses i dag av at de batterielektriske maskinene har en begrenset driftstid før de må lades. Hurtiglading er ikke introdusert til anleggsmaskiner ennå, men nye batterier er i større grad tilpasset høyere ladeeffekter.

#### 4.5 Utslippsreduksjoner elektrisk drift

Elektrisk drift er den energibæreren som forårsaker minst direkte klimagassutslipp og ingen lokale utslipp.

## 5. MULIGHETSROMMET FOR BIOGASSDRIFT

Med biogass menes her den brennbare gassmiksen som produseres når organisk materiale brytes ned anaerobt (uten tilgang til oksygen). Biogass av drivstoffkvalitet omtales som biometan. Biometanet kan enten leveres som komprimert biometan (CBG) eller flytende biometan (LBG). Komprimert og flytende biometan vil være produkter som har samme egenskaper som komprimert og flytende naturgass (CNG og LNG).

### 5.1 Teknologisk egnethet for biogassdrift

Sammenlignet med dieselmotoren er gassmotoren stillegående og luktfri. Det finnes ulike typer motorer som kan bruke biometan som drivstoff, bl.a. ottomotorer, motorer med høytrykksinnblåsning og dual-fuel motor. Gassdrift med ottomotor er trolig kun relevant for de minste anleggsmaskinene beregnet for lett arbeid. Videre krever motorer med høytrykksinnblåsning forholdsvis dyre og sensitive komponenter (Clean Air Power). Dual-fuel motoren bruker diesel og gass. Ulempen er at ren biogassdrift ikke er mulig (selv om 90 % biogass i teorien er oppnåelig) (MEKA, 2015). Til gjengjeld er teknologien robust og åpner for muligheten for å gå på kun diesel f.eks. i en overgangsperiode. Videre kan dieselmotorer ombygges til dual fuel, noe som åpner for bruk av eksisterende maskinpark. Dual-fuel teknologien er derfor betraktet som en egnet teknologi for anleggsmaskiner.

Fordelene med dual-fuel drift er utnyttelse av fossilfri biogass. Drift av anleggsmaskiner medfører mye start og stopp og variasjoner i pådrag, noe som trolig gjør at dieselandelen som brukes sammen med biogass i motoren er forholdsvis høy, opp mot 40 % (MEKA, 2015). Dual-fuel motorer som kombinerer diesel og biogassdrift gir god trekkraft, også for de større maskinene.

*Energigas Sverige* (2013) [12] har laget en sammenstilling der gasskjøretøyenes energieffektivitet undersøkes. Undersøkelsen viser at teknologiutviklingen går raskt fremover. For tunge kjøretøy nærmer dual-fuel motorenes energieffektivitet seg det nivået som oppnås med rene dieselmotorer.

Overgang til dual-fuel drift er forventet å gi lengre driftsintervaller og dermed mindre behov for vedlikehold sammenlignet med en dieselmotor (E.Einarson, 2014). Oppsummert så er den teknologiske egnetheten vurdert som god for anleggsmaskiner med dual-fuel motor.

Vurdering av egnethet for anleggsmaskiner med biogassdrift av maskiner, dual-fuel motor	GOD	MIDDELS	LAV
-----------------------------------------------------------------------------------------	-----	---------	-----

### 5.2 Teknologisk modenhet biogassdrift

Teknologien er etablert og tilgjengelig for busser, tyngre kjøretøy og personbiler, da i stor grad med Otto-motorer. Rambøll er kjent med at det finnes traktorer med dual-fuel motorer på markedet, men det er uklart om noen tilsvarende anleggsmaskiner er i drift i Norge i dag. Det er forventet at det vil komme løsninger med biogassdrift på markedet, og Enova etablerte høsten 2017 en støtteordning som er tilrettelagt for biogassdrift på anleggsmaskiner og andre tunge kjøretøy<sup>2</sup>. Rambøll antar med bakgrunn i dette at det vil lanseres kommersiell dual-fuel-teknologi myntet på anleggsmaskiner i løpet av noen år dersom det blir en etterspørsel etter slike maskiner. Teknologisk modenhet er derfor vurdert som medium for denne teknologien.

Vurdering av modenhet for anleggsmaskiner med biogassdrift, dual-fuel motor	GOD	MIDDELS	LAV
-----------------------------------------------------------------------------	-----	---------	-----

### 5.3 Egnethet ift. infrastruktur biogassdrift

Stasjonær lagring av biogass fordrer at det investeres i spesielt tilpasset fyllautstyr på anleggsplassen, samt lagringstanker. CBG trykkesettes og fylles på stål- eller komposittflasker som kan transporteres og lagres. Gassen trykkesettes til 200-300 bar for å minimere transportvolum og påfølgende transportkostnader (Rambølls egne erfaringer). LBG flytendegjøres og fylles fra tankbil over til stasjonært lagringsanlegg som inneholder både

<sup>2</sup> <https://www.enova.no/bedrift/landtransport/energi--og-klimatiltak-i-landtransport/>

dobbeltisolert lagringstank, fordampner og kjølekrets, samt krets for håndtering av eventuell forfordampningsgass. Biogassen må være kommersielt tilgjengelig i nærområdet, som betyr at det enten må være etablert en fyllestasjon for biogass i nærområdet, eller at det finnes en biogassprodusent som kan levere oppgradert biogass til anleggsområdet.

Sammenlignet med andre teknologier kreves det er del infrastruktur dersom biogass skal være aktuelt for anleggsmaskiner. Dersom det finnes infrastruktur for fylling av biogass i nærheten av anleggsområdet vurderes egnethet som middels god. Dersom fyllinfrastruktur må etableres i tilknytning til anleggsarbeidet vurderes egnetheten som lav.

Vurdering av egnethet for anleggsmaskiner med biogassdrift når det ikke finnes infrastruktur i nærheten fra før	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av egnethet for anleggsmaskiner med biogassdrift når det finnes infrastruktur i nærheten fra før	GOD	MIDDELS	LAV

#### 5.4 Utslippsreduksjoner biogassdrift

Biogassens fortrinn er at den er fornybar, og dermed gir reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp sammenlignet med fossile drivstoff. Biogass er del av et mye kortere karbonkretsløp enn de fossile drivstoffene, som betyr at skogen og annen vegetasjon har kapasitet til å ta opp og forbinde det karbondioksidet som slippes ut ved forbrenning av biogassen.

Man kan forvente at motoren i praksis forbruker omtrent 60 % biogass [5]. De resterende 40 % er dieselforbruk. Det vil si at en overgang til biogassdrift på anleggsmaskiner gir 60 % lavere utslipp av klimagasser sammenlignet med konvensjonell dieseldrift.

Sammenlignet med dieseldrift gir biogassdrift lavere NO<sub>x</sub> og partikkelutslipp. Ettersom motoren vil bruke omtrent 40 % diesel er miljøutslippsreduksjoner vurdert til middels.

Samlet vurdering av utslippsreduksjoner for anleggsmaskiner med biogassdrift er at det oppnås middels store utslippsreduksjoner sammenlignet med andre fossilfrie teknologier.

Vurdering av utslippsreduksjoner for anleggsmaskiner med biogassdrift (dual-fuel) sammenlignet med dieseldrift, klimagassutslipp (CO <sub>2</sub> -reduksjoner)	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av utslippsreduksjoner for anleggsmaskiner med biogassdrift (dual-fuel) sammenlignet med dieseldrift, miljøutslipp (NO <sub>x</sub> , partikler)	GOD	MIDDELS	LAV

I perioden 2011-2014 har det svenske prosjektet MEKA (Metandiesel Efterkonvertering av Arbetsmaskiner) undersøkt utslipp forbundet med bruk av dual-fuel motorer. Resultatene ble presentert i rapportform i 2015, og viser at metanlekkasjer under drift er en utfordring som i noen tilfeller øker utslippene av klimagasser sammenlignet med dieseldrift. De nyere traktormodellene har gjennomført tiltak som reduserer metanutslippene, slik at problematikken knyttet til metanutslipp forventes å minke i fremtiden og etter hvert bli neglisjerbare. Med bakgrunn i dette vurderes teknologien til medium egnet som utslippsreducerende tiltak.

#### 5.5 Kostnader og kostnadsutvikling biogassdrift

Anleggsmaskiner med dual-fuel teknologi vil i dag trolig representere en merkostnad sammenlignet med maskiner med konvensjonell dieselmotor. En konvensjonell dieselmotor kan bygges om til å bli en dual-fuel motor slik at det ikke nødvendigvis må investeres i en ny maskin. Det svenske prosjektet MEKA har vurdert merkostnaden for investering i arbeidsmaskiner med dual-fuel teknologi til 200 000 SEK per maskin sammenlignet med investering i konvensjonell dieselteknologi (O. Enghag, 2011), Merkostnaden for å investere i en dual-fuel maskin sammenlignet med en konvensjonell dieselmaskin er derfor vurdert til å være middels.

