

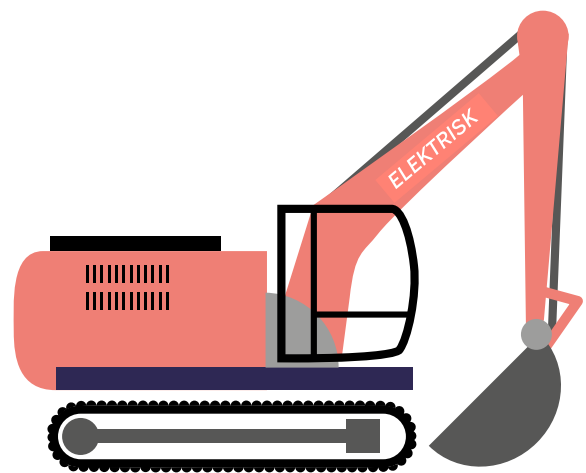


Oslo

Bymiljøetaten

# Utslippsfri anleggsplass

Bymiljøetatens erfaring med  
elektriske anleggsmaskiner  
i Olav Vs gate



# Forord

Oslo kommune har målsetting om utslippsfri anleggsdrift på alle sine bygge- og anleggsplasser i 2025. Med utslippsfri menes at det ikke er noen forurensende utslipp til luft. Pilotprosjektet for utslippsfri anleggsplass i Olav Vs gate er gjennomført for å få erfaringer med utslippsfri anleggsdrift med tanke på en gradvis overgang til dette i alle anleggsprosjekter frem mot 2025. Rapporten dokumenterer arbeid og utfordringer i de ulike fasene av prosjektet og gir anbefalinger til veien videre. Rapporten er også utformet med tanke på å dele erfaringer med andre offentlige og private byggherrer som står overfor lignende utfordringer i deres prosjekt.

I rapporten presenteres det hva Oslo kommune ved Bymiljøetaten gjorde i planleggingen av et prosjekt som skulle gjennomføres utslippsfritt, hvilke utfordringer som oppsto under gjennomføringen, merkostnader og miljøgevinster.

I kapittel 1 er det sammendrag på engelsk og norsk. Kapittel 2 gir en kort, overordnet fremstilling av klimaarbeidet i Oslo kommune og dagens situasjon, med linker til sentrale dokumenter. Kapittel 3 av rapporten omhandler planleggingen av pilotprosjektet, derunder markedsdialogen som ble gjennomført og anskaffelsen av utslippsfrie maskiner og utførende entreprenør. Kapittel 4 beskriver gjennomføringen, gjennom temaene maskiner, strøm, utslipp og kostnader, og er basert på erfaringene fra byggefasen. Kapittel 5 gir en fremstilling av Oslo kommunes krav i årene frem mot 2025.

Kapittel 2, 3 og 4 avsluttes med en oppsummering av fasene, med tips til hva man bør tenke gjennom for en vellykket gjennomføring.

Rapporten er basert på byggherrens erfaringer, månedsrapportering fra entreprenør, og generelle tilbakemeldinger fra entreprenør Steen & Lund og maskinleverandør Sørby utleie. Takk til Klimaetaten og Utviklings- og kompetanseetaten for innspill.

Prosjektet har i perioden 2018-2020 bestått av Bymiljøetaten ved følgende personer:

- Prosjekteier: Leif Jørgen Bjerck
- Prosjektleder anlegg: Karin Dalberg
- Byggeleder anlegg: Knut Strand-Andersen
- Prosjektleder Utslippsfri gjennomføring: Marianne Solhaug Mølmen
- Kommunikasjonsansvarlig og nabokontakt: Line Thams Reiersen

Bymiljøetaten 4.12.2020



# Innhold

Forord	
<b>1. Sammendrag – Summary</b>	<b>4</b>
1.1 Sammendrag	4
1.2 Summary in English	6
<b>2. Oslo – verdens første utslippsfrie storby</b>	<b>8</b>
2.1 Dagens situasjon	8
<b>3. Planlegging</b>	<b>10</b>
3.1 Prosjektets omfang	10
3.2 Ressurser	12
3.3 Mandat	12
3.4 Markedsdialog	13
3.4.1 Kartlegging av maskinbehov	15
3.5 Anskaffelse	15
3.5.1 Maskiner gjennom konsesjonsavtale	16
3.5.2 Kontrahering entreprenør	17
3.6 Strøm	18
3.6.1 Tilgjengelig strøm	18
3.6.2 Kostnader for etablering av bygge- og ladestrøm	19
3.7 Oppsummering planleggingsfasen	20
<b>4. Gjennomføring og resultat</b>	<b>21</b>
4.1 Maskiner	21
4.1.1 Lading, drift og kapasitet	21
4.1.2 8-tonns elektrisk gravemaskin	23
4.1.3 16-tonns elektrisk gravemaskin:	25
4.1.4 25-tonns elektrisk gravemaskin:	29
4.1.5 Hjullaster	31
4.1.6 Elektrisk vibroplate:	33
4.1.7 Tekniske avvik	35
4.1.8 Utbedringer underveis	36
4.2 Forbruk og kostnader	36
4.2.1 Strøm	36
4.2.2 Annet drivstoff	38
4.2.3 Merutgifter - utslippsfritt	39
4.3 Miljøregnskap	41
4.3.1 Utslipp	41
4.3.2 Tilpasninger og fravik	46
4.3.3 Støy og ytre miljø	50
4.4 Oppsummering av gjennomføringsfasen	51
<b>5 Veien videre</b>	<b>52</b>
Ordliste:	54

# 1. Sammendrag – Summary

## 1.1 Sammendrag

Oslo kommune har klare miljømål: klimagassutslippene i 2030 skal være redusert med 95 prosent, sammenliknet med 2009. Målet er at innen 2025 skal alle anleggsplasser være utslippsfrie. Pilotprosjektet for utslippsfri anleggsplass, gjennomført av Bymiljøetaten i Olav Vs gate og Klingenberggata i Oslo sentrum fra september 2019 til desember 2020, ble initiert for å dokumentere erfaringer og gradvis realisere målsettingen frem mot 2025.

Gatene skulle oppgraderes, for i større grad bli tilrettelagt for fotgjengere. Grunnet omfang, areal og lokasjon ble det ansett som et passende prosjekt for å teste utslippsfri anleggs-gjennomføring. Utslippsfri anleggsplass er i dette prosjektet definert til at *arbeidet innenfor byggegjerdet skulle gjennomføres utslippsfritt*. Normalt vil dette tilsi bruk av elektriske eller hydrogendrevne maskiner. Gjennom dialog med markedet, det vil si entreprenører og tilbydere av anleggsmaskiner, kom det frem at elektriske anleggsmaskiner var det som var kommet lengst i utviklingen, og dermed det realistiske alternativet grunnet anleggsstart i september 2019.

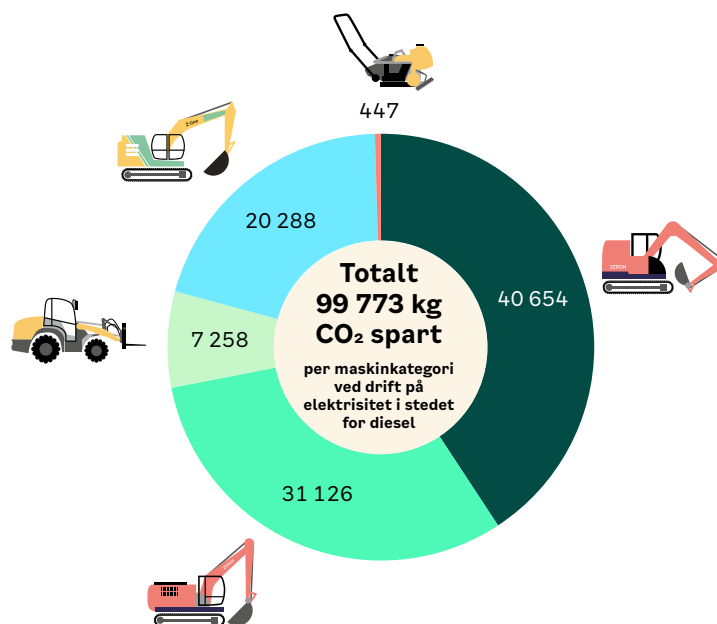
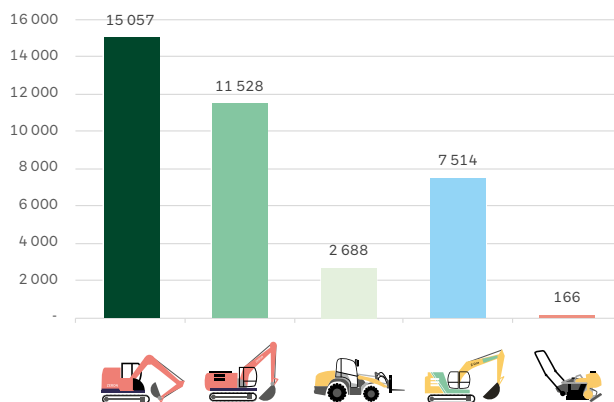
Markedsdialogen var viktig for å komme frem til den beste måten å anskaffe maskiner. Det kom frem at det var få elektriske anleggsmaskiner tilgjengelig, og at få entreprenører hadde egne elektriske maskiner. For sikker tilgang til maskiner i anleggsperioden, ble det derfor inngått en konsesjonsavtale med en maskinutleier som hadde elektriske anleggsmaskiner i maskinparken. Entreprenør var pliktet til å benytte maskinene i denne avtalen. Markedsdialogen avdekket også at det var nødvendig at byggherre var ansvarlig for å sikre tilgang til strøm samt dekke strømregningen, for å begrense risikoen for entreprenørene som skulle levere tilbud på anleggsarbeidet.

Prosjektet har i løpet av anleggsperioden benyttet elektriske gravemaskiner på 8 tonn, 16-tonn og 25-tonn, i tillegg til elektriske hjullastere og vibroplate. I løpet av perioden fra september 2019 til desember 2020 er det spart tilnærmet 37 000 liter diesel, som tilsvarer omtrent 100 000 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, sammenliknet med om prosjektet hadde benyttet ordinær diesel. Dette tilsvarer det årlige utslippet fra 50 fossilbiler.

For Oslo kommune er kravet på egne prosjekter at det skal benyttes fossilfri drivstoff, for eksempel HVO diesel 100. Dersom prosjektet hadde benyttet HVO hadde innsparingen tilsvart nesten 1500 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Enkelte operasjoner viste seg å ikke kunne utføres med nullutslippsteknologi. Alternativt drivstoff måtte brukes, hovedsakelig HVO Diesel 100, som er et fossilfritt, biobasert drivstoff laget av hydrent vegetabilsk olje. I tillegg har det blitt benyttet en propanbrenner til sveising, og enkelte mindre mengder ordinær diesel til vinsj og mobilkran. Totalt ble det brukt nesten 6000 liter HVO 100 drivstoff, 16 liter diesel og 362 kg propan i løpet av anleggsperioden. Dette har ført til et faktisk utslipp fra anleggsplassen på i overkant av 1400 kg CO<sub>2</sub>.

Antall kilo CO<sub>2</sub> utslipp spart per maskinkategori  
Totalt 99 773 kg spart



Antall liter diesel spart per maskintype.  
Totalt 36 953 liter drivstoff spart

- 8-tonns elektriske gravemaskiner
- 16-tonns elektriske gravemaskiner
- Elektriske hjullastere
- 25-tonns Cat 323F Z-line
- Elektrisk vibroplate

**Prosjektet har spart 52% av utslippene sammenlignet med om det hadde vært gjennomført fossilfritt, og 99 % av utslippene sammenlignet med om det hadde vært gjennomført på ordinær diesel.**

Tilbakemeldingene fra entreprenøren og maskinførerne har i stor grad vært positiv. De opplever at de elektriske gravemaskinene har fungert godt. Når det gjelder hjullasterne har disse hatt noe dårlig kapasitet og effekt i forhold til det behov som har vært i dette prosjektet, særlig når det gjelder tunge løft av stein. Dette førte blant annet til at prosjektet måtte sørge for ompalletering av stein for at hjullasterne skulle fungere bedre. Til lettere arbeid har de fungert tilfredsstillende.

Prosjektet opplevde enkelte utfordringer i starten, blant annet ved at maskiner gikk tom for strøm. Dette bedret seg etter hvert som det ble en rutine å sette maskinene på lading når de ikke ble brukt. Maskinførerne måtte også lære seg å bli mer effektive i å utnytte den energien som var tilgjengelig, det vil si å planlegge arbeidsoperasjoner nøyere for å unngå unødvendig bruk av energi. Til gjengjeld er erfaringene med elektriske maskiner at det er mindre støy og bedre luft på arbeidsplassen, noe som gir bedre arbeidssikkerhet og miljø for de ansatte. I tillegg opplever de at redusert støy og lukt gjør at de føler seg mindre slitne på slutten av dagen. Redusert støy har også vært positivt for butikkene og kontorene i gaten.

Bymiljøetaten mener pilotprosjektet for utslippsfri anleggsplass har gitt verdifull erfaring til videre prosjekter, både når det gjelder anskaffelser og drift av anleggsplassen. Som byggherre har vi opplevd at tett samarbeid med entreprenør og maskinleverandør er viktig for å finne gode løsninger. Det sistnevnte vil være gjeldende videre, også ved ordinære prosjekter, for sammen å tilstrebe at det benyttes utslippsfrie maskiner.

## 1.2 Summary in English

The City of Oslo has developed and adopted the Oslo Climate and Energy Strategy, which is in accordance with the Paris Agreement. The target is to reduce the city's CO<sub>2</sub> emissions by 95 per cent by 2030, compared to the 1990 level. One of the major contributing factors to CO<sub>2</sub> emissions in the City is transport, which make up 61 per cent of greenhouse gas emissions. Within the transportation category, private cars attribute to 39 per cent, while construction machines account for 30 per cent. The City has many strategies for reducing emissions from private cars, such as building bicycle lanes and establishing charging stations for electric vehicles. However, little has been focused on the second largest contributor to greenhouse gas emissions – heavy equipment and construction sites.

The City decided in 2018 to carry out a pilot project on reducing emissions from heavy equipment and construction sector, and decided that the upgrade of Olav Vs Street was to be done with zero greenhouse gas emissions from the construction site. The street upgrade would rebuild the 180m long street in the city center of Oslo and move the taxi stand in the upper section of the street in order to make the space available to pedestrians. In the lower section of the street, the pavements would be widened by removing parking spaces, and leaving the remaining road space for a bus stop and the relocated taxi stand. It would also install fast chargers for taxis, in order to facilitate a green shift for taxis and make use of time while waiting for new passengers. For practical reasons and since it was difficult to control external factors, the project decided to use the construction fence as the boundary, and the goal was to do all operations within the construction fence with zero emissions.

The project began by doing market research into which options there were and how to achieve zero emissions from the construction site. In Norway, all energy is generated from hydroelectric power sources, so electricity is considered emission free. Finding and using electric construction machines and equipment during the upgrade of the street was seen as the way to achieve the goal of zero emissions. The project had a close dialogue with the market, in order to gather research from the producers and sellers of construction machines, as well as contact with the local grid company in order to ensure that sufficient power could be delivered to the site. There were not a lot of electric construction machines available in the market, but a few existed, and it was possible to acquire electric excavators and wheel loaders. However, there was only a limited number available and very few construction companies had their own electric machines. In order to ensure the few existing machines were available, the project decided to first enter into an agreement with an equipment rental service that had secured electric machines from different producers. Then the project entered into a separate agreement with a construction company that would do the street upgrade using the electric machines made available through the rental service.

