



Høgskulen  
på Vestlandet

# BACHELOROPPGAVE

Elektrifisering av anleggs plass

Electrification of construction site

Daniel Angeltveit Lie

Eirik Langøy

Byggingeniør

HVL Bergen/ Institutt for byggfag/ BYG350-1

Veileder: Loftur Thor Jonsson

30.05.2022

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

## Forord

Denne oppgaven er vårt avsluttende arbeid for vår bachelorgrad ved institutt for Byggfag ved Høgskulen på Vestlandet avdeling Bergen. Denne oppgave påbegynnes ved vårsemesteret det tredje og siste studieåret. Denne oppgaven teller 20 studiepoeng, og ved fullført studie og godkjent bacheloroppgave oppnås graden byggingeniør. Denne oppgaven er utarbeidet av Daniel Angeltveit Lie og Eirik Langøy.

Temaet for denne oppgaven er elektrifisering av anleggsplass. Vi har valgt dette temaet ettersom vi har et fremtidsrettet fokus og vi syntes miljø og fremtid er et spennende og viktig tema. I tillegg til dette har vi har valgt retningen Prosjektledelse, miljø og infrastruktur. Med tanke på denne retningen var vi interessert i å finne en Bachelor oppgave som hadde en tilknytning og relevans til vår spesialisering.

I januar 2022 kontaktet vi Vassbakk & Stol for å høre om de hadde et prosjekt hvor vi kunne utgjøre en mulighetsstudie for elektrifisering. De kom med flere alternativer og vi fant fort et prosjekt som ville være passende for dette temaet og oppgaven.

Vi vil rette en stor takk til Ole Jacob Oanes og Linn-Mariell Kvingedal for god hjelp med oppgaven, høy faglig kompetanse, gode råd samt god kommunikasjon og muligheter for befarig gjennom hele bachelor skrivningen.

Vi vil også takke Loftur Thor Jonsson vår interne veileder for god veiledning med oppbygning og struktur på oppgave.

Bergen, Mai, 2022



Daniel Angeltveit Lie



Eirik Langøy

## Sammendrag

Utbyggingen av bybanenettverket fra Bergen sentrum til Fyllingsdalen er i full gang. I Møllendal er det gjort en større utgravning og det er støpt en kulvert som skal virke som en del av tunnelen som fører bybanen fra Fløen til Haukeland sykehus. I denne bacheloroppgaven skal vi ta for oss en del av dette prosjektet som er igjenfyllingen av kulverten.

Anleggsbransjen henger noe etter når det kommer til nytenkning og spesielt når det kommer til elektrifisering. På bakgrunn av dette har vi valgt problemstillingen elektrifisering av anleggsplass hvor vi skal se på mulighetene for å ferdigstille et slikt prosjekt på en 100% elektrisk måte.

For å løse problemstillingen vår har vi anvendt en trianguleringsmetode. Dette er en sammensatt metode som består både av kvalitativ og kvantitativ metode. Her fokuserer vi på litteratursøk, befaring og intervju med en maskinfører og en lastebilfører. Informasjonen vi henter inn vil til slutt vil utgjøre en mulighetsstudie.

Videre i oppgaven ser vi nærmere på hvilke maskiner, lastebiler og utstyr som vil være nødvendig for å fullføre og gjøre denne jobben tilstrekkelig innenfor de rammer og krav som er satt. Det vil drøftes hvilke aspekter en fullelektrifisering vil ha på miljøet og eventuelle positive og negative sider elektrifisering vil ha på anleggsvirksomheten.

Som en følge av et økt fokus på klima og miljø samt en stadig øking av elektrifisering verden over vil vi i avslutningsfasen av oppgaven legge frem om dette vil være en bærekraftig måte å drive anleggsvirksomhet, om det er mulig med dagens teknologi å drøfte og diskutere om dette er riktig retning å drive anleggsvirksomhet i fremtiden.

## Abstract

The development of the light rail in Bergen from the city center and on to Fyllingsdalen is under development. In Møllendal, a major excavation has been made and a culvert has been built and will act as part of the tunnel that leads the light rail from Fløen to Haukeland Hospital. In this bachelor thesis, we will consider a part of this project which is the backfilling of the culvert.

The construction industry is somewhat behind when it comes to innovation and especially when it comes to electrification. On the basis of this, we have chosen the problem of electrification of construction site where we will look at the possibilities of completing such a project 100% electrical way.

To solve our problem, we have used a triangulation method which is a complex method that consists of both qualitative and quantitative methods. Here we focus on literature search, inspection and interview with a machine operator and a truck driver. The information we gather will ultimately constitute a feasibility study.

Further in we take a closer look at which machines, trucks and equipment will be needed to complete and do this job adequately within the framework and requirements that have been set. It will be discussed what aspects a full electrification will have on the environment and any positive and negative aspects electrification will have on the construction business.

As a result of an increased focus on climate and environment as well as a steady increase in electrification worldwide, we will in the final phase of the thesis present whether this will be a sustainable way of conducting construction activities, whether it is possible with current technology to discuss and discuss this is the right direction to run construction in the future.

# Innholdsfortegnelse

Figurliste .....	4
1 Innledning.....	6
1.1 Vassbakk & Stol .....	6
1.2 oppgavebeskrivelse .....	6
1.3 Fordeler og Ulemper .....	10
1.4 Klima .....	11
1.5 Strøm og drivstoff .....	13
1.6 Enova.....	14
1.7 Problemstilling .....	14
2 Metode .....	15
2.1 kvalitativ og kvantitativ metode .....	15
2.2 Litteratursøk.....	15
2.3 Befaring.....	16
2.4 Intervju .....	16
2.5 Mulighetsstudie.....	18
3 Teori.....	20
3.1 Krav til tilbakefylling .....	20
3.2 Tilbakefylling av masser .....	21
3.3 Estimert volum av masser .....	22

3.4 Krav til komprimering .....	23
3.5 Rute til deponi .....	24
3.6 Infrastruktur .....	29
3.7 Utstyr.....	29
3.8 Lastebiler .....	29
3.9 Gravemaskin og Hjulmaskin.....	30
3.10 To minigravere .....	31
3.11 Komprimering .....	31
4 Resultat.....	32
5 Diskusjon.....	41
6 Konklusjon .....	47
7 Kilder.....	49
Vedlegg.....	53
Vedlegg 1.....	53
Vedlegg 2.....	54
Vedlegg 3.....	55

## Figurliste

Figur 1 - åpningen på kulverten .....	7
Figur 2, bilde over kulverten gjennom en BIM modell .....	7

Figur 3 - bilde av sektor 3 .....	8
Figur 4 - masselageret ved siden av AdO arena .....	10
Figur 5- Generelt prinsippsnitt for tilbakefylling i Parsellhagen .....	22
Figur 6 - Prinsippskisse av lengdesnittet for tilbakefyllingen i Parsellhagen. ....	22
Figur 7 - Rute 1 .....	25
Figur 8 - rute 2 .....	26
Figur 9 - rute 2: viser vei inne på anlegg .....	26
Figur 10 - Rute 3 .....	27
Figur 11 - Rute 4 .....	28
Figur 12 - Boostcharger .....	32
Figur 13 - Hummingbird .....	33
Figur 14 - Zeron ZE135.....	36
Figur 15 - Doosan DX165W .....	37
Figur 16 - Volvo minigraver .....	38
Figur 17 - JCB minigraver.....	38
Figur 18 - Bilde langs kulvert, høyde avgrenset med spuntene.....	39
Figur 19 - tabell over CO2 utslipp i Bergen kommune mellom 2009 til 2020.....	41
Figur 20 - Geogebra graf: viser punkt A når man går i null ved elektrisk lastebil .....	43

# 1 Innledning

## 1.1 Vassbakk & Stol

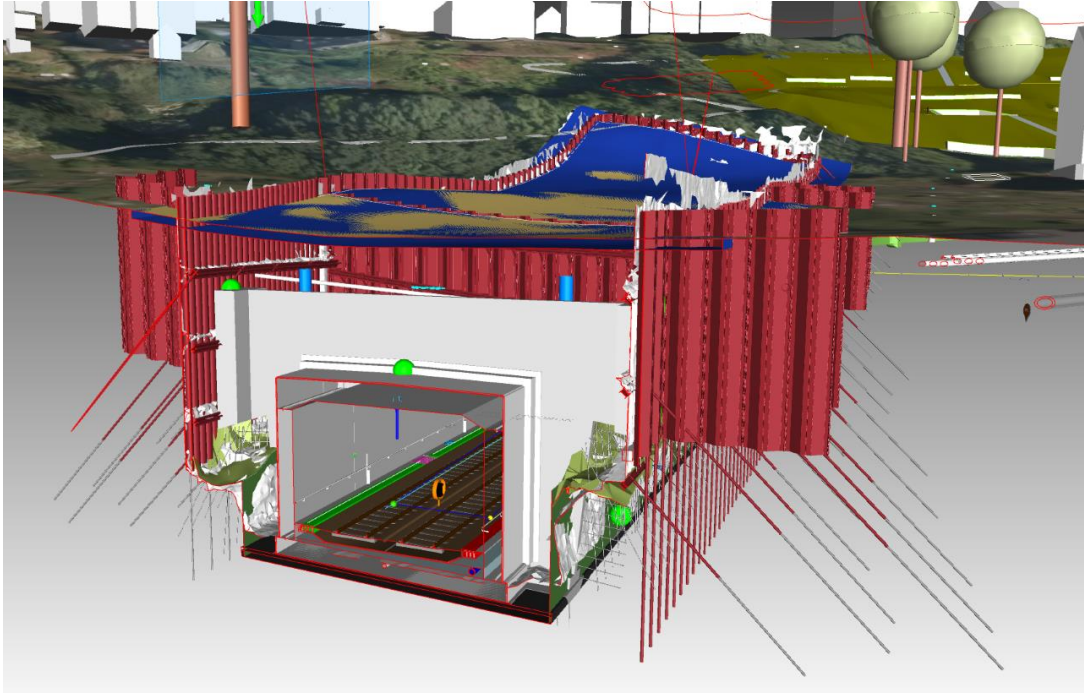
Vassbakk og Stol (V&S) er et av Norges største anleggssfirma og ble etablert i 1969. I dag har de rundt 620 ansatte og firmaet hadde en omsetning på 1,7 milliarder kroner i 2020. Hovedkontoret til V&S ligger ved Kopervik på Karmøy, i tillegg har de også et kontor i Bergen. Firmaet spesialiserer seg innen masseforflytning, grave- og sprengningsarbeid. Desember 2001 ble V&S solgt til Skanska Norge AS og er den dag i dag et heleid datterselskap av Skanska (*Om oss*, u.å.)

## 1.2 oppgavebeskrivelse

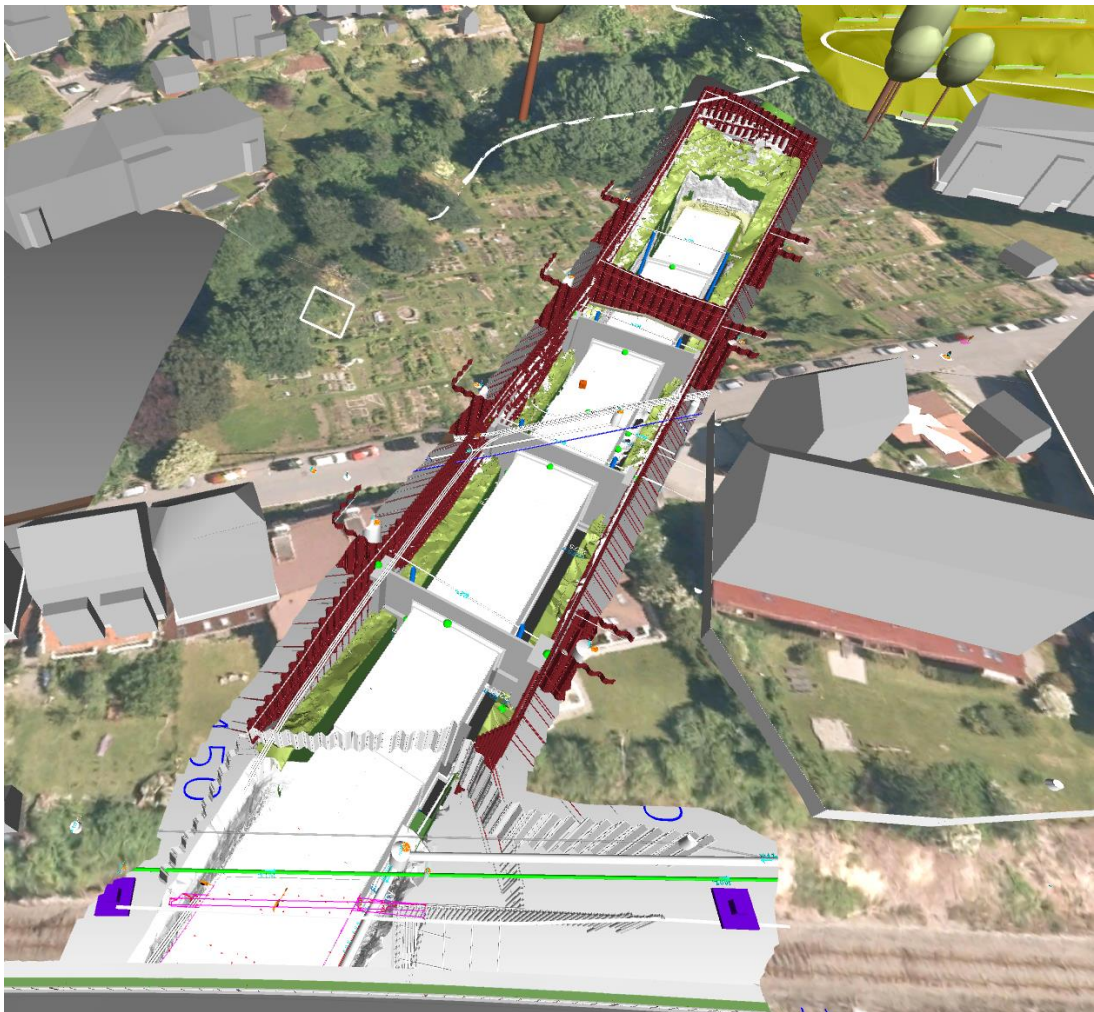
I forbindelse med utbyggingen av bybanenettverket har V&S gjort en større utgravning i Møllendal. Dette er en underentreprise for V&S hvor Skanska er hovedentreprenør og Sweco er prosjekterende for bybanen utbygging, som er byggherre. I denne oppgaven har gruppen valgt å fokusere på en mindre del av bybaneprojektet. Arbeidet gruppen skal se nærmere på er et tilbakefyllingsprosjekt som kommer etter en utgravning for å støype en nødvendig kulvert.