Bruk av biogass drivstoff og den litt lavere virkningsgraden knyttet til dual-fuel motoren bidrar også trolig til merkostnader sammenlignet med anleggsdiesel og dieseldrift (O. Enghag, 2011). Kostnadsbesparelser er derfor vurdert til middels for denne teknologien. Prisen på biogass ligger i dag på omtrent det samme som diesel. Prisen påvirkes av regionalt tilbud/etterspørsel, kvalitet (LBG/CBG) samt av fraktkostnader.

Vurdering av kostnadsbesparelser for anleggsmaskiner med biogassdrift, investeringskostnader	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av kostnadsbesparelser for anleggsmaskiner med biogassdrift, drivstoffkostnader	GOD	MIDDELS	LAV

## 6. MULIGHETSROMMET FOR BIODIESELDRIFT

Med biodrivstoff menes i denne sammenhengen flytende biodiesel. Det finnes flere typer biodiesel tilgjengelig på markedet i dag, som er aktuelle for anleggsmaskiner. Biodiesel blandes inn i konvensjonell fossil diesel eller erstatter den fossile dieselen helt. Hvor stor innblandingprosenten kan være avhenger blant annet av hvilken type biodiesel som anvendes. Det skilles videre mellom konvensjonelle og avanserte biodrivstoff. Felles for konvensjonelle biodrivstoff (kalles også 1. generasjon biodrivstoff) er at samme type råstoff kan brukes til å produsere mat eller dyrefôr. Avanserte biodrivstoff (kalles også 2. generasjon biodrivstoff) framstilles av rester og avfall fra næringsmiddelindustri, landbruk og skogbruk og er ikke matbasert. Et utvalg biodieselblandinger som anvendes i Norge i dag og som kan være aktuelle for anleggsmaskiner er gjengitt under.

- B7 (7 % innblanding av biodrivstoff i konvensjonelt drivstoff)  
7 % innblanding av biodrivstoff er tilsvarende omsetningskravet for biodrivstoff for personbiler i dag. Kravet innebærer at de som selger drivstoff må sørge for at sju prosent av drivstoffet de omsetter er biodrivstoff. Dette er en lav innblanding der 93 % av drivstoffet fortsatt vil være fossilt, noe som begrenser klimaeffekten tiltaket har. Ved en slik lavinnblanding kan de fleste biodrivstoff, både konvensjonelle og avanserte, anvendes slik at typen biodrivstoff ikke er spesifisert. En fordel med lavinnblanding er at denne er innlemmet i drivstoffstandardene EN590 og EN228. Standardene brukes for fremstilling og handel av drivstoff i Europa, herunder Norge. Når drivstoffet oppfyller standardene så er det i praksis uproblematisk å bruke.

Biodrivstoff som går til å dekke omsetningskravet i Norge kan komme fra en rekke ulike råstoff, så lenge verdikjeden oppfyller bærekraftkriteriene i EUs fornybardirektiv. Bærekraftkriteriene består av to deler: Krav til reduksjon i klimagassutslipp og arealkrav. Arealkravet skal sikre at det for eksempel ikke er hugget regnskog eller drenert myr for å skaffe areal til råstoffproduksjonen, I dette ligger bl.a. at det er lov å bruke *palm fatty acid distillate* (PFAD) fra palmeoljeproduksjon, men den må oppfylle bærekraftkriteriene for å kunne brukes til å oppfylle omsetningskravet.

Drivstoffbransjen inngår ofte langsiktige avtaler om kjøp av biodrivstoff som skal gå til oppfyllelse av omsetningskravet, og kan kjøpe inn det de selv ønsker så lenge bærekraftkriteriene er oppfylt. Drivstoffbransjen kjøper inn det biodrivstoffet som oppfyller bærekrafts kriteriene til lavest mulig pris. Det er gjerne biodiesel som er tilgjengelig i store kvantum (gjernede veletablert produksjonsrute). Biodiesel som i dag går til oppfyllelsen av omsetningskravet er antatt å bestå av mye raps, med bakgrunn i Miljødirektoratets oversikt over innrapporterte biodrivstoff i Norge i 2015, som viser at størsteparten av biodiesel importert til Norge i dag er rapsbasert (Miljødirektoratet). Man kan likevel ikke utelukke at det finnes PFAD i biodrivstoff som går til å oppfylle omsetningskravet.

- HVO100 (100 % biodrivstoff i konvensjonelt drivstoff)  
For flåteaktører er det aktuelt å gjøre egne avtaler om innkjøp av biodrivstoff, og da åpnes muligheten for å oppnå en større innblanding av biodrivstoff enn dagens omsetningskrav på 7 %. 100 % innblanding av biodrivstoff som HVO er i praksis en erstatning av fossil diesel med biodieselen HVO. Andre avanserte drivstoff enn HVO kan også anvendes, men det er kun HVO som er betraktet som kommersielt tilgjengelig i dag og det er derfor tatt utgangspunkt i HVO når høyinnblanding er beskrevet.

HVO står for *Hydrogenert Vegetabilsk Olje*, og er en type biodiesel som kan framstilles av en rekke råstoff. I HVO benyttes det mange biprodukter, avfall og rester fra ulike produksjonsprosesser, for eksempel slakteavfall, tallolje fra treforedling, fritryolje fra matproduksjon, palmeoljeresst fra palmeoljeproduksjon. HVO regnes som et avansert biodrivstoff dersom det ikke stammer fra råstoff som kan gå til mat eller dyrefôr. Biodrivstoff basert på rester fra palmeoljeproduksjon (PFAD) er ikke lenger klassifisert som rester eller avfall i henhold til regelverket. (Miljødirektoratet, Ny klassifisering av PFAD fra 1. januar 2017). Avansert HVO skal dermed være palmeoljefritt.



For drift av anleggsmaskiner er det avanserte biodrivstoffet HVO vurdert til å være det best egnede alternativet som finnes på markedet i dag fordi det har omtrent like egenskaper som vanlig diesel og er og kommersielt tilgjengelig i markedet. Innblanding av inntil 100 % HVO er mulig i dag, og vi har derfor i den videre utredningen vurdert bruken av HVO i anleggsmaskiner.

#### 6.1 Teknologisk egnethet biodieseldrift

I praksis kan avansert biodrivstoff som avansert HVO erstatte avgiftsfri diesel uten konsekvenser for motoren, og kan brukes i de aller fleste dieseldrevne kjøretøy uten at det medfører nevneverdige endringer verken i forhold til motorkraft, kuldeegenskaper, pålitelighet eller lagring av drivstoffet (Rambøll, Mulighetsrommet for alternativ teknologi på traktorer, 2016). Det finnes fortsatt noen leverandører som ikke garanterer for at kjøretøyene deres tåler biodrivstoff, herunder også avansert biodrivstoff. Bl.a. gjelder dette for en leverandør av mobile kraner. Risikoen for eventuell ulempe (f.eks. skader på maskinen som en følge av bruk av biodrivstoff) ligger på den som velger å fylle biodiesel på tanken, det vil si maskineieren eller entreprenøren som leier maskinen i slike tilfeller. Oslo kommune har ved et tilfelle løst dette ved å gi maskineier en garanti for at hvis maskinen ikke tåler biodiesel ville kommunen bli erstatningspliktig. Ved dette tilfellet viste det seg at maskinen tålte biodiesel.

Rambøll vurderer teknologisk egnethet som god for biodrivstoffet avansert HVO100 ut i fra et teknologisk ståsted.

Vurdering av egnethet for anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, HVO100	GOD	MIDDELS	LAV
-------------------------------------------------------------------------	-----	---------	-----

#### 6.2 Teknologisk modenhet biodieseldrift

Biodrivstoffet HVO100 har tilnærmet samme egenskaper som diesel og kan anvendes som drivstoff i eksisterende motorer. Teknologisk modenhet er derfor regnet som god for dette drivstoffet.

Vurdering av modenhet for anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, HVO100	GOD	MIDDELS	LAV
-------------------------------------------------------------------------	-----	---------	-----

#### 6.3 Egnethet ift. infrastruktur biodieseldrift

Bruk av avansert HVO vil ikke medføre nye krav til infrastruktur på anleggsplassen. Det må imidlertid være mulig å få tak i biodrivstoffet på en enkel måte, og helst på de samme fyllepunktene for drivstoff som entreprenøren henter sin anleggsdiesel fra i dag. Dette vil kreve en endring i infrastrukturen som omsetter av biodrivstoff må stå for. Det er ikke tatt hensyn til dette i Rambølls vurdering, ettersom det er antatt at omsetter av biodrivstoffet vil måtte stå for dette. Det vil kunne gi utslag i prisen på drivstoffet dersom omsetter må gjøre store endringer i sin infrastruktur.