Through the rental service agreement, the project had access to the following machines:

- Large (16-ton) excavator - battery + cable operated
- Medium (8-ton) excavator - battery electric
- Wheel loaders - battery electric

The project was also able to secure a rental of a larger 25-ton battery electric excavator for a period from two separate sources.

By using electric construction machines, the project has saved 35 000 liters (9 250 US gallon) of diesel and 92 500 kilo CO<sub>2</sub> equivalents (CO<sub>2</sub>e), compared to the use of regular diesel. The pilot project has proved that using electric construction machines is possible for almost all operations. The electric excavators has overall been the most successful machines, as these have worked comparable to their diesel counterparts. As long as they are charged whenever they are not utilized and especially during lunch, the battery capacity is high enough to last close to a full working day. The machine operators experience is that the electric excavators are similar to operate, and noted that the reduced noise and lack of fumes enable a better and safer work environment. The project also utilized electric wheel loaders. These worked well for lightweight tasks, but for heavy loading and lifting, such as pallets of granite and other tasks close to their maximum lifting capacity, they were insufficient. The project utilized a wheel loader operating on HVO diesel 100 (Hydrotreated Vegetable Oil) partially throughout the project period for the heaviest tasks, and had to make the vendor re-stack pallets in order to enable lighter loads for delivery on site.

The project has received an environmental account report every month from the contractor, stating how many operating hours the electric machines have had. It also included how much fuel was used in cases where electric machines could not be used, in order to control how much emissions and fuel the project has utilized and saved throughout the construction phase. In addition to the HVO wheel loader, a mobile crane was operated on regular diesel, and a propane torch was utilized for membrane work, as there were no alternatives for these operations. In total, the project has utilized close to 6000 liter HVO fuel, 16 liter regular diesel and 362 kilo propane. This has accounted for a total of 1367 kilo CO<sub>2</sub>e from the project. Compared to the almost 100 000 kilo CO<sub>2</sub>-e saved in the project, this is an overall reduction of 99 per cent of emissions that would otherwise had occurred if it was a site using fossil fuels. If the site had been operated on HVO instead of electricity, as per today is the norm for the projects carried out by the municipality, it would have had emissions of an additional roughly 1500 kilo CO<sub>2</sub>-e. Even though the project was not able to complete the building phase with no emissions at all, the pilot project is very satisfied with the completion and our experience using electric construction machines in an urban street upgrade project. The reduced noise levels have also been a benefit both for the construction workers and for the neighboring businesses and workspaces.

## 2. Oslo – verdens første utslippsfrie storby

Oslo kommune har høye ambisjoner når det kommer til miljø. Kommunens klimastrategi slår blant annet fast at klimagassutslippene i 2030 skal være redusert med 95 prosent, sammenliknet med 2009. Tiltak for å nå målet om at Oslo skal bli en tilnærmet nullutslippsby, er nedfelt i Klimabudsjettet. Dette gjør klimaarbeidet konkret og forpliktende.

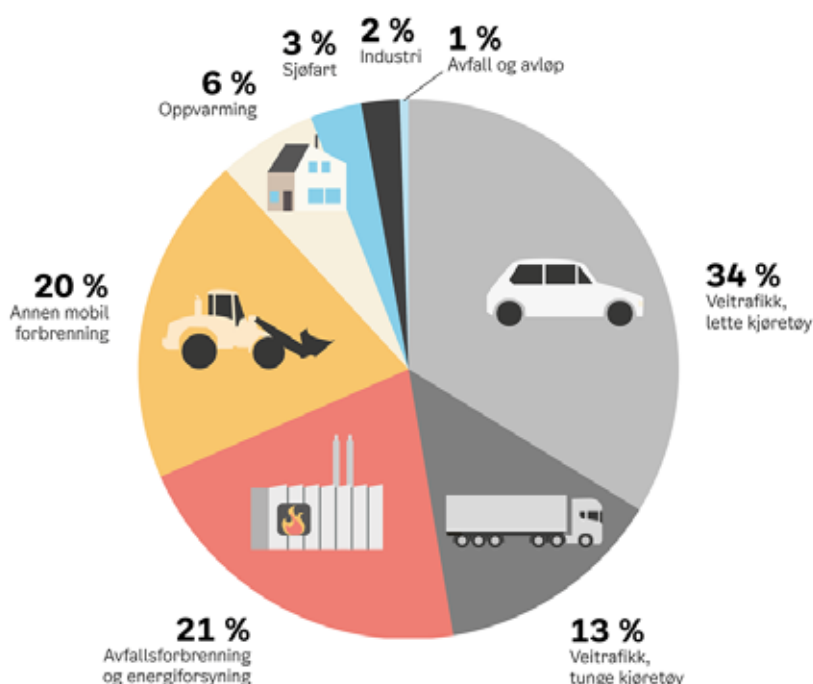
Du kan lese mer om Oslo kommunes klimastrategi og klimabudsjett på nettsiden [www.klimaoslo.no](http://www.klimaoslo.no):

- [Klimastrategi mot 2030](#)
- [Klimabudsjett 2021](#)

### 2.1 Dagens situasjon

I dag står bygg og vedlikehold av byen for omtrent en femtedel av de direkte klimagassutslippene i Oslo. Det betyr at utslippsfrie løsninger i bygg- og anleggsbransjen vil bidra betydelig, lokalt, nasjonalt og globalt for å realisere nullutslippsamfunnet.

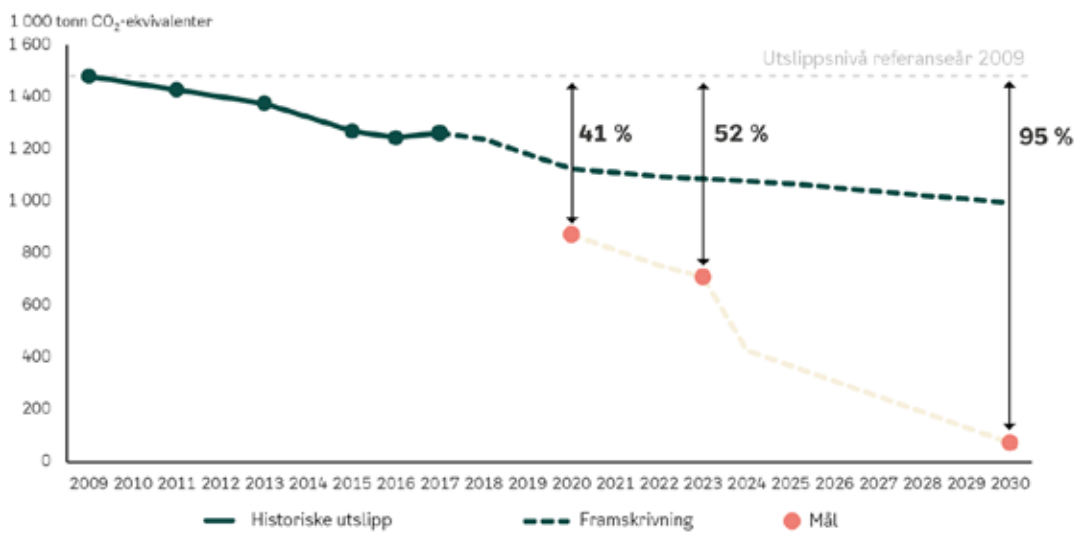
Med utslippsfri menes det at det ikke er noen forurensende utslipp til luft. Diagrammet under viser hvilke kilder som står for utslippene i Oslo. Bygg- og anleggsbransjen ligger her under kategorien «Annen mobil forbrenning».



Figur 1 Hentet fra Klimabudsjettet 2021



Under vises samlet mål og referansebane for tiden frem mot 2030. Det illustrerer hvor store kutt som må til i tiden fremover. Utslippskutt i bygg- og anleggsbransjen er viktig for å nå målene.



Figur 2 Mål og referansebane for å nå 2030-mål

# 3. Planlegging

## 3.1 Prosjektets omfang

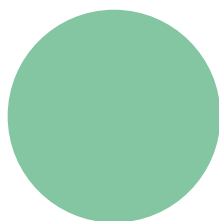
Olav Vs gate og Klingenberggata ligger i Oslo sentrum, mellom Nationaltheatret og Aker Brygge. I 2017 ble prosjektet i Olav Vs gate og østre del Klingenberggata innlemmet i Program for Bilfritt byliv. Programmet har som mål å skape et bedre bymiljø og økt byliv i sentrum.

En oppgradering av disse gatene hadde i lengre tid vært planlagt, men prosjektet hadde ligget i bero i påvente av midler til gjennomføring.

Parallelt med ordinær bevilgning på gjennomføring av gateopprustningen, fikk Bymiljøetaten tilslutning og ekstra budsjettmidler til å gjennomføre prosjektet som et pilotprosjekt for utslippsfri anleggsdrift. Prosjektet ble innlemmet i kommunens Klimabudsjett for 2019, under Bymiljøetatens myndighetsområde: «En pilot for utslippsfri anleggsplass vil bli gjennomført i Olav Vs gate.»

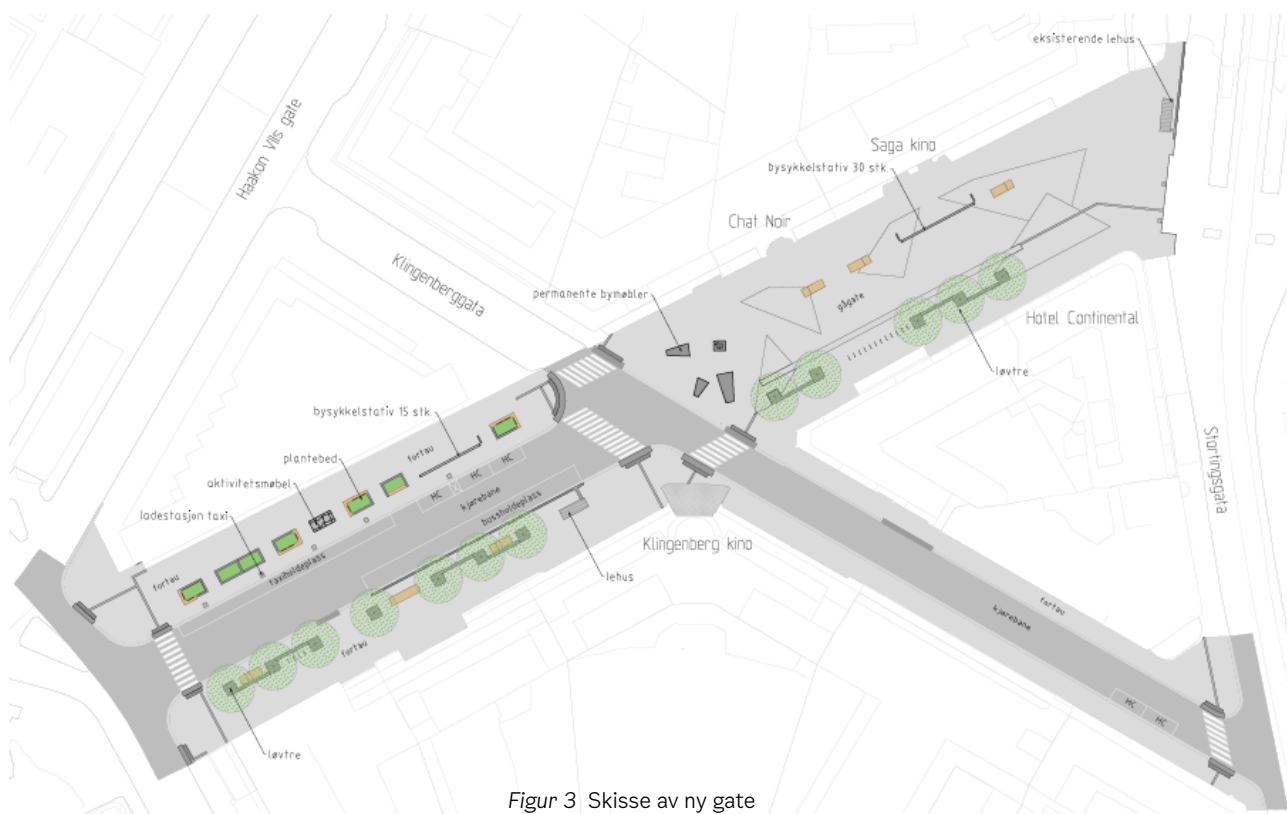
Prosjektet ble ansett passende som pilotprosjekt, på grunn av beliggenheten i sentrum, god tilgang på strøm, og omfanget av arbeidene som skulle gjøres. Det var et reelt gateopprustingsprosjekt, med alt det innebærer, som var viktig for at erfaringene skulle være overførbare til andre prosjekter.

Forprosjektet ble oppdatert, slik at etablering av en fotgjengertilpasset gate kunne igangsettes.



Følgende er et utvalg av hva som er gjennomført i prosjektet:

- ***Gågate fra Stortingsgata til Klingenberggata***
- ***Brede fortau fra Klingenberggata til Kronprinsesse Märthas plass***
- ***Fortausopprusting Klingenberggata øst***
- ***Granittdekke og gatevarme i gågatedel og fortau***
- ***Nye trær, møblering og belysning***
- ***Ladestasjoner for taxi***



Figur 3 Skisse av ny gate

Hovedprosesser og mengder i prosjektet:

- Rive og fjerne eksisterende møblering, bla. 12 lysmaster og 14 trær
- Masseutskifting ca. 4700 m<sup>3</sup>
- Etablere ca. 20 nye kummer og sandfang og bygge om ca. 20 eksisterende
- Avretting og komprimering av bærelag ca. 7300 m<sup>2</sup>
- Legge ca. 3000 m trekkerør med tilhørende trekkekummer, bla. til lading av taxier
- Støping av avlastningsplater i armert betong ut fra areaer, ca. 330 m<sup>3</sup>
- Membran/tettearbeider, ca. 1300 m<sup>2</sup>
- Etablere snøsmelteanlegg (gatevarme), ca. 5200 m<sup>2</sup>
- Etablering av ca. 24 nye lysmaster og diverse gatemøblering
- Etablere rotvennlig forsterkningslag i form av rotcellekasser og plante 12 trær
- Setting av ca. 400 m kantstein
- Asfaltdekker ca. 2100 m<sup>2</sup> / 735 tonn
- Legge granittbelegg på ca. 5200 m<sup>2</sup>

Videre følger en gjennomgang av det Bymiljøetaten oppfatter som fremtredende i arbeidet med utslippsfri anleggsplass. Hva har vært annerledes i planleggingen av et prosjekt som skal gjennomføres utslippsfritt?

## 3.2 Ressurser

Ved at prosjektet ble valgt som pilotprosjekt for utslippsfri anleggsplass fulgte det også med en større arbeidsmengde. Prosjektorganisasjonen ble derfor styrket med en ekstra prosjektleder som kunne fokusere på den utslippsfrie gjennomføringen.

Under de påfølgende kapitlene, mandat, markedsdialog og anskaffelse, omtales sentrale oppgaver for prosjektlederen før anleggsstart.

