
FORPROSJEKT UTREDNING JORDKABEL KROSSBERG- NORDBØ - KLIMAGASSBEREGNINGER

LNETT
KLIMAGASSBEREGNINGER

DATO / REVISJON: 26.09.24/ 01
DOKUMENTKODE: 10258034-RIM-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Forprosjekt utredning jordkabel Krossberg-Nordbø	DOKUMENTKODE	10258034-01-RIM-RAP-001
EMNE	Klimagassberegning luftledning vs. jordkabel	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Lnett	OPPDRAAGSLEDER	Christoffer Brenne/ Hans Inge Bjormyr
KONTAKTPERSON	Inge Lunde	UTARBEIDET AV	Marita Ballestad
KOORDINATER	Sone: UTM 32 Øst: 307427 Nord: 6540754	ANSVARLIG ENHET	Miljørådgivning Sør
GNR./BNR./SNR.	40 /1430 med flere		

SAMMENDRAG

Lnett har i 2021 søkt om konsesjon for å bygge nye 132 kV kraftledninger mellom Krossberg-Harestad og Harestad-Nordbø transformatorstasjoner i Stavanger og Randaberg kommune. Multiconsult skal beregne klimaavtrykket for henholdsvis luftledning og jordkabel for å sammenligne alternativene. Dette skal gjøres spesifikt for de 5 ulike delstrekningene som vurderes kablet. Lnett har også et prosjekt med samme problemstilling mellom luftlinje og jordkabel på strekningen Håland-Tjøtta-Vagle. Det ble derfor besluttet at det skulle lages et felles excelverktøy (mal) som skal brukes til beregninger i begge prosjektene, og i fremtidige prosjekter. Foreliggende rapport og tabell under beskriver resultater fra prosjektet på Krossberg-Nordbø. Resultatene for prosjektet på Krossberg-Nordbø viser at på 4 av 5 delstrekninger er det lavest utslipp fra luftlinje (tonn CO₂ ekvivalenter). På Mosterøy er det lavest utslipp fra jordkabel. Generelt var de høyeste utslippene på luftlinje fra stålørsmaster og linje, mens selve jordkabelen og grøfter hadde høyest utslipp for jordkabel-alternativet.

Delstrekning	Jordkabel tCO ₂ ekv.	Luftlinje tCO ₂ ekv.	Differanse jordkabel – luftledning (tCO ₂ ekv.)	Alternativ med lavest CO ₂ utslipp
Krossberg-Harestad	6 216	2 510	3 706	Luftlinje
Harestad-Merkjarvik	1 466	856	610	Luftlinje
Bru	396	354	42	Luftlinje
Mosterøy	1 085	1 274	188	Jordkabel
Rennesøy	802	550	250	Luftlinje

Det er betydelig usikkerhet i mengdedata og utslippsfaktorer for prosjektet, og dermed i resultatene fra klimagassberegningene. Det var generelt vanskelig å få tak i EPDer og PEPer for de ulike materialene/komponentene og det måtte derfor i stor grad gjøres antakelser og beregninger basert på produktdatablad og estimater. Det vil si at utslippsfaktorer for de fleste materialene er usikre, men basert på beste tilgjengelige data. Til tross for usikkerhetene beskrevet i denne analysen, er det vurdert at beregningene likevel representerer kjent informasjon på tidspunktet og et tilfredsstillende estimat i en så tidlig fase av prosjektet. Flere av usikkerhetsmomentene kan bli redusert ved oppdatering av klimagassberegningene senere i prosjektet.

I neste fase bør beregningene oppdateres basert på ønskede leverandører, oppdaterte utslippsfaktorer, valgte løsninger og evt. oppdatert prosjektering. Når alternativ er valgt bør man sette inn klimagassreducerende tiltak tidlig nok i prosjekteringen for å sikre størst mulighetsrom.

01	26.09.2024	Revidering basert på kommentarer fra Lnett	Marita Ballestad	Elsa M. Buvik	Christoffer Brenne
00	18.09.2024	Klimagassberegning, sammenligning jordkabel versus luftkabel	Marita Ballestad	Elsa M. Buvik	Christoffer Brenne
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Formål og målsetning	6
1.3	Delstrekninger	6
1.3.1	Krossberg-Harestad.....	6
1.3.2	Harestad-Mekjarvik.....	8
1.3.3	Bru.....	9
1.3.4	Mosterøy.....	10
1.3.5	Rennesøy	11
2	Metode og inndata	11
2.1	Livsløpsanalyse og klimagassberegninger.....	11
2.2	Beregningsverktøy	12
2.3	Funksjonell enhet.....	12
2.4	Systemgrenser	12
2.4.1	Livsløpsfaser og analyseperiode	12
2.4.2	Miljøpåvirkningskategori	13
2.4.3	Fysisk systemavgrensning og alternativer.....	13
2.5	Datagrunnlag	14
2.6	Forutsetninger og antagelser.....	14
2.7	Utslippsfaktorer og beregningsfaktorer.....	14
2.8	Alternativsvurderinger.....	15
3	Resultater og analyse.....	16
3.1	Resultater delstrekning 1 – Krossberg- Harestad.....	16
3.2	Resultater delstrekning 2 – Harestad- Mekjarvik.....	18
3.3	Resultater delstrekning 3 – Bru	20
3.4	Resultater delstrekning 4 – Mosterøy.....	22
3.5	Resultater delstrekning 5 – Rennesøy	24
4	Diskusjon	26
4.1	Usikkerhet.....	26
4.1.1	Utslippsfaktorer fra materialer/komponenter.....	26
4.1.2	Grøftedimensjoner og trasélengder	26
4.1.3	Betongkanaler og massetransport.....	27
4.1.4	Arealbeslag	27
4.1.5	Master og mastefundamenter	28
4.1.6	Detaljeringsnivå	28
4.2	Videre arbeid	28
5	Konklusjon.....	29
6	Referanser	30
7	Vedlegg.....	30
7.1	Vedlegg – Excel-verktøy per delstrekning.....	30

1 Innledning

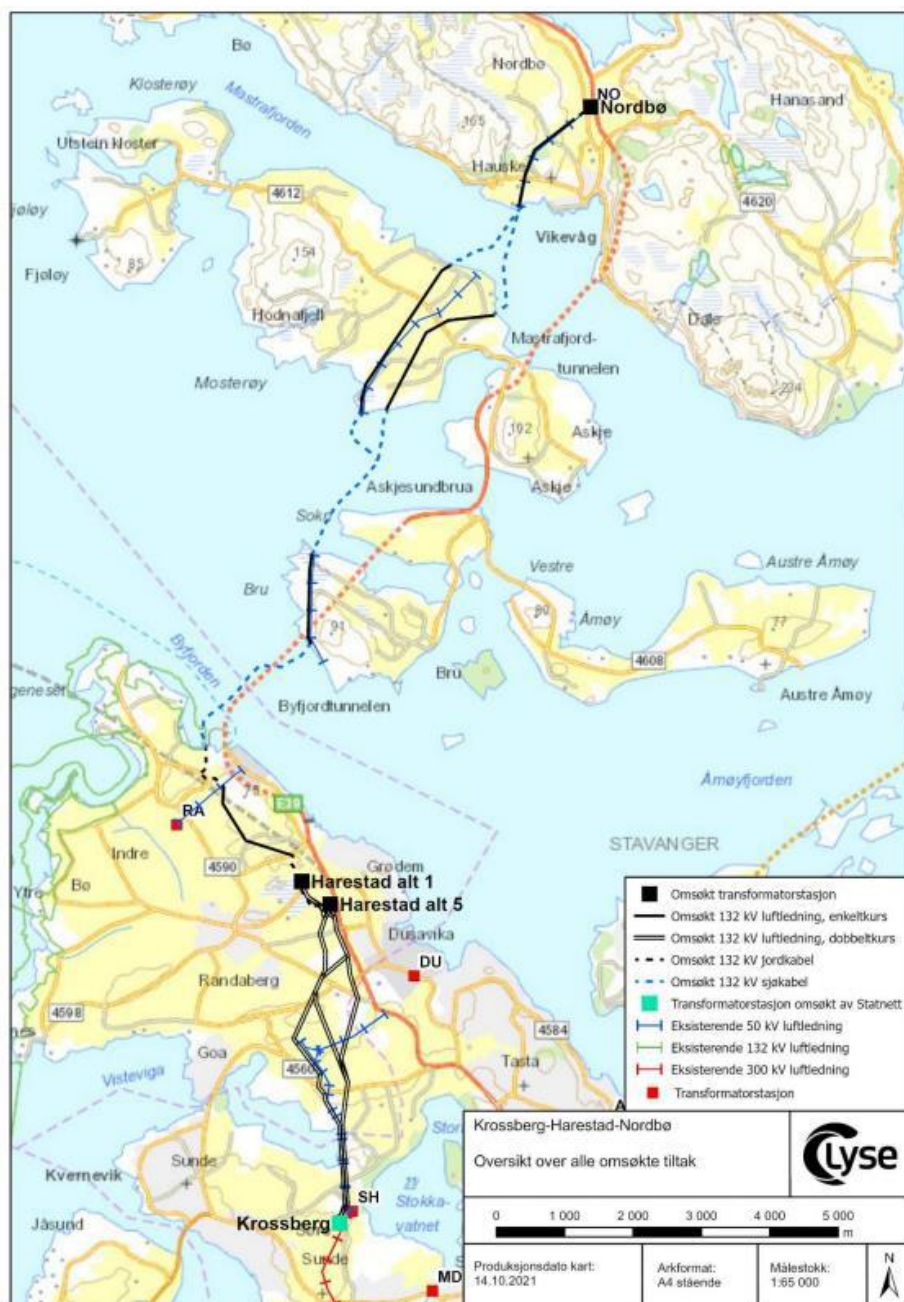
Klimaendringer er en av de største utfordringene verden står ovenfor. Alle land, inkludert Norge, har forpliktet seg til å kutte klimagassutslipp for å minimere den globale oppvarmingen. Alle sektorer må bidra for å nå målene som er satt. I tillegg er det å stoppe klimaendringene et av FNs bærekraftsmål, og en helt sentral del av miljømessig bærekraft. Klimagassberegninger er et nyttig verktøy for å arbeide med reduksjon av prosjekters klimagassutslipp.

1.1 Bakgrunn

Lnett er et nettselskap i Sør-Rogaland med rundt 160.000 kunder. Lnett har ansvaret for å drifte, vedlikeholde og bygge ut strømmettet i Sør-Rogaland, og sørger for at innbyggere i 9 kommuner får strøm. Lnett opplyste på sin nettside i 2023 at de går sammen med de største nettselskapene i Norge om en mer bærekraftig utbygging av framtidens strømmett. Det innebærer at selskapene fremover vil kreve klimadokumentasjon for komponenter i strømmettet.

Lnett har i 2021 søkt om konsesjon for å bygge nye 132 kV kraftledninger mellom Krossberg-Harestad og Harestad-Nordbø transformatorstasjoner i Stavanger og Randaberg kommuner, se Figur 1. Multiconsult skal beregne klimaavtrykket for henholdsvis luftledning og jordkabel. Dette skal gjøres spesifikt for de 5 ulike delstrekningene som vurderes kablet, se figur 1. Underlag til beregningene skal leveres sammen med ferdig klimabudsjett for henholdsvis luftledning og jordkabel, derav også utslipp fra materialet for begge alternativene. Videre skal leveransen også inkludere en beskrivelse av antagelser som blir tatt i beregningene, slik som kjøreavstand til massedeponi, anleggsmaskiner som kan bli brukt etc.

Lnett har også et prosjekt med samme problemstilling mellom luftlinje og jordkabel på strekningen Håland-Tjøtta-Vagle. Det ble derfor besluttet at det skulle lages et felles excelverktøy (mal) som skal brukes til beregninger i begge prosjektene, og i fremtidige prosjekter. Verktøyet skal også kunne brukes til å sammenligne ulike leverandører. Foreliggende rapport beskriver resultater fra prosjektet på Krossberg-Nordbø.



Figur 1. Oversikt over tidligere omsøkte strekninger for luftlinje og sjøkabel som var planlagt etablert mellom Krossberg og Nordbø.