Vurdering av egnethet knyttet til infrastruktur for anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, HVO100	GOD	MIDDELS	LAV
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	---------	-----

#### 6.4 Utslippsreduksjoner biodieseldrift

Direkte utslipp av CO<sub>2</sub> ved forbrenning av avansert HVO100 i anleggsmaskinens motor er regnet for å være biogene CO<sub>2</sub>-utslipp. Biogene CO<sub>2</sub>-utslipp regnes ikke for å gi et bidrag til global oppvarming. CO<sub>2</sub>-utslipp som regnes for å være biogene har et kort karbonkretsløp, der blant annet trær og planter tar opp og binder den CO<sub>2</sub> som slippes ut. Avansert HVO100 gir derfor store reduksjoner i direkte klimagassutslipp når det erstatter fossil diesel, og representerer et godt utslippsreduksjonspotensial.

Direkte miljøutslipp (blant annet NO<sub>x</sub> og partikler, bidrar til dårlig luftkvalitet) forbundet med forbrenning av avansert HVO100 i anleggsmaskinens motor er derimot omtrent tilsvarende som

for fossil diesel (Ecoinvent, 2009), (Neste, 2015). Avansert HVO100 gir derfor ikke reduksjoner i miljøutslipp.

Vurdering av utslippsreduksjoner for anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, sammenlignet med dieseldrevne maskiner, klimagass (CO <sub>2</sub> )	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av utslippsreduksjoner for anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, sammenlignet med dieseldrevne maskiner, miljøutslipp (NO <sub>x</sub> , partikler)	GOD	MIDDELS	LAV

#### 6.5 Kostnader og kostnadsutvikling biodieseldrift

Anleggsmaskiner på avansert biodrivstoff HVO100 krever ikke at maskinen byttes ut og representerer derfor ikke noen merkostnad for investering. Merkostnader kan være knyttet til drivstoffprisen, som kan være betraktelig høyere sammenlignet med anleggsgdiesel. Det ble tidligere i avsnittet nevnt at biodrivstoff basert på avfall og rester kan telle dobbelt. Dersom HVO' en som anvendes på fossilfri anleggsplass er basert på avfall og rester trengs det i praksis kun 50 % innblanding av HVO i fossil diesel for å oppnå 100 % reduksjon i klimagassutslipp. Dette gir noe lavere drivstoffkostnader sammenlignet med om man skulle ha brukt en HVO basert på PFAD (biprodukt fra palmeoljeproduksjon). Samtidig så forventes det sterk etterspørsel etter HVO basert på avfall og rester i tiden fremover slik at prisen på drivstoffet kan bli høy, og det er usikkert om det produseres nok slik HVO til å kunne dekke etterspørselen i årene fremover. (Rambøll, Biodrivstoff i transportsektoren - Kartlegging av barrierer og kostnader , 2016).

Tabellen nedenfor viser hva prisen på HVO er i dag og hva den er forventet å være i fremtiden. Produktpriser er hentet fra Rambøll 2016 og er internasjonale markedspriser eller produksjonskostnader inkludert frakt til Norge (Rambøll, Biodrivstoff i transportsektoren - Kartlegging av barrierer og kostnader , 2016). Dette er forskjellig fra pris ved drivstoffpumpa som i tillegg til skatter og avgifter også inkluderer andre påslag som distribusjon eller justeringer i forhold til markedsetterspørselen. Listepriiser er hentet fra Circle K og illustrerer hva prisen ved drivstoffpumpa ligger på ved årsskiftet (Circle K, 2018).

Det er skilt mellom avansert og konvensjonell HVO i tabellen. I praksis er det utfordrende å skille mellom listepriiser for henholdsvis avansert og konvensjonell HVO ettersom den HVO som omsettes i praksis er en blanding mellom avansert og konvensjonelt. Den anslåtte forskjellen i produktpriser kan gi en føring for hvor stor prisforskjellen er mellom de to.

Tabell 3: Listepriiser og produktpriser diesel og HVO

	Listepris, 2.1.2018 (Circle K Norge)	Produktpris, 2016 (anslag, Rambøll)	Produktpris, 2020 (anslag, Rambøll/Miljødirektoratet)
Diesel	14,7 (truck diesel) 14,8 (diesel)	2,7	3,7
HVO, avansert	-	8,0	8,0 (Rambøll) 7,7 (Miljødirektoratet)
HVO, konvensjonell	15,5 (truck diesel) 15,9 (diesel)	-	6,4

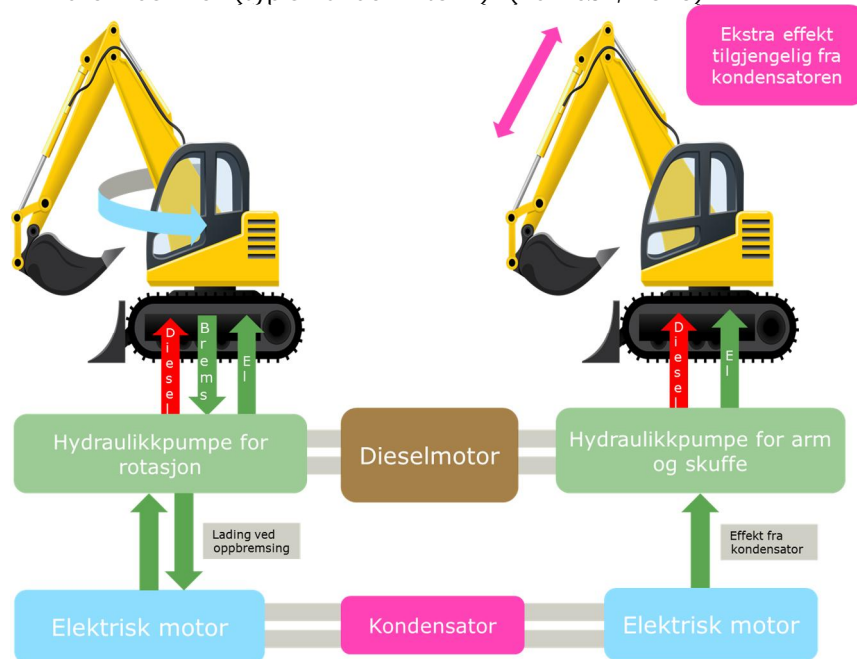
Fram mot 2030 kan kostnaden for HVO gå noe ned, men samtidig er det forventet en økt etterspørsel etter råstoff for produksjon av drivstoffet, noe som kan medføre at prisene holder seg høye. Det er forventet liten eller ingen prisutvikling frem mot 2020 (Rambøll, Biodrivstoff i transportsektoren - Kartlegging av barrierer og kostnader , 2016), (Miljødirektoratet, Utkast til konsekvensutredning - ILUC-direktivet og opptrapping til 20% biodrivstoff i 2020, 2017).

Vurdering av kostnadsbesparelser for anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, investeringskostnader	GOD	MIDDELS	LAV
Vurdering av kostnadsbesparelser for	GOD	MIDDELS	LAV

anleggsmaskiner med biodrivstoffdrift, drivstoffkostnader			
--------------------------------------------------------------	--	--	--

## 7. HYBRIDLØSNINGER

Prinsippet for hybrid drift av anleggsmaskiner skiller seg fra personbiler, der elektrisk drift er i tillegg til fossil forbrenningsmotor. For større gravemaskiner viser hybrid drift til bruk av kondensator eller batteri<sup>3</sup>. Dette er et elektrisk alternativ, men viser til en kondensator som lagrer overflødig energi fra oppbremsing av svingrotor. Denne energien kan så brukes i en elektrisk hydraulikkpumpe for å avlaste dieselmotoren. Dermed reduseres belastningen på dieselmotoren og man oppnår en reduksjon i dieselforbruk og utslipp. Figuren under viser prinsippet for hybrid kondensatordrift. Det finnes også hybrid drift der maskinen er tilkoblet nett, her omtalt som dual power /netttilkoblet. En gravemaskin vil da kjøre til arbeidssted ved hjelp av dieselmotor. Denne motoren kan også drive hydraulikken. Ved arbeidsstedet kan maskinen kobles til strøm og hydraulikken vil da bli drevet av en elektrisk pumpe. Dual power benyttes i dag typisk for mindre maskiner (typisk under 2 tonn). (Rambøll, 2015)