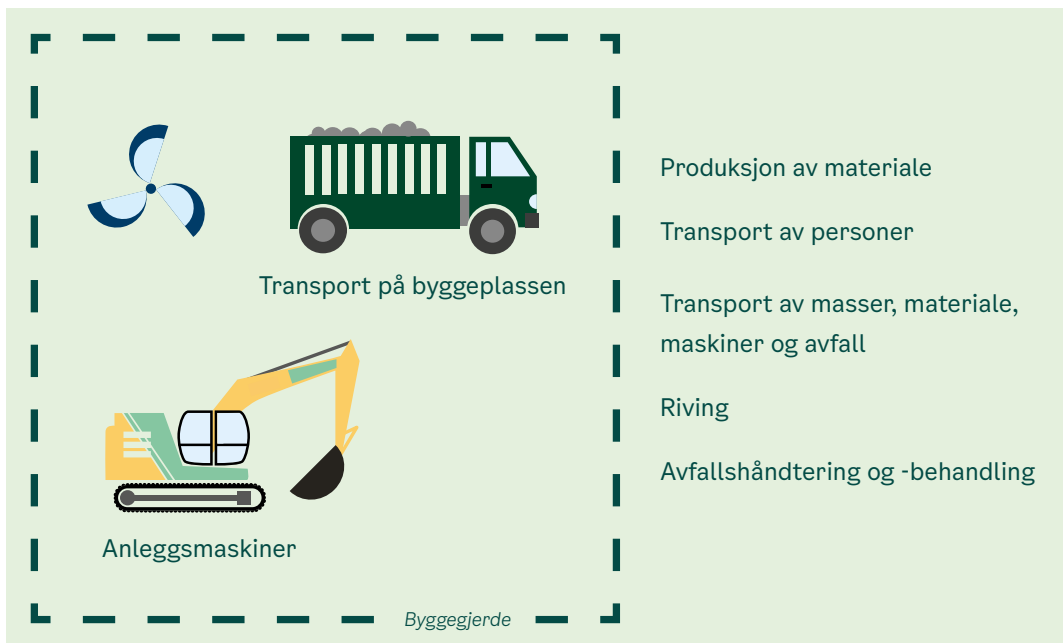
Det må tas med i betraktningen at dette var et pilotprosjekt, og at Bymiljøetaten i 2017 og 2018 ikke hadde noe erfaring med utslippsfrie anleggsplasser. Det følgende er dermed hva etaten så som riktig for å gjennomføre pilotprosjektet. Dersom Bymiljøetaten skulle gjennomført et nytt prosjekt i dag, med samme mål, ville merarbeidet med å gjøre dette utslippsfritt være vesentlig mindre grunnet erfaringen som nå er gjort.

## 3.3 Mandat

Noe av det første som måtte på plass var hvordan man skulle definere en utslippsfri anleggsplass. Et prosjekt har potensielt stor utstrekning, dersom man inkluderer faktorer som masse-transport, transport av materialer, klimaavtrykket til materialer/produkter og lignende.

Det var ønskelig å sette et realistisk mål for gjennomføringen, både for byggherre og med tanke på kontrahering av entreprenør. I tillegg visste man at massetransporten ikke var mulig å få til utslippsfri da det i 2018 ikke var vist frem utslippsfrie lastebiler. Nå i 2020 kan masse-transport være noe som kan gjennomføres utslippsfritt innenfor gitte premisser.

Av disse grunnene ble det valgt å avgrense ved byggegjerdet. Det betyr at arbeidet og maskiner innenfor byggegjerdet i så stor utstrekning som mulig skulle gjennomføres utslippsfritt.



Figuren er inspirert av den i DNV GLs rapport 2018-0367: «Potensialet for utslippsreduksjon ved fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser» og viser prinsippet om innenfor versus utenfor anleggsgjerdet.

## 3.4 Markedsdialog

En viktig oppgave for prosjektlederen var å etablere tett dialog med markedet, forstå hva som var status for utslippsfrie anleggsmaskiner, om det var tilgjengelige maskiner og hvilke maskiner og teknologier som var underveis. På den måten fikk man innspill fra entreprenører og maskinleverandører til hvordan en konkurranse på best mulig måte burde gjennomføres. Det var også viktig for Bymiljøetaten å forberede markedet på hva som ville komme, målsetningene i prosjektet og hva som skulle gjennomføres.

Det ble tidlig opprettet kontakt med Leverandørutviklingsprogrammet, et samarbeid mellom NHO, KS, Difi, Innovasjon Norge og Forskningsrådet, under merket «Innovative anskaffelser». Leverandørutviklingsprogrammet, er et nasjonalt program for leverandørutvikling, og en pådriver for at statlige og kommunale virksomheter skaper innovasjon gjennom sine anskaffelser.

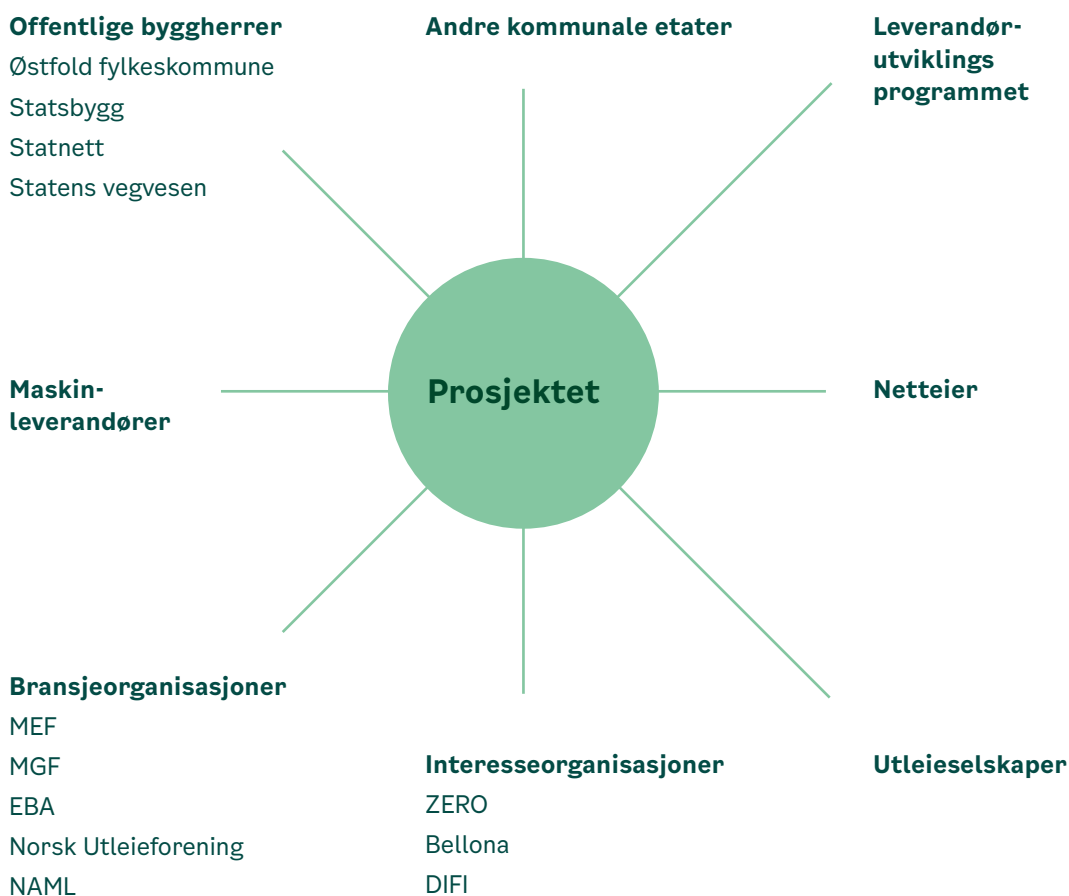
Den første fasen av kartleggingen gav en god oversikt over hvilke aktører som kunne ha interesse av å bli involvert videre, eksempelvis maskinleverandører, entreprenører og utleieselskap. Det ble invitert til en dialogkonferanse 15. oktober 2018 i samarbeid med Innovative anskaffelser og Omsorgsbygg. Etter dialogkonferansen var det utstrakt kontakt med diverse aktører. Gjennom dialogen visste byggherre at:

- entreprenør ønsket at byggherre skulle ta ansvar for tilgang til strøm samt ta strømregningen. Dette var ukjente områder for entreprenørene, og ville gi en økt usikkerhet og dermed økt pris ved å overlate det til entreprenøren. I tillegg minimerte man tidsrisiko for etablering av en meget omfattende og utvidet behov for byggestrøm på anleggsplassen ved oppstart.
- det er begrenset tilgang til maskiner, og at maskiner i de fleste kategorier må ombygges fra dieselmaskiner til elektriske. Dette tar omtrent et halvt år (kan per 2020 ta enda lengre tid).
- maskinleverandørene kunne bygge om maskiner, men ønsket sikkerhet for at disse maskinene ville bli brukt. Alternativet var at flere leverandører ville produsere til dette spesifikke prosjektet, og de som ikke fikk kontrakt ville pådratt seg en vesentlig risiko for ikke å få leid ut eller solgt maskinene slik markedet var på det tidspunktet.

- entreprenørene hadde begynt å prøve ut elektriske maskiner, men erfaringen var liten og mange hadde ikke kommet i gang med å bruke slike maskiner. Et krav om at det bare kunne brukes nullutslippsmaskiner ville derfor kunne begrense konkurransen om utførelsen av prosjektet.

Denne informasjon hadde direkte påvirkning på hvordan Bymiljøetaten valgte å løse kontraheringen av entreprenør, sikre utslippsfrie maskiner og tilgang til strøm på anleggsplassen.

Situasjonen kan være annerledes ved inngangen til 2021 da det er flere utslippsfrie maskiner i markedet, og flere maskiner som er bestilt og på vei inn i markedet. På den annen side er også interessen for disse maskinene fra byggherresiden og entreprenører økt betraktelig, og de som bygger om gravemaskiner klarer ikke å levere nok i forhold til etterspørselen.



Figur 4 Oversikt over aktører prosjektet var i kontakt med

### 3.4.1 Kartlegging av maskinbehov

Gjennom markedsdialogen ble det avdekket at det var begrenset maskintilgang. Det var nok maskiner i markedet dersom disse ble samlet i Olav Vs gate, men de var eid av ulike aktører, og det var lite sannsynlig å basere seg på dette. I dialog med entreprenører ble det satt opp en maskinliste, som viste hva behovet var for å kunne gjennomføre prosjektet i Olav Vs gate.

Maskinlisten var grunnlag for en konkurranse i utleiemarkedet, der utleier stilte maskiner til disposisjon for avtalt pris. Ved å gjøre det på denne måten, sikret etaten en viss form for forutsigbarhet for alle involverte. I listen ble det også satt opp maskiner som man antok ikke kunne skaffes. Dette i tilfelle det var oversett noe i markedsdialogen. Med tanke på datidens markedsituasjon ble det ansett som rett grep.

I pilotprosjektet har entreprenør også fått låne ekstra maskiner i løpet av anleggsperioden, i tillegg til de som stod på maskinlisten ved oppstart. Dersom man utarbeider en maskinliste er det derfor lurt å ikke være for fastlåst til listen, slik at man har muligheten for å ta inn andre maskiner dersom de dukker opp. Dette har vært med på å øke oppnåelsesgraden for prosjektet.

I kapittel. 4.1.1 er det tabell over maskinene benyttet i anleggsperioden.

## 3.5 Anskaffelse

Byggstart for prosjektet var satt til 2. september 2019, og entreprisformen var generalentreprise. Det var ikke et alternativ å endre oppstartdato, selv etter at det ble bestemt at prosjektet skulle gjennomføres som pilot for utslippsfri anleggsplass. Bakgrunnen for dette var omfanget av interessenter i gaten, og et politisk ønske om gjennomføring da Oslo var Europeisk miljøhovedstad i 2019.

Informasjonen gjennom markedsdialogen hadde direkte påvirkning på hvordan Bymiljøetaten gjennomførte anskaffelsen. Det ble klart at tilgangen på nullutslipps-maskiner var så begrenset at det kunne hindre en reell konkurranse, og i tillegg var situasjonen for flere av maskinene som kunne leveres, at leveringstiden var mer enn seks måneder. Etaten visste også at aktørene ønsket en kontrakt før de satte maskiner i bestilling.

Å følge vanlig praksis ved generalentreprise, altså at entreprenør er ansvarlig for maskinene, ville medført en konkurranse med høy sannsynlighet for begrenset antall tilbydere, og trolig også lav andel utslippsfri anleggsaktivitet fra oppstart 2. september. I dette tilfellet, var det derfor nødvendig å se på andre løsninger.

### 3.5.1 Maskiner gjennom konsesjonsavtale

Begrunnet i det ovennevnte ble det vurdert forskjellige alternativer for hvordan det skulle skaffes utslippsfrie maskiner, for en mest mulig utslippsfri oppstart og total anleggs-gjennomføring. Alternativene var:

- **Bymiljøetaten inngår kontrakt og kjøper maskiner selv.**  
 Dette ville innebære en stor investeringskostnad for etaten, som ville innebære en større anskaffelse og mer tid enn det som var til rådighet. Bymiljøetaten har ikke praksis med å ha egeneid maskinpark på investeringsprosjekter, så dette ville alternativt medført ekstraarbeid i forbindelse med salg av maskinene ved anleggsslutt.
- **Bymiljøetaten inngår leiekontrakt på maskiner.**  
 Ved å leie alle maskiner i hele prosjektperioden, ville man risikere å ha ledige maskiner stående uten arbeid i perioder. Da det blant annet bare var behov for en 8-tonns grave-maskin i starten av prosjektet, og det ikke var behov for 16-tonns gravemaskinen i slutten av anleggsperioden, ville det vært lite hensiktsmessig. En slik leieavtale ville også betydd at all kommunikasjon ville måtte gå via byggherre, noe som ville vært mer ressurskrevende og et mer krevende grensesnitt.
- **Bymiljøetaten tilbyr tjenestekonsesjonskontrakt, hvor konsesjonshaver får rett til å leie ut sine maskiner til prosjektets entreprenør.**  
 Dette betyr at det er entreprenørens fremdriftsplan som styrer når det er behov for de ulike maskinene på prosjektet, og gir en mer optimal styring av ressursene. Entreprenøren er ansvarlig for direkte kontakt med utleier, og ved hendelser på utstyr går kommunikasjonen og service raskere når det ikke går via byggherre.

Med tanke på tiden til rådighet, anskaffelsesregelverket og fleksibilitet med tanke på maskinene, ble tjenestekonsesjonskontrakt ansett som den beste løsningen. Enkelt forklart er en konsesjon en rett til å tilby en tjeneste på et område hvor konsesjongiver i utgangspunktet sitter på rettighetene. Inntektene skal i hovedsak ikke komme fra konsesjongiver, men fra en tredjepart (brukere av tjenesten), som i dette tilfelle ville bli entreprenøren som ble tildelt entreprisekontrakten.

Med denne strategien ville Bymiljøetaten kunne utlyse en separat konkurranse før detalj-prosjekteringen var ferdig, og dermed øke sannsynligheten for en mest mulig utslippsfri anleggsoppstart.

Konsesjonsavtalen ble utlyst i mars 2019 og signert i mai 2019 med Sørby Utleie AS. Byggestart var 2. september 2019. På grunn av markedsdialogen visste byggherre at det var mulig å få tak i de rette maskinene, selv om tilbudet var begrenset og det var lang leveringstid på nye bestillinger av maskiner.



Konsesjonsavtalen for Olav Vs gate og Klingenberggata øst innebar altså et leieforhold mellom entreprenør og utleieselskap, basert på standard vilkår og Bymiljøetatens krav til utslippsfrihet og egnethet. Konsesjonskontrakt ble med dette tatt i bruk på et nytt område, og pilotprosjektet kan altså sies å være innovativt innenfor offentlige anskaffelser<sup>1</sup>.

## 3.5.2 Kontrahering entreprenør

Entreprenør ble anskaffet av Bymiljøetaten gjennom en åpen anbudskonkurranse våren 2019. Konkurransen var en utførelsesentreprise basert på NS8405. Frist for innlevering av tilbud var 7. juni 2019. I kontraktperioden var det anført at arbeidene skulle utføres med oppstart senest 2.9.2019 og ferdigstillelse senest 30.11.2020.

Det ble anført at prosjektet er valgt som pilot for utslippsfri anleggsplass, og hva det innebærer: «Med utslippsfri menes at det ikke er noen forurensende utslipp til luft». I anbudet ble det også spesifisert minstekrav til miljøytelse.