Skråningene av denne utgravningen er sikret med spunter og i utgravningsområdet er det blitt støpt en kulvert. Denne kulverten skal bli en del av bybanesporet og virke som en del av tunellen som skal føre bybanen til Haukeland stoppet (Figur 1). Denne skal fylles opp på sidene med et fint gruslag og med et tynt lag fine masser oppå. Dette er for å beskytte betongkonstruksjonen før den lagvis vil fylles igjen oppover til utfyllingen er jevn med omgivelsene.

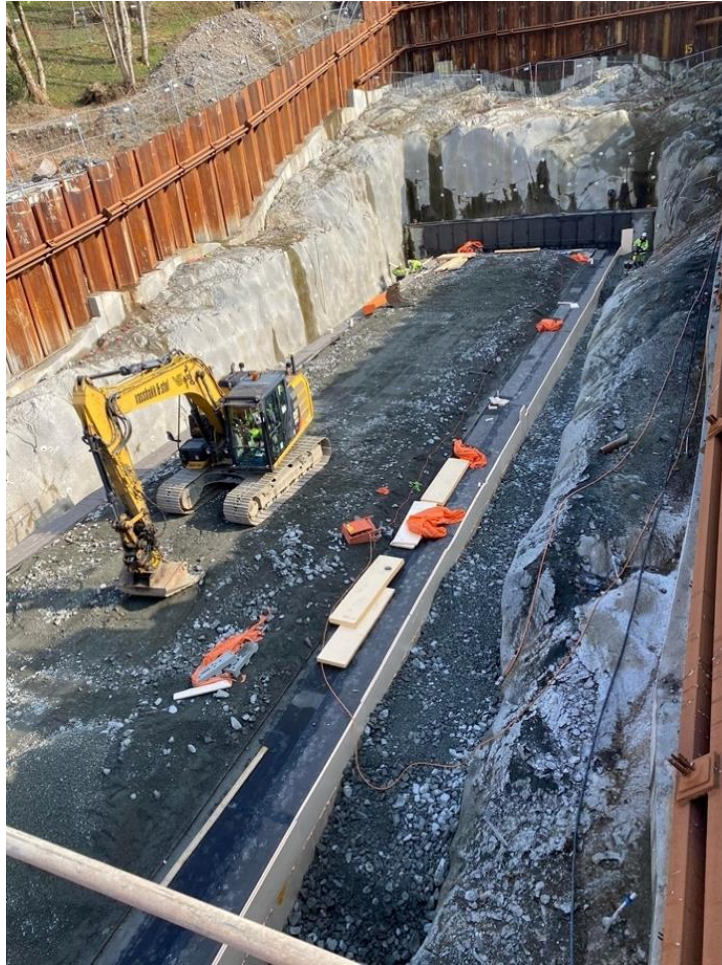




Figur 1 - åpningen på kulverten



Figur 2, bilde over kulverten gjennom en BIM modell



*Figur 3 - bilde av sektor 3*

Foreløpig kan man dele inn topplaget til innfylling i 3 sektorer, hvor den bakerste sektoren som befinner seg helt øverst i Figur 2 og Figur 3, ikke har en spesifikk plan for hva som skal komme oppå, mens sektoren i midten og foran er prosjektert til at de skal flytte tilbake parselhagen som ble fjernet før utgravningen. Ettersom det er prosjektert og planlagt at det skal komme en struktur oppå vil det være nødvendig å bruke riktige masser og utføre tilstrekkelig komprimering av området.

V&S har tiltenkt en arbeidstid på denne jobben fra starten av februar til slutten av juni 2022. Det er lagt opp en plan på bemanning og utstyr der en planlegger å starte med lav bemanning, øke på utover og redusere bemanningen ved slutfasen av prosjektet. V&S har estimert at det i gjennomsnitt vil være fire grunnarbeidere som arbeider på dette prosjektet samt to maskinførere. I tillegg har de sett for seg en utstyrsliste av en 16-tonns gravemaskin, en hjulmaskin, en 3,7 tonns minigraver, en 5,5 tonns minigraver, 4 vibroplater og en vals.

Utstyret og bemanningen i denne delen av prosjektet er det nødvendige for å fylle igjen kulverten. Oppgaven inkluderer ikke andre beregninger av andre deler av utstyr og materialer som er tiltenkt prosjektet. Alt utstyr og materialer som er tiltenkt prosjektet blir levert til anleggsplassen av en tredjepart. Denne transporten legges ikke vekt på i denne oppgaven.

Ved dette anlegget har arbeiderene en turnusordning de de arbeider 37,5 arbeidstimer fra mandag til torsdag istedenfor mandag til fredag. Dette betyr at fra mandag til onsdag arbeider arbeiderne fra kl 07 – 18:30 og på torsdag jobber arbeiderne fra kl 07-13:30. Det er 30 minutters pause kl 11 og kl 15 hver dag hver dag. Disse lange arbeidsdagene kan føre til ekstra utfordringer ved noen av de elektriske maskinene, men det gir også muligheten for en ekstra ladeperiode under arbeidsdagen.

Masselageret til prosjektet er lokalisert på andre siden av store Lungegårdsvannet ved AdO Arena (Figur 4). Her er planen at det skal gå 3 biler fra anlegget i Møllendal til masselageret. Disse skal kontinuerlig hente masser gjennom hele arbeidsdagen. Det vil også gå 2 lastebiler som har som arbeidsoppgave å supplere masser til masselageret. Dette vil bli hentet på forskjellige anleggsplasser i Bergen hvor de skal hente spreng sten og overskuddsmasser, deretter tippe dette på masselageret ved AdO igjen. De vil også benytte seg av deponi ved Laksevåg og Kokstad når dette blir nødvendig. Ved denne logistikken vil det alltid være nok masser ved AdO slik at det ikke vil være stopp i prosjektet.





Figur 4 - masselageret ved siden av AdO arena

### 1.3 Fordeler og Ulemper

Mange vil påstå at elektriske anlegg er fremtiden, men hva er det som gjør at vi endrer dagens metode? Finnes det noen fordeler med å bytte til et elektrisk anlegg? Å drive elektrisk er mer miljøvennlig enn med fossilt drivstoff, det sparer naturen for tonnevis med CO2 utgifter og demper forurensningen, men hvordan vil dette påvirke en hel bransje? (Klimaendringer, u.å.)

Elektriske motorer lager mindre støy enn forbrenningsmotorer som bruker fossilt drivstoff. Støy har flere ulemper knyttet til seg. Ifølge arbeidstilsynet påvirker støy hjerte og karsykdommer, gir høyere blodtrykk, virke trettende, påvirke konsentrasjonsevnen og man kan påføre hørselstap dersom en blir berørt av støy over lengre perioder. (Støy, u.å.) I bygg og anlegg-bransjen er det tillat støygruppe III. Dette betyr at høyeste tillate desibellgruppe er 85 dB, som er gjennomsnitt over en hel arbeidsdag på 8 timer. Ved desibel skalerer tallene seg jo høyere dem blir, 3 dB forskjell utgjør dobbelt av lyden, dette betyr at 68 dB er dobbelt så mye støy som 65 dB (JCB Electric 19C-1E Brosjyre.pdf, u.å.) Med en elektrisk maskin vil det

være 6 dB mindre støy enn med en tradisjonell gravemaskin, dette utgjør en forskjell på en fjerdedel av støyen. Med en såpass stor endring i støynivået vil det være lettere å kommunisere mellom grunnarbeidene og maskinførere, noe som kan føre til økt effektivitet.

Selv om det er mange fordeler med elektriske maskiner, er det også ulemper og usikkerheter. En stor fare med elektriske lastebiler og maskiner er at de koster ca. 3-4 ganger så mye med elektrisk versjon kontra en dieseldrevet. (*Investerar stort for konkurransefortrinn*, u.å.) Denne prisforskjellen kan skape et urettferdig skille i markedet hvor mindre selskaper vil komme dårligere ut i anbud ettersom de muligens ikke har råd til å kjøpe elektrisk utstyr. Her kan det forekomme en ringvirkning hvor de store aktørene får en fordel, mens de mindre ender opp med en kjempe ulempe.

Det finnes også uforutsette utfordringer knyttet elektriske maskiner. Ettersom maskinene går på batteri er det en fare for at batteriet vil ha kortere levetid (Valle, 2017). Dette kan føre til mer ladetid enn først antatt, noe som vil påvirke effekten på prosjektet.

Driftskostnaden av en elektriske maskiner er i snitt lavere enn maskiner på fossilt drivstoff, men driftskostnaden har igjen en større svingning mellom prisen. Dette kommer av at strømprisene kan endre seg betydelig i løpet av en kort periode. Prisene er ofte dyrere om vinteren enn om sommeren. Dette gjør at det kan bli mer utfordrende å anslå korrekt pris når man skal prise eller by på et anbud. (*Hva er spotpris på strøm?*, u.å.)

## 1.4 Klima

For å minske klimagassutslipp er elektriske maskiner en god løsning. I samtale med V&S estimerer selskapet et forbruk 1 372 085 liter flytende drivstoff på selskapets entrepriser av bybaneprosjektet. Dette er et prosjekt som startet i 2018 og er forventet å ferdigstilles i november 2022. Bybaneprosjektet er et miljøprosjekt som setter føringer på at alt av lastebiler, gravemaskiner og komprimeringsutstyr som benyttes på anlegget må drives på biodiesel. Alle beregninger gjort i denne oppgaven vil derfor være basert på biodiesel.

Diesel utvinnes fra rå olje ved raffinering, mens biodiesel kan produseres fra rapsolje og vanlig fett. Biodrivstoff fremstilles for å redusere bruken av vanlig diesel til f.eks. bilkjøring og

derved redusere økning av CO<sub>2</sub> i atmosfæren» (Pedersen, 2021).

For V&S sin entreprise er det estimert et utslipp på ca. 3 500 000 kg CO<sub>2</sub>. Det er gjort utregninger på forventet utslipp for hele prosjektet, men det er ikke gjort estimat for hver enkelt del. Parsellhagen er en del av arbeidet som inngår i entreprisen. Gruppen har satt opp et estimat for utslippene knyttet til tilbakefyllingen ved å finne data fra det mest sentrale oppgavene for prosjektet og omregnet tall fra biodiesel til kilo CO<sub>2</sub> ved hjelp av tabeller for omregning fra energivare til kWh (kilowatt time) . (*Tabeller for omregning fra energivare til kWh—Miljødirektoratet, u.å.*)

I estimatet gruppen presenterer er det ikke tatt hensyn til minigravere og komprimeringsutstyr. Dette er en beslutning som ble tatt ettersom minigraverne og komprimeringsutstyret ikke blir brukt kontinuerlig, utgjør en liten del av prosjektet og etterlater et langt mindre CO<sub>2</sub> avtrykk.

Etter intervju med maskinfører og lastebilfører (kapittel 2.4) beregner man 4 L diesel per mil for lastebiler og 10 L timen for gravemaskinene under utregninger. Prosjektet er forventet å vare 25 uker fra februar til juni 2022, som vist i vedlegg (Vedlegg 3) så ser man et forventet forbruk på 18 750 L for 2 prosjekterte gravemaskinene og 6 600 L på 3 lastebiler, dette tilsier at man kan forvente et forbruk på 25 350L for dette. Dermed kan man estimere et minimum utslipp på 63 500 kg CO<sub>2</sub>.

I vedlegget kan man også regne ut energieffektiviteten på de forskjellige maskinene, ettersom man kan regne ut biodiesel til kWh, dette gjøres ved formelen 10,22 kWh per kg biodiesel. 1 liter biodiesel veier 0,88kg.

Dette utgjør formelen:

$$( ( \text{Liter diesel} * 0,88 ) * 10,22 = \text{kWh} )$$

Se Vedlegg 3 for beregninger

I dette tilfelle viser resultatet 168 630 kWh for gravemaskinene som går på biodiesel og 59 257 kWh for lastebiler som går på biodiesel. Dersom man ser på kWh bruken på de elektriske maskinene så ser man at de elektriske gravemaskinene har en forventet kWh bruk

gjennom hele prosjektet på 93 750 kWh, mens de elektriske lastebilene får en samlet bruk på 18 480 kWh. Beregningen at på gravemaskin er de elektriske motorene 1,8 ganger så energi effektive, og lastebilene er 3,2 ganger mer effektiv. I 2022 har Biodiesel i gjennomsnitt ligget på 32 kr/l. I dette tilfellet ville total kostnaden vært på ca 815 000 kr, dette er stor kontrast dersom man tar hensyn til snittprisen på strøm i 2022. Her viser beregninger at driftskostnadene med elektriske maskiner vil ligge på 245 000 kr. Slik som strømprisene har vært i 2022 vil dette tilsvare at man ender opp med 3,3 ganger så mye driftskostnader med biodieseldrevet maskiner.