Figur 3: Skisse hybrid kondensatordrift av anleggsmaskiner, her vist for en beltegående gravemaskin (det finnes variasjoner av teknologien)

Hybrid drift av anleggsmaskiner er i dag tilgjengelig for beltegående gravemaskiner og minigravere. Gravemaskiner på belter er tilgjengelig som hybrid kondensatordrift, mens minigravere er tilgjengelig som hybrid dual power. Egnethet og potensial for hybrid kondensatordrift avhenger av bruken av anleggsmaskiner, da elektrisitet genereres ved svingning. Anleggsmaskiner som benyttes for eksempel til massesortering er derfor godt egnet til hybrid kondensatordrift, mens eksempelvis grøftegraving ikke er det. For hybrid drift ved dual power vil små maskiner være bedre egnet enn større, og vil være avhengig av tilgjengelig infrastruktur. Hybrid dual power gir god mobilitet sammenlignet med batterielektrisk drift, og vil oppnå stor miljøgevinst sammenlignet med en konvensjonell forbrenningsmotor. Hjulgående og tyngre maskiner som typisk krever mye energi for å bremse kan på sikt også være egnet for hybrid drift, da denne bremseenergien kan utnyttes. (Rambøll, 2015)

<sup>3</sup> <https://www.hitachicm.eu/machinery/excavators/medium-excavators/zh210-5-hybrid/>

## 8. MULIGHETSROMMET – OPPVARMING, TØRK OG ELFORSYNING



### 8.1 Varme og tørk på byggeplass

Det er en rekke områder på byggeplass som har et behov for varme, fra tining og brakkerigg i tidlig fase, til betongarbeider og oppvarming av bygg i senere faser. Alt av varmebehov kan forsynes med direktelektriske løsninger.

Det er ulike løsninger for oppvarming. Disse er aktuelle varme og tørkeløsninger:

- Varme for innvendige arbeider og brakker
- Varme til tining av grøfter
- Varme for betongherding og tørk
- Varme for oppvarming av berg og fjell før forankring av betongkonstruksjoner
- Varme til forvarming av armering og forskaling

For graving av grøfter og kulverter må bakken tines før arbeid kan starte, noe som krever mye varme. Varmebehovet påvirkes av lengde, bredde og dybde på de grøfter som skal graves og må spesifiseres per anlegg.

Det vil som regel være plass-støpte betongkonstruksjoner, da det ikke er vanlig å benytte prefabrikkerte moduler for de spesifikasjoner Statnett opererer med. Derfor vil energibehovet på byggeplass være større enn for konstruksjoner med kun fugestøp av prefabrikkerte elementer.



Figur 4: Prinsipp for bruk av varme for raskere betongherding

For at herdetiden skal reduseres er det mulig å benytte vannbåren varme i støp, noe som og kan tilknyttes fornybar varmeproduksjon. Det er mange fordeler ved bruk av vannbåren varme på bygg og anlegg, der den største fordelen er mye effekt tilgjengelig, og bedre energieffektivitet (uteluft benyttes ikke).

Det å benytte vannbåren varme har en rekke andre fordeler ift. luftbåren varme:

- Sikkerhet – Ingen eksplosjonsfare, eller personskade pga. forgiftning (gass/eksos etc.)
- Renere luft
- Mindre støy
- Arbeidsbesparende – Ikke behov for ettersyn.
- Miljø – store utslippskutt
- Kontroll over energiforbruk (forenkler sertifisering, f.eks. Breeam)

For å kunne fundamentere raskere og mer effektivt, er det og mulig å varme opp fjell, som forsøket med vinterdrift av anlegg viser under.



Figur 5: Eksempel på bergoppvarming på vinterstid med væskebåren varme<sup>4</sup> for å øke anleggsperioden inn i vinteren

Det er fremhevet hvor mye energi som kreves til oppvarming av ulike formål på anleggsplass i tabellen under.

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

Tabell 4: DNV-GL- Typisk energibehov i byggeprosjekter. Statnett vil sannsynligvis ikke ha samme behov for innvendig oppvarming. Behovet for betongherding er sannsynligvis like stort.

#### 8.1.1 Oppvarming og tørk med fjernvarme, eller lokal nærvarme

De prosjekter som er innenfor konsesjonsområde for fjernvarme eller i nærheten til lokale nærvarmeanlegg kan forsynes med fornybar varme i byggeperiode, og etter om det er behov for det i drift. Forutsetningen for at dette er teknisk og økonomisk mulig er at det er kort vei til varmeinfrastruktur slik at tilkobling enkelt lar seg gjøre. Varmeleverandøren (fjernvarmeselskap) vil gjerne at det er et grensesnitt på varmeveksler, der høytrykkside skiller fra nettet som forsyner varme til bygg. Varmeveksler kan leveres med fullstendig utrustning. Her er det mange utstyrsleverandører som er vant med å håndtere utstyr til bygg-oppvarming og tørk. Blant de som har bemerket seg er Cramo og El-bjørn i tillegg til Norsk Bio, som alle har erfaring med slike tjenester og produkter.

#### 8.1.2 Oppvarming og tørk med biobaserte oppvarmingskilder

Det er mange metoder for å produsere varme på anleggsplass som er aktuelt utenfor de områder det er tilgang på varmeinfrastruktur. Blant de mer mobile løsningene er det containerløsninger hvor det produseres varme, basert på pellets, biogass eller flytende biodrivstoff. Disse alternative oppvarmingsløsningene er tilgjengelige i dag, og benytter konvensjonell teknologi.

- Heat Works benytter elkjel/varmepumpeløsning 100 kW
- Norsk Bio er en totalleverandør på varme benytter pellets-kjeler 150- 500 kW
- Nærenergi leverer prefabrikerte varmesentraler og benytter gass-kjeler 40 - 2.500 kW

I tillegg til overnevnte løsninger benyttes det også i noe grad biodrivstoff (HVO100) til oppvarming som erstatning for diesel i mobile varmeaggregat.

#### 8.1.3 Kostnader og kostnadsutvikling

De biobaserte alternativene er alle noe dyrere enn fossile varmeanlegg i innkjøp (investeringskostnad), men kan være rimelige i drift. Særlig pellets er konkurransedyktig på pris. Energitettheten til pellets er 4,7 kWh/kg, noe som gjør at transportert volum er noe større enn

<sup>4</sup> <http://www.tungt.no/anleggsmagasinet/kan-vaere-millioener-a-spare-pa-vinterbygging-2078495>

ved frakt av diesel. Pellets lagres i bulk og ikke tank, og blåses inn i silo til varmesentral, slik at mengden per transport er større enn for en tankbil.

Biovarme er et område med vekst, og volumet øker for produksjon av brensel og anlegg noe som vil redusere kostnadene noe. Det regnes allikevel ikke med de store kostnadsreduksjonene for pelletsbaserte anlegg.

#### 8.1.4 Oppsummering av fordeler og ulemper ved bruk av fornybar varme

Fornybar oppvarming til bygg og anleggsfase regnes som en god løsning, som vil kunne implementeres raskt uten å forstyrre anleggsvirksomheten. Dette krever ikke mye planlegging, men må spesifiseres i betingelser for innkjøp av rigg, samt for innkjøp av energi.

For pellets og biogass er det mulig å oppnå store utslippsreduksjoner, da disse har lave utslipp i produksjonsprosess. Det er derfor gode tiltak, som kombinert med vannbåren oppvarming kan gi store energi- og klimabesparelser. For biogassalternativ, se avsnitt 5.2

#### 8.2 Elektrisitetsforsyning i bygg- og anleggsperiode

For å kunne utnytte elektrisitet som energibærer- og kilde til de maskiner, bygg og utstyr som kan benytte elektrisitet, er det viktig å planlegge forsyningen av elektrisk elforsyning så tidlig som mulig. Dette vil lette arbeidet på anlegget, da det ikke kreves like stor grad av oppfølging som ved bruk av aggregater for elektrisitetsproduksjon, i tillegg til at effekten av dette vil være stor for utslippsreduksjon. Kostnaden er og lav da elektrisitet uansett er noe som skal forsynes, da ofte på et senere stadium i prosjektgjennomføringen. For å beregne størrelse på kabel, må det gjøres et estimat på effektbehov.

#### 8.3 Kostnader for energibærere til stasjonært varme- og elektrisitetsbehov.

Energibærer	Energikostnader [øre/kWh]
Diesel- uten avgift	85
Propan	70
Elektrisitet	90
Pellets	75

Tabell 5: Kostnad for ulike energibærere til varme- hentet fra rapport- fossilfri og utslippsfrie anleggsplasser (DNV-GL, 2017) og kostnader i energisektoren (NVE, 2015)

Energikostnadene varierer med lokale konkurranseforhold, transportbehov og organisering.