Tildelingskriteriene og vektingen var følgende:

Kriterium	Vekt	Dokumentasjonskrav
Pris	40%	Ferdig utfylt prisskjema
Kvalitet	60 %	Oppdragsforståelse/fremdrift: 40 % Miljøbelastning i anleggsfasen og klimavennlige løsninger: 30 % Kompetanse: 30 %

*Merk at tildelingskriteriet miljø i anleggsfasen hadde vært høyere dersom utslippsfrie maskiner ikke hadde vært sikret gjennom egen konsesjonsavtale.*

### Miljøbelastning:

- Det vil evalueres på meroppfyllelse i forhold til bruk av utslippsfrie maskiner og utstyr benyttet utover konsesjonsavtalen innenfor byggegjerdet.
- Det vil evalueres på meroppfyllelse ift. minstekrav Euroklasse VI/6 utenfor byggegjerdet.
- Det vil evalueres på andre tiltak som leverandør vil iverksette for å forbedre anleggsarbeidets påvirkning av omgivelsene.

<sup>1</sup> Innovative anskaffelser: [Hvordan realisere vi en utslippsfri anleggsplass](#)

## 3.6 Strøm

En sentral del for en utslippsfri anleggsplass og bruk av elektriske anleggsmaskiner er tilgang til strøm, og at det er nok effekt tilgjengelig. Det var en klar tilbakemelding under markedsdialogen at entreprenørene og andre anbefalte at byggherre skulle stå ansvarlig for å framskaffe strøm. Dersom det viste seg å ikke være nok tilgjengelig strøm i området ville risikoen for økt tid og kostnad blitt svært høy, og entreprenørene ønsket ikke å bære denne risikoen.

### 3.6.1 Tilgjengelig strøm

Prosjektet skulle sørge for at strømbehovet ble avklart i god tid før gjennomføringsfasen, slik at nettselskapet kunne levere tilstrekkelig med strøm på byggeplass. Under planleggingen ble det sett på kabelkart og undersøkt hvor det var strøm i området. Nettselskapet ble kontaktet for å starte en dialog om strømtilførsel. Prosjektet måtte også avklare om det var spesifikt behov for 400V TN-nett eller 230V IT-nett, dersom noen av de elektriske maskinene bare kunne benyttes på en type tilførsel.

Tilgangen på strøm i prosjektområdet viste seg å være svært god. Det ligger tre nettstasjoner i området. Det var tidligere besluttet at det skulle etableres ladestasjon for taxi i Olav Vs gate, og netteier hadde bekreftet at det kunne tas ut 1200 kW fra en av disse nettstasjonene. Det var beregnet at denne effekten skulle dekke en fremtidsrettet «lynslader» (ekstra rask hurtigslader) og seks ordinære hurtigladere. Vurderingene var at dette også ville være mer enn nok til byggestrøm og for å drive en utslippsfri anleggsplass. Prosjektet bestilte en effekt på 800kW og 400V i prosjektområdet

Selv om det ble tidlig klart fra netteier at det var tilstrekkelig tilgjengelig effekt i prosjektområdet og kun mindre tavlearbeider var nødvendig for å hente denne ut, tok det tid å få strøm på plass. Prosjektet fikk først byggestrøm dagen etter oppstart. Det kan være lange leveringstider for å få etablert tilknytning, særlig dersom det er behov for større arbeider for å få strøm til byggeplassen, så tett kontakt i forkant med nettselskapet er derfor viktig for å få en realistisk tidslinje og kostnadsestimat.

Normalt ønsker nettselskapene at man kun etterspør det man har behov for på det tidspunktet man har behov for det. Det er vanskelig å få garantert at den tilgjengelige effekten vil være ledig i fremtiden med mindre man betaler anleggsbidraget en god stund i forveien for å sikre seg, og dette kan være utfordrende for et prosjekt som er i planleggingsfasen.

Det er også kompliserende at bestilling av strøm og byggestrøm ikke gjøres direkte av byggherre mot nettselskap, men må gå via elektrofirma eller leverandør av byggestrøm. Dette betyr et ekstra ledd som også kan medføre ekstra tidsbruk.

## 3.6.2 Kostnader for etablering av bygge- og ladestrøm

I planleggingsfasen ble det opprettet kontakt med netteier for å få vite tilgjengelig effekt i området og pris. Fra netteier fikk prosjektet et tilbud på 290 000 kr for tilknytning av strøm. Dette anleggsbidraget ga 1250A 3-fas 400V som dekker kostnader for effekten til de elektriske anleggsmaskiner, men også etableringen av strøm til hurtigladerer til taxi. I tilbudet var det ny lavspenningstavle som var den høyeste prisposten, og utgjorde ca. halvparten.

Anleggsmaskinene i prosjektet var avhengig av 400V TN-nett. Erfaringsmessig er ikke dette tilgjengelig i områder med eldre nettstasjoner, der er det mer vanlig med 230V IT-nett, noe som vil medføre behov for en skilletrafo eller en oppgradering av nettstasjonen. Prosjektet fikk derfor relativt rimelige tilknytningskostnader siden 400V TN-nett allerede var tilgjengelig.

I tillegg til kostnadene for selve tilknytningen, påløp det også kostnader i form av leie av byggestrømskap der måleren var plassert, og som måtte stå i nær tilknytning til nettstasjonen det ble hentet strøm fra.

Det var tenkt at pilotprosjektet i anleggsfasen skulle benytte seg av kablene og tilførselen som skulle legges opp til hurtigladerne til taxi, frem til prosjektet var ferdigstilt. Dessverre tillot ikke netteier dette. Det påløp derfor ekstra kostnader til midlertidige kabler som skulle forsyne byggestrømskap og anleggsmaskinene med strøm. Det ble også utgifter til et ekstra byggestrømskap som fungerte som hovedfordelingskap og sto innenfor byggegjerdet for å stå i nær tilknytning til de elektriske anleggsmaskinene.

<b>Kostnader* - omtrentlig oversikt ekskl. mva.</b>	
Anleggsbidrag – tilknytning av strøm**	215 000 kr
Flytting av anleggsstrøm underveis og ekstrakostnader til midlertidige kabler***	141 000 kr
Leie av byggestrømskap – 15 måneder	95 000 kr
<b>Sum estimerte kostnader tilknytning av strøm</b>	<b>451 000 kr</b>

\* Tabellen inkluderer ikke de ekstra utgiftene entreprenøren har hatt i forbindelse med eget byggestrømskap og brakkestrøm.

\*\* Opprinnelig 290 000kr. Fratrasket 75 000kr grunnet kabler som prosjektet ikke fikk benytte. Anleggsbidraget ble i sin helhet dekket av hurtigladeprosjektet for taxi.

\*\*\*Da pilotprosjektet ikke fikk benytte tilførselskablene til hurtigladestasjon for taxi, måtte prosjektet ut med ekstrakostnader til midlertidige kabler for å få strøm til å lade anleggsmaskinene

## 3.7 Oppsummering planleggingsfasen

- Gjennomfør grundig markedsundersøkelse, og etabler dialog med tilbydere av maskiner.
- Når prosjektet skal gjennomføres utslippsfritt bør det avklares før valg av entrepriseform, og helst i forprosjektfasen, eller tidligere.
- Dersom man ser for seg at entreprenør skal fremskaffe elektriske maskiner, og at hele prosjektet skal være utslippsfritt bør man ha god tid mellom kontraktsignering og byggestart (minimum 6 måneder, men dette kan endre seg med markedet, og bør undersøkes.).
- Byggherre må tidlig avklare om de ønsker å ta ansvar for etablering av strøm. Uansett bør man som byggherre tidlig kartlegge tilgangen til strøm og tilknytning for å få en oversikt over kapasitet i prosjektområdet. Dersom det viser seg å ikke være nok kapasitet må byggherre få avklart fra netteier hvilke nødvendige investeringer som må gjøres og leveringstid dersom det behøves ny nettstasjon eller større arbeid. Beregn god tid til denne prosessen. Vurder å leie inn batteripakker eller andre forsyningsløsninger der det permanente strømbehovet er mindre enn behovet i anleggsfasen.
- Tenk igjennom om det er andre deler av prosjektet som behøver strøm. Skal det f.eks. oppføres et nytt bygg, og kan det være mulig å benytte seg av denne kapasiteten før \*bygget står klart slik at man kun betaler ett anleggsbidrag?
- Med ny teknologi og nye utfordringer kan man møte på skepsis. Jobb for et godt samarbeid mellom alle parter, slik at det dras i samme retning mot å gjennomføre et utslippsfritt prosjekt.

# 4. Gjennomføring og resultat

Entreprenøren hadde fysisk oppstart i Olav Vs gate 2. september 2019, i henhold til kontrakten. Prosjektet, både entreprenør og byggherre, var bevisste på at dette var landets første pilotprosjekt for utslippsfri anleggsplass. Det var mye spenning knyttet til hvordan gjennomføringsfasen kom til å bli.

## 4.1 Maskiner

Tilbakemeldingene når det gjelder maskinene som har vært benyttet i prosjektet er i stor grad positive. Fra entreprenør opplyses det om at de utslippsfrie gravemaskinene er tilnærmet like å operere, og at de har omtrent lik kapasitet og styrke som sine konvensjonelle søsken. Dette forutsetter at man har tilstrekkelig effekt tilgjengelig til å lade opp batterier eller koble til maskinene, at man tilpasser maskinenes oppgaver til det de egner seg godt til, og at man ikke bruker de i øvre grenseområde for grave-/løftekapasitet.

Prosjektet har også benyttet elektriske hjullastere, levert som batterielektriske fra fabrikk (ikke ombygd fra diesel). Disse har hatt noe dårligere tekniske egenskaper i form av løfteegenskaper og batterikapasitet sett opp mot pilotprosjektets behov.

Maskinene benyttet i prosjektet har i hovedsak vært tidlige utgaver, enten ombygde dieselmaskiner eller på annen måte laget i et begrenset antall eller som prototyper. Det har derfor vært en del læring underveis og forbedringspunkter på maskinene, samtidig som vi har grunn til å tro at denne utviklingen kun vil gå fremover og teknologien og egenskapene vil bli bedre. Dette erfarte vi også selv gjennom prosjektperioden, ved at sist ankomne maskiner av en gitt type var bedre enn først ankomne.

Det har også vært visse utfordringer og nye rutiner som må læres for maskinføreren og de andre ansatte på anleggsplassen. Vi har også sett at maskinførernes innstilling er viktig for at maskinene skal fungere optimalt. Positiv innstilling og velvillighet til ny teknologi og nye rutiner, har ført til at maskinene har fungert tilfredsstillende.

### 4.1.1 Lading, drift og kapasitet

Byggestrømskapet sørget for strøm til anleggsplassen, med ladeuttak for de elektriske anleggsmaskinene.

Det var viktig å ha kort avstand fra maskinene til ladeuttaket for å unngå å bruke unødig batterikapasitet på forflytning av maskinene. Etter hvert som områder ble ferdige, ble strømkablene ført under bakken i nye kanaler og byggestrømskapet flyttet til en mer hensiktsmessig plassering slik at det ble stående mest mulig praktisk med hensyn til lading. Ladeeffekten og ladehastigheten avhenger av tilkobling, men med 400V, som var tilgjengelig i dette prosjektet, var det tilfredsstillende.

I følge maskinføreren er en typisk arbeidsdag, med tyngre arbeid, slik på de elektriske 8-tonns gravemaskinene:

**«Batteriet på de elektriske gravemaskinene er 100 prosent fulladet når vi starter arbeidet på morgenen i sjutida. Ved lunsj er batteriet nesten utladet, ca. 5-10 prosent igjen. Gravemaskinen settes på lading i lunsjen på et 63A uttak. Når maskinen tas i bruk igjen etter cirka 40 minutt har batteriet ladet opp til cirka 75 prosent. Batteriet varer da som regel frem til to-tretida på ettermiddagen.»**

På anleggsplassen var det ett skift som arbeidet fra kl. 07-17 mandag til torsdag. Ingen av maskinene varte en hel dag, uten at det ble ladet i lunsjpauser og eventuelle arbeidspauser. Ved lettere oppgaver, som for eksempel steinlegging brukes det mindre energi, og batteriet var da på 35-40 prosent ved lunsjtider. Dette medførte at maskinen kunne holde frem til arbeidsslutt hvis det ble fulladet i løpet av lunsjen.

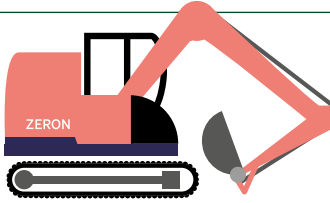
Gode laderutiner er viktig. Prosjektet opplevde ved noen tilfeller de første dagene etter oppstart at maskinene gikk tom for strøm tidlig på ettermiddagen, da det ble glemt å sette de på lading når de ikke ble brukt. Dette handler i stor grad om opplæring, og at maskinførerne motiveres til å ta i bruk ny teknologi. Når lading ble en rutine, fungerte gravemaskinene store deler av arbeidsdagen.

I tillegg tok det noe tid å forstå at arbeidsoperasjonene på anleggsplassen bør planlegges mer grundig, slik at batterikapasitet ikke brukes unødvendig eller at det ble hyppige inn- og utkoblinger av kabel som medførte unødig tidsbruk.

Det ble også erfart at optimal temperatur for lading av maskinene er fra -1 til +15 grader. Ved for varmt vær kom det en del feilmeldinger på maskinene, mens ved kaldere temperaturer gikk batteriene raskere tomme.

I de neste avsnittene følger våre erfaringer med de ulike maskinene, og antall timer de har vært i drift i løpet av prosjektperioden. Se kapittel 4.1.7 for tekniske avvik (feil på maskinene) og kapittel 4.3.2 for fravik fra utslippsfri maskinbruk.

## 4.1.2 8-tonns elektrisk gravemaskin

Maskin	<b>Zeron ZE85 - 8t gravemaskin</b>	
Motoreffekt	40kW	
Type	Batteridrift Produsenten opplyser om at maskinen også kan opereres med kabel tilkoblet	
Tilkobling i Olav Vs gate	TN 400V 63A Produsenten opplyser at maskinen kan tilkobles 400V fra 16A til 63A	
Batterikapasitet	100kWh	
Driftstid	Ca. 8 timer ved ikke-kontinuerlig drift og med ca. 45 min lading i lunsj og i pauser. Produsenten oppgir 4 timer ved normal belastning på batteri og ved kontinuerlig drift	
Ladetid batteri	7-9t fulladet med 11kW (400V 16A) Produsenten oppgir ladetid 0-100 % fra 9 timer ved 16A til 2,5 timer ved 63A	
Hurtiglading	I Olav Vs gate ble denne hurtigladet på 44kW (400V 63A) i lunsjen. Produsenten oppgir at modellen kan lade raskt på vekselstrøm (AC) med inntil 44kW (400V 63A) eller hurtiglade med likestrøm (DC) via CCS <sub>2</sub> (ca. 1 time)	

Prosjektet har benyttet tre 8-tonns elektriske gravemaskiner i løpet av prosjektperioden. Disse har vært av samme modell, Zeron ZX85, men med unntak av mai har det kun vært to elektriske 8-tonns maskiner på anlegget samtidig.

Vår erfaring er at de har egnet seg godt til den type jobber som normalt utføres av 8-tonns gravemaskiner, eksempelvis å grave mindre grøfter, steinlegging og lignende. Det at de har gått på batteri har gjort at maskinene er mer fleksible, da de ikke er avhengig av å stå tilkoblet eller i nærheten av strømforsyning.