### *1.5 Strøm og drivstoff*

Strøm og drivstoff i Norge har hatt en enorm prisstigning de siste årene, der drivstoffpriser har hatt en jevn stigning(09654, u.å.) så har strømmen plutselig hatt en veldig bratt kurve. Det finnes flere forklaringer på hvorfor det har blitt som dette. Ser man på prisøkningen ved drivstoff skyldes dette hovedsakelig av skatter og avgifter i Norge. Selv om Norge er et land med masse olje har de fortsatt en av de høyeste drivstoffprisene i verden, det er fordi Norge har en avgift på 3,09 kr på biodiesel + 25% moms av totalbeløpet, dette betyr at uten skatt på drivstoff så hadde prisen vert betydelig lavere (eks. 20 kr/l = 15 kr uten moms = 11,91 kr uten avgifter) (*Veibruksavgift på drivstoff*, u.å.)

Strømprisene I Norge har variert det siste året, der snittprisen fra januar til og med april 2020 var 16,00 øre/kwh, dersom man ser på samme periode i 2022 så er tallet 194,41 øre/kWh, dette betyr at på 2 år så har prisen for strøm 12-doblet seg.(*See hourly day-ahead prices.*, u.å.) strømprisene varierer grunnet vær, temperatur, eksport og import av strøm. Disse årsakene gjør at strømprisene er uforutsigbare og kan variere (energidepartementet, 2022). Når det gjelder drivstoffprisene vil det være rimelig å anta at prisene stiger likt med inflasjonen. Dette tilsier en forutsigbar økning i drivstoffprisen fremover. De varierende strøm og dieselpriene vill ha stor betydning på lønnsomheten når man diskuterer elektriske anleggsmaskiner kontra drivstoffbaserte maskiner.

## 1.6 Enova

Enova er et statsforetak som eies av klima- og miljødepartementet, målet til Enova er å bidra til at Norge klarer klimaforpliktelsene de har lovet. Måten de planlegger å gjennomføre dette på er ved å støtte bedrifter og privatpersoner som ønsker å minske klimautgifter. (Enova, u.å.) Enova får pengene sine i fra statsbudsjettet, og in 2022 har det bevilget 4,1 milliarder kroner i overføring til fondet. (miljødepartementet, 2018) Enova støtter bedrifter så lenge de oppfyller gitte krav. Kravene som anleggsplasser må oppfylle er at man må spare minimum 10 000 liter drivstoff i året. Ved prosjektet i Møllendal er det anslått en sparing på over 1 300 000 liter biodiesel. Dette vil være grunnlag for støtte. Enova sin støtte for store bedrifter er at de dekker 40% av merkostnadene en elektrisk maskin koster i forhold til en som går på drivstoff. Eksempelvis kan en lastebil koster 1 000 000 kr med diesel motor og 4 000 000 kr på batteri, da blir støtten på 40% av 3 000 000 kr ettersom det er merkostnadene, det ville tilsvart 1 200 000 kr i støtte for 1 lastebil.

## 1.7 Problemstilling

På bakgrunn av informasjonen som er opplyst tidligere i oppgaven ønsker gruppen å se nærmere på hvordan dette vil funke i praksis, belyse fordeler og ulemper og til slutt presentere funn og drøfte egne hypoteser rundt dette temaet. gruppen vil her ta utgangspunktet i en del av et eksisterende prosjekt I Møllendal. Her er det gravd ut en kulvert i forbindelse med utbyggingen av Bybanen mot Fyllingsdalen. Denne skal nå fylles igjen og V&S jobber på en tradisjonell måte hvor de bruker tilgjengelig utstyr, maskiner og lastebiler som i all hovedsak bruker biodiesel. denne oppgaven vil virke som en mulighetsstudie som går parallelt med arbeidet som skal utføres. Problemstillingen er som følger:

*«Vil prosjektet i Møllendal være mulig å utføre på en full elektrisk måte, hvor alt av maskiner, utstyr og biler vil være elektriske?»*



## 2 Metode

I dette kapitlet skal vi presentere valg av metode for å besvare problemstillingen på oppgaven. Vi vil starte dette kapitlet med å gå inn på de generelle punktene innenfor metode. Deretter vil vi gå inn på de tre ulike metodene vi har benyttet, som er litteratursøk, befaring og intervju der vi har innhentet informasjon som blir benyttet til å gjennomføre en mulighetsstudie.

### 2.1 kvalitativ og kvantitativ metode

Kvalitativ metode er en forskningsmetode som brukes når man skal analysere kvalitative data. Kvalitativ data foreligger vanligvis i form av tekst, måten man samler inn data kan være blant annet deltakende observasjon, intervjuer eller fokusgrupper. (Grønmo, 2020)

Kvantitativ metode er det motsatte av Kvalitativ metode, der kvantitativ data som oftest foreligger i form av tall. Noen av metodene som brukes for innsamling av dataen kan være strukturert observasjon, spørreundersøkelser eller fra kilder som offentlig statistikk. (Grønmo, 2021)

I vår oppgave utfyller kvantitativ og kvalitativ metode hverandre veldig godt hvor vi har muligheten til finne både informasjon i form av tekst, men også finne nyttig data fra miljøaspektet og ulikt utstyr via informasjon av tall. Vi har derfor valgt å kombinere disse metodene i en trianguleringsmetode. Ved triangulering 1 samles den kvantitative og kvalitative informasjonen hvor en kan analyserer denne parallelt. Kunnskapstilfanget ligger både i blandingen og tolkningen av resultatene hvor det kan opparbeides mer og bedre data. (høgskolelektor, u.å.)

### 2.2 Litteratursøk

Denne oppgaven ble påbegynt i starten av 2022. gruppen startet med litteratursøk med et mål om å lese oss opp på forskjellige deler og segmenter av oppgaven. For å komme frem til

gode og pålitelige kilder har vi brukt flere ulike databaser og sjekket opp dataen fra ulike kilder. Ved informasjonshenting av maskiner og lastebiler er det blitt brukt hjemmesider fra både leverandører og utleiere, samt tatt informasjon fra intervjuer (kapittel 2.4) for å få best mulig informasjon og kilder.

## 2.3 Befaring

Det er blitt gjennomført befaringer på planområdet for å kartlegge utfordringer og for å finne løsninger. Gruppen har vært på to befaringer hvor anlegget ble observert i januar 2022 før igjennfyllingsfasen av prosjektet hadde startet og i slutten av mars hvor gruppen fikk et innblikk i fremgang på prosjektet. Befaringer har virket som et godt hjelpemiddel for å få større forståelse i prosjektet, det har gitt muligheten til å komme i mer direkte kontakt med firmaet og kontaktperson til oppgaven samt vært nyttig i form av å finne løsninger på for eksempel strømforsyning. Observasjoner fra befaringen vil senere benyttes for å gi en mer helhetlig og bedre forståelse av prosjektområdet og arbeidet som skal gjøres der.

## 2.4 Intervju

Gruppen har valgt å forhøre seg med to ansatte hos V&S som har erfaring med elektriske maskiner. Det ene intervjuobjektet har kjørt elektrisk gravemaskin, og det andre kjører elektrisk lastebil.

Første intervjuobjekt er Kim Bjoarvik. Han har erfaring med gravemaskiner.

- Hva er dine tanker om økt elektrifisering i anleggsbransjen?  
«Nei, jeg er ikke noe særlig tilhenger av elektrifisering, og det er det to grunner til, den første er at det koster veldig mye å kjøpe maskinene, det er ca. 3 ganger så dyrt og for det andre så går det veldig ut over effektiviteten».
- Hva er det som gjør at du mener at det går ut over effektiviteten?  
«Slik som vi jobber så varer kun en elektrisk gravemaskin en halv arbeidsdag, dette fører til mye stans i arbeidet, maskinen bruker også mye strøm på å belte seg rundt på anlegget, så man burde helst være så stasjoner som mulig».

Kim har bare kjørt en gravemaskin som hadde batteritid opp til 6 timer uten mulighet for å kjøre med kabel, dette har han uttrykt sin misnøye med ettersom han ikke hadde mulighet for å fullføre en hel arbeidsdag på 10,5 timer i denne maskinen.

- Er det noe forskjell på å kjøre elektrisk kontra fossilt drivstoff med tanke på hvilken jobb maskinen kan utføre?  
«For maskiner opp til 20 tonn vil det ikke være store forskjellen i styrke på maskinene, men på de største maskinene som veier 50 tonn så klarer ikke de elektriske å gjøre samme jobb».
- Er det noen fordeler med elektriske maskiner?  
«Det finnes noen fordeler ja, det er en kjempefordel med elektriske gravemaskiner i tunellarbeid, siden de ikke lager eksos og de går helt stille».
- Hva er din mening om at i Oslo kommune så skal alle anleggsmaskiner være klimanøytrale innen 2025?  
«Jeg syntes det er tull. Slik de elektriske gravemaskinene er i dag så kommer alle prosjekt til å bli mye dyrere og ta lengre tid, det er bare ønsketenkning at alt skal gå på strøm, så kravet fra Oslo kommune kommer altfor tidlig».
- Har du troen på at de elektriske maskinene kan levere like godt som andre maskiner i fremtiden?  
«Ja, jeg har troen og håper på at det kommer løsninger som kan erstatte diesel maskiner, men slik som det er i dag, så er vi et stykke unna.

Neste intervjuobjekt er lastebilfører Kjell Skage.

- Hvor langt kan du kjøre med den elektriske lastebil?  
«Jeg kan kjøre 35 mil i løpet av en arbeidsdag, men jeg må lade i løpet av dagen selvfølgelig. Lastebilen har kapasitet på 15 mil, så da kan jeg kjøre fra 7 til 11 før jeg har en pålagt hviletid på 45 min der jeg lader samtidig, da lader jeg fra 20 til 80%, dermed kan jeg kjøre 10 mil frem til kl 15, da jeg må ha en ny pause. Etter dette er jeg på ca 70% da klarer jeg å kjøre til vi avslutter dagen 7- halv 7»
- Klarer du å være like effektiv med en elektrisk lastebil som noen som kjører på fossilt drivstoff?  
«Ja! Jeg er overasket, for jeg klarer å kjøre 35 mil på en arbeidsdag, og man klarer

ikke mer selv om man kjører på diesel, for det er mye småkjøring og frem og tilbake med lasting og tipping, dette gjør at jeg kjører like langt som alle andre lastebiler i lignende prosjekter. Bilen jeg har nå er en av de eldste elektriske lastebilene på markedet, ser man på den samme lastebilen som blir lansert i år så har den rekkevidde på dobbelt så langt»

- Merker du forskjell på vinteren?

«Tja, det er en liten forskjell, men ikke i nærheten som på en vanlig personbil, ettersom batteriet er så mye større så er det en mye mindre prosentdel som forsvinner til feks varme»

- Ser du noen problemer med elektrifisering av anleggsplass?

«Ja det største problemet er å få nok tilgang til strøm, man er avhengig av at man kan lade når man trenger det og at man ikke behøver å vente på noen andre».

- Hva er den største forskjellen du har merket etter du byttet til elektrisk lastebil?

«Det er et par ting, første er at det ikke finnes støy, kun lyd fra hjulene. Det andre er at den har kun 300hk så den går utrolig sakte i oppoverbakke, men som kompensasjon på dette så har den en mye bedre akselerasjon på flaten enn vanlige lastebiler siden den kun har 2 gir, mens en tradisjonell har 12 gir. Alt i alt er jeg veldig positivt jeg er overasket over ytelsen på lastebilen»

## 2.5 Mulighetsstudie

Et mulighetsstudie er en utredning som kan bringe frem nye ideer og finne potensiale for eiendom, område/areal eller eksisterende bygg (*Mulighetsstudie og tidligfase*, u.å.) Ideene som legges frem ved et mulighetsstudie presenteres skissemessig med en liten detaljeringsgrad. Til slutt vil det legges frem en sammenlikning med resultatet studie viser med eksisterende plan.

I vårt tilfelle har vi et eksisterende anleggsområde som er under utredning. Vår mulighetsstudie blir da å finne en alternativ måte til å utrede arbeidet på. Ettersom dette gjøres på en tradisjonell måte og er et prosjekt som allerede er prosjektert vil ikke funn bli med å påvirke en endring i prosedyren som allerede er påbegynt, men resultat av funn i dette mulighetsstudiet kan være med på å endre fremgangsmåte og prosess i fremtidige

prosjekt. Ved en slik mulighetsstudie må man tenke annerledes enn hvordan oppgaven tradisjonelt vill blitt løst å finne nye ideer og muligheter til å overkomme eksisterende og nye hindringer (*Mulighetsstudier arealbruk og infrastruktur, u.å.*).

## 3 Teori

Dette kapitlet omhandler en del teori og standarder som ligger til grunne for at arbeidet som skal gjøre vil være tilstrekkelig. Krav til tilbakefylling og masser vil ha en innvirkning på hvor det kan hentes og hvilke typer masser som skal bli brukt. Dette vil ha en direkte innvirkning på avstand fra tippeplass og vil igjen ha en innvirkning på hvilke lastebiler som kan bli brukes.

Krav til komprimering vil ha en innvirkning på hvilke utstyr og størrelse på maskiner som vil være nødvendig for å utføre tilstrekkelig arbeid. På samme måte vil totalt volum på masser ha innvirkning på antall og størrelse på lastebiler.

All informasjon som er skrevet under er innhentet direkte fra V&S og er standarder og krav som er satt på de fra SWECO som er prosjekterende for byggherre. Standard som er benyttet her er NS 3458. Denne standarden fastlegger allmenne krav til komprimering av masser til ulike formål.

### 3.1 Krav til tilbakefylling

Ved tilbakefyllingen av kulverten er det diverse krav fra byggherre. De blir listet opp under.