1.2 Formål og målsetning

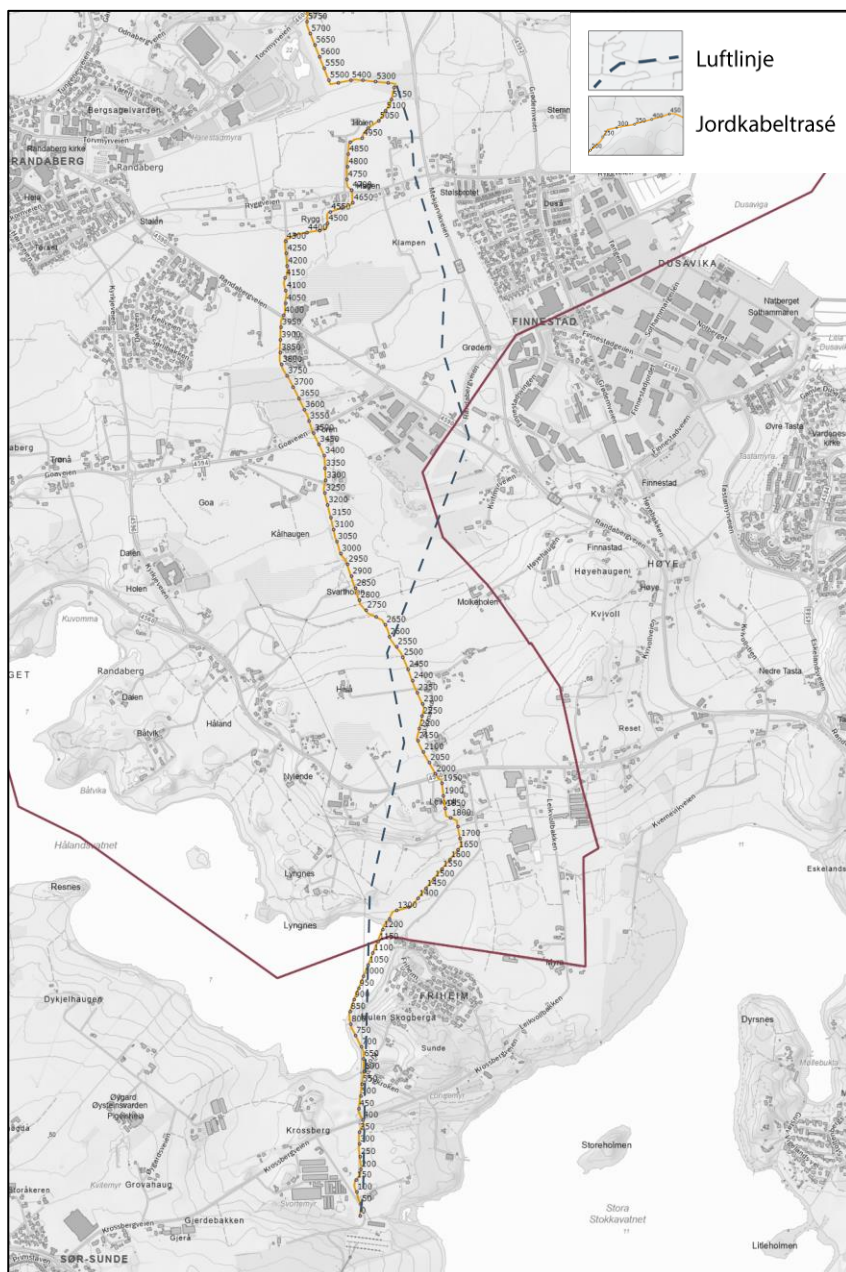
Målet med beregningene er å sammenligne forskjellen mellom utslipp fra luftlinje og jordkabel per delstrekning for å kartlegge de mest klimavennlige løsningene i dette prosjektet.

1.3 Delstrekninger

Klimagassutslippene skal sammenlignes mellom jordkabel og luftledning på hver av de fem delstrekningene. I avsnittene og figurene under er delstrekningene beskrevet i mer detalj.

1.3.1 Krossberg-Harestad

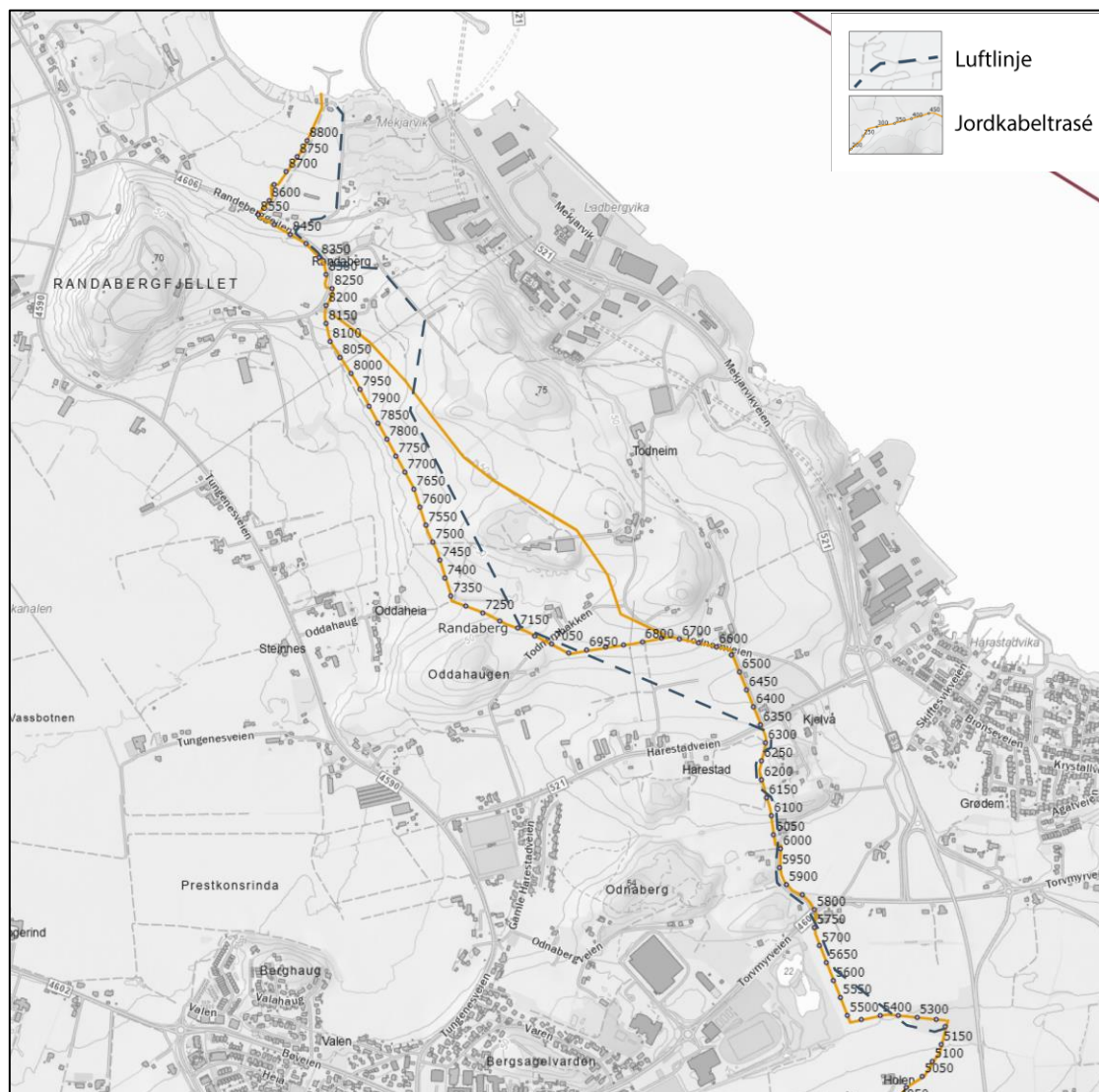
I Figur 2 er trasé for jordkabel vist med rødstiplet linje fra profilnummer 0-5150, fra Krossberg til Harestad. Tilsvarende luftlinje for strekningen er vist med svart linje med rosa prikker (østre linje), som tilsvarer alternativ 10 i konsesjonssøknaden for prosjektet.



Figur 2. Jordkabeltrasé og luftlinje for delstrekning 1, Krossberg-Harestad.

1.3.2 Harestad-Mekjarvik

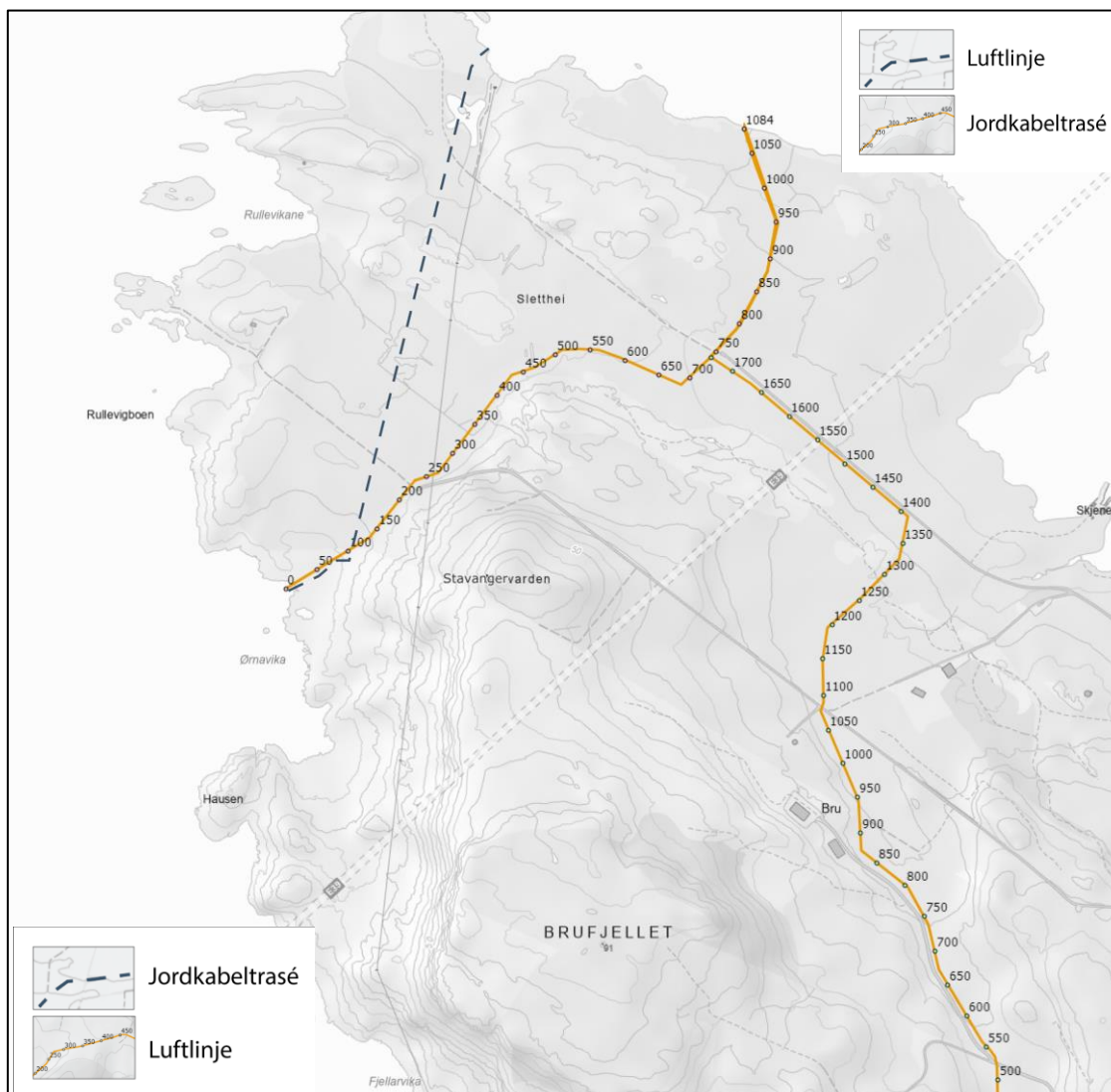
I Figur 3 er trasé for jordkabel vist med rødstiplet linje fra profilnummer 5150-8909, fra Harestad til Mekjarvik. Tilsvarende luftlinje for strekningen er vist med svart linje med rosa prikker (vestre linje), som tilsvarer alternativ 1.0 i konsesjonssøknaden for prosjektet.



Figur 3. Jordkabeltrasé og luftlinje for delstrekning 2, Harestad-Mekjarvik.

1.3.3 Bru

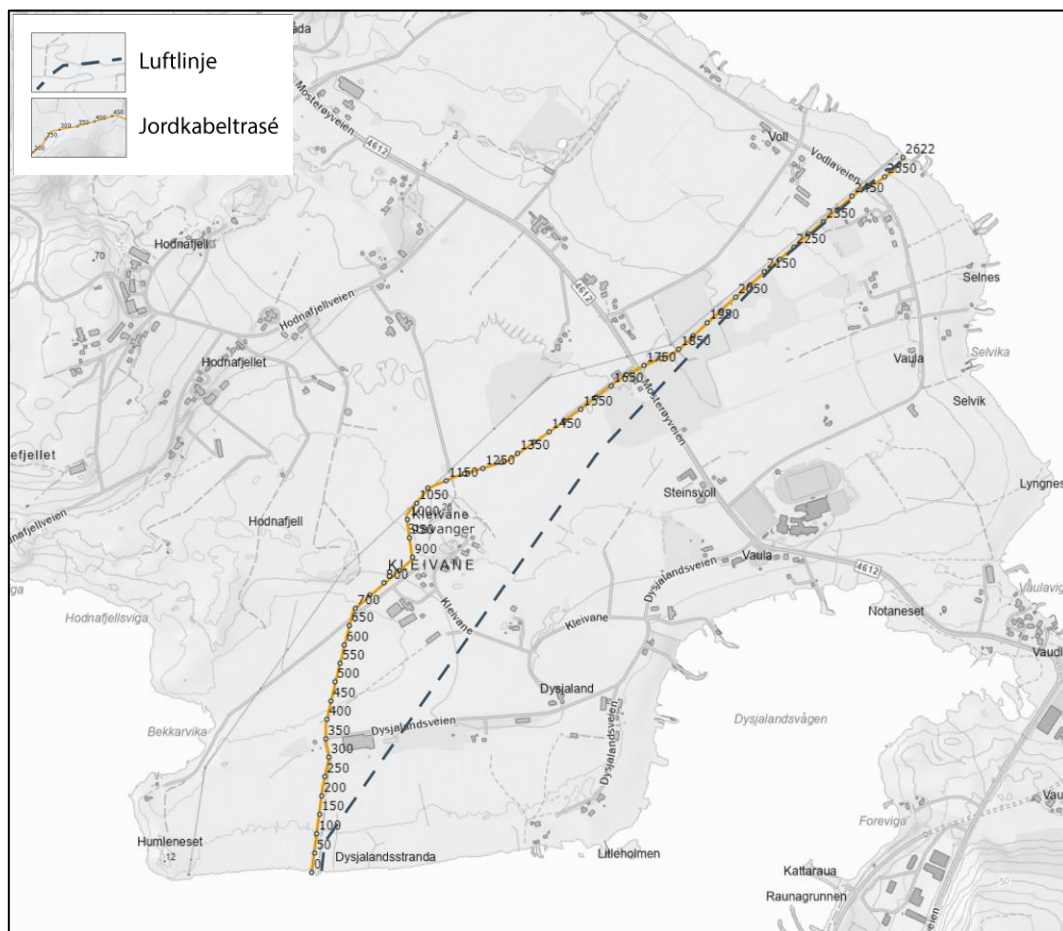
I Figur 4 er trasé for jordkabel vist med oransje linje med oransje sirkler fra profilnummer 0-1084, over Bru. Tilsvarende luftlinje for strekningen er vist med svart linje med rosa prikker, som tilsvarer alternativ 1.0.4 i konsesjonssøknaden for prosjektet.