De fleste energibærerne er tilgjengelig i hele Norge. Pellets er tilgjengelig i store deler av Østlandet. I følge Norsk Bio vil og Vestlandet kunne betjenes med produksjonsanlegget som er lokalisert i Ål.

## 9. ANBEFALING FOR VIDERE PROSESS

Det er mange prosesser og tiltak som må gjennomføres i Statnett, for å sikre at anleggsplasser bli fossilfrie i de prosjektene Statnett er byggherre. Det er en del tiltak som må gjennomføres på strategisk nivå, mens andre må gjennomføres i prosjektorganisasjonene til Statnett. Under er det forsøkt å oppsummere de viktigste tiltakene for å sikre en effektiv prosess i Statnett, med planlegging, gjennomføring og oppfølging av prosjekter som innebærer anleggsarbeider. Det er viktig å påpeke at det må utarbeides en strategi for kompetanseheving, metodikkutarbeidelse og praktisk tilnærming til fossilfri anleggsplass i Statnett sin organisasjon.

### 9.1 Overordnede anbefalinger for fossilfri anleggsplass

Det er en del tiltak som regnes som overordnede og strategiske, og disse er oppsummert under.

- Gjennomfør et strategiarbeid for utarbeidelse av metodikk og rutiner for planlegging, innkjøp, gjennomføring og evaluering av fossilfri anleggsplass.
- Planlegg en kunnskapsheving av de deler av organisasjon som har ansvar for planlegging, innkjøp og oppfølging av anleggsarbeider. Dette vil sikre at organisasjon er i stand til å følge opp de prioriteringer som besluttes fra strategi for fossilfri anleggsplass.
- Kommuniser til leverandører/entreprenører innenfor anleggsarbeider at Statnett ønsker å innføre fossilfrie/utslippsfrie anskaffelser for anleggsvirksomhet. Dette vil gi et signal til aktuelle entreprenører om hvilke prioriteringer de skal gjøre i valg av maskiner i maskinpark.
- Prissetting av klimagassutslipp vil være et viktig bidrag for å kunne utarbeide gode samfunnsøkonomiske vurderinger av anleggsarbeider.
- Sikre tid til evaluering av prosjektgjennomføring for pilot fossilfri anleggsvirksomhet.
- Delta i bransjenettverk, som grønn anlegg for å sikre tilgang på oppdaterte erfaringer fra andre aktører, samt selv bidra til kompetanseheving.

### 9.2 Prosjektspesifikk anbefaling for fossilfri anleggsplass

- Gå i dialog med entreprenørene i de prosjektene der det er mulig å påvirke. Dialogkonferanser er erfaringsmessig effektivt, da oppdatert erfaring løpende tas med inn i anskaffelsesprosessen.
- Dokumentasjon av drivstoffbruk og energibruk vil gjøre det enklere for Statnett å gjøre gode utslippsberegninger, som igjen kan danne underlaget for mer detaljerte kost/nyttevurderinger på miljø og klima. Det er viktig å få inn data på drivstoffbruk på anleggsvirksomhet som er utført.
- Sikre at det utarbeides en plan for energibruk på anleggsplass, med en målsetning om tilførsel av elektrisitet til anleggsplass så tidlig som mulig. Planlegging av termisk forsyning bør og gjøres tidlig, slik at det ikke benyttes diesel og propan til oppvarming.
- Fokuser på de områdene der det eksisterer muligheter for kostnadseffektive tiltak, slik at erfaring høstes raskt for videre implementering i Statnett sin prosjektportefølje. Dette gjelder for oppvarming av ulike formål på anleggsplass, tidlig tilkobling av byggestrøm (bygdestrøm), elektrisk drift av betongbil, sprøyterigg og mobilkraner på anleggsplass, samt konvertering til biodiesel.



### 9.3 Anbefalinger for anskaffelsesprosess

Det anbefales å diskutere mulige fossilfrie alternativer med de prekvalifiserte entreprenørene. Det er gjort gode erfaringer i prosjekt med dialogbaserte anskaffelsesprosesser. Difi anbefaler i anskaffelser som påvirker miljø og klima i stor grad: «Ha alltid dialog med markedet før konkurransegrunnlaget utformes». Risikoen ved å bytte en maskinpark til nye maskiner eller å tilpasse eksisterende er stor for entreprenørene, særlig de mindre. Det er derfor viktig å forstå hvilke krav entreprenørene kan levere på, og hvilke som er prisdrivende.

Med bakgrunn i de vurderinger som er utført i dette prosjektet er det utformet anbefalinger om krav, med tilhørende kvalifiserings- og tildelingskriterier som kan stilles ved anskaffelser på anleggsarbeider som går på anleggsmaskiner og stasjonær energi til anleggsplass. Kravene er tilpasset det som er mulig å få til i praksis og sikter seg inn på å utnytte moden teknologi, som er tilgjengelig i markedet.

### 9.4 Kvalifikasjonskrav

#### 9.4.1 Krav i totalentreprisunderlag:

Det er lagt til grunn følgende overordnede krav for å sikre

- Alle anleggsmaskiner benyttet på anleggsplass skal være fossilfrie
- All bruk av biodiesel skal være HVO100 og være sertifisert etter bærekraftkriteriene
- Energiforsyning skal være fossilfri, da både elektrisk og termisk

### 9.5 Tildelingskriterier og dokumentasjonskrav

#### Bilag B Tildelingskriterier og dokumentasjonskrav

**Statnett**

Vekt	Tildelingskriterier		Dokumentasjonskrav
70 %	Pris <sup>1</sup>	A	Pristilbudet skal inneholde
		A.1	Utskrift av priset G-prog til
		A.2	Utfylte enhetspriser og påslagsprosjenter i Vedlegg B.
10 %	HMS	B	HMS
	Praktisk ivaretagelse av HMS/SHA	B.1	Beskrivelse av hvordan HMS/SHA vil bli ivaretatt ved prosjektgjennomføringen
20 %	Prosjektgjennomføring	C	
		C.1	Organisasjonsplan
		C.2	CV på nøkkelpersonell (Se Vedlegg D Administrative bestemmelser, Bilag 2)
		C.3	Liste over underentreprenører
		C.4	Forslag til fremdriftsplan
		C.5	Mobiliseringsplan som viser bemanningshistogram per disiplin og innfasing av maskiner
		C.6	[Beskrivelse av gjennomføringsmetodikk?]

Figur 6: Eksempel tildelingskriterier og dokumentasjonskrav i Statnett

#### 9.5.1 HMS

Følgende konkrete punkter kan inkluderes i praktisk ivaretagelse av HMS. Tilbydere må da beskrive kvalitativt hvordan disse skal løses. Det vil da kunne skilles på i hvor stor grad tilbydere innehar kompetanse på fossilfri anleggsdrift.

B.1: Leverandøren bes om å utdype hvordan følgende forhold tenkes løst:

- Det skal reduseres transportbehov til anleggsplass.
- Termisk energibehov skal reduseres. Derfor skal det benyttes vannbårne oppvarmingsløsninger. Der dette ikke er praktisk gjennomførbart skal dette begrunnes.
- Energikilder til oppvarming skal være fornybar.
- Bruk av vannbåren varme for forvarming og herding av masser i støpeprosesser.
- Kraner og andre stasjonære maskiner skal tilpasses helelektrisk drift. Ikke- elektriske løsninger beskrives særskilt.

#### 9.5.2 Dokumentasjonskrav etter/under oppdragsgjennomføring

- Forbruk av drivstoff skal loggføres, og leveres kvartalsvis og årlig i prosjektet. Det må dokumenteres hvordan det skal loggføres drivstofforbruk per type, Motorteknologi /Type drivstoff.
- For biodiesel så må det benyttes avansert biodrivstoff fra en sertifisert bærekraftig kilde iht. fornybardirektiv. Drivstoffet skal oppfylle kravene i EN15940.

### 9.5.3 Beskrivelse av gjennomføring

Enkelte krav kan tilpasses beskrivelse av prosjektgjennomføring, herunder innfasing av maskiner C.5 Innfasingsplan for maskiner bør samkjøres med infrastrukturtilførsel.

- Det bes om å dokumentere hvilke elektriske anleggsmaskiner, som benyttes til anleggsarbeid.