- Kulverten skal tilbakefylles symmetrisk med maks nivåforskjell 2,0 m på hver side av kulverten. For tverrvegger/tettevegger gjelder maks nivåforskjell 1,0 m på hver side av tverrvegger.
- Det skal etableres 2 stk. kummer på østsiden av hver tverrvegg (oppstrøms). Disse etableres fortløpende under fyllingsarbeidene med bunn kum i det dypeste punktet, ca. 0,5-1,0 m over bergnivå i byggegropen. Kummene skal brukes til å måle nivået på innlekkasje- og overflatevann i byggegropen under tilbakefyllingsarbeidene, og til å pumpe vann ut av byggegropen ved behov. Kummene kan også benyttes til registrering av grunnvannsnivået i byggegropen senere i driftsfasen.
- Det er viktig at vannivået i byggegropen blir dokumentert og kontrollert fra tilbakefylling av

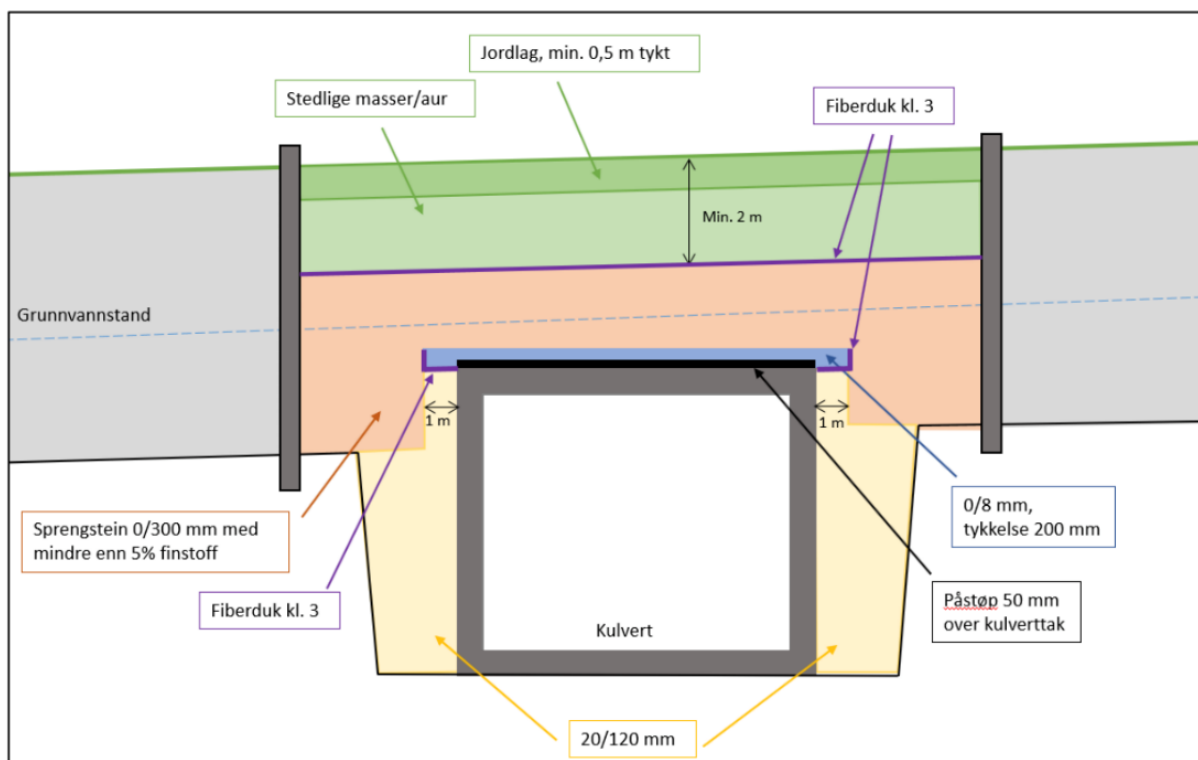
masser starter og videre i arbeidene.

- Vannstanden i byggegropen tillates ikke å stige mer enn 3 m over underkant bunnplate inntil konstruksjonen er belastet med minimum 4 m overfylling.
- Det kan bli aktuelt med infiltrasjon av vann i byggegropen etter at det er tilbakefylt med masser for å ha et forholdsvis jevnt grunnvannsnivå med utsiden av byggegropen.
- Når sprengstein tippes fra bil, skal sidearealet på begge sider av kulverttaket benyttes. Det skal ikke tippes sprengsteinsmasser over kulverttaket.

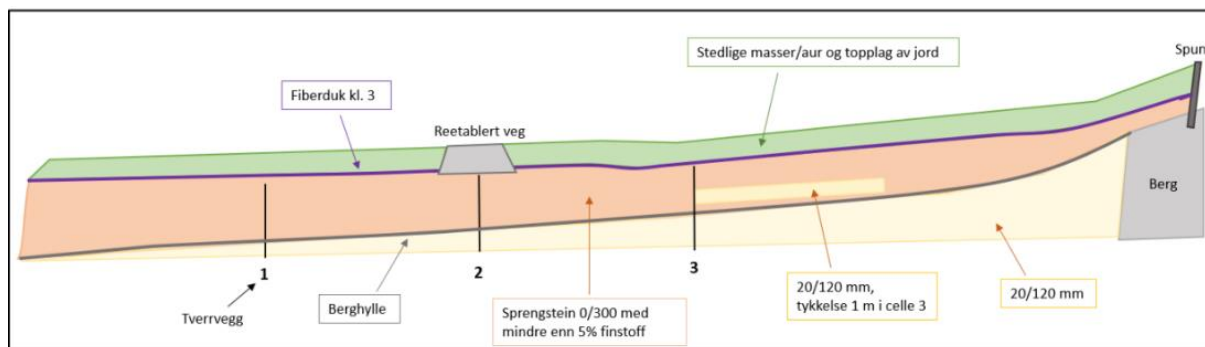
### *3.2 Tilbakefylling av masser*

Den generelle tilbakefyllingen i Parsellhagen som ble vist i Figur 1 og 2 har flere punkter for planlagt gjennomføring. Det blir listet opp punkter for hvordan vi har tenkt at tilbakefyllingen skal skje:

- For innerste meter mot kulverten skal tilbakefylling skje med forsiktig utlegging og komprimering. Tipping med høyt fall må ikke skje direkte mot betong på sideveggene eller taket på kulverten.
- Fra bunnen til kulvert og opp til berghylle skal det tilbakefylles med 20/120 mm- masser. Det skal også tilbakefylles med 20/120 masser 1 m inntil sidene på kulverten.
- Deretter skal det tilbakefylles med sprengstein 0/300 mm med mindre enn 5% finstoffinnhold.
- Over sprengsteins-massene legges det fiberduk
- Deretter tilbakefylles det med stedlige masser/aur som tidligere er utgravd fra Parsellhagen. Disse massene skal ikke komprimeres.
- I området hvor det tidligere var Parsellhager skal det tilbakefylles med ca. 0,5 m med jordlag. Jordtype og jordkvalitet avklares med byggherre.



Figur 5- Generelt prinsippsnitt for tilbakefylling i Parsellhagen



Figur 6 - Prinsippskisse av lengdesnittet for tilbakefyllingen i Parsellhagen.

### 3.3 Estimert volum av masser

Estimerte mengder av masser i Parsellhagen er oppgitt i Tabell 1. Det er estimert totalt volum masser inkludert berg og løsmasser i byggegropen, samt løsmasser og berg som skal graves og sprenges ut.



Tabell 1- Estimerte mengder av masser i Parsellhagen.

	Volum masser (m3)
<b>Totalt volum i Parsellhagen</b>	41 000
Løsmasser, totalt	27 000
Berg, totalt	14 000
Kulverten	13 000
<b>Totalt volum tilbakefylte masser i Parsellhagen</b>	28 000
Tilbakefylt 20/120 mm	5 000
Tilbakefylt sprengstein 0-300 mm med mindre enn 5% finstoff	12 000
Tilbakefylt stedlige masser/aur	10 000
Tilbakefylt topplag av jord (1 m tykkelse)	1000

### 3.4 Krav til komprimering

For hvert lag som blir lagt ut vil det forekomme en komprimering. Komprimering av de tilbakelagte massene i byggegropen i Parsellhagen skal utføres på følgende måte:

- Innerste meter mot konstruksjon komprimeres med vibroplate på maksimalt 300 kg. Minimum 6 overfarer. Lagtykkelser 300- 500 mm.
- Komprimering utenfor innerste meter mot konstruksjon utføres med lett vibrovals opptil 1,5 tonn eller tyngre utstyr opptil 6 tonn med avslått vibrator. Minimum 6 overfarer. Lagtykkelser 300- 500 mm.
- Disse komprimeringskravene gjelder som utgangspunkt for hele byggegropen ved komprimering av tilførte knuste steinmasser.
- Komprimeringsgraden måles ved nivellement. Gjennomsnittlig setning for siste overfart skal være mindre enn 10 % av gjennomsnittlig setning eller mindre enn 2 mm gjennomsnittlig setning.
- Tilbakefylte masser av aur/stedlige masser utgravd fra Parsellhagen skal ikke komprimeres, men legges ut med lagtykkelse på 500 mm.

### 3.5 Rute til deponi

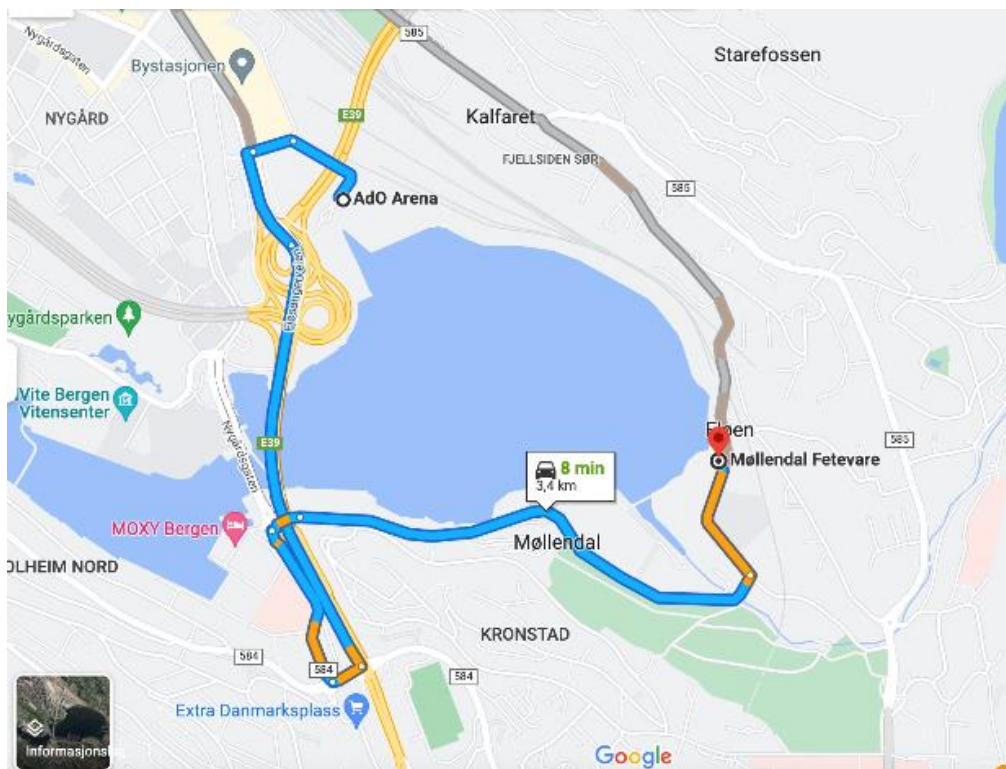
Valg av rute og kjøretid er vesentlig for å finne ut hvor lang tid en tur med henting og tipp vil ta og hvor mange turer hver bil kan kjøre på en dag. For elektriske biler er kilometerstanden kanskje det som er viktigst og mest interessant, og i dette tilfelle er det ingen forskjell. For at en slik jobb skal kunne gjennomføres vil det være enklere å utføre en slik type jobb om man har kort avstand fra anlegg til deponi.

Under presenterer 2 alternativer for rutevalg. I tillegg til dette vil to ruter være med på å optimalisere henting av masser om det skulle oppstå stopp i en av rutevalgene. Forskjellen i avstand mellom disse rutene er 2,2 km hver vei, men med en kontinuerlig kjøring vil dette ha en innvirkning i løpet av en full arbeidsdag. En kort rute vil også ha innvirkning på hvor mange turer en bil kan kjøre i løpet av en dag, optimalt vil alle lastebilene kunne kjøre en fullstendig arbeidsdag uten å måtte stoppe opp flere, eller i lengre perioder for å lade. Dette vil ha en innvirkning på fremgangen av anlegget, men lengre stopp perioder vil også ha en innvirkning på kostnadene av prosjektet hvor det kan bli nødvendig å eventuelt hente inn flere biler, hvor disse kan kjøre mens de andre lader.

Under vises det to aktuelle rutene hvor 3 av lastebilene kommer til å kjøre for å hente masser. Den ene ruten går via Fjøsangerveien og Møllendalsveien. Denne ruten vil bli kalt for Rute 1. Den andre ruten lastebilene kan kjøre er inne på selve anleggsområdet og strekker seg helt fra utgravningen av kulverten til AdO Arena. Denne ruten er illustrert med et utklipp fra Google maps hvor det illustrer en gangavstand ettersom at ruten går så å si parallelt med gangveien bort til AdO. Denne ruten kalles Rute 2.