Figur 4. Jordkabeltrasé og luftlinje for delstrekning 3, Bru.

1.3.4 Mosterøy

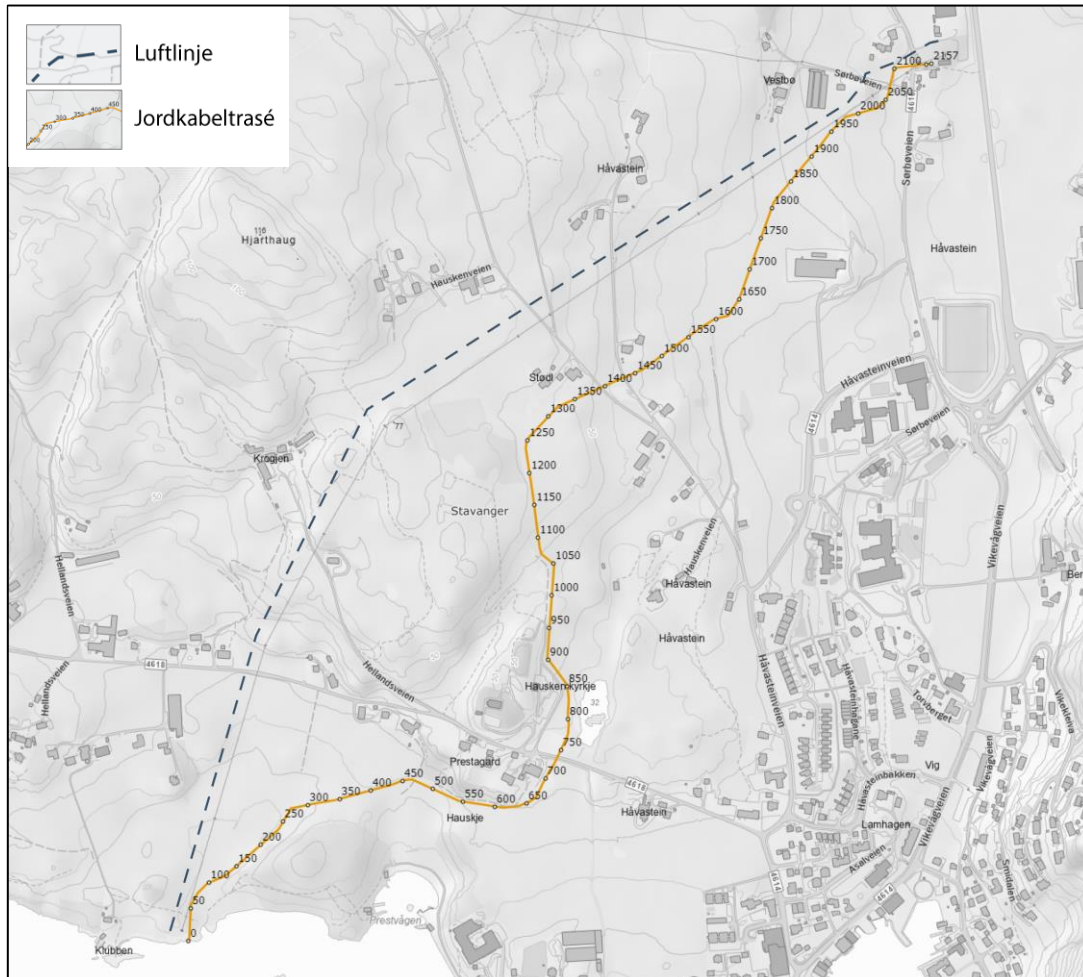
I Figur 5 er trasé for jordkabel vist med blå/oransje-stiplet linje fra profilnummer 0-2623, over Mosterøy. Tilsvarende luftlinje for strekningen er vist med svart linje med rosa prikker, som tilsvarer alternativ 1.2.2 i konsesjonssøknaden for prosjektet.



Figur 5. Jordkabeltrasé og luftlinje for delstrekning 4, Mosterøy.

1.3.5 Rennesøy

I Figur 6 er trasé for jordkabel vist med oransje/grønn-stiplet linje fra profilnummer 0-2160, på Rennesøy. Tilsvarende luftlinje for strekningen er vist med svart linje, som tilsvarer alternativ 1.0 i konsesjonssøknaden for prosjektet.



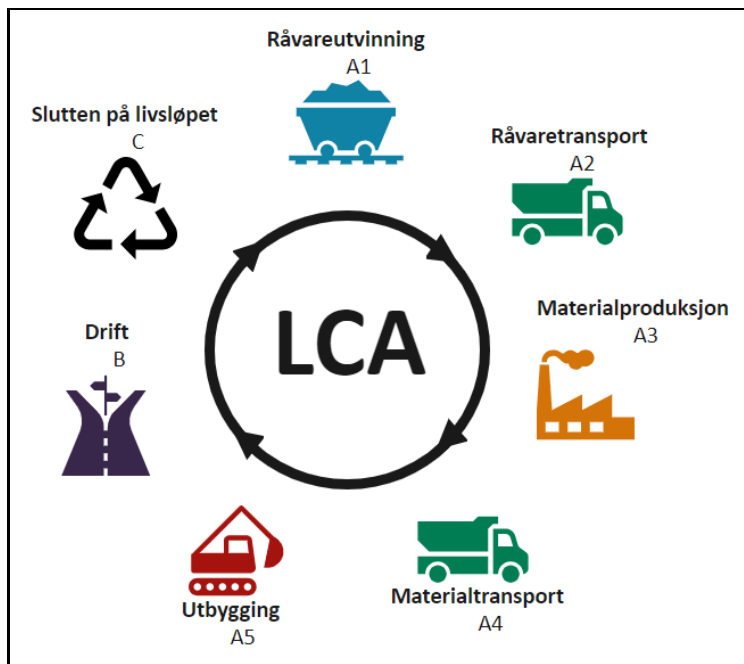
Figur 6. Jordkabeltrasé og luftlinje for delstrekning 5, Rennesøy.

2 Metode og inndata

I dette kapittelet er datagrunnlaget og de beregningstekniske metodeaspektene som relevante standarder, funksjonell enhet, systemgrenser og analyseperiode som er benyttet i analysen beskrevet.

2.1 Livsløpsanalyse og klimagassberegninger

LCA er en metode for å vurdere miljøpåvirkningen til et produkt, en tjeneste, en aktivitet eller et prosjekt gjennom hele livsløpet, se Figur 7. Klimagasser er gasser som påvirker klimaet ved å virke inn på jordens og atmosfærens strålingsbalanse. En klimagassberegning er en kartlegging av klimagassutslipp knyttet til for eksempel et prosjekt fra ulike faser av livsløpet, basert på LCA. Hele livsløpet fra råvareuttak til avhending eller gjenvinning kalles «vugge til grav» eller «vugge til vugge». Sistnevnte brukes ved et sirkulært livsløp hvor produktet gjenvinnes etter endt bruk. Livsløpet fra råvareutvinning via transport til produksjon på fabrikk kalles «vugge til port». I kapittel 2.4.1 spesifiseres det hvilke livsløpsfaser som er inkludert i denne beregningen.



Figur 7: Livsløpsfasene til et prosjekt iht. LCA.

Det overordnede rammeverket for analysen er gitt av standardene for livsløpsanalyse, ISO 14040:2006 [1] og ISO 14044:2006 [2].

2.2 Beregningsverktøy

Det er benyttet et egetutviklet verktøy for prosjektet. Dette verktøyet er basert på verktøyene VegLCA v5.14B og SimaPro v.9.6.0.1. Utslippsfaktorer og beregningsfaktorer er hentet fra de nevnte verktøyene, i tillegg er det supplert med produktspesifikke EPD/PEP'er.

2.3 Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten for klimagassberegningene er et nettsystem fra startpunkt til sluttunkt. Resultatene er presentert for den funksjonelle enheten.

2.4 Systemgrenser

Systemgrensene i analysen definerer hva som er inkludert i beregningen og hva som holdes utenfor.

2.4.1 Livsløpsfaser og analyseperiode

Oransje celler i Tabell 1 markerer hvilke livsløpsfaser klimagassberegningene omfatter. Tabellen er en gjengivelse av modulene i miljødeklarasjoner (EPDer). Navnene på de ulike fasene kan variere noe mellom ulike produktkategorier. For A4-A5 er det inkludert transport fra riggområde til monteringsplass med helikopter og kran/lastebil for henholdsvis komposittmaster og koniske stålrørsmaster. I A5 er det inkludert i fundamentering av master og etablering av grøfter for jordkabelen. A5 inkluderer også arealbruksendring og etablering av betongkanal. I A5 er det ikke inkludert montering av selve jordkabelen og linjen (uttrekking).

Tabell 1: Systemgrenser for livsløpsfaser. Oransje celler markerer hvilke livsløpsfaser klimagassberegningene i denne analysen omfatter.

Produktstadiet			Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet								Livsløpets sluttstadium				Konsekvenser utover systemgrensen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7*	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport	Produksjon	Transport	Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Ombygging	Energi i drift	Vannforbruk i drift	Transport i drift	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi

*B7 inngår ikke i NS 3720:2018

Prosjektets livsløp er delt inn i fasene materialproduksjon og -transport, samt utbygging. Bruksstadiet og demontering etter endt livsløp er ikke en del av beregningene da dette er utenfor analyseperioden. Klimagassutslipp knyttet til sluttfasen/avhending er heller ikke inkludert for utskiftninger i løpet av analyseperioden i det benyttede beregningsverktøyet.

2.4.2 Miljøpåvirkningskategori

Klimagassutslipp angitt i kg/tonn CO₂-ekvivalenter (CO₂-ekv.) benyttes som miljøpåvirkningskategori. En CO₂-ekvivalent er en måleenhet for ulike klimagassers oppvarmingspotensial med CO₂ som referanse. Det vil si at alle klimagassutslipp som vurderes regnes om til CO₂-ekvivalenter slik at utslippene kan sammenlignes direkte. Andre miljøpåvirkningskategorier er ikke vurdert.

Biogent karbon i materialer (karbon lagret i materialer som tre som følge av fotosyntese) og karbonatisering (karbon tatt opp av sementholdige materialer som betong) er ikke inkludert i beregningene.

Arealbruksendringer kan medføre klimagassutslipp fordi vegetasjon og jord tar opp karbon og fungerer som karbonlagre, og ved endringer kan derfor lageret av karbon slippes ut og fremtidig opptak reduseres. Arealet av skog som fjernes under luftledning er halvert for å ta høyde for at en del skog/kratt vil vokse tilbake, samt at karbonet som ligger lagret i jorden vil bli værende selv om man hugger bort skogen på overflaten. Utslipp som følge av arealbruksendringer er inkludert i beregningene.

2.4.3 Fysisk systemavgrensning og alternativer

Prosjektet skal vurdere bruk av jordkabel vs. luftlinje på 5 delstrekninger mellom Krossberg og Nordbø.

Den fysiske systemavgrensningen omfatter følgende komponenter iht. prosjektbeskrivelse:

- Linje:
 - Master
 - Linje
 - Fundamenter
- Kabel:
 - Kabel (ECC kabel og jordtråd er ikke inkludert)
 - Grøft
- Arealbruksendringer

Komponenter som traverser, glassisolatorer og klatreklamper er ikke inkludert i beregningene, da de står for en liten andel av det totale utslippet i prosjektet. Det vil presenteres også under usikkerhet.

Det er kun materialer og aktiviteter oppgitt i listen over som er inkludert i beregningene. Transformatorstasjoner, tekniske installasjoner, slitasje på maskiner og andre mindre aktiviteter knyttet til bygging er ikke inkludert. Kabelende på mast (2 stk) er inkludert på hver delstrekning.

2.5 Datagrunnlag

Med datagrunnlag menes her informasjonen om prosjektet og den planlagte bruken av ressurser som materialer, drivstoff og elektrisitet som det er beregnet klimagassutslipp for. Rammene og detaljnivået for datagrunnlaget setter også rammene og detaljnivået for klimagassberegningene.

Datagrunnlaget i denne analysen er inndataskjema laget for Lnett, basert på de nødvendige komponentene i prosjektet. Datagrunnlaget er utarbeidet av Multiconsult.

Kvaliteten på datagrunnlaget er lav, da det er basert på forprosjekt av løsning med kabel eller linje. Vekt for mindre komponenter derfor ikke inkludert foreløpig.

2.6 Forutsetninger og antagelser

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i klimagassberegningene:

- Alle masser som fjernes sendes til deponi.
- Det benyttes drivstoff iht. omsetningskravet i anleggsmaskiner og kjøretøy.
- Det benyttes plasstøpt lavkarbonbetong B, B35, for betong til fundamenter.
- For stålkomponenter er det antatt jomfruelig stål.
- Montering av jordkabel og luftledning er ikke inkludert i beregningene, dette vil si uttrekking av line og utlegging av jordkabel.
- Utslippsfaktorer fra arealbeslag er hentet fra Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredninger M-1941.
- For montering av mastene er transport fra riggområdet og til monteringssted antatt helikoptertransport for komposittmaster og lastebil/kran for øvrige mastetyper. Det er antatt 1 km transportavstand.
- For kabelgrøfter er det lagt inn grøftedimensjoner på 1 m og 1,5 m overdekning i henholdsvis løsmasser og fjell. Grøftebredden og volumberegninger er oppgitt i verktøyet.
- Det er lagt til grunn Comrod komposittmaster, EB. Elektro stålrørsmaster, Norcable som lineleverandør, Goll for toppline 1, OPGW for toppline 2 og Prysmian som kabelleverandør.