### 9.5.4 Miljøvekting

Det er nødvendig å skille innkomne tilbud på de kvalitetene det har på klima- og miljø. For å differensiere korrekt, er det vanlig å bruke et matriseskjema der hver energibærer har en tallkarakter som gis ut ifra utslippsfaktor for de ulike energibærerne for de ulike energibærerne skilles det på lokale (NOx, partikler), - og globale (CO2, metan) utslipp der utslipp i produksjonsprosess til transport og bruk inkluderes.

Tabell 6: Eksempel skjema for miljøvekting. Utgangspunkt TØI /Østfold fylkeskommune

Motorteknologi /Type drivstoff	Drivstoff	Poeng miljø	Poeng klima
Euro 6 diesel	Diesel lavinnblanding HVO		
Euro 6 gass	Naturgass Biogass		
Euro 6 hybrid	Diesel		
Elektrisk	Elektrisitet		
Batterielektrisk	Elektrisitet		

Det anbefales at det gjennomføres en livsløpsvurdering av ulike energibærere, slik at en miljøvekting av tilbud blir så rettferdig som mulig. I produktforskriften der miljødepartementet har fastsatt utslippsfaktorer for ulike energibærere er det mulig å benytte som kildemateriale.

## 9.6 Oppfølging av miljø og klimakrav i byggefase

9.6.1 Evaluering av prosjekt for fossilfri drift er viktig for å lære til neste. Følgende momenter kan inngå som en del av denne evalueringen:<sup>5</sup>

- Var det mange leverandører som kunne tilby gode klima- og miljøvennlige løsninger?
- Var miljøkravene eller kriteriene tilstrekkelig klart utformet slik at leverandørene forstod de?
- Var det utfordringer knytt til evalueringen og vektingen av tilbudene?
- Dersom du brukte miljø som tildelingskriterium, var det utslagsgivende i konkurransen?
- Oppnådde tjenesten dere fikk den miljøprestasjon som leverandøren lovet?
- Er det noen miljøegenskaper du ikke etterspurte i konkurransegrunnlaget som du i ettertid innså at du burde ha etterspurte?
- Har markedet utviklet seg i løpet av brukstiden? Ser du nå at markedet kan tilby miljøløsninger som ikke var tilgjengelige da du utlyste konkurransen?
- Hva ble den kvantifiserbare miljø- og klimagevinsten, for eksempel brukte entreprenør mindre drivstoff enn estimert? Hvilke fossilfrie og utslippsfrie løsninger ble brukt?

<sup>5</sup> <https://www.anskaffelser.no/prosess/samfunnsansvar/klima-og-miljo/miljo-steg-steg/3-kontraktoppfølging>

## VEDLEGG 1 - ANLEGGSMASKINER EGNET FOR BRUK I STATNETTPROSJEKTER

Dette vedlegget tar for seg anleggsmaskiner som vil være i bruk ved Statnetts prosjekt Lyse-Fagrafjell. Det inkluderer typiske motorstørrelser, forbruk og brukstid.

Tabell 7: Anleggsmaskiner som vanligvis anvendes ved etablering av ny transformatorstasjon er listet opp under:

Nr	Type	Antall	Størrelse (kW motor)	Driftstid (timer)	Kilder
1	Gravemaskin	10	90-345		(Cevitas, 2013) (Nasta, 2017)
2	Dumpere	5			(Rambøll, 2015)
	- Hjulstyrt		552		
	- Rammestyrt		304		
	- Minidumper		20		
3	Valse (bulldoser)	1	50		(Rambøll, 2015)
4	Hjullaster	3			
5	Borerigg	3	450		(Liebherr, 2017)
6	Knuseverk	1			
7	Betongbil m. pumpe	1	300		(Sany)
8	Tårnkran	1	100		(DNV-GL, 2017)
9	Mobil kran	1	200		(Rambøll, 2015)
10	Spuntemaskin	-			
11	Asfaltutlegger	-	125		(Voegele, 2017)
12	Traktor med plog	-	75		(Rambøll, 2016)
13	Betongglattmaskin	-	100		(Hansmark, 2017)

### 1. Gravemaskiner

Gravemaskiner på belter omfatter maskiner typisk over 5-40 tonn, og benyttes til anleggs- og veiprosjekter. Gravemaskiner på belter er den største kategorien av anleggsmaskiner, både når det gjelder solgte maskiner og estimert total motorkapasitet. Det er ulike redskaper som kan tilkobles foran på maskinarmen som grabb, skuff, klo, hydraulisk hammer, trekutter og stubbefjerner. (Wee, u.d.)

Gravemaskiner på hjul er typisk maskiner rundt 20 tonn, og benyttes som beltegående gravemaskiner til anleggs- og veiprosjekter. Gravemaskiner på hjul utgjør en mindre kategori enn beltegående maskiner, men er en relativt stor kategori av anleggsmaskiner både når det gjelder solgte maskiner og estimert total motorkapasitet

### 2. Dumpere

Dumpere er maskiner som bærer masse og materialer. Dumpere inkluderer både hjulstyrte og rammestyrt dumpere, samt minidumpere. De minste dumperne har motorstørrelser på 20 kW og veier et par tonn mens de største, hjulstyrte dumperne har motorstørrelser på 550 kW og veier ca 30 tonn. I et byggeprosjekt brukes dumpere vanligvis mest i grunnarbeidsfasen.

Minidumpere finnes som elektriske maskiner, bl.a. tilbyr Wacker Neusson, Messersi og Fort små belte – og hjuldumpere med elektrisk drift (Rambøll, Kunnskapsnotat - Nullutslippsteknologi for anleggsmaskiner, 2015). I Sveits har selskapene Lithium Storage GMBH og Kuhn Schweiz AG bygget om en stor hjulstyrt dumper til elektrisk drift, og denne har en batterikapasitet på 700 kWh (ElectricCarsReport).

Noen av de minste dumperne er bensindrevne.

### 3. Valser

Asfaltutleggere og valser er en samlekategori for asfaltutleggere og alle typer valser; håndholdte valser, kombivalser, slepevalser, statiske valser, tandemvalser, asfaltvalser og valsetog/anleggsvalser. Asfaltutleggere og valser er maskiner som benyttes til å bygge og vedlikeholde veier. Tandemvalser/asfaltvalser og valset og/anleggsvalser er de typene valser som anvendes mest sammen med asfaltutleggere. Håndholdte valser, kombivalser, slepevalser og statiske valser er valsetyper som anvendes i svært liten grad (MGF, 2017)

Det er ikke, som Rambøll er kjent med, valser med alternative fremdriftsteknologier som gass eller elektrisitet i dag.

#### 4. Hjullastere

Hjullastere benyttes til lasting, rydding og planering av underlag, og ulike redskap kan tilkobles foran på maskinen. Det er kompakte hjullastere og store hjullastere, hvor de kompakte er mest brukt på anleggsplass. De kompakte hjullasterne veier fra 4-10 tonn. (Volvo Maskin AS, u.d.)

#### 5. Borerigg, spuntemaskin

Spuntemaskinen er en beltemaskin utstyrt med en lang leder, som står vertikalt på maskinen og som kan plassere spunter i bakken. En spunt er tynne veggelementer av stål, og spunting er etablering av disse veggene i byggegropen. Disse gjør det mulig å grave videre ned i løse masser som jord, sand og leire. Noen vegger vil også bli etablert ved å borre ned stålør. Spuntemaskiner veier typisk 60-70 tonn, og har en motorstørrelse på 450 kW (Liebherr, 2017).

En annen liknende maskin er peleriggen. Denne er også utstyrt med en lang vertikal leder, som borer peler ned i bakken.

#### 6. Knuseverk

#### 7. Betongbil

Betongbilen er en spesialbil som har en roterende trommel der betongen holdes i konstant bevegelse. Vanlige betongbiler har en kapasitet på 8 m<sup>3</sup>. Det finnes også betongtrailere som kan levere 12 m<sup>3</sup> betong. (Norbetong, u.d.)

Biler med betongpumpe er biler som kan pumpe betong. På bilen er det en tårnpumpe og et fleksibelt rør som kan pumpe betongen til vanskelig tilgjengelige steder. Rekkevidde for røret kan være opp til 50/200 meter horisontalt/vertikalt. Typisk pumpekapasitet er 30-200 m<sup>3</sup> i timen. Det kan legges ut slanger eller rørgater i tillegg hvis nødvendig. (Lise Bathen, 2015)

#### 8. Tårnkran

Tårnkran er en kran designet for å kunne løfte høyt med stor radius, og brukes for å løfte materialer på plass, gjerne ved bygging av konstruksjoner der man har begrenset med plass på bakken, men behov for å nå ut til en stor radius med lasten.