Ulempen har vært at de har gått tom for strøm ved tung graving, opplasting og belting/ forflytning. Forflytning påvirker kapasiteten i stor grad. Anleggsarbeiderne har derimot vært fornøyde med at maskinen er relativt stillestående, noe som har vært en fordel ved steinlegging da lavere maskinstøy gjør det lettere å kommunisere mellom de ansatte. Dette gir også tryggere arbeidsmiljø.

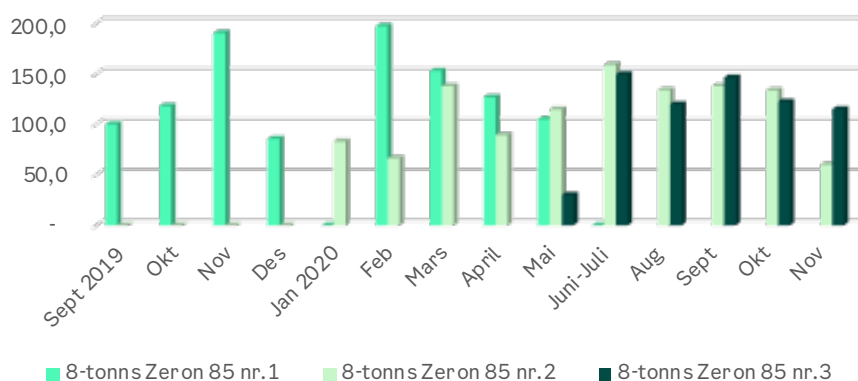
Andre maskin kom ikke i drift før i midten av februar, grunnet forsinkelse i levering. Det var også enkelte problemer med tekniske avvik på den første elektriske 8-tonneren i denne perioden. I januar og februar 2020 var det derfor behov for å ha en 8-tonns gravemaskin på HVO 100 for å sikre tilstrekkelig kapasitet på steinlegging og for å nå en viktig milepæl i prosjektet, siden øvre del av gata skulle stå ferdig innen tidsfristen.



Figur 5 8-tonns elektrisk gravemaskin Zeron ZX 85

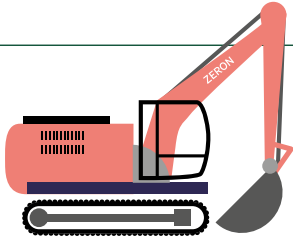


Totalt har pilotprosjektet hatt 2873 timer drift med 8-tonns gravemaskin. Figuren under viser dette fordelt på måneder.



Figur 6 Antall timer i drift 8-tonns elektriske gravemaskiner. Totalt 2873 timer for hele prosjektet.

### 4.1.3 16-tonns elektrisk gravemaskin

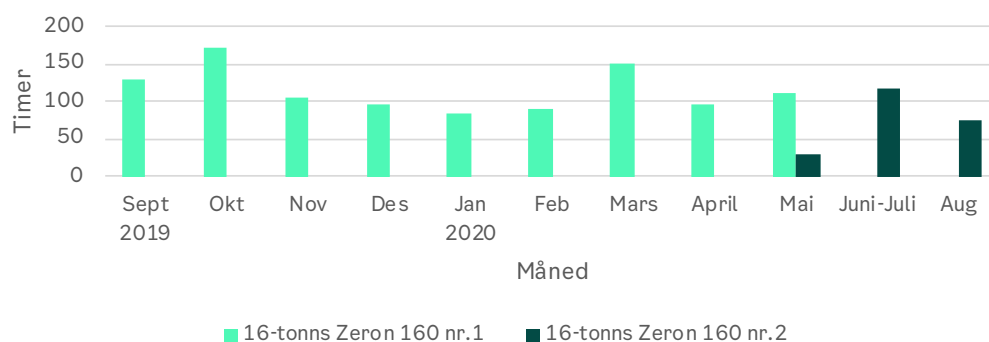
Maskin	<b>Zeron ZE160LC «Peakshaver +» - 16t gravemaskin</b>	
Motoreffekt	75kW	
Type	Kabel + batteri	
Tilkobling i Olav Vs gate	400V 63A Produsenten oppgir at denne kan benytte fra 32A til 63A, men lavere effekt tilkoblet vil medføre mer bruk av batteriet og redusert ytelse	
Batterikapasitet		
Driftstid	Kabel sørger for kontinuerlig drift Produsenten oppgir at denne kan benyttes inntil 30-40 minutter uten kabeltilkobling, f.eks for forflytning.	
Ladetid batteri	Batteri lades under drift. Produsenten oppgir at utladet batteri lades under drift eller på 1 time ved 63A	
Hurtiglading	Nei	

Prosjektet har benyttet seg av to 16-tonns elektriske gravemaskiner. Disse maskinene ble levert med et batteri og kabeltilkobling. Den er ment å skulle være tilkoblet strøm hele tiden, og batteriet supplerte og bidro ved høyt effektbehov, for eksempel under forflytning. Den første maskinen ble levert med kabelen festet til overvognen. Dette viste seg å være noe upraktisk da lærling eller annen person konstant måtte passe på kabelen ved svingbevegelser og forflytning.

Etter noe tid ble den første maskinen skiftet ut med en oppgradert 16-tonns maskin. På denne hadde det blitt utviklet en kabeltrommel som automatisk tok inn og slapp ut ladekabelen. I tillegg hadde kabelfestet blitt flyttet til undervogna, noe som minimerte problematikk med svingbevegelser og fjernet behovet for å ha en ekstra person tilstede for å se etter kabelen.

16-tonns maskinene opererte i hovedsak med ladekabel tilkoblet, så batteritid var ikke en bekymring. Det var imidlertid tilfeller der ekstrabatteriet gikk tom for strøm grunnet tunge oppgaver. I tillegg ble det opplevd problemer i form av at maskinen gikk varm og måtte restarteres, noe som tok ca. 10 minutter hver gang. Dette skyldtes trolig barnesykdommer forbundet med eldre hardware (CAN-busen), og at releet som skulle styre viftene som kjølte batteriene ikke ble koblet inn. I tillegg gjorde «støy» fra batteriene det vanskelig å feilsøke når det oppsto feilmeldinger.

Totalt har pilotprosjektet hatt 1261 timer drift med 16-tonns elektrisk gravemaskin. Figuren under viser dette fordelt på måneder.



Figur 7 Antall timer i drift 16-tonns elektriske gravemaskiner. Totalt 1261 timer for hele prosjektet.



Figur 8 16-tonns gravemaskin Zeron ZX160 med kabelfeste i overvogn

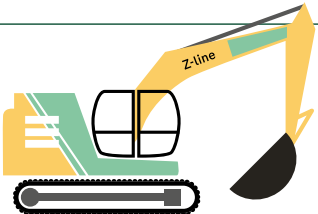
Figur 9 Oppgradert 16-tonns gravemaskin med kabelfestet flyttet til undervogn





Figur 10 Container med skilletrafo og ladekabel med trommelløsning for automatisk inn-/uttrekk av kabel

#### 4.1.4 25-tonns elektrisk gravemaskin

Maskin	<b>Pon Cat Z-line - 25t gravemaskin</b>	
Motoreffekt	122kW	
Type	Batteri	
Tilkobling i Olav Vs gate	400V 125A Produsenten oppgir 400V 125 A	
Batterikapasitet	300kWh	
Driftstid	6-8 timer med lading i pauser Produsenten oppgir 6-8 timer med lading i pauser	
Ladetid batteri	5-7 timer Produsenten oppgir 5-7 timer	
Hurtiglading	Produsenten oppgir at modellen kan hurtiglades på 2 timer på 400V 250A	

Prosjektet har i løpet av perioden benyttet to 25-tonns gravemaskiner. Det skulle blant annet graves ut større mengder masser og etableres fordrøyningsmagasin, og dette er oppgaver de minste maskinene ikke er godt egnet til å gjøre.

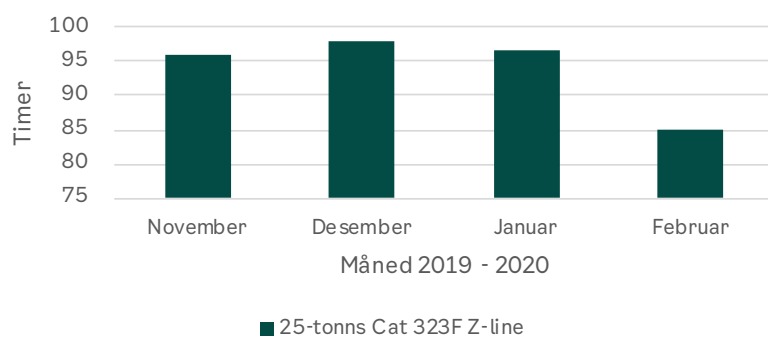
Prosjektet fikk låne en prototype Cat 323F Z-line av daværende Østfold fylkeskommune i to uker gjennom et utlansprosjekt. Deretter ble det leid inn en ny maskin i tre måneder av samme modell fra Firing & Thorsen.

Disse modellene ble et tillegg utenom konsesjonsavtalen, da 25-tonns gravemaskin opprinnelig ikke var forespurt. Maskinen hadde god batterikapasitet, og med en lading i lunsjen på 125A holdt den hele dagen til det arbeidet som skulle gjøres. Maskinen fungerte også godt til relativt tungt arbeid.

Av praktiske årsaker er de to modellene slått sammen i tabellen nedenfor, siden den første maskinen kun ble benyttet i to uker og den andre maskinen den resterende tiden.



Totalt har pilotprosjektet hatt 375 timer drift med Cat 323F Z-line. Figuren under viser dette fordelt på måneder.




Figur 11 Antall timer i drift 25-tonns elektrisk gravemaskin Cat 323F Z-line. Totalt 375 timer for hele prosjektet.

Figur 12 25-tonns gravemaskin – Cat 323F Z-line



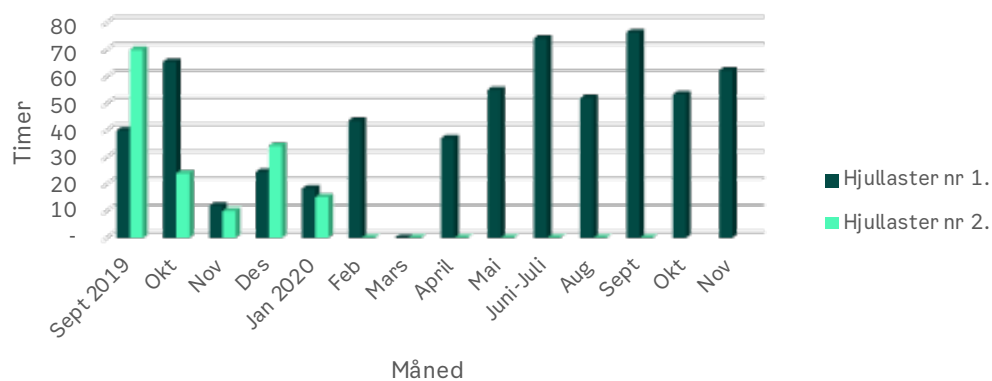
## 4.1.5 Hjullaster

Maskin	<b>Kramer 5055e Elektriske hjullastere</b>	
Motoreffekt	22kW	
Type	Batteri	
Tilkobling i Olav Vs gate	230V 16A Produsenten oppgir 230V eller 400V (kommer an på batteritype)	
Batterikapasitet	33kWh	
Driftstid	2-4 timer Produsenten oppgir ca. 3 timer ved kraftigere bruk og ca. 5 timer ved normal bruk	
Ladetid batteri	8 timer Produsenten oppgir ladetid på 6-7 timer.	
Hurtiglading	Nei	

Prosjektet hadde i konsesjonsavtalen antatt et behov for to elektriske hjullastere gjennom hele perioden. I praksis fungerte de fint til lettere jobber, men de viste seg å ha noe dårligere kapasitet i bruk og til løft enn antatt. Det gjaldt for eksempel ved løfting av paller med stein. For å få utført dette med en utslippsfri hjullaster var det nødvendig å bestille lettere paller.

For å nå en viktig milepæl i mars hadde prosjektet inne to hjullastere på HVO i tillegg til en elektrisk. Etter dette har prosjektet hatt en elektrisk hjullaster og en på HVO på anleggs-plassen for å sikre tilstrekkelig kapasitet til alle arbeidsoppgaver.

Totalt har prosjektet hatt 768 timer drift med Kramer 5055e elektriske hjullastere. Figuren under viser dette fordelt på måneder.



Figur 13 Antall timer i drift elektrisk hjullaster. Totalt 768 timer for hele prosjektet.

Figur 14 Elektrisk hjullaster – Kramer 5055e

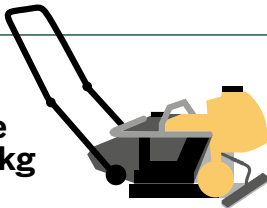




## 4.1.6 Elektrisk vibroplate

Prosjektet har benyttet en elektrisk vibroplate (hoppetusse) til komprimering av masser av typen Wacker Neuson AP1850e. Den var relativt liten, og var derfor ikke egnet til alle oppgavene på anlegget, som for eksempel på grovere masser. På enkelte områder, som for eksempel på toppsjiktet før steinlegging, fungerte den godt.

Det ble opplevd at den hadde bedre slagkraft enn en tilsvarende tradisjonell vibroplate på 120kg. Den støyet også mindre. Den gikk på batteri og kunne lades fra en vanlig 230V stikkontakt (16A). Dette gjorde den fleksibel i bruk. Prosjektet var ved oppstart kjent med at det ikke fantes stor nok vibroplate for de tyngste arbeidene med komprimering for eksempel overbygning eller grovere masser, og det ble derfor nødvendig å supplere med vibroplate på 700 kg og 120 kg som gikk på HVO.

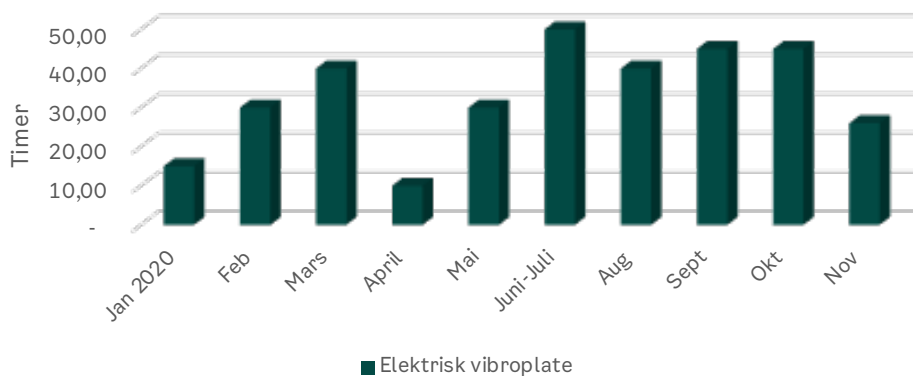
	
<b>Maskin</b>	<b>Wacker Neuson AP1850e Elektrisk vibroplate 100kg</b>
<b>Motoreffekt</b>	
<b>Type</b>	Batteri
<b>Tilkobling i Olav Vs gate</b>	230V 16A
<b>Batterikapasitet</b>	1,4kWh
<b>Driftstid</b>	Ca. 1,5 timer Produsenten oppgir 1134 m <sup>2</sup> per batterilading
<b>Ladetid batteri</b>	1–2 timer
<b>Hurtiglading</b>	



Figur 15 Elektrisk vibroplate Wacker Neuson AP1850e

Det var planlagt at en større, elektrisk vibroplate skulle komme, som den første i sitt slag. Dessverre fikk ikke produsenten vibroplaten CE godkjent og prosjektet fikk dermed aldri tilgang til noe større utslippsfri modell.

Totalt har prosjektet hatt 331 timer drift med elektrisk vibroplate. Figuren under viser dette fordelt på måneder.



Figur 16 Antall timer i drift elektrisk vibroplate. Totalt 331 timer for hele prosjektet.