2.7 Utslippsfaktorer og beregningsfaktorer

En utslippsfaktor gir klimagassutslippet for et produkt, gitt i f.eks. antall kg CO₂-ekv. per enhet materiale. En utslippsfaktor gjelder for definerte livsløpfaser, for eksempel uttak av råmaterialer, transport til produksjonssted og produksjon (A1-A3). Klimagassberegningene i denne vurderingen benytter utslippsfaktorer som ligger inne i det benyttede beregningsverktøyet som er utarbeidet av Multiconsult. Verktøyet har benyttet beste tilgjengelige informasjon for å få ut mest mulig nøyaktige data. Det er et begrenset utvalg av EPDer/PEPer i markedet, men der det har blitt funnet relevante EPDer/PEPer eller evt. informasjon fra fabrikker/levaerandører har dette blitt benyttet i første rekke. I andre rekke har faktorer fra VegLCA blitt benyttet, etterfulgt av uthenting av faktorer fra SimaPRO dersom VegLCA ikke kunne benyttes. Sammenligning av leverandører vil potensielt bli vanskeligere ved å ikke benytte samme grunnlag for utslippsfaktorer. Samtidig vil det likevel være svært store usikkerheter både i tall og i sammenligning dersom Simapro ble benyttet på alle utslippsfaktorer. Det

er et behov for bedre informasjon om utslippsfaktorer i kraftbransjen for å kunne gjøre gode sammenligninger mellom produsenter. Før man har denne informasjonen er det viktig at man tar høyde for usikkerheter og datagrunnlag ved sammenligning av leverandører.

Det er lagt inn beste tilgjengelige utslippsfaktorer for de ulike leverandørene som er tatt med i beregningsverktøyet. I analysen er de antatt mest nøyaktige utslippsfaktorene (og tilhørende leverandør) og/eller høyeste utslippsfaktor benyttet der man kan velge mellom ulike faktorer/leverandører. Høyest nøyaktighet er prioritert over høyest utslippsfaktor. Det er til dels store usikkerheter i tallene og lite tilgjengelig informasjon om utslippsfaktorer i markedet, men det er mange produsenter som jobber med å oppdatere og utvikle data på dette. Det vil derfor være hensiktsmessig å oppdatere utslippsfaktorer og andre data når disse blir tilgjengelige.

Beregningsfaktorer benyttes også for å regne om verdiene fra datagrunnlaget til klimagassutslipp. Beregningsfaktorer omfatter blant annet transportdistanser, tettheter, mengder og tykkelser. Det er også gjort en del antakelser og ekstrapoleringer i omregningsfaktorer/beregningsfaktorer der man ikke har gode eller konkrete tall. Disse kan også med fordel oppdateres f.eks. ved å se på gjennomsnitt av ulike prosjekter eller når man har konkrete tall for spesifikke prosjekter.

Foreliggende prosjekt er et forprosjekt og det er derfor forventet at det vil være store usikkerheter på dette stadiet. Formålet er også å sammenligne utslipp fra luftledning og jordkabel og se på det store bildet, og hvilke områder som bidrar til mest utslipp. Det vil derfor være mest hensiktsmessig å spisse eventuelle utslippsfaktorer, mengder og beregningsfaktorer når man har kommet lenger i prosjekteringen, eller dersom det er store likheter mellom alternativene.

Antakelser og faktorer som ligger til grunn er dokumentert i beregningsverktøyet.

Transportdistanser fra materialprodusenter til anlegget er målt opp i Google Maps og tilpasset i analysen der man ikke har hatt god nok informasjon fra PEPer/EPDer eller annen dokumentasjon.

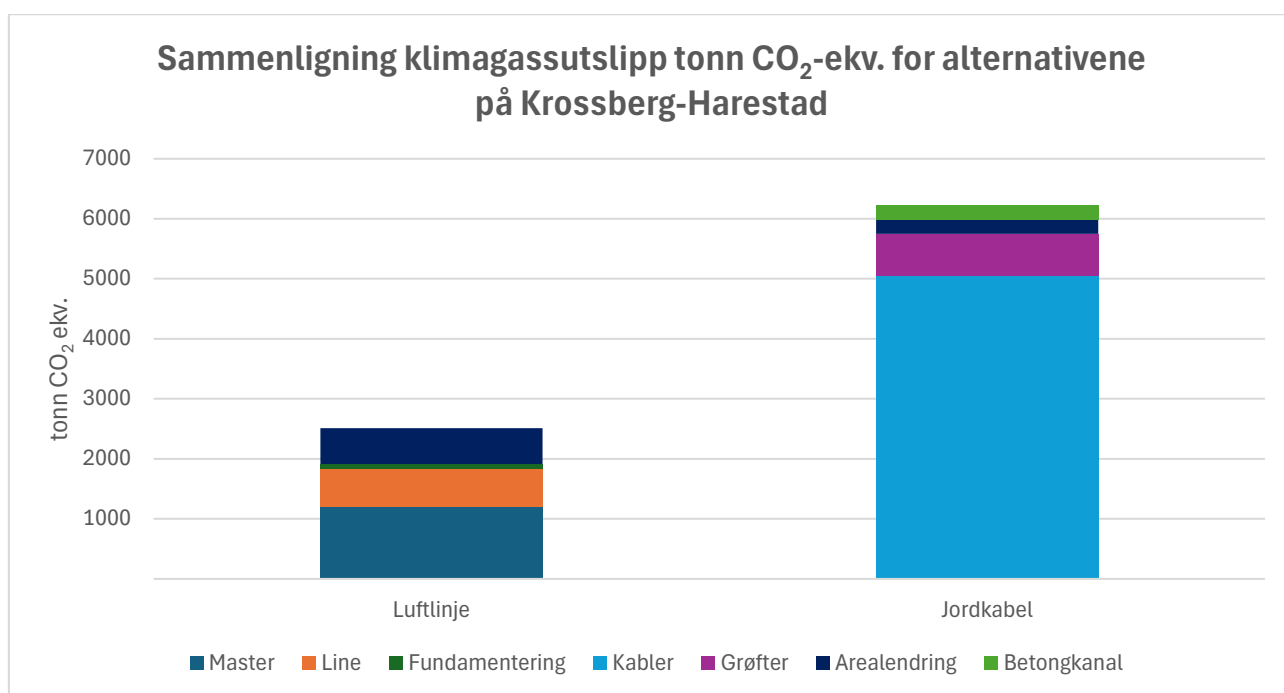
2.8 Alternativsvurderinger

Det er gjort en sammenligning av klimagassutslipp fra jordkabel og luftlinje på fem strekninger som en del av grunnlaget for å vurdere det beste alternativet. I tillegg vil man få informasjon om hvilke komponenter som har størst utslipp, som man bør ha fokus på med tanke på reduksjon av utslipp i senere faser.

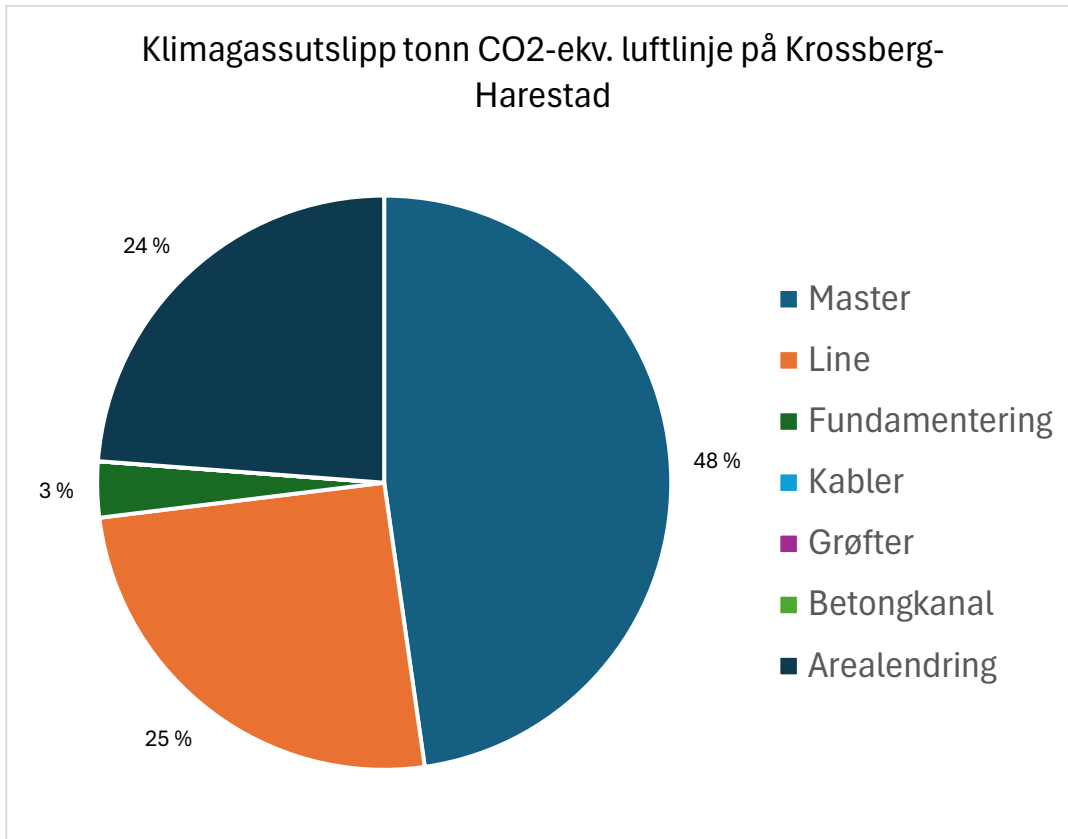
3 Resultater og analyse

3.1 Resultater delstrekning 1 – Krossberg- Harestad

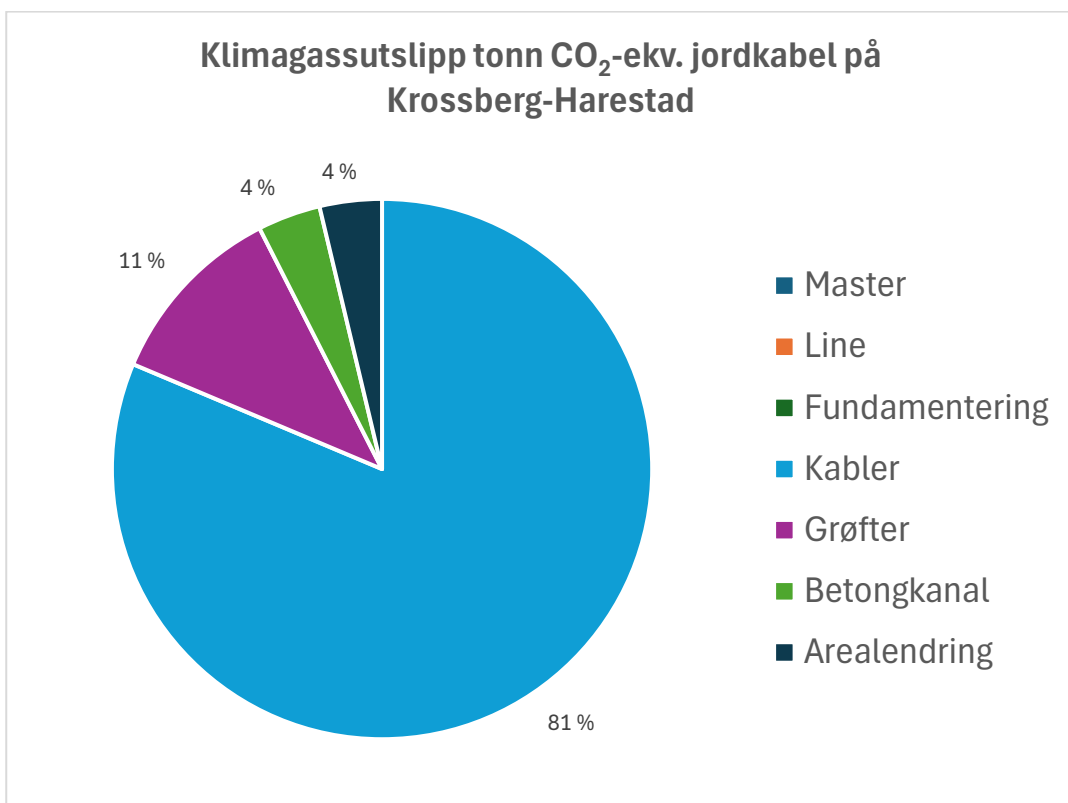
For å kunne jobbe aktivt med å redusere prosjektets klimagassutslipp er kunnskap om i hvor stor grad de ulike innsatsfaktorer, det vil si materialer, komponenter og aktiviteter, bidrar til klimagassutslipp sentralt. Figur 8 presenterer delstrekningens klimagassutslipp fordelt på de ulike innsatsfaktorene for de to alternativene, luftlinje og jordkabel. Fra diagrammene kan man se at det er svært mye høyere utslipp fra jordkabel-alternativet grunnet høye utslipp fra selve jordkabelen og stor mengde kabel da det benyttes 4 kabelsett på denne strekningen. Det høyeste utslippet fra luftlinje-alternativet er fra master, luftlinje og arealbeslag. Master har relativt høyt utslipp grunnet høy vekt og utslippsfaktor per mast, spesielt for stålørsmastene. Mer detaljert fordeling av utslippene for hhv. luftledning og jordkabel vises i Figur 9 og Figur 10. Resultater og mengder som er lagt til grunn ligger vedlagt i excelverktøyet (vedlegg 1).



Figur 8: Resultater fordelt på innsatsfaktorer for luftlinje og jordkabel for delstrekning 1, Krossberg-Harestad.