## Rute 1

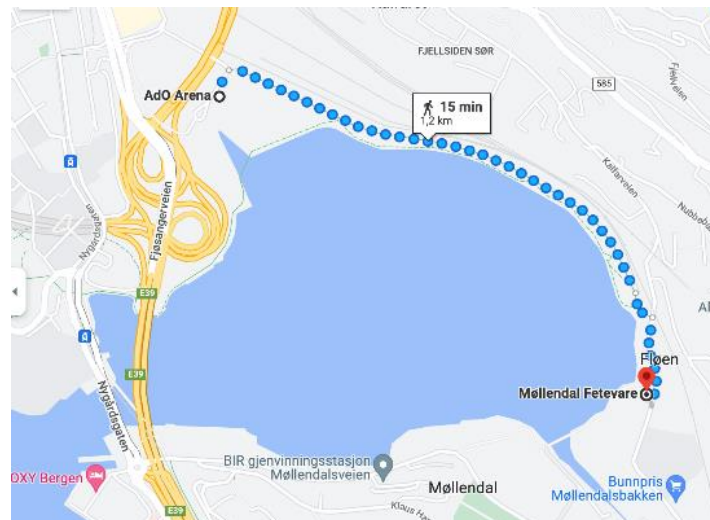
Kjørelengden ved valg av Rute 1 er 3,4 kilometer. Dette er en relativt liten avstand noe som er positivt med tanke på kilometerstanden til de elektriske bilene. En utfordring som kan oppstå her er at det gjerne vil oppstå noe kø rundt kl 08 om morgningen og kl 15-16 tiden på ettermiddagen.



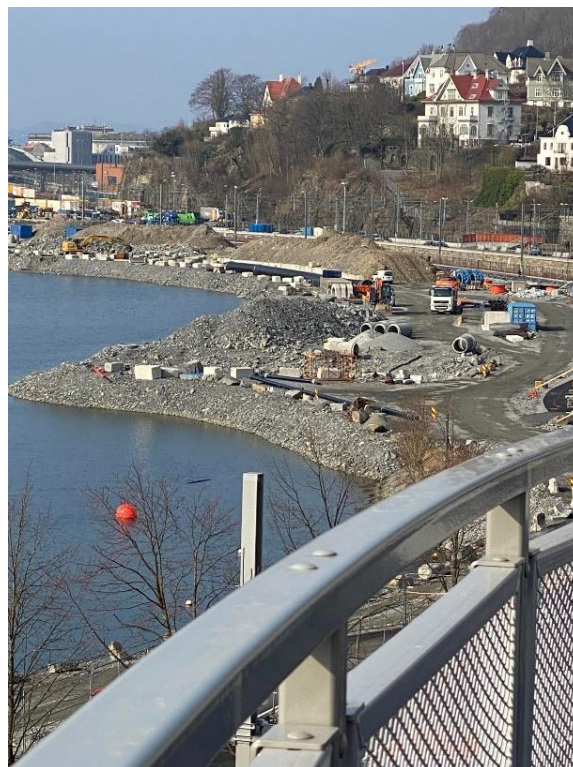
Figur 7 - Rute 1

## Rute 2

V&S har anleggsdrift fra AdO til Møllendal noe som gjør det mulig å kjøre bilene denne ruten. Dette rutevalget er ca. 1,2 km langt noe som er litt kortere enn det andre rutevalget. I tillegg til dette unngår man kø og andre forstyrrelser som kan oppstå langs en bilvei. Det kan forekomme graving og arbeid langs denne veien som vil gjøre det umulig å benytte denne i noe mindre perioder.



Figur 8 - rute 2

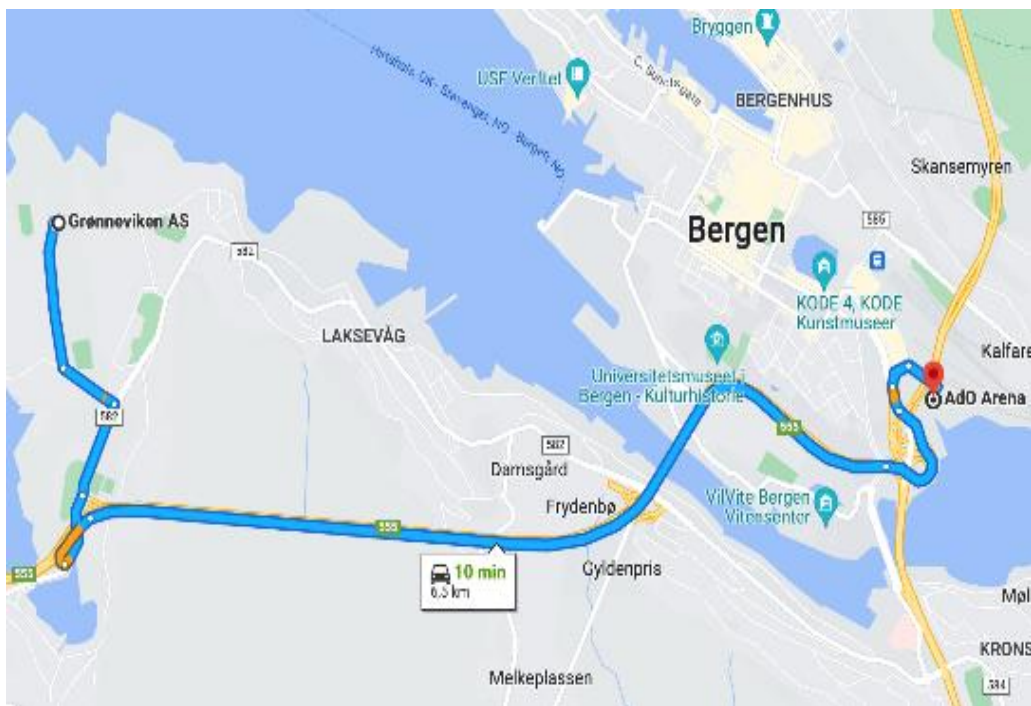


Figur 9 - rute 2: viser vei inne på anlegg

## Rute fra andre henteplasser til AdO

I tillegg til Rute 1 og 2 vil det gå to lastebiler som skal hente masser fra Kokstad og på Laksevåg. Disse massene skal hentes når det er nødvendig og vil bli brukt til å fylle opp masselageret.

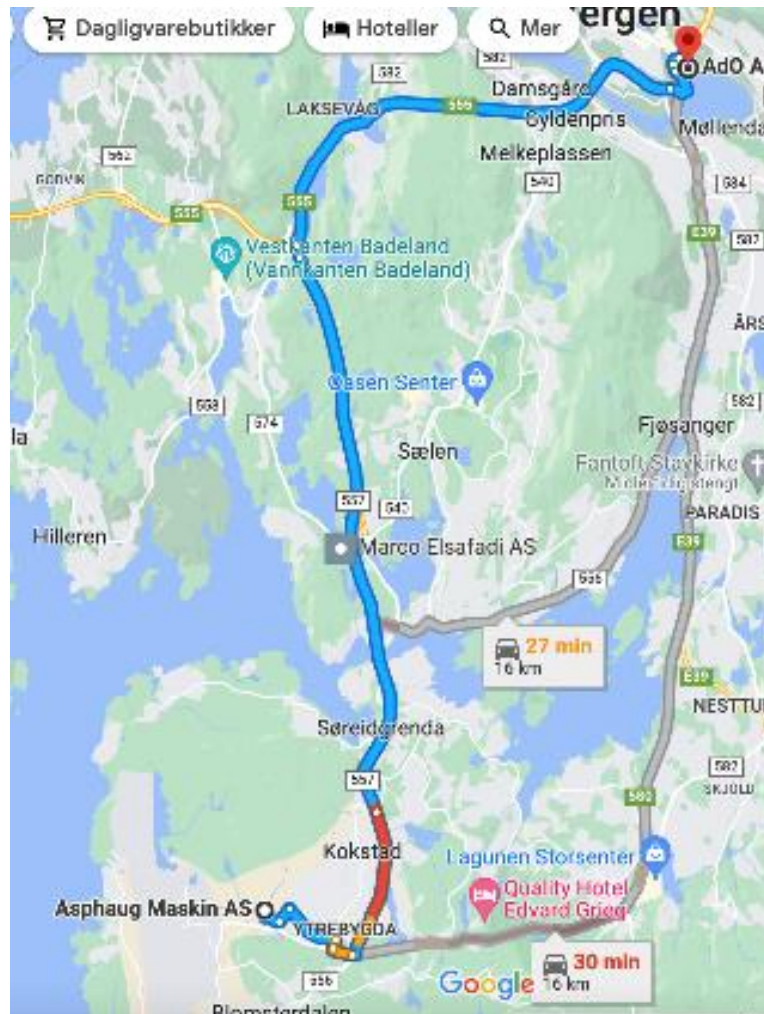
Rute 3 er fra AdO til Grønnevikken på Laksevåg. Ved denne ruten kommer du deg frem og tilbake på 13km. Det negative her er at det kan forekomme kø i begge retninger og spesielt kl 15-16 tiden, samtidig kan tunneller bli stengt. Det er mulig å kjøre rundt Laksevåg, men dette fører ofte til mye køer i dette område. Det positive er at sjåføren vil komme seg fremover, men turen vil ta en god del lengre tid på grunn av saktegående trafikk. Det positive er at dette ikke er en rute som vil bli kjørt kontinuerlig og man har større frihet til å vente med å hente disse massene eller planlegge turene i større grad.



Figur 10 - Rute 3



Rute 4 er den lengste ruten og strekker seg fra AdO til Asphaugen ved Kokstad. Denne ruten er 16km lang. Likhet ved rute 3 er det stor sjanse for at det vil oppstå kø i rushtiden, men man har flere ruter man kan velge mellom. Her skal det heller ikke hentes ut stein kontinuerlig så de samme prinsippene for logistikk gjelder her.



Figur 11 - Rute 4

### *3.6 Infrastruktur*

Ved et fullelektrisk anlegg kreves det mer planlegging og logistikk enn hva som må til i et tradisjonelt anlegg. Dette kommer i all hovedsak av at maskiner som bruker en type fossilt drivstoff går til den er tom og har en oppfyllingstid på noen minutter, mens lading og kjøretid hvor det brukes en elektrisk motor er mer uforutsigbar og kan føre til lengre stopp i arbeidstiden. Det vil være store fordeler å sette opp flere ladepunkter inne på eller i nærheten av anlegget. Disse vil bli brukt til å lade opp gravemaskiner, lastebiler og annet nødvendig utstyr. Det er vesentlig at det er nok ladeplasser på anlegget slik at ingen behøver å vente på at andre blir ferdig å lade. Alle lastebiler som blir brukt til dette prosjektet blir alltid hentet og parkert på anlegget ved starten og slutten av arbeidsdagen. Det er derfor satt opp en bilpark med parkeringsplasser til lastebiler som blir brukt på dette anlegget.

### *3.7 Utstyr*

V&S har informert oss om hvilke type og antall maskiner de har tenkt til å bruke for å gjennomføre denne jobben. Får å kunne fullføre jobben innenfor lik tidsramme med samme effektivitet blir denne listen sett på som en mal hvor det blir presentert elektriske ekvivalenter av de som allerede er prosjektert til prosjektet. Hvor ulike og individuelle kriterier blir vektlagt for de forskjellige maskinene. For at arbeidet skal ferdigstilles trengs det 5 lastebiler, 1 gravemaskiner på 16 tonn, en hjulmaskin, 2 minigravere, 4 vibroplater og en vals på 3 tonn.

### *3.8 Lastebiler*

Det begynner å komme flere og flere elektriske versjoner av lastebiler på markedet. Mange av disse er nokså like når det gjelder vekt og lastevek, men det finnes større forskjeller i kjørelengde og ladeegenskaper. For at dette prosjektet skal kunne gjennomføres må lastebilene kunne hente minimum 1350 m<sup>3</sup> masse per uke. Dette utgjør 36 m<sup>3</sup> per arbeidsdag. De må også ha kapasitet til å kunne kjøre fra Møllendal til deponiet en rekke

ganger gjennom arbeidsdagen og dette uten store avbrekk. Regner man på laste, kjøre og tippetid viser det seg at lastebilene må kunne gjøre mer en 60km i løpet av en dag. På denne måten sikres det at det blir hentet nok masser i løpet av hver arbeidsdag. I tillegg til dette må rekkevidden være god nok til at det skal være mulig å kjøre Rute 3 og Rute 4 for å forhindre tømming av masselageret. Ett annet krav for lastebilene er at de maksimalt kan ha 4 akslinger. Grunnen til dette er at den må kunne navigere seg rundt og klare alle nødvendige svinger inne på anleggsplassen.

Ved bruk av Rute 2 kan man estimere at bilen bruker ca. 20 minutter fra depot til tippeplass i kjøring, lasting og tipping. Med denne kjøretiden kan man anslå at lastebilene klarer å kjøre 30 turer hver arbeidsdag. Dette utgjør at Lastebilene bør ha en rekkevidde på mer en 72km.

Ved bruk av Rute 1 kan man estimere at bilene bruker ca. 30-40 minutter fra depot til tippeplass i kjøring, lasting og tipping. Med denne kjøretiden kan man anslå at lastebilene klarer å kjøre 15 turer hver arbeidsdag. Dette utgjør at lastebilene bør ha en rekkevidde på mer enn 107 km. Denne informasjonen vil være nyttig får å skille ut de bilene som ikke har nok kapasitet til å gjennomføre dette prosjektet.

For at dette prosjektet skal kunne gjennomføres må lastebilene kunne hente minimum 1350 m<sup>3</sup> masse per uke. Dette utgjør 36 m<sup>3</sup> per time. Ved bruk av 3 lastebiler tilsier dette at hver bil må ha kapasitet til å kunne hente 12 m<sup>3</sup> hver time.

I tillegg til dette må rekkevidden være god nok til at det skal være mulig å kjøre rute 3 og rute 4 for å forhindre tømming av masselageret.

### *3.9 Gravemaskin og Hjulmaskin*

På dette anlegget er det prosjektert 2 gravemaskiner på 16 tonn og en hjulmaskin som er omtrentlig like stor. Her vil vektclassen på maskinene og ytelseeffekten være avgjørende for fremgangen til prosjektet. Maskinene har som hovedoppgave å planere ut massene som blir tippet. De elektriske ekvivalentene må derfor ha kapasiteten til å være aktiv igjennom en hel arbeidsdag slik at det ikke vil bli stopp i prosjektet.