## 4.1.7 Tekniske avvik

Maskinene har i de fleste tilfeller fungert for de arbeidene som skulle gjøres i prosjektet, men med unntak av hjullasteren er de å anse som prototyper. De har vært bygget i et begrenset antall, det har vært forbedringer og utvikling underveis, og det har skjedd feil. Dette har skyldes både menneskelige feil, som å glemme å sette maskinene på lading, men også andre tekniske forhold.

Prosjektet har opplevd noe stillstand som følge av dette, og det vært dialog med utleier og oppfølging fra produsent underveis. Siden de fleste av maskinene er førsteutgaver og relativt lite utprøvd har de fleste av problemene måtte tas med produsenten, og det er lite reserve-maskiner tilgjengelig. I prosjekter med svært stramme tidsfrister og liten fleksibilitet fra byggherre, vil det derfor innebære risiko å anvende prototyper i maskinparken.

### 3: Tekniske avvik – Bymiljøetatens opplevelser i anleggsfasen

Tekniske avvik defineres i denne sammenheng som feil på maskinene. Noen av avvikene har vært gjentakende, se kolonnen antall.

Ant.	Avvik	Årsak til avvik	Tiltak
19	8 t: Lading/ batterikapasitet/stopp	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ kaldere vær førte til utfordringer</li><li>▶ tom for strøm før arbeidsslutt</li><li>▶ feil ved lading, ladet ikke</li><li>▶ lekkasje av hydraulikkolje på maskinen</li><li>▶ feilkoder</li></ul>	Verksted / service
10	16 t: Lading/ batterikapasitet/stopp	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ omkoblinger i skapet gjorde at maskinen ikke fikk ladet</li><li>▶ kjøling på maskinen fungerte ikke og måtte restartes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Verksted</li><li>▶ Service på plassen</li></ul>
7	Hjullastere: Lading/ batterikapasitet/stopp	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ vann i strømkabel</li><li>▶ sikring hadde gått, maskin ladet ikke over natten</li><li>▶ tom for strøm før arbeidsslutt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Verksted</li><li>▶ Service på plassen</li></ul>
2	25 t:	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ maskin hadde ikke ladet over natten</li><li>▶ gikk tom for strøm og tok ikke til seg ny lading</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Verksted</li><li>▶ Service på plassen</li></ul>
1	Pigghammer. Feil på levering av utstyr.	Koblingene fungerte ikke på maskinen som var på plassen, fikk ikke benyttet denne	
1	Stopp på alle graverne pga. startbatteriet hadde gått tomt i løpet av sommerferien	Mangelfull informasjon om hvordan maskinene skulle lagres ved lengre stillstand	Start booster/ resette system

## 4.1.8 Utbedringer underveis

Maskinene på anleggsplassen har vært blant de første ombygde maskinene i verden. I løpet av pilotprosjektet har det vært mange tilpasninger, som for eksempel:

- Strømkabeltilkobling på 16-tonns gravemaskinen ble flyttet fra overvogn til undervogn for mer rasjonell drift.
- Maskinstyring var ikke inkludert i konsesjonsavtalen og måtte ettermonteres. Dette verktøyet bidrar til mer rasjonell graving og er et viktig verktøy for maskinføreren.
- 8-tonns gravemaskinene har fått ettermontert overspenningsvern for å hindre feil ved tilkobling til lading.

## 4.2 Forbruk og kostnader

### 4.2.1 Strøm

I løpet av prosjektet har det medgått driftskostnader i forbindelse med målsettingen om utslippsfri anleggsplass. Dette skyldes kostnader forbundet med de elektriske anleggsmaskinene, som er dyrere i innkjøp og leie. I tillegg kommer driftsutgiftene i form av strømkostnader og eventuelt annet drivstoff i de fravikssituasjonene man ikke har kunnet benytte elektriske maskiner.

Frem til midten av september 2020 hadde anleggsplassen forbrukt 124 100 kWh. Dette var forbruk målt fra byggestrømskap som har levert strøm til alle maskiner på anleggsplassen. Det inkluderer ikke strøm til brakkerigg, som entreprenøren selv har besørget. Prosjektet har hatt en strømkostnad på 1,7 kr/kWh. Dette skyldes at strømkostnaden har vært priset som midlertidig byggestrøm, som er høyere enn kWh pris for permanent strøm. Forbruket og kWh-prisen tilsvarer en kostnad på 210 970 kr for å drive de elektriske anleggsmaskinene. Dette inkluderer ikke de øvrige kostnadene forbundet med elektrisk anleggsplass, for eksempel anleggsbidrag, leie av byggestrømskap, kabler, flytting av strøm, etablering og fjerning av kabler som nevnt i kapittel 3.6.2.

Fra midten av september og frem til anleggsarbeidene var ferdig 1. desember ble byggestrømskapet tilknyttet måleren og anlegget som skal levere permanent strøm til hurtigladerne for taxi. Dette betød at prosjektet betalte ordinær strøm- og nettleiekostnader de siste månedene, noe som har vært betydelig rimeligere. Prosjektet hadde i denne perioden et forbruk på 11 111 kWh og en samlet strøm- og nettleiekostnad på rundt 8000 kr. Dette tilsvarer en kWh pris på 0,72 kr og over halvparten så rimelig som kostnad for byggestrøm.

Til sammenligning beregner prosjektet å ha spart et forbruk tilsvarende 36953 liter diesel. Ved en dieselskostnad på 6 kr/l ville det gitt en kostnad på 221 718 kr i drivstoffutgifter dersom maskinene gikk på diesel. Ved drift på fossilfri HVO (13 kr/l) ville kostnaden vært 480 388 kr. Dette betyr at det hadde vært en minimal forskjell i driftskostnadene dersom anlegget hadde vært drevet på fossil diesel, men en del høyere dersom det hadde vært på HVO.

Når det gjelder strømkostnadene for byggestrøm og til anleggsmaskinene, tok byggherre disse kostnadene direkte, da det var høy usikkerhet og et ukjent element for entreprenør. Dersom byggherre tar denne kostnaden selv i andre prosjekt, bør dette medføre et fratrukk i entreprisen da entreprenør normalt dekker drivstoffutgifter.

Dersom man sammenligner strømforbruket i kWh og strømprisen for permanent strøm, er strøm enda mer konkurransedyktig på pris.

<b>Driftsutgifter ekskl. mva.</b> (estimert kostnad ved drift på andre drivstoff)	<b>Sum</b>	<b>Differanse fra drift på strøm</b>
Strømforbruk (levert via byggestrøm) Sept 2019 – Sept 2020. 124 100kWh á 1,7kr	211 000 kr	
Strømforbruk (levert fra permanent anlegg) Sept 2020 – Des 2020. 11 111 kWh á 0,72kr	8 000 kr	
<b>Sum strømforbruk</b> <i>Ekst. leie av byggestrømskap, flytting av anleggsstrøm og anleggsbidrag</i>	<b>219 000 kr</b>	
Estimert ved drift på avgiftsfri diesel 6kr/l	221 718 kr	+ 2 718 kr
Estimert ved drift på HVO 100 13kr/l	480 388 kr	+ 261 388 kr

Grunnet enkelte dyrere kostnader, som f.eks. flytting av anleggsstrøm underveis og bruk av midlertidige kabler, har prosjektet hatt noe høye utgifter forbundet med strøm totalt sett (se kapittel 3.6.2). Dersom man inkluderer disse kostnadene samt anleggsbidraget blir differansen mellom drift på strøm og andre drivstoff en del høyere, som vist i tabellen under:

<b>Driftsutgifter ekskl. mva.</b> (estimert kostnad ved drift på andre drivstoff)	<b>Sum</b>	<b>Differanse fra drift på strøm</b>
Kostnader tilknytning av strøm: Leie av byggestrømskap, flytting av anleggsstrøm og anleggsbidrag.	451 000 kr	
Strømforbruk	219 000 kr	
<b>Sum strømkostnader totalt</b>	<b>670 000 kr</b>	
Estimert ved drift på diesel 6kr/l	221 718 kr	- 448 282 kr
Estimert ved drift på HVO 100 13kr/l	480 388 kr	- 189 612 kr

## 4.2.2 Annet drivstoff

I tilfeller med fravik har entreprenøren fått tillatelse til å benytte enkeltmaskiner på HVO, diesel eller propan der det ikke var mulighet å benytte elektriske eller utslippsfrie alternativer.

Det har totalt vært benyttet 5956 liter HVO i prosjektet til en kostnad på 77 428 kr. Det har også vært benyttet 16 liter diesel som tilsvarer 96 kr og 362 kg propan til en kostnad på 14 480 kr (40kr/kg).

Under er en tabell som oppsummerer prosjektets faktiske forbruk av HVO diesel, vanlig diesel og propan:

Forbruk HVO på anleggsplass	5956 liter	HVO forbruk - kostnad (13 kr/l)	77 428,-
Forbruk diesel på anleggsplass	16 liter	Diesel kostnad - forbruk (6 kr/l)	96,-
Forbruk propan på anleggsplass	362 kg	Propan kostnad - forbruk (40 kr/kg)	14 480,-
Totalt kr			92 004,-

### 4.2.3 Merutgifter – utslippsfritt

Entreprenøren har regnet med en økning av kostnadene for å gjennomføre entreprisen utslippsfritt. På forhånd hadde entreprenøren beregnet ekstra utgifter relatert til påslaget på leie av elektriske maskiner, da disse er dyrere i leie enn de ordinære maskinene entreprenøren hadde beregnet entreprisekostnaden ut i fra. I tillegg beregnet entreprenøren merkostnader i forbindelse med ekstra maskin grunnet ineffektivitet og for lav effekt/løftekapasitet på utstyr, og 10 % høyere tidsforbruk grunnet ladetid og håndtering av kabel. I løpet av anleggsperioden har det også medgått andre kostnader relatert til uforutsette kostnader og strømforbruk.

Totalt har ekstrakostnadene knyttet til dyrere maskinleie, merkostnadene, drift på strøm og anleggsbidrag vært på 5,1 millioner kroner. Dette har ført til at entreprisen har blitt rundt 8,69 % dyrere. Prosjektets entreprisekostnad var på 58,8 mill kroner uten tilleggene relatert til utslippsfri anleggsplass. Med tilleggene har dermed entreprisekostnadene kommet på 63,9 mill kr ekskl. mva.

I tillegg kommer Bymiljøetatens egne byggherrekostnader på 3,9 millioner kr ekskl. mva. fra 2018-2020. Dette skyldes at pilotprosjektet for utslippsfri anleggsplass gjennom hele perioden har hatt en egen prosjektleder. Det medgikk mye tid i forkant av gjennomføringen for å få oversikt over markedet, forstå hva som måtte på plass for å gjennomføre det første pilotprosjektet med utslippsfrie anleggsmaskiner og utarbeide konsesjonsavtale. Det inkluderer også kostnader og tid brukt på kommunikasjon og informasjon. Det har vært høy interesse for prosjektet, og en del tid har medgått til å holde presentasjoner og informere om prosjektet. Fremtidige prosjekter for Bymiljøetaten vil ha mindre tidsforbruk og lavere administrative kostnader grunnet erfaringen som er bygget opp internt i etaten.

Samtidig anbefales det for andre som skal gjennomføre sitt første, utslippsfrie prosjekt at man har en dedikert prosjektressurs som har fokus på miljø og gjennomføring med ny teknologi, i tillegg til en prosjektleder og/eller byggeleder som er ansvarlig for fremdriften, kvalitet og økonomi på selve anleggsprosjektet. Det kan være mye å sette seg inn i, det er lite erfaring å bygge på og teknologien er i stadig utvikling.

Slik markedet er nå så vil det måtte medregnes vesentlige ekstrakostnader for utslippsfri anleggsgjennomføring. Det er ventet at disse merkostnadene vil synke, blant annet når maskinene blir serieprodusert i stedet for å bli ombygd fra en eksisterende dieselmaskin. Høyere etterspørsel kan også gi mer konkurranse blant maskinleverandørene og forhåpentligvis lavere priser. I tillegg vil mer erfaring og kunnskap med slike prosjekter etter hvert også redusere kostnadene og behovet for egne, dedikerte prosjektressurser.

Entreprisekostnad (tilbud fra entreprenør) fratrukket kostnad for utslippsfri gjennomføring	58 839 000
--	------------

<b>Ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift</b>	<b>Sum kr ekskl. mva.</b>	<b>Utgjør mot entreprisekostnad</b>
Maskiner - ekstrakostnad for påslag på innleie av elektriske hjullastere, 8-tonnere, 16-tonnere og 25-tonns gravemaskiner inkl. oppgradering av 16t gravemaskin.	2 562 000	4,35 %
Merkostnader - ekstra tidsforbruk grunnet lading/venting, ekstra hjullaster, mangler i maskinleveransen og maskinstyring, ompal letering av leveranser.	1 804 000	3,07 %
Strømforbruk, byggestrøm og alt som har med strøm inkl. flytting av kabler (se kap 4.2.1)	455 000	0,77 %
Anleggsbidrag netteier (se kap. 3.6.2)	290 000	0,49 %
<b>Sum ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift (påslag på entreprisestkostnader)</b>	<b>5 111 000</b>	<b>8,69 %</b>

Byggherrekostnad ifbm. utslippsfri anleggsplass	3 900 000
<b>Totale ekstrakostnader for gjennomføring av utslippsfri anleggsplass</b>	<b>9 011 000</b>



## 4.3 Miljøregnskap

Prosjektet har fått levert et miljøregnskap hver måned fra entreprenøren. Der er det ført antall timer de ulike elektriske maskinene er benyttet, og eventuelt mengde annet drivstoff som er benyttet innenfor anleggsgjerdet. Rapportene viser også antall liter drivstoff de elektriske anleggsmaskinene ville benyttet dersom de ikke gikk på strøm, og utslippet dette ville medført.

### 4.3.1 Utslipp

Tallene i tabellene under er hentet fra de månedlige miljøregnskapene.

Forbruket, innsparte drivstoffkostnader og utslipp baserer seg på de arbeidsoppgavene som er gjennomført i vårt prosjekt. Tallene vil naturlig nok endre seg fra prosjekt til prosjekt. Det vil være avhengig av hvilken andel tunge og lette arbeidsoppgaver man har, hvilke maskiner man bruker mest, og hvordan disse opereres.

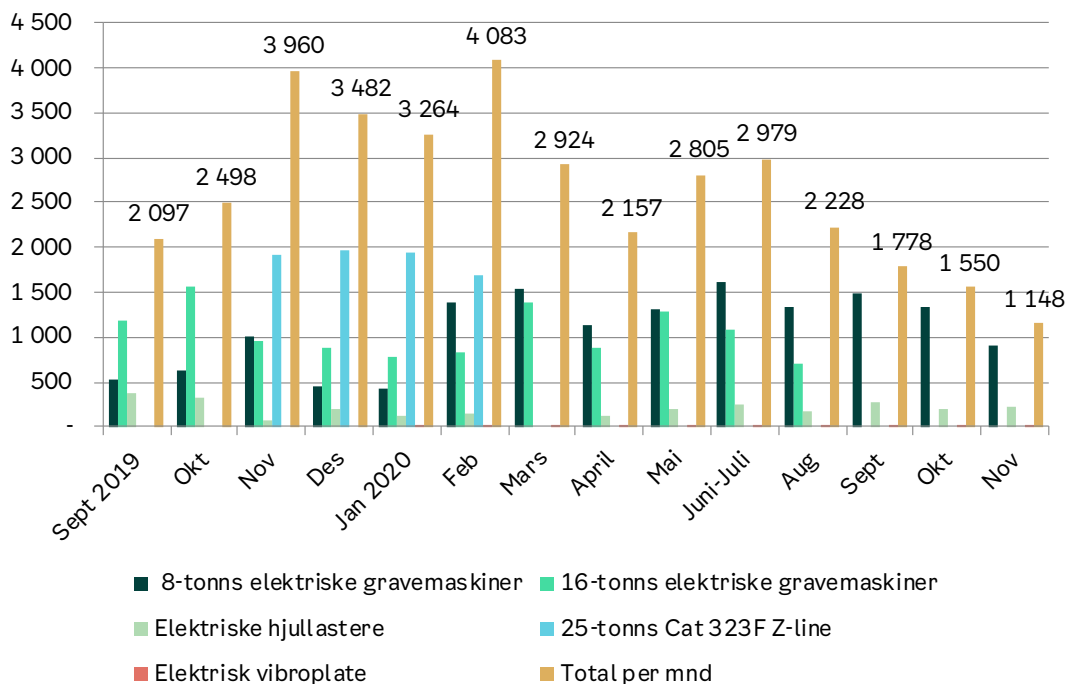
De største maskinene, som også er de med høyest ordinært drivstofforbruk, er de som utgjør den største potensielle innsparingen av drivstoff og CO<sub>2</sub>-utslipp i fremtidige prosjekter. Vi ser også et stort potensial for innsparing av CO<sub>2</sub> ved å erstatte propan med et utslippsfritt alternativ i tillegg til andre maskiner som asfaltutleggere, vals og lignende.