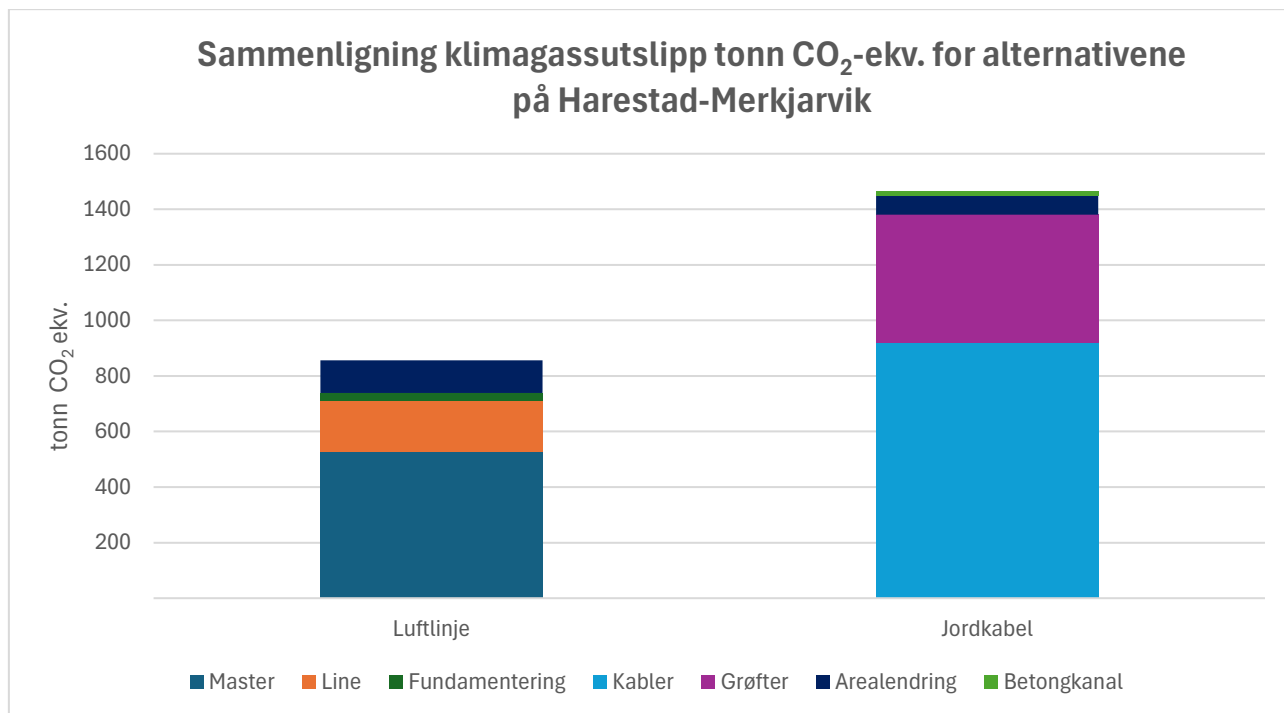
Figur 9. Fordeling av utslipp på innsatsfaktorene for luftlinje.



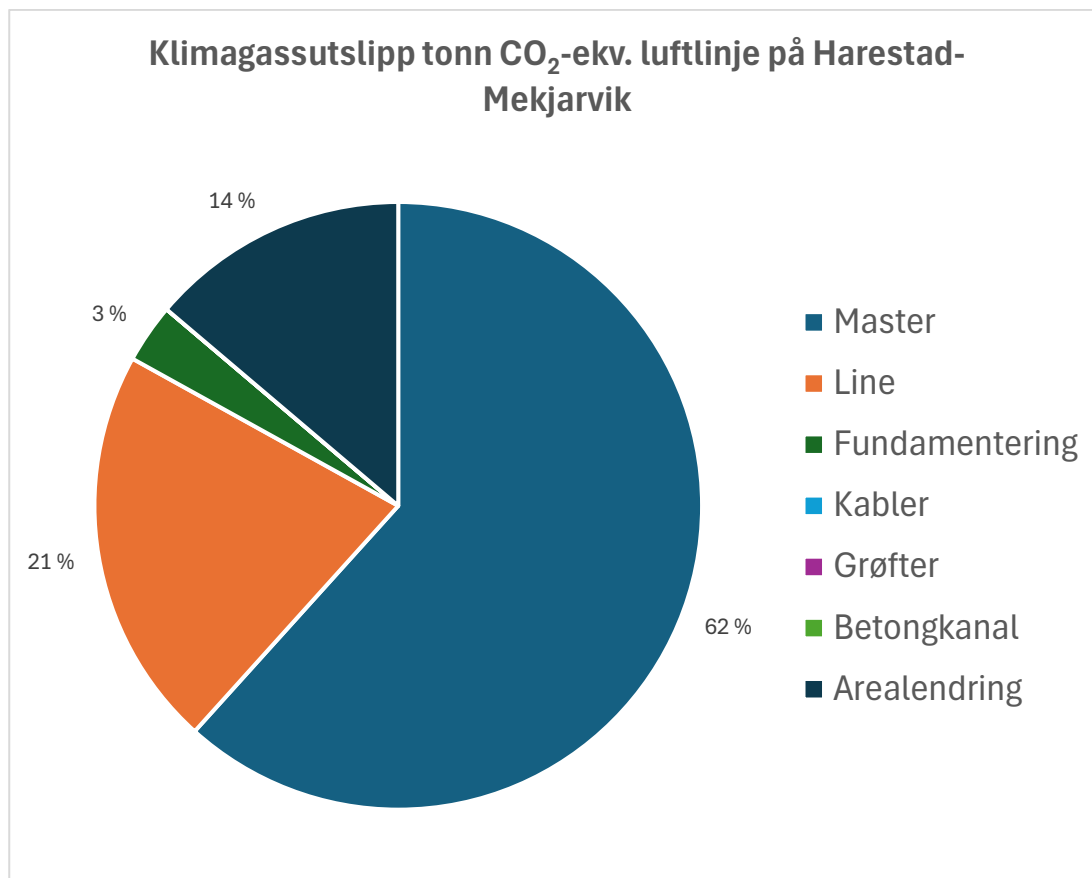
Figur 10. Fordeling av utslipp på innsatsfaktorene for jordkabel.

3.2 Resultater delstrekning 2 – Harestad- Mekjarvik

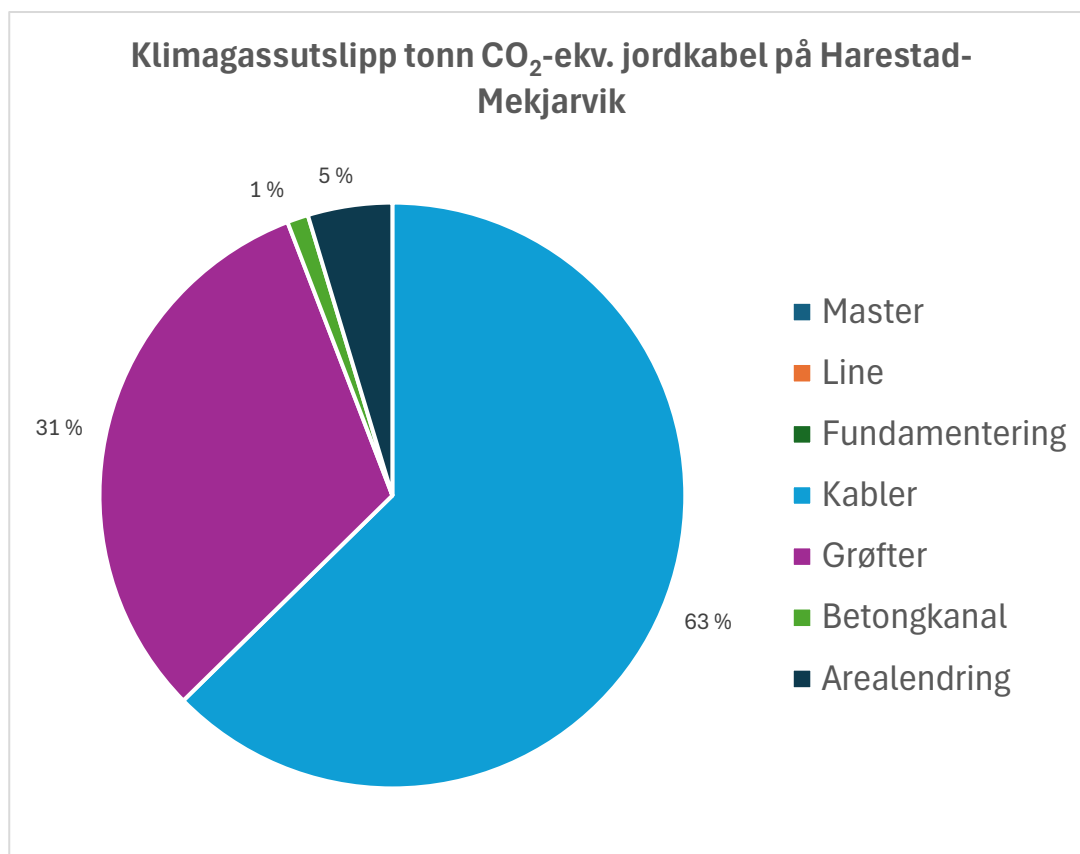
For delstrekning 2 er fordelingen av utslipp mellom luftlinje og jordkabel mellom alternativene vist i Figur 11. Fra diagrammene kan man se at det er lavest utslipp fra luftkabelalternativet (ca. 610 tonn lavere utslipp fra luftlinje), som skyldes høyt utslipp fra jordkabel/grøfter sammenlignet med luftlinje/master selv om det kun er ett kabelsett på denne strekningen. Utslipet fra selve kabelen utgjør ca. 60 % og fra grøfter ca. 30 %, se Figur 13. For luftlinjen er ca. 60 % av utslippet fra master, 20 % utslipp fra selve luftlinjen og 14 % fra arealendring (skogområder, høy bonitet), se Figur 12. Utslipp fra master skyldes hovedsakelig stålrørsmaster. Resultater og mengder som er lagt til grunn ligger vedlagt i excelverktøyet (vedlegg 2).



Figur 11: Resultater fordelt på innsatsfaktorer for luftlinje og jordkabel for delstrekning 1, Harestad-Mekjarvik.



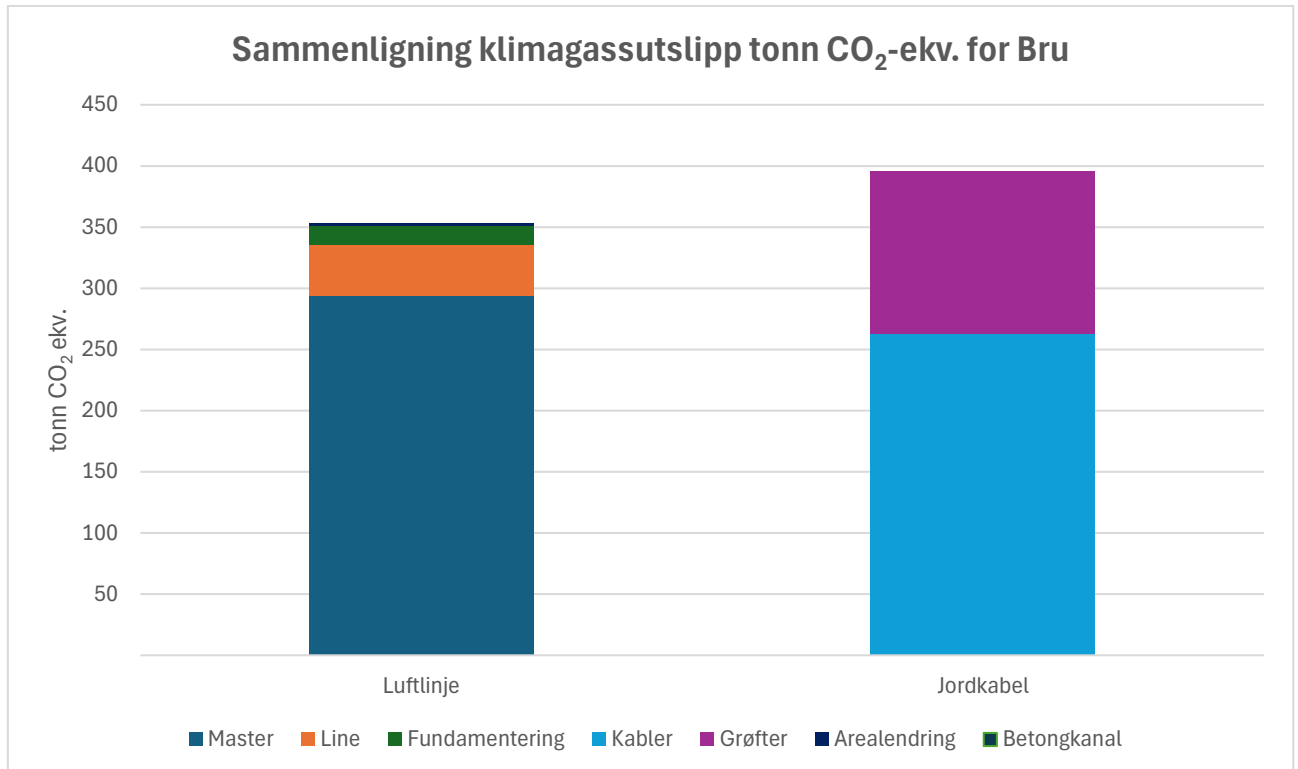
Figur 12. Fordeling av utslipp på innsatsfaktorene for luftlinje.