#### 9. Mobile kraner

En mobil kran er et kjøretøy med en kran, som ikke kan transportere last selv, men som kan håndtere last ved heising. Den er, i motsetning til en tårnkran, en kran som relativt enkelt lar seg rigge ned og deretter kan forflytte seg selv. En mobilkran består av en undervogn, som er kjøretøyet som kranen står på, samt en overvogn som kan dreie rundt og som holder selve kranen. Mobile kraner finnes i vektklasser fra 10-500 tonn, og noen enda tyngre varianter eksisterer. Til anleggsarbeid anvendes typisk mobile kraner med 200 kW motorstørrelse (Rambøll, Kunnskapsnotat - Nullutslippsteknologi for anleggsmaskiner, 2015).

Det eksisterer i dag elektrisk drevne mobile kraner, bl.a. levert av Palfinger. Disse krever strømforsyning og er ikke batteridrevne.

#### 10. Spuntemaskin

Se borerigg.

#### 11. Asfaltutleggingsmaskin

Asfaltleggemaskin vi fordele asfalt utover området som skal asfalteres. Normal vekt er ca. 20 tonn. En asfaltutlegger har en vanlig kapasitet på 25 meter i minuttet for en utleggsbredde på 8 meter (Pon Equipment AS).

#### 12. Traktor med plog

Traktorer med plog brukes for å brøyte unna eventuell snø. En typisk traktor i mellomstor størrelse har en motorstørrelse på 75 kW (Rambøll, Mulighetsrommet for alternativ teknologi på traktorer , 2016).

#### 13. Betongglattmaskin

Betongglattere er små og ofte håndholdte maskiner for utjevning og glatting av fersk betong. De veier rundt 100 kg og har en motorytelse på 4 kW (Hansmark, 2017).

Det finnes elektriske varianter av betongglattmaskin, på markedet, bl.a. levert av Bricon tools og Fuglesang Dahl. Det finnes også bensindrevne varianter.

#### 14. Teletiningsmaskin

Teletiningsmaskiner varmer opp grunnen for å kunne gjøre grunnarbeider når det er tåle i bakken. Maskinene kan ha væskebåren teknologi for oppvarming av grunnen. Da legges fleksible varmeslanger ut over området som skal tines med isolerende matter på toppen. Maskinen vil pumpe gjennom varmt vann i varmeslangene til grunnen er tinet. Maskinen kan komme på en tilhenger og veier ca 2 tonn, og leverer 100 kW. (Heat Work, u.d.). Dette er en maskin som og kan benyttes sammen med annen oppvarming på anleggsstedet.

## VEDLEGG 2 – ELEKTRISKE ANLEGGSMODELLER

Tabell 8: Oversikt over elektriske anleggsmaskiner for de viktigste anleggsmaskintypene, BE- står for batterielektrisk og E står for direkte elektrisk

Anleggsmaskin	Tilgjengelig i elektrisk drift	Maskinstørrelse [Tonn]	Motorkapasitet elektrisk drift [kW]
Gravemaskiner	Ja, f.eks.		
	Hyundai* (5) E	85	310
	Hitachi (1) BE	3.7	21.3
	Hitachi (6)	16	75
	Volvo (2) BE	ukjent	38
	Bobcat (3) BE	1 (4)	7.4 (4)
	SUNCAR (12) BE	1.9	17
	SUNCAR (13) BE	15.7	75
	Wacker Neuson (14) E	1	11.5
Kubota (15) E	1.7	11.5	
Hjullastere	Wacker Neuson (7) BE	4.1	15
	Wacker Neuson (10) E	2.4	15.5
	Avant (8,9) E	1.5	8
	Weidemann (11) E	2.4	15.5
Dumpere	Kamatsu** (16,17) BE	45	900
	Alitrak (18) BE	0.5	1.5
	Ecovolve (19) BE	1.5	8
Mobilkran	Galizia Pick & Carry Cranes Galizia Multis Zeecrane		5,5
Traktor	Ja, f.eks. Motivo Harvest		

\* Denne gravemaskinen har blitt modifisert med en 310 kW Siemens elektrisk motor.

\*\* Denne hjullasteren har blitt modifisert med en 700 + 200 kW elektrisk motor fra Bernese Oberland.

- (1): (Hitachi, u.d.)
- (2): (Volvo, 2017)
- (3): (Bobcat, u.d.)
- (4): (W-equipment, 2017)
- (5): (ZKG, u.d.)
- (6): (Nasta, 2017)
- (7): (Kramer, 2016)
- (8): (Gardsdrift, 2016)
- (9): (Avant, u.d.)
- (10): (Thor Heldal, u.d.)
- (11): (Weidemann, u.d.)
- (12): (Suncar, u.d.)
- (13): (Suncar, u.d.)
- (14): (Wacker Neuson, u.d.)
- (15): (Hymax, u.d.)
- (16): (EDumper, 2016)
- (17): (ElectricCarsReport, 2017)
- (18): (Alitrak)
- (19): (Ecovolve)

## VEDLEGG 3 - PROSJEKTER FOR PILOT FOSSILFRI ANLEGGSPASS

Tabell 1: Prioriterte prosjekt i Statnett for pilot.

Lokasjon	Prioritet	Plan for gjennomføring	Verdi for prosjektet	Gjennomførbarhet
	Verdi og gjennomføring	Beslutningsportaler i Statnett	Omfang og Overførbarhet	Egnet ift. å påvirke Økonomi og risiko
Lyse-Fagrafjell ny ledning og stasjon	1	BP2: 12.2017 BP3: 06.2019  I 2018 starter planleggingen av anbud.	Omfattende trafostasjon-prosjekt som vil benytte et stort utvalg av ulike anleggsmaskiner.  Stor grad av overførbarhet på de erfaringer som gjøres i pilot.	Så nært i tid at det høstes erfaring i rimelig tid. Men samtidig så lang tid til at det er mulig å planlegge ordentlig.  Positiv omtale vil bedre prosjektets omdømme.  Infrastrukturbehov: Tilgang på strøm i byggeperiode er et kritisk moment. Dette må planlegges tidlig.
Liåsen ved Grønmo	2	BP2 11.2018. BP3 12.2019 Planlagt gjennomføring rundt 2020.	Ny GIS trafostasjon med Hafslund nett. Mye grunnarbeid og sprengning, knuseverk og større bygg, ledningsombygging. Betongbygg	Mulig kandidat for del 1- Pilot
Mauranger Økt Transformering 300/66 og 66/22 kV	3	Fase 1 BP3 11.2018 BP2 12.2017		Vest
Sogn Ny trafostasjon	4	BP3: 4.2018	Fundamenter fjernes og det sprenges skjering for ny GIS trafostasjon.  Typisk prosjekt med mange aktiviteter med høy overførbarhet.	Allerede utlyst, så påvirkning må skje i samarbeid med entreprenør. Tvil om det gis fordel til tilbyder med erfaring om vi legger til kriterier i denne omgang.  Formulering om mulig bruk av fossilfrie løsninger.
Tunnel for kabel (Ulven til Sogn)	5	2019 er det planlagt byggestart  BP2: 4.2018	Veldig omfattende prosjekt ca. 6 km, sprengning og mye massetransport.  Ikke-typisk prosjekt med lav overførbarhet.	God tid før BP2, og samtidig så nært at det høstes erfaring i rimelig tid. Transport til fra anlegg er sannsynligvis største utslippspost og er opsjon for prosjekt. Er det betongkulerter, som kan være aktuelt å undersøke.