### *3.10 To minigravere*

Når man leter etter elektrisk anleggsutstyr, er det en del mindre utvalg å velge mellom en tilsvarende maskiner som går på fossilt drivstoff. Ved minigravere er det ingen forskjell. Her har man ikke muligheten til å velge fra en rekke modeller eller i et spenn av flere vektklasser. Minigraverne er ikke ment for å gjøre store deler av jobben, men er vesentlig for å komme til alle steder. Disse maskinene er ment til å kjøre på sidene av kulverten helt i startfasen for å unngå skader på betongkonstruksjonen og ha muligheten til å arbeide på trange plasser.

### *3.11 Komprimering*

V&S har planlagt å bruke vibroplater hvor de minste er rundt 150 kg og de største har en vekt på opptil 500 kg. Det er også prosjektert at det vil være nødvendig å benytte en vals på rundt 3 tonn. Dette er for å komprimere lagene best mulig og unngå setning. Før utgravningen til kulverten var det lokalisert en parsellhage på toppen av massene. Planen her er å flytte denne tilbake. Ettersom at det er store mengder stein og flere lag vil kompresjon være en svært viktig del av prosjektet. Store setninger og variasjoner i terrenget vil være ødeleggende for parsellhagen etter tilbakeflyttingen

## 4 Resultat

For at et elektrisk anlegg skal kunne drives vil det være essensielt å ha ladepunkter på flere steder av prosjektet. I bilparken vil det være nødvendig å sette opp en ladestasjon hvor lastebiler kan lade over natten. Dette eliminerer usikkerhet og vil gjøre at alle lastebiler er fulladet til starten av hver arbeidsdag. For gravemaskinene og annet nødvendige utstyr som brukes på anleggsplassen har gruppen tiltenkt en løsning fra Ohmia Construction. Ohmia Construction har spesialisert seg innenfor ladesystemer som gjør det enkelt, oversiktlig og kostnadseffektivt for entreprenører og byggherrer å elektrifisere bygge- og anleggsplassen. *(Din elektrifiseringspartner, u.å.)*

Ohmia Construction har 2 løsninger for lading der de har en 20- fot container som inneholder et batteri på 390 kWh (Boostcharger). Integrert i containeren er også to CCS2-hurtigladere og et byggestrømskap. Hver hurtiglader kan levere en effekt på opptil 150 kW og byggestrømskapet kan lade maskinene med AC tilkobling.



Figur 12 - Boostcharger

Den andre løsningen Ohmia Construction tilbyr er en mindre versjon som de kaller for «Hummingbird». Hummingbirden veier 3,5 tonn og kan fraktes ved hjelp av henger. Den har et batteri på 192 kWh og har integrert en CCS2-hurtiglader (150 kW). På anlegget er det flere byggestrømskap med uttak på 400 V. På grunn av disse installasjonene vil det være mulig å plassere hummingbirden og «Boostchargeren» på ulike steder av anlegget og verken boostchargeren eller Hummingbirden vil gå tom for strøm. Vi har kalkulert at det ville blitt en god løsning å ha 1 «Boostcharger» og 1 Hummingbird, dette gjør at vi har 3 hurtigladere på anleggsplassen pluss noen ekstra AC ladere. Når Boostchargeren er koblet til 400 V så tar det 3 timer å fylle den fra 20% til 80%, mens med hummingbirden vil tiden halveres.



*Figur 13 - Hummingbird*

Byggherre har kommet med føringer og krav til tilbakefylling og komprimering. Tilbakefylling og komprimering må tas hensyn til fra starten av prosjektet og vil være nødvendige punkter

å følge i framtidige prosjekter.

V&S har informert oss om at planen for prosjektet er å transportere minimum 1350 m<sup>3</sup> for å gå i overskudd på prosjektet. Rute 2 gjør at vi klarer 107 turer ukentlig per bil, med last på 8,8 m<sup>3</sup> vil føre til 2830 m<sup>3</sup> per uke som resulterer i at vi er innenfor rammene til kravet.

Kravene for komprimering må følges for å unngå prosjektert avvik. Parsellhagen som var på området før arbeidet startet skal tilbakestilles, en synkning i massene vil føre til problemer for parsellhagen. Det er satt opp krav til maksimal totalvekt av komprimeringsutstyr. Dette er et krav for å beskytte ivareta kulvertkonstruksjonen mot rissinger og ødeleggelse. Dette kravet gjør at det ikke er mulig å bruke hvilket som helt komprimeringsutstyr.

Ved valg av rute fra deponi til parsellhagen har vi sett på to mulige alternativ. Rute 2 strekker seg 1,2 km der hele ruten blir kjørt inne på anlegget og har en kjøretid på ca. 3 minutter. rute 1 strekker seg 2,4 km og har en kjøretid på 8 minutter hver vei. Ved valg av rute har vi vektlagt kjøretid og trafikk og funnet ut at det absolutt beste alternativet vil være å kjøre inne på anlegget når all masse skal hentes, og bruke bilveien om det forekommer noen uønskede hendelser eller stopp som gjør det umulig å bruke denne ruten. Dersom man velger ruten inne på anlegget kan man estimere 24 turer per bil daglig. Dette inkluderer pause og hviletid for sjåføren. Dette gjør at bilene må kunne kjøre 60 km på en arbeidsdag.

Gjennom analyse av hvor mye masser som skal hentes ukentlig, tiltenkt tid på prosjektet, fått opplyst størrelse og funnet ut hvor mange kilometer lastebilene trengte å kjøre hver dag fant vi flere alternativer som passet disse kravene. Etter å ha sett på flere forskjellige lastebiler har gruppen kommet frem til at Mercedes eActros vil være det beste alternativet.

Dette er en elektrisk lastebil som har en kjørekapasitet på inntil 300 km. Den tillatte totallasten på denne bilen er 27 tonn hvor vekten på lastebil er 13,75 tonn. dette tilsier at nyttelasten blir 13,25 tonn. Denne har en ladetid hvor den bruker 1 t og 15 min på å lade fra 20-80% timer når den bruker hurtiglader (*eMobility*, u.å.). En omregning fra m<sup>3</sup> til tonn viser at hver lastebil kan laste 8,8 m<sup>3</sup> per tur. Med ca 20 – 25 min fra depot til tipping av lass i kjøring, lasting og tipping vil dette bety at denne bilen klarer 24 turer dagen.

Formel for å beregne turer på en arbeidsdag:

$$(\text{Timer} * 60 \text{ min}) / 20 \text{ min per tur} = \text{turer på en arbeidsdag}$$

(Beregninger vist i Vedlegg 1)

Det vil tilsi at bilen klarer å tippe 264 m<sup>3</sup> stein pr arbeidsdag, med 3 slike lastebiler som kjører på rundgang vil det maksimalt bli hentet, fraktet og tippet 795 m<sup>3</sup> med masser. Dette utgjør en total maksimal massehenting på 2831 m<sup>3</sup> pr uke. Noe som er 1500 m<sup>3</sup> mer enn hva V&S har prosjektert. Med den differansen lager det rom for ladestopp og andre.

I tillegg til disse lastebilene er det prosjektert en lastebil som skal kjøre Rute 3 og Rute 4. Disse bilene skal brukes til å fylle masselageret når dette er nødvendig. Disse kjøreturene er på 16 og 6,5 km pr vei, noe som er en del lengre en ruten fra prosjektet til masselageret er. Bilen som skal kjøre til og fra Kokstad klarer 8 turer mellom hver lading og bilen som kjører til og fra Laksevåg klarer 23 turer mellom hver lading.

V&S har planlagt hvilke type og størrelse de har tiltenkt å bruke på gravemaskinene deres til dette prosjektet. Det er prosjektert en 16 tonns gravemaskin og en hjulmaskin for å tilbakefylle massene. For å kunne gjøre en tilsvarende jobb med samme effektivitet har vi valgt elektriske gravemaskiner som kan yte på samme nivå. Som 16 tonns gravemaskin har gruppen sett valgt NASTA sin Zeron ZE135. Dette er en gravemaskin som har en driftvekt på 15 700 kg. Dette er tilsvarende vektklasse til hva som er prosjekter til arbeidet. ZE135 har en driftstid på opptil 6 timer på batteri, men den har også mulighet til å lade mens den er aktiv, dette gjør at man kan kjøre på batteri så lenge man klarer, og dersom man innser at det ikke skulle være tilstrekkelig kan man koble i en lader. Med denne laderen kan maskinen fortsette uavbrutt uten pauser. Dette er spesielt nyttig for dette prosjektet siden arbeidsdagene varer 10,5 timer, men det vil fortsatt være viktig at man lader gravemaskinen i pauser. Batteristørrelsen på maskinen er 200 kWh, CCS2 laderene lader da mskinen fra 0 til 100% på 1 time og 20 minutter. («ZERON ZE135 elektrisk gravemaskin på batteri», u.å.)



*Figur 14 - Zeron ZE135*

Som hjulmaskin er det beste alternativet Doosan DX165W Electric. dette er en 17-tonns maskin som går på utskiftbare batteri, hvert batteri gir maskinen 4 timers brukstid, som til sammen blir 8 timer. Med denne løsningen har man muligheten til å lade batteriet som ikke er i bruk og batteripakken kan lades på 3 timer. Med denne teknologien vil det være mulig at maskinen kan være aktiv hele dagen bortsett fra når batteriet skal byttes. Dette tar noen minutter («Doosan DX165W Electric», u.å.).





*Figur 15 - Doosan DX165W*

Minigraverene på anlegget har en mindre viktig enn de store gravemaskinene. Disse skal benyttes til sidefyllingene av kulverten og når det er for liten plass for gravemaskinene til å gjøre jobben. Det er tiltenkt to minigravere til dette prosjektet og vi har derfor valgt ut to med litt forskjellig størrelse og ytelsesnivå. Det første alternativet er en Volvo ERC25 electric. Dette er en minigraver på 2730 kg og har en driftstid på opptil 4 timer. Ved bruk av en hurtiglader vil ladetiden være opptil 2 timer for å få den fulladet mens med en vanlig ladekabel løsning vil det ta opptil 12 timer for å lade den helt opp (*MINIGRAVER PÅ BELTER 2,5-3T ELEKTRISK | CRAMO, u.å.*).



Figur 16 - Volvo minigraver

Det andre alternativet for minigraver er noe mindre en Volvoen. Det er en JCB 19C 1E Electric som er en 1 900 kilos minigraver. I motsetning til Volven har denne en noe lengre driftstid som er på 6 timer, men den har ingen mulighet for hurtiglading. Det tar derfor 8-10 timer å få den fulladet (*Minigraver 1,9T Elektrisk – Naboen, u.å.*).



Figur 17 - JCB minigraver



Prosjektet har flere lag med stein som skal komprimeres. Lagene strekker seg fra berggrunnen til toppen av spuntene. På bakgrunn av dette har V&S planlagt 4 viberoplater og 1 vals. Som en av viberoplatene har gruppen funnet et alternativ i Wacker Neuson AP2560e. Dette er en elektrisk viberoplate som har en vekt på 143 kg og en batterikapasitet på 10 timer (*Vibratorplate 143Kg Batteri – Naboen, u.å.*). Denne vil derfor være mulig å bruke over flere arbeidsdager før den trenger oppladning, fordi en vibroplate ikke blir brukt kontinuerlig eller over lengre tidsperioder. I likhet med fossildreven vibreoplater er vekten tilsvarende til den elektriske tiltenkt til dette anlegget. Det er positivt med tanke på flytting av selve platen noe alle gravemaskinene på anlegget skal kunne klare. Denne maskinen har like stor yteevne som en konvensjonelt dreven plate og sparer 70% av energikostnadene.



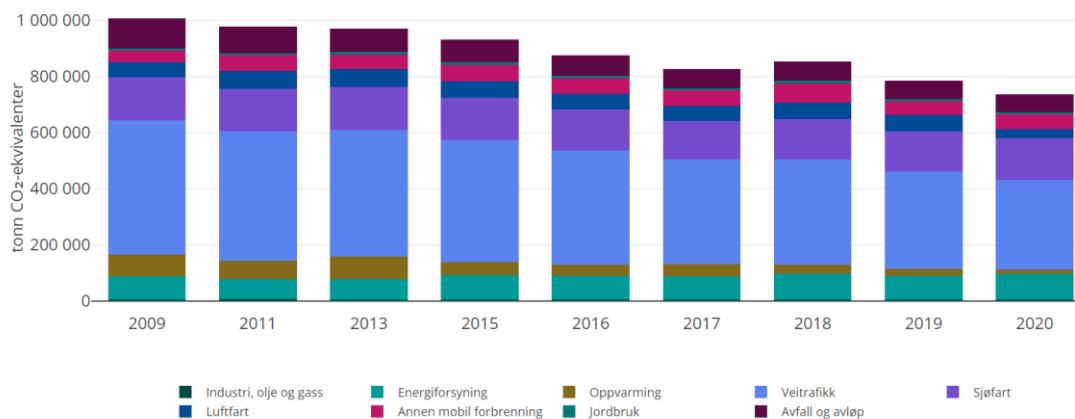
*Figur 18 - Bilde langs kulvert, høyde avgrenset med spuntene.*

Det er ved viberoplater på rundt 500 kg og vals problemene ved elektrifisering begynner å oppstå. Etter våre undersøkelser finnes det ingen elektriske viberoplater på denne størrelsen. Gruppen fant et alternativ som besto av en ny vals som ikke er lansert. Valsen er på 1,5 tonn og ikke tilstrekkelig da V&S trenger at valsen er minimum 3 tonn.

## 5 Diskusjon

Å gå fra fossilt til elektrisk på anleggsplasser kan være motivert av flere aspekter. Blant annet miljøbesparelser, krav fra utbyggere, kostnader og arbeidsmiljø. Det er beregnet at hele anlegget (ikke bare igjenfyllingen av kulverten) sparer 3444 tonn CO<sub>2</sub> ved å kutte fossilt drivstoff. Dette er 0,5% av det totale utslippet til Bergen i 2020 og utslipper tilsvarer 10% av alt biltrafikk i Bergen samme år.