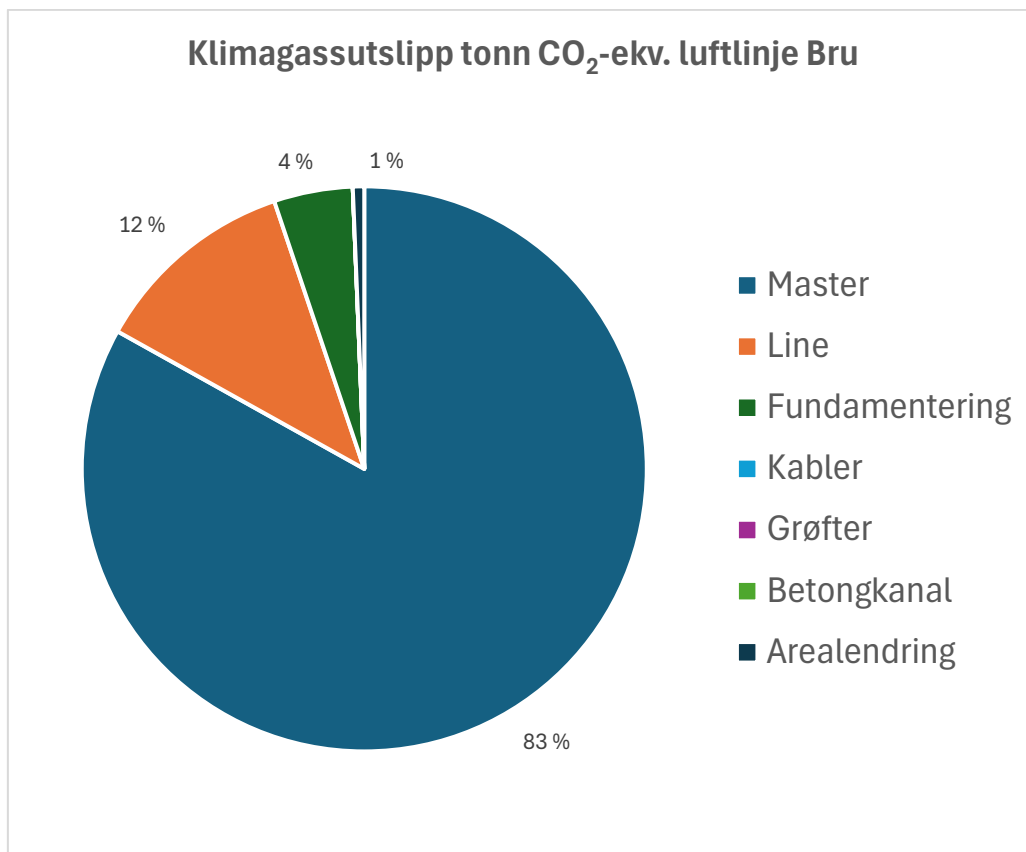
Figur 13. Fordeling av utslipp på innsatsfaktorene for jordkabel.

3.3 Resultater delstrekning 3 – Bru

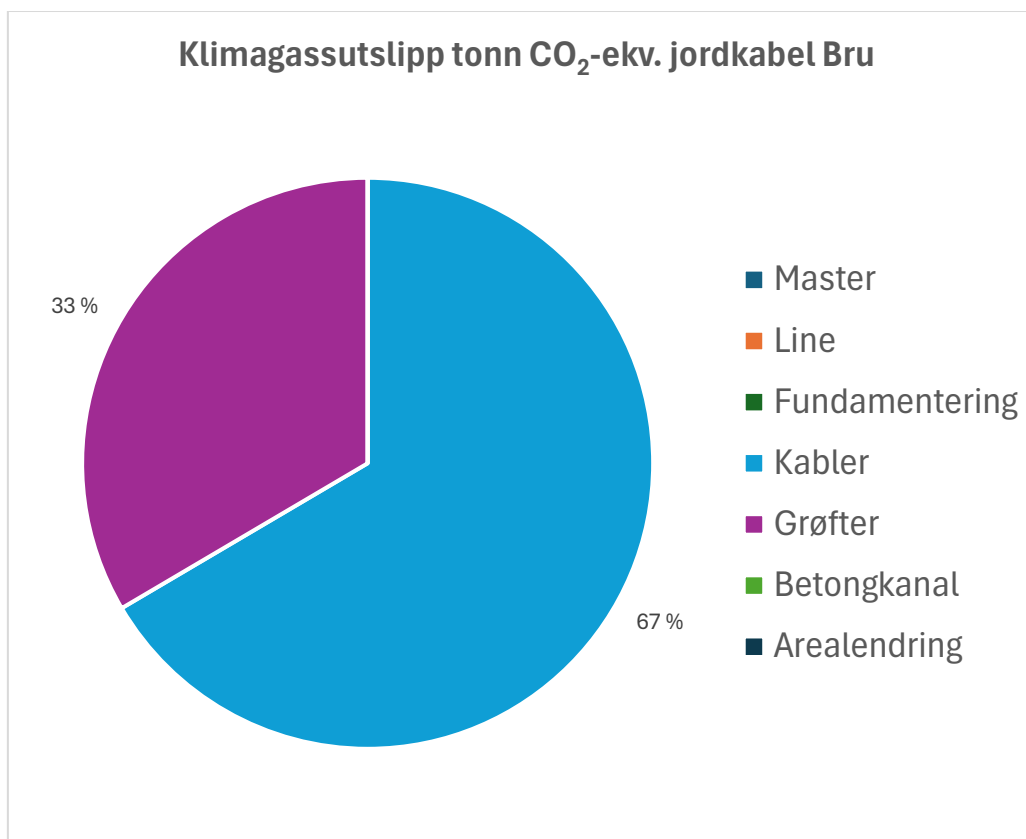
For delstrekning 3 er fordelingen av utslipp mellom luftlinje og jordkabel mellom alternativene vist i Figur 14. Fra diagrammene kan man se at det er noe høyere utslipp fra jordkabel (ca. 40 tonn) sammenlignet med luftlinje. Dette skyldes utslipp fra utgraving av grøfter og at luftlinjen er noe kortere. Overvekten av utslippet fra jordkabel er fra selve kabelen, 70 %, og ca. 30 % utgjøres av grøfter (Figur 16). For luftlinjen er ca. 80 % utslipp fra master og rundt 12 % utslipp fra selve luftlinjen (Figur 15). Utslipp fra mast skyldes hovedsakelig stålrørsmaster, mens utslipp fra linje stammer hovedsakelig fra faselinjen. Resultater og mengder som er lagt til grunn ligger vedlagt i excelverktøyet (vedlegg 3).



Figur 14: Resultater fordelt på innsatsfaktorer for luftlinje og jordkabel for delstrekning 3, Bru.



Figur 15. Fordeling av utslipp på innsatsfaktor for luftlinje.

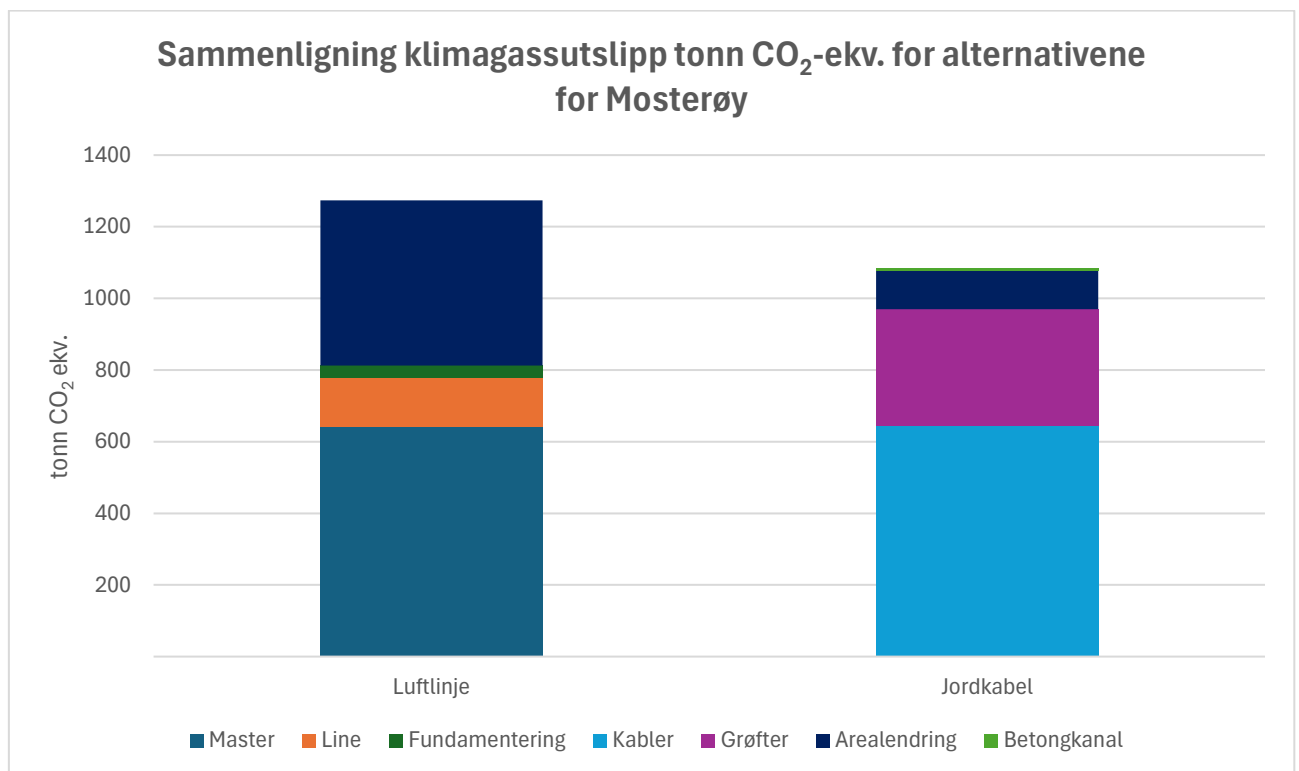


Figur 16. Fordeling av utslipp på innsatsfaktor for jordkabel.

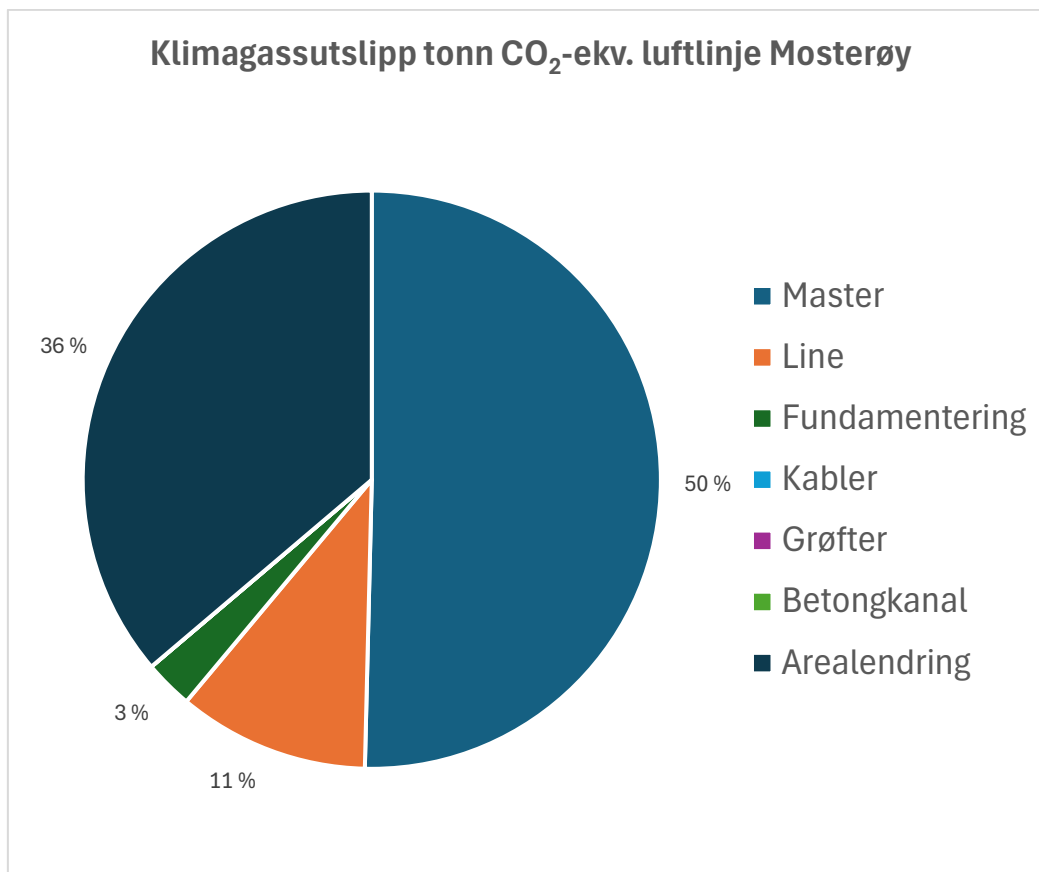
3.4 Resultater delstrekning 4 – Mosterøy

For delstrekning 4 er fordelingen av utslipp mellom luftlinje og jordkabel mellom alternativene vist i Figur 17. Fra diagrammene kan man se at det er høyere utslipp fra luftlinje enn jordkabel, ca. 180 tonn høyere. Dette kommer fra utslipp fra arealbruksendring pga. områder med skog med høy bonitet.