Røykås Lørenskog	6	Gjennomføres rundt 2020.	Lite prosjekt. Noe grunnarbeid og trafo-utskiftning.	Noe sent ift å teste fossilfri drift Mulig å være med fra start
Hamang Sandvika	6	Fase 1: Senere planlagt oppstart enn Liaåsen. Avventer Statens vegvesen som har større vei prosjekt tett på.	(SF6) – oppgradering, med lite grunnarbeid.	Noe sent ift å teste fossilfri drift Mulig å være med fra start
Smestad	12	Avtalene med entreprenør er skrevet under.	Dagens stasjon er fra 1952. Ny GIS trafostasjon. Typisk prosjekt med mange aktiviteter som er mulig å dra erfaring i. 9 bryterfelt.	Allerede utlyst, så påvirkning må skje i samarbeid med entreprenør. Ikke aktuell grunnet sen involvering



## REFERANSER

- al, M. e. (2012). *Gas Bus Technology and Operational Experiences in Helsinki Area*. 2012: Baltic Biogas Bus.
- Alitrak. (u.d.). Hentet fra [http://www.alitrak.com.au/wp-content/uploads/2015/07/Alitrak-AU\\_DCT300-EL\\_2pg\\_np.pdf](http://www.alitrak.com.au/wp-content/uploads/2015/07/Alitrak-AU_DCT300-EL_2pg_np.pdf)
- AtlasCopco. (u.d.). *Dynapac jordvalser kompakterer veien inn i framtiden*. Hentet November 14, 2017 fra <https://www.atlascopco.com/nb-no/construction-equipment/products/Compaction-equipment/soil-compaction-equipment/single-drum-vibratory-rollers?index=4&orderby=0&unit=METRIC>
- Avant. (u.d.). Hentet fra <http://www.avanttechno.com/www/global/news-and-events/new-avant-e5/>
- Bobcat. (u.d.). Hentet fra <https://www.bobcat.com/eu/excavators/models/e10/features>
- Cevitas. (2013). *Anleggsmaskiner - bestandsutvikling, aktivitetsdata og utslipp*.
- Clean Air Power. (u.d.). Hentet 09 01, 2013 fra <http://www.cleanairpower.com/duel-technology.php>
- CRAMO. (2017). *CRAMO Leieguide*.
- DNV-GL. (2017). *Utslippsfrie byggeplasser*.
- E.Einarson, O. (2014). *MEKA - biogassdrift i arbeidsmaskiner*. Jordbruksverket, Transportstyrelsen.
- Ecovolve. (u.d.). Hentet fra <http://ecovolve.eu/wp-content/uploads/2017/05/Ecovolve-Euro-Data-Sheet-Only.pdf>
- EDumper. (2016, 09). Hentet fra [http://edumper.ch/images/eDumper/2017028\\_E-Dumper\\_e\\_text\\_september\\_2017.pdf](http://edumper.ch/images/eDumper/2017028_E-Dumper_e_text_september_2017.pdf)
- ElectricCarsReport. (2017, 09 18). Hentet fra <https://electriccarsreport.com/2017/09/komatsu-hd-605-7-become-worlds-largest-electric-vehicle/>
- ElectricCarsReport. (u.d.). *Komatsu HD 605-7 become worlds largest electric vehicle*. Hentet November 14, 2017 fra <http://electriccarsreport.com/2017/09/komatsu-hd-605-7-become-worlds-largest-electric-vehicle/>
- Energigas Sverige. (2013). *Samanstilling: Gasfordons energieffektivitet*.
- et.al, E. E. (2015). *Biogassdrift i arbeidsmaskiner. Sluttrapport av regeringsoppdrag*. Jordbruksverket.
- Gardsdrift. (2016, 03 07). Hentet fra <http://gardsdrift.no/nye-avant-e5>
- Gjerne Betongpumping AS. (u.d.). Hentet fra <http://www.gjerdebetongpumping.no/team/betongbil-unicorn-08/>
- Hansmark. (2017). *Betongglatter TR750P (Sewpac)*. Hentet November 16, 2017 fra <http://hansmark.no/index.php/betongglatter-tr750p-swepac.html>
- Heat Work. (u.d.). Hentet fra <https://heatwork.com/produkter>
- Hitachi. (u.d.). Hentet fra <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=con&category=Mini+Excavator&make=Hitachi&model=ZX35U-3&modelid=108737>
- Hymax. (u.d.). Hentet fra <https://hymax.no/produkter/kubota/korthekkmaskiner/kubota-u17-3/>
- Kramer. (2016, September). Hentet fra <http://hh-maskin.no/wp-content/uploads/2017/04/Kramer-5055e.pdf>
- Liebherr. (2017). *Technical data, Piling and drilling rig*. Hentet November 16, 2017 fra [https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/pdf/data-sheet-archive/lrb-series/liebherr-lrb-155-piling-and-drilling-rig-technical-data-sheet-specification-englisch\\_890043814.pdf](https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/pdf/data-sheet-archive/lrb-series/liebherr-lrb-155-piling-and-drilling-rig-technical-data-sheet-specification-englisch_890043814.pdf)
- Lise Bathen, e. a. (2015). *Pumping av betong veiledning*. Oslo: Fabeko. Hentet fra [https://fabeko.no/assets/11487\\_Veiledning\\_Pumping-av-betong\\_100415\\_LOWR.pdf](https://fabeko.no/assets/11487_Veiledning_Pumping-av-betong_100415_LOWR.pdf)
- Mercedes-Benz. (u.d.). *Mercedes-Benz*. Hentet fra [https://www.mercedes-benz.no/.../Atego\\_Arocs\\_anlegg\\_15\\_NOR\\_2016\\_Online.pdf](https://www.mercedes-benz.no/.../Atego_Arocs_anlegg_15_NOR_2016_Online.pdf)
- MGF. (2017). *Anleggsmaskiner, statistikk*. Hentet November 14, 2017 fra <https://www.mgf.no/anleggsmaskin/>

- Miljødirektoratet. (u.d.). *Fakta om Biodrivstoff*. Hentet Oktober 20, 2016 fra <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2016/Mars-2016/Fakta-om-biodrivstoff/>
- Nasta. (2017). Elektriske anleggsmaskiner.
- Nasta. (2017). Elektriske anleggsmaskiner. *Enova*, (s. 15). Oslo.
- NCKynningsrud. (u.d.). *Løftetabeller for kraner*. Hentet November 14, 2017 fra <http://nckynningsrud.com/nb/loftetabeller/>
- Norbetong. (u.d.). Hentet fra <http://www.norbetong.no/no/betongbilen>
- O. ENghag, S. T. (2011). *Efterkonvertering av arbeidsmaskiner. Marknadsføringsplaner og forslag till styrmedel*. Jordbruksverket, Transportstyrelsen.
- Pon Equipment AS. (u.d.). Built for it.
- Power, C. A. (u.d.). *Clean Air Power*. Hentet September 1, 2013 fra <http://www.cleanairpower.com/duel-technology.php>
- Rambøll. (2015). *CBG-krav til renhet. Driftsutfordringer og tiltak*. Trondheim: Rambøll.
- Rambøll. (2015). *Kunnskapsnotat - Nullutslippsteknologi for anleggsmaskiner*. Ikke offentlig.
- Rambøll. (2016). *Mulighetsrommet for alternativ teknologi på traktorer*. Ikke offentlig.
- Rambølls egen erfaring. (u.d.).
- Rambølls egne erfaringer. (u.d.).
- Sany. (u.d.). [www.sanyglobal.com](http://www.sanyglobal.com). Hentet fra <http://www.sanyglobal.com/product/syg5530thb62.html>
- Sany. (u.d.). [www.sanyglobal.com](http://www.sanyglobal.com). Hentet fra <http://www.sanyglobal.com/product/syg5360thb49.html>
- Suncar. (u.d.). Hentet fra <http://www.suncar-hk.com/de/produkte/tb216e.php>
- Suncar. (u.d.). Hentet fra <http://www.suncar-hk.com/de/produkte/tb1140e.php>
- Thor Heldal. (u.d.). Hentet fra <http://thor-heldal.no/laster/hjullaster/wl20e-fullelektrisk/>
- Unicon. (u.d.). Hentet fra <http://www.unicon.no/ferdigbetong/pumping-av-betong/>
- Voegele. (2017). <https://www.voegele.info/en/>. Hentet November 2017 fra <https://www.voegele.info/en/products/super-series/universal-class/super-1803-3/specification.php>
- Volvo. (2017). Hentet fra <https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/prototype-electric-excavator/>
- Volvo Maskin AS. (u.d.). Hentet fra <https://www.volvoce.com/norge/nb-no/volvo-maskin-as/products/wheel-loaders/compact/>
- Wacker Neuson. (u.d.). Hentet fra <http://www.wackerneuson.us/en/products/excavators/tracked-conventional-tail-excavators/model/803-dualpower/type/TechnicalData/>
- Wee. (u.d.). Hentet fra <http://www.wee.no/utstyr-til-gravemaskiner>
- Weidemann. (u.d.). Hentet fra <http://www.weidemann.de/sv/hoftrac/model/1160-ehoftrac/type/TechnicalData/>
- W-equipment. (2017, 11 05). Hentet fra <https://www.w-equipment.com/ads/construction-machinery/excavators/mini-excavator-1-ton/bobcat-e10-320939.html>
- Westport, C. (u.d.). *Cummins Westport*. Hentet September 2, 2013 fra <http://www.cummins-westport.com>.
- ZKG. (u.d.). Hentet fra [http://www.zkg.de/en/artikel/zkg\\_2014-01-02\\_Ground\\_work\\_with\\_the\\_Hyundai\\_R800LC-9\\_all-electric\\_excavator\\_1930393.html](http://www.zkg.de/en/artikel/zkg_2014-01-02_Ground_work_with_the_Hyundai_R800LC-9_all-electric_excavator_1930393.html)