(Utslipp av klimagasser i Norges kommuner og fylker—Miljødirektoratet, u.å.)



Kilde: Miljødirektoratet

Figur 19 - tabell over CO<sub>2</sub> utslipp i Bergen kommune mellom 2009 til 2020

En slik elektrifisering vil ikke det bare ha en positiv innvirkning på miljø og luftkvalitet i Bergen, men elektriske motorer har lang mindre støy. Mindre støy fører til enklere kommunikasjon som igjen vil føre til økt effektivitet samt å minimere andre helserisikoer. Dette har også en positiv effekt på alle beboere rundt forskjellig anleggsvirksomhet.

I likhet med dagens strømpriser er fossilt drivstoff dyrere enn hva det har vært de tidligere årene. Med prisene for drivstoff og strøm som vi har lagt til grunn, er det dyrere å drifte fossile motorer fremfor elektriske. Med utgangspunkt i Mercedes eActros vil det koste 2,5 kr per kilometer. Ser man på samme Mercedes med forbrenningsmotor vil det koste 12,9 kr pr

kilometer. Den elektriske versjonen har en vesentlig billigere driftskostnad ettersom den har en snittpris per km på 2,5 kr. En gjennomgang av tallene viser at elektriske lastebiler er 5 ganger billigere enn de som går på biodiesel, dette er selv med rekordhøye strømpriser i Norge. (I disse utregningene har vi sett vekk fra nettleie og elavgift)

Utrekninger for pris per km:

$$(Kapasitet * drivstoffpris)/kjørelengde = pris per km$$

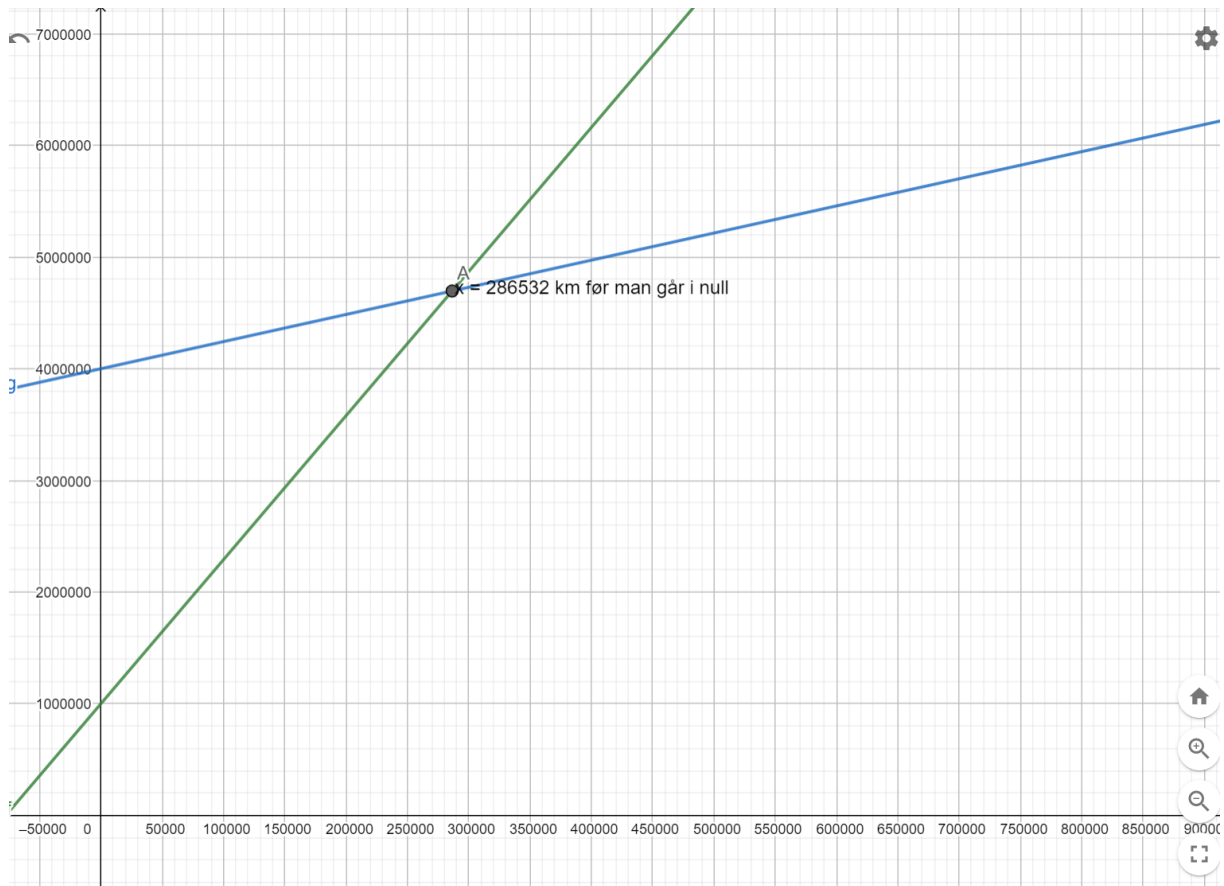
Elektrisk lastebil:

$$( 336 \text{ kWh} * 2,17 ) / 650 \text{ km} = 2,43 \text{ kr per km}$$

Lastebil med forbrenningsmotor:

$$( 1300 \text{ Liter} * 32,18 ) / 3250 \text{ km} = 12,9 \text{ kr per km}$$

Elektriske maskiner er dyrere å kjøpe enn tilsvarende maskiner med forbrenningsmotor. Det er færre elektriske varianter på markedet. Vi ser også at det er dyrere å leie de elektriske gravemaskinene og annet utstyr. Setter man opp en kalkyle for ny pris og driftspris viser det seg at man må kjøre at en elektrisk lastebil må kjøre 286 000 km før en elektrisk lastebil har økonomiske gevinster i forhold til en lastebil med forbrenningsmotor (figur 16). Ser man på prisutviklingen til vanlige elbiler så ser man at bilene blir bedre og bedre samtidig som prisene blir mer konkurransedyktig med biler på fossilt drivstoff, det er ikke umulig at denne trenden kan komme til elektriske maskiner også ettersom de er veldig tidlig i prosessen i forhold til personbiler. (Loftås, 2021)



Figur 20 - Geogebra graf: viser punkt A når man går i null ved elektrisk lastebil

Prosjektet på Møllendal er et prosjekt som er gunstig for å prøve elektriske anleggsmaskiner. Det er lokalisert sentralt i Bergen sentrum med gode muligheter for strøm og kort kjøreavstander til massehenting. Andre prosjekter kan ha andre avstander enn dette prosjektet. Anleggsvirksomhet med lengre avstander til deponi vil påvirke elektriske lastebiler negativt på grunn av økt distanse, noe som vil gjøre at det trengs flere ladestopp eller lastebiler for å fullføre jobben. Det vil også bli vanskeligere å lade fordi det kan være vanskeligere å lade bilene fordi lademuligheter med nødvendig kapasitet kan være fraværende.

Elektriske motorer har en kortere kjøretid og hvis man ikke har gode lademuligheter vil det forekomme stopp over lengre perioder på anlegget, eller man må tilpasse seg rundt den elektriske motoren. V&S bruker tidligere prosjekter og erfaringer til fremtidig planlegging og beslutningsprosesser. Ved en brå økning av elektrifisering kan dette være med på å endre planleggingsprosessen og prisingen, noe som skaper usikkerhet for V&S og bransjen.

Byggherrer har de siste årene satt krav til elektrifisering av anleggsutstyr. Oslo kommune har som mål at alle anleggsplasser og massetransport skal være fullelektrisk eller gå på biogass innen 2025. (*Rapport 1/2022 Fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, 2022*) Bergen er Norges nest største by og det er derfor rimelig å anta at Bergen ikke vil være mange år bak. Med alt dette i bakhode vil det være fornuftig og bærekraftig å gå inn på en satsing på elektriske maskiner. Elektriske anleggsmaskiner har en høyere kostnad, enten man kjøper eller leier maskinene. Å starte en elektrisk satsing kan være lønnsomt dersom en holder arbeidsmengden på et tilfredsstillende nivå. Økende elektrifisering av maskinparken kan samtidig føre til konkurransefortrinn i fremtidige anbud og vil igjen kunne skape fordeler for bedriften. De løpende driftskostnadene synker og kan igjen gå til investering i nye maskiner.

Elektrifisering av anleggsmaskiner kan få et negativt aspekt for små aktører. Mindre entreprenører kan bli utkonkurrert på pris og at en økt elektrifisering er enklere å gjennomføre for store aktører med sterk økonomi og solide eiere.

I prosjekteringsfasen av et elektrisk anlegg vil infrastruktur være viktig. Lading av maskinene og bilene er nødvendig. Uten god infrastruktur og lademuligheter vil dette føre til store stopp, lang ventetid og i verste fall gjøre det vanskelig å fullføre prosjektet i tide. De viktigste punktene her vil være å alltid ha muligheten til å lade og kunne starte hver arbeidsdag med fulladede maskiner. Ved anlegget i Møllendal er det lagt inn anleggsstrøm som gjør at det ikke vil være noe problem å sette opp ladepunkter inne på anlegget. Vi har her tiltenkt å sette opp en hurtigladestasjon for lastebiler som gjør at de kan være fulladet før hver arbeidsdag og har muligheten til å lade når som helt gjennom en arbeidsdag. Etter en befaring på anleggsområdet har vi sett at det vil være mulig å ha en flyttbar elektrisk kontainer som ikke bare gjør det mulig for maskinen å lade gjennom hele arbeidsdagen, men også kunne lade utenom arbeidstid.

Flere av lastebilene vi har sett er nokså like når det gjelder kilometerstand og lastekapasitet. Dette er de to viktigste punktene for oppgaven og det er de punktene gruppen har satt søkelys på. Mercedes eActros er en elektrisk lastebil som klarer å kjøre ca. 300 km og ha en last på ca. 13,25 tonn. Ser man på rutevalget vårt ser vi at hver lastebil skal kjøre 60 km dagen noe som er langt mindre enn hva den best mulig klarer. Den har også muligheten til å frakte langt mer masse i løpet av en arbeidsdag enn hva som er nødvendig for at prosjektet

skal ferdigstilles. I tillegg er ikke Rute 3 og Rute 4 for lange for dens estimerte rekkevidde. Dette betyr at en elektrifisering av lastebiler ikke vil være en hindring for å muliggjøre dette prosjektet.

En annen viktig komponent for at dette prosjektet skal være mulig er at gravemaskinene må kunne klare å gjennomføre samme arbeid som en maskin som bruker forbrenningsmotor. Sammenlikner man alternativet vi har presentert i denne oppgaven vil man se at den klarer å yte på lik linje med en som er drevet på biodiesel når man ser på effekt. De har en batteritid som er tilstrekkelig for seg selv og har i tillegg til dette muligheten til å kjøre med en kabel i seg. Denne kabelen gjør at gravemaskinen kan jobbe gjennom en hel arbeidsdag og fortatt klare å yte 100%, lik tid uten noe store stopp.

I søket etter gravemaskin som går på hjul istedenfor på belter var det lite utvalg, etter våre søk så fant vi bare en versjon som tilsvarte ønsket størrelse. Gruppen er tilfreds med batteriløsningen til hjulmaskinen ettersom den kan arbeide kontinuerlig uten stans. Dette får den til med at den kommer med 2 utskiftbare batteri, hvert batteri sørger for 4 timer driftstid, mens det bare tar 3 timer å lade den opp. Maskinen veier ca. 16 tonn og kan flytte på seg enkelt grunnet at den går på hjul istedenfor belte, maskinen yter likt som andre tradisjonelle maskiner og kan gjøre nødvendig oppgaver på prosjektet.

Prosjektet til V&S krever at vi bruker et sett med spesielle anleggsmaskiner. For å erstatte maskinene som går på fossilt drivstoff har vi blitt nødt til å finne maskiner som er tilsvarende og kan gjøre samme jobben. Det første vi undersøkte var lastebiler, her har V&S 3 lastebiler, fordelingen med dette prosjektet er at det er kort avstand til deponiet som gjør at kjøre lengden blir 72 km daglig, de fleste elektriske lastebiler tilfredsstill disse kravene ettersom de kan kjører rundt 200 - 300 km. Elektriske lastebiler har ikke problemer på korte oppdrag, men kan by på problemer dersom det er oppdrag med større avstander, men for gruppens bruk så vil en elektrisk lastebil yte det samme som en vanlig lastebil.

Prosjektet består av mye stein som skal komprimeres slik at alt over kulverten blir fylt igjen, utstyrene vi trenger for dette er 4 vibroplater og en stor vals. Tidligere i oppgaven fant vi en elektrisk vibroplate på rundt 150 kg, det er for lite og kan dermed ikke brukes fordi kravet til prosjektering er 500 kg. Vibroplater på 500 kg for at alt skal bli komprimert tilstrekkelig. Vibroplaten på 150 kg er relativt ny og det er å forvente at de kommer med større modeller i

fremtiden, det ikke være mulig å gjøre jobben tilstrekkelig med den elektriske vibroplaten. Når det kommer til valsen så er vi i samme situasjon som med vibroplatene, det finnes ikke noen valser med størrelse som vi kan ta i bruk på prosjektet. Dette fører til at kompromiseringsdelen av prosjektet vil være umulig å fullføre helelektrisk.



## 6 Konklusjon

I denne oppgaven har vi sett på ulike deler av prosjektet og lagt frem alternativer som fyller noen av kravene for at prosjektet skal være vellykket. Ser man på de elektriske lastebilene viser det seg at det er mulig for en elektrisk lastebil å utføre oppgavene relatert til kjørelengde og lasting av masser. På samme måte klarer utstyret å utføre arbeidet på den angitte anleggsplassen dersom man legger til rette for elektrifisering. Dette viser at en økt elektrifisering av anleggsbransjen er mulig og kan utøves i større grad om man tilrettelegger for elektrifisering.