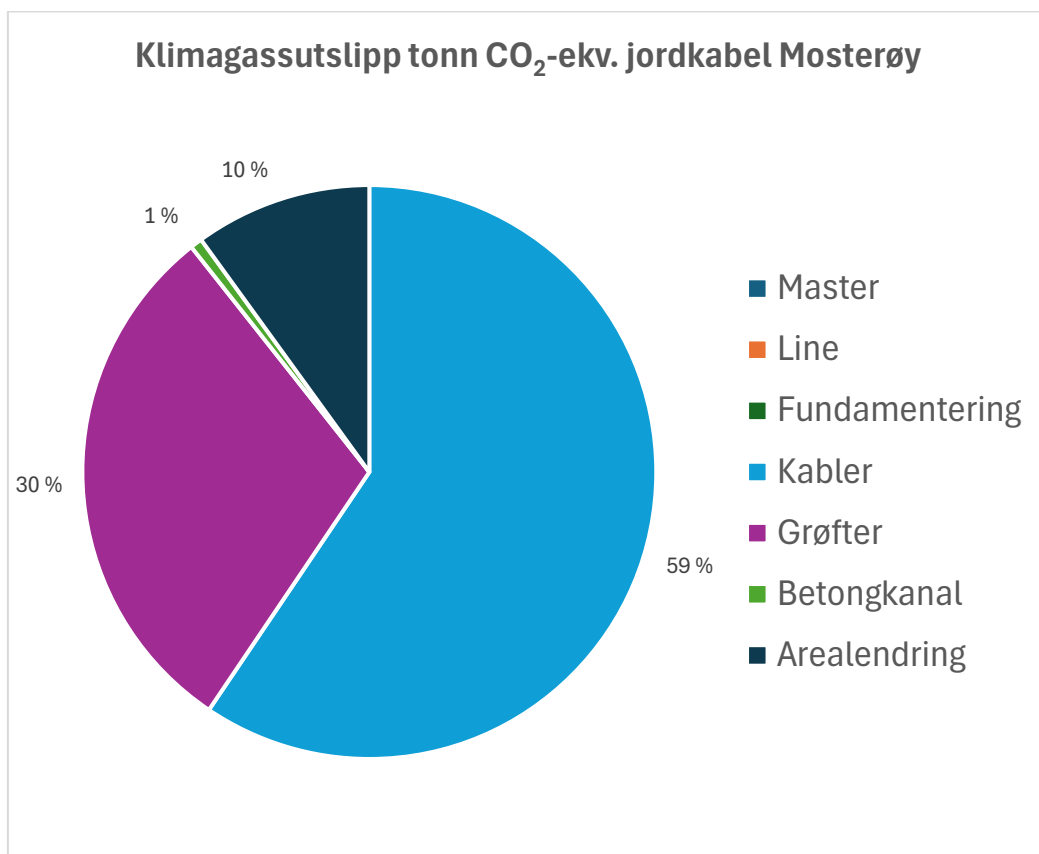
Master (hovedsakelig stålørsmaster) utgjør ca. 50 % av utslippet for luftlinje, etterfulgt av arealendring (36 %) og line 11 %, se Figur 18. Utslipp fra jordkabelen er hovedsakelig fra selve kabelen (ca. 60 %) og grøfter (ca. 30 %), samt noe arealendring fra skog med høy bonitet (10 %), se Figur 19Figur 20. Resultater og mengder som er lagt til grunn ligger vedlagt i excelverktøyet (vedlegg 4).



Figur 17: Resultater fordelt på innsatsfaktorer for luftlinje og jordkabel for delstrekning 4, Mosterøy.



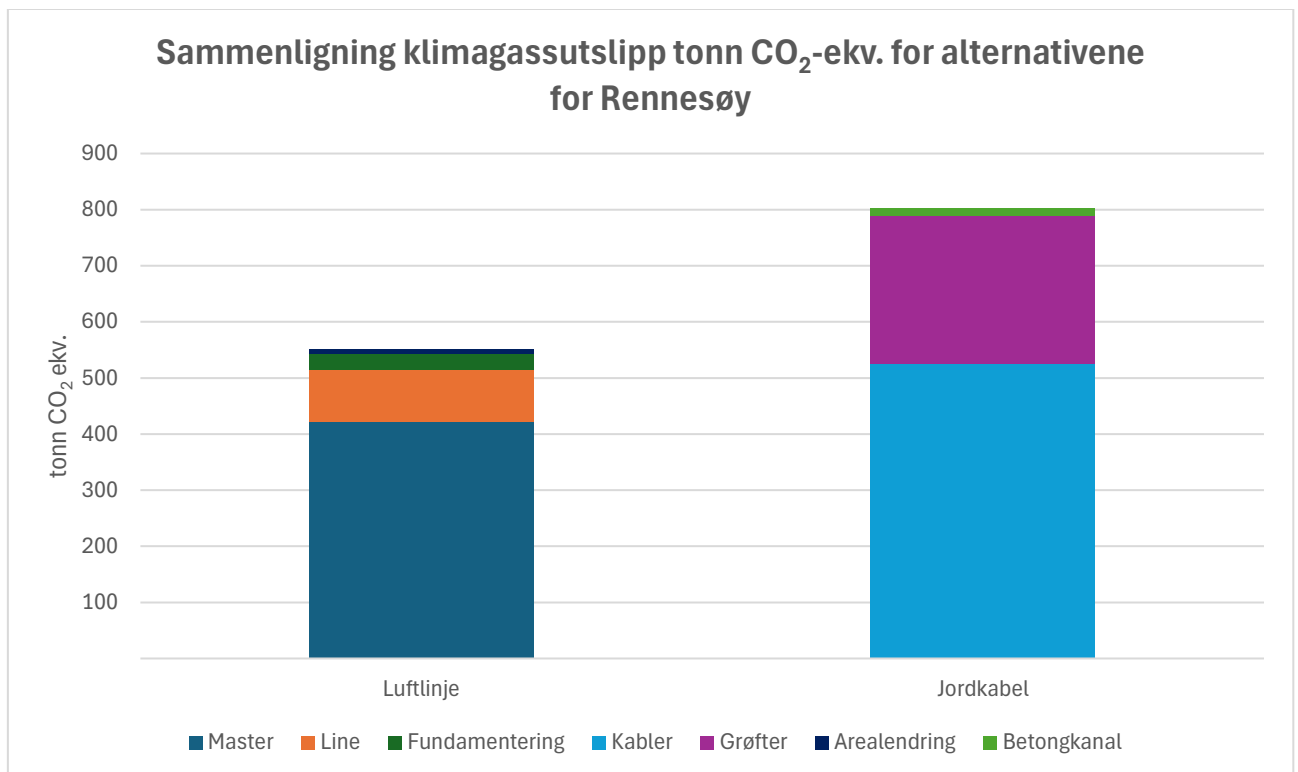
Figur 18. Fordeling av utslipp fordelt på innsatsfaktor luftlinje.



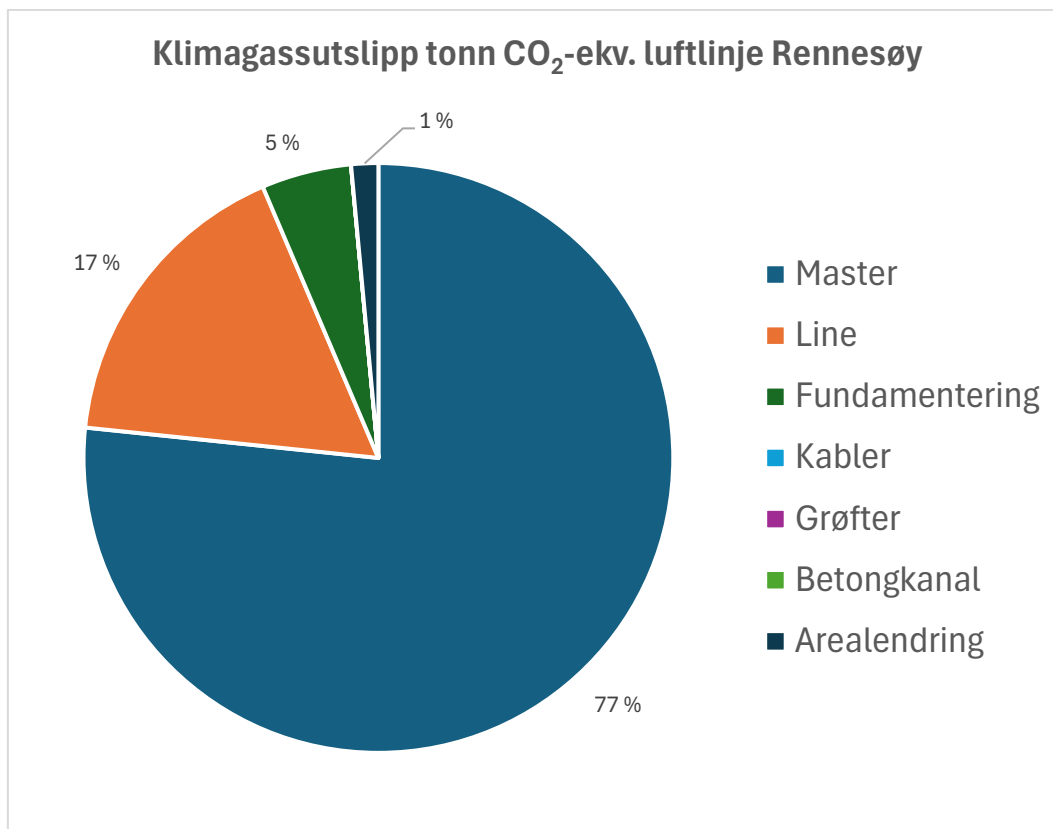
Figur 19. Fordeling av utslipp på innsatsfaktorer jordkabel.

3.5 Resultater delstrekning 5 – Rennesøy

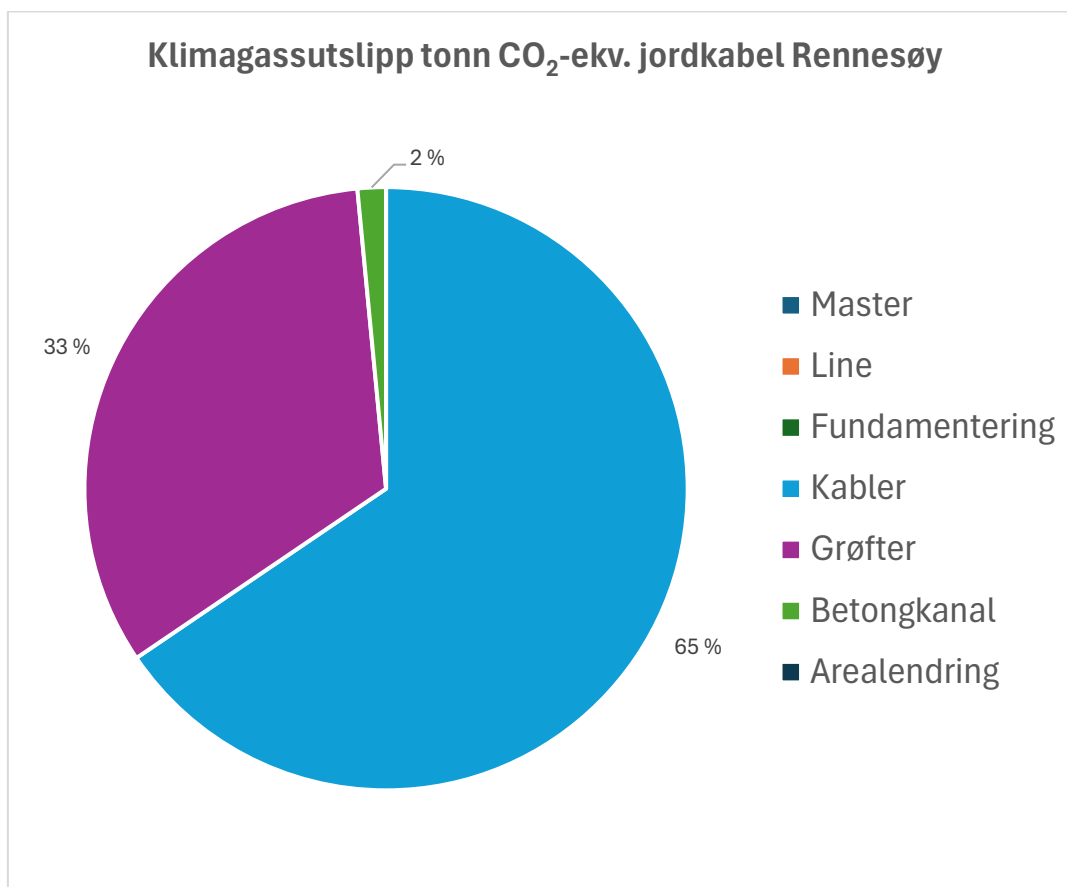
For delstrekning 5 er fordelingen av utslipp mellom luftlinje og jordkabel mellom alternativene vist i Figur 20. Utslipet fra luftlinje er lavest med ca. 250 tonn CO₂ ekv. Igjen utgjør grøfter og trasélengde den største forskjellen i utslippene grunnet lengre trasélengde for jordkabelen. På luftlinje er det også her størst utslipp fra master/stålrørsmaster (ca. 80 %), etterfulgt av luftlinjen (17 %) og deretter fundamentering (5 %), se Figur 21. For jordkabelen er det kabelen som står for størst utslipp (65 %) etterfulgt av grøfter (ca. 30 %), se Figur 22. Resultater og mengder som er lagt til grunn ligger vedlagt i excelverktøyet (vedlegg 5).



Figur 20: Resultater fordelt på innsatsfaktorer for luftlinje og jordkabel for delstrekning 5, Rennesøy.



Figur 21. Fordeling av utslipp på innsatsfaktor luftlinje.



Figur 22. Fordeling av utslipp på innsatsfaktor jordkabel.

4 Diskusjon

Klimagassberegningene utført i dette arbeidet danner et grunnlag for prosjektets arbeid med valg av alternativ for ny kraftledning fra Krossberg til Nordbø.

På to av delstrekningene, Krossberg-Harestad og Harestad-Mekjarvik (henholdsvis delstrekning 1 og 2) er det lavest utslipp fra luftlinje. Dette gjelder særlig for delstrekning 1 (Krossberg-Harestad) hvor det er 4 jordkabelsett og derfor mye høyere utslipp fra jordkabelalternativet. På delstrekning 2 er forskjellen mye mindre fordi det kun er ett kabelsett.