Utrekningen i antall liter diesel spart ved bruk av elektriske anleggsmaskiner, tar utgangspunkt i at de ulike maskinene normalt ville hatt følgende forbruk per time:

Type maskin	Beregnet tilsvarende forbruk av drivstoff per time
8-tonns elektriske gravemaskiner	5,24 liter/t
16-tonns elektrisk gravemaskin	9,14 liter/t
Elektriske hjullastere	3,5 liter/t
25-tonns elektrisk gravemaskin	20 liter/t
Elektrisk vibroplate 100kg	0,5 liter/t

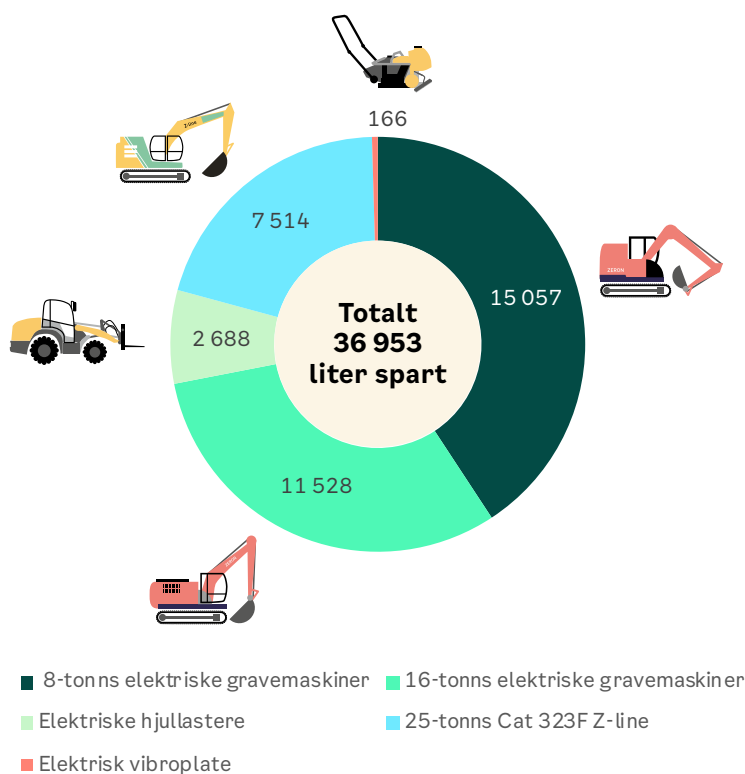
Pilotprosjektet anslår å ha spart en betydelig mengde drivstoff og CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av drift på elektrisitet istedenfor diesel.

Figuren under viser at det er gravemaskinene som har stått for hoveddelen av drivstoffet som prosjektet har spart i prosjektet. Vår erfaring er at jo større maskinene er, dess større innsparing har de stått for, selv om de har vært benyttet mindre totalt sett enn de mindre maskinene. Likevel er det de minste 8-tonns graverne som totalt sett har hatt størst besparelse av diesel da det har vært to av disse og de har vært benyttet jevnlig gjennom hele anleggsfasen.



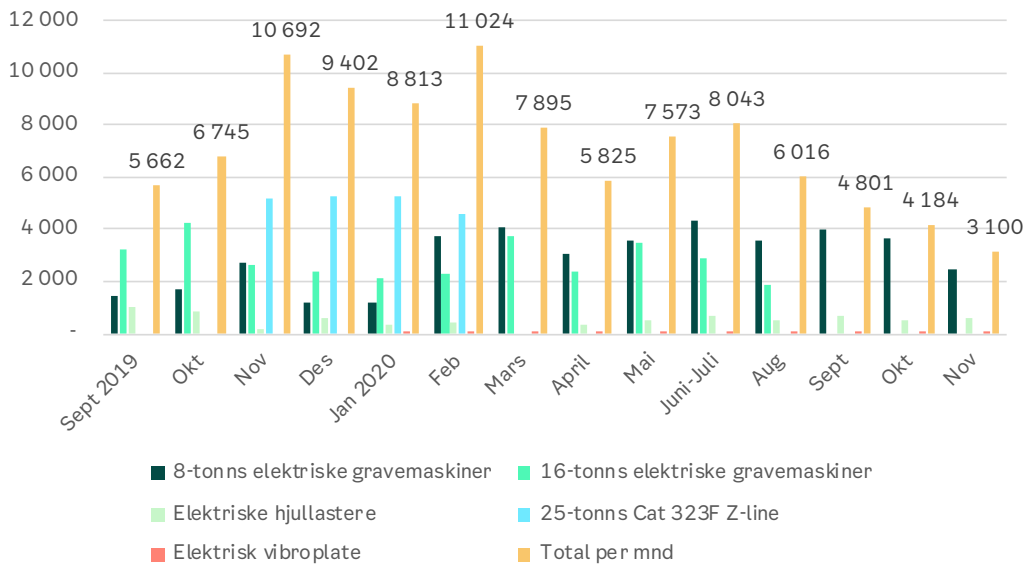
Figur 17 Antall liter diesel spart per måned og maskin i løpet av gjennomføringsfasen

Antall liter diesel spart per maskintype. Totalt 36 953 liter drivstoff spart



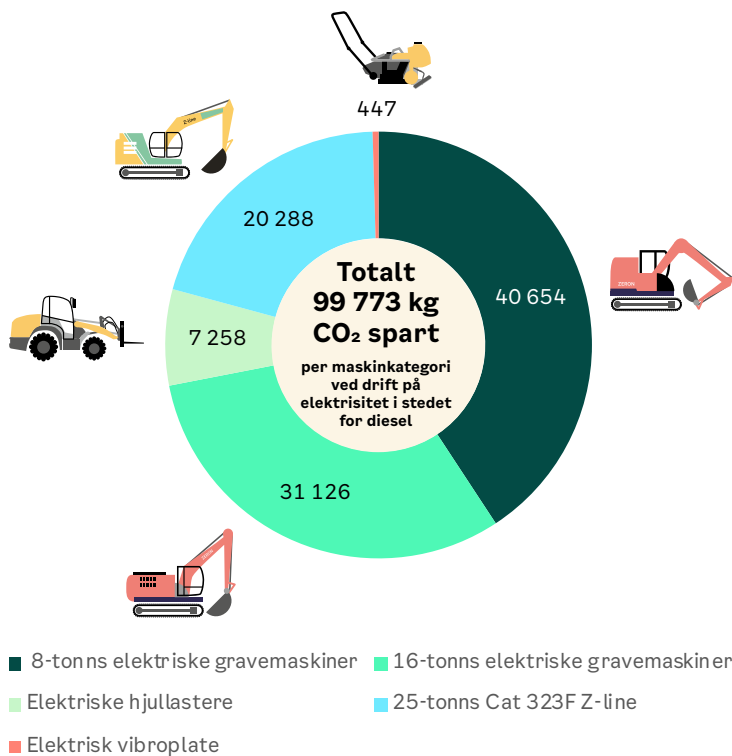
Prosjektet har også beregnet hva det teoretiske drivstofforbruket ville betydd i CO<sub>2</sub>-utslipp, regnet som CO<sub>2</sub> ekvivalenter, og viser dermed hva prosjektet har spart av CO<sub>2</sub>-utslipp. Vi har benyttet den samme utregningsfaktoren som Miljødirektoratet, og den tar utgangspunkt i følgende CO<sub>2</sub> ekvivalenter per liter eller kilo drivstoff:

CO <sub>2</sub> ekvivalent/liter	2,7 * pr. liter Diesel
CO <sub>2</sub> ekvivalent/liter	0,04 * pr. liter HVO 100
CO <sub>2</sub> ekvivalent/liter	3 * pr. KG Propan



Figur 18 Antall kg CO<sub>2</sub> spart grunnet bruk av elektriske anleggsmaskiner - per maskin og totalt per måned

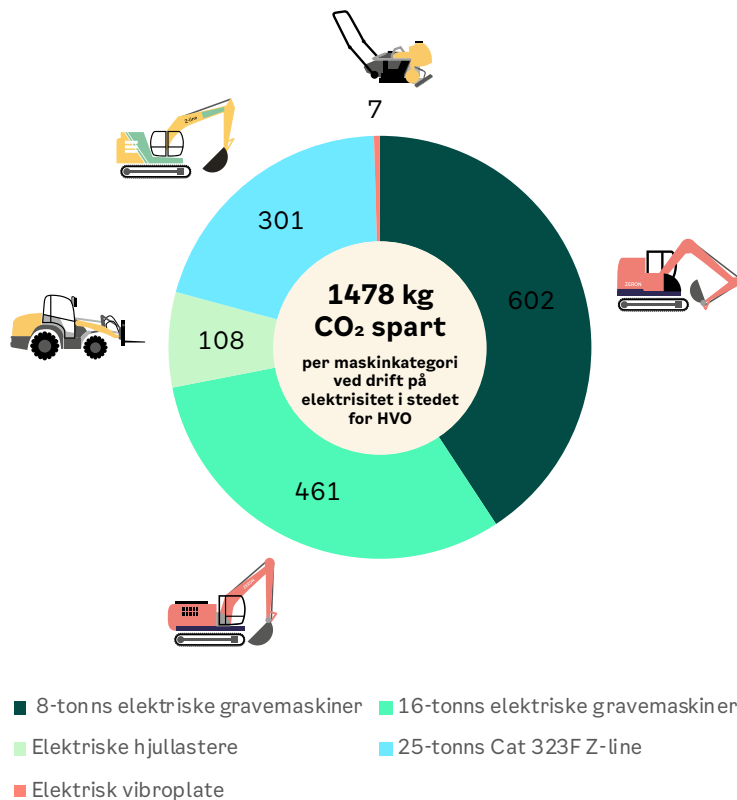
Antall kg CO<sub>2</sub> utslipp spart per maskinkategori



Av figuren ser vi at den maskinen som har ført til størst innsparing av CO<sub>2</sub>-utslipp enkeltvis, har vært 25-tonns gravemaskinen. De månedene denne var i bruk sparte den prosjektet for mellom 4500-5300 kg CO<sub>2</sub> hver måned, totalt omtrent 20 300 kg CO<sub>2</sub> de fire månedene 25-tonns maskinen var i bruk.

Totalt sett i løpet av hele perioden har 8-tonns gravemaskinene og 16-tonns maskinene stått for den høyeste innsparingen. Bruken av 8-tonns elektriske gravemaskiner har spart utslipp tilsvarende 40 653 kg CO<sub>2</sub>, mens bruken av elektrisk 16-tonns gravemaskin har spart utslipp tilsvarende 31 126 kg CO<sub>2</sub>.

Dersom de elektriske maskinene hadde vært drevet på HVO hadde dette tilsvart 1478 kg CO<sub>2</sub>. I tillegg til de faktiske utslippene som har forekommet grunnet avvikene, som utgjør 1367 kg CO<sub>2</sub>, kunne dette samlet ført til utslipp på omtrent 2845 kg CO<sub>2</sub> fra prosjektet, dersom det hadde vært gjennomført som et fossilfritt prosjekt. Prosjektet har dermed spart 52 % av utslippene sammenlignet med fossilfritt, og 99 % sammenlignet med drift på ordinær diesel.



Figur 19 - Antall kilo CO<sub>2</sub> spart per maskintype dersom de elektriske maskinene var drevet på HVO

## 4.3.2 Tilpasninger og fravik

I løpet av prosjektperioden har det vært noen operasjoner som ikke har blitt utført utslippsfritt. Entreprenør har i disse tilfellene søkt byggherre om fravik fra kontrakt. Bruk av utstyr og utslipp har så blitt rapportert i det månedlige miljøregnskapet.

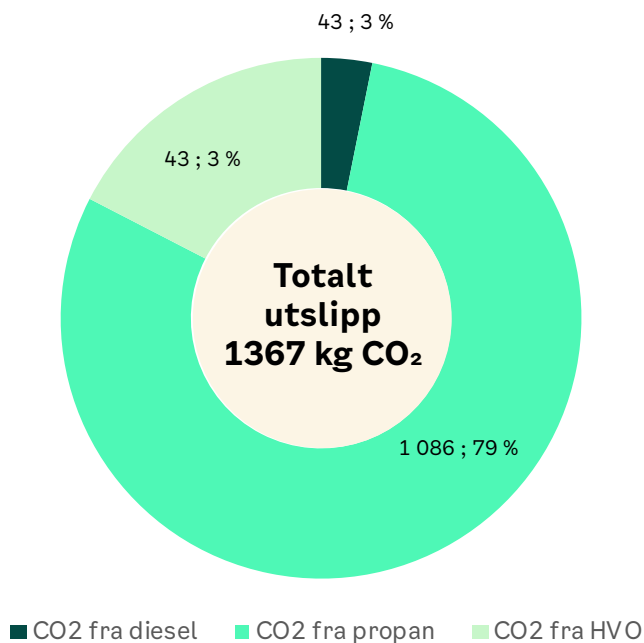
Fravikene har hovedsakelig bestått av å benytte maskiner på HVO, grunnet behov for kraftigere maskiner i perioder. I tillegg er det benyttet en propanbrenner og en mindre mengde fossil diesel (16 liter totalt) til mobilkran.

Tabellen under viser at de maskinene og fravikene som har ført til høyest forbruk av andre drivstoff i liter har vært hjullasterne som har gått på HVO. Totalt har hjullasterne benyttet omtrent 3254 liter HVO i løpet av anleggsfasen. 8-tonns gravemaskinen som har gått på HVO, har benyttet ca. 775 liter HVO totalt, og den største vibroplaten (700 kg), som har benyttet 1139 liter HVO.