Under skrivingen av denne oppgaven ser gruppen at elektrifisering av deler av anleggsvirksomheten vil ta tid før man har videreutviklede løsninger på alle komponentene som trengs i et anlegg. I store deler av prosjektet viser det seg at det er teoretisk mulig. Det finnes alternativer på lastebiler, gravemaskiner og minigravere, men per tid er det ikke mange alternativer.

De store utfordringene for utførelsen av prosjektet i Møllendal kommer når vi analyserer vibroplater og vals. Våre undersøkelser viser at det bare eksisterer 1 tilgjengelig type vibroplate som blir for liten til å kunne komprimere underlaget godt nok. Per tid finnes det heller ikke en elektrisk vals som er stor nok til å komprimere massene i Møllendal etter kravene i oppdraget. For å komprimere massene trengs det også en vals på 3 tonn som ikke er kommet på markedet enda. Dette betyr at det ikke vil være mulig å utføre dette prosjektet 100% elektrisk og at begrensningene til en elektrifisert anleggsplass starter når det kommer til kompresjon. Alternativet her ville blitt å gjøre alt annet på prosjektet elektrisk mens man bruker komprimeringsmaskiner som bruker fossilt brensel.

Selv om elektriske maskiner har sin begrensning betyr ikke dette at anlegget ikke bør være elektrisk. Ser man på lastebilene og gravemaskinene vil disse være gode nok til å kunne gjøre jobben som må gjøres på lik linje med minigraverne. Elektriske maskiner vil være fremtiden og gruppen mener det er viktig å elektrifisere gradvis. Ettersom det enda ikke er kommet noen krav om at man kun skal bruke elektriske maskiner vil det være gunstig å gjøre en gradvis utskiftning hvor en kan benytte disse og gjøre utskiftninger ettersom de blir

forbedret og teknologien tillater det.

## 7 Kilder

09654: *Priser på drivstoff (kroner per liter), etter petroleumprodukt, måned og statistikkvariabel*. Statistikkbanken. (u.å.). SSB. Hentet 29. mai 2022 fra <https://www.ssb.no/system/>

Andresen, I., Dokka, T. H. & Petersen, A. J. (2021, 2. oktober). *Innlegg: Byggebransjen er klar for fremtidens lavutslippsbygg – hvorfor henger byggforskriften etter?* www.dn.no. <https://www.dn.no/innlegg/klima-og-miljo/bygg-og-anlegg/byggeforskrifter/innlegg-byggebransjen-er-klar-for-fremtidens-lavutslippsbygg-hvorfor-henger-byggforskriften-etter/2-1-1073562>

*Din elektrifiseringspartner*. (u.å.). Ohmia Construction. Hentet 22. mai 2022 fra <https://www.ohmiaconstruction.no>

Doosan DX165W Electric. (u.å.). *Rosendal Maskin AS*. Hentet 22. mai 2022 fra <https://rosendalmaskin.no/produkt/doosan-dx165w-electric/>

*eMobility: EActros og dens tjenester*. (u.å.). Hentet 26. mai 2022 fra [https://www.mercedes-benz-trucks.com/no\\_NO/emobility/world/our-offer/eactros-and-services.html](https://www.mercedes-benz-trucks.com/no_NO/emobility/world/our-offer/eactros-and-services.html)

energidepartementet, O. (2022, 26. januar). *Syv spørsmål og svar om strømprisen* [Redaksjonellartikkel]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/stromnettet/syv-sporsmal-og-svar-om-stromprisen/id2873517/>

*Enova*. (u.å.). Enova. Hentet 22. mai 2022 fra <https://www.enova.no>

Grønmo, S. (2020, 3. november). *Kvalitativ metode*. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/kvalitativ\\_metode](http://snl.no/kvalitativ_metode)

Grønmo, S. (2021, 7. november). Kvantitativ metode. I *Store norske leksikon*.  
[http://snl.no/kvantitativ\\_metode](http://snl.no/kvantitativ_metode)

*Hva er spotpris på strøm?* (u.å.). Fjordkraft. Hentet 29. mai 2022 fra  
<https://www.fjordkraft.no/strom/strompriser/hva-er-spotpris/>

høgskolelektor, E. K. S. og. (u.å.). *Kombinerte metoder*. Hentet 23. mai 2022 fra  
<https://sykepleien.no/forskning/2009/10/kombinerte-metoder>

*Investerar stort for konkurransefortrinn*. (u.å.). Hentet 24. mai 2022 fra  
<https://www.vestnytt.no/nyheter/i/g6KnM1/satsar-paa-elektriske-lastebilar>

*JCB Electric 19C-1E Brosjyre.pdf*. (u.å.). Google Docs. Hentet 22. mai 2022 fra  
[https://drive.google.com/file/d/1dVa\\_lIdA\\_vUtf98x594DN2JX3LIdtHt7Y/view?usp=sharing&usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/1dVa_lIdA_vUtf98x594DN2JX3LIdtHt7Y/view?usp=sharing&usp=embed_facebook)

*Klimaendringer*. (u.å.). Hentet 28. mai 2022 fra <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>

Loftås, B. E. (2021, 10. mai). *Forventer vesentlig billigere elbiler*. elbil24.no.  
<https://www.elbil24.no/nyheter/snart-blir-elbiler-billigere-enn-fossilbiler---selv-med-avgifter/73746515>

miljødepartementet, K. (2018, 1. mai). *Enova [Eksternvirksomhet]*. Regjeringen.no;  
regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dep/kld/organisasjon/etater-virksomheter/enova/id2599611/>

*Minigraver 1,9T Elektrisk – Naboen*. (u.å.). Hentet 22. mai 2022 fra

<https://www.naboen.no/produkt/minigraver-19t-elektrisk/>

*MINIGRAVER PÅ BELTER 2,5-3T ELEKTRISK | CRAMO.* (u.å.). Hentet 22. mai 2022 fra [https://www.cramo.no/no/category/anleggsmaskiner\\_gravemaskin\\_minigraver-elektrisk-og-hybrid/product/minigraver-pa-belter-25-3t-elektrisk-volvoecr25electric](https://www.cramo.no/no/category/anleggsmaskiner_gravemaskin_minigraver-elektrisk-og-hybrid/product/minigraver-pa-belter-25-3t-elektrisk-volvoecr25electric)

*Mulighetsstudie og tidligfase.* (u.å.). Multiconsult. Hentet 23. mai 2022 fra <https://www.multiconsult.no/tjenester/mulighetsstudie/>

*Mulighetsstudier arealbruk og infrastruktur.* (u.å.). Rambøll. Hentet 23. mai 2022 fra <https://no.ramboll.com/tjenester/transport/arealplanlegging/mulighetsstudier-arealbruk-og-infrastruktur>

*Om oss.* (u.å.). Vassbakk & Stol. Hentet 22. mai 2022 fra <https://vassbakk.no/om-vs/>

Pedersen, B. (2021, 6. juli). Biodiesel. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/biodiesel>

*Rapport 1/2022 Fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.* (2022, 1. februar). Oslo kommune. <https://www.oslo.kommune.no/politikk/budsjett-regnskap-og-rapportering/rapporter-fra-kommunerevisjonen/rapport-1-2022-fossil-og-utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser>

*See hourly day-ahead prices.* (u.å.). Hentet 29. mai 2022 fra <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Hourly/>

*Støy.* (u.å.). Hentet 22. mai 2022 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/stoy/>

*Tabeller for omregning fra energivare til kWh—Miljødirektoratet. (u.å.).*  
Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Hentet 22. mai 2022 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh/>

*Utslipp av klimagasser i Norges kommuner og fylker—Miljødirektoratet. (u.å.).*  
Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Hentet 26. mai 2022 fra <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/>

Valle, M. (2017, 28. desember). *Dette skjer med elbilbatterier i vintertemperatur.* Tu.no. <https://www.tu.no/artikler/dette-skjer-med-elbilbatterier-i-vintertemperatur/414856>

*Veibruksavgift på drivstoff. (u.å.).* Skatteetaten. Hentet 29. mai 2022 fra <https://www.skatteetaten.no/satser/veibruksavgift/>

*Vibratorplate 143Kg Batteri – Naboen. (u.å.).* Hentet 22. mai 2022 fra <https://www.naboen.no/produkt/vibratorplate-143kg-batteri/>

ZERON ZE135 elektrisk gravemaskin på batteri. (u.å.). NASTA AS. Hentet 25. mai 2022 fra <https://www.nasta.no/anleggsmaskiner/anleggsmaskin/zeron-ze135-elektrisk-gravemaskin-pa-batteri/>





## Vedlegg 2

<b>snittpris for strøm 2022</b>										
januar	171,41 øre									Biodiesell er vanlig å skaffe rabbertert pris for bedrifter, men siden vi ikke har tilgang til disse prisene så går vi ut i fra prisene som blir solgt fra Circle K i mai 2022
februar	150,3 øre									
mars	233,81 øre									
april	217,97 øre									
<b>snittpris 2022</b>	1,93 kr									
										<b>32,18 kr</b>
<b>mercedes eActros</b>		<b>mercedes Actros</b>								
batteri kapasitet	336 kWh	tank		1300 liter						
distanse	300 km	liter pr mil		4 liter						
		lengde full tank		3250 km						
snittpris fulladet	649,73 kr	snittpris full tank		41834 kr						
pris pr km	2.16576667 kr	pris pr km		12,872 kr						
Med rekordhøye strømpriser ser vi at det er stor forskjell på pris per km. Selv om prisen per km med biodrivstoff er høyere enn hva de fleste bedrifter kan forvente, så vil den ikke komme i nærheten av pris per km med strøm.										

## Vedlegg 3

	A	B	C	D	E	F	
1							
2							
3	<p>Vi har fått vite av vassbakk at de kom til å bruke ca 1 400 000 lter drivstoff på alle prosjektene som har med bybanen å gjøre, bybane prosjektet til fyllingsdalen startet i 2018 og forventer å åpne i november 2022. de visste ikke ca hvor mye de kom til å bruke kun i pasellhagen</p>						
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	<p>vi har fått vite at de rekner ut drivstoff på gravemaskin som 10L i timen og på lastebilene når de er mye småkjøring med tipp så bruker de ca 4L per mil</p> <p>Vi vet at de skal arbeide i ca 25 uker fra februar til og med juni, siden de ikke hadde noe estimat å gå ut i fra så har vi prøvd å lage våres eget</p>						
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18	timer per uke			drivstoff gravemaskin per uke			
19							
20	37,5 t			375 L			
21							
22	Drivstoff hele prosjektet 2 gravemaskiner						
23							
24	18750 L						
25							
26							
27	km kjørt per uke lastebil			mil til sammen alle lastebilene			
28							
29	220 km			66 mil			
30							

	A	B	C	D	E	F
30						
31				mil til sammen hele prosjektet		
32						
33				1650 mil		
34						
35				Liter diesel på lastebilene til sammen		
36						
37				6600 L		
38						
39	Totalt drivstoff Gravemaskin + Lastebiler					
40						
41	25350 L					
42						
43	CO2 ekvivalenter på gravemaskiner + lastebiler					
44						
45	63628,5 kg					
46						
47						
48	<p>Dette er et forenklet estimat for hva vi kan forvente, vi har ikke tatt hensyn til komprimeringsdelen av prosjektet, da gravemaskiner og lastebiler oppgjør store deler av diesel bruket, men dermed kan man forvente at forbruke er større en gruppens estimat.</p>					
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56	gj. Snittpris strøm2022		gj pris biodiesel 2022		timer på prosjektet	
57	2,17 kr		32,18		937,5	
58						
59						

	A	B	C	D	E	F
59						
60	gravemaskin liter per time			Elektrisk gravemaskin batteri		
61	10 L/t			200 kwh		
62	89,936 kw/time			4 timer gj brukstid		
63				50 kw/time		
64	total kwh bruk per gravemaskin					
65	84315 kwh			46875 kwh		
66						
67	total kwh gravemaskin total					
68	168630 kwh			93750 kwh		
69						
70	differanse i effekt gravemaskin motor					
71	1,79872					
72						
73						
74						
75	Lastebil forbruk per mil			elektrisk Lastebil forbruk per mil		
76	4 L			11,2 kwh		
77						
78	pris per km			pris per km		
79	12,872 kr			2,4304		
80						
81						
82	liter prosjektet per bil			Forbruk hele prosjektet per bil		
83	2200			6160 kwh		
84						
85	kwh per biodiesel bil					
86	19785,92					
87						
88	totalt forbruk biodiesel lastebil			totalt forbruk elektrisk lastebil		
89	59358 kwh			18480 kwh		

	A	B	C	D	E	F
90						
91		differanse i effekt lastebil motor				
92		3,212				
93						
94	Total forbruk med biodiesel			totalt forbruk strøm		
95	227988 kwh			112230 kwh		
96						
97		Forskjell på energieffektivitet biodiesel kontra strøm				
98		2,03143331				
99						
100	driftkostnader biodiesel			driftkostnader strøm		
101	815763 kr			243539 kr		
102						
103	<p>ser man på dette prosjektet så er de elektriske maskinene mye mer energieffektive, der totalen på prosjektet bruker biodiesel ca 2 ganger så mye energi for samme jobben, men det er stor differanse mellom lastebilene og gravemaskinene. Lastebilene er de elektriske 3,2 ganger så effektive, mens på gravemaskinene så er de elektriske 1,8 ganger så effektive.</p> <p>Prosjektet bruker også 25 350L biodiesel som tilsvarer ca 816 000kr, mens på 113 000 kwh koster det 245 000 kr</p>					
104						
105						
106						
107						
108						
109						
110						
111						
112						
113						
114						