Det motsatte er tilfellet på delstrekning 3 og 4 (henholdsvis Bru og Mosterøy), hvor utslippet fra jordkabel er lavest. Dette er mest markant på Mosterøy (delstrekning 4) hvor et stort utslipp fra arealbruksendring for luftlinjen fører til et mye høyere utslipp enn for jordkabel-alternativet. På Bru er ikke forskjellen like markant, men likevel utslagsgivende på foreløpig detaljnivå. Forskjellen skyldes en høyere frekvens av stålrørsmaster på luftlinjen sammenlignet med de andre delstrekningene.

På Rennesøy (delstrekning 5) er det ingen forskjell i utslippet mellom de to alternativene på foreløpig detaljnivå.

Generelt sett var de høyeste utslippene på luftlinje fra stålrørsmaster, mens selve jordkabelen hadde høyest utslipp for jordkabel-alternativet.

4.1 Usikkerhet

4.1.1 Utslippsfaktorer fra materialer/komponenter

Det er generelt vanskelig å få tak i EPDer og PEPer for de ulike materialene/komponentene i kraftbransjen og det måtte derfor i stor grad gjøres antakelser og beregninger basert på produktdatablad og estimater. Det vil si at utslippsfaktorer for de fleste materialene er usikre, men basert på beste tilgjengelige data. Det er forventet at det vil komme flere EPDer/PEPer og beregninger i tiden fremover og utslippsfaktorene kan da oppdateres. I analysen er de antatt mest nøyaktige utslippsfaktorene (og tilhørende leverandør) og/eller høyeste utslippsfaktor benyttet der man kan velge mellom ulike faktorer/leverandører. Høyest nøyaktighet er prioritert over høyest utslippsfaktor.

4.1.2 Grøftedimensjoner og trasélengder

For jordkabelgrøfter er det noen mindre forskjeller mellom beregningsverktøyet og prosjektdata. Verktøyet benytter anslått dieselforbruk per meter grøft, 40 L, som er basert på tall hentet fra VegLCA [3]. Forbruket differensierer ikke mellom grøfter i berg og løsmasser og det er derfor usikkerhet i disse beregningene. Det er også en generell beregning og vil antakelig være noe overestimert da forbruket er basert på detaljert fase i VegLCA. Anslaget antas likevel å være godt nok for formålet. I tillegg kommer usikkerhet i dybde for grøfter som heller ikke er hensyntatt i antatt dieselforbruk. Grøftedybde i prosjektet er antatt 1,3 m og det forventes ikke at dieselforbruket vil være forskjellig for grøfter under 1 eller over 1 m, og som sagt derfor kan være noe usikkert.

For kabel er det antatt lengde på kabelsettet (enleder) på 62,4 km fra Krossberg til Harestad, og 28,8 km fra Harestad til Nordbø (totalt 91,3 km). Trasélengden er henholdsvis 9,6 km og 5,2 km basert på målte lenger i Multiconsult sin kartløsning MultiGIS hvor trasévalg for jordkabelen er tegnet opp.

Dette medfører usikkerheter knyttet til beregninger av masser som skal flyttes og transporteres inn/ut av prosjektet, men anses likevel som et robust estimat på nåværende tidspunkt (forprosjekt). Under er antakelser listet opp.

4.1.3 Betongkanaler og massetransport

Lengder av traséen som skal legges i betongkanal er anslått basert på følgende: Juletreplantasje er anslått til ca. 300 m (dvs. 6 % av traséen). Trasélenger i veier er anslått til 20 m per kryssing med 14 kryssinger på strekningen Harestad -Nordbø og 9 kryssinger (3 % av traséen) på strekningen Krossberg til Harestad (3 % av traséen). Det vil derfor være noe usikkerheter i mengder for betongkanaler, men av liten betydning for beregningene.

For tilkjørt kabelsand og gjenbruk av masser så var forskjellen mellom jordbruksgrøft og de andre grøftene så liten at vi kunne bruke jordbruksgrøft for å estimere volum for hele traséene. Bortkjørte masser ble estimert å være lik som mengde tilkjørt kabelsand. Beregninger for grøfter er vist i Tabell 2 under.

Tabell 2. Volumberegninger for grøfter.

	Strekning	Beregning	Volum (m3)
Tilkjørt kabelsand	Harestad-Nordbø	0,42 m3/m * 9,6 km	4 037
	Krossberg-Harestad	1,56 m3/m * 5,2 km	8 117
Gjenbrukte masser	Harestad-Nordbø	1,86 m3/m * 9,6 km	17 876
	Krossberg-Harestad	4,12 m3/m * 5,2 km	21 436

4.1.4 Arealbeslag

Skog

For arealbeslag er det også usikkerheter knyttet til faktisk areal som blir beslaglagt for jordkabel. Midlertidig anleggsbelte i skog for jordkabel er satt til 20 meter. Et estimat er at dette halveres for permanent virkning (10 meter). Tallet er sjekket med Lnett som oppgir behov for 3 meter klausuleringsbelte på utsiden av ytterste kabel. Det gir ca. 10 meter for 4 kabelsett og noe mindre for 1 kabelsett, men dette ble forenklet og satt til 10 m for begge. Etter anleggsfasen vil det vokse gress, lyng, krattskog i ryddebeltet, så ingen areal blir helt øde/bart. For luftledning blir det et ryddebelte i skog som er tilsvarende i permanent situasjon som i anleggsfase. Dette er sammen med Lnett avklart til å være 30 meter. Som for jordkabel blir det krattskog og annen vegetasjon i ryddebeltet som gress og lyng.

Juletrefarmen på Harestad er i NR5 registrert som skog med høy bonitet, det vil altså si at 5 500 m² av skog-høy bonitet-mineraljord på delstrekning 1 for jordkabel (Krossberg-Harestad) er denne juletrefarmen.

I utregningen er områder med uproduktiv skog lagt sammen med skog med lav bonitet siden utregningen ikke har med denne kategorien (uproduktiv skog).

Jordbruksareal

For jordkabel er det beregnet et anleggsbelte på 30 meter i jordbrukslandskap, men permanent beslag beregnes som 0.

For luftspenn regnes et fotavtrykk på 20 m² for hver mast som areal som ikke dyrkes. Tilbakemelding fra Lnett er at vanlig H-mast med to ben vil kreve et område på 1,5x7 meter, og at det ikke er noe sikkerhetsavstand utenom kumringer rundt som skal hindre skader. Det er likevel ikke realistisk at maskiner dyrker helt inntil, så det legges inn en buffer på 0,5 meter utenfor fotavtrykk, noe som gir

$2,5 \times 8 = 20 \text{ m}^2$. Masteavstand er gjennomsnittlig satt til 200 m i dialog med Lnett. Det gir et arealbehov på luftspenn på 20 m^2 per 200 meter kabel, noe som er $0,1 \text{ m}^2$ per løpemeter.

Det er ikke satt økt arealbruk i anleggsfase for luftspenn på jordbruksjord da dette arbeidet vurderes å være kortvarig og lite inngripende. Det gjelder også areal til riggområder. Det bør vurderes å legge til riggområder i senere faser.

4.1.5 Master og mastefundamenter

Det er benyttet mengder for betong og stål fra Statnett sin rapport LCA in transmission towers [3]. Statnett sine master er generelt sett større og annerledes type maser enn mastene i dette prosjektet og det vil derfor antakelig være en overestimering av utslipp fra mastefundamenter. Det er likevel beste tilgjengelige data på nåværende tidspunkt og kan evt. skaleres ned ved behov. Det er også usikkerheter i hvilke type fundamentering som skal benyttes på strekningene, og det er kun gjort best mulige antakelser basert på fordeling av løsmasser og berg på strekningen, samt mest sannsynlige fundamenteringsalternativ. Når det gjelder mastene er det en del usikkerheter knyttet til vekt av stålørsmastene og utslippet antas å være noe overestimert pga. høye mastevekter.

4.1.6 Detaljeringsnivå

Generelt er det fokusert på de antatt store komponentene med tanke på vekt/størrelse og klimagassutslipp. Det vil si at mindre deler slik som for eksempel travers, glassisolatorer og klatreklamper er ikke inkludert i beregningene, da de står for en liten andel av det totale utslippet i prosjektet.

Det er vanskelig å vurdere om utslippene i hovedsak vil være noe overestimert eller underestimert, da det er lite sammenligningsgrunnlag på utslippsfaktorer i bransjen. Antakelig vil det for noen komponenter være en overestimering og for noen en underestimering, fordi det er gjort en del forenklinger både hos leverandører hvor man har fått EPD/PEP, men også i mellomberegninger og omgjøringer. Der det har blitt brukt utslippsfaktorer fra VegLCA eller SimaPro, og/eller mellomberegninger er det større usikkerhet i nøyaktigheten til faktoren. Generelt sett er utslippsfaktorer fra anleggsarbeid sikrere enn utslipp fra master, linje, kabel og nettanleggskomponenter der produktets utslipp ikke er dokumentert gjennom en EPD/PEP. Dette fordi utslippsfaktorer fra anleggsarbeid er godt dokumentert og oppdatert i VegLCA. Verktøyet er likevel lagt til rette for at man enkelt kan oppdatere og endre faktorer så snart man får mer nøyaktig informasjon.

Til tross for usikkerhetene beskrevet i denne analysen, er det vurdert at beregningene likevel representerer kjent informasjon på tidspunktet og et tilfredsstillende estimat i en så tidlig fase av prosjektet. Flere av usikkerhetsmomentene kan bli redusert ved oppdatering av klimagassberegningene senere i prosjektet.

4.2 Videre arbeid

I neste fase bør beregningene oppdateres basert på ønskede leverandører, oppdaterte utslippsfaktorer, valgte løsninger og evt. oppdatert prosjektering. Det vil også være mulig å gjøre ytterligere beregninger dersom man er usikker på hvilket alternativ man ønsker å velge. Når alternativ er valgt bør man sette inn klimagassreducerende tiltak tidlig nok i prosjekteringen for å sikre størst mulighetsrom.

Klimagassvurderingene bør tas med inn i en helhetlig bærekraftsvurdering der også andre bærekraftsaspekter undersøkes, og basert på dette bør de mest bærekraftige alternativene velges for utbyggingen. Tiltaksvurderinger bør utføres som del av videre prosjektering for å identifisere mer konkrete tiltak.

5 Konklusjon

Det har blitt gjort en alternativsvurdering basert på klimagassutslipp fra luftkabel versus jordkabel på 5 delstrekninger mellom Krossberg og Nordbø. Lnett har også et prosjekt med samme problemstilling mellom luftlinje og jordkabel på strekningen Håland-Tjøtta-Vagle. Det har derfor blitt utarbeidet et felles excelverktøy (mal) som har blitt brukt til beregninger i begge prosjektene, og som kan brukes i fremtidige prosjekter.

Resultatene for prosjektet på Krossberg-Nordbø viser at på alle delstrekningene er det lavest utslipp fra luftlinje, se Tabell 3. Den største forskjellen var på delstrekning 1 (Krossberg-Harestad) hvor luftkabel har 4 071 tCO₂ ekv. lavere utslipp enn jordkabel i hovedsak fordi det var lagt opp til 4 kabelsett. Den minste forskjellen er på delstrekning 3, Bru, hvor det kun var 44 tCO₂ ekv. som skilte alternative. Usikkerheten i datagrunnlaget/verktøyet gjør derfor at denne forskjellen er mindre sikker enn for de andre delstrekningene. Generelt var de høyeste utslippene på luftlinje fra stålrørsmaster og linje, mens selve jordkabelen og grøfter hadde høyest utslipp for jordkabel-alternativet.

Det er betydelig usikkerhet i mengdedata og utslippsfaktorer for prosjektet og dermed i resultatene fra klimagassberegningene. Det var generelt vanskelig å få tak i EPDer/PEPer for de ulike materialene/komponentene og det måtte derfor i stor grad gjøres antakelser og beregninger basert på produktdatablad og estimater. Det vil si at utslippsfaktorer for de fleste materialene er usikre, men basert på beste tilgjengelige data. Til tross for usikkerhetene beskrevet i denne analysen, er det vurdert at beregningene likevel representerer kjent informasjon på tidspunktet og et tilfredsstillende estimat i en så tidlig fase av prosjektet. Flere av usikkerhetsmomentene kan bli redusert ved oppdatering av klimagassberegningene senere i prosjektet.

I neste fase bør beregningene oppdateres basert på ønskede leverandører, oppdaterte utslippsfaktorer, valgte løsninger og evt. oppdatert prosjektering. Når alternativ er valgt bør man sette inn klimagassreduserende tiltak tidlig nok i prosjekteringen for å sikre størst mulighetsrom.

Tabell 3. Klimagassutslipp fra de to alternativene på de ulike delstrekningene (tCO₂ ekv.).

Delstrekning	Jordkabel tCO ₂ ekv.	Luftlinje tCO ₂ ekv.	Differanse jordkabel – luftledning (tCO ₂ ekv.)	Alternativ med lavest CO ₂ utslipp
Krossberg-Harestad	6 216	2 510	3 706	Luftlinje
Harestad-Merkjarvik	1 466	856	610	Luftlinje
Bru	396	354	42	Luftlinje
Mosterøy	1 085	1 274	188	Jordkabel
Rennesøy	802	550	250	Luftlinje

6 Referanser

- [1] Standard Norge, *NS-EN ISO 14040:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006)*.
- [2] Standard Norge, *NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer (ISO 14044:2006)*.
- [3] Statens Vegvesen, «Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6,» 2015.
- [4] EFLA, «Life cycle assessment for transmission towers,» 2018.
- [5] Standard Norge, «NS 3720:2018 - Metode for klimagassberegninger for bygninger,» 2018.

7 Vedlegg

7.1 Vedlegg – Excel-verktøy per delstrekning

Vedlegg 1 - Krossberg - Harestad
Vedlegg 2 - Harestad - Mekjarvik
Vedlegg 3 - Bru
Vedlegg 4 - Mosterøy
Vedlegg 5 - Rennesøy