Type maskin	Drivstoff	Forbruk drivstoff (liter eller kg)	CO <sub>2</sub> utslipp kg
8-tonn gravemaskin HVO	HVO 100	775,50	31,02
Cramer hjullaster HVO	HVO 100	3 076,85	123,07
Cramer hjullaster HVO	HVO 100	157,50	6,30
Vibroplate - Bpr 100/80(700 KG) HVO	HVO 100	1 139,60	45,58
Vibroplate 35/60 (120 KG) HVO	HVO 100	240,80	9,63
Vals HVO	HVO 100	198,75	7,95
Norcar Asfaltutlegger HVO	HVO 100	240,00	9,60
Vibroplate LF75 HVO	HVO 100	50,75	2,03
Dynopack 1800 utlegger	HVO 100	60,00	2,40
Utlegger for støpeasfalt	HVO100	16,25	0,65
Propanbrenner	Propan KG	362 kg	1 086,00
Mobilkran diesel	Diesel	16,00	43,20
<b>Sum</b>			<b>1367,43</b>

Figur 21 Totalt forbruk av drivstoff og utslipp av CO<sub>2</sub>

Figur 22 viser at propanbrenneren har bidratt med høyest CO<sub>2</sub>-utslipp. Prosjektet forsøkte å finne en løsning der biogass ble benyttet i stedet for propan. Av tekniske årsaker lot det seg ikke gjøre å bytte ut brennerhodet og tilpasse dette til å benytte biogass. Bruken av propan har medført utslipp tilsvarende 1086 kg CO<sub>2</sub> i løpet av anleggsperioden. Deretter kommer bruken av HVO som har tilsvart 238 kg CO<sub>2</sub> og bruken av mobilkran på fossil diesel som medførte 43 kg CO<sub>2</sub>.



Figur 22 CO<sub>2</sub> utslipp per drivstoff angitt i kg CO<sub>2</sub> og prosentandel av totalt CO<sub>2</sub> utslipp

Under følger en liste over fravikene som har vært nødvendig. Det skilles mellom (1) fravik fra utslippsfritt grunnet markedssituasjonen, altså at det ikke er mulig å oppdrive maskinen/utstyret, og (2) fravik fra utslippsfritt grunnet driftsutfordringer. Det betyr at det har oppstått problemer med maskinene, som har ført til at det har vært nødvendig å ta inn maskiner som har gått på HVO eller diesel.



## 1:

### Fravik grunnet mangel på tilgjengelige utslippsfrie maskiner

Dato	Arbeid som skulle utføres	Årsak til fravik fra utslippsfrie gjennomføring	Utstyringsbehov og evt. tilpasninger som ble initiert
11.09.19	Smelte klebe-membran ifbm. areaarbeider.	Ønsket å gjennomføre prosjektert løsning, og valgte derfor å benytte propanbrenner for å oppnå denne kvaliteten.	Behov for propanbrenner på biogass. Ble undersøkt om biogass kunne benyttes i stedet for, men dette var ikke teknisk mulig.
04.10.19	Komprimering av masser.	For å oppnå ønsket kvalitet, var det nødvendig å benytte vibroplate på biodiesel.	Behov for elektrisk vibroplate med god nok kapasitet.
04.10.19	Asfaltering	For å oppnå ønsket kvalitet, var det nødvendig å benytte asfaltlegger og veivals på biodiesel	Behov for utslippsfrie alternativer.
19.11.19	Løfte betongelementer	For å få løftet tunge elementer var det nødvendig å bruke mobilkran på ordinær diesel	Behov for utslippsfrie alternativer.
06.01.20	Transport av stein	For å løfte tunge paller var det nødvendig å bruke hjullaster med bedre løftekapasitet på biodiesel	Behov for hjullaster med bedre løftekapasitet. Ble bestilt paller med mindre vekt, slik at de elektriske hjullasterne kunne benyttes.

## 2:

### Driftsutfordringer med fravik fra utslippsfritt som konsekvens

Dato	Bakgrunn og konsekvens for utslippsfri gjennomføring	Årsak til fravik	Tilpasninger som ble initiert
30.10.19	Mottok feil vibroplate fra leverandør	Mottatt vibroplate som gikk på bio-bensin, skulle vært levert på HVO. Det ble benyttet ca. 4l bensin før feilen ble korrigert.	
13.01.20	Hjullaster tom for batteri, grunnet sikring som gikk	Tom for batteri	Bedre laderutiner
22.01.20	Behov for dieseldrevet hjullaster	Dårlig batterikapasitet på hjullasterne, påvirket fremdriften	Ble levert ny hjullaster på HVO og undersøkt om større elektrisk hjullaster kunne fremskaffes
18.02.20	Bensindrevet vinsj for å trekke kabler	Trekking av kabler til provisorisk strøm, da det var for tungt å trekke for hånd.	Byttet til bio-bensin slik at det ble utført fossilfritt
20.02.20	Behov for dieseldrevet hjullaster.	Dårlig batterikapasitet på hjullasterne, påvirket fremdriften.	
12.03.20	Lossing og plassering av trafikkreduserende elementer i granitt	Ingen av hjullasterne på anleggsplassen eller i markedet har god nok løftekapasitet.	
17.04.20	Utskifting av fjernvarmerør	Utfører hadde behov for å benytte servicebil med sveiseutstyr.	
17.06.20	Driftsutfordring med gravemaskin grunnet problemer med batteri og lading	Kan kun lade på maks 32 A, ikke 63 A, som normalt. Utgjør for kort driftstid for å holde fremdrift.	Leverandør skifter batteri
06.10.20	Tilleggsarbeider grunnet asfaltering og behov for ekstra føringsveier	Det var ikke tilstrekkelig kapasitet med de elektriske gravemaskinene. Behov for å oppnå ønsket kvalitet og holde tidsplan grunnet fare for nedstenging av asfaltverk og legging av PMB asfalt (kulde).	Ekstra gravemaskin på HVO

### 4.3.3 Støy og ytre miljø

Ordinære dieselmaskiner har utvendig støy som ligger på rundt 98dB/A. Det har ikke vært gjennomført offisiell ISO-testing av de elektriske maskinene per i dag, men foreløpige interne målinger viser 75-80dB. Det vil tilsa at det er lavere maskinstøy fra anleggsplassen, enn på de stedene det brukes tradisjonelle maskiner. Det kan hevdes at maskiner på strøm kan oppleves bedre for nærmiljøet og arbeidere på anleggsplassen.

Erfaringene fra pilotprosjektet tilsier at det har vært tydelige fordeler for de som arbeider på anleggsplassen. Maskinføreren og de andre arbeiderne melder om at støyen fra maskinene er redusert sammenlignet med dieselmaskinene, og dette påvirker arbeidsmiljøet positivt på flere måter:

- Bedre kommunikasjon. De ansatte snakker lettere sammen når det er mindre støy.
- Økt sikkerhet. Med bedre kommunikasjon følger også en tryggere arbeidsplass.
- Mindre slitne. De som jobber ute forteller at de er mindre slitne etter endt arbeidsdag enn på en vanlig anleggsplass.
- Mindre lukt gir et mer behagelig arbeidsmiljø og en bedre opplevelse for nærmiljøet, både næringsdrivende, kunder og forbipasserende.
- Førerhytta på maskinene blir raskere varm, noe som er mer komfortabelt på kaldere dager.
- Enkelte maskinførere opplever også at de elektriske maskinene har raskere bevegelser og reaksjoner.

Det har også vært en fordel for publikum og næringsvirksomheten i gaten at maskinstøyen er redusert. Olav Vs gate er en svært travel gate med mange forbipasserende og mye aktivitet fra næringsdrivende i gaten under anleggsperioden. Dette er vanskelig å kvantifisere, men det registreres at flere av butikkene og serveringsstedene har hatt åpne dører ut mot gaten og anleggsvirksomheten enn man ville forventet i et tilsvarende konvensjonelt anlegg.

En ulempe med drift på strøm kan være kabeltraseer og sikkerhet og fremkommelighet, dersom kablene må ligge over bakken. Prosjektet unngikk dette da nye kabeltraseer ble bygget under bakken samtidig som prosjektet flyttet seg, og byggestrømskap med ladeuttak sto i kort avstand fra der maskinene arbeidet.

## 4.4 Oppsummering av gjennomføringsfasen

- Gode laderutiner er helt sentralt for at maskinene skal holde en arbeidsdag.
- Gode bruksrutiner er viktig. Tilpass effektbruken til oppgaven istedenfor å kjøre maskinen på maks, og planlegg arbeidsoppgavene for å utnytte energien best mulig.
- Logistikk inne på byggeplassen henger sammen med ovennevnte punkt og bør ha fokus. Plassering av ladestasjoner, levering av varer innenfor byggegjerdet etc. påvirker driften i større grad enn på en vanlig anleggsplass.
- Se tidlig etter alternativer til maskiner og utstyr som kan være en utfordring å få utslippsfrie, kan arbeidsoperasjoner gjøres på en annen måte eller med annet type utstyr?
- Det er smart å ha ett dedikert byggestrømskap/underfordeler («ladeskap») per maskin for å sikre riktig tilkobling. Sørg for god merking for å unngå tvil.
- For maskiner som er direktekoblet med kabel, er det viktig å ha gode rutiner og tiltak for å hindre at kabel kjøres over eller skades.
- Sterk kulde eller varme påvirker batteridrevne maskiner negativt.
- Maskinleverandør og entreprenør må ha god dialog. Forsøk å være i forkant av eventuelle utfordringer, og etabler gode rutiner for service og reparasjon.
- Sørg for en positivt innstilt maskinfører og alle involverte på byggeplassen, som ser på det som en spennende utfordring og en milepæl å være i forkant på bruk av ny teknologi.
- Utslippsfrie anleggsplasser er nytt for alle – etterstrebe et godt samarbeid, vær løsningsorienterte.

# 5. Veien videre

Byrådet har uttalt i sin byrådsplattform 2019-2023:

*Oslo skal bli verdens første utslippsfrie storby i 2030. Klimatiltak skal ikke gjennomføres et annet sted, til en annen tid, og av noen andre, men av oss her og nå. En grønnere by er bedre å bo i, med renere luft, bedre kollektivtilbud og tryggere skoleveier. Oslo er en liten by i verden, men i tett samarbeid med andre byer kan vi utvikle løsninger som raskt kan kopieres av andre.<sup>2</sup>*

For at Oslo skal bli verdens første utslippsfrie storby, må det handles på bred front i alle sektorer. Pilotprosjektet for utslippsfri anleggsplass er nettopp det: Et tiltak for å bevege seg nærmere målet innen anleggssektoren, gjennom å lære av erfaringer, i dialog med markedet, og sammen finne de gode løsningene.

Som rapporten viser, har det fungert godt å gjennomføre prosjektet primært med utslippsfrie maskiner. Pilotprosjektet har gitt verdifulle erfaringer, både når det gjelder planlegging, anskaffelser og gjennomføring. Når det skal gjennomføres prosjekter 100 % utslippsfritt, anbefaler Bymiljøetaten at dette innlemmes i planleggingen så tidlig som mulig. Da kan det prosjekteres og gjøres anskaffelser med utgangspunkt i utslippsfri gjennomføring.

I et kostnadsperspektiv kan det være mer formålstjenlig å kutte utslipp i en byggherres portefølje gjennom flere, delvis utslippsfrie prosjekter, i stedet for ett, utelukkende utslippsfritt prosjekt. På den måte kan man tilpasse prosjektgjennomføringen med tanke på tilgjengelighet på strøm, markedsmodenhet og tilgjengelighet på aktuelle maskiner.

For Bymiljøetaten vil det de neste årene kuttes mest mulig over hele anleggsporteføljen, enn å tilstrebe enkeltstående prosjekter som er helt utslippsfrie. Frem mot 2025 vil det gradvis måtte økes antall utslippsfrie maskiner i alle prosjekter, slik at målsettingen om utslippsfrie anleggsplasser nås. Tilgang på elektriske maskiner i større skala vil være helt essensielt for å realisere målsettingen.

Strømforsyning, støtteordninger og samarbeid mellom kommuner og næringsliv er også verdt å nevne som viktige faktorer som må arbeides med, for å få utslippsfritt til å bli den nye normalen.

Fortsatt krever overgangen til utslippsfri bygge- og anleggsvirksomhet store investeringer i nye utslippsfrie maskiner, og utvikling av tilhørende forretningsmodeller og infrastruktur. Kommunen bidrar på ulike måter til å utvikle markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner, først og fremst ved å etterspørre slike maskiner når kommunen er oppdragsgiver.

Oslo kommunes anskaffelsesstrategi slår fast at anskaffelser skal ta utgangspunkt i målet om å bli en utslippsfri by. Oslo kommune krav i anskaffelser gir forutsigbarhet i markedet og reduserer risiko for leverandører som vil satse klimavennlig.

<sup>2</sup> Plattform for byrådsamarbeid mellom Arbeiderpartiet, Miljøpartiet De Grønne og Sosialistisk Venstreparti i Oslo 2019-2023

Siden 2017 har det vært krav om fossilfri anleggsplass på bygge- og anleggsprosjekter som gjennomføres på oppdrag for Oslo kommune. I 2019 ble det vedtatt en kravspesifikasjon som inneholder minstekrav, tildelingskriterier og kontraktskrav. Det stilles kontraktskrav til at alle anleggsmaskiner og kjøretøy til transport av masser og avfall skal benytte fossilfritt drivstoff, at energibruken på bygge-/anleggsplassen være utslippsfri innen 2025 og at transport av masser skal være utslippsfri eller biogassbasert innen 2025. Det stilles minimumskrav om at byggvarme og byggtørk skal foregå utslippsfritt ved bruk av strøm og fjernvarme, for kontrakter med kontraktsverdi over 51 millioner kroner.

For å premiere leverandører som kan levere utslippsfri teknologi til maskiner og kjøretøy frem mot 2025, brukes tildelingskriterier. De sier at

- miljø skal vektas minst 20 % i bygg- og anleggsanskaffelser
- minst halvparten av miljøkriteriet skal øremerkes utslipp knyttet til bygge-/anleggsplassen.
- leverandørene får poeng for å ta i bruk utslippsfrie maskiner og kjøretøy, samt ved å redusere transportbehovet.

Det er utarbeidet [veiledning og en evalueringsmal](#) som skal gjøre det enklere for virksomhetene å evaluere på tildelingskriteriene og en [nettside for å veilede på Oslo kommunes miljøkrav](#).

Slik sikres forutsigbarhet for entreprenører og maskinleverandører på hva kommunen vil etterspørre i sine anskaffelser frem mot 2025. Dette bidrar til at de kan gjøre gode klimainvesteringer og at vi sammen kan realisere nullutslipp på anleggsplassene våre frem mot 2025.

Erfaringene fra pilotprosjektet brukes sammen med kravene i anskaffelser, til å gradvis realisere større andel nullutslippsmaskiner på Bymiljøetatens anleggsprosjekter frem mot 2025.

# Ordliste

## **CO<sub>2</sub>-ekvivalent:**

En enhet som sammenveier utslipp av forskjellige klimagasser til den globale oppvarmingseffekten som utslipp av 1 tonn CO<sub>2</sub> vil ha i løpet av 100 år.

## **Bymiljøetatens konsesjonsavtale:**

Konsesjonsgiver er Oslo kommune v/Bymiljøetaten, som gir konsesjonshaver rett til å leie ut sine maskiner til entreprenør. Konsesjonshaver er valgt leverandør i denne kontrakten og skal leie ut gitte maskiner til kunden/ bestiller etter vilkårene i avtalen. Entreprenør er kunden til konsesjonshaver og skal gjennomføre oppgraderingen gjennom en egen entreprisekontrakt.

## **Fossilfri:**

Null utslipp av fossil CO<sub>2</sub> på byggeplassen. Anleggsmaskiner går på bio-drivstoff, strøm eller hydrogen i stedet for diesel. Byggvarme og byggtørk bruker fjernvarme, elektrisitet eller bioenergi i stedet for diesel eller propan.

## **HVO diesel 100:**

Også omtalt som HVO. Biodiesel bestående av hydrogenbehandlede vegetabiliske oljer (Hydrotreated Vegetable Oil). Samme begrep brukes også om andre oljer, som brukt frityrolje og rester fra industri, som slakteavfall selv om disse ikke er vegetabiliske.

## **Utslippsfri:**

Null utslipp av CO<sub>2</sub> og helseskadelige stoffer, som NO<sub>x</sub> og partikler, på byggeplassen. Bygg- og anleggsmaskiner er elektriske eller hydrogendrevne.